

第53回
日本理学療法士学会学術大会

The 23rd Congress of
Japanese Society of Physical Therapy Fundamentals



第23回日本基礎理学療法学会学術大会

—身体運動学を極める—

プログラム・抄録集



学術大会長 市橋則明（京都大学大学院医学研究科）

開催日 2018年12月15日（土）、16日（日）
会場 京都テルサ（京都市）

同時開催 第29回京都府理学療法士学会（学会長 西村純）
後援 京都府 京都市

筋や靭帯、関節包による運動制御機構から関節運動の仕組みを解説。
エビデンスに基づいた運動学の新テキスト!

身体運動学

関節の制御機構と筋機能

編集 市橋 則明 京都大学大学院 医学研究科 人間健康科学系専攻 教授

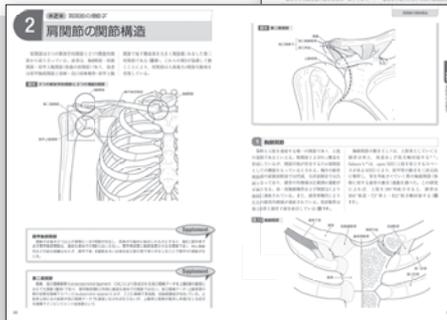
運動機能の改善を目指す理学療法士・作業療法士にとって礎となる「運動学」のテキスト。各関節の構造や動きを700点を超えるイラストでわかりやすく示すとともに、筋や靭帯、関節包、関節構造が関節運動をどのように制御しているかを解説。特に筋の機能について詳細に解説するとともに、研究結果に裏付けられた運動学的知見を豊富に掲載。運動学を深く理解でき、視覚的にも学べる1冊。



定価(本体6,800円+税)
B5判・464頁・2色刷
イラスト720点
ISBN978-4-7583-1712-2

目次

- 第1章 運動学の基礎知識
身体運動の基礎
関節の構造と機能
筋の構造と機能
- 第2章 肩関節の運動学
骨構造／関節構造／受動的制御／能動的制御／機能障害と運動学
- 第3章 肘関節の運動学
骨構造／関節構造／受動的制御／能動的制御／機能障害と運動学
- 第4章 手関節の運動学
骨構造／関節構造／受動的制御／能動的制御／機能障害と運動学
- 第5章 指関節の運動学
骨構造／関節構造／受動的制御／能動的制御／機能障害と運動学
- 第6章 股関節の運動学
骨構造／関節構造／受動的制御／能動的制御／機能障害と運動学
- 第7章 膝関節の運動学
骨構造／関節構造／受動的制御／能動的制御／機能障害と運動学
- 第8章 足関節と足部の運動学
骨構造／関節構造／受動的制御／能動的制御／機能障害と運動学
- 第9章 脊柱の運動学
骨構造／関節構造／受動的制御／能動的制御／機能障害と運動学



第10章 立位姿勢と姿勢制御
立位姿勢の力学的平衡
立位姿勢の制御
姿勢制御における運動器系の役割
姿勢制御における感覚系の役割
姿勢制御における中枢神経系の役割

座位姿勢および姿勢の制御
立位姿勢および姿勢制御の障害

第11章 歩行
歩行とは
歩行の障害
歩き始めと歩き終わり
歩き始めと歩き終わりの障害

リハビリテーションの臨床に役立つ、初めての運動生理学のテキスト!
PT・OT養成校の学生から、臨床勤務のスタッフまで活用できる

リハビリテーション 運動生理学

監修 玉木 彰
兵庫医療大学大学院
医療科学研究科 研究科長/教授

編集 解良 武士
東京都健康長寿医療センター研究所
高齢者健康増進事業支援室 研究員



定価(本体5,800円+税) ISBN978-4-7583-1719-1
B5判・416頁・2色刷(一部カラー)・イラスト370点

運動療法は、運動による効果を利用して疾患・障害を治療・予防するものである。そのため、運動を行うと身体にどのような反応が起こるかという運動生理学の知識は必須である。これまでの運動生理学の専門書は、健康者やスポーツ選手の運動生理について解説しており、リハビリテーション関連職種に必要な情報は少なかった。本書は、健康者だけでなく疾患・障害をもつ人の運動生理反応やトレーニング効果について、病態生理を踏まえて解説。基礎編では、基本的な運動生理学の知識を、また臨床編では、疾病と運動との関連、疾病を有する対象者の運動制限の原因・トレーニング効果について解説。理学療法士・作業療法士養成校の学生も、臨床勤務のセラピストも活用できる1冊。

目次

- Part I 基礎編 運動生理学の基本的知識
- | | | |
|------------|-----------|--------------|
| 筋の運動生理学 | 関節の運動生理学 | トレーニングの効果 |
| 換気の運動生理学 | 体温の運動生理学 | 運動負荷試験 |
| ガス交換の運動生理学 | 栄養の運動生理学 | フィールドテスト |
| 循環の運動生理学① | 内分泌の運動生理学 | 付録 運動に関する諸計算 |
| 循環の運動生理学② | 身体組成 | |
- Part II 臨床編 疾病の病態と運動制限の原因、および運動が及ぼす影響
- | | | |
|-------------|-----------|----------|
| 筋機能・関節障害と運動 | 末梢循環障害と運動 | 腎機能障害と運動 |
| 呼吸機能障害と運動 | 代謝疾患と運動 | 加齢と運動 |
| 心機能障害と運動 | 骨粗鬆症と運動 | |

※ご注文、お問い合わせは最寄りの医書取扱店または直接弊社営業部まで。

〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2番30号
TEL.03(5228)2050 E-mail(営業部) eigo@medicalview.co.jp
FAX.03(5228)2059 http://www.medicalview.co.jp

スマートフォンで書籍の内容紹介や目次がご覧いただけます。



大会長挨拶

第 23 回基礎理学療法学会学術大会

大会長 市橋則明

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

この度、第 23 回日本基礎理学療法学会学術大会を 2018 年 12 月 15 日（土）・16 日（日）の 2 日間にわたり、京都市の京都テルサにて開催することとなりました。

日本基礎理学療法学会は、疾患領域に基づく縦断的な研究体系に対して、理学療法学における横断的かつ学際的な学問統合の基盤の場として資することを通し、臨床における理学療法効果の根拠となる知見を得るための学問分野として、真に科学的な理学療法学の発展に寄与することを目的に設立されました。

この目的を達成するために、1) 人体構造・機能・情報学、2) 身体運動学、3) 神経生理学（運動制御・運動学習）、4) 生体評価学、5) 運動生理学の 5 つの研究領域が設けられています。日本基礎理学療法学会は、これら 5 つの研究成果を統合し、理学療法を支える新たな基盤的学問体系を創造し、その成果を広く発信することにより、理学療法の科学的検証に資することを通して、広く世界の人々の健康と幸福に貢献することを使命として学術活動を継続することを目指しています。

本学術大会は、上記の 5 つの研究領域に携わる研究者が日頃の研究成果を発表するとともに、当該領域に関する最新の知識と情報を交換・発信する場であり、わが国の基礎理学療法学の発展に大きく貢献することを目的として開催されるものです。

2017 年は、同一日程、同一会場での連合学会方式で 12 分科学会の学会が開催され、その中で、JSPTF 第 4 回基礎理学療法学術集会和 JPTF 第 22 回日本基礎理学療法学会の合同学会として行いました。2018 年は、分科学会が独立して行う最初の学会となり、JSPTF 基礎理学療法学会と JPTF 日本基礎理学療法学会との合同学会として開催してきた学術大会を、第 23 回日本基礎理学療法学会学術大会として統一名称で開催します。

今回のテーマは、「身体運動学を極める」としました。基礎理学療法学会が研究領域とする 5 つの領域の中でも特に身体運動学に焦点を当て、講演を企画しました。特別講演として「最近の画像診断技術の進歩に伴う関節運動学」として大阪大学の菅本一臣教授に、「人工膝関節のバイオメカニクスの最新知見」として京都大学の松田秀一教授に講演して頂きます。また、「超音波診断装置を用いた生体組織の評価とその応用」、「日本理学療法士学会における取組みモデルとしての学会版 MMT および ROM 測定指針の開発」、「若手研究者(U39)による最先端研究紹介」という 3 つのシンポジウムを企画しました。さらに基礎理学療法学会に関する教育講演も 7 つ企画しています。演題発表は口述 114 演題、ポスター 115 演題の計 229 演題が発表されます。また、「身体運動学を臨床に活かす」をテーマとした第 29 回京都府理学療法士学会と同時開催としており、京都府理学療法士学会の講演を聴講することも可能です。連合学会から単独の分科学会開催となる第 23 回日本基礎理学療法学会学術大会に多くの研究者が京都の地に集まり、基礎理学療法学の発展に寄与できる場になることを願っています。

会場案内図



京都テルサ 京都府民総合交流プラザ内

〒601-8047 京都市南区東九条下殿田町 70 番地

TEL: 075-692-3400 FAX: 075-692-3402

URL: <http://www.kyoto-terra.or.jp/>

会場までのアクセス

電車 … JR 京都駅(八条口西口)より南へ徒歩 15 分

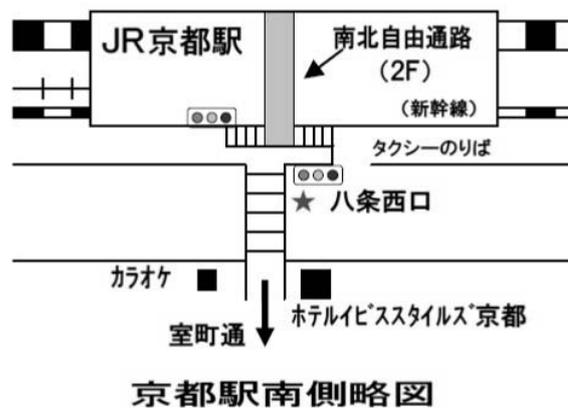
近鉄東寺駅より東へ徒歩 5 分

地下鉄九条駅④番出口より西へ徒歩 5 分

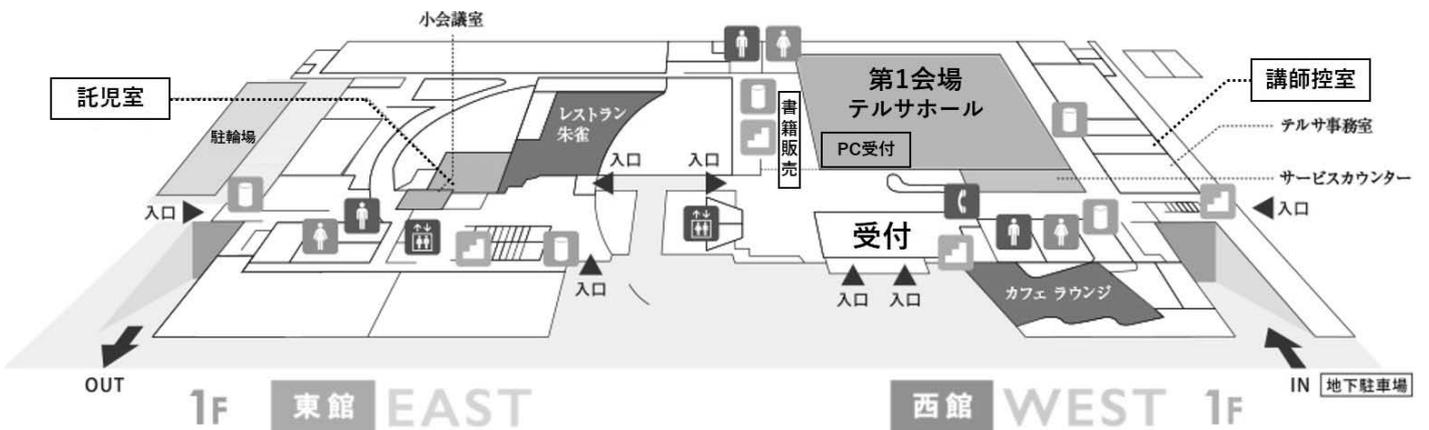
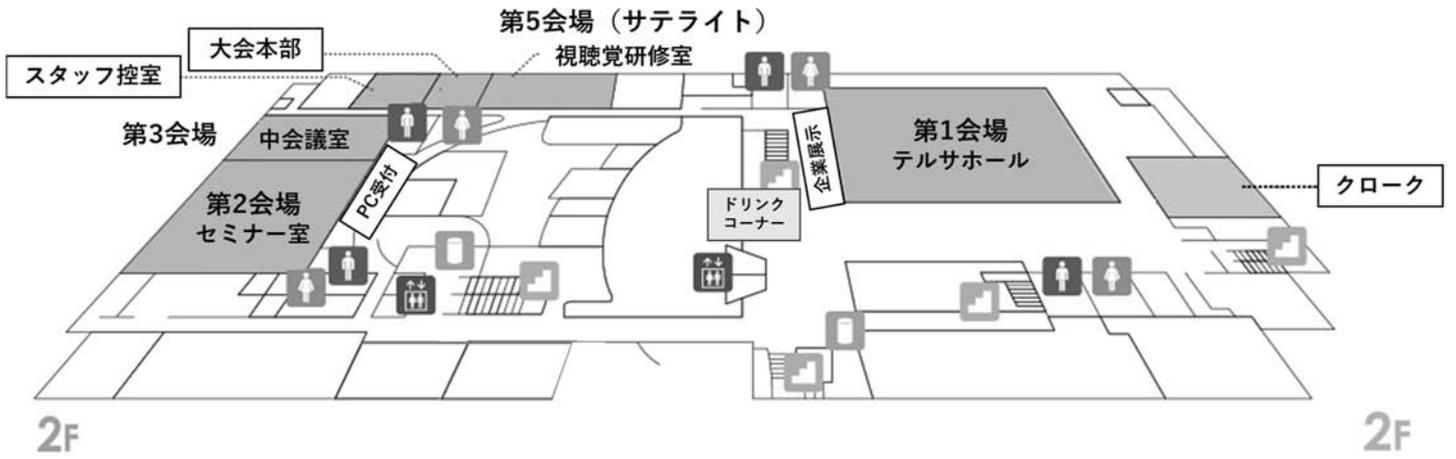
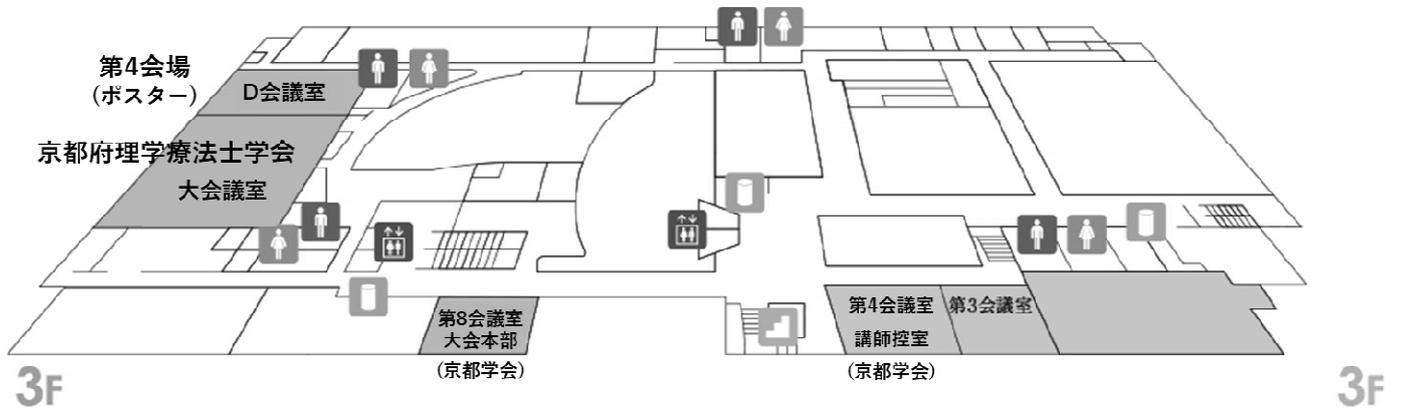
バス … 市バス九条車庫にて下車 南へすぐ

車 … 名神京都南 IC より市内方面へ 10 分

地下駐車場 180 台(有料)



フロアマップ



ご参加の皆さまへ

1. 参加登録費

● 理学療法士協会 会員

事前参加登録	¥8,000
当日参加登録	¥10,000

筆頭発表者に該当する理学療法士協会会員は、事前参加登録をしてください。

事前登録は定員に達した場合には早期に締め切る可能性がございます。参加をご予定の方は早めにお申し込みください。

また、申込状況によっては当日参加受付を実施しない場合がございます。予めご了承ください。

● 理学療法士協会 非会員

当日参加登録のみ

理学療法士有資格者	¥15,000
理学療法士以外	¥10,000
学生	¥1,000 筆頭発表者に該当する学生 ¥5,000

- 1) 全日程参加のみで、デイパスはありません。
- 2) 理学療法士の有資格者で、理学療法士協会の会費が未納の方、入会手続きが完了していない方、休会中の方は非会員の扱いとなります。
- 3) 学生には理学療法士の有資格者は該当しません。当日、受付にて学生証を提示してください。また、筆頭発表者に該当する学生は、参加費の区分が異なりますのでご注意ください。
- 4) 理学療法士協会会員の方については、出張許可書をマイページからダウンロードできます。
- 5) 理学療法士協会会員の方については、後日、参加登録費領収書をマイページからダウンロードできます。当日、受付ではお渡しできません。
- 6) 各会場での混雑状況によっては安全管理上、入場制限をさせていただく場合がございます。この場合の参加登録のキャンセル・変更には応じかねますので、予めご了承ください。
- 7) 理学療法士協会の会員の方は、会員証による会員証明・参加受付・ポイント管理を導入しております。当日は忘れずにお持ちください。
- 8) 第23回基礎理学療法学会学術大会は、第29回京都府理学療法士学会との合同開催であり、両学会の聴講が可能です。ただし、京都府理学療法士会会員のうち、基礎理学療法学会学術大会にて筆頭演者として演題発表、座長を行う会員は、第23回基礎理学療法学会学術大会への参加登録が必要です。ご注意ください。

2. 事前参加登録方法

- 1) 事前参加登録は、理学療法士協会会員のみ可能です。
- 2) 本学会ホームページ (URL : <http://23thjptakiso.com>) よりお申し込みください。
- 3) 事前参加登録 受付期間

楽天カード支払い選択可能期間	2018年7月17日～12月5日
現金振り込み（コンビニエンスストア）可能期間	2018年7月17日～11月20日
口座振り込み（銀行）可能期間	2018年7月17日～11月12日

※振り込み手数料は各自別途ご負担いただきます。

3. 当日参加登録方法

- 1) 理学療法士協会会員の方は、専用受付窓口にて理学療法士協会会員証を提示してください。後日、参加費を理学療法士協会から請求します。
- 2) 理学療法士協会非会員・学生の方は、会場に用意された参加登録表をご記入の上、該当する受付で参加費の支払い（現金支払いのみ）及び受付をお済ませください。

4. プログラム・抄録集

- 1) プログラム集・抄録集は、本学会ホームページ(<http://23thjptakiso.com>)にて公開いたします。
- 2) 当日受付にてプログラム・抄録集をお渡ししますが、数に限りがありますので、事前参加登録をされた参加者が優先となります。

5. 参加受付

	12月15日（土）	12月16日（日）
京都テルサ正面入口 ロビー	12:00～18:00	9:00～14:30

6. クロークサービス

	12月15日（土）	12月16日（日）
リハーサル室（西館 2F）	12:00～20:00	9:00～16:30

貴重品及び雨具等はお預かりできませんので予めご了承ください。

各自管理をするようにしてください。

7. 生涯学習ポイント

- 1) 参加受付で理学療法士協会会員証をカードリーダーにかざすことにより、生涯学習ポイントが自動管理されます。
- 2) マイページへの反映は、1か月ほどかかります。
生涯学習ポイントに関するお問い合わせは、理学療法士協会までお願いします。

8. 企業展示及び書籍展示

企業展示 ※休憩所も併設しております	テルサホール 2F ロビー（西館 2F）
書籍販売	テルサホール 1F ロビー（西館 1F）

9. ドリンクサービス

- 1) 2階企業展示横にて、ドリンクサービスを行いますので、ご自由にご利用ください。

10. 飲食

会場内での飲食は可能ですが、他の参加者や演者の皆さんにご配慮ください。
ごみは各自お持ち帰りください。

11. その他

1) 名札の携帯

受付時に名札とネームホルダーをお渡しします。名札に必要事項をご記入のうえ、名札の入ったネームホルダーを首から下げるようにしてください。

名札の確認ができない方は、会場への入場をお断りします。

2) カメラ・ビデオ撮影・録音

撮影許可証を持たない方のプログラム（ポスター演題含む）のカメラ・ビデオ撮影（カメラ付き携帯電話等を含む）・録音などは、講演者や発表者の著作権保護や対象者のプライバシー保護のために禁止させていただきます。

万が一、撮影・録音をしている方を見かけましたらデータを削除させていただきます。また、撮影・録音をしている方を見かけましたら近くのスタッフまでお声掛けください。

3) 携帯電話の使用

会場内では必ず電源を切るかマナーモードに設定してください。また、プログラム中の通話は禁止させていただきます。

4) 会場内での呼び出し

会場内での呼び出しはできません。

5) 喫煙

会場は全館禁煙です。喫煙は屋外喫煙コーナーをご利用ください。周辺道路での喫煙も近隣住民の迷惑となりますのでご遠慮ください。

6) 非常口の確認

緊急・非常時にはスタッフの誘導に従ってください。また、緊急時に備えて必ず各自で非常口の確認をお願いいたします。

7) 公衆無線 LAN サービス

会場内では無料 Wifi が使用可能です。

【SSID】 terrsa free 【Password】 terrsa0001

お問い合わせ先

第 23 回日本基礎理学療法学会学術大会

運営事務局：京都大学大学院医学研究科

リハビリテーション科学コース理学療法学講座臨床バイオメカニクス研究室

〒606-8507 京都府京都市左京区聖護院川原町 53

TEL:075-751-3948 FAX:075-751-3948

E-mail: jptakiso2018@gmail.com

座長・演者の皆さまへ

1. 座長へのお願い

- 1) 参加受付を済ませた後、該当セッション当日の開始 30 分前までに座長受付へお越してください。

	12月15日(土)	12月16日(日)
テルサホール 1F ロビー (西館 1F)	12:00~17:55	9:00~13:55

- 2) 該当セッションの開始 10 分前までに各発表会場内の次座長席にご着席ください。
- 3) 該当セッションの進行に関しては座長に一任します。
- 4) 必ず予定の時刻までに終了するようにお願いします。
- 5) 不測の事態にて座長の職務が遂行不可能であるとご判断された場合には、速やかに座長受付までご連絡ください。
- 6) 審査対象演題については、座長に審査をしていただきます。
該当セッションに審査対象演題が含まれる場合は、座長受付で審査票をお渡しますのご確認をお願いします。

2. 一般口述発表およびポスター発表の演者へのお願い

- 1) 本学会では、利益相反の有無について必ず公表するようお願いいたします。
日本理学療法士学会の利益相反の開示に関する基準については、日本理学療法士学会ホームページ (http://www.japanpt.or.jp/upload/jspt/obj/files/shinsa/jspt_coi.pdf) を参照してください。
- 2) 日本理学療法士学会の利益相反の開示への対応については日本理学療法士学会ホームページ (http://www.japanpt.or.jp/upload/jspt/obj/files/shinsa/coi_slide_sample.pdf) を参照してください。
- 3) 一般口述発表については、発表スライドの最初に利益相反について記載してください。
- 4) ポスター発表については、ポスターの中に利益相反について記載してください。

3. 一般口述発表の演者へのお願い

- 1) 発表時間は、発表 7 分、質疑応答 3 分です。座長の進行に従い、時間を厳守してください。
- 2) 参加受付を済ませた後、該当セッション開始の 45 分前までに演者受付にて発表データを提出してください。

	一般口述 1~一般口述 12	一般口述 13~一般口述 19
各発表会場前	12月15日(土) 12:00~19:00	12月16日(日) 9:00~13:40

一般口述 11 及び一般口述 12 については、学会 1 日目に演者受付にて発表データを提出してください。学会 2 日目に演者受付をすることはできません。

なお、一般口述 13~一般口述 19 については、学会 1 日目に演者受付をすることはできません。

- 3) 演者は発表データの入ったメディア (USB フラッシュメモリ) をご持参してください。
個人の PC 本体を持ち込んで発表することはできません。

- 4) 該当セッションの開始 10 分前までに各発表会場の次演者席にご着席ください。
- 5) 筆頭演者が発表できない場合は必ず共同演者が発表を行ってください。
演者に変更がある場合は、必ずセッションの開始 30 分前までに演者受付までご連絡ください。

4. 一般口述発表のデータについて

- 1) 持ち込むデータは、必ず事前にウイルススキャンを行ってください。
- 2) ファイル名は「演題番号_演者名.ppt」としてください。
- 3) 大会事務局で用意している PC の OS は Windows 10, アプリケーションソフトは PowerPoint 2007/2010/2013/2016 です。
- 4) PowerPoint に標準搭載されているフォントのみ使用可能です。
発表者専用表示の発表者ツールはご使用できません。
- 5) データを作成した PC 以外で正常に動作するか、事前に確認してください。事前に Windows PC にて文字のずれ等、動作確認を行ってください。
特に Macintosh 版 PowerPoint で作成したデータは、互換性が損なわれる可能性があります。
- 6) 一般演題では動画、音声の使用はできません。静止画像を使用する場合は、JPEG 形式としてください。
- 7) 大会の PC にコピーしたデータは、会期終了後に大会主催者側で責任を持って削除いたします。

5. ポスター発表の演者へのお願い

- 1) 座長なしの自由討議のみとなります。
- 2) ポスター発表については演者受付を行いません。
各パネル前にリボンを用意しますので、胸に付けるようにしてください。
- 3) 各自、プログラムで該当セッションの日時を確認し、セッション開始時刻 10 分前にご自身のポスターの前で待機してください。
該当セッション時間中は、ご自身のポスターの前から離れないようお願いいたします。
- 4) ポスターサイズは、横 841mm×縦 1189mm の範囲とします。
- 5) パネル左上の演題番号とポスターの貼付に必要な画びょうは大会側でご用意いたします。
- 6) ポスターは予め指定された時間内に、指定された場所（ご自身の演題番号のパネル）に貼付し、発表後は指定された時間内に撤去して必ず各自でお持ち帰りください。



	12月15日(土)	12月16日(日)
ポスター貼付時間	13:00~14:00	9:30~10:30
ポスター撤去時間	18:20~19:00	15:25~16:05

指定時間より前に撤去しないようお願いいたします。

指定時間を過ぎても撤去されないポスターは大会側で処分しますので予めご了承ください。

大会日程 12月15日(土) 1日目

	第1会場 テルサホール	第2会場 東館2階 セミナー室	第3会場 東館2階 中会議室	第4会場 (ポスター会場) 東館3階 D会議室	第5会場 (サテライト会場) 東館2階 視聴覚研修室	京都府理学療法士学会 東館3階 大会議室
12	12:00 受付開始					12:00 受付開始
	開会式・表彰式					
13	13:00-14:00 大会長講演 筋の運動学 ー筋の機能とトレーニングー 講師：市橋則明 司会：大西秀明	13:00-14:00 口述1 生体評価学1 (O17-1~6) 座長：福元喜啓、吉田啓晃	13:00-14:00 口述2 運動生理学1 (O1-1~6) 座長：笹沼直樹、椿 淳裕	13:00-14:00 ポスター貼付	13:00-14:00 基礎学会 大会長講演 (サテライト) 筋の運動学 ー筋の機能とトレーニングー 講師：市橋則明 司会：大西秀明	13:00-14:00 口述1 (演題1~5) 座長：朝田孝優
14	14:05-15:05 教育講演1 腱の運動学 ー腱の機能とトレーニングー 講師：久保啓太郎 司会：縣 信秀	14:05-15:05 口述3 生体評価学2 (O18-1~6) 座長：白田 滋、中村雅俊	14:05-15:05 口述4 構造・機能・情報学1 (O2-1~6) 座長：前島 洋、吉川 輝	14:00-18:20 ポスター展示	14:05-15:05 京都学会 講演1 (サテライト) 股関節深層筋群の機能解剖とトレーニング 講師：木下一雄 司会：梅田匡純	14:05-15:05 講演1 股関節深層筋群の機能解剖とトレーニング 講師：木下一雄 司会：梅田匡純
15	15:10-16:10 特別講演1 最近の画像診断技術の進歩に伴う関節運動学 講師：菅本一臣 司会：麻田博之	15:10-16:10 口述5 生体評価学3 (O19-1~6) 座長：大森圭貢、篠原智行	15:10-16:10 口述6 構造・機能・情報学2 (O3-1~6) 座長：菊池 真、高松泰行	15:10-16:10 ポスター1 身体運動学1 (P5-1~20)	15:10-16:10 基礎学会 特別講演1 (サテライト) 最近の画像診断技術の進歩に伴う関節運動学 講師：菅本一臣 司会：麻田博之	15:10-16:10 口述2 (演題6~10) 座長：福嶋秀記
16	16:15-17:15 教育講演2 筋内脂肪：医用画像による評価と加齢や不活動の影響 講師：秋間 広 司会：坂本美喜	16:15-17:15 口述7 身体運動学1 (O10-1~6) 座長：大谷拓哉、朝倉智之	16:15-17:15 口述8 構造・機能・情報学3 (O4-1~6) 座長：荒川高光、平野和宏	16:15-17:15 ポスター2 神経生理学1 (P3-1~19)	16:15-17:15 基礎学会 教育講演2 (サテライト) 筋内脂肪：医用画像による評価と加齢や不活動の影響 講師：秋間 広 司会：坂本美喜	16:15-17:15 口述3 (演題11~15) 座長：平本真知子
17	17:20-18:20 教育講演3 iPS細胞由来軟骨による再生医療最前線 講師：妻木範行 司会：浦川 将	17:20-19:20 シンポジウム1 若手研究者 (U39) による最先端研究紹介 司会：北地 雄、中江秀幸	17:20-18:20 口述9 身体運動学2 (O11-1~6) 座長：北出一平、高橋 真	17:20-18:20 ポスター3 神経生理学2 (P1-1~10) 運動生理学1 (P7-1~10)	17:20-18:20 京都学会 講演2 (サテライト) 膝関節の機能解剖とその治療 講師：本城邦晃 司会：西村 純	17:20-18:20 講演2 膝関節の機能解剖とその治療 講師：本城邦晃 司会：西村 純
18	18:25-19:25 教育講演4 筋・筋膜性疼痛の生理・病態・治療 講師：田口 徹 司会：中野治郎		18:25-19:25 口述10 身体運動学3 (O12-1~6) 座長：伊藤浩充、三谷保弘	18:20-19:00 ポスター撤去	18:25-19:25 基礎学会 教育講演4 (サテライト) 筋・筋膜性疼痛の生理・病態・治療 講師：田口 徹 司会：中野治郎	
19						

大会日程 12月16日(日)2日目

	第1会場 テルサホール	第2会場 東館2階 セミナー室	第3会場 東館2階 中会議室	第4会場 (ポスター会場) 東館3階 D会議室	第5会場 (サテライト会場) 東館2階 視聴覚研修室	京都府理学療法士学会 東館3階 大会議室
9	9:00 受付開始					
	9:25 次期学会長挨拶					
	9:30-10:30 シンポジウム2 日本理学療法士学会における取組みモデルとしての学会版MMTおよびROM測定指針の開発 講師：藤澤宏幸、中山恭秀 司会：河上敬介	9:30-10:30 口述11 身体運動学4 (O13-1~6) 座長：近藤 仁、押川達郎	9:30-10:30 口述12 構造・機能・情報学4 (O5-1~6) 座長：山崎俊明、崎谷直義	9:30-10:30 ポスター貼付	9:30-10:30 京都学会 講演3 (サテライト) 足関節の運動学に基づいた機能評価と運動療法 講師：伊藤浩充 司会：窓場勝之	9:30-10:30 講演3 足関節の運動学に基づいた機能評価と運動療法 講師：伊藤浩充 司会：窓場勝之
10						
	10:35-11:35 特別講演2 人工膝関節のバイオメカニクスの最新知見 講師：松田秀一 司会：市橋則明	10:35-11:35 口述13 身体運動学5 (O14-1~6) 座長：榎 勇人、戸田晴貴	10:35-11:35 口述14 構造・機能・情報学5 (O6-1~6) 座長：今北英高、笹井宣昌	10:30-15:25 ポスター展示	10:35-11:35 基礎学会 特別講演2 (サテライト) 人工膝関節のバイオメカニクスの最新知見 講師：松田秀一 司会：市橋則明	10:35-11:35 口述4 (演題16~20) 座長：伊藤明良
11						
	11:40-12:40 教育講演5 肢節間協調の制御機構 講師：平岡浩一 司会：金子文成	11:40-12:40 口述15 身体運動学6 (O15-1~6) 座長：正木光裕、芥川知彰	11:40-12:40 口述16 神経生理学1 (O7-1~6) 座長：冷水 誠、笠原敏史	11:40-12:40 ポスター4 生体評価学1 (P6-1~21)	11:40-12:40 京都学会 講演4 (サテライト) 体幹の機能解剖と運動学に基づいた運動療法 -腰痛予防と治療- 講師：青木一治 司会：石井光昭	11:40-12:40 講演4 体幹の機能解剖と運動学に基づいた運動療法 -腰痛予防と治療- 講師：青木一治 司会：石井光昭
12						
						表彰式
13						
	13:20-15:00 シンポジウム3 超音波画像診断技術を用いた生体組織の評価とその応用 講師：椎名 毅、川上泰雄、池添冬芽 司会：池添冬芽	13:20-14:20 教育講演6 ヒトの姿勢・歩行の神経制御 講師：進矢正宏 司会：鈴木俊明	13:20-14:20 口述17 神経生理学2 (O8-1~6) 座長：大鶴直史、高橋 真	13:20-14:20 ポスター5 身体運動学2 (P4-1~19)	13:20-15:00 京都学会 講演5 (サテライト) 肩関節解剖、腱板機能およびその治療 講師：新井隆三 司会：宮坂淳介	13:20-15:00 講演5 肩関節の解剖、腱板機能およびその治療 講師：新井隆三 司会：宮坂淳介
14						
		14:25-15:25 口述18 身体運動学7 (O16-1~6) 座長：谷埜予士次、石田 弘	14:25-15:25 口述19 神経生理学3 (O9-1~6) 座長：山口智史、上原信太郎	14:25-15:25 ポスター6 構造・機能・情報学1 (P2-1~16)		
15	15:05-16:05 教育講演7 筋骨格系シミュレーションの基礎理論と実践 講師：長野明紀 司会：建内宏重			15:25-16:05 ポスター撤去	15:05-16:05 基礎学会 講演7 (サテライト) 筋骨格系シミュレーションの基礎理論と実践 講師：長野明紀 司会：建内宏重	15:05-16:05 口述5 (演題21~25) 座長：松村 葵
16						

大会長講演 筋の運動学 —筋の機能とトレーニング—

12月15日(土) 13:00-14:00

会場：第1会場 テルサホール

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 市橋則明

司会 新潟医療福祉大学リハビリテーション学部 大西秀明

筋張力に影響を与えるものとして、筋の構造（生理学的断面積・筋線維長）や神経的要因（脳の興奮水準等）だけでなく、超音波の筋輝度で評価した筋の質も影響することが近年注目されている。また、筋力（関節トルク）は、筋張力と各筋のモーメントアームにより影響を受ける。筋のモーメントアームは関節角度が変われば大きく変化し、例えば、股関節外旋筋である梨状筋や中殿筋後部線維は、股関節屈曲位では股関節内旋筋と変化する。筋は筋力トレーニングによって構造が変化する。この変化は単に筋断面積の増加だけではなく、羽状角や筋線維長の増加も報告されている。Franchiらは、伸張性筋力トレーニングでは筋線維長が増加し、短縮性筋力トレーニングでは羽状角が増加するという興味深い報告をしている。羽状角の増加は筋張力の増加に、筋線維長の増加は筋の収縮速度の増加に関連するため、このようなトレーニングによる筋の変化は興味深い。我々は、筋力トレーニング直後に生じた筋厚変化（筋腫脹）の程度は6週間のトレーニング介入によって生じた筋肥大の程度と有意な相関がみられることを明らかにしている。また、30%の低負荷でも運動回数（セット数）を増加すれば、高負荷と同様の筋力増加や筋肥大を起こすことを報告している。ストレッチングによって筋の伸張性が増加することは明確であるが、ストレッチングが筋力や筋肥大に与える影響は不明である。我々は4週間のストレッチング介入により筋力増加は起こらないが最大筋力を発揮する角度が変化することを明らかにした。さらに筋伸張位と筋短縮位での低負荷等尺性筋力トレーニングを比較し、筋伸張位では筋短縮位に比べて筋収縮による能動的な張力の発揮量が小さくても、同程度の筋力トレーニング効果があることを報告している。本講演では筋の機能とトレーニングに関して、我々の研究結果を中心に理学療法に役立つ話題を紹介する予定である。

【MEMO】

特別講演 1 最近の画像診断技術の進歩に伴う関節運動学

12月15日(土) 15:10-16:10

会場：第1会場 テルサホール

大阪大学運動器バイオマテリアル寄附講座 菅本一臣

司会 蘇生会総合病院 麻田博之

リハビリテーションにおける理学療法や作業療法の基本となる訓練に関節可動域訓練と筋力増強訓練がある。関節可動域訓練ではその手技の良否は可動域を獲得するうえで非常に重要な要素である。それを身に着けるためには、基本となる骨関節の3次元の動きを十分に理解することではないかと考えている。しかし骨関節の3次元の動きは生きた人間では皮膚におおわれているために直接観察することができない。例えば肩関節の動きの際には肩甲骨は皮膚の下を大きく滑動している。それを直接観ることができないことが肩のリハビリは難しいといった俗説が広まる一つの理由となっていると思われる。関節の動きを知ってリハビリの手技を高めるといった目的の重要性を、関節の動きを少しでも体感していただくことで認識していただきたいと思っているが、これまでは生きている人間における骨関節動態を明らかにする方法が確立されていなかった。我々は現在までに独自の解析システムを確立したが、それらを用いて正常例や様々な病態下での関節動態を解析してきた結果、生体内での関節動態は屍体を用いた研究から導き出された多くの結果と異なる一方で、骨形態は個人間により様々であるにもかかわらず、規則性のある動態が存在することが明らかとなった。この概念はリハビリテーションの方法を大きく変えうる可能性のあるものと考えている。感と経験に基づく治療体系を科学的根拠のもとに確認することが今後重要と思われる。

特別講演 2 人工膝関節のバイオメカニクスの最新知見

12月16日(日) 10:35-11:35

会場：第1会場 テルサホール

京都大学大学院医学研究科整形外科学 松田秀一

司会 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 市橋則明

人工膝関節置換術(TKA)の耐久性の向上にはバイオメカニクス研究が大きく寄与してきた。TKAの黎明期に最も大きな問題であったのは、インプラントと骨の固着である。屍体膝や模擬骨を用いて、実際にインプラントを設置して固定性を評価し、インプラントの形状やinterfaceの材質の改善がもたらされた。最近では、深屈曲型のTKAにおいて大腿骨側のlooseningが増えるという事例も報告され、更なる改善を目指して有限要素法(FEA)などを用いた研究が行なわれている。ポリエチレンの摩耗は今尚重要な問題である。ポリエチレンの成形、滅菌過程の改善などによりポリエチレンの著明な摩耗や破損は減少したが、TKAでは関節面形状がポリエチレンへかかる負荷に大きく影響するため、応力解析などの研究を通して形状変更が行なわれている。また手術手技もインプラントの耐久性に影響を与える大きな因子である。術後のアライメントがインプラントに与える影響についてFEAなどを用いた解析が行なわれ、臨床研究の結果ともあわせて、耐久性を上げるための適切なアライメントについての研究が行なわれている。靭帯バランスはアライメントと並び術後成績を左右する重要な手術手技だが、屍体膝を用いて解離の影響などの研究が数多くなされてきた。最近では術中の靭帯バランスを定量的に評価できるようになり、至適靭帯バランスへの研究が進んでいる。可動域制限や不安感を与えない靭帯の緊張度についての理解は進んできている。現在までは主として静的な状態での解析が多く行なわれ、耐久性を改善するためのデザイン、手術手技というものが確立されてきた。術後の機能を更に改善し、満足度を向上させるためには、違和感を感じない動き、可動域の改善など、より動的な状態での解析が必要と思われる。術後のkinematicsの解析やコンピュータシミュレーションによる術後動態予想など、最新の知見についても紹介したい。

教育講演 1 腱の運動学 —腱の機能とトレーニング—

12月15日(土) 14:05-15:05

会場：第1会場 テルサホール

東京大学大学院総合文化研究科 久保啓太郎

司会 常葉大学医療保健学部 縣 信秀

腱は筋と骨の単なる連結部に過ぎず、これまで研究対象として注目されてこなかったのが現状である。しかし、およそ20年前にヒト生体における腱の力学的特性（スティッフネス、ヒステリシス）が超音波法により実測可能であることが示されてから（*e.g.*, Kubo *et al.* 1999 *J Appl Physiol*）、関連する知見が飛躍的に増加し、運動生理学やバイオメカニクス分野において新たな視点からの必要性が示唆されている。代表的な例としては、従来の関節角度変化から筋（線維）長変化を推定し筋の仕事量を算出する方法は、その前提が崩れており再考が必須であると言える。さらに、腱の力学的特性は、筋繊維の「力ー長さ」関係および「力ー速度」関係に大きな影響を及ぼし（*e.g.*, Kubo *et al.* 2000 *Acta Physiol Scand*）、ヒトの身体運動（特に伸張-短縮サイクル運動）のメカニズムを考察する上で重要な因子になる。一方、筋や骨などの他組織と同様に、成長・加齢および各種トレーニングなどにより、腱特性（主に横断面積や力学的特性）もさまざまに変化する。しかし、このような腱の可塑性に関する知見は、他組織（筋や骨など）に比べて量的な面で不十分であることは否めず、多くの点で一致した見解が得られていないのが現状である。さらに、最近では腱特性に加えて、ヒト腱の血液循環やコラーゲン線維配向（配列）に関する知見も踏まえて、腱特性の可塑性に関する詳しい機序を探る研究も進められている（*e.g.*, Ishigaki *et al.* 2018 *JPFMS*）。本講演では、この20年の間に国内外で報告されてきた腱特性の機能的役割と可塑性に関する知見を中心にして、我々の研究成果を交えてご紹介する予定である。

教育講演 2 筋内脂肪：医用画像による評価と加齢や不活動の影響

12月15日(土) 16:15-17:15

会場：第1会場 テルサホール

名古屋大学総合保健体育科学センター 秋間 広

司会 北里大学医療衛生学部 坂本美喜

骨格筋内に霜降り状に蓄積する脂肪（以下、筋内脂肪）は、内臓脂肪と類似した性質を持つことが分かっている。近年、磁気共鳴映像法（MRI）や超音波断層装置（US）を用いて、筋内脂肪を評価する研究が増えつつある。筋内脂肪はインスリン抵抗性と関連することから（Goodpaster *et al.* 2003）、少ない方が望ましいと考えられるが、その分布状況の詳細については不明であった。MRIとUSで求めた外側広筋と大腿二頭筋の筋内脂肪とプロトン磁気共鳴分光法（¹H-MRS）から求めた筋細胞内・外脂肪との関係について検討した。その結果、両筋ともにMRIおよびUSから求めた筋内脂肪は、¹H-MRSから求めた筋細胞外脂肪との間に有意な相関関係が認められ、医用画像で観察している脂肪は主に筋細胞外にある脂肪を反映している可能性が示された（Akima *et al.* 2016）。このことは筋内脂肪の代謝を考える上で重要な情報となるものと考えている。加齢や不活動によって筋内脂肪は増加する。MRIやUSによる筋内脂肪の指標は、測定した部位の筋断面積や筋厚と有意な負の相関関係が認められることを報告してきた（Akima *et al.* 2015, 2017）。この結果が得られた仮説として、加齢や不活動によって筋線維の萎縮が生じ、筋線維間に生じた空間に脂肪が蓄積していくというものである。その可能性を調べるため、約4週間のギブス固定と免荷を強いられた18名の患者を用いて、ギブス固定中の一日あたりの筋組織断面積と筋内脂肪断面積の変化率について調べた。その結果、両者には有意な負の相関関係（ $r_s = -0.86$ ）が認められ（Yoshiko *et al.* 2018）、先の仮説を支持する結果が得られた。講演では、その他に高齢者等に関する情報を提供する予定である。

教育講演 3 iPS 細胞由来軟骨による再生医療最前線

12月15日(土) 17:20-18:20

会場：第1会場 テルサホール

京都大学 iPS 細胞研究所臨床応用研究部門 妻木範行
司会 広島大学大学院医歯薬保健学研究科 浦川 将

軟骨には関節軟骨と成長軟骨がある。関節軟骨の損傷・変性は運動障害を引き起こし、成長軟骨の機能異常は骨系統疾患を引き起こす。いずれの疾患においても根治的な治療薬はほぼ存在しない。人工多能性幹細胞 (iPS 細胞) が開発されて以来、細胞のタイプを変換することが現実的に可能となった。皮膚線維芽細胞や血液細胞に c-Myc, Klf4, Oct3/4, Sox2 を始めとするリプログラミング因子を導入して iPS 細胞を作り、その iPS 細胞を体細胞に分化誘導することで、疾患臓器・組織の細胞を得ることが出来る。我々はヒト iPS 細胞を軟骨細胞に分化誘導し、軟骨組織を作る方法の開発を行っている。そして、iPS 細胞由来軟骨を関節軟骨の損傷部位に移植する再生治療の実現を目指している。iPS 細胞は多能性にもとづく高い分化能を持つため、高品質な硝子軟骨を誘導し得る。また iPS 細胞はほぼ無限に増やすことが出来るため、多量の組織を作ることが可能だ。iPS 細胞由来軟骨が持つこの2つのポテンシャルは、自家軟骨細胞移植や間葉系幹細胞由来軟骨細胞の移植が内包する限界を克服しうる。骨系統疾患については、その病態を研究し、治療薬を探索するためには、病変軟骨は最適な研究材料である。しかし、患者から軟骨を採取することはほぼ不可能である。そのような中、iPS 細胞を経て軟骨細胞を培養皿上に作る技術を使えば、患者軟骨に相当する組織を試験管の中で作ることが出来るようになった (疾患細胞モデル)。我々は骨系統疾患に属する疾患である軟骨無形成症およびタナトフォリック骨異形成症の患者皮膚線維芽細胞から iPS 細胞を作り、さらに軟骨細胞へ分化誘導した。そしてそれを用いて病態解析を行い、薬剤スクリーニングを行っている。皮膚や血液の細胞などから iPS 細胞を経て軟骨を作る技術の開発により、関節軟骨損傷の再生治療と骨系統疾患の疾患モデル研究・創薬スクリーニングを実現させることが可能になりつつある。

教育講演 4 筋・筋膜性疼痛の生理・病態・治療

12月15日(土) 18:25-19:25

会場：第1会場 テルサホール

新潟医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科 田口 徹
司会 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 中野治郎

不慣れな運動後の筋肉痛、肩こりや腰痛、また、全身性の恒常的な激痛を特徴とする線維筋痛症など、筋や筋膜に起因する痛み (筋・筋膜性疼痛) の罹患者は極めて多い。筋・筋膜性疼痛は患者や高齢者の日常生活動作を制限し、QOL の低下を招くだけでなく、アスリートの競技パフォーマンスを顕著に低下させる。また、リハビリテーションを阻害する大きな要因であるため、高齢者医療やスポーツ医学に携わる理学療法士にとって極めて強い関心事である。筋・筋膜性疼痛は生存を脅かすほどではないものの、難治性で遷延化しやすく、加齢やストレスがその発症・増悪因子となるため、超高齢化かつストレスフルな現代社会において、臨床のみならず、社会的重要度が高い。筋・筋膜性疼痛の克服のためには、筋や筋膜が痛みを知覚する末梢・中枢神経系における生理的な仕組み、また、その仕組みが痛覚過敏のような病態でどのように変化するか、さらに、どのような治療がどのような機序で鎮痛効果をもたらすか、つまり、「生理」・「病態」・「治療」の3つの側面をマクロ (個体) からミクロ (分子) まで体系的に理解する必要がある。実際、今日までの約半世紀で痛みの基礎研究は飛躍的に進歩し、驚くべき速度で知見が蓄積されている。しかしながら、その理解は主として皮膚の痛みについてであり、筋・筋膜性疼痛などの運動器の痛み (つまり、理学療法士にとってより重要な痛み) の研究は遅れている。その理由は、これまでに筋・筋膜性疼痛の測定法がなかったこと、また、研究対象となる動物モデルが確立されていなかったことである。我々はこれらの点を克服し、様々な実験手法を用いてその特徴やメカニズムの解明を試みている。本講演では、動物実験を軸とした基礎研究の観点から筋・筋膜性疼痛を概説し、これまでにわかってきた最新の知見を紹介するとともに、理学療法士が改めて筋・筋膜性疼痛の重要性を再認識する機会にしたい。

教育講演 5 肢節間協調の制御機構

12月16日(日) 11:40-12:40

会場：第1会場 テルサホール

大阪府立大学大学院総合リハビリテーション学研究所 平岡浩一
司会 慶應義塾大学医学部リハビリテーション医学教室 金子文成

歩行などのリズムカル運動では中枢パターン発生器(central pattern generator; CPG)が駆動される。左右異なる速度で動くトレッドミル上で乳児を歩行させると左右異なるリズムのステップで対応するという知見などから、CPGは左右独立して存在すると考えられている。また、胸髄レベルで離断した除脳動物において、上・下肢のリズムカルな筋収縮をそれぞれ個別に誘発できるという知見から、上肢と下肢のCPGもそれぞれ独立しているとされる。各肢の制御を目的に独立して存在するCPGであるが、それらは固有脊髄路を介して互いに協調している。除脳動物において薬物を投与すると上下肢の協調したリズムカル運動が生じるが、その後胸髄レベルでも脊髄を離断するとこの協調は消失することから、固有脊髄路が上下肢のCPGを協調させていることがうかがえる。ヒトにおいても上肢の歩行様の腕振りにより、歩行時のパターンに合致したヒラメ筋H反射の相依的な変調が同側と対側双方に出現する。これは、ヒト歩行時における上下肢CPG間の協調を裏付ける知見である。固有脊髄路は対側へ分岐した経路を介して左右肢の協調にも関与する。たとえばヒトにおいて、片側足関節のリズムカル運動をすると、安静している側のヒラメ筋H反射がtonicに抑制される。つまり、片側CPGの駆動は安静にある対側伸筋に対して持続性の強い交差性抑制をもたらす。これに対して両側足関節の交互運動をしている時には反対側に対しては位相依的な抑制が生じるが、両側足関節の同位相性運動をするとその抑制は生じない。これは、両側を交互にリズムカルに活動させる歩行などに特化して位相依的な抑制が生じることを示唆する。さらに重要なのは、リズムカルでない運動中は固有脊髄路を介した上下肢の協調を示唆する皮膚反射が消失することから、固有脊髄路を介した四肢運動協調は課題依存的に柔軟に回路を開閉できるという知見である。

教育講演 6 ヒトの姿勢・歩行の神経制御

12月16日(日) 13:20-14:20

会場：第2会場 セミナー室

広島大学大学院総合科学研究科 進矢正宏
司会 関西医療大学保健医療学部 鈴木俊明

ヒトの立位や歩行といった姿勢制御は、二足歩行という力学的に不安定なシステムを、全身の筋肉を用いて適切に制御するという、非常に複雑な課題である。我々の神経系は、脊髄反射のような単純なものから、中・長潜時反射、あるいは大脳皮質を介した随意運動に至るまで、重層的な制御機構を駆使して姿勢制御を行っている。ヒトの運動制御に関する理論的研究は、眼球運動や腕リーチングといった単純な運動モデルを用いて行われてきた。例えば、最適フィードバック理論等の運動制御理論では、予測された感覚入力と実際感覚入力との差、すなわち感覚予測誤差が、感覚入力のノイズと遅延を克服して身体の状態を推定するための重要な情報であるとされている。また、運動学習に関する状態空間モデルでは、前の試行で経験した感覚予測誤差が内部モデルを変化させることが、様々な環境に適応しうる柔軟性の基盤となるとされている。姿勢制御に関わる神経制御機構はあまりにも複雑で、上肢運動を対象とした研究のような精密な実験は困難だが、我々は、上述したように「予測」が運動制御において重要な役割を果たすということを示唆する研究結果を得ている。たとえば、歩行中に想定外の段差がある際に、非常に素早い反射的筋活動が誘発されることを観察したが、これは、段差がないという外部環境を予測した上で、予測通りの感覚入力が得られないという無意識的な感覚予測誤差がオンラインの姿勢制御において用いられていることの証左と言える。また、姿勢制御における意識的な予測の役割として、被験者があらかじめ外乱のタイミングを知っていた場合には、反射的筋活動の潜時が短縮するというデータを紹介したい。その他講演では、現在我々が取り組んでいる、ステップ動作に正確性が要求される際の予測的姿勢制御に関する研究や、基礎研究と臨床研究を橋渡しするための簡便な運動学習能力測定アプリの紹介も行う予定である。

教育講演 7 筋骨格系シミュレーションの基礎理論と実践

12月16日(日) 15:05-16:05

会場：第1会場 テルサホール

立命館大学スポーツ健康科学部 長野明紀

司会 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 建内宏重

バイオメカニクス及びその関連分野において、筋骨格系シミュレーションの手法が多く研究者によって用いられている。モーションキャプチャー等のデータ取得システムと併用し、身体運動中の筋の発揮張力や中枢神経系からの指令を計算し可視化するソフトウェアを、多くの大学や研究機関が所有している。また様々な特色を持ったソフトウェアが広く用いられている。使い勝手の良い市販の製品もあれば、無料で配布され世界中の多くの研究者により使用されているものもある。シミュレーションの技術を用いる事で、筋の張力、長さ変化、仕事出力等、直接計測することが困難な変数の値を取得でき、有益な情報を得ることができる。一方で一般向けに開発されたソフトウェアを使用する際には、その内部で行われている演算の詳細を理解していなくてもブラックボックス的に使用する事ができてしまう。或いはブラックボックス的にしか使用することができない場合も多い。研究者として創造性の高い仕事をするためには、ソフトウェアの出力するデータを用いる際、内部で行われている計算を逐一把握している事が望ましい。この理解を前提とすれば、これらのソフトウェアを利用して研究を推進する事自体には問題が無いと考えられる。むしろプログラミングに費やす時間やエネルギーをより創造的な目的に使うため、これらのソフトウェアを活用することは推奨できると言えよう。そこで本講演では、筋骨格系シミュレーションの基礎となる理論について解説する。具体的には(1)モデリング、(2)順動力学と逆動力学、(3)最適化問題、(4)数値積分、について解説する。またこの基礎理論を踏まえ、演者らがこれまでに実施してきたシミュレーション研究について解説し、また筋骨格系シミュレーションの分野における今後の展望について論じる。

【MEMO】

シンポジウム 1 若手研究者 (U39) による最先端研究紹介

12月15日(土) 17:20-19:20

会場：第2会場 セミナー室

司会 総合東京病院 リハビリテーション科 北地 雄
東北福祉大学健康科学部 中江秀幸

サルモデルを用いた視床痛を引き起こす神経可塑性の探索

産業技術総合研究所人間情報研究部門 長坂和明

感覚の中継核である視床の後外側腹側核が脳卒中によって損傷を受けると、脳卒中後疼痛 “いわゆる視床痛” が生じることが知られている。この疼痛は、薬や運動療法が効かない超難治性の慢性疼痛として臨床上的大きな問題となっている。これまで、神経系の不適切な可塑性が慢性疼痛に関与することが示唆されているが、本病態の背景にある可塑的变化についてはほとんど解明されていないのが現状である。この問題に取り組むため、我々は近年、ヒトによく似た脳構造と身体骨格を有するマカクサルを対象に視床痛モデルを確立し (Nagasaka et al., 2017)、異常な痛みを引き起こす神経系の可塑的な変化について活動と構造の両面から探っている。本講演では、主にサルモデルを対象とした機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) と脳構造画像解析法 (VBM) によって明らかになった、視床痛に関連するダイナミックな脳の可塑性を紹介する。

変形性膝関節症における再生リハビリテーション確立に向けた分野横断型研究

慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科
日本学術振興会特別研究員 (PD)
京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 飯島弘貴

変形性膝関節症 (膝 OA) の病態理解や予防策構築に向けて、2014 年より膝 OA モデル動物 (Iijima H, Osteoarthritis Cartilage 2014) を用いた実験研究を進めてきた。その結果、緩徐トレッドミル運動は骨形成蛋白発現増大を介して膝 OA 進行を遅らせることを明らかにした (Iijima H, Osteoarthritis Cartilage 2016, 2017)。同時に、膝 OA に対する骨髄間葉系幹細胞移植とリハビリテーションに係る研究 (再生リハビリテーション研究) にも取り組んできた (Iijima H, npj Regenerative Medicine 2018)。2017 年には、上述の研究成果を将来的に実臨床に生かすため、医学と工学の分野横断的な研究に着手した。本講演では、上述の研究成果とともに、医工連携による新しい運動機能評価システム開発への取り組みを紹介する。

前庭器官へのノイズ電流刺激が立位姿勢制御に与える影響

新潟医療福祉大学リハビリテーション学部 犬飼康人

運動機能や感覚機能の加齢変化により顕在化するバランス障害は、転倒を引き起こすリスクファクターであり、安静立位時の重心動揺速度が増加するに伴い、転倒発生率が増加することが明らかになっている。我々は、前庭器官に着目し、バランス機能を向上させる非侵襲的刺激法の開発に取り組んでいる。これまでに、神経活動を増強させるノイズ電流刺激条件を確立し (Inukai et al., 2016)、前庭器官にこのノイズ電流刺激を行うことで若年者の重心動揺速度が減少することを明らかにした (Inukai et al., 2018)。さらに、前庭器官へのノイズ電流刺激は、地域在住高齢者においても重心動揺速度を減少させることを明らかにした (Inukai et al., 2018)。これまでの研究成果は、前庭器官へのノイズ電流刺激は、転倒のリスクファクターである重心動揺速度を減少させる有効な介入方法であることを示唆している。

疾病予防に対する神経筋電気刺激の可能性を探る

兵庫医療大学リハビリテーション学部 宮本俊朗

Non-communicable diseases (NCDs) による死亡者数は年間死亡者数の約7割を占めるとされている。NCDsを予防するためには、中高強度の有酸素運動やレジスタンス運動、不活動時間の減少が推奨されている。しかしながら、超高齢社会となった本邦において、推奨される運動を実施できない症例が多く存在するため、このような人々に対する運動手法の構築は、現代社会が直面している大きな課題の一つである。神経筋電気刺激 (NMES) は表面電極を介して他動的に筋収縮を誘発するものであり、有酸素運動やレジスタンス運動などの代替的手段となりうる可能性が示唆されている。本シンポジウムでは、我々が行ってきた研究を中心に、疾病予防に対する NMES の可能性を提示するとともに今後の展開について言及することとする。NMES の発展によって運動の効果を享受できる人々が増加すれば、介護予防、予防・治療医学の観点からも医療経済に与える影響は多大であると考えられる。

小胸筋の柔軟性と肩甲骨運動の関連

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
日本学術振興会特別研究員 梅原 潤

肩関節疾患患者に生じる肩甲骨異常運動の一因に、小胸筋の柔軟性低下がある。筋の柔軟性向上にはストレッチングが有効な手段だが、ストレッチングが小胸筋の柔軟性と肩甲骨運動に与える影響を検討した報告は少ない。本シンポジウムでは、小胸筋の柔軟性と肩甲骨運動の関係性について検討した我々の基礎的研究を紹介する。我々は健常若年者を対象に、せん断波エラストグラフィ機能を用いて小胸筋の効果的なストレッチング方法を検討し、上肢挙上位で肩関節を水平外転する肢位において小胸筋が最も伸長されることを示した。さらに、小胸筋の効果的なストレッチングを導入することにより、即時的に上肢挙上時の肩甲骨運動が変化することを示した。この肩甲骨運動の変化は肩甲骨異常運動の改善を示唆することから、本研究より明らかとなったストレッチング方法は、小胸筋の柔軟性低下に伴う肩甲骨異常運動に対する有効な治療手段となる可能性がある。

高齢期における骨格筋の質的变化が筋力発揮に及ぼす影響

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 谷口匡史

高齢者の筋力発揮には、骨格筋の筋萎縮だけではなく、質的指標として筋内脂肪や結合組織の程度を表す筋輝度の増加が影響することが知られている。我々は、変形性膝関節症患者を対象に下肢筋の筋変性について調査を行い、内側広筋において筋厚減少および筋輝度増加を認めることを報告した。また、近年、生体電気インピーダンス分光法 (BIS) を用いた質的評価法が報告されている。BIS 法は、収縮組織量を示す細胞内液 (ICW) と非収縮組織量を示す細胞外液 (ECW) に分類して評価する。つまり、ECW/ICW 比の高値は、非収縮組織割合の増加、すなわち筋の質的低下を示す。そこで、我々は、筋輝度・ECW/ICW 比を同時に調査し、高齢者の筋力発揮との関連を調査した結果、筋輝度と細胞外液比は筋力発揮に対して独立に関連することを示した。これらのデータをもとに、高齢期における骨格筋の質的变化に関する最新の研究について紹介する。

【MEMO】

シンポジウム 2 日本理学療法士学会における取組み モデルとしての学会版 MMT および ROM 測定指針の開発

12月16日(日) 9:30-10:30

会場：第1会場 テルサホール

司会 大分大学福祉健康科学部 河上敬介

学会版 MMT および ROM 測定指針の開発の経緯と学会版 ROM 測定の概要

東北文化学園大学医療福祉学部 藤澤宏幸

日本理学療法士学会が産声をあげようとしていた前年、2012年9月26日に日本理学療法士協会学術局理学療法基本評価検討委員会の第1回会議が開催された。目的は、徒手筋力検査法(学会版 MMT)の開発と、日本リハビリテーション医学会及び日本整形外科学会による関節可動域(ROM)測定法(1995年改訂版)を補足するための ROM 測定指針の作成であった。また、具体的な作業を行うために、ワーキング・グループが置かれ、10名の委員が選出された。翌年に日本理学療法士学会が設置されたことにもない、ワーキング・グループがガイドライン・用語策定委員会へ移管され、2016年10月31日に最終報告書を学会へ提出した。その後、関係学会・協会との連携をとるために、本学会に基本評価検討委員会があらためて設置され、そのもとに日本リハビリテーション医学会、日本整形外科学科、日本作業療法士協会との合同ワーキング・グループが置かれた。そして、2017年9月3日に第1回会議が開催されたのを皮切りに、これまで計3回の会議を重ねている。日本の医療の発展に貢献するべく活動している本学会においては、自ら用いる評価指標について検証し、標準化することが求められている。学会版 MMT および ROM 測定指針の作成は、本学会における評価法の標準化に関して試金石になるものであり、その意義は大きい。これを足掛かりに、臨床で用いる評価法(評価指標)の検証作業を進め、来るべきビッグデータの活用にも備えることが必要であろう。

本シンポジウムにおいては、学会版 MMT 及び ROM 測定指針の開発経緯と今後の展望を述べたのち、ROM 測定指針について概要を解説したい。

学会版 MMT の概要と理学療法評価分野の今後の取組みに向けて

東京慈恵会医科大学附属病院リハビリテーション科 中山恭秀

理学療法は法律的に理学療法士が行うことで意味をなす治療であり社会的な認知を得ている。臨床現場にいと、運動に関する専門家が理学療法士しかいないということを感じて。日々発展する医療の中でリスクを考えながら治療を進めることは非常に難易度が高い。必要とされる医学知識は年々高度なものとなっており、毎年変わる薬剤の名称やその効果、術式により安静度や運動負荷に配慮を加え、画像や臨床検査データを毎朝確認することも必須となっている。合併症や病態の変化については、指示を受けていた時代から個々で判断する時代へと変わっている。理学療法を構築する上で重要な基本評価に関する専門家が我々であるとするならば、臨床的不具合を検討する役割も我々にある。その代表的なものが筋力検査や関節可動域測定である。理学療法の発展する時代に提案され、それに学び、工夫しながら臨床利用してきている。しかし幾度か臨床的不具合について議論された歴史があることも事実のようである。今から7年前、代表運営幹事の河上先生のお声掛けで本学会の中に基本評価を考える動きが出された。そして今日、この試みは理学療法士学会全体の案件となり、パブリックコメントや他の関連学会との調整を経て、学会版徒手筋力検査法(学会版 MMT)の完成につながっている。学会版 MMT には幾つかの特徴があるが、Daniel らの方法を基本に据え、強い臨床ニーズのあった腹臥位をとらせずに測定する方法を採用していることが大きな特徴である。また、5(正常)を基軸に検査する流れから3(可)を軸とする方法にシフトチェンジさせ、3よりも強い力を測定するか、弱い力を測定するかといった、臨床的判断に逆らわない方法を採用している。今回、市橋大会長のご厚意で紹介させていただく機会をいただいた。今後は日本の理学療法士教育にも導入される可能性が高いことから、引き続き本学会で専門的吟味が行えることを切に願う。

シンポジウム 3 超音波画像診断技術を用いた生体組織の 評価とその応用

12月16日(日) 13:20-15:00

会場：第1会場 テルサホール

司会 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 池添冬芽

超音波エラストグラフィによる組織粘弾性の評価と臨床応用

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 椎名 毅

超音波エラストグラフィは、組織の弾性（硬さ）を実時間で簡便に可視化できる方法として、2003年に世界に先駆けて、我が国の産学官連携の研究成果を基に実用化された。そして、乳がんや肝硬変などの組織の硬化性病変を伴う疾患に対して、形態や機能の異常が顕在化する前の早期診断や良悪性の鑑別診断において有用性が実証されるに伴い、現在では、各超音波機器メーカーとも、Bモード、ドブラ法に次ぐ第3のモードとしてエラストグラフィ機能を搭載した診断装置を提供するまでになった。一方で、エラストグラフィの原理は、組織圧迫によるひずみを画像化する strain elastography と体内に剪断波を発生させて、その速度分布を用いる shear wave imaging の2つがあり、それぞれ画像の解釈や計測法に特色がある。Strain elastography の利点は、簡便性、実時間性に優れ、高空間分解能で、乳がん腫瘍等では病理像による組織型との対応が良いことなどが挙げられる。一方、ひずみ値自体は定性的なので、ひずみ分布のパターンから患部を検出するのに使われる。これに対し、shear wave imaging の利点は剪断波速度から弾性率が求まる定量性である。ただし、組織の不均一性による剪断波の屈折、反射などの影響を受けやすく、計測値に誤差や様々なアーチファクトが生じやすい。そのため常に数値の信頼度に注意し、アーチファクトの有無を確認することが必要となる。現在、エラストグラフィの臨床応用は、乳腺、甲状腺、前立腺などがん、慢性肝炎、動脈硬化の診断、RF 焼灼治療効果、整形外科での筋の硬さの評価など様々な領域への適用が試みられており、それによる医療技術の向上が期待されている。また、2016年には肝臓の硬さ計測に対するエラストグラフィの保険適用が認められている。本講演では、このような超音波エラストグラフィによる組織粘弾性の評価法の基礎とその臨床応用について概説したい。

筋腱複合体の形態と機能に関する新たな視座：生体計測の知見から

早稲田大学スポーツ科学学術院 川上泰雄

骨格筋は、筋線維の数や筋内配置、腱組織の形態的特徴などに関して独特の形状を有し、その出力特性と深く関係している。また、骨格筋の特徴として極めて高い量的可塑性（肥大・萎縮）を有し、筋量増減に応じて骨格筋形状も複雑に変化し、身体運動能力を大きく左右する。こうした知見は、超音波法などを中心とした組織画像解析による生体計測を通じて蓄積されてきている。筋線維の集合体である筋束の数や長さ、腱組織の形や大きさは筋によって様々であるが、いずれの骨格筋も「筋腱複合体」とみなすことができる。腱組織は力を加えられると伸長し、張力が除かれると元の長さに戻る性質（弾性）をもっており、歩行やランニング、ジャンプといった身体運動において、筋線維による収縮力と弾性体である腱組織のバネ機能が相補的・相乗的にはたらく（筋腱相互作用）ことで、高いパワーや運動効率を達成する。腱組織の弾性は筋力トレーニングや不活動によって変化することが、人間の腱組織の力学的特性の生体計測を通じて明らかになっている。最近の研究によって、筋腱相互作用の活用方略が「動きのコツ」として運動技術と関係し、プライオメトリックトレーニングによる「バネ」能力の向上効果と関係することを示唆する結果が得られている。骨格筋は筋線維・腱組織のほかに水、脂肪、神経・血管、膜性構造を内外に含み、これらの構成成分が骨格筋の力学的特性（粘弾性・力発揮特性）に影響を及ぼす。こうした骨格筋の「質」的特性について、近年注目が集まっている。加齢によって筋内の水分や脂肪組織の割合が増加し、骨格筋内の相対的な「実質」が減少する可能性が示されているが、こうした変化は骨格筋の材質特性や筋力発揮特性に多大な影響を及ぼす。本発表では以上の点について講演者のグループの研究成果を紹介させていただき、人間の骨格筋特性の評価とその応用に関して、参加者との議論を深めたい。

超音波画像診断装置を用いた筋量および筋特性の評価と理学療法への応用

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 池添冬芽

超音波画像診断技術は定量的・非侵襲的かつ簡便・リアルタイムに生体筋を評価することができる非常に有用な手法である。我々は超音波画像で評価した筋厚を筋量の指標とした臨床研究によって、加齢による筋萎縮がもっとも著しい下肢筋は大腰筋であることや歩行困難で長期間歩行していない高齢者では特に大腿四頭筋の廃用性萎縮が著しいこと、高齢者の日常生活活動量には中殿筋に関連していることなどを報告してきた。さらに、体幹筋については日常生活動作が自立している高齢者では体幹深部筋の萎縮がみられないが、長期臥床している高齢者では萎縮していることなどを報告した。

また、我々は筋内の非収縮組織（脂肪や結合組織）の増加といった骨格筋の質的变化を超音波画像の筋輝度を用いて評価し、若年者と比較して高齢者の大腿直筋の筋輝度は有意に高値を示すことや加齢に伴う筋の質的变化は量的変化よりも比較的早期の段階から生じていること、筋の質的变化も高齢者の筋力低下を招く要因であることを報告している。

近年、個別の筋の硬さをリアルタイムに評価することが可能である超音波エラストグラフィ技術が注目を集めている。特に組織内部に剪断波を発生させて硬さを評価する剪断波エラストグラフィでは、外部からの圧迫を必要としないため押し方の違いによる操作者依存性が少なく再現性がよいこと、弾性率の絶対値を算出できるということから、筋の硬さを定量的に評価する手段として推奨されている。我々は剪断波エラストグラフィ機能による弾性率を用いて、個別の筋の伸張性やストレッチング効果の検証を行っている。

本シンポジウムでは筋厚や筋輝度、弾性率を用いた評価法について、信頼性の高い評価をするための基本的な手技や注意点について述べる。さらに、筋厚や筋輝度、弾性率を用いた先行研究を紹介しながら、超音波画像診断技術が理学療法へどのように活用できるかについて考えてみたい。

【MEMO】

演題プログラム 一覧

12月15日(土) 13時00分～14時00分 口述1(生体評価学1) 会場:第2会場(口述発表)

座長	福元 喜啓(神戸学院大学)	吉田 啓晃(東京慈恵会医科大学附属第三病院)
017-1	加振器を用いたせん断波エラストグラフィによる硬度測定信頼性および再現性の検証 松波総合病院リハビリテーション科 浅川 真由	
017-2	股関節の角度変化が大殿筋の受動的な筋弾性に及ぼす影響 北星病院 リハビリテーション科 加藤 史織	
017-3	超音波画像診断装置を用いた大腿直筋と中間広筋の筋厚および筋輝度評価の信頼性 総合病院土浦協同病院 リハビリテーション部 川上 裕貴	
017-4	大腿二頭筋長頭の安静時と伸張時の筋断面積の比較 - グラビティ MRI を用いての検討 - 金沢赤十字病院リハビリテーション科 中泉 大	
017-5	血流制限および筋力トレーニング後に生じる筋厚・筋輝度・骨格筋細胞外液比の即時変化 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 廣野 哲也	
017-6	脳卒中発症後患者の大腿四頭筋の筋量・筋質指標と運動機能の関連 名古屋大学 前田 久	

12月15日(土) 14時05分～15時05分 口述3(生体評価学2) 会場:第2会場(口述発表)

座長	白田 滋(群馬大学医学部保健学科)	中村 雅俊(新潟医療福祉大学)
018-1	小型スピーカーを用いた振動覚検査の異なる周波数の加齢変化について 中部大学大学院 生命健康科学研究科 リハビリテーション学専攻 長谷川 大祐	
018-2	二点識別覚検査閾値における刺激速度依存性の解明 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科 横田 裕丈	
018-3	ウェアラブルセンサーを用いた歩行時の Trailing Limb Angle と推進力の評価の妥当性の検討 垂水市立医療センター垂水中央病院 宮崎 宣丞	
018-4	Functional Reach Test を用いた身体機能自己認識誤差の評価方法の検討 - 予測値の再現性からの検討 - 医療法人ひまわり会中洲八木病院 立道 憂樹	
018-5	適応的歩行調整能力の学習支援に向けたバーチャルリアリティ環境の構築 - 実環境における身体運動特性の再現 - 首都大学東京大学院 近藤 夕騎	
018-6	セラピストによる主観的立位動揺評価の信頼性と妥当性 - 地域在住高齢者における検討 - 西尾病院 石川 康伸	

12月15日(土) 15時10分～16時10分 口述5(生体評価学3) 会場:第2会場(口述発表)

座長	大森 圭貢(湘南医療大学)	篠原 智行(高崎健康福祉大学)
019-1	Kinectを用いた立位姿勢分析～着衣下での信頼性の検討～	熊本赤十字病院 田島 慎也
019-2	地域在住高齢者を対象にした歩行障害の検査について	森ノ宮医療大学 大学院保健医療学研究科 宮下 敏紀
019-3	Timed Up & Go Testの動作パターンの違いからみたバランス能力の差	介護老人保健施設 友愛ナーシングホーム 業務課療法係 筒井 隆裕
019-4	人工股関節全置換術患者における立ち上がり動作の足圧分析の有効性-歩行能力との関連-	東京慈恵会医科大学附属第三病院 吉田 啓晃
019-5	Sit-to-Walk taskにおけるfluidityの臨床的有用性の検討-人工膝関節置換術後患者の経時的変化から-	群馬大学大学院保健学研究科 朝倉 智之
019-6	Concurrent Validity and Measurement Error of Stair Climb Test in Individuals with Knee Osteoarthritis	Department of System Design Engineering, Faculty of Science and Technology, Keio University, Yokohama, Japan Hiroataka Iijima

12月15日(土) 16時15分～17時15分 口述7(身体運動学1) 会場:第2会場(口述発表)

座長	大谷 拓哉(千葉県立保健医療大学)	朝倉 智之(群馬大学大学院)
010-1	生体電気インピーダンス法によるPhase angleと高齢者の転倒発生の関連-前向きコホート研究-	富山県立大学教養教育 上村 一貴
010-2	骨格筋における筋厚・筋輝度・細胞外液比の加齢性変化	京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 谷口 匡史
010-3	高齢者における身体活動量と筋エコー輝度の加齢変化との関連-4年間の縦断研究-	神戸学院大学 総合リハビリテーション学部 福元 喜啓
010-4	地域在住中高齢者におけるロコモ度テストに影響を及ぼす因子に関する大規模研究	京都大学大学院医学研究科 加藤 丈博
010-5	高齢者のステップ反応出現時における圧中心の逆応答距離と股関節モーメントとの関連性	千葉県立保健医療大学 竹内 弥彦
010-6	他者接近時のPersonal spaceは実際の回避行動を反映するか?若年者と高齢者間における比較研究	札幌医科大学大学院 保健医療学研究科 志水 宏太郎

12月15日(土) 13時00分～14時00分 口述2(運動生理学1) 会場:第3会場(口述発表)

座長	笹沼 直樹(兵庫医科大学病院)	椿 淳裕(新潟医療福祉大学)
01-1	癌悪液質に伴う筋萎縮に対する低強度全身運動が筋タンパク質の合成系経路に与える効果 大阪大学大学院医学系研究科老年・総合内科	田中 稔
01-2	経皮的炭酸ガス吸収法が糖尿病の骨格筋における代謝能低下や毛細血管退行に及ぼす効果 神戸大学大学院保健学研究科	松本 智博
01-3	マウスにおける漸増運動負荷中の呼吸・代謝応答の加齢に伴う変化 昭和大学 医学部 生理学講座 生体調節機能学部門	吉川 輝
01-4	背臥位での中強度運動が運動後の認知機能へ与える影響 新潟医療福祉大学医療福祉学研究所	小島 将
01-5	スタティックストレッチングが筋発揮能力に及ぼす影響の検討 - 筋のたわみの変化との関連 - 新潟医療福祉大学運動機能医科学研究科	中村 雅俊
01-6	20秒間のスタティックストレッチングの即時効果と持続効果の検討 新潟医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科	佐藤 成

12月15日(土) 14時05分～15時05分 口述4(構造・機能・情報学1) 会場:第3会場(口述発表)

座長	前島 洋(北海道大学)	吉川 輝(昭和大学)
02-1	Risk-benefit balance of repetitive physical exercise on osteoarthritic articular cartilage: a cross-cutting systematic review of human, in vivo, and ex vivo studies Department of System Design Engineering, Faculty of Science and Technology, Keio University, Yokohama, Japan	Hiroataka Iijima
02-2	Functional evaluation outcomes correlate with histomorphometric changes in the rat sciatic nerve crush injury model: a comparison between sciatic functional index (SFI) and kinematic analysis Department of Development and Rehabilitation of Motor Function, Human Health Sciences, Graduate School of Medicine, Kyoto University, Kyoto, Japan	Tianshu Wang
02-3	Does rehabilitation enhance effects of cell therapy on motor functional recovery after cerebral infarction? -Understanding the current situation by systematic review- Department of Motor Function Analysis, Human Health Sciences, Graduate School of Medicine, Kyoto University, Kyoto, Japan	Naoko Kubo
02-4	集中リハビリテーションによる機能代償における皮質赤核路と皮質網様体路の相互作用 名古屋市立大学大学院医学研究科脳神経生理学分野	石田 章真
02-5	マカクサル内包梗塞モデルにおけるミクログリアの特性と障害への関与 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人間情報研究部門 システム脳科学研究グループ	加藤 隼平
02-6	サル脊髄損傷モデルにおける運動機能変化と運動関連領野5層巨大錐体細胞の形態学的変化の関係について 京都大学霊長類研究所 統合脳システム分野	高田 裕生

12月15日(土) 15時10分～16時10分 口述6(構造・機能・情報学2) 会場:第3会場(口述発表)

座長	菊池 真(札幌医科大学)	高松 泰行(北海道大学)
03-1	脳梗塞発症前予防運動による脳虚血耐性の獲得と脳梗塞後の14-3-3 γ 発現を介したアポトーシス抑制	鹿児島大学大学院 保健学研究所 大塚 章太郎
03-2	脳梗塞後および脳出血後の運動介入が運動機能改善および組織傷害に与える効果の比較検証	新潟医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科 玉越 敬悟
03-3	慢性疲労症候群に伴う痛みの脊髄機構	新潟医療福祉大学 田口 徹
03-4	超音波刺激は末梢神経再生を促進する～至適超音波強度の解明と作用メカニズムの探索～	京都大学大学院医学研究科理学療法学科講座 伊藤 明良
03-5	培養筋管に対する超音波刺激の肥大効果 - 刺激前の分化培地培養期間の違いによる筋肥大効果の違い -	愛知医療学院短期大学 清島 大資
03-6	超音波刺激による筋衛星細胞の増殖促進効果 - 超音波刺激条件による効果の違い -	常葉大学保健医療学部 縣 信秀

12月15日(土) 16時15分～17時15分 口述8(構造・機能・情報学3) 会場:第3会場(口述発表)

座長	荒川 高光(神戸大学大学院保健学研究所)	平野 和宏(東京慈恵会医科大学附属第三病院)
04-1	Arch height flexibility を用いた新たな足部評価基準値の作成	新潟医療福祉大学 運動機能医学研究所 高林 知也
04-2	健康成人におけるアーチ高率と足部周囲筋筋力の関係について	JA 静岡厚生連遠州病院 西村 真吾
04-3	外側距踵靭帯の形態学的特徴	新潟医療福祉大学 アスリートサポート研究センター 江玉 睦明
04-4	膝伸筋と膝屈筋の同時収縮による膝伸筋の筋出力特性	姫路獨協大学 医療保健学部 理学療法学科 石井 禎基
04-5	卵巣摘出ラットに対するZoledronateとTreadmill trainingの併用療法が骨微細構造に与える影響	大分大学医学部附属病院リハビリテーション部 坪内 優太
04-6	温和な全身温熱刺激後の腎組織における平滑筋収縮タンパク質関連遺伝子の発現変動	医療法人桜十字 桜十字病院 リハビリテーション部 渡 孝輔

12月15日(土) 17時20分～18時20分 口述9(身体運動学2) 会場:第3会場(口述発表)

座長	北出 一平(福井大学医学部附属病院)	高橋 真(医療法人社団ひたちの整形外科)
011-1	リバー型人工肩関節置換術後リーチ動作のバイオメカニクス	埼玉県立大学 保健医療福祉研究科 博士後期課程 小林 章
011-2	股関節唇損傷患者における体幹筋力と股関節スコアとの関係	烏丸御池整形外科クリニック 河井 祐介
011-3	最速歩行を利用した代償的筋活動の抽出 - 大腿骨頸部骨折術後患者による検討 -	倉敷平成病院 リハビリテーション部 山崎 諒
011-4	片脚立位時における上肢への重錘負荷が中殿筋前線維、中部線維の筋活動に及ぼす影響について - 変形性股関節症患者と健康者における比較 -	地方独立行政法人 市立吹田市民病院 リハビリテーション科 松本 浩希
011-5	反張膝を呈する両側内側型変形性膝関節症の歩行分析 -TKA 前後の荷重応答期に着目して -	京都府立医科大学附属病院 リハビリテーション部 本木 涼介
011-6	大腿義足を用いたベダリング時の座面高が残存筋のクランク回転能力に及ぼす影響 - 筋骨格モデルを用いたシミュレーション解析 -	国立障害者リハビリテーションセンター研究所 沖田 祐介

座長	伊藤 浩充(甲南女子大学)	三谷 保弘(関西福祉科学大学)
012-1	三次元動作解析システムを用いた起き上がり動作の定量的解析～若年者と高齢者における角度情報の比較～	郡山健康科学専門学校 渡邊 哲朗
012-2	起き上がり動作時の脊柱分節性が得られる条件の検討-瞬間回転中心を用いた検討-	医療法人社団 明芳会 横浜新都市脳神経外科病院 渡邊 郁海
012-3	多関節協調パターン変化と力の相互作用からみた片麻痺患者の立位姿勢制御	上尾二ツ宮クリニック 宮澤 拓
012-4	ドロップジャンプ動作における足部の衝撃吸収と跳躍に着目した運動学的分析ー修正マルチセグメントフットモデルを用いた検討ー	越谷誠和病院 松本 優佳
012-5	側方ホップの方向による膝関節外反モーメントの大きさの違い	新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所 伊藤 渉
012-6	左右方向の床外乱に対する力学的バランス回復方略の検討	医療法人杏林会八木病院 後藤 拓也

- P5-1 側臥位からの起き上がり動作時の肩甲骨周囲筋特性
医療法人社団 日高会 日高リハビリテーション病院 大山 祐輝
- P5-2 体幹回旋運動を伴う連続的な起き上がり動作のセグメント角運動量の解析
関西医療学園専門学校 理学療法学科 西守 隆
- P5-3 股関節内外旋運動が体幹筋に及ぼす影響
鹿児島大学大学院保健学研究科 中井 雄貴
- P5-4 物体の配置が歩行中の障害物回避行動に及ぼす影響
東区役所前整形外科 近藤 佑亮
- P5-5 肩甲骨姿勢の推定精度向上のための新しい推定方法の検討
同志社大学大学院スポーツ健康科学研究科 松村 葵
- P5-6 片脚着地動作における胸郭柔軟性低下が下肢関節に及ぼす影響 - 三次元動作解析装置と床反力計による検討 -
福岡リハビリテーション専門学校 理学療法学科 岩本 博行
- P5-7 身体合成重心に着目したけん玉動作の分析 - 児童期バランス機能改善トレーニングへの活用 -
川崎病院 吉里 雄伸
- P5-8 足関節背屈に伴う腓腹筋の弾性率および筋輝度の変化
京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 中尾 彩佳
- P5-9 持ち上げ動作時の脊柱アライメントの変化 - 3次元動作解析による検証 -
京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 宮腰 晃輔
- P5-10 高齢者における光刺激による二重課題ステップ動作時の接地後安定性について
京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 八木 悠太
- P5-11 脳卒中片麻痺者の歩行中の関節可動域と最大歩行速度の関係 -ImageJを用いた矢状面上2次元歩行解析 -
総合東京病院 リハビリテーション科 北地 雄
- P5-12 床反力作用点と重心の関連性を用いた両脚立位姿勢制御評価の検討
富山県リハビリテーション病院・こども支援センター 金谷 知晶
- P5-13 スタティックストレッチングがランニングパフォーマンスに及ぼす影響
医療法人同仁会(社団) 京都九条病院 リハビリテーション部 深谷 泰山
- P5-14 慣性計測装置を使用した運動計測システムの妥当性の検証 -Timed Up & Go testを用いた分析 -
産業技術総合研究所 人間情報研究部門 戸田 晴貴
- P5-15 立ち上がり動作初動における体幹屈曲は受動倒立振り子の力学特性を有さない
埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科 塙 大樹
- P5-16 脊髄損傷対麻痺患者における四つ這い移動時の胸郭および骨盤の回旋角度は動作分析の重要な指標となり得るか? ~健常者1名と症例3名による三次元動作解析装置を用いた運動学的検討~
公益財団法人 いわてリハビリテーションセンター 佐藤 弘樹
- P5-17 背臥位下肢伸展挙上課題における姿勢制御パターン - 仮想 COP の変化とその制御部位 -
IMS グループ 横浜旭中央総合病院 池田 俊輔
- P5-18 地域在住高齢者に対する極軽負荷運動介入が外乱応答能力に及ぼす影響
広島大学大学院医歯薬保健学研究科 保健学専攻 博士課程前期 林 宏昭
- P5-19 歩行時の足圧中心軌跡における左右差の検討 - 足部機能との関連性 -
文京学院大学 保健医療技術学部 理学療法学科 飯田 開
- P5-20 脳卒中片麻痺歩行の2次元運動学的分析と快適歩行速度
総合東京病院 石田 晋ノ介

- P3-1 一次運動野における皮質内抑制指標の被験者内の再現性と各皮質内抑制指標間の関連性
新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所 佐々木 亮樹
- P3-2 α -tACSは視覚運動学習時の誤差修正を促進する
大分大学医学部附属病院 原田 太樹
- P3-3 運動学習に伴う運動予測の数理統計モデルとパラメータ推定 - ベイズ推定 MCMC 法と一般化線形モデルの比較 -
姫路獨協大学 山本 昌樹
- P3-4 地面からの optic flow 知覚に伴う姿勢制御の変動
医療法人 平成博愛会 博愛記念病院 村口 良介
- P3-5 M1 および小脳への経頭蓋交流電流刺激中の運動遂行能力の変化 - 電流強度の検討 -
新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科 宮口 翔太
- P3-6 感覚の自他区別が運動制御に及ぼす影響 - 自他区別課題開発のための予備的研究 -
畿央大学大学院健康科学研究科神経リハビリテーション学研究室 宮脇 裕
- P3-7 身体刺激を用いたメンタルローテーションの熟達化に関する検討 - 運動学習への効果的活用に向けて -
横浜市立みなと赤十字病院リハビリテーション科 日吉 亮太
- P3-8 タブレットセラピーにおける観察動画の最適な再生速度の検討
医療法人財団 報徳会 西湘病院 リハビリテーション科 小菅 勘太
- P3-9 運動イメージの修正に課題の違いが及ぼす影響
医療法人財団健和会 柳原リハビリテーション病院 森川 健史
- P3-10 実運動と同時に進行運動イメージが脊髄神経機能の興奮性と運動の正確性に与える影響
関西医療大学 保健医療学部 理学療法学科 鶴田 菜月
- P3-11 心的歩行と実際歩行における運動イメージ誤差の抽出 - 心的時間測定およびテンポの測定による健常若年者と高齢者の比較 -
医療法人 公仁会 姫路中央病院 河井 陽介
- P3-12 重度上肢麻痺を呈した脳卒中患者において KiNvis 療法は即時的に運動イメージ中脳波の事象関連脱同期を増大させるか
慶應義塾大学 医学部 リハビリテーション医学教室 岡和田 愛実
- P3-13 上肢感覚性運動失調を併発した脳卒中片麻痺患者に対する視覚誘導性自己運動錯覚の即時的効果 ~ 運動学的評価と神経生理学的評価を用いた検証 ~
茨城県立医療大学付属病院 リハビリテーション部 加藤 淳史
- P3-14 片麻痺患者の治療経験が、その動きの理解に及ぼす効果についての検討 - fMRI 研究 -
東京医科歯科大学 認知神経生物学分野 渡邊 壘
- P3-15 連合反応時の表面脳血流動態の観察 - 機能的近赤外分光法での検討 -
袖ヶ浦さつき台病院身体リハビリテーション課 蔭山 亮太
- P3-16 Tapping 動作における内的リズム反応 - mechanogram 及び EMG 及び EEG からの検討 -
医療法人東洋病院 鈴木 慧二
- P3-17 聴覚刺激の刺激回数の変化がリズムカルな運動の再生に与える影響
北須磨病院 粟田 由以
- P3-18 障害物回避が苦手な人の行動調整能力を向上させる介入方略の検討 - 指先接触法の提案 -
医療法人社団 葛西中央病院 リハビリテーション科 袴田 友樹
- P3-19 高齢者のランダムな筋力調整能力について
北海道大学大学院保健科学研究院 機能回復学分野 笠原 敏史

12月15日(土) 17時20分～18時20分 ポスター3(神経生理学2) 会場:第4会場(ポスター発表)

- P1-1 低強度の運動や他動ストレッチが認知機能と感情に及ぼす影響
大垣市民病院リハビリテーションセンター 若野 世奈
- P1-2 RHIを用いた身体所有感における脳波活動の検討
広島国際大学大学院医療福祉科学研究科 三谷 麻莉子
- P1-3 頭頸部アライメントと自律神経および気分・感情との関係性
文京学院大学 藤田 裕子
- P1-4 筋収縮後増強における中枢神経系の興奮性の関与
東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科 石井 智也
- P1-5 筋振動刺激が振動刺激筋を支配する上位・下位中枢神経機構に及ぼす影響について
済生会神奈川県病院 岩崎 理紗
- P1-6 変速トレッドミル歩行トレーニングの有効性および機能的電気刺激を併用した介入が中枢神経系に与える効果の検討
神奈川県立保健福祉大学大学院 安井 崇人
- P1-7 内受容感覚と皮質脊髄路興奮性の関係
新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究科 大鶴 直史
- P1-8 難しさの異なる手指の運動が対側上肢脊髄神経機能に及ぼす影響
名谷病院 リハビリテーション科 佐野 紘一
- P1-9 F波波形における相関係数と目視での不一致に関する一考察 - F波波形の同一か否かの判定基準 -
関西医療大学 東藤 真理奈
- P1-10 上都への刺激強度の違いによる脊髄前角細胞の興奮性の違い
関西医療大学保健医療学部理学療法学科 瀧野 航平

12月15日(土) 17時20分～18時20分 ポスター3(運動生理学1) 会場:第4会場(ポスター発表)

- P7-1 腰椎変性側弯症における脊柱冠状面アライメントと両大腿骨頸部骨密度との関連
国家公務員共済組合連合会 名城病院 リハビリテーション部 松永 春香
- P7-2 側臥位での呼吸筋トレーニングが随意的咳嗽力に及ぼす即時効果
徳島赤十字病院 リハビリテーション科部 中谷 優佑
- P7-3 表在温熱刺激後の低負荷筋力トレーニングが筋力および筋厚に与える影響
新潟医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科 吉田 委市
- P7-4 ショルダーシュラッグが僧帽筋上部線維の筋硬度へ及ぼす影響の検討
新潟医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科 高橋 信重
- P7-5 末梢性筋疲労が筋硬度に及ぼす影響の検討 - 骨格筋電気刺激を用いた検討 -
新潟医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科 清野 涼介
- P7-6 収縮様式の違いが神経-筋電気刺激トレーニングによる筋肥大効果に及ぼす影響
札幌医科大学大学院保健医療学研究科 芦田 雪
- P7-7 一過性の骨格筋電気刺激および上肢の有酸素性運動の併用が呼吸循環応答に及ぼす影響
中洲八木病院 石川 みづき
- P7-8 バランス練習アシストロボットが有する運動負荷強度の検討
兵庫医科大学病院 リハビリテーション部 笹沼 直樹
- P7-9 中強度運動後に生じる酸素化ヘモグロビンおよび総ヘモグロビンの変動と生理学的指標との関係
新潟医療福祉大学運動機能医科学研究科 椿 淳裕
- P7-10 二重課題は脳由来神経栄養因子を相乗的に増加させるのか?
西川整形外科リハビリクリニック 井川 真衣

12月16日(日) 09時30分～10時30分 口述11(身体運動学4)

会場:第2会場(口述発表)

座長 近藤 仁(福井医療短期大学)

押川 達郎(福岡大学筑紫病院)

- O13-1 股関節外転角度が側臥位での等尺性股関節外転運動時の体幹筋、股関節外転筋活動に与える影響
愛媛十全医療学院附属病院 石川 拓実
- O13-2 弾性率を用いた新たな筋張力指標の確立
京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 八木 優英
- O13-3 他動的膝屈曲運動時における大腿直筋内の弾性率と膝伸展受動トルクの関係
札幌医科大学大学院 保健医療学研究科 小出所 大樹
- O13-4 股関節角度変化が内側広筋と外側広筋の伸張に与える影響
京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 築瀬 康
- O13-5 ストレッチングに併用する超音波刺激の施行順序が筋硬度に及ぼす影響 -せん断波エラストグラフィによる検討 -
城西国際大学福祉総合学部理学療法学科 森下 勝行
- O13-6 スタティックストレッチングにおける休息時間の違いが腓腹筋の柔軟性向上効果に与える影響
京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 野尻 周佑

12月16日(日) 10時35分～11時35分 口述13(身体運動学5)

会場:第2会場(口述発表)

座長 榎 勇人(徳島文理大学)

戸田 晴貴(産業技術総合研究所臨海副都心センター)

- O14-1 歩行立脚期における舟状骨高の低下量に影響する足部運動の検討
県立広島大学保健福祉学部理学療法学科 岡村 和典
- O14-2 歩行時の足部動態解析 -慣性センサを用いた検討 -
文京学院大学 佐藤 俊彦
- O14-3 歩行と走行における足部の運動学的解析 -WindlassMechanismの解明 -
埼玉県立大学大学院 庄野 仁美
- O14-4 Rancho Los Amigos方式が使用できる低歩行速度の限界 -どの速度まで単脚支持期に踵離れが生じるか -
釧路孝仁会記念病院 加藤 諒大
- O14-5 歩行における全身角運動量の協調性は速度依存的な変化を示すか?
人間総合科学大学 リハビリテーション学科 理学療法専攻 藤野 努
- O14-6 脳性麻痺児における歩行の非計画停止動作 -健常青年との比較 -
秋田大学大学院医学系研究科保健学専攻 木元 稔

12月16日(日) 11時40分～12時40分 口述15(身体運動学6)

会場:第2会場(口述発表)

座長	正木 光裕(新潟医療福祉大学)	芥川 知彰(徳島文理大学)
O15-1	Slowed turning speed in knee osteoarthritis patients with weaker hip abductor muscle Department of System Design Engineering, Faculty of Science and Technology, Keio University, Yokohama, Japan	Hiroataka Iijima
O15-2	スポーツ動作中の下腿、大腿、体幹セグメント角速度と膝関節モーメントの関連	京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 西平 真子
O15-3	歩行立脚期中の外的股関節モーメントと慣性センサにより計測した大腿・体幹部の角速度との関連	京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 佐藤 友作
O15-4	立脚期の股関節内・外転モーメントインパルスは股関節間力を反映する指標か?	新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所 稲井 卓真
O15-5	筋の至適長から考える歩行時、下肢振出し力源の解明	医療法人名圭会 白岡整形外科リハビリテーション科 野原 太樹
O15-6	ハムストリングスは膝関節を伸展させるか—数理モデルによる検証—	新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所 徳永 由太

12月16日(日) 14時25分～15時25分 口述18(身体運動学7)

会場:第2会場(口述発表)

座長	谷埜 予士次(関西医療大学保健医療学部)	石田 弘(川崎医療福祉大学)
O16-1	上肢の挙上と下制における肩甲骨運動と肩甲骨周囲筋の周波数特性	京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 梅原 潤
O16-2	安静時および肩2nd外旋時の肩甲骨角度と投球動作時の肩甲骨角度との関連	京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 駒村 智史
O16-3	肩屈曲及び外転肢位における肩峰と肩腱板付着部との位置関係の比較	信原病院リハビリテーション科 上田 泰之
O16-4	座位姿勢が上肢挙上時の肩関節および脊柱動態に及ぼす影響	福岡リハビリテーション専門学校 理学療法学科 永松 隆
O16-5	座位での体幹傾斜および下肢挙上が腹部筋の活動に及ぼす影響	京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 本村 芳樹
O16-6	体幹肢位を変化させた座位における姿勢制御と呼吸機能の関連性	I M S (イムス) グループ イムス東京葛飾総合病院 リハビリテーション科 木村 友紀

12月16日(日) 09時30分～10時30分 口述12(構造・機能・情報学4) 会場:第3会場(口述発表)

座長	山崎 俊明(金沢大学)	崎谷 直義(国立障害者リハビリテーションセンター研究所)
05-1	高強度伸張性収縮トレーニングはタンパク合成シグナルを増強することで colon 26 癌モデルマウスにおける筋萎縮を軽減する	札幌医科大学大学院 保健医療学研究科 舘林 大介
05-2	伸張性収縮トレーニングは α -B-crystallin の筋原線維への結合を促進し関節炎に伴う筋機能低下を防止する	札幌医科大学大学院保健医療学研究科 檜森 弘一
05-3	廃用性筋萎縮に伴い骨格筋内リンパ管数は減少する	大分大学大学院医学系研究科生体構造医学講座 川島 隆史
05-4	HIF-1 α 阻害薬投与と電気刺激による周期的な単収縮運動を併用した治療戦略がラットヒラメ筋の筋性拘縮におよぼす影響	長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 保健学専攻 理学療法学分野 梶原 康宏
05-5	不動後早期からの筋収縮負荷は筋性拘縮の予防戦略として有効か? -動物実験用 B-SES を用いた検討-	長崎大学病院 リハビリテーション部 本田 祐一郎
05-6	膝半月不安定化による膝蓋大腿関節軟骨損傷と歩行キネマティクスの関係	京都大学大学院医学研究科理学療法学講座 中畑 晶博

12月16日(日) 10時35分～11時35分 口述14(構造・機能・情報学5) 会場:第3会場(口述発表)

座長	今北 英高(畿央大学)	笹井 宣昌(鈴鹿医療科学大学 保健衛生学部)
06-1	荷重日内頻度の相違がラットヒラメ筋の廃用性萎縮回復過程に与える影響	金沢大学大学院医薬保健学総合研究域 森田 結衣
06-2	廃用性萎縮に対する漸増荷重がラットヒラメ筋に与える影響～長軸部位での検討～	特定医療法人扇翔会南ヶ丘病院 谷口 弘剛
06-3	廃用性筋萎縮からの回復を促進させる筋力トレーニングの頻度 -1日1回のトレーニングを2回に分けて実施すると効果は変わるか? -	名古屋学院大学 リハビリテーション学部 伊東 佑太
06-4	筋線維膜透過性亢進及び筋収縮張力に対する伸張性収縮の反復効果	新潟医療福祉大学大学院 早尾 啓志
06-5	遠心性収縮後の筋節内微細構造変化からみた張力低下の要因と効率的な筋力増強負荷強度の検索	東京慈恵会医科大学分子生理学講座 平野 和宏
06-6	MBNL1 発現低下がマウス骨格筋細胞のミトコンドリア膜電位に及ぼす影響	豊橋創造大学 保健医療学部 理学療学科 横山 真吾

12月16日(日) 11時40分～12時40分 口述16(神経生理学1) 会場:第3会場(口述発表)

座長	冷水 誠(畿央大学)	笠原 敏史(北海道大学大学院保健科学研究所)
07-1	予測的姿勢調節の潜時と振幅の発達過程は異なる～体重心と足圧中心を用いた分析～	北海道大学大学院保健科学研究所 萬井 太規
07-2	若年者と高齢者における側方ステップ動作開始時の姿勢制御	医療法人社団 一成会 たちばな台病院 蓮田 聡峰
07-3	歩行時の下肢の協調性と転倒リスクの関連-Uncontrolled manifold analysisを用いた検討-	京都大学大学院 山縣 桃子
07-4	静的・動的タイミング一致課題における加齢の影響-転倒との関連-	土佐リハビリテーションカレッジ 竹林 秀晃
07-5	変形性膝関節症における立ち上がり動作の運動学的・運動力学的・筋電図的变化:システムティックレビュー	埼玉県立大学大学院保健医療福祉学研究所 園尾 萌香
07-6	脳卒中片麻痺患者における split-belt 歩行時の leg swing と体幹回旋の位相関係	埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究所 平田 恵介

12月16日(日) 13時20分～14時20分 口述17(神経生理学2) 会場:第3会場(口述発表)

座長	大鶴 直史(新潟医療福祉大学)	高橋 真(広島大学医歯薬保健学研究所)
08-1	経頭蓋交流電気刺激による運動学習能力の変調	大分大学福祉健康科学部理学療法コース 菅田 陽怜
08-2	小脳への経頭蓋直流電流刺激が静止立位時の重心動揺に与える影響	新潟医療福祉大学 理学療法学科 犬飼 康人
08-3	Quadripulse Stimulation (QPS) と拡張現実リハビリテーションシステム (KiNvis) を用いた治療介入による脳機能結合の変化-脳卒中患者一症例における検討-	慶應義塾大学 医学部リハビリテーション医学教室 米田 将基
08-4	随意的筋弛緩における大脳皮質運動野の興奮性変化と電気刺激付与による影響の検討	景翠会 金沢病院 引地 隼矢
08-5	運動課題の難度の違いによる学習とH反射の変化への影響	神奈川県立保健福祉大学保健福祉学研究所 浅井 直樹
08-6	同時収縮中の収縮強度の割合がIa 相抑制とD1 抑制に与える影響	新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科 平林 怜

座長	山口 智史(山形県立保健医療大学)	上原 信太郎(藤田医科大学医療科学部)
09-1	GABA 受容体阻害下の運動療法が脳梗塞モデルラットの機能回復に与える影響 北海道大学大学院保健科学院 井上 貴博	
09-2	一次体性感覚野への経頭蓋電気刺激が触覚方位弁別能力に及ぼす影響 新潟医療福祉大学 理学療法学科 齊藤 慧	
09-3	視覚誘導性自己運動錯覚の反復で運動関連領野を含む皮質間機能的結合が変化する 慶應義塾大学医学部リハビリテーション医学教室 金子 文成	
09-4	運動課題に伴う予測が運動主体感および運動パフォーマンスに与える効果 畿央大学大学院健康科学研究科神経リハビリテーション学研究室 林田 一輝	
09-5	示指伸展運動課題の違いが運動関連脳磁界に及ぼす影響 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科 小島 翔	
09-6	収縮様式の異なる随意運動と運動関連脳磁場の関連 札幌医科大学 保健医療学部 理学療法学科 理学療法学第一講座 菅原 和広	

- P6-1 レーザー光を活用した超音波画像装置による筋形態の測定精度の検証
医療法人社団シロアム会 こたけ整形外科クリニック リハビリテーション科 中山 昇平
- P6-2 骨格筋の弾性評価におけるプローブ圧によるせん断波伝搬速度の違い -Color Doppler Shear Wave Imaging での新しい評価 -
自治医科大学 医学研究科 倉品 渉
- P6-3 超音波画像検査を用いたヒト肋間筋の筋活動
茨城県立医療大学 保健医療科学研究科 吉田 怜
- P6-4 超音波診断装置を用いて測定した腹横筋収縮時の胸腰筋膜画像の信頼性
東京家政大学健康科学部リハビリテーション学科理学療法学専攻 村上 幸士
- P6-5 超音波画像診断装置による単一筋の筋厚と全身筋量との関連性について
岐阜保健短期大学 リハビリテーション学科 理学療法学専攻 小池 孝康
- P6-6 後方から前方に押す関節モビライゼーション時の腰椎分節間の関節の遊び -超音波診断装置を使用した評価 -
川崎医療福祉大学リハビリテーション学科 石田 弘
- P6-7 下腿三頭筋収縮が膝窩静脈血流に与える影響の検討
金沢大学医薬保健研究域保健学系 田中 正二
- P6-8 膝関節屈曲角度と膝関節伸展モーメントの変化が膝蓋大腿関節の圧迫力とストレスに与える影響 -シミュレーションを用いた研究 -
新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所 高林 知也
- P6-9 膝前十字靭帯再建術前後の膝蓋大腿関節部における早期軟骨病変の3次元 T1 rho mapping による評価
平成記念病院 リハビリテーション科 唄 大輔
- P6-10 運動療法における精神的ストレスの変動について ~唾液アミラーゼに着目して~
湘南慶育病院 若林 由羽
- P6-11 片脚立位バランス課題における、脊椎の加速度測定の有用性の検証
高崎健康福祉大学 篠原 智行
- P6-12 歩行における下肢関節モーメントの評価法 -体重, 重力方向に対する体節の角度情報, 慣性モーメントを利用して -
長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 松村 海
- P6-13 パーキンソン病患者における筋力発揮安定性と症状および運動機能との関連
神戸学院大学大学院総合リハビリテーション学研究科 田實 裕嗣
- P6-14 麻痺側足関節底屈筋の動作時筋緊張を測定する非麻痺側 SLR 法の信頼性と関連因子の検討
榛名荘病院 リハビリテーション部 黛 太佑
- P6-15 ハンドヘルドダイナモメーターを用いた徒手筋力測定の信頼性と妥当性
総合東京病院 リハビリテーション科 北地 雄
- P6-16 起き上がり動作の可否と座位側方リーチ距離の関係についての検討
医療法人恒仁会近江温泉病院 朝倉 沙紀
- P6-17 Laser Range Sensor を用いた大腿骨近位部骨折患者の TUG 回転方向における時空間的パラメータの比較
上尾中央総合病院リハビリテーション技術科 丸毛 達也
- P6-18 内側開大式高位脛骨骨切り術後患者の術後3ヶ月までの足底圧変化について -足底圧測定器を用いた症例検討 -
総合病院土浦協同病院リハビリテーション部 瀧原 純
- P6-19 体幹・下肢筋力と立ち上がり動作能力の関連について -立ち上がり時の運動戦略に着目して -
埼玉県立大学保健医療福祉学部理学療法学科 菊本 東陽
- P6-20 地域在住高齢女性の立位股関節回旋運動時の角度変化
学校法人原学園専門学校白寿医療学院 熊野 貴紀
- P6-21 転倒予測評価と認知機能 -Four square step test・Timed "up & Go" test と Mini Mental State Examination の総点数、下位項目の関係性 -
公立那賀病院 高橋 佑輔

- P4-1 歩行立脚期における Plug-in-Gait model とジャイロセンサによる体幹・下肢関節角度の計測値の類似度分析
文京学院大学 保健医療技術学部 理学療法学科 江戸 優裕
- P4-2 安定面および不安定面上における片脚立位時の足圧中心動揺と足関節底屈筋 Force Steadiness との関連
京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 廣野 哲也
- P4-3 低座面高の椅子での座位姿勢における体幹および骨盤角度の相違とその性差に関する検討
近江八幡市立総合医療センター 医療技術部 リハビリテーション技術科 浅野 伝美
- P4-4 筋骨格モデルシミュレーションを用いた歩行中の膝関節側方安定性に関する研究
鹿児島大学医学部保健学科 川田 将之
- P4-5 変速トレッドミル歩行が歩行安定性に与える影響について
神奈川県立保健福祉大学大学院保健福祉学研究所 土田 将之
- P4-6 重度変形性膝関節症患者における足趾握力が歩行能力に及ぼす影響
畿央大学大学院 健康科学研究科 久保 峰鳴
- P4-7 変形性膝関節症患者の歩行速度と下肢関節モーメントの関連
関西医科大学附属病院 リハビリテーション科 久保田 良
- P4-8 振り向き動作の初動制御に関する研究 - 体幹および下肢の筋活動に着目して -
東北文化学園大学大学院 吉田 高幸
- P4-9 変性半月板修復術後理学療法の実験 - 長期にわたりロッキングが放置された変性半月板の治療1例 -
所沢中央病院リハビリテーション科 中島 直登
- P4-10 変形性膝関節症患者の膝関節加速度生成に対する膝関節筋寄与は増大する
埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究所 園尾 萌香
- P4-11 座位における前後方向の様々な体幹角度が急速両上肢挙上時の体幹筋の活動開始時点に及ぼす影響
金沢こども医療福祉センター リハビリテーション科 遠藤 壮馬
- P4-12 変形性膝関節症者の歩行時内側膝圧迫力に関する研究 - 統一歩行速度での健常高齢者との比較 -
埼玉県立大学大学院 喜多 俊介
- P4-13 思春期特発性側弯症患者における歩行時の脊柱起立筋の筋活動について
九州大学病院 リハビリテーション部 阿波村 龍一
- P4-14 座位と立位の違いが及ぼす腰椎固定性に関する筋電図学的検討
福岡リハビリテーション専門学校理学療法学科 江口 淳子
- P4-15 腰椎変性側弯症における重心動揺
国家公務員共済連合組合 名城病院 リハビリテーション部 櫻井 伸哉
- P4-16 サイドステップ動作時における体幹の筋活動について
学校法人 仁多学園 島根リハビリテーション学院 橋本 広徳
- P4-17 筋シナジー解析を用いた変形性膝関節症者の歩行時筋活動パターンの解明
埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究所 博士後期課程 久保田 圭祐
- P4-18 1歩行周期における骨盤傾斜角度の違いによる大腿骨角度と股関節角度について
東京医科大学茨城医療センターリハビリテーション療法部 中島 弘
- P4-19 ACL再建後の片脚着地動作における健側および患側脛骨回旋角度の検討 - Point Cluster法を用いて -
茨城県立医療大学 保健医療学部 理学療法学科 遠藤 悠介

- P2-1 足底面の傾斜及び複合外乱刺激が立位姿勢に与える影響 - 信号待ちを想定して -
北海道科学大学 田中 勇治
- P2-2 中殿筋腱とその停止部構造の形態学的意義
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 臨床解剖学分野 堤 真大
- P2-3 右心房内刺激伝導系の肉眼観察と組織学的検討
神戸大学大学院 保健学研究科 荒川 高光
- P2-4 乳酸投与がマウス骨格筋量に及ぼす影響
豊橋創造大学 大野 善隆
- P2-5 骨格筋の成長に対する中鎖脂肪酸の影響
奈良県立医科大学大学院分子病理学 宮川 良博
- P2-6 廃用性筋萎縮と再荷重の過程におけるマトリックスメタロプロテアーゼとマイオカインの変動
帝京科学大学医療科学部理学療法学科 相原 正博
- P2-7 不動によって生じる骨格筋内のマクロファージ集積の機序
長崎大学大学院医歯薬学総合研究科運動障害リハビリテーション学分野 田中 なつみ
- P2-8 骨格筋損傷後の尾部懸垂が筋衛星細胞におけるマクロファージの遊走因子(MCP-1)の発現に与える影響
神戸大学大学院保健学研究科リハビリテーション科学領域生体構造学分野 川島 将人
- P2-9 電気刺激が非荷重を伴う関節固定にて生じるラット関節拘縮に及ぼす影響
県立広島大学保健福祉学部理学療法学科 佐藤 勇太
- P2-10 大腿四頭筋筋力低下は変形性膝関節症の発症にどのような影響を及ぼすか - 筋力低下ラットモデルを用いた検証 -
越谷誠和病院 リハビリテーション科 藤原 秀平
- P2-11 マウス悪液質モデルにおける栄養介入が腫瘍と骨格筋萎縮に及ぼす影響
奈良県立医科大学 大学院 医学研究科 分子病理学研究室 森 拓也
- P2-12 糖尿病ラットの廃用性筋萎縮に対する荷重の予防効果について
金沢大学医薬保健研究域保健学系 間所 祥子
- P2-13 壊死誘導が主である抗がん剤の使用はHMBG1を増加させ骨格筋萎縮を惹起する
奈良県立医科大学 分子病理学 川原 勲
- P2-14 非不動部である前肢の自発運動によってラット後肢の不動性疼痛の発生を抑制できるか?
長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 保健学専攻 理学療法分野 石川 空美子
- P2-15 脳梗塞後痙縮を発症した骨格筋の神経筋接合部における変化
名古屋大学医学部保健学科理学療法専攻 杉浦 健司
- P2-16 骨格筋における非活動性侵害受容器と交感神経の電気生理学的特徴
帝京大学 医療技術学部 柔道整復学科 太田 大樹

O17-1

口述1(生体評価学1)

加振器を用いたせん断波エラストグラフィによる硬度測定信頼性および再現性の検証

浅川 真由¹⁾・土田 和可子²⁾・山越 芳樹³⁾・谷内 華菜³⁾
 山崎 真有子⁴⁾・若野 世奈⁵⁾・松尾 真吾²⁾・鈴木 重行⁶⁾
 浅井 友詞²⁾

1) 松波総合病院リハビリテーション科
 2) 日本福祉大学健康科学部
 3) 群馬大学理工学部 4) 日本光電
 5) 大垣市民病院リハビリテーション科 6) 朝日大学保健医療学部

Key words / せん断波エラストグラフィ, 硬度, 信頼性

【はじめに、目的】近年、超音波エラストグラフィ機能を用いて組織の硬度を非侵襲的に測定することが注目されており、理学療法分野では筋硬度の評価に応用されている。その中でも、組織内にせん断波を生じさせ、そのせん断波の伝播速度を測定するせん断波エラストグラフィでは、圧迫を必要とせず操作者依存性が少ないため再現性が高く、定量的に弾性率を測定することができる。しかし、超音波エラストグラフィは非侵襲的に高精度に筋硬度を評価できるが装置が高価であり、エラストグラフィ機能が付随した超音波診断装置の臨床導入は未だ少ないのが現状である。そこで今回、せん断波エラストグラフィ機能が付随していない超音波診断装置のカラードプラモードと加振器を用いた硬度測定信頼性および再現性を検証した。

【方法】対象は、こんにやく、牛乳寒天（濃度 1, 2, 3, 4, 8%の 5 条件）、ヒト骨格筋（上腕二頭筋）とした。測定には、超音波診断装置と加振器（山越が開発のシステム）を用いた。硬度の指標は、カラードプラ画像より算出したせん断波の伝播速度とした。測定は、1 日 2 回、1 日以上空け 2 日間行った。信頼性および再現性の検証には、変動係数（coefficient of variation: CV）、級内相関係数（intraclass correlation coefficients: ICC）を用いた。牛乳寒天の濃度と伝播速度との関係の検証には、Pearson の相関係数を用いた。

【結果】こんにやくの伝播速度の CV は、日内 2.9、日間 0.4 であった。牛乳寒天の伝播速度の CV は、日内 4.3 ~ 9.8、日間 0.5 ~ 3.2 であり、ICC は日内 0.94、日間 0.99 であった。また、牛乳寒天の濃度と伝播速度との間には、 $r=0.99$ の正の相関関係が認められた。上腕二頭筋の伝播速度の CV は、日内 0.3 ~ 8.0、日間 0.3 ~ 4.5 であり、ICC は日内 0.82、日間 0.94 であった。

【考察】こんにやく、牛乳寒天を対象とした伝播速度の CV、ICC の結果より、加振器を用いたせん断波エラストグラフィによる硬度測定方法は、再現性および信頼性が高く、硬度を評価する有用な手段となる可能性が示唆された。また、ヒト骨格筋である上腕二頭筋を対象とした CV、ICC の結果より、日内、日間ともに高い再現性および信頼性が確認でき、骨格筋の測定にも適応できる可能性が示唆された。今後は、超音波エラストグラフィによる筋硬度測定において検者内・検者間の信頼性が高いと報告されている表層に位置する骨格筋への適応について詳細に検討していく。

【結論】加振器を用いたせん断波エラストグラフィによる硬度測定方法は、硬度を評価する有用な手段となる可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、日本福祉大学の倫理審査委員会の承認を得て行った。対象者に対して、書面および口頭にて研究内容を説明し、同意署名を得た上で実施した。

O17-2

口述1(生体評価学1)

股関節の角度変化が大殿筋の受動的な筋弾性に及ぼす影響

加藤 史織¹⁾・小林 匠²⁾・小川 哲広¹⁾・澤野 純平¹⁾
 谷口 圭吾³⁾

1) 北星病院 リハビリテーション科
 2) 北海道千歳リハビリテーション大学 健康科学部 リハビリテーション学科
 3) 札幌医科大学 保健医療学部 理学療法第二講座

Key words / 大殿筋上部線維, 超音波エラストグラフィ法, 静的筋弾性率

【はじめに、目的】大殿筋は殿部表層に位置する筋肉で、人体で最大の面積を有する単一筋である。大殿筋は股関節の伸展および外旋の主動筋であり、筋線維の走行から上部線維 (UGM) と下部線維 (LGM) に分けられる。股関節中心よりも上方に位置する UGM は股関節外転に作用し、下方を走行する LGM は股関節内転に作用するとされる。大殿筋の柔軟性改善を目的とするさまざまなストレッチングが、股関節の可動域改善効果を示すが、股関節の角度変化に伴う大殿筋の受動的な張力変化は不明である。以上より、本研究は、超音波せん断波エラストグラフィ装置を用いて、股関節屈曲・内転角度の変化が UGM・LGM の受動的な筋弾性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

【方法】BMI が正常範囲内の健康成人男性 8 名（年齢 27.0 ± 3.8 歳、身長 167.9 ± 7.0 cm、体重 59.1 ± 6.5 kg）を対象とした。股関節内転 0° および 20° での屈曲 $0 \cdot 30 \cdot 60 \cdot 90^\circ$ の 8 肢位における右側の UGM・LGM の筋弾性率を計測し、受動張力を評価する指標とした。UGM・LGM の撮影部位は SENIAM 推奨の表面電極貼付位置に準じ、短軸像にて筋腹を特定した後、長軸像にて計測を行った。筋弾性率は超音波せん断波エラストグラフィ装置 (Aixplorer Ver. 6. MSK mode) およびリニアプローブ (2 ~ 10MHz) を用いて計測し、得られたヤング率を 3 で除したせん断弾性係数を用いた。各肢位 2 回の測定値の平均値を分析対象とし、線維および屈曲角度を要因とした反復測定二元配置分散分析にて検討した。

【結果】内転 $0 \cdot 20^\circ$ 位ともに線維と屈曲角度の間に交互作用を認められた。内転 $0 \cdot 20^\circ$ 位とも屈曲 0° では UGM の弾性率が高く ($p < 0.05$)、屈曲 90° では LGM の弾性率が高かった ($p < 0.05$)。UGM の弾性率は、内転 0° 位では屈曲 0° より $30 \cdot 60 \cdot 90^\circ$ で高く ($p < 0.01$)、内転 20° 位では屈曲角度間に有意差を認めなかった。一方、LGM の弾性率は、内転 0° 位では屈曲 0° より $30 \cdot 60 \cdot 90^\circ$ で高く ($p < 0.01$)、屈曲 30° より 90° で高かった ($p < 0.05$)。また、内転 20° 位では屈曲 $0 \cdot 30^\circ$ より 60° で高かった ($p < 0.01$)。

【考察】股関節内転角度に関わらず、屈曲 0° における弾性率は UGM で高く、屈曲 90° における弾性率は LGM の方が高かった。UGM は股関節中心より上方に位置するため、深屈曲域で筋が短縮した一方、LGM は股関節中心より下方に位置するため、屈曲に伴い受動張力が増加したと推測される。

【結論】股関節角度の変化に呼応した筋弾性変化の動態は UGM と LGM で異なるため、効果的なストレッチング肢位も筋線維間で異なると考えられる。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は研究代表者が所属する医療機関の倫理委員会の承認を受けて実施した。全ての対象者は、ヘルシンキ宣言に則り研究参加前に研究の目的と個人情報守秘義務について説明を受け、同意した上で本研究に参加した。

超音波画像診断装置を用いた大腿直筋と中間広筋の筋厚および筋輝度評価の信頼性

川上 裕貴・瀧原 純・石橋 修・村野 勇

総合病院土浦協同病院 リハビリテーション部

Key words / 骨格筋, 超音波画像診断装置, 信頼性

【はじめに、目的】超音波画像診断装置(以下:エコー)は、簡便に筋量、筋内脂肪量の双方を評価することができる。加齢や疾患、活動量低下により、骨格筋は横断面積の低下(量的変化)と筋内脂肪、結合組織の増加(質的变化)が生じるとされている。理学療法介入に対する骨格筋の変化を捉えることは、筋萎縮の評価や筋力トレーニングの効果を評価する一指標となり、臨床上有意義である。今回、大腿直筋(以下:RF)と中間広筋(以下:VI)を対象にエコーでの量的変化及び質的变化の評価の信頼性を検討した。

【方法】被検者は、整形外科の既往がない、健常男性10名(平均年齢27歳)20肢とした。測定は2日間に分けて行い、測定日間は2~3日設け、可能な限り同時刻で行った。検者は理学療法士2名(検者A、検者B)とした。盲検にて、測定1日目に検者Aが1回目を測定し、測定2日目に検者Aの2回目及び検者Bの1回目を測定した。測定には、エコー(コニカミノルタヘルスケア Aixplorer)で、リニア型プローブ(SL10-2)を用い、Bモードの短軸像を抽出した。深度は大腿骨が抽出できる深度(4~8cm)で対象者に応じて設定し、ゲインはすべての測定で70dBに統一した。測定肢位は背臥位で、股関節中間位、膝関節伸展位とした。測定部位は、上前腸骨棘と膝蓋骨上縁の midpoint とした。垂直指標は、大腿骨上縁の輝度が最も高輝度に描出される位置とし、プローブが皮膚に直接触れないようにジェルを塗布し、皮膚の圧迫を防止した。筋厚評価は、エコーに内蔵されているデジタルメジャーを使用し、RFの筋厚(以下:RF-vol)とVIの筋厚(以下:VI-vol)を測定した。筋輝度評価は、ImageJソフトウェアを使用し、RFの筋輝度(以下:RF-qual)とVIの筋輝度(以下:VI-qual)を測定した。いずれも、骨や筋膜を除いた筋実質部で評価した。統計解析は、R2.8.1の改変Rコマンドによる級内相関係数(以下:ICC)と系統誤差の有無をBland-Altman plotで判定した。さらに、最小可検変化量(以下:MDC)の95%信頼区間であるMDC₉₅(系統誤差有の場合はLoA)を算出した。

【結果】ICC(1,1)ではRF-volが0.84(0.64~0.93)、VI-volが0.78(0.53~0.90)、RF-qualが0.71(0.41~0.87)、VI-qualが0.88(0.72~0.95)であった。ICC(2,1)ではRF-volが0.84(0.71~0.93)、VI-volが0.84(0.71~0.93)、RF-qualが0.75(0.56~0.88)、VI-qualが0.88(0.77~0.94)であった。系統誤差は、すべての測定項目で認められなかった。MDC₉₅は、検者内においてRF-volが0.23mm、VI-volが0.32mm、RF-qualが18.17、VI-qualが13.74であった。検者間においてRF-volが0.26mm、VI-volが0.29mm、RF-qualが20.21、VI-qualが13.52であった。

【考察】ICCは、Landisらの指標によると0.61~0.80がsubstantial、0.81~1.00がalmost perfectとされている。今回は0.71~0.88の範囲であり、信頼性は良好であった。

【結論】MDC₉₅の結果から臨床上有効な変化が生じているかを判断することが可能であった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、ヘルシンキ宣言に基づき行われた。本研究は土浦協同病院の研究安全倫理審査委員会の承認(承認番号:647)を得たうえで、被験者には事前に方法・目的・倫理的配慮を説明し書面にて同意を得た。また、同意の撤回がいつでも可能なことも説明した。

大腿二頭筋長頭の安静時と伸張時の筋断面積の比較 - グラビティMRIを用いての検討 -

中泉 大^{1,2)}・浅井 仁³⁾・大野 直樹⁴⁾・宮地 利明⁴⁾

1) 金沢赤十字病院リハビリテーション科
2) 金沢大学大学院医薬保健学総合研究科保健学専攻博士後期課程
3) 金沢大学医薬保健研究域保健学系リハビリテーション科学領域
4) 金沢大学医薬保健研究域保健学系医療科学領域

Key words / 大腿二頭筋長頭, 筋断面積, グラビティMRI

【はじめに、目的】ハムストリングスの中で肉離れを起こしやすい筋は大腿二頭筋長頭であると報告されている。肉離れの要因として筋の伸張性が低下している可能性が示されている。筋の伸張性の評価には関節可動域が用いられることが多い。関節可動域には疼痛や伸張刺激に対する耐性などの影響もあるため、筋の伸張性の評価には不適切であるとの指摘もある。しかし、関節可動域と筋の形態変化に関連性が認められれば、筋の伸張性を関節可動域で評価することの信頼性や妥当性は高くなると考えられる。また筋組織のポアソン比(約0.49)はゴムなどの非圧縮性の物質に近く、変形前後で体積はほぼ一定であるといわれている。そのため、筋が伸張されると筋断面積は縮小すると予想でき、筋断面積の変化によって筋の伸張程度を表すことができる可能性が考えられる。本研究の目的は大腿二頭筋長頭の安静時と伸張時の最大筋断面積を比較すること、その変化率と関節可動域との関連を検討することである。作業仮説:安静時に比べ伸張時の最大筋断面積は小さくなり、関節可動域とその変化率は関連する。

【方法】被験者は健常若年成人男性15名(年齢22.0±1.3歳)とした。大腿二頭筋長頭の筋断面積の測定は抗重力位での撮像が可能なグラビティMRI(0.4T、日立ヘルスケア社、スライス厚5.0mm、スキャン時間3分19秒)を使用した。右下肢を対象に大腿後面を撮像(T1強調)した。得られた画像から大腿二頭筋長頭の最大筋断面積を算出した。最大筋断面積の算出には画像解析ソフトImageJを用いた。撮像条件は以下の2つとした。①安静時:背臥位で股および膝関節90°屈曲位、②伸張時:背臥位で股関節90°を保ったまま膝関節を後述する撮像角度まで伸展した肢位。撮像角度は膝関節を伸展していき、最大伸張位での各被験者のハムストリングス伸張感を「10」とした場合、伸張感が「6~7」となる角度とした。

安静時と伸張時の最大筋断面積をWilcoxonの符号付順位検定で、撮像角度と最大筋断面積の変化率(%)との関係をSpearmanの順位相関係数を用いて検討した。有意水準は5%とした。変化率=[(安静時の最大筋断面積-伸張時の最大筋断面積)/安静時の最大筋断面積]×100

【結果】大腿二頭筋長頭の最大筋断面積は安静時1269.1(1170.0-1589.7)mm²、伸張時1151.1(1065.0-1403.4)mm²であり、伸張時が有意に低値を示した。撮像角度と最大筋断面積の変化率との相関はr=0.403(p=0.136)であり、有意な相関は認められなかった。

【考察】大腿二頭筋長頭は伸張されると最大筋断面積が小さくなり、仮説が支持された。撮像角度と最大筋断面積の変化率との間に相関は認められなかった。骨格形状には個人差があり、同じ角度でも大腿二頭筋長頭の伸張程度が異なっていた可能性が考えられる。

【結論】大腿二頭筋長頭は伸張されると最大筋断面積は小さくなるが、筋断面積の変化によって筋の伸張程度を表せるかは明らかではなく、更なる検討が必要である。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は金沢大学医学倫理審査委員会の承認を得て行った。実施説明書に基づいて、研究の目的、測定方法、安全性について、口頭で読み上げるにより説明を行い、同意書の提出が得られた方を被験者とした。測定においては被験者が疲労を感じないように十分に配慮し、被験者から疲労の訴えがあった場合は、休憩時間を長くする、あるいは測定を中止するなどの措置を講じた。電子ファイル化した個人データ、および実験データは、連結可能匿名化の後、外付けハードディスクに記録し、鍵のかかるロッカーに保管し、漏洩、盗難、紛失等がおこらないように厳重に管理している。

血流制限および筋力トレーニング後に生じる筋厚・筋輝度・骨格筋細胞外液比の即時変化

廣野 哲也・池添 冬芽・谷口 匡史・市橋 則明

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

Key words / 超音波画像, 生体電気インピーダンス分光法, 筋力トレーニング

【はじめに、目的】筋力トレーニング(Resistance Exercise; RE)直後には、筋線維の微細損傷および炎症、血流増加、骨格筋細胞内外液のバランス変化などが生じる。これらの変化によって、超音波画像上では筋厚の増加、すなわち筋腫脹やエコー輝度(筋輝度)の変化、生体電気インピーダンス分光法による骨格筋細胞内外液測定では細胞外液比(Extracellular water; ECW比)の増加が生じるとされている。またREのみならず、血流制限(Blood Flow Restriction; BFR)直後でも静脈血貯留によって筋腫脹は生じることが報告されている。しかし、筋線維の損傷を伴わないBFRによる筋輝度やECW比の変化については明らかではない。そこで本研究の目的はBFRおよびRE直後の筋厚、筋輝度、ECW比の経時変化について比較検討することとした。

【方法】健康若年男性19名(22.3±1.7歳)を対象とし、BFR群10名、RE群9名に無作為に分類した。BFR群は安静座位にて上腕近位部に血圧計のマンシェットを巻き、拡張期血圧以上の圧で5分間の圧迫を行った。RE群は多用途筋機能運動評価装置(BIODEX system 4)を用いて、事前に計測した最大挙上重量の80%の運動強度で、肘関節屈曲120°から0°までの求心性収縮2秒、遠心性収縮2秒の等速性肘関節伸展運動を8回5セット行った。超音波診断装置を用いて上腕三頭筋の筋厚、筋輝度を測定した。計測部位は肩峰と上腕骨外側上顆との中点とした。筋輝度の解析には画像解析ソフトを用いて、上腕三頭筋全体を関心領域としてグレースケールから平均輝度を算出した。また、生体電気インピーダンス計(ImpediMed社SFB7)を用いて肩峰から上腕骨外側上顆までを解析区間としてECW比を算出した。各計測はBFRもしくはREの直前(Pre)、直後(Post0)、5分後(Post5)、10分後(Post10)、15分後(Post15)に行った。統計解析には、分割プロットデザインによる2元配置分散分析を行い、交互作用を認めた場合には事後検定を行った。

【結果】分散分析の結果、すべての項目において交互作用を認めた。事後検定の結果、筋厚はBFR群ではPost0のみPreよりも有意に高値を示したのに対し、RE群ではPost0からPost15まですべての時期で有意に高値を示した。筋輝度について、BFR群ではPreに対してPost10・15で有意に高値を示したのに対し、RE群ではPost5・10・15で有意に高値であった。ECW比は、BFR群ではすべての時期において有意差を認めなかったが、RE群ではpreに対してPost5・10・15で有意に高値を示した。

【考察】RE・BFR後はともに筋厚増加および筋輝度増加が生じたが、RE後ではより長く筋厚増加が持続し、より早期に筋輝度増加が生じた。また、ECW比はREのみで有意に増加したことから、血流制限のみでは細胞外液比の増加は生じないことが示唆された。

【結論】REおよびBFR直後には筋腫脹や筋輝度増加がみられるが、その経時変化は異なること、BFRではECW比は変化しないことが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】研究を実施するにあたり、ヘルシンキ宣言、文部科学省及び厚生労働省による疫学研究に関する倫理指針を遵守し、対象者には口頭にて本研究の主旨、目的、方法について詳細に説明を行い、研究参加への同意を得られた者のみ本研究を実施した。

脳卒中発症後患者の大腿四頭筋の筋量・筋質指標と運動機能の関連

前田 久^{1,2)}・今田 健³⁾・石田 浩司¹⁾・秋間 広¹⁾

1) 名古屋大学

2) 日本学術振興会

3) 錦海リハビリテーション病院

Key words / 脳卒中, 筋厚, 筋エコー強度

【はじめに、目的】脳卒中発症後では運動機能低下が生じることが多い。患者の運動機能やそれに影響する因子を把握することは、治療計画を立案する上で役立つ。本研究の目的は、超音波断層装置を用いて評価した大腿四頭筋の筋量低下(筋線維萎縮)・筋質悪化(骨格筋内の非収縮成分増加)が、脳卒中発症後患者の運動機能と関連するのかを検討することである。

【方法】脳卒中発症後の入院患者36名(男27名、女9名、年齢65.0±13.7歳、身長162.9±10.5cm、体重62.3±12.6kg、BMI23.2±3.1kg/m²、Brunnstrom stage(BR stage)中央値4(最小値1-最大値6)、発症後日数89.6±41.6日)が本研究に参加した。超音波断層装置(LOGIQ e, GE社製)を用いて、大腿骨長中央の大腿前面部の横断像を撮影し、大腿四頭筋の筋量指標(筋厚)と筋質指標(筋エコー強度)を評価した。運動機能指標としてFIM歩行、Berg balance scale(BBS)を評価した。大腿四頭筋の筋厚および筋エコー強度と運動機能の関連を調べるために、二項ロジスティック回帰分析ステップワイズ法を実施した。従属変数として投入するFIM歩行とBBSについて、前者は患者が触れる介助を必要とするか否かを区切り(5点以上:1、5点未満:0)とし、後者は先行研究を参考にして45点を区切り(45点以上:1、45点未満:0)として二値化した。筋厚、筋エコー強度、体重、BR stageは独立変数として投入した。筋厚については、ROC曲線からFIM歩行とBBSに対するAUCを算出するとともに、感度と特異度の和が最大となるカットオフ値を求めた。統計学的有意水準は5%未満とした。

【結果】二項ロジスティック回帰分析の結果を以下に示す。FIM歩行の予測因子としては非麻痺側筋厚(odds ratio 1.23; 95% CI 1.03-1.46)とBR stage(odds ratio 3.07; 95% CI 1.40-6.80)が抽出された。BBSの予測因子としては麻痺側筋厚(odds ratio 1.41; 95% CI 1.08-1.84)とBR stage(odds ratio 2.15; 95% CI 1.08-4.28)が抽出された。筋エコー強度は有意な予測因子として抽出されなかった。ROC解析によってAUCを算出すると、麻痺側筋厚はFIM歩行に対して0.75、BBSに対して0.86、非麻痺側筋厚はFIM歩行に対して0.76、BBSに対して0.76であり、その予測能は中程度であることが明らかとなった。感度と特異度が最大値となる麻痺側筋厚のカットオフ値は、FIM歩行、BBSともに16.2mm(FIM歩行では感度79%、特異度75%、BBSでは感度94%、特異度68%)だった。非麻痺側筋厚のカットオフ値は、FIM歩行では22.7mm(感度83%、特異度75%)で、BBSでは24.6mm(感度77%、特異度74%)だった。

【考察】脳卒中発症後患者において、抗重力筋である大腿四頭筋の筋厚は運動機能と関連し、麻痺側16.2mm、非麻痺側22.7-24.6mmをカットオフ値とすることで、運動機能を効率的に予測できることが明らかとなった。

【結論】脳卒中発症後のような運動麻痺を呈する患者においても、大腿四頭筋の筋量は運動機能に影響する一因であることが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、名古屋大学大学院医学系研究科生命倫理審査委員会(2017-0116)の承認を得た上で実施した。研究実施に際しては、ヘルシンキ宣言を遵守するとともに、対象者には研究開始前に紙面および口頭にて、研究の目的・趣旨を十分に説明した。また、研究参加は被験者の自由意思によって決定され、研究参加に同意後であっても、いつでも参加を取りやめることができ、そのことによって被験者が不利益を被ることはないことを説明した。以上の事柄について十分に納得してもらった上で同意書に署名を得た。個人情報の流出を防ぐために、分析に際してデータをコード化し、個人が特定されないように十分に配慮した。

小型スピーカーを用いた振動覚検査の異なる周波数の加齢変化について

長谷川 大祐^{1,2)}・水田 喬士²⁾・戸田 香^{1,3)}・保黒 政宏⁴⁾

1) 中部大学大学院 生命健康科学研究科 リハビリテーション学専攻

2) 社会福祉法人 聖霊会 聖霊病院

3) 中部大学 生命健康科学部 理学療法学科

4) 中部大学 工学部 宇宙航空理工学科

Key words / 振動覚, 周波数, 加齢

【はじめに、目的】振動覚検査では一般的に 128Hz の音叉が使用されるが、振動強度を操作できず、障害の程度を判定できない欠点がある。また振動覚受容器には周波数に特異性があり、加齢の影響を受けるとの報告がある。そのため、本研究では小型スピーカーを用い振動強度を制御可能な機器を独自に製作して振動覚検査を行い、加齢に伴う振動覚の変化を明らかにすることを目的とした。

【方法】若年健常者 40 名（男性 10 名，女性 30 名，平均年齢 27.2 ± 4.6 歳），地域在住高齢者 41 名（男性 23 名，女性 18 名，平均年齢 73.9 ± 5.2 歳）を対象とした。高齢者は 65 歳以上で，中枢性疾患や糖尿病，痺れなどの自覚症状を有する者を除外対象とした。振動覚検査は直径 5cm の市販のスピーカーユニットを使用して製作した。刺激周波数は 40Hz, 128Hz, 256Hz に設定し，刺激強度は -50 ~ 0 dB の範囲とし，2 秒間隔で 5 dB 毎に段階的に上昇させた。刺激判定は -40 dB (0.01 倍)・-20 dB (0.1 倍)・-14 dB (0.2 倍)・-6 dB (0.5 倍)・0 dB (1 倍)・知覚不可の 6 段階に設定した。対象者には刺激を感知したら「はい」と答えるよう指示し，計測を 3 回実施した。視覚と聴覚，室内温度の影響も配慮した。背臥位で検査部位を利き足の内果とした。統計学的分析は R2.8.1 を使用した。若年者の周波数間での比較ではフリードマン検定を行い，その後，ウィルコクソン検定（ホルムの修正）を行った。若年者と高齢者の比較では Steel-Dwass 検定を行った。統計学的有意水準は 5% とした。

【結果】若年者は全ての対象が -20 dB 以下の振動強度で知覚可能であった。高齢者では -14 dB 以上の知覚可能な割合は 128Hz が 31%，256Hz が 44%，40Hz が 46% であった。中央値は若年者の 128Hz, 256Hz が -40 dB で，若年者の 40Hz, 高齢者の 3 周波数は -20 dB であった。若年者の周波数間での比較ではフリードマン検定の結果， $p < 0.01$ で有意差があり，ウィルコクソン検定（ホルムの修正）の結果，40Hz と 128Hz, 40Hz と 256Hz では各々 $p < 0.01$ で，128Hz と 256Hz では $p < 0.05$ で有意差を認めた。若年者と高齢者の比較では Steel-Dwass 検定の結果，若年と高齢の 128Hz, 256Hz が $p < 0.01$ で有意差を認めた。

【考察】若年者の閾値は -20 dB 以下で全ての割合を占めているが，高齢者においては -14 dB 以上が 3 ~ 4 割程度である。若年者と高齢者との同じ周波数間での比較では，128Hz, 256Hz で高齢者の閾値の上昇を認めており，先行研究と同様に加齢変化による影響が考えられる。また若年者の閾値は 128Hz < 256Hz < 40Hz の順であり，3 種類の周波数で閾値が異なり，周波数の特異性が示唆された。40Hz は若年者でも閾値が高く，スピーカーを用いた測定機器の仕様上の影響も考えられる。本研究の振動覚は 6 段階で閾値を判定したが，障害の程度を詳細に判定するためには，判定の段階を増やす必要があると考える。

【結論】128Hz と 256Hz は加齢による閾値の上昇を認めた。40Hz の閾値に関しては精査が必要である。

【倫理的配慮，説明と同意】本研究は，中部大学（承認番号：290041, 290044）と聖霊病院（承認番号：H29-8）の倫理審査委員会の承認を得て，対象者に研究の方法および内容を十分に説明し，書面および口頭により同意を得た。

二点識別覚検査閾値における刺激速度依存性の解明

横田 裕丈^{1,2)}・大鶴 直史^{1,2)}・小島 翔^{1,2)}・宮口 翔太^{1,2)}
齊藤 慧^{1,2)}・犬飼 康人^{1,2)}・大西 秀明^{1,2)}

1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

2) 新潟医療福祉大学 運動機能医学研究所

Key words / 二点識別覚閾値, 刺激速度, 弁別感度

【はじめに、目的】Weber ら (1870) が提唱した二点識別覚は知覚機能の評価指標として広く用いられており，2 時間以上の受動的触圧覚刺激を継続することにより二点識別能が向上するが，0.5 時間の刺激では変化しないことなど，触圧覚刺激の持続時間や周波数に応じて二点識別覚閾値が変化することが報告されている (Godde, 2000)。しかし，これらの報告において詳細な検査方法は記載されておらず，どのような刺激速度や刺激量（深さ）で検査したのか不明である。刺激の速度や深さによって反応する受容器や求心線維が変化することや，微細な振動が受容野に影響を与えている可能性などが指摘されている (Vega-Bermudez, 1999)。そこで本研究では，様々な刺激速度を用いた二点識別覚検査を行うことで，二点識別覚閾値が速度に依存して変化するかを検討し，至適な二点識別覚検査方法の確立を目指すことを目的とした。

【方法】対象は，健常成人 15 名とした。二点識別覚閾値測定には，特注により作成した二点式触覚刺激装置を用いて，安静イス坐位にて右示指の指腹に対して一点，または二点の触覚刺激を提示した。刺激ピンの突出量を 0.5 mm，刺激提示時間を 1000 ms に固定し，刺激速度（刺激ピンの上昇速度）を 1.0 mm/s, 5.0 mm/s, 10.0 mm/s, 20.0 mm/s の 4 条件に設定した。被験者には提示された触覚刺激に対してできる限り早く回答することを要求し，反対側の手元に設置したボタンにより，確実に二点と判別できたときのみ二点と回答し，曖昧な刺激に対しては全て一点と回答するよう指示した。二点間の距離は 1.0 mm から 0.5 mm 間隔で 4.5 mm までの 8 種類の二点刺激に，一点刺激を加えた合計 9 条件とし，4 条件の刺激速度とともにランダムに提示されるようにコンピュータ上で設定した。刺激速度 4 条件と二点間距離 9 条件で計 36 回の刺激を 1 セットとし，合計 10 セット測定した。刺激間隔およびセット間隔はそれぞれ 5 秒，120 秒に設定した。

データ解析は，各刺激速度において横軸に二点識別覚閾値，縦軸に正答率をプロットし，一般化線形モデルに基づきロジスティック回帰曲線により回帰した。回帰により得られた心理物理曲線から 50% の確率で正答できる値を二点識別覚閾値，75% 閾値 - 25% 閾値を弁別感度の値とした。統計解析は，反復測定分散分析の後，事後検定として Bonferroni 検定を行った。有意水準は 1% とした。

【結果】反復測定分散分析の結果，刺激速度と二点識別覚閾値の間で有意差が認められた。事後検定の結果，5 mm/s, 10 mm/s 条件において，1 mm/s 条件よりも有意に低い閾値を示した。弁別感度は刺激速度条件間で有意な差は認められなかった。

【考察】刺激速度に応じて反応する受容器や求心線維に差異が生じている可能性があり，今後刺激の深さと合わせて閾値の計測をしていくことで，至適な二点識別覚検査方法を確立させる可能性が期待できる。

【結論】二点識別覚閾値は，刺激速度に影響されて変化することが明らかになった。

【倫理的配慮，説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言の趣旨に則り，所属機関の倫理委員会の承認を得て行った。また，対象者には，書面および口頭にて実験内容に関する説明を十分に実施し，実験参加の同意を得た上で実施した。

ウェアラブルセンサーを用いた歩行時の Trailing Limb Angle と推進力の評価の妥当性の検討

宮崎 宣丞^{1,2)}・木山 良二³⁾・川田 将之³⁾・中井 雄貴²⁾
米 和徳³⁾

1) 垂水市立医療センター垂水中央病院

2) 鹿児島大学大学院保健学研究科

3) 鹿児島大学医学部保健学科

Key words / 関節角度, 加速度, 歩行分析

【はじめに、目的】歩行中の推進力は歩行能力を左右する重要な要素であり、床反力の前方成分で評価されることが多い。また、立脚後期の矢状面における大転子と外果を結ぶ線と、垂直線のなす角度は Trailing Limb Angle (TLA) とされ、推進力と関係することが報告されている。

近年では、ウェアラブルセンサーなど、客観的評価が簡便にできる機器が普及しているが、ウェアラブルセンサーを用いて歩行時の推進力や TLA を分析した報告は少ない。

本研究の目的は、健常成人を対象にウェアラブルセンサーで計測した歩行時の TLA、推進力の基準関連妥当性を検討することである。

【方法】対象は健常成人男性 18 名 (25.2 ± 3.2 歳) とし、測定にはウェアラブルセンサー (Mtw Awinda)、3 次元動作解析装置 (VICON MX3, AMTI BP400600) を用いた。対象者の体幹、下肢に 19 個の反射マーカを貼付し、ウェアラブルセンサーは胸郭後面 (Th7-8)、腰部後面 (L3)、右大腿前面、右下腿前面の 4 箇所に固定した。歩行は、通常歩行 (速度: normal, slow, fast)、初期接地直後に体幹を前傾する歩行 (速度: normal, slow) の 5 条件を各 5 試行ずつ計測した。データの解析対象は歩行路 8m の中央 1 歩行周期とした。動作解析装置から得られた座標データと、大腿・下肢に固定したセンサーから得られた傾斜角度を基に TLA を算出し、ICC(2,1) を算出した。また、立脚中期から後期における床反力前方成分の力積と、胸郭・腰椎に固定したセンサーの加速度前方成分の積分値を算出し、Pearson の積率相関係数を用いて分析した。有意水準は 5% 未満とした。

【結果】通常歩行において、動作解析装置とセンサーで測定された TLA は中等度の一致度を認めた (normal: ICC(2, 1) = 0.591 (95%CI: 0.205-0.822), P = 0.003; slow: ICC(2, 1) = 0.609 (95%CI: 0.230-0.831), P = 0.002; fast: ICC(2, 1) = 0.644 (95%CI: 0.266-0.850), P = 0.002)。また、床反力と腰部センサーの加速度については高い相関関係を認めた (normal: r = 0.757, p < 0.001; slow: r = 0.816, p < 0.001; fast: r = 0.755, p < 0.001)。胸郭のセンサーでも同様の結果が得られた。

体幹前傾歩行についても、通常歩行と同様の結果が得られた。

【考察】今回、ウェアラブルセンサーによる TLA、推進力の計測の妥当性が示された。近年、ウェアラブルセンサーの計測精度が向上してきており、様々な歩行条件でも傾斜角度や加速度を測定することが可能であったと考えられる。今回の結果より、ウェアラブルセンサーを用いることで、推進力や TLA を簡便に評価できることが示された。ウェアラブルセンサーを用いることにより、歩行の力学的指標を臨床現場で活用できると考えられる。今後は、症例を対象とした評価、feedback などの歩行練習へ応用できるように検討を進めていきたい。

【結論】ウェアラブルセンサーを用いることにより、臨床現場において推進力と TLA を簡便に測定できる可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言及び人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に沿ったものである。対象者には、事前に研究内容を書面にて説明を行い、自由意志による同意を得た。個人情報を含む書類は厳重に管理し、連結不可能匿名化により個人情報保護した。

なお、本研究は、鹿児島大学医学部疫学・臨床研究等倫理委員会の承認を得て実施した研究である (承認番号: 170167 疫)。

Functional Reach Test を用いた身体機能自己認識誤差の評価方法の検討 - 予測値の再現性からの検討 -

立道 憂樹¹⁾・芥川 知彰²⁾・出口 純次¹⁾・倉田 浩充¹⁾
日浅 匡彦¹⁾

1) 医療法人ひまわり会中洲八木病院

2) 徳島文理大学保健福祉学部理学療法学科

Key words / 検者内信頼性, 身体機能自己認識誤差, 予測値

【はじめに、目的】

近年、予測した身体機能と実際の身体機能の自己認識誤差と転倒の関連性が報告されている。身体機能自己認識誤差の測定方法として Functional Reach Test (FRT) の変法が用いられており、先行研究では目標物を提示しない予測、目標物を近づける予測 (以下、接近予測)、目標物を遠ざける予測 (以下、離隔予測) のうちいずれかの方法が用いられている。先行研究において目標物を提示しない予測では転倒発生カットオフ値などが報告されているが、接近および離隔予測では転倒との関連性について統一された見解は示されておらず、評価方法の妥当性、信頼性の検討もあまり行われていない。そこで本研究では、同一検者が接近および離隔予測を用いて最大リーチ距離の予測を行い、各予測の再現性を検討することを目的とした。

【方法】

健常成人 20 名 (男性 11 名, 女性 9 名, 24.4 ± 3.1 歳) を対象とした。予測値の測定開始肢位は、開始ラインにつま先を合わせ両上肢を降ろした立位とした。接近予測では対象者が到達不可能と思われる位置から検者がゆっくりと測定棒を近づけ、離隔予測では立位姿勢に影響を及ぼさない直近の位置から遠ざけた。対象者が目視にて到達可能と思われる限界距離に測定棒が達した時点で検者に合図をし、その位置から開始ラインまでの距離から挙上した上肢長を引いた値を予測値とした。予測値の測定順序はランダムとし、3 試行ずつ測定した。1 試行毎に 3 日間の測定間隔を設けた。すべての予測値を測定後、FRT を 3 回測定し、その平均値を実測値とした。予測値の再現性は級内相関係数 (Intraclass correlation coefficients: ICC) で検討した。また、接近および離隔予測によって測定した身体機能自己認識誤差 (実測値 - 予測値) を算出し、その絶対値を対応のある t 検定で比較した。統計学的有意水準は 5% とした。

【結果】

ICC (1, 1) は接近予測で 0.67、離隔予測で 0.64 であった。また、ICC (1, 3) は接近予測で 0.86、離隔予測で 0.84 であった。接近予測と離隔予測との比較では、身体機能自己認識誤差 (-8.1 ± 8.0cm vs 9.2 ± 7.9cm, p=0.954) に有意差は認められなかった。

【考察】

ICC (1, 3) では 0.84 以上の高い信頼性が得られており、複数回測定を行うことでより信頼性の高い測定結果が得られる可能性が示唆された。接近および離隔予測の身体機能自己認識誤差の絶対値に有意差が認められなかったことから、測定結果に過大または過小傾向が認められるものの、誤差の大きさには差がないことが示唆された。ICC (1, 3) の結果から、どちらの測定方法を用いても信頼性の高い測定結果が得られる可能性が示唆された。

【結論】

身体機能自己認識誤差の測定は、接近予測および離隔予測のどちらを用いても複数回測定を行う事で信頼性の高い測定結果を得られる可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、中洲八木病院の倫理委員会の承認を得て実施し、対象者には研究及び発表に対する説明を行い、同意を得た上で実施した。

適応的歩行調整能力の学習支援に向けたバーチャルリアリティ環境の構築 - 実環境における身体運動特性の再現 -

近藤 夕騎・福原 和伸・樋口 貴広

首都大学東京大学院

Key words / 適応的歩行調整能力, 衝突回避, バーチャルリアリティ応用

【はじめに、目的】高齢者の中には、状況に応じて方略を瞬時に微調整することが困難になる者がいる (Hackney, 2013)。一般に、こうした行動調整能力は経験を通して改善される側面がある (Adolph, 2000)。しかし、高齢者に対して繰り返し障害物回避をおこなわせるような練習は、上手く衝突を回避できなかった際に痛みや恐怖を体験させる懸念があり、現実的な練習であると言えない側面がある。こうした問題に対して我々は、バーチャルリアリティ (VR) 環境を利用し、隙間通過時の接触回避を練習できるシステムを開発した。これまで、本 VR システムでの接触回避行動が実環境における接触回避行動 (隙間通過時の体幹回旋) を再現できているか確認した。その結果、隙間の大きさに応じた調整については高い再現性を得たものの、VR では余分に体幹を回旋する傾向を示した。そこで本研究では、「できるだけ体幹を回旋せずに通り抜けてください」という制約を与えることで、実環境での接触回避特性に近づくかを検討した。【方法】参加者は健康成人 10 名 (男性 5 名、平均年齢 24.7 ± 5.9 歳)。参加者は体幹前面に対して平行の棒を把持し、2 枚のドアで作られた隙間を接触しないように通り抜ける課題を、「最小限の体幹回旋で接触せずに通過する」という制約を設けた上で実環境と VR 環境それぞれ実施した。隙間幅は実環境、VR 環境ともに 7 条件 (91cm の棒の 0.7、0.8、0.9、1.0、1.1、1.2、1.3 倍) であった。従属変数は隙間通過時の体幹回旋角度とした。統計検定として、環境 (実環境、VR 環境) \times 隙間幅の 2 要因分散分析を行なった。実環境下で観察される 2 つの現象 (①隙間が狭くなるほど体幹回旋角度が大きくなること、②一定以上の隙間幅に対して体幹の回旋をせずに通り抜けること) が確認されたかどうかを根拠に、接触回避特性の再現が得られたと判断した。【結果】環境で主効果がみられ ($p < .01$)、VR 環境では実環境と比較して有意に回旋角度が大きかった。隙間幅の要因にも主効果が認められた ($p < .01$)。Bonferroni 法で多重比較をしたところ、隙間幅の要因において、VR 環境では棒に対する 0.7 倍から 1.2 倍にかけてそれぞれ有意差があり、1.2 倍と 1.3 倍で有意差はなく、実環境では棒に対する 0.7 倍から 1.1 倍にかけて有意差があり、1.1 倍と 1.2 倍で有意差はなかった。このことから、VR 環境では、制約を設けることにより実環境下で観察される 2 つの現象の再現を得られた。【考察】できるだけ体幹回旋をしないという制約条件下では、VR 環境での接触回避行動は実環境での接触回避行動に近づくことがわかった。制約をかけることにより、隙間幅に応じて行動することに焦点を当てることができ、VR 環境において実環境で生じる接触回避特性を再現できたと考える。【結論】隙間通過時の接触回避行動を再現する VR 環境の構築に成功した。今後、この VR 環境での練習後に、実環境の接触回避の精度を高めるかについて検討していく。【倫理的配慮、説明と同意】倫理的配慮として、ヘルシンキ宣言に準拠し、対象者には研究の趣旨と内容、得られたデータは研究の目的以外には使用しないこと、および個人情報の漏洩に注意することについて説明し、理解を得た上で協力を求めた。また、研究への参加は自由意志であり、対象者にならなくても不利益にならないことを口答と書面で説明し、同意を得て研究を開始した。なお、本研究は首都大学東京大学院の倫理委員会の認証を得て行った。

セラピストによる主観的立位動揺評価の信頼性と妥当性 - 地域在住高齢者における検討 -

石川 康伸^{1,2)}・平井 達也³⁾・吉元 勇輝⁴⁾・若月 勇輝⁵⁾
藁科 弘晃³⁾・田中 敬大⁶⁾・松下 耕三⁷⁾・青山 満喜⁸⁾

1) 西尾病院 2) 豊橋創造大学大学院健康科学研究科
3) いいい外科三好クリニック 4) 介護老人保健施設清風苑
5) 川島病院 6) 犬山駅西病院
7) あさひ病院 8) 常葉大学保健医療学部

Key words / 主観的立位動揺評価, 信頼性, 妥当性

【はじめに、目的】主観的立位動揺評価は、検者が立位保持をしている対象者の身体動揺を主観的に評価する方法であり、これまでに健康成人や入院高齢者を対象とした研究で信頼性と妥当性が確認されている (林 2013、石川 2017)。この評価は場所や時間の制限が少ないという簡便さから、病院や施設以外の「地域」において身体動揺を計測する手段として実用的に利用できる可能性がある。しかしながら、対象となる地域在住高齢者の信頼性と妥当性については明らかにされていない。本研究の目的は、地域在住高齢者を対象としたセラピストによる主観的立位動揺評価の信頼性と妥当性を検討することである。

【方法】

対象者は地域在住高齢者 24 名とした (73.9 ± 3.9 歳)。対象者には事前に閉脚立位、タンDEM立位、片脚立位の可否を確認し、重心動揺計 (アニマ社製、取込周期: 20Hz、取込時間: 30 秒) 上で保持が可能な立位をとった。計測は重心動揺検査の方法に則って実施し、同時に対象者の後方から立位をビデオカメラで撮影した。セラピストによる主観的立位動揺評価は、経験年数の異なる理学療法士 3 名 (検者 A: 1 年目、検者 B: 4 年目、検者 C: 11 年目) がビデオ画像により対象者の立位動揺を「0 実行不能 - 10 完全に安定」の 11 段階で 2 回評価した。解析方法として、検者内信頼性は、1 回目と 2 回目の結果から、検者ごとに Cohen の κ 係数と Kendall の W 係数を算出した。検者間信頼性は、検者 3 名の 1 回目の結果から、W 係数を算出した。妥当性は各検者の 1 回目の結果と総軌跡長および外周面積との関連を Spearman の順位相関係数にて検討した。有意水準はすべて 5% とした。

【結果】

検者内信頼性は (κ 係数 / W 係数)、検者 A (0.24 / 0.94)、検者 B (0.20 / 0.92)、検者 C (0.24 / 0.93) であった。検者間信頼性について W 係数 (0.89) であった。妥当性では、主観的立位動揺評価と重心動揺 (総軌跡長 / 外周面積) との相関係数は、検者 A (-0.71 / -0.58)、検者 B (-0.60 / -0.51)、検者 C (-0.67 / -0.59) であり、すべてに有意な相関が認められた ($p < 0.001$)。

【考察】

検者内、検者間信頼性について、 κ 係数は「Slight」および「Fair」であったのに対して、W 係数は「good」および「great」と判断された。 κ 係数は変数間の完全な一致を反映し、W 係数は大小関係の一貫性を反映する。つまり、各検者がつけた評価には多少の差異は生じているものの、大小関係は大きく異ならなかったと考える。妥当性について、総軌跡長と外周面積で 3 名の検者ともに有意な負の相関が認められた。本研究の信頼性と妥当性の結果は、若年者と入院高齢者を対象とした先行研究と類似していた。以上より本評価は地域在住高齢者に対しても使用可能であると考えられる。

【結論】

地域在住高齢者を対象としたセラピストによる主観的立位動揺評価は、良好な信頼性と妥当性を有し、検者の経験年数に関係なく使用可能な評価であることが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】

すべての対象者に、事前に研究の趣旨、内容および個人情報の取り扱いに関して口頭および書面にて説明し、署名にて同意を得た。本研究は常葉大学倫理委員会の承認を得て実施した (承認番号: 2017-005H)。

Kinectを用いた立位姿勢分析

～着衣下での信頼性の検討～

田島 慎也^{1,2)}・原野 達也^{2,3)}・西原 翔太²⁾・森本 将司²⁾
吉里 雄伸²⁾・二宮 省悟²⁾

- 1) 熊本赤十字病院
2) 九州看護福祉大学大学院 健康支援科学専攻 身体機能支援科学分野
3) 介護老人保健施設 聖母の家

Key words / Kinect, 信頼性, 立位姿勢分析

【はじめに、目的】

近年、臨床での簡易的な3次元動作解析装置のツールとしてMicrosoft社のKinectが注目されている。Kinectは赤外線を利用したセンサーであり、身体において自動的に25の関節点の3次元座標が抽出できる。また反射マーカの貼付やボディースーツ(以下、スーツ)は不要で測定が可能である。しかし、Kinectによる身体の測定に着衣が及ぼす影響は不明である。そこで今回は、臨床での動作分析の利用に向けた基礎研究として、着衣の有無によるKinectを使用した立位姿勢分析の信頼性について検討することを目的とした。

【方法】

対象は健康男性11名(年齢 23.1 ± 2.4 歳, 身長 173.2 ± 6.7 cm, 体重 72.6 ± 13.5 kg)。対象者から距離2.5m, 高さ0.75mの位置にKinectを設置し前顔面から測定した。対象者は膝関節と足関節が露出したスーツを着用し, その上から下肢を動かさずに着脱可能なサイズの大きいジャージを着用した。測定はジャージの状態での静的立位を10秒間測定し, 次にスーツの状態での静的立位を10秒間測定した。測定はそれぞれ2回繰り返した。ジャージが影響を与える可能性のある腰部中央, 左右の股関節, 膝関節, 足関節の3次元座標を抽出し, ジャージおよびスーツの測定値を比較した。全てのデータは正規性を確認後, 相対信頼性として級内相関係数(以下, ICC)を用い, ジャージ条件とスーツ条件の再現性と一致度を検討した。また絶対信頼性としてBland-Altman分析を用いて検討した。統計にはSPSS Statistics 19を使用した。

【結果】

再現性の検討においてジャージ条件とスーツ条件のICC(1, 1)はどちらも0.97以上であった。一致度の検討において腰部中央, 左右の股関節, 膝関節xz座標, 足関節xz座標のICC(2, 1)は0.85~0.99, 左右足関節y座標では0.57~0.58, 左右膝関節y座標では0.34~0.37となった。また全てにおいて系統誤差は認められなかった。

【考察】

ジャージ条件とスーツ条件の3次元座標抽出の再現性はどちらもICC0.97以上であり, Landisらの判定基準に基きalmost perfectであった。一致度に関しては, 腰部中央, 左右の股関節, 膝関節xz座標, 足関節xz座標において0.85~0.99とalmost perfectを認めたが, 左右足関節y座標は0.57~0.58とmoderate, 左右膝関節y座標は0.34~0.37とfairであった。Kinectの赤外線を利用したデプスセンサによる骨格追跡のアルゴリズムの詳細は一般公開されていない。今回の結果より, 対象者の骨格が不明確な場合は膝関節や足関節のy座標に影響を及ぼすことが示唆された。臨床でKinectを使用する際は, 膝関節と足関節を露出させることで信頼性の高い客観的評価ができる可能性がある。またKinect内での再現性は高いため, 同一被験者の経時的变化を捉えることは可能と考えられる。

【結論】

Kinectを用いた立位姿勢分析では, 着衣により膝関節と足関節のy座標に測定誤差が生じることが考えられるが, 測定時の工夫で信頼性が向上する可能性がある。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は所属施設の倫理審査委員会の審査を受けて実施した(承認番号: 28-029)。対象者にはヘルシンキ宣言に基づき本研究の内容を十分に説明した後, 書面にて同意を得た上で実施した。また本研究において, 開示すべき利益相反関係にあたる企業はない。

地域在住高齢者を対象にした歩行障害の検査について

宮下 敏紀¹⁾・工藤 慎太郎^{1,2,3)}

- 1) 森ノ宮医療大学 大学院保健医療学研究科
2) 森ノ宮医療大学 保健医療学部 理学療法学科
3) 森ノ宮医療大学 卒後教育センター

Key words / ロコモテスト, 足関節パワー, 歩行障害

【はじめに、目的】ロコモティブシンドローム(以下, ロコモ)予防には歩行障害に対する対策が重要であると言われている(Nakamura K. 2012)。高齢者は歩行中における立脚後期に足関節パワーの減少を認めている(Judge JO, et al.1990)。このことから足関節パワーの低下は歩行障害になるリスクがあると考えられた。しかし, 歩行中の運動力学分析は三次元動作解析装置による計測が必要であり, 計測は容易でない。そこで我々は可搬性の高い加速度計を腓骨頭に装着し, 立脚後期の下腿加速度を分析することで足関節パワーを推定する方法を確立した。本研究の目的は, 地域在住健康高齢者を対象に加速度計を使用した方法で足関節パワー推定値(以下, 足関節パワー)を算出し, 足関節パワーを非ロコモ群とロコモ群と比較検討することである。

【方法】対象者は地域在住高齢者30名より, 全ての検査測定が可能であった女性28名, 年齢 74.8 ± 6.9 歳とした。ロコモテストは2ステップ値(2ステップテストで測定した最大二歩幅を対象者の身長で除した値)の算出と立ち上がりテストを実施した。2ステップ値1.3以上, かつ片脚40cmより起立可能であった者を非ロコモ群, それ以外はロコモ群とした。他に握力, 快適歩行による歩行速度, 加速度計を使用した加速度波形より足関節パワーを求めた。統計学的分析は非ロコモ群とロコモ群間における各変数の比較を対応の無いt検定を実施した。また, 足関節パワーと各変数の関連をスピアマンの相関係数で求めた。統計学的有意水準は5%とした。

【結果】非ロコモ群は13名, ロコモ群は15名であった。非ロコモ群とロコモ群の比較検討において, 年齢は 70.1 ± 2.4 歳と 78.9 ± 7.0 歳でロコモ群が有意に高かった($p < 0.01$)。2ステップ値は 1.4 ± 0.1 と 1.1 ± 0.2 , 握力は 26.9 ± 3.8 kgと 20.9 ± 4.2 kg, 歩行速度は 1.4 ± 0.1 m/sと 1.1 ± 0.2 m/sであり, それぞれ非ロコモ群が有意に高かった($p < 0.01$)。足関節パワーは非ロコモ群 3.3 ± 0.7 Wとロコモ群 2.6 ± 1.1 Wであり, 有意差は認めなかった($p = 0.06$)。相関関係の結果より足関節パワーと有意差を認めた項目は, 体重($r = 0.62, p < 0.01$), 握力($r = 0.48, p < 0.01$), 歩行速度($r = 0.48, p < 0.01$)にそれぞれ中等度の正の相関関係を示した。

【考察】今回, 非ロコモ群とロコモ群に分類して比較検討を行った。ロコモ群の年齢が有意に高かったものの, 歩行中に生じる足関節パワーに有意差は認めなかった。つまりロコモの有無に関わらず70歳代になると足関節パワーは低下しており, 歩行障害のリスクを有する状態であると考えられた。また足関節パワーは, 握力と歩行速度との間にそれぞれ中等度の相関関係を示した。このことから歩行中における足関節パワーの計測はロコモ状態を抽出するにあたり, 外的妥当性がある検査であると言える。

【結論】70歳代の非ロコモ群とロコモ群との間に足関節パワーに差はなかった。足関節パワーはロコモ状態の指標になり得る可能性がある。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言を遵守し, 所属機関の倫理審査委員会(受付番号2018-009)の承認を得て実施した。対象者には対象者の権利と研究の目的を説明し同意を得た。

Timed Up & Go Testの動作パターンの違いからみたバランス能力の差

筒井 隆裕¹⁾・田澤 里実²⁾・石井 琴美³⁾・村山 奈菜香⁴⁾
星 文彦⁵⁾

1) 介護老人保健施設 友愛ナーシングホーム 業務課療法係
2) サービス付き高齢者向け住宅 ロータス山鼻邸
3) 東小樽病院 リハビリテーション科
4) 介護老人保健施設 ラポール東小樽 リハビリテーション科
5) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

Key words / TUG, バランス, 動作パターン

【はじめに、目的】Timed Up & Go Test(以下TUG)は移動性スキルに影響を与えるバランス能力を即座に評価できる手段として開発され、測定される全体の所要時間は臨床において有益な情報となっている。しかしTUGの長所は起立、方向転換、着座などの動作に伴う姿勢制御を調べられることであるためバランス能力の差は各動作のどこかに特徴を有して現れると推察される。本研究の目的はTUGの動作パターンを分類し、他の要因との関連性を検討することでバランス能力の差を動作パターンの違いから見出すことである。

【方法】対象はA病院のイベントにおいて体力測定を実施した65歳以上の地域在住高齢者34名のうち同意が得られた31名。調査項目は年齢、BMI、TUG、最大一歩幅、30秒椅子立ち上がり(以下CS-30)、握力、片脚立位保持時間。TUGを矢状面からビデオカメラにて撮影し、起立(初動～頭頂部最高到達点)、往路歩行(頭頂部最高到達点～足部の位置を方向転換する側に向けた時のinitial contact(以下IC))、方向転換(足部の位置を方向転換する側に向けた時のIC～足部の位置を椅子に向けた時のIC)、復路歩行(足部の位置を椅子に向けた時のIC～頭頂部下降開始点)、着座(頭頂部下降開始点～殿部座面接地)の5つの動作の所要時間を計測した。それらを全体の所要時間で除して各動作の割合を算出し、それら5つの動作の割合を変数としてクラスタ分析(ウォード法, ユークリッド距離)を行い2群に分類したのち前述の調査項目について群間比較した。年齢、BMI、片脚立位保持時間、TUG全体の所要時間はマンホイットニーの検定を用い、最大一歩幅/身長、CS-30、握力/体重は2標本t検定を用いた。統計処理にはR2.8.1を用い有意水準は5%未満とした。

【結果】クラスタ分析の結果、起立・方向転換・着座の割合が高い群(歩行の割合が低い群:以下歩行低割合群,n=19)と往路歩行・復路歩行の割合が高い群(以下歩行高割合群,n=12)の2群に分類された。群間比較の結果、歩行低割合群の方が有意に年齢が若く(72 vs 81,P値=0.002,効果量0.54:大)、片脚立位保持時間が長かった(27 vs 4,P値=0.009,効果量0.29:中)。その他の項目では有意差はみられなかった。

【考察】歩行高割合群が起立後に歩行を開始するのに対して、歩行低割合群は起立中に歩行を開始していると推察される。つまり歩行低割合群は各動作の繋がりが流動的であり質量中心の前方への水平モーメントの停滞が少ない群であると言える。2群間においてTUG全体の所要時間に有意差はみられなかったが、歩行低割合群は有意に年齢が若く、片脚立位保持時間が長い結果となりバランス能力が高いことを示唆する。以上よりTUGの動作の流動性に注目することで全体の所要時間だけでは判らないバランス能力の差を見出せる可能性が示された。

【結論】TUGにおいて各動作の繋がりが流動的な歩行低割合群はバランス能力が高いことが示唆された。臨床におけるTUG動作観察の際の重要な着眼点になると考える。

【倫理的配慮, 説明と同意】対象者には本研究の主旨を画面にて説明し同意を得た上で実施した。説明に際して、守秘義務に基づき個人情報情報を厳重に管理すること、同意して頂けなくても何の不利も被らないことを伝えた。

人工股関節全置換術患者における立ち上がり動作の足圧分析の有効性 - 歩行能力との関連 -

吉田 啓晃¹⁾・平野 和宏¹⁾・大沼 雄海¹⁾・高橋 仁¹⁾
中山 恭秀²⁾・安保 雅博³⁾

1) 東京慈恵会医科大学附属第三病院
2) 東京慈恵会医科大学附属病院
3) 東京慈恵会医科大学リハビリテーション医学講座

Key words / 立ち上がり, 人工股関節全置換術, 歩行

【目的】

大腿骨近位部骨折患者を対象とした立ち上がり動作の床反力の分析では、患側の力発揮速度(rate of force development: RFD)は歩行速度やバランス能力指標との相関が高いと報告され、RFDを高める介入方法が模索されている。人工股関節置換術(THA)患者の立ち上がり時の患側の力発揮は、歩行能力と関連しているかどうかは明らかではない。本研究は、片側THA患者を対象に立ち上がり動作の足圧分析を行い、歩行速度や歩行時の足圧との関連を検討した。

【方法】

THA患者15名(平均62.3±10.8歳、片側罹患、術後39.8日)を対象とした。足圧分析装置WinFDM-T(Zebris社製)を使用し、立ち上がり動作及びトレッドミル上の歩行を測定した。立ち上がり動作は、高さ45cmの椅子から左右の下肢に均等に荷重して立ち上がることを課題とし、3回測定した。諸家の報告を参考に、第1相のRFD[N/s/kg]、第2相のPeak vGRF(vertical ground reaction force)[N/kg]を左右下肢で算出した。歩行は、快適速度で定常状態の30秒間を記録し、平均接地圧力[N]を求めた。また、HHHによる股関節外転筋力[Nm/kg]と5m歩行より最速歩行速度[m/s]を算出した。統計は、各指標の術側と非術側の差について対応のあるt検定を行い、RFD、Peak vGRF、外転筋力と歩行速度、歩行時の足圧との順位相関係数を求めた。有意水準は5%未満とした。

【結果】

立ち上がり動作における術側のRFDは15.8±7.0N/s/kg、Peak vGRFは4.3±0.9N/kgで、術側/非術側比はRFD0.63±0.24、Peak vGRF0.66±0.18であった。外転筋力(術側/非術側)は0.56±0.04/0.75±0.05Nm/kg、トレッドミル歩行時の第1主峰足圧は8.5±1.0/8.9±1.0N/kgであった。いずれも術側は有意に低値を示した。

筋力や立ち上がり動作の足圧と歩行能力との相関をみると、歩行速度は外転筋力との相関は認められないが、術側RFDやpeak vGRFと有意な相関を示した(rs0.58~0.59)。トレッドミル歩行における第1主峰足圧は、立ち上がり時のRFDやpeak vGRFとの相関はなく、非術側外転筋力と有意な相関を認めた(rs0.57~0.66)。

【考察】

立ち上がり動作のRFDやvGRFを高めるには股関節及び膝関節伸展筋力の発揮が関わり、歩行速度を上げるためには、これらの筋機能を高めることが必要と言える。一方で、歩行時の第1主峰足圧は荷重応答期に股関節伸展筋の発揮速度を高めることが必要で立ち上がり動作の足圧とも相関が高いことを予測していた。しかし、立ち上がりの足圧よりも非術側の外転筋力との相関が高く、中殿筋の発揮が必要であることが伺えた。踵接地時の中殿筋発揮が骨盤の側方動揺を制御し足圧を高めた可能性は否定できないが、筋電図による筋活動の分析など詳細な分析が必要と考える。

【結論】

大腿骨近位部骨折と同様に、THA後の立ち上がり動作時の術側下肢の発揮能力は歩行速度と関連し、患側下肢の発揮能力を高めるためのトレーニングが歩行能力を向上させることが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は東京慈恵会医科大学の倫理審査委員会の承認(24-274)を受け、ヘルシンキ宣言に則り実施した。対象患者に趣旨を説明し同意を得た上で実施した。

Sit-to-Walk task における fluidity の臨床的有用性の検討 - 人工膝関節置換術後患者の経時的変化から -

朝倉 智之¹⁾・齊藤 竜太²⁾・岡元 翔吾²⁾・皆川 幸光²⁾
木村 典子²⁾・畑山 和久³⁾・寺内 正紀³⁾・白田 滋¹⁾

1) 群馬大学大学院保健学研究科

2) 群馬中央病院リハビリテーション部

3) 群馬中央病院整形外科

Key words / Sit-to-Walk task, fluidity, 人工膝関節置換術

【はじめに、目的】 Sit-to-Walk task (STW) は椅子座位姿勢からの歩行開始動作であり、日常生活でも頻繁に行われている動作である。健常者では立ち上がり完了する前に歩行が開始する流動性 (fluidity) が認められる。fluidity は時間的あるいは力学的・空間的効率の向上に寄与していると考えられ、動作を質的な側面から捉えたものであるが、その評価の意義については明らかにされていない。人工膝関節置換術後患者では術後早期の fluidity が低下した状態から、機能の改善と共に fluidity が回復すると考えられる。本研究では人工膝関節置換術後患者の fluidity の変化の過程について、一般的な評価尺度と比較しながら fluidity の臨床的有用性について検討することを目的とした。

【方法】 対象は変形性膝関節症に対し人工膝関節置換術を施行した患者 9 名 (73.0 ± 5.5 歳、男性 4 名 / 女性 5 名) とし、測定は術後 2 週時と退院時とした。測定期間中には通常の理学療法が実施され、STW に関する介入はなされなかった。STW は Malouin らの方法に基づき、動作速度は快適速度と最大速度の 2 条件とした。測定には三次元動作解析装置 (アニマ社製、ローカス 3D MA3000) を用いた。測定周波数は 100Hz とし、解析では fluidity の尺度で運動量の変化から算出される fluidity index (FI) を算出した。また同時に一般的評価尺度として 5 回立ち上がりテスト (SS5)、歩行速度、TUG を測定した。FI は動作速度と測定時期を要因とした二元配置分散分析にて比較するとともに、過去に測定した健常高齢者 9 名 (73.2 ± 6.5 歳、女性のみ) とデイサービス利用者 13 名 (81.5 ± 7.7 歳、女性のみ) の FI と比較した。また一般的評価尺度の経時的変化について対応のある t 検定を行った。有意水準は 5% とした。

【結果】 FI は 2 週時 (14.5 ± 0.9 日) の快適速度で 19.8 ± 17.2%、最大速度で 37.0 ± 20.5%、退院時 (24.1 ± 2.1 日) では同じく 33.4 ± 13.1%、58.8 ± 22.3% であった。要因の交互作用は認めず、要因内での有意差を認めた。退院時の FI はデイサービス利用者との差は認めなかったが、健常高齢者 (快適速度 75.4 ± 12.4、最大速度 85.5 ± 11.5%) に比べ有意に低値であった。一般的評価尺度について、SS5 は 2 週時 16.3 ± 4.3 秒、退院時 12.7 ± 2.8 秒、歩行速度は同じく 1.19m/s、1.41m/s、TUG は 10.7s、8.4s で、全ての項目で有意な改善を認めた。

【考察】 人工膝関節置換術後患者の FI は特別な介入が無い状況でも、一般的評価尺度と同様に上昇し、傾向の違いは明らかとはならなかった。退院時点でも健常高齢者より低値ではあったが、退院後生活における活動の量的・質的要求は動作を最適化し、fluidity を上昇させる可能性がある。今後は長期的な観察も含めて有用性を検討する必要がある。

【結論】 人工膝関節置換術患者の術後の FI は他の一般的評価尺度と同様な傾向を示し、本研究では明らかな特徴は示さなかった。長期的な観点での検討が今後の課題である。

【倫理的配慮、説明と同意】 本研究は群馬大学人を対象とする医学系研究倫理審査委員会での承認 (試験番号 2017-022) および JCHO 群馬中央病院人を対象とする医学系研究倫理審査委員会の承認 (承認番号 2017-020) を得た。対象者には口頭および文書にて説明し、署名をもって研究参加への同意を得た。

Concurrent Validity and Measurement Error of Stair Climb Test in Individuals with Knee Osteoarthritis

Hirota Iijima^{1,2,3)}・Kanakano Shimoura²⁾・Ryo Eguchi⁴⁾
Tomoki Aoyama²⁾・Masaki Takahashi¹⁾

1) Department of System Design Engineering, Faculty of Science and Technology, Keio University, Yokohama, Japan

2) Department of Physical Therapy, Human Health Sciences, Graduate School of Medicine, Kyoto University, Kyoto, Japan

3) Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo, Japan

4) School of Science for Open and Environmental Systems, Graduate School of Science and Technology, Keio University, Yokohama, Japan

Key words / Knee osteoarthritis, Stair climb test, Validity

【Background/Purpose】

Stair climbing is suggested to be the first affected task in individuals with knee osteoarthritis (OA); therefore, the precise measurement of time required to perform stair ambulation is important particularly in the early phase of knee OA. This study aimed to examine the reliability, measurement error, and concurrent validity of a stopwatch-based stair climb test in adults with concurrent knee pain.

【Methods or Cases】

Adults with moderate to severe knee pain underwent an 11-step stair climb test (11-SCT) in accordance with the Osteoarthritis Research Society International recommended method, while wearing pressure sensor-mounted standard shoes. Test-retest reliability, measurement errors, and the concurrent validity of the stopwatch-based 11-SCT were evaluated.

【Results】

Fifty-nine participants (mean age, 59.1 [range, 50–69] years; 72.9% female) with a Kellgren/Lawrence grade ≤ 2 were enrolled in this study. Test-retest reliability was excellent (intraclass correlation coefficient_{1,1}, 0.952; 95% confidence interval [CI], 0.560–0.985; $p < 0.001$) and the minimal detectable change (MDC₉₅) was 0.102 s. Bland-Altman analysis revealed that the mean stopwatch-based 11-SCT time was 0.304 s (95% CI, 0.230 to 0.379 s) shorter than the footwear-based 11-SCT.

【Discussion/Conclusion】

The stopwatch-based 11-SCT had high reliability and high concurrent validity, which justifies their clinical use in individuals with knee pain and pre-radiographic to mild knee OA. The mean stopwatch-based 11-SCT time was 0.3 s shorter, which should be accounted for when estimating precise 11-SCT values.

【Ethical consideration, Informed consent】

The ethical committee of Kyoto University approved the study (approval number: C1349), and written informed consent was obtained from all participants before their enrollment.

生体電気インピーダンス法による Phase angle と高齢者の転倒発生の関連 — 前向きコホート研究 —

上村 一貴¹⁾・山田 実²⁾・岡本 啓³⁾

1) 富山県立大学教養教育
2) 筑波大学大学院人間総合科学研究科

Key words / 身体組成, サルコペニア, 細胞

【はじめに、目的】

生体のリアクタンス・レジスタンスに応じた、電流と電圧の位相差(ずれ)を示す Phase angle(PhA) は、細胞の生理的機能レベルを反映すると考えられ、がん患者や血液透析患者の予後指標・栄養指標としての有用性が期待されている。また、PhA は加齢に伴って低下し、高齢者ではサルコペニア・フレイルとの関連性が報告されているが、要介護状態を招く重大な健康アウトカムである転倒との関連は明らかでない。本研究の目的は、高齢者の PhA と前向きに調査した転倒発生の関連を検討することであり、理学療法評価における PhA の意義に関する基礎的資料を提供することが期待される。

【方法】

対象は、65歳以上の高齢者向け測定会への参加者のうち、要介護認定者、Mini-Mental State Examination で18点未満者、心臓ペースメーカー等により生体電気インピーダンス法による測定が不可のものを除いて、6か月間の追跡調査に回答の得られた205名(平均72.6歳、男性73名)とした。マルチ周波数体組成計(MC-780A, タニタ製)を用いて、50kHzにおけるPhAを測定した。男女それぞれにおけるPhAの三分位群(T1~3)から、最もPhAが低い群(T1)とそれ以外(T2/3)にカテゴリー化した。また、Asian Working Group for Sarcopeniaのアルゴリズムを用い、筋量と身体機能(握力または歩行速度)の両方の低下を有するものをサルコペニアとして判定した。転倒調査は、ベースライン時に記録表を配布し、転倒発生時に状況を記録するよう依頼した。記録表は6か月間の追跡期間終了後に郵送にて回収した。統計解析は、対応のないt検定および χ^2 検定を用いて、各測定項目について、T1とT2/3を比較した。さらに、Cox比例ハザード分析により、PhAによるカテゴリーが追跡期間中における1回以上の転倒発生に及ぼす影響を単変量および多変量(年齢・性別・サルコペニアで調整)モデルで検討した。

【結果】

中央値181日間の追跡中に24名(11.7%)で転倒が発生した。T1は、T2/3と比較して、年齢が高く、サルコペニアの割合が多かった($p<0.05$)。PhAが最も低いT1の転倒発生に対するハザード比は、T2/3をリファレンスとすると、単変量(HR[95%CI]) = 2.51 [1.13-5.60]、多変量(2.46 [1.07-5.68])のいずれのモデルにおいても有意であった。

【考察】

PhAが低い群では、年齢・性別・サルコペニアによる調整後も、約2.5倍転倒リスクが高かった。回帰式から間接的に推定される筋量や体水分量とは異なり、PhAは生体電気インピーダンス法による測定値から直接的に算出される指標であり、栄養状態や生命予後だけでなく転倒リスクを反映する、高齢者の総合的な健康指標として応用できる可能性がある。

【結論】

PhAは高齢者の転倒発生と独立した関連性がみられ、転倒予防のための理学療法評価におけるPhAの有用性が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に則り、対象者に研究の目的や検査内容、個人情報保護について口頭と書面にて十分に説明した上で同意を得た。富山県立大学「人を対象とする研究」倫理審査部会の承認を受けて実施した(番号:第H29-1号)。

骨格筋における筋厚・筋輝度・細胞外液比の加齢性変化

谷口 匡史¹⁾・福元 喜啓²⁾・山田 陽介³⁾・澤野 翔一郎⁴⁾
南 征吾⁵⁾・池添 冬芽¹⁾・木村 みさか⁶⁾・市橋 則明¹⁾

1) 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
2) 神戸学院大学総合リハビリテーション学部
3) 国立健康・栄養研究所健康長寿研究室
4) 滋賀医科大学医学部附属病院リハビリテーション部
5) 大阪河崎リハビリテーション大学リハビリテーション学部 6) 京都学園大学健康医療学部

Key words / 加齢変化, 筋輝度, 細胞外液比

【はじめに、目的】

高齢者の筋力発揮には、骨格筋の量的因子だけではなく質的因子が関連する。骨格筋の質的指標として、筋内脂肪や結合組織の程度を表す筋エコー輝度(筋輝度)が一般に使用される。近年、生体電気インピーダンス分光法(bioelectrical impedance spectroscopy; BIS)を用いた質的評価法が報告されている。BIS法は骨格筋組織内から細胞内液(intracellular water; ICW)と細胞外液(extracellular water; ECW)に分類し評価する。ICWは収縮組織量、ECWは非収縮組織量を表すことから、ECW/ICW比(細胞外液比)の高値は非収縮組織割合の増加、すなわち筋の質的低下を示す指標とされる。この2つの質的指標は、高齢者の筋力低下に対して独立して関連するため、筋輝度と細胞外液比は異なる質的指標といえる。しかし、加齢による骨格筋変性のうち、量的・質的低下のどちらが先行して生じるのか、また筋輝度・細胞外液比の質的低下に違いがあるかは明らかではない。そこで、本研究の目的は、筋厚と筋輝度、細胞外液比における加齢変化の違いを明らかにすることである。

【方法】

地域在住高齢女性349名(平均74.3±5.5歳)および健常若年女性20名(平均21.6±1.8歳)を対象とした。また、超音波画像診断装置(GE Healthcare社製LOGIC e)を用いて、安静背臥位における大腿中央部の横断画像を撮像した。大腿四頭筋の筋厚は大腿直筋・中間広筋の和とした。筋輝度は大腿直筋を解析対象とし、グレースケールにて算出した。さらに、インピーダンス計(SKメディカル社製MLT550)を用い、先行研究に準じて細胞外液比を計測した。加齢変化を検討するため、高齢群を年代毎に60歳代(76名)・70歳代(212名)・80歳代(62名)、若年群の4群に群分けした。筋厚、筋輝度、細胞外液比について年代間の比較には、一元配置分散分析および事後検定を実施した。また、若年群に対する各高齢群のtスコアを算出し、各測定項目の平均値を求めた。

【結果】

若年群に比べて70・80歳代の筋厚は、有意に低値を示したが、60歳代では有意差を認めなかった。一方、すべての高齢群の筋輝度・細胞外液比は、若年群に対して有意に高値を示した。すべての高齢群におけるt-scoreは、筋輝度、細胞外液比、筋厚の順に低値を示した。

【考察】

筋輝度・細胞外液比の増加は筋厚減少よりも先行して生じ、2つの筋の質的指標の中では細胞外液比よりも筋輝度の増加が大きかったことが示唆された。筋輝度は主に筋内脂肪や結合組織量、細胞外液比は主に筋組織内の水分量を反映することから、加齢による筋の質的低下に違いが生じたと考えられる。また、これらの非収縮組織の増加は、筋厚減少を過小評価したと推測される。

【結論】

加齢による骨格筋変性は、量的低下よりも質的低下が先行して生じることが明らかとなった。また、筋の質的低下には違いがあり、細胞外液比よりも筋輝度の変化が大きい可能性が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に基づいて計画され、測定施設において倫理委員会の承認を得て実施された。対象者には事前に研究内容を十分に説明し、研究に参加することの同意を書面にて得た。

高齢者における身体活動量と筋エコー輝度の加齢変化との関連-4年間の縦断研究-

福元 喜啓¹⁾・山田 陽介²⁾・池添 冬芽³⁾・渡邊 裕也⁴⁾
 谷口 匡史³⁾・澤野 翔一朗⁵⁾・南 征吾⁶⁾・浅井 剛¹⁾
 木村 みさか⁷⁾・市橋 則明³⁾

1) 神戸学院大学 総合リハビリテーション学部
 2) 国立健康・栄養研究所 健康長寿研究室
 3) 京都大学大学院医学研究科 人間健康科学系専攻
 4) 同志社大学 スポーツ健康科学部
 5) 滋賀医科大学医学部附属病院 リハビリテーション部
 6) 大阪河崎リハビリテーション大学 リハビリテーション学部
 7) 京都学園大学 健康医療学部

Key words / 筋エコー輝度, 身体活動量, 高齢者

【はじめに、目的】筋の超音波エコー輝度(以下、筋輝度)は筋内の脂肪・線維組織の程度を示す指標として近年注目されている。加齢により筋輝度が上昇することは多くの横断研究で報告されているが、筋輝度の加齢変化にはどのような因子が影響するかを縦断研究により調べた報告は見当たらない。筋量や筋組成に関連する重要な因子のひとつに身体活動量が知られている。本研究の目的は、高齢者を対象として、身体活動量が筋輝度の加齢変化に及ぼす影響を縦断研究により検討することである。

【方法】対象は地域在住で日常生活が自立している60歳以上の高齢者とした。2013年(ベースライン)および2017年(フォローアップ)に、超音波画像診断装置を用いて右下肢の大腿四頭筋の筋厚、筋輝度と同部位の皮下脂肪厚を計測し、右膝関節の最大伸展筋力を測定した。またベースライン時には、質問紙を用いて、身体活動量、糖尿病・変形性膝関節症(膝OA)の有無、飲酒習慣の有無、栄養状態も評価した。身体活動量は、1回30分以上のウォーキング・体操やスポーツを週に2回以上行っているかどうかで2群(高活動群、低活動群)に群分けした。栄養状態は食品摂取多様性スコア(Dietary Variety Score; DVS)を用いて評価した。ベースラインとフォローアップのBMI、脂肪厚、筋厚、筋輝度および筋力を、対応のあるt検定を用いて比較した。また、BMI、脂肪厚、筋厚、筋輝度および筋力の4年間の変化量を算出し、各変化量を目的変数とした重回帰分析を行った。説明変数は、身体活動量(高活動または低活動)、年齢、性別、BMI、飲酒、DVS、糖尿病、膝OA、および各目的変数のベースラインの値とした。さらに、筋厚・筋輝度の変化量と筋力の変化量との偏相関を、年齢、性別、BMIで調整したうえで検討した。

【結果】対象は、131名(平均年齢72.9歳、男性33名、女性98名)であった。4年間で、高活動群・低活動群とも筋厚、脂肪厚と筋力が有意に減少し($P < 0.05$)、高活動群では筋輝度が有意に低下したが($P < 0.05$)、両群のBMIと低活動群の筋輝度には有意な変化がなかった。重回帰分析の結果、高活動は筋厚($\beta = 0.189, P = 0.031$)および筋輝度($\beta = -3.145, P = 0.045$)の変化量に他の説明変数から独立して影響していたが、BMI、脂肪厚と筋力の変化量には影響していなかった。偏相関分析の結果、筋厚・筋輝度の変化量は筋力の変化量には関連していなかった。

【考察】本研究の結果、高齢者の身体活動量は筋輝度の縦断変化に影響し、高活動は筋輝度の低下すなわち筋内脂肪・線維組織の減少を引き起こすことが明らかとなった。また低活動であっても高齢期の4年間では筋輝度の上昇は認めにくいことが示唆された。さらに、筋厚および筋輝度と筋力との縦断的な関連性は強くはないことが示唆された。

【結論】高齢者における高い身体活動量は筋輝度の縦断的な低下を引き起こすことが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、測定機関の倫理委員会の承認を得て実施された。対象者には事前に研究内容を説明し、書面にて研究に参加する同意を得た。

地域在住中高齢者におけるロコモ度テストに影響を及ぼす因子に関する大規模研究

加藤 丈博¹⁾・池添 冬芽¹⁾・田原 康玄²⁾・松田 文彦²⁾
 坪山 直生³⁾

- 1) 京都大学大学院医学研究科
- 2) 京都大学大学院医学研究科附属ゲノム医学センター
- 3) 佛教大学保健医療技術学部

Key words / ロコモ度テスト, 地域在住中高齢者, カットオフ値

【はじめに、目的】ロコモティブシンドローム(ロコモ)の客観的評価方法としてロコモ度テスト(立ち上がりテスト、2ステップテスト)が一般的に用いられている。立ち上がりテストは下肢筋力、2ステップテストはバランス・歩行能力をそれぞれ反映しているとされているが、どのような下肢筋力やバランス機能と特に関連しているのか、またどれくらい下肢筋力やバランス能力が低下するとロコモと判定されやすいのかについて大規模サンプルで詳細に検討した報告はみられない。本研究の目的は地域在住中高齢者におけるロコモ度テストと下肢筋力およびバランス能力との関連性について明らかにすることである。

【方法】対象は地域在住中高齢者934名(男性450名、年齢 67.1 ± 5.4 歳)とし、ロコモ度テスト(立ち上がりテスト・2ステップテスト)及び下肢筋力、バランス能力を測定した。下肢筋力として股関節屈曲・外転・伸展、膝関節伸展、足趾筋力、バランス能力として開眼片脚立位時間(最大60秒)、開眼閉脚立位時重心動揺(総軌跡長、前後・左右偏差)を測定した。ロコモ度テストの結果から非ロコモ群とロコモ群の2群に分類し、群を従属変数、基本特性、筋力、バランス能力を独立変数とした多重ロジスティック回帰分析を行った。なお、2ステップテストにおいては2ステップ値が1.3未満(ロコモ度1)、立ち上がりテストは40cm台から片脚での立ち上がり困難な場合(ロコモ度1)をロコモ群とした。さらに、多重ロジスティック回帰分析により有意な因子として抽出された筋力・バランス項目について、ROC曲線を用いてロコモと判定されるカットオフ値を求めた。

【結果】多重ロジスティック回帰分析の結果、立ち上がりテストに関連する因子として年齢、身長、体重、片脚立位時間、股関節屈曲・外転筋力が抽出された。2ステップテストに関連する因子として年齢、体重、片脚立位時間、股関節屈曲・外転・伸展筋力が抽出された。ROC曲線より求めたカットオフ値(曲線下面積)は、立ち上がりテストで片脚立位時間58.2秒(0.689)、股屈曲筋力30.3Nm(0.628)、股外転筋力71.5Nm(0.584)、2ステップテストで片脚立位時間56.3秒(0.662)、股屈曲筋力31.2Nm(0.682)、股外転筋力66.1Nm(0.657)、股伸展筋力60.5Nm(0.659)であった。

【考察】立ち上がりテストは下肢筋力を反映するとされているが、本研究ではロコモ度1の片脚での立ち上がり可否を判定に用いたため、下肢筋力だけではなく、片脚立位時間も関連したと考えられる。また、立ち上がりテスト、2ステップテストともに、膝関節伸展筋力や足趾筋力よりも股関節筋力が関連していることが示唆された。ただし、いずれのカットオフ値についても、曲線下面積は0.7以下であったため、予測能としては低いことが示唆された。

【結論】ロコモ度テストには下肢筋力・バランス能力の中でも特に股関節筋力や片脚立位能力が関連していることが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は滋賀県長浜市民を対象とするながはま0次コホート事業の一環として実施され、本学・長浜市・市民代表間で協議・制定され長浜市で条例化されている個人情報保護等に関する独自のルール「ながはまルール」に基づいて実施した。本ルールは厚生労働省、文部科学省、経済産業省の合同指針(三省合同指針)にも準拠している。対象者には本研究の主旨や目的、「ながはまルール」等について十分に説明した上で書面にて同意を得た。

高齢者のステップ反応出現時における圧中心の逆応答距離と股関節モーメントとの関連性

竹内 弥彦・藤尾 公哉

千葉県立保健医療大学

Key words / ステップ反応, 逆応答現象, 股関節モーメント

【目的】転倒による外傷を軽減する重要なバランス反応として、ステップ反応が挙げられる。ステップ反応を効率的に出現させる要因の一つに、身体重心の支持脚への移動の力源である圧中心のステップ脚への移動がある(逆応答現象)。また、歩行開始動作における圧中心の逆応答には、股関節の内外転モーメントが関与していることが明らかにされている。本研究の目的は、外乱負荷時のステップ出現時における圧中心の逆応答距離と股関節モーメントとの関係性から、高齢者のステップ反応特性を明らかにすることである。

【方法】対象は地域在住の健康高齢者20名、対照群として若年者11名を選定した。被験者は2枚の床反力計上に左右の足部を踏み分けて、立位姿勢を保持した。続いて、随意的に後方へ重心を移動し、寄りかかった検者の手掌を急激に離すことで外乱を加え(Push and Release Test)、後方へのステップ反応を誘発した。その際、検者の手背に加速度計を取り付け、外乱が加わった時期を同定した。股関節モーメントの計測には床反力計に加えて光学式三次元動作解析装置を用いた。データのサンプリング周波数はカメラ200Hz、床反力計・加速度計1kHzとし、PCへの取込み時に同期した。加速度値およびステップ脚の床反力値より、外乱負荷からステップ脚が離地した時期を同定し、ステップ出現時を定義した。動作解析ソフトを用いて、外乱負荷からステップ出現までの圧中心移動距離(左右方向)を算出し、ステップ脚の股関節外転モーメントを算出した。なお、圧中心移動距離は被験者の両足幅で、関節モーメントは体重で正規化した。統計処理は、ステップ出現時における圧中心移動距離および股外転モーメントについて、マン・ホイットニーのU検定を用いて高齢群と若年群間で比較した。加えて、圧中心移動距離を目的変数、股外転モーメントを説明変数として単回帰分析を行った。有意水準は5%とした。

【結果】ステップ出現時の圧中心移動距離は高齢群 $3.7 \pm 4.4\%$ 、若年群 $9.2 \pm 6.9\%$ であり、高齢群で有意に低値を示した。股外転モーメントは高齢群 $0.25 \pm 0.1\text{Nm/kg}$ 、若年群 $0.28 \pm 0.1\text{Nm/kg}$ であり、両群間に有意な差は認めなかった。単回帰分析の結果、高齢群において有意な回帰式が得られた($y = 0.27x - 0.03$, $R^2 = 0.66$, $p < 0.001$)。若年群では有意な回帰式は得られなかった。

【考察】単回帰分析の結果から、高齢群ではステップ出現時における逆応答現象としての圧中心移動をステップ脚の股外転モーメントで制御していることが考えられた。加えて、これらの有意な関連性は高齢群のみで認められたことから、ステップ反応を効率的に出現させる重要な因子としての股外転モーメントは、加齢によりその重要性が増すことが示唆された。

【結論】本研究の結果、高齢群では外乱により出現するステップ反応では、ステップ脚への圧中心移動距離は低下し、その距離にはステップ脚の股外転モーメントが関与していることが明らかとなった。

【倫理的配慮, 説明と同意】全ての被験者には、ヘルシンキ宣言をもとに実験の趣旨を口頭および書面を用いて説明し、被験者本人による署名にて同意を得た。なお、本研究は所属機関における倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認番号2011-004)

他者接近時の Personal space は実際の回避行動を反映するか? 若年者と高齢者間における比較研究

志水 宏太郎¹⁾・木原 由里子¹⁾・伊藤 一成²⁾・田井 啓太³⁾
樋口 貴広⁴⁾・古名 丈人⁵⁾

1) 札幌医科大学大学院 保健医療学研究科

2) 旭川リハビリテーション病院

3) 医療法人社団豊生会 元町ひまわりクリニック 通所リハビリテーション

4) 首都大学東京 人間健康科学研究科 ヘルスプロモーションサイエンス学域

5) 札幌医科大学 保健医療学部 理学療法学科 理学療法第一講座

Key words / Personal space, 歩行, 回避行動

【はじめに、目的】歩行中の回避行動では、障害物となる物体や人に対して適切な距離をとることが求められる。これには Personal space (以下、PS) が関与すると考えられているが、実際の歩行中における回避行動を反映するかは明らかではない。そこで本研究では、他者の接近によって生じる PS と実際の回避行動で形成される PS について比較検討した。さらに本研究では、若年者と高齢者を対象とすることで、加齢に伴う PS の面積の違いについても併せて明らかにすることを目的とした。

【方法】健康若年成人10名(身長: $170.0 \pm 9.9\text{cm}$ 、体重: $60.1 \pm 11.0\text{kg}$ 、年齢: 21.6 ± 1.6 歳)、および65歳以上の高齢者10名(身長: $155.8 \pm 9.2\text{cm}$ 、体重: $57.2 \pm 12.3\text{kg}$ 、年齢: 75.7 ± 5.0 歳)を対象とした。本研究では、歩行者が接近する際に形成される PS (以下、他者接近時 PS) と実際の回避行動時に形成される PS (以下、運動時 PS) について三次元動作解析装置 VICON (Vicon Motion Systems 社製) を用いて計測した。他者接近時 PS は、歩行者を対象者の3m手前に配置し様々な角度(左側方 0° 、右側方 0° 、左側方 30° 、右側方 30° 、左側方 60° 、右側方 60° 、正面)から対象者に接近させ、対象者自身が不快と感じた距離から算出した。また運動時 PS の測定は、10mの歩行路の6m先に静止した障害物役が配置された環境を設定し、対象者が障害物役を回避する際の運動軌跡から算出した。なお障害物役を回避する際の運動軌跡は、対象者および障害物役の胸骨柄に貼付された赤外線反射マーカの三次元座標から求めた。統計学的解析には、二要因(PSの計測方法×年齢群)の反復測定分散分析を用い、主効果および交互作用を求めた。本研究では有意水準を5%未満とし、すべての統計学的解析には SPSS Statistics 21 (IBM 社製) を用いた。なお本研究は日本理学療法学会の「平成29年度理学療法にかかわる研究助成」の助成を得て実施した。

【結果】二要因の反復測定分散分析の結果、PSの測定方法で有意な主効果が認められ、運動時 PS は他者接近時 PS より大きいという結果が得られた($F = 11.86$, $p = 0.0030$)。一方で年齢群による有意な主効果($F = 0.52$, $p = 0.48$)と交互作用($F = 2.65$, $p = 0.12$)については認められなかった。

【考察】他者接近の際に知覚する PS が実際の回避行動を反映しないことが示されたことから、実際の回避行動では、不快と知覚する距離よりも広くマージンをとることで、快適に回避行動を行う戦略が選択される可能性が示された。一方で本研究では、加齢による PS の差は認められず、高齢者でも若年者と同じく PS を知覚し回避行動をとることができる可能性が明らかになった。

【結論】本研究では知覚される PS と回避行動で形成される PS の関係性について若年者と高齢者間で比較検討した。その結果、知覚される PS は必ずしも実際の回避行動での空間マージンを反映せず、加齢による影響も少ないことが示された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究では、ヘルシンキ宣言および厚生労働省の「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に則り、対象者に対して本研究の趣旨や内容について十分説明を行い、書面による同意を事前に得た上で実施した。なお本研究は札幌医科大学倫理委員会の審査を受け、学長の承認を得た研究である。(承認番号: 28-2-26)。

癌悪液質に伴う筋萎縮に対する低強度全身運動が筋タンパク質の合成系経路に与える効果

田中 稔^{1,2,3)}・杉本 研¹⁾・藤本 拓¹⁾・謝 可宇¹⁾
 安延 由紀子¹⁾・高橋 利匡¹⁾・栗波 仁美¹⁾・赤坂 憲¹⁾
 藤野 英己²⁾・柴木 宏実¹⁾

1) 大阪大学大学院医学系研究科老年・総合内科学

2) 神戸大学大学院保健学研究科

3) 大阪保健医療大学

Key words / 癌悪液質, 全身運動, 筋萎縮

【はじめに、目的】

癌に伴う悪液質により、全身性に炎症性サイトカインが増加し、急激な筋萎縮が惹起される。癌悪液質に伴う筋萎縮では筋タンパク質合成の低下が一つの要因として関与すると報告されている。一方で、癌悪液質により骨格筋は低酸素状態になると報告されており、低酸素状態の細胞内では代謝センサーである AMPK が活性化することが報告されている。さらに、AMPK の活性化は筋タンパク質合成経路の一つである mTOR 経路を抑制すると報告されている。そのため骨格筋内の低酸素状態の改善は AMPK 活性化の抑制を介して筋タンパク質合成の低下を抑制し、筋萎縮の予防につながると考えられる。それに対して、低強度の全身運動は低酸素状態を改善させることから、癌悪液質に伴う筋萎縮に対して予防効果が期待される。そこで本研究では、癌悪液質に伴う筋萎縮に対する低強度全身運動が筋タンパク質の合成系経路に与える効果について検証した。

【方法】

雄性 Wistar ラットを用い、全身運動群 (Cont+Ex 群)、癌悪液質群 (AH130 群)、癌悪液質に運動を実施した群 (AH130 + Ex 群) 及び非介入群 (Cont 群) の 4 群比較を行った。癌悪液質は、腹水肝癌細胞 (AH130) を腹腔内投与することによりを惹起した。腹腔内投与翌日よりトレッドミル運動による全身性運動を実施した。運動強度は 15 m/分を 30min 実施し、介入期間は 10 日間または摂餌量が減少した翌日までとした。介入期間終了後に血清及びヒラメ筋を摘出し、筋量、低酸素状態の指標となる HIF-1 α 、リン酸化 AMPK 及び筋タンパク質合成経路の指標となるリン酸化 p70S6K の発現量を Western blot 法で測定した。

【結果】

癌悪液質により、除腹水体重及び筋量が低下した。さらに、血中 TNF- α の上昇、ヒラメ筋中の HIF-1 α 及びリン酸化 AMPK の発現が増加し、リン酸化 p70S6K の発現は低下した。一方で、低強度全身運動を実施した群では、癌悪液質による HIF-1 α 及びリン酸化 AMPK の発現増加とリン酸化 p70S6K の発現低下の抑制がみられた。

【考察】

低強度運動は筋内の血流を改善させることにより、骨格筋内の低酸素状態を改善する。さらに、AMPK の活性化は HIF-1 α の発現量に依存すると報告されている。本研究では低強度運動による筋内の血流改善効果が、骨格筋内の低酸素状態を改善し、それに伴う AMPK の活性化を抑制したと考えられる。その結果、筋タンパク質合成の低下が抑制され、癌悪液質に伴う筋萎縮の予防効果を示したものと考える。

【結論】

低強度全身運動は筋タンパク質合成低下を抑制させることにより、癌悪液質に伴う筋萎縮の予防に効果的であることが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

全ての実験は所属機関における動物実験に関する指針に従い、動物実験委員会の承認を得ている。

経皮的炭酸ガス吸収法が糖尿病の骨格筋における代謝能低下や毛細血管退行に及ぼす効果

松本 智博¹⁾・宅和 美穂¹⁾・平林 卓巳¹⁾・池治 拓也¹⁾
 前重 伯壮¹⁾・近藤 浩代²⁾・藤野 英己¹⁾

1) 神戸大学大学院保健学研究科

2) 名古屋女子大学家政学部食物栄養学科

Key words / 炭酸ガス療法, 糖尿病, 骨格筋

【はじめに、目的】

糖尿病による高血糖の暴露は骨格筋の酸化的リン酸化能や毛細血管数の低下を引き起こす。骨格筋の酸化的リン酸化能や毛細血管の低下は運動耐容能の低下を惹起する。一方、経皮的炭酸ガス吸収法はボア効果により組織の血流を増加させ、正常な骨格筋で酸化的リン酸化能や毛細血管を増加させる効果があると報告されている。そこで、本研究では経皮的炭酸ガス吸収法が糖尿病の骨格筋における酸化的リン酸化能や毛細血管数の低下に与える効果について検証した。

【方法】

本研究ではストレプトゾトシン誘発性糖尿病モデルを使用した。雄性 wistar ラットをコントロール群 (CON)、炭酸ガス群 (CO₂)、糖尿病群 (STZ)、糖尿病+炭酸ガス群 (STZ+CO₂) に区分した。経皮的炭酸ガス吸収は 1 日 30 分、週 5 回、8 週間行った。実験終了後、ヒラメ筋を摘出し解析を行った。組織化学染色から毛細血管の評価として毛細血管/筋線維比 (C/F 比) を算出した。また、酸化的リン酸化能の指標としてクエン酸合成酵素 (CS) 活性を測定した。酸化的リン酸化能に関わる PGC-1 α や COX-4、毛細血管新生に関わる eNOS や VEGF、毛細血管退行に関わる MDM-2 や TSP-1 の発現量を Western blotting 法で測定した。統計処理には二元配置分散分析と Tukey の多重比較検定を使用した。有意水準は 5% 未満とした。

【結果】

STZ 群の CS 活性や C/F 比は CON 群と比較して有意に低下した。また、STZ 群の PGC-1 α 、COX-4、MDM-2 は CON 群と比較して有意に低下し、TSP-1 は STZ 群で有意な増加を示した。一方、STZ+CO₂ 群の CS 活性や C/F 比は STZ 群と比較して有意に増加した。さらに、STZ+CO₂ 群の PGC-1 α 、COX-4、MDM-2、eNOS、VEGF は STZ 群と比較して有意に増加し、TSP-1 は STZ + CO₂ 群で有意な低下を示した。

【考察】

本研究では、経皮的炭酸ガス吸収法は糖尿病の骨格筋における CS 活性低下を抑制し、eNOS、PGC-1 α を増加させた。炭酸ガスは組織の血流を増加させ、血管壁への shear stress を上昇させる。その応力で eNOS が発現すると報告されている。また、eNOS は酸化的リン酸化能の調節因子である PGC-1 α を制御する。これらのことから、本研究において、糖尿病に対する経皮的炭酸ガス吸収法の実施は血流増加に伴う eNOS や PGC-1 α の活性により酸化的リン酸化能が改善されたと考えられる。一方で、本研究では糖尿病に対する経皮的炭酸ガス吸収法の施行は毛細血管数の増加や、VEGF や MDM-2 の増加、TSP-1 の低下が認められた。VEGF は毛細血管新生を促進する因子であり、eNOS により制御されている。一方で、MDM-2 は毛細血管退行を促進する TSP-1 を制御する。したがって、経皮的炭酸ガス吸収法は血流増加による eNOS を介した VEGF の増加や MDM-2 介した TSP-1 の低下により糖尿病による毛細血管数の低下を抑制したと考えられる。

【結論】

経皮的炭酸ガス吸収法は糖尿病による骨格筋の酸化的リン酸化能や毛細血管数の低下を予防する手段として有効的であることが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は所属機関の動物実験委員会の承認を受けて実施した。

マウスにおける漸増運動負荷中の呼吸・代謝応答の加齢に伴う変化

吉川 輝¹⁾・金丸 みつ子^{1,2)}・飯塚 眞喜人¹⁾・大滝 博和³⁾
泉崎 雅彦¹⁾

1) 昭和大学 医学部 生理学講座 生体調節機能学部門

2) 昭和大学 富士吉田教育部 生理学

3) 昭和大学 医学部 解剖学講座 顕微解剖学部門

Key words / 運動, 呼吸, 代謝

【はじめに、目的】

我々は、脳損傷モデル動物を作製し、トレッドミル走行等の運動が運動機能の回復に与える影響について研究している。その結果、トレッドミル走行負荷の違いにより運動機能の回復の程度が異なることを報告し、運動機能の回復のために適切な運動負荷量が存在することを示唆した。このことより、運動で生じる身体の反応を定量的に評価することは、運動機能の効果的な回復を促進する適切な運動負荷量を設定することにおいて重要であると考えられる。さらに、これまで我々の研究も含め多くの先行研究は、若いモデル動物を用いた研究であり、臨床知見を念頭に入れた場合、そのモデル動物を老年期で検証する必要性が生じる。よって本研究は、トレッドミル走行中の若年期(Y群)および壮年期に相当する加齢(O群)マウスに対して、漸増運動負荷に対する呼吸および代謝応答を定量的に評価し、両者の違いを検討した。

【方法】

本研究は、C57BL/6Jcl マウス(各群9匹、Y群:8-9週齢、 27.8 ± 0.8 g、O群:38-40週齢、 47.5 ± 1.5 g)を用いた。運動負荷で使用するトレッドミルチャンパーに、呼吸測定装置(呼吸回数、一回換気量、分時換気量)、代謝測定装置(VO_2 、 VCO_2 、呼吸交換比:RER)をそれぞれ接続させ測定を行なった。それぞれの評価指標は、10秒ずつサンプリングし1分間の平均値として算出した。漸増運動負荷試験の方法は、1m/minから始め、1分毎に一定量の負荷を上げ、動物が走行できる限界時点まで測定を行なった。得られた結果は、負荷量ごとに群間比較(unpaired T-test, $p < 0.05$)を行なった。

【結果】

最大運動速度は、Y群で 42 ± 2 m/min、O群で 26 ± 2 m/minであった。呼吸回数については、各運動負荷段階において両群に有意差はみられなかった。しかし、一回換気量および分時換気量はO群がY群のそれと比較し約30%有意に小さかった。代謝測定の結果、O群の VO_2 、 VCO_2 は共にY群に比べ約40%有意に低値を示した。RERについては、20m/min以降でO群が有意に高値を示した。漸増運動負荷に伴う経時的な代謝の変化量を両群で比較したところ、運動開始から数分間は、Y群がO群と比較すると VO_2 、 VCO_2 ともに有意な増加量を示した。一方、負荷量がさらに上がるにつれて逆にO群の VO_2 、 VCO_2 がY群に比べ有意な増加量を示した。RERについては、O群で運動開始直後および運動の後半で有意な増加量が見られた。

【考察】

本研究は、マウスにおける漸増運動負荷によって生じる呼吸・代謝応答が加齢に伴い変化することを定量的に明らかにした。このことは、各週齢のモデルマウスに課す運動負荷量を定量的に評価することを可能とし、脳損傷後の適切な運動負荷量を明らかにすることができることを示唆する。

【結論】

マウスの運動負荷中の呼吸代謝応答を定量的に示すことができた。さらに同負荷の運動を加齢マウスに課すことで、呼吸代謝応答が変化していることを明らかにした。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、昭和大学 動物実験委員会の承認を受けた後に実施した(承認番号:07032)。

背臥位での中強度運動が運動後の認知機能へ与える影響

小島 将^{1,2)}・森下 慎一郎^{1,2)}・秦 偉翔^{1,2)}・椿 淳裕^{1,2)}

1) 新潟医療福祉大学医療福祉学研究所

2) 新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所

Key words / 背臥位, 中強度運動, 認知機能

【はじめに、目的】運動肢位の違いにより、呼吸循環動態が異なることや脳の酸素化動態が異なることが明らかとなってきている。座位運動により認知課題成績が改善されることが明らかとなっているが、背臥位運動が認知課題成績に与える影響については明らかでない。本研究の目的は、背臥位エルゴメータ運動が運動後の認知機能へ与える影響を明らかにすることである。

【方法】対象は健康成人男性10名(20.7 \pm 0.4歳)とした。座位条件と背臥位条件の2条件とした。安静4分とウォーミングアップ4分後、事前に行った運動負荷試験により得られた最高酸素摂取量の50%強度で20分の自転車エルゴメータ運動を行った。また安静前および運動後に認知課題を用いて認知機能を評価した。認知課題にはストループ課題を用いた。また単純反応課題を行い、単純反応時間(simple reaction time: SRT)を測定した。単純反応課題はPC画面上に表示された赤い点に素早く反応するように指示した。ストループ課題は、PC画面の上段に色文字と下段に黒文字が表示される。上段の文字の色と下段の文字の意味が一致しているかを判断する。ストループ課題の反応時間を複雑反応時間(complexity reaction time: CRT)とした。認知処理速度をCRT平均値-SRT平均値で算出した。統計処理は重複測定二元配置分散分析を用いた。事後検定には対応のあるt検定またはウィルコクソン符号付順位和検定を用いた。有意水準は5%とした。

【結果】SRTは有意な交互作用を認めた($p < 0.01$)。SRTは座位条件で運動前(288.5 \pm 17.1ms)と比較し運動後(282.8 \pm 20.7ms)で有意な変化はなく、背臥位条件で運動前(282.0 \pm 19.9ms)と比較し運動後(296.3 \pm 27.5ms)で有意に遅延した($p < 0.05$)。CRTは運動前後の時間要因に有意な主効果($p < 0.01$)を認めた。両条件でCRTが運動前(座位:761.0 \pm 117.4ms、背臥位:743 \pm 104.4ms)と比較し運動後(座位:706 \pm 101.5ms、背臥位:693.7 \pm 106.1ms)に有意に短縮した($p < 0.01$)。認知処理速度は運動前後の時間要因に有意な主効果($p < 0.01$)を認めた。両条件で認知処理速度が運動前(座位:472.4 \pm 128.0ms、背臥位:461.3 \pm 111.3ms)と比較し運動後(座位:423.7 \pm 114.2ms、背臥位:397.3 \pm 115.2ms)に有意に短縮した($p < 0.01$)。

【考察】

ストループ課題は認知的葛藤の生じる抑制課題であり、単純反応課題と比較し認知処理が必要となる。認知処理速度は両条件で運動後に有意に短縮した。背臥位の中強度運動により右前頭前野の酸素化ヘモグロビンが有意に増加することが報告されており、酸素化ヘモグロビンは皮質の神経活動を反映する。また右前頭前野は行動遂行や抑制機能に関与すると報告されている。これらのことから、背臥位運動により右前頭前野の神経活動が増加したことで運動後の認知処理速度が短縮したと考えられる。

【結論】背臥位運動は座位運動と同様に、運動後の急性効果として認知の処理速度を短縮させる。

【倫理的配慮、説明と同意】ヘルシンキ宣言の趣旨に則り、研究目的、研究方法、研究内容、研究対象者にもたらされる利益および不利益、個人情報保護、研究成果の公表、研究協力の任意性と撤回の自由、研究終了後の対応について、被験者に対する説明を書面と口頭にて丁寧に行い、質問に答える時間を十分に設けた。

スタティックストレッチングが筋発揮能力に及ぼす影響の検討 - 筋のたわみの変化との関連 -

中村 雅俊^{1,2)}・清野 涼介²⁾・佐藤 成²⁾・高橋 信重²⁾
吉田 委市²⁾・西下 智^{3,4,5)}

1) 新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所
2) 新潟医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科
3) リハビリテーション科学総合研究所
4) 関西リハビリテーション病院 5) 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

Key words / rate of force development, 弾性率, スタティックストレッチング

【はじめに、目的】スタティックストレッチング(SS)は、関節可動域の増加や筋スティフネスの減少を目的に行われているが、その弊害として最大筋力発揮や単位時間当たりの筋力発揮率である rate of force development (RFD) などのパフォーマンスが低下することが報告されている。このSSによる筋力低下の原因として、神経学的要因の変化と構造学的要因の変化の2つの要因が関与していると考えられている。特に構造学的要因の変化に関しては、筋のスティフネスや筋のたわみが関与していることが考えられている。しかし、SSによる最大筋力発揮やRFDの変化と筋のスティフネスや筋のたわみの変化の関連については明らかではない。そこで、本研究の目的は、SSによる筋のスティフネスや筋のたわみに及ぼす影響を検討し、最大筋力発揮やRFDの変化との関連性を検討することである。

【方法】対象は健康男性14名の利き足側の腓腹筋とし、5分間のSS介入前後に最大発揮筋力を測定するセッションと筋のスティフネスおよび筋のたわみを測定するセッションを3日以上の間隔をあけて実施した。最大発揮筋力は、足関節0°位における足関節底屈における最大等尺性収縮を最大値と筋力発揮開始から30, 50, 100, 150, 200ms前の間の時間-トルク曲線の傾きであるRFDを算出した。なお、解析には3回の測定の平均値を用いた。また、筋のスティフネスおよび筋のたわみに関して、超音波診断装置のせん断波エラストグラフィ機能を用いて測定した。足関節底屈40°から足関節0°位まで1°ずつ他動的に背屈したときの腓腹筋内側頭の弾性率を測定し、先行研究に準じて、筋硬度が増加する角度を筋のたわみの角度と定義した。また筋のスティフネスは足関節0°位の弾性率を採用した。統計学的処理は、SS介入前後の全ての項目の比較を対応のあるt検定を用いた。また、SS介入前後の最大発揮筋力およびRFDの変化量と筋のスティフネスおよび筋のたわみの変化量の関係性の検討をピアソンの積率相関係数を用いた。

【結果】SS介入により最大発揮筋力および100, 150, 200msのRFD、筋のスティフネスは有意に減少した。また筋のたわみは背屈方向へ有意に移動した。しかし、相関分析の結果、SS介入前後の最大発揮筋力およびRFDの変化量と筋のたわみの変化量の関係性には有意な相関関係は認められなかった。

【考察】本研究の結果、SS介入による最大発揮筋力およびRFDの低下は筋のスティフネス・筋のたわみなどの構造学的要因の変化が関連しないことが明らかとなった。

【結論】本研究結果より、SSにより最大発揮筋力およびRFD、筋のスティフネスは減少し、筋のたわみは大きくなることが明らかとなったが、この筋のスティフネスやたわみの変化は発揮筋力の変化に関与しない可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は本学の倫理審査委員会の承認を受けて実施された。また、本研究はヘルシンキ宣言に則っており、実験開始前に対象者に本研究内容を口頭と書面にて十分に説明し、同意を得た上で行われた。

20秒間のスタティックストレッチングの即時効果と持続効果の検討

佐藤 成¹⁾・中村 雅俊^{1,2)}・清野 涼介¹⁾・高橋 信重¹⁾
吉田 委市¹⁾・武内 孝祐³⁾

1) 新潟医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科
2) 新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所
3) 神戸国際大学リハビリテーション学部理学療法学科

Key words / スタティックストレッチング, せん断波エラストグラフィ, 等速性筋力

【はじめに、目的】スタティックストレッチング(SS)は関節可動域(ROM)などの柔軟性改善効果が期待でき、臨床現場やスポーツ現場で多用されている。しかし近年では、特に45~90秒以上のSSにより筋力やパワーなどの運動パフォーマンスが低下することから、運動前のウォームアップにおいてSSを行うことは推奨されていない。しかし、実際のスポーツ現場では20秒以下のSSが用いられる場合が多いと報告されており、20秒以下のSSは運動パフォーマンス低下を生じさせない可能性がある。しかし20秒以下のSSの即時効果を検討した報告は非常に少なく、さらにその持続効果を検討した報告はない。そこで本研究では、柔軟性改善効果の指標としてROMと弾性率、運動パフォーマンスの指標として求心性収縮筋力(CON)と遠心性収縮筋力(ECC)を用いて20秒間のSSの即時効果と持続効果を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は健康成人男性20名の利き足(ボールを蹴る)側の足関節底屈筋群とした。足関節底屈筋群に対する20秒間のSS介入前後に足関節背屈ROM(DF ROM)、弾性率、CON、ECCの順に各々測定した。先行研究に従ってSS介入後の測定は、①介入直後に測定する条件、②介入5分後に測定する条件、③介入10分後に測定する条件の計3条件を設けた。対象者は、無作為に振り分けられた条件順にて3条件全ての実験を行った。DF ROM、CON、ECCの測定は多用途筋機能評価訓練装置(BIODEX system4.0)を用いて行った。なお、CONとECCの測定は足関節底屈20°から背屈10°の範囲で、角速度30°/secに設定して行った。弾性率の測定は超音波診断装置(Aplio500:東芝メディカルシステムズ株式会社)のせん断波エラストグラフィ機能を用い、腓腹筋内側頭(MG)に対して行った。統計学的検定は、SS介入前後および条件(直後条件、5分条件、10分条件)間の比較は繰り返しのある二元配置分散分析(時期×条件)を用いて検討した。さらに、事後検定として、SS介入前後における条件間の比較はBonferroni法、各条件におけるSS介入前後の比較は対応のあるt検定を用いて検討した。

【結果】DF ROMに有意な交互作用($p=0.004$, $F=6.517$)と、時期に主効果を認めしたが、MGの弾性率、CON、ECCには有意な交互作用及び主効果を認めなかった。事後検定の結果、DF ROMは全条件において介入前と比較して介入後に有意に増加した。またDF ROMは介入直後と比較して介入10分後に有意に低値を示した。

【考察】本研究の結果より、20秒間のSSはDF ROMを即時的に増加させるために有効であり、その効果は10分後まで持続するが、5~10分の間で減弱することが明らかとなった。また、20秒間のSSは弾性率、CON及びECCに影響を及ぼさないことが明らかとなった。

【結論】20秒間の短時間のSS介入は等速性筋力を低下させずにROMを増加させるが、弾性率を変化させることが出来ないことが明らかとなった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は本学の倫理審査委員会も承認を受けて実施された。また、本研究はヘルシンキ宣言に則っており、実験開始前に対象者に本研究内容を口頭と書面にて十分に説明し、同意を得た上で行われた。

Risk-benefit balance of repetitive physical exercise on osteoarthritic articular cartilage: a cross-cutting systematic review of human, in vivo, and ex vivo studies

Hiroataka Iijima^{1,2,3)} · Moeka Sonoo^{4,5)} · Tadahiro Yamashita¹⁾

1) Department of System Design Engineering, Faculty of Science and Technology, Keio University, Yokohama, Japan
 2) Department of Physical Therapy, Human Health Sciences, Graduate School of Medicine, Kyoto University, Kyoto, Japan
 3) Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo, Japan
 4) Graduate Course of Health and Social Services, Graduate School of Saitama Prefectural University, Saitama, Japan
 5) Intelligent Behavior Control Unit (RIKEN), Nagoya, Japan

Key words / Physical exercise, Knee osteoarthritis, Systematic review

【Background/Purpose】

Increasing ambulatory physical activity (PA) has been recommended for knee osteoarthritis (OA) patients, particular for those with comorbidities such as diabetes mellitus. While its benefits for knee pain reduction and other chronic health condition has been reported, both physical therapists and patients who have knee pain still have concerns regarding the risk of increasing ambulatory PA on knee OA. To fill this major gap, we conducted “a cross-cutting” systematic review on the effect of physical exercise on osteoarthritic cartilage in human, preclinical (*in vivo*), and cartilage explant (*ex vivo*) studies for better understanding of the potential risks and benefits.

【Methods or Cases】

An electronic literature search was conducted until June 2018. Articles assessing the risk and/or beneficial effect of physical exercise and/or increased ambulatory PA on osteoarthritic cartilage were included from human, *in vivo*, and *ex vivo* studies.

【Results】

In vivo and *ex vivo* studies revealed that exercise may contribute to cartilage health in a dose-dependent manner, and moderate level exercise in OA animal model prevented disease progression. On the other hand, clinical studies from knee OA patients did not clearly indicate the dose-dependent relationship confirmed in preclinical studies. One randomized controlled trial in people with at risk of knee OA showed that moderate level exercise improved cartilage quality; but its magnitude had a large variability (i.e., some patients exacerbated cartilage quality) and ambulatory PA during daily living mediated the beneficial effect of exercise.

【Discussion/Conclusion】

The different indications from preclinical and clinical studies on ambulatory PA support the benefits of physical exercise to cartilage health to a certain extent, however, there is still not enough evidence to establish exercise regimen of clinical therapies in a quantitative manner. Heterogeneity of the patients in terms of characteristics, comorbidity and load-related parameters would be other important factors to determine the risk-benefit balance of physical exercise. A close attention to these confounders in human patients could be a key to establish exercise as disease-modifying treatment with minimizing adverse event.

【Ethical consideration, Informed consent】

Not attributed

Functional evaluation outcomes correlate with histomorphometric changes in the rat sciatic nerve crush injury model: a comparison between sciatic functional index (SFI) and kinematic analysis

Tianshu Wang¹⁾ · Akira Ito²⁾ · Tomoki Aoyama¹⁾
 Ryo Nakahara²⁾ · Akihiro Nakahata²⁾ · Xiang Ji¹⁾
 Jue Zhang²⁾ · Hideki Kawai²⁾ · Hiroshi Kuroki²⁾

1) Department of Development and Rehabilitation of Motor Function, Human Health Sciences, Graduate School of Medicine, Kyoto University, Kyoto, Japan
 2) Department of Motor Function Analysis, Human Health Sciences, Graduate School of Medicine, Kyoto University, Kyoto, Japan

Key words / Kinematic analysis, Sciatic functional index, Sciatic nerve crush injury

【Background/Purpose】

Establishing a correlation between biomechanical functions and histomorphometric data in the rat sciatic nerve crush injury model would be important for accurate evaluation of the regeneration state without sacrificing animals; however, the existence of such correlation remains uncertain. Sciatic functional index (SFI) is a gold standard for functional evaluation, but intrinsic shortcomings cannot be overlooked. Kinematic analysis is recognized as a reliable and sensitive approach for functional evaluation, and ankle angle is most commonly used. Studies utilizing the toe angle for functional evaluation are scarce, and its changes following surgery remain unknown. This study aimed to define a correlation of ankle angle, toe angle, and SFI with histomorphometric data and to determine which of these parameters reflects the changes in histomorphometric data with time more accurately.

【Methods or Cases】

Six rats were designated as the control group. Out of 30 rats that received surgery, six animals were randomly selected on the first, second, third, fourth, and sixth week after surgery for measurements of ankle and toe angles in the “toe-off” phase, and evaluation of SFI. In parallel, histomorphometric analysis was performed to determine the number of myelinated nerve fibers, the diameter of myelinated nerve fiber, the axon diameter, and the thickness of myelin sheath. Furthermore, we investigated changes in ankle angle, toe angle, SFI and histomorphometric data with time, and the correlation of ankle angle, toe angle, and SFI with histomorphometric data.

【Results】

changes in SFI, ankle angle, and toe angle highly correlate with histomorphometric data but correlation coefficients of toe angle are significantly the highest and those of SFI are the lowest.

【Discussion/Conclusion】

SFI, ankle angle and toe angle parameters correlated with histomorphometric data in rat sciatic nerve crush injury model. Ankle angle and toe angle are capable of reflecting histomorphometric data more accurately than SFI.

【Ethical consideration, Informed consent】

This research was approved by the animal experimentation committee of Kyoto University, and all experiments were performed in accordance with the Guidelines of the Animal Experimentation Committee, Kyoto University.

Does rehabilitation enhance effects of cell therapy on motor functional recovery after cerebral infarction? -Understanding the current situation by systematic review-

Naoko Kubo¹⁾・Akira Ito¹⁾・Takafumi Shimogawa²⁾
Hiroataka Iijima^{3,4)}・Tianshu Wang⁵⁾・Tomoki Aoyama⁵⁾
Hiroshi Kuroki¹⁾

1) Department of Motor Function Analysis, Human Health Sciences, Graduate School of Medicine, Kyoto University, Kyoto, Japan 2) Department of Clinical Application, Center of iPS Cell Research and Application, Kyoto University, Kyoto, Japan.

3) Department of System Design Engineering, Keio University

4) Japan Society for the Promotion of Science Department of Physical Therapy, Graduate School of Medicine, Kyoto University

5) Department of Development and Rehabilitation of Motor Function, Human Health Sciences, Graduate School of Medicine, Kyoto University, Kyoto, Japan

Key words / Cerebral Infarction, Cell therapy, Rehabilitation

【Background/Purpose】

Cerebral infarction is known as a top cause of indispensable nursing care in Japan because of its severe motor dysfunction, as a common complication. Cell therapy strategy is a noted approach for neural repair, and the rehabilitation is known as a conventional strategy for functional recovery after cerebral injury, however it is unclear whether rehabilitation enhance effects of cell therapy. The aim of this study is to systematically and comprehensively collect papers reporting effects on motor functional recovery under the combined therapy in the brain ischemic animal model, and clarify the current situation.

【Methods or Cases】

The research design was systematic review and was carried out according to the PRISMA statement. The electronic data bases of PubMed, Physiotherapy Evidence Database (PEDro), Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL), and Cochrane Central Register of Controlled Trials were used, using search expression; stroke or brain ischemia, and stem cell or cell transplantation, and rehabilitation or environment or recovery of function. All papers were published in English by May 2018, and medical diseases and genetic diseases were excluded.

【Results】

The nine studies referring to the combined therapy were extracted, and most of studies indicate that rehabilitation enhance the effect of cell therapy, however there were no consistent results or unified views.

【Discussion/Conclusion】

The combined therapy may enhance these independent effects of each single therapy, but the evidence for the benefits are lacking, and mechanisms are unclear. The number of studies with respect to the combined therapy is few, and their interventions are not sufficiently verified. Further evidences of rehabilitation effects in the cell therapy are expected. We consider that these evidences demonstrated by physiotherapists themselves, who can explain the importance of physical therapy intervention in regenerative medicine even better, is much more potent.

【Ethical consideration, Informed consent】

Since this research design was systematic review, description of ethical consideration and informed consent was not required.

集中リハビリテーションによる機能代償における皮質赤核路と皮質網様体路の相互作用

石田 章真¹⁾・小林 憲太²⁾・伊佐 正³⁾・飛田 秀樹¹⁾

1) 名古屋市立大学大学院医学研究科脳神経生理学分野

2) 生理学研究所ウイルスベクター開発室

3) 京都大学大学院医学研究科神経生物学講座

Key words / 赤核, 網様体, 神経可塑性

【はじめに、目的】

脳損傷後には中枢神経系の構造的・機能的再編が生じ、これらは障害された機能の再獲得における生物学的基礎であると考えられる。本報告では、集中的なりハビリテーションが神経系の再編、特に皮質-脳幹系においてどのような作用を及ぼすかを捉えることを目的とする。

【方法】

Wistar系雄ラットの内包部に collagenase を注入し、内包出血モデルを作成した。出血後 1-8 日目において非麻痺側前肢を拘束することで麻痺肢を集中的に使用させた。運動野に神経トレーサーである biotinylated dextran amine (BDA) を注入し、出血後 12 および 51 日後の赤核および網様体への軸索投射を観察した。更に、皮質赤核路および皮質網様体路の機能を選択的に遮断するため、赤核および網様体にレンチウイルスベクター (NeuRet-TRE-EGFP.eTeNT / NeuRet-MSCV-Cre) を注入し、引き続いて運動野にアデノ随伴ウイルスベクター (AAVdj-CaMKII-rtTAV16 / AAVdj-Flex-DIO-hM4D-mcherry) を注入した。これにより、doxycycline (DOX) および clozapine-N-oxide (CNO) 投与により、皮質赤核路および皮質網様体路の機能を遮断することが出来るモデルを作成した。同モデルを用い、内包出血および集中使用後に各経路を選択的に遮断し、運動機能 (リーチ機能) の変化を確認した。

【結果】

内包出血後 1-8 日後の麻痺肢の集中使用により、リーチ機能の有意な改善を認めた。出血後 12 および 51 日目において、赤核では集中使用群で多数の BDA 陽性線維を認めたが、網様体では集中使用群と対照群の間に差を認めなかった。加えて、集中使用後に DOX を投与し皮質赤核路を遮断すると改善したリーチ機能が再度悪化した。CNO 投与による皮質網様体路の遮断では機能の変化はみられなかった。しかしながら、皮質赤核路を遮断した状態で集中使用を実施した場合、リーチ機能の改善は起こらず、且つ網様体において BDA 陽性線維が有意に増加した。同様の処置を行った動物において皮質網様体路を遮断したところ、リーチ機能の有意な低下が確認された。

【考察】

内包出血モデルにおける集中的なりハビリテーションにより、前肢のリーチ機能に関しては主に皮質赤核路が機能代償を担うことが示唆された。それに対し、皮質網様体路は明らかな変化を示さず、機能代償にも明らかな関与は確認されなかった。しかし興味深いことに、皮質赤核路を遮断した状態でリハビリテーションを実施した場合、皮質網様体路が機能代償に関与することが示された。これらの結果は皮質-脳幹路系のダイナミックな再編を示しており、リハビリテーションにおける機能代償の一端を担うものであると推察される。

【結論】

内包出血後の集中リハビリテーションによる機能代償には皮質-脳幹路の再編が関与するが、その様式はダイナミックに変化する。

【倫理的配慮, 説明と同意】

全ての実験処置は生理学研究所および名古屋市立大学における動物実験指針に従って行った。可能な限り使用する動物を低減し、動物の苦痛を最小限にするよう取り計らい実験を実施した。

マカサル内包梗塞モデルにおけるミクログリアの特性と障害への関与

加藤 隼平^{1,2,3)}

1) 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人間情報研究部門 システム脳科学研究グループ
 2) 国立大学法人 筑波大学大学院 人間総合科学研究科
 3) 社会福祉法人 河内厚生会 介護老人保健施設もえぎ野 リハビリテーション部

Key words / 脳梗塞, グリア細胞, 霊長類

【はじめに、目的】私たちの研究グループでは、脳梗塞患者に近いマカサル内包梗塞モデルの作製に成功し、一次運動野(M1)第V層の運動出力細胞の著明な減少を示した。この現象には、脳損傷後の免疫応答にかかわるグリア細胞の関与が考えられる。特にミクログリアは病巣部に集積することで神経組織の残骸や異物を貪食して脳内環境を維持したり、損傷組織を修復することに寄与する。一方で、ミクログリアの活性化による炎症応答が、ニューロンの変性および細胞死を惹起することが知られており、げっ歯類神経損傷モデルによる研究では、機能回復を阻害する因子となる可能性が示唆されている。本研究では、マカサル内包梗塞モデルを用いて、種々のミクログリアマーカー分子の発現変化をM1第V層および梗塞部において組織学的に調べることで、内包梗塞後に引き起こされる障害へのミクログリアの関与を検証することを目的とする。

【方法】マカサルの内包後脚にエンドセリン-1を注入し、局所的な虚血による梗塞モデルを作製した。ミクログリアマーカーの発現量変化にはそれぞれ梗塞後数時間(初期)、4日(早期)、2週間および3週間(中期)、1ヶ月および3ヶ月(後期)、半年の凍結組織切片を使用し、免疫組織化学によりマーカーを可視化した。マーカーとしてIba1、CD68(貪食型)、CD86(炎症型)、CD206(抗炎症型)を対象とし、それぞれに対する抗体を使用した。

【結果】M1におけるIba1発現は梗塞後中期にかけて有意に増加しピークに到達した。梗塞後2週間の組織切片においてCD206はCD68およびCD86と比較して高い発現量を示していた。梗塞部では、Iba1発現量は梗塞後中期にかけて上昇し、発現の上昇は少なくとも梗塞後半年まで持続することが明らかになった。CD68、CD86およびCD206の発現量も、梗塞後前期から2週間にかけて増加することが分かった。

【考察】M1におけるIba1発現量のピークは、本モデルを用いた先行研究で示されたM1ニューロンの減少を示す時期と同じまたは先行していた。Iba1発現がピークを示す時期には、抗炎症マーカーであるCD206の発現量が高かったことから、ミクログリアはM1においてニューロンを保護し、細胞死を遅延させている可能性が示唆された。梗塞部におけるIba1発現量は、げっ歯類皮質下損傷モデルの報告と比較して長期的に持続していた。Iba1発現量の増加と並行して、CD68、CD86、CD206の発現量も増加することから、梗塞部に存在するミクログリアは長期的に活性化し、損傷組織の貪食および炎症反応と同時に抗炎症作用を示す可能性が考えられる。

【結論】マカサル内包梗塞モデルにおけるミクログリアは、梗塞部では抗炎症、炎症の両方に寄与する一方で、M1ではニューロン保護に作用する可能性が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】実験に際しては国立研究開発法人産業技術総合研究所における動物実験委員会の承認を受け、実験動物のケアに関するNIHおよびARRIVEガイドラインに従った。実験手順はWeatherallの報告による推奨に従った。サルは湿度と温度および光がコントロールされた状況の下で自由に動くことのできるケージ内で飼育され、12時間点灯-12時間消灯の生活サイクルのもと、研究者および他のスタッフのモニタリングにより健康管理が行われた。固形飼料、野菜や果物、水は毎日新鮮なものを与え、環境エンリッチメントのため玩具等を与えた。手術はペントバルビタールナトリウム麻酔を施し、痛みによる苦痛を最小限に行なった。

サル脊髄損傷モデルにおける運動機能変化と運動関連領域5層巨大錐体細胞の形態学的変化の関係について

高田 裕生¹⁾・中川 浩²⁾・山中 創¹⁾・高田 昌彦¹⁾

1) 京都大学霊長類研究所 統合脳システム分野
 2) Sobell Department of Motor Neuroscience and Movement Disorders, Institute of Neurology, University College London

Key words / 脊髄損傷, 運動関連領域, 神経可塑性

【はじめに、目的】

運動指令は、大脳皮質の運動関連領域(一次運動野;MI, 補足運動野;SMA, 背側及び腹側運動前野;PMd, PMv)から皮質脊髄路(CST)を下降し運動ニューロンに伝達される。特に、手指の巧緻動作にはCSTと運動ニューロンの直接結合が重要であり、脊髄損傷によりCSTが傷害されると巧緻動作は著しく障害される。また、脊髄損傷後の巧緻性の回復にはCSTの再編成が重要で、巧緻動作の回復に伴いMI由来のCSTの再編成が脊髄レベルで生じることが報告されている。しかし、脊髄損傷後の運動関連領域における神経可塑的变化については未だ不明な点が多い。そこで、本研究では運動関連領域における脊髄損傷後の神経可塑的变化を明確にするために、CSTを形成する大脳皮質5層の巨大錐体細胞の損傷前後における形態変化を調べた。

【方法】

実験にはニホンザル(4-6歳, 6.0-7.0kg)を健常群と脊髄損傷群(損傷後10日目)として2頭ずつ用いた。まず、各運動関連領域の手指領域を同定するために皮質内微小刺激(ICMS)を行った。ICMSは脊髄損傷後にも行い、手指の運動機能障害を電気生理学的に評価した。脊髄損傷は深麻酔下にて右頸髄6/7間の片側2/3を切除し作製した。行動学的解析には手指の巧緻動作を評価できるReaching and grasping taskを損傷前5日間と損傷後7日および10日後に実施し、餌の摂取成功率を算出した。形態学的解析のために、行動解析後に脳を摘出し、ゴルジ染色法によって巨大錐体細胞を可視化した。解析には主にSholl解析を用いて、各運動関連領域5層の巨大錐体細胞の樹状突起の長さや枝分かれの数、スパインの密度と成熟度を定量化した。

【結果】

脊髄損傷群では、損傷前に同定した手指支配領域への電気刺激によって手指の運動が誘発されないことを電気生理学的に確認した。行動学的評価では、損傷前に100%であった餌の摂取成功率が損傷後には0%に低下した。また、形態学的解析では健常群と比較して、脊髄損傷群の樹状突起の長さや枝分かれの数が減少していた。スパインについても損傷群では密度の低下が見られ、成熟したスパインは減少し、未成熟のスパインが増加する傾向が見られた。

【考察】

電気生理学的評価から、脊髄損傷によって解析した全ての運動関連領域のCSTが傷害されていることが示された。また、行動学的解析と形態学的解析から、脊髄損傷後の手指の巧緻性の低下に伴い、運動関連領域の巨大錐体細胞の形態が複雑性を失い単純化すると考えられる。以上のことから、脊髄損傷による運動機能の低下には、MIだけでなく運動関連領域全体が関与していることが示唆された。

【結論】

これらの成果は、脊髄損傷の機能評価は、MIだけでなく運動関連領域に対する影響を加味して行う必要があることを示している。また、領域ごとの詳細な評価を行うことにより、機能障害の顕著な領域に焦点を当て介入することによって症状に合わせた理学療法が可能になると考えられる。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は、京都大学霊長類研究所サル委員会が定めるガイドライン、ならびに「動物の愛護及び管理に関する法律」をはじめとする関係法令を遵守して行われた。

脳梗塞発症前予防運動による脳虚血耐性の獲得と脳梗塞後の14-3-3 γ 発現を介したアポトーシス抑制

大塚 章太郎¹⁾・高田 聖也¹⁾・中西 和毅¹⁾・板敷 裕喜¹⁾
則松 孝輔¹⁾・谷 明¹⁾・榎間 春利²⁾

- 1) 鹿児島大学大学院 保健学研究所
2) 鹿児島大学 医学部 保健学科

Key words / 予防運動, 脳虚血耐性, 脳梗塞ラット

【はじめに、目的】細胞内には内在性保護因子が存在し、それらは脳虚血などの病態から細胞を保護するために活性化される。また、運動は、脳梗塞後に神経保護効果をもたらすことが報告され、そのメカニズムには内因性保護因子の活性化が関与している。本研究では、そのような内因性保護因子の中から転写因子の一つである HIF-1 α 、内因性保護タンパクである 14-3-3 γ に着目し、定期的な運動介入による脳虚血耐性の獲得と脳梗塞後の神経保護メカニズムについて調べた。

【方法】7週齢の雄性 SD ラット 26 匹を用い、3週間のトレッドミル運動群 (Ex-only 群、n=6)、運動後に脳梗塞を作製する群 (Ex 群、n=7)、運動介入せず脳梗塞を作製する群 (No-Ex 群、n=7)、正常対照群 (Control 群、n=6)、の 4 群に分類した。トレッドミル運動は 25m/min で 30 分 / 日、週 5 回行った。No-Ex 群と Control 群はゲージ内で 3 週間自由飼育した。運動終了後に 60 分間の虚血と再灌流障害により脳梗塞を作製し、脳梗塞作製 48 時間後に神経学的所見や運動機能評価を行い、脳を採取した。脳梗塞巣の体積、HIF-1 α 、14-3-3 γ 、活性化アストロサイトのマーカーである GFAP、神経細胞のマーカーである NeuN、アポトーシスに関与する Bax、Caspase 3 の発現を免疫組織化学染色及び Western blotting 法を用いて調べた。

【結果】定期的な運動介入による脳内変化に関して、Ex-only 群の HIF-1 α と 14-3-3 γ の発現が有意に増加し ($p < 0.05$)、神経細胞やアストロサイト上で発現が観察された。脳梗塞作成後には、Ex 群の脳梗塞巣の体積が No-Ex 群と比べて有意に小さく ($p < 0.05$)、運動機能は有意に改善していた ($p < 0.05$)。脳梗塞発症後には、No-Ex 群に比べ、Ex 群で 14-3-3 γ の発現量が有意に増加し ($p < 0.05$)、Bax、Caspase 3 の発現は有意に減少していた ($p < 0.05$)。

【考察】3 週間の運動介入を行うことで内因性保護因子である HIF-1 α 、14-3-3 γ の発現を誘導することが明らかとなり、虚血応答に対するこれらの因子が増加することは、運動によって脳虚血耐性が獲得出来たことを示唆している。我々の先行研究では予防的な運動介入は脳梗塞後の血管新生促進、グリア細胞の増殖促進、神経栄養因子の発現増加が生じることを報告しており、今回の運動群における脳梗塞後の神経保護メカニズムには HIF-1 α の発現に伴う 14-3-3 γ 発現増加、血管新生促進、神経栄養因子の発現増加、14-3-3 γ の Bax 制御によるアポトーシス抑制が関与していることが示唆された。

【結論】我々の研究は、予防理学療法の視点から運動による脳虚血耐性の獲得と脳梗塞後の神経保護効果とそのメカニズムを明らかにした。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は鹿児島大学動物実験委員会の承認を得て実施した。

脳梗塞後および脳出血後の運動介入が運動機能改善および組織傷害に与える効果の比較検証

玉越 敬悟^{1,2)}・石田 和人^{3,4)}・高橋 英明^{1,2)}・早尾 啓志^{1,2)}
田巻 弘之^{1,2)}

- 1) 新潟医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科
2) 新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所
3) 豊橋創造大学保健医療学部理学療法学科
4) 名古屋大学大学院医学系研究科

Key words / 脳出血, 脳梗塞, 運動機能回復

【はじめに、目的】

脳卒中は発症機序により脳梗塞と脳出血に大別される。組織傷害の部位、大きさを同程度にした脳梗塞および脳出血モデルラットの自然回復過程を比較検証した報告では、脳出血モデルラットの機能回復の方が脳梗塞モデルラットより早いことが示されている。また、臨床研究において、同部位、同程度の大きさの脳傷害を生じた脳梗塞患者と脳出血患者では、リハビリテーション介入後の機能予後は脳出血患者の方が良好であると報告されている。これらのことから、脳梗塞と脳出血は脳傷害が同部位、同程度の場合、機能回復過程およびリハビリテーション効果が異なる可能性がある。本研究は、脳卒中病型別リハビリテーション方針の策定に向けて、組織傷害が同部位、同程度の大きさの脳出血モデルラットと脳梗塞モデルラットの運動機能回復過程と運動介入効果を比較検証することを目的とした。

【方法】

実験動物には Wistar 系雄性ラットを用いた。脳出血モデルラットは血管壁を脆弱化させるコラゲナーゼ溶液、脳梗塞モデルラットは血管を攣縮させるエンドセリン-1 溶液を左線条体に微量注入して作製した。実験群には、偽手術群、脳出血+非運動群 (ICH 群)、脳梗塞+非運動群 (ISC 群)、脳出血+運動群 (ICH+EX 群)、脳梗塞+運動群 (ISC+EX 群) を設けた。運動介入はトレッドミル走行装置を用いて術後 4 日目から 28 日目まで実施した。巧緻動作を評価する Horizontal ladder test、バランス機能を評価する Rotarod test を用いて経時的に運動機能評価を行った。術後 29 日目に脳組織を採取し、脳切片を作製した後、クレシルバイオレット溶液を用いて染色を行った。画像解析ソフトを用いて傷害体積 (出血巣もしくは梗塞巣)、ペナンプラ体積を解析した。

【結果】

Rotarod test において、ICH 群は ISC 群と比較して有意に改善を認めた。Horizontal ladder test では ICH 群と ISC 群に有意差は認めなかった。Rotarod test および Ladder test で、ISC + EX 群は ISC 群と比較して有意な改善を認めたが、ICH+EX 群は ICH 群と比較して有意な改善を認めなかった。傷害体積は、全群間に有意差は認めなかったが、ISC+EX 群のペナンプラ体積は ISC 群と比較して有意な縮小を認めた。

【考察】

脳出血と脳梗塞の運動機能障害の自然回復過程において、麻痺側前肢の巧緻動作は同程度の障害が継続するが、全身性のバランス機能は脳出血の方が脳梗塞より早く回復することが分かった。また、運動介入による機能回復効果は脳梗塞の方が顕著に認め、ペナンプラの縮小が関与していることが分かった。これらのことから、脳梗塞は、脳出血と比べて機能障害の自然回復が遅いが、運動介入によってペナンプラを縮小させ、機能改善を促進できることが示唆された。一方、脳出血は脳梗塞と比較して機能障害の自然回復が早い、脳梗塞と同運動条件では機能改善を促進することができないことが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は新潟医療福祉大学動物実験倫理委員会の承認を得て実施された

慢性疲労症候群に伴う痛みの脊髄機構

田口 徹

新潟医療福祉大学

Key words / 慢性疲労症候群, 機械痛覚過敏, 脊髄後角表層ニューロン

【はじめに、目的】慢性疲労症候群(CFS)は耐えがたい疲労を主訴とする慢性難治性疾患であり、自律神経症状や精神症状などの多彩な随伴症状を高頻度に呈する。特に、「痛み」は日常生活やQOLを阻害する要因になるため、とりわけ大きな問題となる。近年、CFSのモデル動物が開発され、CFSの痛みの発症における脊髄ミクログリアの関与が実証された。しかし、その神経機構は未解明である。そこで本研究では、CFSの病態に関わるニューロンの応答変化を調べ、その脊髄機構の一端を解明することを目的とした。

【方法】Yasuiら(Glia 62: 1407-17, 2014)に準じ、深さ1.5 cmの水を張ったケージ内で5日間飼育する複合持続ストレスをラットに負荷し、CFSモデルを作製した。痛覚過敏の発症が明らかなストレス負荷1日後に、ウレタン麻酔下で椎弓切除により腰部脊髄を露出した。タングステン電極を用いた*in vivo*細胞外記録法により、L4およびL5腰髄レベルの後角表層からニューロン活動(活動電位)を電気生理学的に記録・解析した。測定項目は、ニューロンの自発放電、およびvon Freyフィラメントを用いた定量的機械刺激(0.07, 0.4, 1.4, 4.0, 8.0, 15.0, 60.0 g)に対する放電頻度とし、これらをCFS群と通常飼育による対照群との間で比較した。

【結果】

自発放電を示すニューロンは対照群で43%、CFS群で94%であり、その割合はCFS群で有意に高かった。また、自発放電頻度は対照群で 0.2 ± 0.1 発/秒、CFS群で 1.4 ± 0.2 発/秒であり、CFS群で有意に高かった。一方、ニューロンの機械反応は両群においてvon Freyフィラメントの刺激強度依存的に増大した。その放電頻度は対照群と比較し、CFS群で有意に高かった。さらに、CFS群ではニューロンの自発放電頻度と機械反応による放電頻度との間に有意な正の相関がみられた。このような相関は対照群ではみられなかった。

【考察】

通常、脊髄後角表層ニューロンは、安静時に顕著な自発放電を示さない。しかしながら、CFS群のニューロンの大部分は自発放電を示し、その放電頻度も顕著に増加したことから、CFSモデルでは安静時痛を発症している可能性が示唆された。また、CFS群では行動レベルで機械痛覚過敏を生じるが、本研究で観察された後角表層ニューロンの機械感受性増大は、その痛覚過敏の発症に関わる可能性がある。

【結論】

CFSモデルの脊髄後角ニューロンでは自発放電が増加し、機械刺激への反応性が増大することがわかった。この知見はCFS患者の痛みの発症要因に脊髄感作に関わる可能性を示している。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は富山大学動物実験員会の規定に従い、同委員会の承認を得て行った(承認番号:A2016MED-23)。

超音波刺激は末梢神経再生を促進する ～至適超音波強度の解明と作用メカニズムの探索～

伊藤 明良・王 天舒・中原 峻・中畑 晶博・太治野 純一
張 ジュエ・河合 秀紀・久保 菜央子・青山 朋樹
黒木 裕士

京都大学大学院医学研究科理学療法学講座

Key words / 超音波, 末梢神経, 再生

【はじめに、目的】

末梢神経損傷治療において、神経再生を促進させて神経再支配までの期間を短縮させる理学療法は未だ確立されていない。先行研究では、電気刺激や超音波などの物理療法が末梢神経再生を促したという報告が散見される一方で、逆に阻害したとの報告もあり、一定した見解は得られていない。その原因の一つとして、末梢神経再生に対する至適な刺激条件が不明であることが挙げられる。そこで本研究では、末梢神経再生を促進する超音波刺激強度を解明し、その作用メカニズムを検討することを目的とした。

【方法】

実験動物として12週齢のLewis系雄性ラット(n=46)を用いた。麻酔下で片側の坐骨神経に対して鉗子で2 mm幅の圧挫損傷を作成した(軸索損傷モデル)。損傷作成後、無作為に超音波刺激強度条件により4群に振り分けた(0 mW/cm²群、30 mW/cm²群、140 mW/cm²群、250 mW/cm²群(空間平均時間平均;各n=9))。超音波刺激介入は損傷後3日目より開始した。損傷から3週間後に運動機能評価(Sciatic Functional Index:SFI)を実施し、安楽死後組織学的解析によって神経再生の評価を行い、統計学的に比較検討した。さらに、超音波刺激の作用メカニズムを検討するため、0 mW/cm²群(n=5)と140 mW/cm²群(n=5)の2群間において、損傷から1週間後における遺伝子発現解析を実施し、統計学的に比較検討した。

【結果】

髄鞘化神経密度は、0 mW/cm²群と比較して140 mW/cm²群で有意に高かった(P=0.03)。髄鞘化神経の面積及び髄鞘面積は、0 mW/cm²群と比較して140 mW/cm²群と250 mW/cm²群で有意に広がった(髄鞘化神経面積:各P=0.01、髄鞘面積:各P<0.01)。しかしながら、SFIにおいては群間に有意差は認められなかった。遺伝子発現解析の結果、軸索伸長阻害因子であるSEMA3AとGSK3beta、及び髄鞘化阻害因子のNT3の発現が140 mW/cm²群において有意に低かった(各P=0.04)。一方で、神経栄養因子であるBDNFの発現も140 mW/cm²群において有意に低かった(P<0.01)。その他、神経再生に関与するFGF5、GDNF、NGF、p75NTRの発現は群間で有意差は認められなかった。

【考察】

軸索損傷モデルラットにおいて、140 mW/cm²強度の超音波刺激で最も末梢神経再生が促進された。軸索伸長を阻害するSEMA3A、GSK3betaの発現抑制及び髄鞘化を阻害するNT3の発現抑制が認められ、超音波刺激による神経再生促進作用として一部関与していることが示唆された。しかし、神経再生を促進するBDNFの発現抑制も同時に認められたことから、他因子の複雑な相互作用の存在が想定され、より網羅的な作用メカニズムの解析が必要と考えられた。

【結論】

140 mW/cm²強度の超音波刺激がラット坐骨神経再生を促進させることを明らかにし、その作用メカニズムの一部を示唆した。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は所属施設の倫理委員会の承認を得て実施した(Med Kyo17029)。

培養筋管に対する超音波刺激の肥大効果 - 刺激前の分化培地培養期間の違いによる筋肥大効果の違い -

清島 大資^{1,3)}・縣 信秀²⁾・小林 剛³⁾・宮津 真寿美¹⁾
河上 敬介⁴⁾

1) 愛知医療学院短期大学 2) 常葉大学保健医療学部
3) 名古屋大学大学院医学系研究科 4) 大分大学福祉健康学部

Key words / 培養筋管, 超音波, 肥大

【はじめに、目的】

伸展刺激や電気刺激が、培養骨格筋細胞から分化誘導した筋管を肥大させるという報告は多い。これに加えて近年、超音波刺激でも筋管が肥大することが報告された。この超音波刺激は筋衛星細胞の分化を誘導するという報告もあり、超音波刺激が直接的に筋管を肥大させる可能性のほかに、超音波刺激によって分化させた筋衛星細胞の融合亢進が筋管を肥大させている可能性が考えられる。しかし、その詳細はわかっていない。今回、筋衛星細胞の関与を検証するために、培養系に筋衛星細胞が多数存在する分化培養後6日と、ほとんど筋衛星細胞が見られない分化培養後16日のマウスの培養筋管を用いて、超音波刺激による筋肥大効果を解析した。

【方法】

C57BL6 マウスの長趾伸筋をコラゲナーゼ溶液に90分間浸した後、培地中で筋線維をほぐし単一筋線維のみを採取し、トリプシンによって筋衛星細胞を剥離し、ディッシュに播種した(1.5 × 10²個/35mm ディッシュ)。播種後4日間は増殖培地にて培養し、サブコンフルエント状態にまで増殖させ、分化培地に交換して6日間培養し、筋衛星細胞の7-8割を筋管に分化させた。その後、超音波を照射しない群(以下NS群)と超音波を10分間照射する群(以下US群)に分けた。超音波の照射条件は周波数3MHz, 強度0.5W/cm², 照射時間率50%とした。超音波は、超音波治療器(SUS-700, 酒井医療)を用いて、プローブ(直径1.8cm)上にゲルを塗布し細胞を培養したディッシュに乗せた。超音波照射24時間後に両群を位相差顕微鏡(IMT-2;OLYMPUS)で観察し、デジタルカメラ(E-PL3;OLYMPUS)にて撮影した。取得した画像はImageJを使用して、筋管の横径を測定した。また、分化培地にて16日間培養したものに対しても同様の実験を行った。なお、培養期間中、培地は48~72時間おきに交換した。

【結果】

分化培地にて6日間培養した細胞の横径は、NS群が84.12 ± 0.57 μm、US群が95.08 ± 1.75 μmであり、US群がNS群に比べ有意に増大した。分化培地にて16日間培養した細胞では、NS群が39.03 ± 3.03 μm、UN群が37.87 ± 4.64 μmであり、有意な差は認められなかった。

【考察】

分化培地にて6日間培養した筋管細胞は超音波刺激によって肥大し、16日間培養した筋管は肥大しなかったことから、筋衛星細胞が筋管肥大に関与している可能性がある。平均横径が6日と16日で違う理由として、筋管の周囲環境の違いが考えられた。16日間培養した筋管では、周囲に繊維芽細胞が多く、筋衛星細胞や筋芽細胞はほとんど観察されなかった。よって、未分化な筋衛星細胞や筋芽細胞が必要であると考えられた。今後、16日間培養した筋管に、別途、筋衛星細胞を補充し、超音波刺激によって肥大するかどうか検討する。

【結論】

筋衛星細胞が多数存在する培養6日目の培養筋管に超音波刺激を行うと肥大した。一方、筋衛星細胞がほとんど存在しない培養16日目の培養筋管に超音波刺激を行っても肥大は観察できなかった。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は、愛知医療学院短期大学動物実験委員会の承認を得た後、「研究機関等における動物実験等の実施に関する基本指針」(平成18年文部科学省)に則って行った。

超音波刺激による筋衛星細胞の増殖促進効果 - 超音波刺激条件による効果の違い -

縣 信秀¹⁾・清島 大資²⁾・宮津 真寿美²⁾・河上 敬介³⁾

1) 常葉大学保健医療学部
2) 愛知医療学院短期大学
3) 大分大学福祉健康科学部

Key words / 筋衛星細胞, 超音波刺激, 筋損傷

【はじめに、目的】

これまでに、筋損傷モデルラットを作成し、筋損傷2時間後に10分間の超音波刺激を行うと、筋損傷からの回復を促進すること、培養筋衛星細胞に超音波刺激を加えると増殖が促進されることを明らかにした。超音波刺激による筋損傷からの回復を効率的に促進させるためには、適した超音波刺激の条件を明らかにする必要がある。そこで、本研究では筋衛星細胞の増殖を促進させる超音波刺激の条件を明らかにすることを目的とした。

【方法】

C57BL6 マウスの長趾伸筋をコラゲナーゼ溶液に90分間浸した後、培地中で筋線維をほぐし、単一筋線維のみを採取し、トリプシンによって筋衛星細胞を剥離し、ディッシュに播種した。播種後4日間は、増殖培地にて培養した。播種4日目にトリプシン処理によって剥離し、細胞数1.0 × 10⁵で播種した。播種5日目にコンディション培地に交換し、2時間後に細胞増殖マーカーであるEdU(10μM)を添加し、超音波治療器(UST-750, 伊藤超短波)を用いて、10分間の超音波刺激を加えた。超音波刺激条件として、刺激周波数を3MHz, duty cycleを5, 20, 50%, 出力を0.1, 0.5, 1.0 W/cm²とする群を作製した。また超音波刺激を加えない群をnonUS群とした。超音波刺激5時間後に、4% PFAで細胞を固定し、EdU染色と核染色を行った。すべての核とEdU陽性細胞数をカウントし、すべての核に対するEdU陽性細胞数の割合を算出し増殖率とした。

【結果】

duty cycle 5%で超音波刺激を加えた群では、出力0.1W/cm²の増殖率は20.8%, 0.5 W/cm²は20.5%, 1.0W/cm²は21.7%で、nonUS群(18.5%)と比べ有意な差はなかった。duty cycleを20%で超音波刺激を加えた群では、出力0.1W/cm²の増殖率は25.9%, 0.5 W/cm²は28.9%, 1.0W/cm²は30.4%となり、0.5, 1.0 W/cm²はnonUS群(22.3%)と比べ有意に大きかった。duty cycleを50%で超音波刺激を加えた群では、0.1W/cm²の増殖率は16.5%, 0.5 W/cm²は17.1%, 1.0W/cm²は18.7%となり、すべての群でnonUS群(12.5%)と比べ有意に大きかった。

【考察】

超音波刺激の非温熱作用として、キャピテーション効果による機械刺激がある。機械刺激は、筋衛星細胞を活性化させると報告されており、本研究においても超音波刺激による機械刺激によって、筋衛星細胞の増殖促進効果が生じたと考えられる。さらに、duty cycleや出力が大きければ超音波刺激による機械刺激量も大きくなり、筋衛星細胞の増殖促進効果が高くなると考えられた。

【結論】

超音波刺激による筋衛星細胞の増殖促進効果は、その出力やduty cycleにより異なり、出力やduty cycleがより大きい方の効果が高い傾向がみられた。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は、常葉大学動物実験委員会の承認を得ている(2017-A04号)。

Arch height flexibility を用いた新たな足部評価基準値の作成

高林 知也・江玉 睦明・稲井 卓真・中村 絵美・徳永 由太
久保 雅義

新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

Key words / 扁平足, Arch height flexibility, 動的な足部アライメント

【はじめに、目的】扁平足は一般的に知られている足部のマルアライメントを指し、後足部回内や内側縦アーチの低下を呈する。先行研究において、扁平足はさらに flexible(荷重でアーチが低下)と rigid(非荷重で既にアーチが低下)のタイプに分類することができ、タイプ分類するために荷重によって変化するアーチ高(AH)の flexibility(AHF)の評価も必要であると報告されている。これまで、体重の10%荷重と50%荷重のAHを用いたAHFの基準値が報告されているが、近年では足部の静的アライメントが動的アライメントと関連することが重要であると指摘されている。歩行やランニングなどのダイナミックなコンディションを考慮すると、50%荷重よりもさらに荷重下でのAHを用いたAHFの基準値も作成する必要がある。そこで、本研究は90%荷重のAHを用いることで、新たなAHFの基準値を男女別で作成することを目的とした。

【方法】現在整形疾患を伴っていない健康男子大学生52名(104足)、健康女子大学生55名(109足)を対象とした。先行研究で高い再現性が確認されている arch height index measurement system を用いて、10%荷重と90%荷重のAH(足長50%地点)を計測した。AHFは $(10\% \text{ 荷重の AH} - 90\% \text{ 荷重の AH}) / ((0.8 \times \text{体重}) \times 100)$ で算出された。0.8は荷重の変化量を表し、AHFは値が高いほど荷重によってAHが低下することを指す。Smirnov-Grubbs検定により外れ値を確認後、先行研究に準じ五分位数(AHFを大きさ順に並べて5等分)を用いて男女別で flexibility の程度を5タイプに分類した。本研究の解析は Scilab-6.0.0 と R-Studio により実施された。

【結果】Smirnov-Grubbs検定の結果、AHFの外れ値は男女ともに認められなかった。男性では $AHF < 6.7$ が very stiffness, $6.7 \leq AHF < 8.8$ が stiffness, $8.8 \leq AHF < 10.5$ が neutral, $10.5 \leq AHF < 12.2$ が flexible, $12.2 \leq AHF$ が very flexible の基準値となった。一方、女性では $AHF < 5.8$ が very stiffness, $5.8 \leq AHF < 7.9$ が stiffness, $7.9 \leq AHF < 9.8$ が neutral, $9.8 \leq AHF < 11.1$ が flexible, $11.1 \leq AHF$ が very flexible の基準値となり、男性と異なっていた。

【考察】先行研究で報告されている50%荷重のAHを用いたAHFの基準値と比較して、本研究の基準値は異なっていた。しかし、歩行やランニングなどの動作は抜重と荷重の繰り返しであり、立脚期には体重以上の床反力を受ける。そのため、可能な限り荷重をした状態で足部アライメントを評価することが、動的な足部アライメントをより反映すると考えられる。また、本研究より男性と女性でAHFの基準値も異なっていたことから、本研究で作成されたAHFの基準値を男女別に用いて足部評価をする必要性が示唆された。

【結論】本研究のようなAHFの基準値を用いて flexible な扁平足と rigid な扁平足の分類を行うことで、よりダイナミックなコンディションを反映する足部アライメント評価につながると考えられる。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は所属機関の倫理審査委員会の承認を受けて実施された(No. 17822-170605)。また、本研究はヘルシンキ宣言に則っており、実験開始前に対象者に本研究内容を口頭と書面にて十分に説明し、対象者の同意を得た上で行われた。

健康成人におけるアーチ高率と足部周囲筋筋力の関係について

西村 真吾¹⁾・山内 克哉²⁾・蓮井 誠¹⁾・山下 裕太郎¹⁾
鈴木 隆範¹⁾・川嶋 雄哉¹⁾・久木 貴寛¹⁾・伊本 健人¹⁾
池島 直貴¹⁾

1) JA 静岡厚生連遠州病院

2) 浜松医科大学医学部付属病院リハビリテーション部

Key words / アーチ高率, 外返し, 内返し

【はじめに、目的】足部アーチにおける重要な機能として、接地時の衝撃緩和に働くトラス構造がある。中でも内側縦アーチの低下した障害を扁平足といい、足底筋膜炎やシンスプリントなどの原因になりうるとの報告もある。内側縦アーチの高さと筋力の関係は、アーチが高い程、足趾握力が強いとの報告があるが、影響を及ぼさないとの報告もあり、見解は一致していない。また、足関節周囲筋筋力との関係性を調査した研究もみられない。そこで本研究の目的は、アーチ高率と足部外返し、内返し筋力との関係性について調査し、扁平足に対する新たな治療の一助とすることとした。

【方法】対象は、健康成人14名14足(男性7例、女性7例)、除外基準は足部骨折や脊髄疾患のある者とした。年齢 26.2 ± 5.5 歳、体重 57.9 ± 9.3 kg。アーチ高率は、床面から舟状骨までの高さを実足長で除して100を乗じた値を用い、計測肢位は立位荷重位で足隔は肩幅とした。筋力はBIODEX SYSTEM4で測定し、角速度 $60^\circ / s$ と $180^\circ / s$ における足部外返し、内返し最大トルクを算出し体重で除したトルク体重比を算出。また、外返し最大トルクに対する内返し最大トルクの比(以下、IE比)は内返し最大トルクを外返し最大トルクで除して算出し、それぞれの値とアーチ高率との関係を検討。統計処理にはSPSS Version22を使用し、解析はPearsonの相関係数を用いた。

【結果】平均値は、アーチ高率: $17.2 \pm 2.9\%$ 、トルク体重比は外返し($60^\circ / s$): 51.6 ± 13.7 Nm/kg、内返し($60^\circ / s$): 37.5 ± 8.2 Nm/kg、IE比($60^\circ / s$): 0.77 ± 0.23 、外返し($180^\circ / s$): 30.8 ± 5.8 Nm/kg、内返し($180^\circ / s$): 22.6 ± 3.8 Nm/kg、IE比($180^\circ / s$): 0.76 ± 0.18 であった。アーチ高率と内返し($60^\circ / s$, $180^\circ / s$)、IE比($60^\circ / s$)には相関が認められなかった。アーチ高率と外返し($60^\circ / s$)($r = -0.66$)、外返し($180^\circ / s$)($r = -0.71$)には有意な負の相関、アーチ高率とIE比($180^\circ / s$)($r = 0.68$)には有意な正の相関が認められた。

【考察】アーチ高率と外返しトルク体重比($60^\circ / s$, $180^\circ / s$)に負の相関がみられたことから、外返しの作用を有する長・短腓骨筋が内側縦アーチを引き下げている可能性が示唆された。加えて、アーチ高率と内返しトルク体重比($60^\circ / s$, $180^\circ / s$)には相関が認められず、IE比($180^\circ / s$)に正の相関が認められたことから、内返しの作用を有する前・後脛骨筋筋力のみが内側縦アーチに影響を与えるのではなく、長・短腓骨筋に対する前・後脛骨筋筋力の比が内側縦アーチに影響を与える可能性が示唆された。後天性扁平足の主な原因は後脛骨筋機能不全とも言われているが外返し筋力とのバランスが重要かと思われる。

【結論】 $60^\circ / s$, $180^\circ / s$ における外返しトルク体重比が大きいほど、また、 $180^\circ / s$ におけるIE比が少ないほど内側縦アーチが低くなる可能性が示唆された。低アーチを改善させるためには外返し筋力を抑制するような方法やIE比を大きくするような方法が有効かは縦断的な調査が必要かとする。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は当院倫理委員会の承認を得て行い、対象者には書面にて研究協力の同意を得た。

外側距踵靭帯の形態学的特徴

江玉 睦明^{1,2)}・影山 幾男²⁾・菊元 孝則¹⁾・高林 知也¹⁾
 平林 怜¹⁾・稲井 卓真¹⁾・伊藤 渉¹⁾・中村 絵美¹⁾・大森 豪¹⁾

- 1) 新潟医療福祉大学 アスリートサポート研究センター
 2) 日本歯科大学新潟生命歯学部 解剖学第一講座

Key words / 距骨下関節, 形態学的特徴, 肉眼解剖学

【はじめに、目的】外側距踵靭帯(LTCL)については、距骨下関節の安定性に関与していることが報告されているが、距骨下関節の過度な回外を制限するや、内・外転を制動するなど制動方向については異なる見解が報告されている。この原因として、LTCLの解剖学的報告が非常に少ないことが問題点として考えられる。そこで本研究では、LTCLの形態学的特徴を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は、固定遺体52体100足(年齢:79±13歳,男性55足,女性45足)を使用した。LTCLの分類方法は、LTCLの有無とCFLとの位置関係に着目して分類した。形態学的特徴としては、線維束長・幅をキャリパーを用いてLTCLの中央部で測定した。統計学的検討方法は、各Type間の線維束長と線維束幅の比較には、a chi-squared testを用いて行った。尚、有意水準は5%とした。

【結果】LTCLは4つのTypeに分類することができた。Type IはLTCLが踵骨部でCFLと結合するもの、Type II -aはLTCLが踵骨部でCFLと並走するもの、Type II -bはLTCLがCFLと完全に独立しているもの、Type IIIはLTCLが欠損するものであった。Type Iは16足(16%)、Type II -aは20足(20%)、Type II -bは2足(2%)、Type IIIは62足(62%)であった。また、全てのLTCLは起始部の距骨においてATFLと結合していた。LTCLの形態学的特徴は、線維束長が25.2±4.0mm、線維束幅が3.5±3.2mmであった。線維束長・幅において、各Typeで統計学的に有意な差は認めなかった。

【考察】Trouiloud(1988)らは、Type Iは35%、Type IIは23%、Type IIIは42%と報告している。本研究結果は、LTCLがCFLから分岐するType II(Type II -a・Type II -b)については、先行研究と類似しているが、Type IとType IIIの割合については大きく異なっていた。LTCLの形態学的特徴は、Burksら(1994)は、LTCLの線維束長は26.5mm、線維束幅は4.4mmであったと報告しており、本研究結果と類似する結果であった。CFLと比較すると、線維束長については、19.5±3.9mm(Milner.1998)、27.69±3.30mm(Siegler.1988)、線維束幅については、4.68±1.34mm(Taser.2006)、5.3mm(Burks.1994)であると報告されている。従って、LTCLは、線維束長・幅においてCFLと類似した形態を呈していると考えられた。

【結論】LTCLの出現率は38%であり、またLTCLはCFLと線維束長・幅において形態学的に類似していた。今後は、本研究結果を基に生体力学的な検証を行い、機能的役割を明らかにしていく必要がある。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究で使用した遺体は、全て死体解剖保存法と献体法に基づき、教育と研究のために本学に献体された標本である。

膝伸筋と膝屈筋の同時収縮による膝伸筋の筋出力特性

石井 禎基¹⁾・山中 悠紀¹⁾・水野 智仁¹⁾・永禮 敏江¹⁾
 笹井 宣昌²⁾・橋本 球児¹⁾・藤原 裕太¹⁾・土屋 禎三³⁾

- 1) 姫路獨協大学 医療保健学部 理学療法学科
 2) 鈴鹿医療科学大学 保健衛生学部 理学療法学科
 3) 神戸大学 理学部 生物学科

Key words / 膝伸筋, 同時収縮, 短縮速度

【はじめに、目的】膝伸筋に隣接する骨格筋の膝伸筋の筋出力への関与について生理学的な力学的実験(*in vivo*)を行い、その結果を継続して本大会で報告している。しかし、研究を進めている間に以前の結果に疑問が生じたため、拮抗筋である膝屈筋群の同時収縮が膝伸筋の筋出力にどのような影響を及ぼしているのかについて再実験を行い、それについて再検討を行った。

【方法】実験には5匹のウシガエル(体長:126±5mm)の膝伸筋である大腿三頭筋および膝屈筋群を用いた。麻酔したカエルの腸骨部分から露出させた坐骨神経に十分な強度の電気刺激(60 Hz, 0.5 s)を与えた時の大腿三頭筋腱にかかる張力を測定した。膝伸筋の筋長を適宜変えて等尺性強縮張力測定後、最大張力を示した筋長において荷重を様々に変えて等張性収縮時の筋の長さ変化を測定した。実験は、(1)膝伸筋および膝屈筋群を同時収縮させた条件(同時収縮条件)(N=5)で行った後に、(2)膝伸筋と膝屈筋の間の筋間連結を剥離して(剥離条件)(N=5)行った。実験データより荷重-速度関係および荷重-仕事率関係を作成した。荷重は等尺性強縮張力(最大荷重)に対する相対荷重で、そして筋の長さ変化は大腿骨長(BL)で除して正規化した。20±0.5℃の温度条件下で行った。なお、統計処理はt検定を用いた。

【結果】「同時収縮条件」の荷重-速度関係は、約荷重0.6で短縮速度が変化した。軽い荷重域(0-0.6)(LL)の短縮速度はHillの式にしたがった直角双曲線を示したが、重たい荷重域(0.6-)(HL)では短縮速度が減速し約荷重0.84で短縮速度が0になった。「剥離条件」の短縮速度も約荷重0.6で変化した。LLの短縮速度は「同時収縮条件」より低下し、HLでは減速率が減少し約荷重0.91で0となった。「同時収縮条件」の最大短縮速度5.8±0.4 BL/sは、「剥離条件」の5.3±0.4 BL/sと比較して有意な差は無かった(p=0.051)。「同時収縮条件」の最大仕事率は1.13(荷重0.44)で、「剥離条件」の最大仕事率は0.93(荷重0.42)であった。さらに、興味深い結果は、等張性収縮時において荷重が重くなるほど筋の最大短縮長が短くなり、「同時収縮条件」と「剥離条件」それぞれ荷重0.84、0.91以降は、最大荷重よりも低い荷重にもかかわらず等尺性収縮を示した。

【考察】膝伸筋の筋出力を再検討した本研究結果より、膝伸筋はLLで仕事をし、HLでは仕事よりも筋を収縮させながら筋長を一定に保つように作用することが示唆された。さらに、膝屈筋の同時収縮が膝伸筋の筋出力に関与し、筋長を一定に保つ働きおよび短縮速度が増大されることが示された。

【結論】膝伸筋の収縮特性はLLでは外部へ作用し、HLは固定へ働くことが示唆され、拮抗筋である膝屈筋の同時収縮が、膝伸筋の筋出力メカニズムに関与していることが明らかとなった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究に際して、事前に姫路獨協大学動物実験委員会の承認(許可番号:H30-01号)を得た後、実験動物に苦痛を与えないようにして実験を行った。

卵巣摘出ラットに対する Zoledronate と Treadmill training の併用療法が骨微細構造に与える影響

坪内 優太^{1,2)}・片岡 晶志³⁾・池田 真一^{1,4)}・津村 弘⁴⁾

- 1) 大分大学医学部附属病院リハビリテーション部
2) 大分大学大学院医学系研究科博士課程
3) 大分大学福祉健康科学部福祉健康学科
4) 大分大学医学部整形外科

Key words / 骨粗鬆症, 運動療法, 骨微細構造

【はじめに、目的】転倒・骨折が原因で要介護状態に陥る高齢者は11.9%であり、その一因である骨粗鬆症の有病率は60歳以上の高齢者で24.9%とされている。高齢社会である我が国において、これらの対策は急務である。骨粗鬆症の治療は、一般的に薬物療法と運動療法が実施されており、薬物療法については、その臨床的効果も示されてきている。一方で、運動療法の効果に関する研究はあるものの、骨強度の規定因子の一つである骨微細構造への効果を示す報告は少ない。また、臨床で一般的に実施されている運動療法と薬物療法の併用の効果を示した報告は少ない。本研究の目的は、Ovariectomy(OVX)ラットへのZoledronate(ZA)とTreadmill Training(TT)併用療法が骨微細構造に与える効果を検討することである。

【方法】24週齢雌SDラット40匹に対してOVXを施行した。2ヶ月後にControl群(C群), ZA投与群(Z群0.1mg/kg単回投与), TT群(T群:20m/min, 1h/day, 5day/week), ZA投与+TT併用群(Z+T群)の4群に各10匹ずつ振り分けた。さらに、OVXを施行しないSham群(S群)を10匹設定した。介入6週後に屠殺、大腿骨を採取し、 μ CT(SkyScan1172, Kontich, Belgium)による骨密度および骨形態計測を行った。大腿骨遠位骨幹端部を撮影し、海綿骨における骨組織容積比(BV/TV), 骨梁幅(Tb.Th), 骨梁間距離(Tb.Sp), 骨梁数(Tb.N), さらに皮質骨面積(Cr.Ar)と皮質骨厚(Cr.Th)を計測した。統計解析にはSPSS22.0を使用、一元配置分散分析をした後、post hoc tsetとしてBonferroni検定を用い、各群間の比較を実施した。

【結果】海綿骨の骨密度はS群に比べ、C群で有意に低値を認められたが、その他は有意差を認めなかった。また、皮質骨の骨密度においては各群間で有意な差を認めなかった。骨形態計測の結果では、BV/TVがC群およびZ群と比較し、S群およびZ+T群で有意に高値を示した。Tb.ThはS群に比べ、C群とZ群、T群で有意に低値を示したが、Z+T群とは有意差を認めなかった。Tb.NはS群に比べ、Z群で有意に低値を示した。Cr.Arでは各群間で有意差はなかったが、Cr.ThはZ群とT群で有意差を認めた。

【考察】ZAは破骨細胞のアポトーシスを促す骨吸収抑制剤であり、骨代謝回転を低下させることで、骨密度や骨微細構造の維持・改善を図る骨粗鬆症治療薬である。一方で、運動療法は荷重や筋収縮によるメカニカルストレス、骨格筋から分泌されるサイトカインによって、骨形成を促進させる効果があるとされている。本研究の結果から、ZA投与のみでは骨微細構造に対する効果は不十分である可能性が示唆された。また、ZAとTTの併用により、骨吸収を抑制しつつ、骨形成を促進させて骨微細構造の改善させる可能性が示唆されたが、詳細なメカニズムについては今後検討が必要である。

【結論】閉経後骨粗鬆症患者の骨微細構造に対しては、薬物療法や運動療法の単独治療では改善が不十分であり、両者の併用療法が有効であることが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】動物の愛護及び管理に関する法律を遵守し、学内規程の「大分大学医学部動物実験指針」に基づき、動物実験計画書を動物実験委員会に提出し、同委員会の承認を得て適正な動物実験等の方法を選択して実施した。

温和な全身温熱刺激後の腎組織における平滑筋収縮タンパク質関連遺伝子の発現変動

渡 孝輔^{1,2)}・岩下 佳弘²⁾・松村 光一¹⁾・松本 庄平¹⁾
前田 曙³⁾・飯山 準一²⁾

- 1) 医療法人桜十字 桜十字病院 リハビリテーション部
2) 熊本保健科学大学 保健科学部 リハビリテーション学科
3) 熊本保健科学大学 大学院 保健科学研究科 リハビリテーション領域

Key words / 全身温熱刺激, micro array, 血管平滑筋収縮タンパク質関連遺伝子

【はじめに、目的】

我々は腎垂全摘モデルマウスに対して温和な全身温熱刺激(mild systemic thermal stimulation: MTS)の反復がHsp27の活性を伴い腎保護に寄与することを報告した(Iwashita, 2016)。しかしながら、腎血流動態や血球への作用等については今後の検討課題であった。飯山(2003)は、温水浸(深部体温:約1℃上昇、10分間)を実施した後の腎血流動態において腎血流量は増加するが、糸球体濾過量は増加しないことを報告した。この結果は腎血管へのshear stressを介した血管内皮機能の改善を期待できることを示した。そこで今回我々は直腸温を約1℃上昇を維持するMTSによってプレコンディショニングされた腎組織を用いて血管平滑筋収縮タンパク質関連遺伝子の発現変動について調査することを目的とした。

【方法】

C3H/Heマウス(雄, 9週齢)を無作為にControl群(n=4)、MTS群(n=4)に分け、MTS群は庫内温度39℃のインキュベーターに入れて15分間加温した後、35℃で20分間保温した。Control群は室温(25℃)と同じ温度設定で同様の操作を行った。MTS実施から6時間後に腎組織を採取した。52,145の遺伝子発現をmicro arrayを用いて網羅的に解析した。|Z score| >2 且つ ratio >1.5, ratio <0.66の変動を示した遺伝子を有意として検討した。

【結果】

MTS実施後の腎組織において、378の遺伝子で有意な増加を、470の遺伝子で有意な減少を示した。これらの遺伝子をDAVID v6.8アプリケーションツールにインポートし、Gene ontology(GO)生物学的機能解析およびKEGG pathwayを活用した経路分析を行ったところ、Rho associated coiled-coil containing protein kinase 1(ROCK1)発現の有意な減少(Z score -2.55, ratio 0.65)、myosin light chain kinase(MYLK)発現の有意な減少(Z score -5.28, ratio 0.11)が認められた。

【考察】

MYLKにコードされるミオシン軽鎖キナーゼ(MLCK)は、ミオシン軽鎖(MLC)をリン酸化させて血管平滑筋を収縮させる。また、ROCK1にコードされるRhoキナーゼはミオシン軽鎖フォスファターゼを抑制してリン酸化MLCの脱リン酸化を減少させる。MTS実施後に認められたMLCK、ROCK1の減少は、腎血管拡張を示しており、飯山の結果を支持していると考えられた。

【結論】

MTS実施後はRhoシグナル経路介して血管平滑筋を弛緩させて、腎血流を増加させることが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本実験は所属大学実験規則に従い、動物実験委員会(16-010)の承認を得て実施された。

リバース型人工肩関節置換術後リーチ動作のバイオメカニクス

小林 章^{1,2)}・村田 健児³⁾・五十嵐 郁弥⁴⁾・島村 穰⁴⁾
鶴岡 祐治⁴⁾・亀田 光弘⁵⁾・澤 雄作⁵⁾

1) 埼玉県立大学 保健医療福祉研究科 博士後期課程
2) 医療法人 親和会 訪問看護ステーション ホウエイ
3) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科 4) 社団医療法人 山手クリニック
5) IMS グループ 春日部中央総合病院

Key words / リバース型人工肩関節, リーチ動作, 多関節協調性

【はじめに、目的】

本邦において2014年4月に認可されたリバース型人工肩関節置換術(以下、RSA)は従来の人工肩関節置換術(TSA)では難しかった腱板断裂性関節症などの機能改善に有効であるとされる。上肢機能は更衣動作、食事動作といった日常生活に重要な役割を果たし、歩行機能と合わせてQOLの向上に不可欠である。ヒトの上肢は上腕、前腕、手部の3つの剛体から構成され、関節に生じる力には関節トルクの他に遠心力やコリオリ力が含まれることが知られている。近年では速度の小さな運動でも遠心力やコリオリ力の影響が無視できないとされる。本邦ではRSAが認可されてから日が浅く、長期的な関節機能については明らかにされていない。本研究の目的はRSA術後に筋力に依存しない力をどのように制御しているのかを分析し、長期的に上肢機能を保存するための要因を明らかにすることである。

【利益相反】

本研究は平成28年度理学療法にかかわる研究助成を受けて実施した。

【方法】

RSA施行後3ヶ月以上経過した者(女性4名、男性1名、平均年齢75±4.2歳、術後経過期間11.7±4.9ヶ月、以下RSA群)および健康成人(男性5名、平均年齢21±0.9歳、以下対照群)を対象とし、上腕下垂位、肘関節90°の状態から「快適な速度で手を画面に伸ばす」リーチ動作を合計10回実施した。使用機器は三次元動作解析装置VICON(VICON社製、サンプリング周波数100Hz)を使用した。隣接関節より肩関節に生じる角加速度を求めするためにInduced Acceleration Analysis(以下、IAA)を用いた。逆動力学的計算により各関節トルクを算出し、次に順動力学的計算により、肩関節に誘発された角加速度を算出した。これら角加速度の内、正の値を示した肩関節筋および肘関節角速度に誘発された角加速度の寄与率を、解析区間の10%毎に算出した。統計解析は各群の寄与率に関して、Welchのt検定を実施した。

【結果】

肩関節筋により誘発された角加速度の寄与率は、リーチ動作開始直後は対照群の方が有意に高い寄与率を示したが(p<0.01)、20~50%においてはRSA軍のほうが高い寄与率を示した(p<0.01)。肘関節角速度によって誘発された角加速度の寄与率は、リーチ動作開始直後はRSA群のほうが有意に高い値(p<0.01)を示したが、20~50%においては対照群の方が有意に高い値(p<0.01)を示した。

【考察】

本研究の結果から、対照群と異なりRSA群は、リーチ動作直後の肘関節角速度の寄与は高いものの、徐々にその寄与は小さくなり、肩関節筋に依存したリーチ動作を行っていた。

【結論】

RSA術後の肩関節筋に依存したリーチ動作が認められ、長期的な肩関節機能を維持していくためには筋に依存しない力を効果的に利用した動作を獲得していく必要がある。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は埼玉県立大学倫理審査委員会の承認を受けた(承認番号:27519)。

本研究はヘルシンキ宣言に則り、十分な倫理的配慮のもとに施行した。全ての対象者に研究内容と目的、調査結果の取扱などに関して事前に説明し、同意を画面にて得た後に計測を実施した。

股関節唇損傷患者における体幹筋力と股関節スコアとの関係

河井 祐介

烏丸御池整形外科クリニック

Key words / 股関節唇損傷, F A I, 体幹筋力

【はじめに、目的】

股関節唇損傷患者について問題となるF A I (femoroacetabular impingement 以下F A I)では股関節屈曲内旋または屈曲外旋でのインピンジメントによる疼痛が引き起こされる。治療としては保存療法および手術療法が選択される。とくに保存療法では股関節周囲筋の筋力や体幹筋力トレーニング、股関節可動域訓練などが行われている。現在体幹トレーニングについて有用性は示されているが、質量ともどの程度行えばどの程度の効果が得られるのか述べられている報告はない。今回股関節唇損傷患者においてFront plank(以下プランク)による体幹トレーニングを実施し、その量的評価と股関節スコアを比較しその関係について比較検討した。

【方法】

当院を受診し股関節唇損傷と診断された患者12名(男性1名、女性11名、年齢45.3±10.4歳)の体幹筋力評価としてプランクの持続時間を初診時測定し、同時に股関節機能評価としてJ O Aとharrisのスコアを評価した。またプランク60秒達成時にも同様にJ O Aとharrisのスコアを評価した。プランクの持続時間とJ O Aとharrisのスコアについてそれぞれ統計処理としてspearmanの相関分析を行った。またプランクの持続時間が59秒以下の群と60秒可能な群間でJ O Aとharrisのスコアそれぞれにおいて対応のないT検定を用いて比較した。

【結果】

体幹筋力としてのプランクの持続時間と股関節機能評価としてのJ O Aとharrisのスコアとは正の相関関係が認められた(p<0.05)。またプランクの持続時間が59秒以下の群と60秒可能な群の間にはJ O Aとharrisのスコアに有意差が認められた。(J O Aスコア0-59秒以下の群:71.6±12.6 60秒可能な群:90.5±11.4 harrisスコア0-59秒以下の群:65.8±12.2 60秒可能な群:82.6±9.3)。つまりプランク持続時間が60秒可能な群の股関節機能評価スコアは59秒以下の群よりも高い傾向にあることが示された。

【考察】

体幹筋、特に腹筋の機能としては骨盤の後傾作用と安定化機能があり、骨盤後傾によりF A Iによる疼痛を回避した姿勢が取れることと、体幹固定作用により十分な下肢筋力の発揮が可能になると考えられる。また、筋持久性に関して、有酸素性にエネルギー代謝が行われる1分以上の持久力が腹筋には必要と考えられる。そのために、プランクを1分保持を達成できる患者の股関節機能評価のスコアが高くなったと考えられる。

【結論】

股関節唇損傷患者において体幹筋力の改善は股関節機能の改善に寄与する可能性があり、なおかつ量的にはプランク1分以上可能な体幹筋力が有効である可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】

京都下鴨病院倫理委員会の承認を得た。

最速歩行を利用した代償的筋活動の抽出—大腿骨頸部骨折術後患者による検討—

山崎 諒¹⁾・戸田 晴貴²⁾・井上 優¹⁾・津田 陽一郎¹⁾

1) 倉敷平成病院 リハビリテーション部
2) 産業技術総合研究所 人間情報研究部門

Key words / 大腿骨頸部骨折, 筋電図, 最速歩行

【はじめに、目的】歩行における対象者の特徴を明確化するために、快適歩行(CW)のみではなく、最速歩行(MW)での評価を行うことがある。大腿骨頸部骨折(FNF)患者においても、CWとMWにおける歩行パラメータおよび筋活動を比較し特徴を検討することにより、CWのみの評価では表れない問題点を抽出することができる可能性がある。そこで、本研究はFNF術後患者において、歩行速度を変えることによって生じる代償的な筋活動を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は、FNFにより観血的骨接合術または人工骨頭置換術を施行した5名とし、計測は術後3週目に行った。対象者は、10mの直線歩行路を、独歩にてCW、MWそれぞれ2回ずつ実施し、その時の患側下肢の筋活動と歩行速度、歩数を計測した。歩数から、ストライド長、歩行率を算出し、それぞれ2回の計測の平均を代表値とした。歩行中の筋活動は、表面筋電図EMGマスター(小沢医科器械社製)を用い、サンプリング周波数1kHzにて計測した。歩行時にはフットスイッチセンサーを踵に設置し、1歩行周期を同定した。被検筋は大腿筋膜張筋(TFL)、中殿筋(GMED)、大殿筋上部線維(GMAX U)、大殿筋下部線維(GMAX L)とし、筋活動の分析は、積分筋電図(IEMG)分析を用いた。得られたデータから、歩き始めと終わりの2歩行周期ずつを除く、任意の5歩行周期を抽出し、1歩行周期100%に正規化した。そこから10%ごとに積分値を算出し、5歩行周期分加算平均を行った。それらの値を股関節外転、伸展の最大随意等尺性収縮時の積分値で正規化(%IEMG)を行ったものを代表値とした。

そして、CW、MWでの歩行速度、ストライド長、歩行率の違いによる歩行中%IEMGの特徴を対象者ごとに検討した。

【結果】MWにおいて、対象者のうち4名はCWと比較し110～120%歩行速度を上げることができた。残り1名はMWで上昇率194%と大きく速度が上がり、ストライド長の延長よりも歩行率の増加を認めた。その対象者の筋活動は、MWで立脚後期(TSt)から遊脚期(Sw)への移行期にTFLの%IEMGが増加した。

CWからMWでの速度上昇率が110～120%だった4名のうち2名の対象者はストライド長が最も短かった。その2名はMWでTStからSwへの移行期にGMAX Lの%IEMGが増加した。

その他の対象者はCW、MW間での%IEMGの大きな変化はみられなかった。

【考察】FNF患者においてCWと比較しMWで歩行速度を上げることが可能であった対象者においても、MWでTStからSwへの移行期にTFLまたはGMAX Lの過剰な筋活動が生じている場合があった。CWとMWの筋活動を比較することで、FNF患者の歩行の代償戦略を明確にすることができた。

本研究の結果、FNF患者の歩行において、MW時の推進力を生み出すために生じる股関節周囲の代償的な筋活動に着目し評価する必要があることが示唆された。

【結論】FNF患者のMWでの筋活動に着目することで、CWでは潜在化していた問題点を顕在化できた可能性がある。FNF患者においてはCWでの評価のみではなく、MWでの代償的筋活動に着目する必要性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、ヘルシンキ宣言に沿ったものであり、実施に先立ち当院倫理委員会の承認を得た後、すべての被検者に研究の目的と内容を説明し、文書による同意を得たうえで計測を行った。

片脚立位時における上肢への重錘負荷が中殿筋前部線維、中部線維の筋活動に及ぼす影響について～変形性股関節症患者と健常者における比較～

松本 浩希・加納 一則

地方独立行政法人 市立吹田市民病院 リハビリテーション科

Key words / 片脚立位, 中殿筋, 変形性股関節症

【はじめに、目的】中殿筋は解剖学的構造より前部・中部・後部線維に分けられ、各線維の機能が異なる可能性がある。中殿筋の活動を線維別に調査した報告は少なく、健常者と股関節疾患患者の差異については明らかになっていない。今回、片脚立位時(以下、OLS)の中殿筋各線維の活動が変形性股関節症患者(以下、股OA患者)と健常者に違いがあるか表面筋電図を用いて調査することを目的とした。

【方法】対象は、片側股OA患者9名(全例女性、57.7±8.7歳)と健常者9名(男性:8名、女性:1名、23.3±1.9歳)とした。方法は、OLS時、肩外転90°で体重の5%の負荷を立脚側、遊脚側上肢遠位へそれぞれ加えたOLS時(以下、立脚側負荷OLS、遊脚側負荷OLS)の中殿筋前部・中部線維の筋活動量を、表面筋電図(NORAXON社製Myosystem1200)を用いて測定した。測定側は股OA患者がOA側、健常者は右側とした。各線維の電極設置位置は池添らの方法に準じた。各OLS時の筋電波形を整流平滑化処理し、波形の安定している3秒間の積分値を求めた。OLS時の波形を100% differenceとし、立脚側負荷OLS、遊脚側負荷OLS時の% differenceの値を求めた。股OA群、健常群間の各肢位に対応する前部線維と中部線維の比較は対応のないt検定、群内における各肢位の前部線維と中部線維の比較は対応のあるt検定を用い、有意水準は5%とした。

【結果】中殿筋活動量を(前部線維/中部線維)の順に記載する。健常群は立脚側負荷OLS時(81±27.6%/99.5±26.2%)、遊脚側負荷OLS時(124±36.2%/132.6±36.9%)であった。股OA群は立脚側負荷OLS時(69.4±29.8%/71.1±31.6%)、遊脚側負荷OLS時(125.1±32.5%/122.6±29%)であった。群間の比較では有意差を認めず、群内の比較では健常群遊脚側負荷OLS時のみ有意差(p=0.049)を認めた。

【考察】本研究の結果、群間の比較では有意差を認めなかった。これは各線維において股OA群でも健常群と同様の変化が生じたものと推測した。群内の比較で健常群遊脚側負荷OLS時に有意差を認めたのは、重錘負荷により中殿筋の筋活動量が増加し、各線維の機能的な役割が強調されたものと推測した。股OA群で有意差を認めなかったのは、機能分化の破綻が生じたものと推測した。立脚側負荷OLS時に有意差を認めなかったのは中殿筋機能の必要性が低下し、筋全体としての活動量が低下したためと考える。本研究の限界として、対象者数が少ないこと、股OA群の骨盤股関節のアライメントを評価できていないことが挙げられる。今後、対象者数を増やしアライメントとの関係も考慮して再検討する必要がある。

【結論】股OA群の中殿筋各線維は健常群と比較し、機能分化の破綻が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】今回の調査は、ヘルシンキ宣言の規定に従い実施し、研究の趣旨、測定の内容、個人情報取り扱いに関して説明を行った上で研究協力の承諾を得た。また、対象者がどのような判断をしようとも結果に関して不利益も被らないこと、一度承諾した研究への協力についても、無条件に途中で中止できることも併せて説明を行い同意と了承を得た。

反張膝を呈する両側内側型変形性膝関節症の歩行分析 -TKA 前後の荷重応答期に着目して-

本木 涼介¹⁾・久保 秀一¹⁾・瀬尾 和弥¹⁾・高橋 孝多¹⁾
 伊藤 慎英^{2,3)}・大橋 鈴世³⁾・新井 祐志⁴⁾・三上 靖夫^{1,3)}
 久保 俊一^{1,2,3,4,5)}

1) 京都府立医科大学附属病院 リハビリテーション部
 2) 京都府立医科大学 リハビリテーション先進医療開発講座
 3) 京都府立医科大学大学院 リハビリテーション医学
 4) 京都府立医科大学大学院 スポーツ・障がい者スポーツ医学
 5) 京都府立医科大学大学院 運動器機能再生外科学 (整形外科)

Key words / 変形性膝関節症, TKA, 歩行

【はじめに、目的】

内側型変形性膝関節症(膝OA)患者では、膝関節内反変形とともに膝関節の伸展制限を呈することが多いが、中には反張膝を生じる患者も存在する。伸展制限症例の歩行については、正常歩行に比して膝関節の屈伸運動と立脚期伸展モーメントが小さいが、人工膝関節全置換術(total knee arthroplasty: TKA)によりこれらは大きくなり荷重応答能力が改善される、と報告されている。しかし反張膝症例のTKA後の歩行解析に関する報告はこれまでのところ乏しい。

本研究は、反張膝を呈する両側内側型膝OA患者のTKA後の歩行が、伸展制限症例と同等に改善するか否かを検討することを目的とした。

【方法】

対象は両側内側型膝OAで術前の立脚期に反張膝を認めた女性2例とした。歩行評価は、術前と術後約4週に行い、三次元動作解析装置VICON MX(VICON社製)と床反力計(Kistler社製)を用いた。体表に赤外線反射マーカーをPlug-In-Gait modelに則して貼付し、サンプリング周波数120Hzで平地自由歩行を記録した。歩行速度、関節角度、関節モーメントはPlug-In-Gait modelを用いて算出した。術後リハビリテーションはプロトコルに準じた練習(関節可動域・筋力増強・歩行)を約4週間行った。TKA前後で、歩行速度、術後の関節角度と関節モーメントを比較検討した。

【結果】

2例の歩行速度は術前2.8 km/h、2.5 km/hが、それぞれ術後2.5 km/h、3.7 km/hに変化した。2例とも術前の立脚期に膝関節は過伸展し、膝関節屈曲モーメントを示した。術後は荷重応答期に約5度の膝関節屈曲運動を認めた。荷重応答期の膝関節モーメントは、屈曲モーメントから伸展モーメントへと変位し、増減を繰り返しながら大きくなった。

【考察】

反張膝を呈する膝OA患者の歩行では、術前に荷重応答期で膝関節の過伸展と屈曲モーメントがみられたが、TKA後は伸展制限症例と同じように、屈曲運動と伸展モーメントに変化した。一般的に、膝関節モーメントは初期接地時には屈曲から伸展へと1峰性に変位するが、術後4週の反張膝症例では屈曲から伸展へ増減を繰り返す多峰性の変位を認め、円滑な荷重応答能力を獲得できていないと考えられた。荷重応答期に膝関節屈曲運動がみられても、適切な筋出力が発揮されていないと推察でき、立脚期の機能改善に向けた理学療法が課題と考えた。

【結論】

反張膝を呈した両側内側型膝OA患者は、TKA後4週までに、膝関節伸展制限を呈する症例の報告と同様に立脚期における膝関節の屈曲運動と伸展モーメントを認めたが、円滑な荷重応答能力を獲得できていなかった。

【倫理的配慮、説明と同意】

対象者には、本研究の主旨と対象者の権利を説明し、書面にて同意を得た。

大腿義足を用いたペダリング時の座面高が残存筋のクランク回転能力に及ぼす影響 -筋骨格モデルを用いたシミュレーション解析-

沖田 祐介

国立障害者リハビリテーションセンター研究所

Key words / 大腿義足, ペダリング, 筋骨格モデル

【はじめに、目的】

大腿切断者のペダリングは運動量の増大や自転車利用による行動範囲の拡大、社会参加の促進などを目的とする。大腿義足を用いたペダリングでは、股関節周囲筋が生じる股関節伸展トルクで義足を介したクランクを回転させる必要があり、膝・足関節周囲筋を有する非切断肢より力源が制約される。股関節周囲筋のクランク回転能力は下肢とペダルの位置に依存し、自転車形状や乗車姿勢が影響すると考えられる。しかしその影響の程度は不明であり、大腿切断者に対する自転車練習・適合法は未確立である。本研究では調整が容易な乗車時の座面高に着目し、筋骨格モデルを用いたシミュレーションで座面高が股関節周囲筋のクランク回転能力に与える影響を評価した。

【方法】

既存モデル(Lai et al., 2017)から骨盤、大腿、膝継手-足部-ペダル、クランクの4部位と22の股関節周囲筋モデルからなる筋骨格-クランクモデルを作成した。4部位とクランク-地面間は蝶番関節、骨盤-地面間を不動関節で連結し、膝伸展角度を制限することで実質的なモデルの自由度はクランク角で姿勢を決定できる1自由度とした。大腿直筋とハムストリングスは大腿遠位端に停止部を移行した。座面チューブ角は74°、クランク長は17cmとし、股関節-クランク回転中心の距離を座面高、股関節-膝関節-ペダル中心の距離82.5cmを下肢長とした。座面高を下肢長の1%刻みに変化させ、ペダリングを1週(上死点0°から順方向に360°のクランク角)達成可能な座面高のモデルと対応する動作を得た。得られたモデルと動作から、ペダリング時に股関節伸展運動が発生する範囲(伸展相)と各筋が1Nの力を発揮した際にクランクの順方向回転に生じる角加速度(クランク回転能力)を求め、座面高増減に伴う変化の傾向を調べた。解析には筋骨格モデル解析ソフトウェアOpenSimと数値計算ソフトウェアMATLABを用いた。

【結果】

座面高が下肢長の77-83%である7条件のモデルと対応する動作を得た。全条件の伸展相の開始角度は範囲18-19°、終了角度は範囲178-189°であった。座面が低いほど伸展相の終了角度は大きく、対応して大内転筋遠位部、大・中殿筋、ハムストリングスのクランク回転能力を有するクランク角度の範囲が拡大した。長・短内転筋と大内転筋近位部は伸展相前半にクランク回転能力を有し、中・小殿筋は伸展相後半に大きなクランク回転能力を有していた。

【考察】

座面高は伸展相の終了角度に特に影響し、座面が低いほど股関節伸展トルクがクランクを回転できるクランク角の範囲が大きいことが示唆された。大殿筋、ハムストリングスに加え大腿内転筋群と中・小殿筋がそれぞれ異なるクランク角度で大腿切断者のペダリングに貢献可能であり、ペダリングでは各筋群の機能を念頭に置くことが有用と思われる。

【結論】

大腿義足でのペダリングでは座面を低くすることで、より残存筋を活用しペダリングできる可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究では学術利用を想定し出版・公開されているモデルを元にシミュレーション解析を行ったため、倫理上の問題は発生しない。

三次元動作解析システムを用いた起き上がり動作の定量的解析～若年者と高齢者における角度情報の比較～

渡邊 哲朗^{1,2)}・荻原 久佳³⁾・添田 健仁¹⁾・藤原 孝之^{2,4)}
吉田 宏昭²⁾

1) 郡山健康科学専門学校
2) 信州大学大学院 総合工学系研究科
3) いわき明星大学 地域連携センター
4) いわき明星大学大学院 理工学研究科

Key words / 起き上がり, 三次元動作解析システム, 高齢者

【はじめに、目的】

近年、起き上がり動作に関連した定量的な解析が報告されるようになったが、若年者における報告のみであり、高齢者における報告は行われていない。起き上がり動作時の角度情報を若年者と高齢者と比較することは、機能回復へ発展させるために有益な情報をもたらすと考えられる。そこで、本研究の目的は、起き上がり動作時の角度情報を若年者と高齢者と比較、検討することとした。

【方法】

対象は、整形外科系疾患ならびに中枢神経系疾患の既往がない健康男性14名(19～24歳)、健康高齢者16名(男性8名、女性8名、65～74歳)を対象とした。対象の身体部位計26カ所に赤外線反射マーカを貼付し、マーカ情報を三次元動作解析システム(Mac 3Dsystem, Motion Analysis社)にて計測した(frame rate, 100Hz)。起き上がり動作は、対象の自由な方法および速度にて5回行った。プラットホーム上背臥位から口頭合図("Ready go")より開始し、プラットホーム右側へ端座位になり、起き上がりが終了したと本人が感じた時点で「はい」と返事をするよう指示した。解析範囲は、口頭合図から本人が返事をするまでとし、若年群と高齢群の対象の中で最もデータ点数の短いサンプルを基準としてデータ点数による正規化を行った。5回の起き上がり動作時の頸部右回旋・屈曲伸展、体幹右回旋・屈曲伸展、左右肩関節外転・屈曲伸展、左右肘関節屈曲の最大角度と最大角度まで到達するタイミング(以下、到達タイミング)の平均値をそれぞれ代表値とした。統計解析は、若年群と高齢群における最大関節角度と到達タイミングの違いについてMann-Whitney検定を用いた。有意水準は5%とした。

【結果】

若年群と高齢群における最大関節角度は、若年群に比して高齢群で有意に左右肩関節伸展・右肘関節屈曲で大きく、体幹屈曲・伸展で小さかった。また、到達タイミングは、頸部右回旋、左右肩関節外転、左肘関節屈曲において、高齢群が若年群より有意に早かった。

【考察】

最大関節角度の比較結果より、高齢者では体幹運動機能の低下を上肢の代償によって補っていることが推察された。また、頸部の右回旋の到達タイミングは高齢群で若年群より有意に早かった。これは、起き上がり動作としてプッシュアップを選択する高齢者が多かったことが関係していると考えられる。プッシュアップ動作を行うことにより、頭部の位置に対して上部体幹が左後方に残りやすく、相対的に頸部回旋のタイミングが早くなったと考えられる。また、左右肩関節を動作開始時より外転させることにより高齢者では支持基底面を早期より広げる戦略を用いる可能性が示唆された。

【結論】

本研究の結果より、起き上がり動作を評価する際には、頸部や体幹のほか、両上肢の使用法への着目が重要であることが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、学校法人こおりやま東都学園倫理委員会の承認(承認番号:R1502)を得た上で、ヘルシンキ宣言に準拠して行った。また、研究に関する主旨および個人情報の保護等に関して、口頭ならびに書面にて十分説明し同意を得た。

起き上がり動作時の脊柱分節性が得られる条件の検討 - 瞬間回転中心を用いた検討 -

渡邊 郁海¹⁾・田中 和哉²⁾

1) 医療法人社団 明芳会 横浜新都市脳神経外科病院
2) 帝京科学大学 医療科学部 理学療法学科

Key words / 瞬間回転中心, 脊柱, 分節性

【はじめに、目的】

臨床において脊柱の分節性が失われている症例を多く経験する。このような症例では体幹を剛体として動作を行う為、効率性が低下するケースが多い。治療にて起き上がり動作の初動を頭部屈曲位とすることで分節性が再建される経験が多い。本研究はこの経験の検証を目的とし脊柱の分節性が得られることで頭部、胸骨の瞬間回転中心(instantaneous center of rotation 以下ICR)も頭側から徐々に尾側へ移行すると仮説を立て検証した。

【方法】

健康成人男性12名(168.5cm±5.37)を対象とした。3次元動作解析装置VICON-MX(サンプリング周波数100Hz)を使用し、頭部(頭頂部、耳垂)、胸骨(胸骨切痕、剣状突起)の4カ所にマーカを貼付した。計測課題、方法はMMTにおける体幹屈曲段階3の動作を行い、そのまま体幹を引き起こして長座位を終了肢位とした。運動開始時の頭部運動をMMTにおける頭部屈曲、頸部屈曲の2条件に規定した。各条件を3施行行い平均値を算出した。動作の所要時間を100%とし10%ずつICRの平均値を算出した。

【結果】

頭部におけるICRの矢状面座標は、動作開始時から20%から40%の時点で頭部屈曲の方が約17.0cm頭側に位置していた。(P<0.05) 胸骨では0%から30%の時点で頭部屈曲の方が約8.6cm頭側に位置していた。(P<0.05)

また頭部にて動作開始から60%の時点で頭部屈曲の方が尾側に位置する傾向が見られた。(0.05<P<0.10)

【考察】

頸椎、胸椎の分節性が低下し剛体として運動した場合、腰椎、股関節の屈曲が大きくなり、ICRは早期に尾側へ移行していくと考えられる。反対に分節的に上位頸椎から屈曲することでICRの尾側への移行は遅延すると考えられる。その為、本研究の結果から頭部屈曲における動作の初期においてICRがより頭側に位置していたことから頸椎、胸椎が分節的に屈曲したと考える。

起き上がり動作時ICRが支点になると考えられる。脊柱が剛体となりICRが早期に尾側へ移行すると、持ち上がっている体節の重心と支点の距離が延長し力学的に不利となると考えられる。その為ICRの尾側への移行を緩徐にすることで動作が効率的になると考えられる。

また動作の後半において頭部屈曲にて頭部のICR位置が尾側へ位置する傾向が見られた。頭部屈曲運動により構築された脊柱分節性が体幹の立ち直り反応を誘発し、それに伴い頭部が伸展した為であると推測した。

【結論】

本研究を通じて起き上がり動作開始時に頭部屈曲運動を行う事で、頸椎、胸椎の分節性の構築に寄与していることが示唆された。またそれに伴い動作の後半において体幹の立ち直り反応を誘発している可能性が考えられた。

【倫理的配慮、説明と同意】

被験者にはヘルシンキ宣言に則り書面と口頭にて説明を行い同意を得た。

多関節協調パターン変化と力の相互作用からみた片麻痺患者の立位姿勢制御

宮澤 拓¹⁾・平田 恵介²⁾・埜 大樹^{2,3)}・園尾 萌香^{2,4)}・鶴田 歩^{1,2)}
 国分 貴徳⁵⁾・金村 尚彦⁵⁾

1) 上尾二ツ宮クリニック
 2) 埼玉県立大学大学院 3) 日本学術振興会特別研究員
 4) 理化学研究所 CBS トヨタ連携センター
 5) 埼玉県立大学保健医療福祉学部理学療法学科

Key words / 立位姿勢制御, 多関節協調, Induced Acceleration Analysis

【はじめに、目的】静的立位では身体重心 (COM) 加速度の大小が個人の姿勢制御能をよく反映することが知られており、COM 加速度を最小化するように立位姿勢が制御されていると考えられる。そのためには多関節が協調して各体節の加速度を相殺し合う必要があるが、体節に生じる加速度は隣接する関節から生じるトルクの影響を受けるため、単関節の挙動を観察するのみでは姿勢制御の全容を知ることにはできない。今回片麻痺患者を対象とし力の相互関係を明らかにすることで、立位姿勢の不安定性を検証した。

【方法】健常成人 (young)8 名、独歩自立している片麻痺者 (hemi)9 名を対象とし、開眼閉眼交互に静的立位を保持させ、その際の身体動揺を三次元動作解析装置 VICON と床反力計にて計測した。立位姿勢を体幹-下肢の 2 セグメントモデルとし、ankle と hip の角度を算出、矢状面の運動を解析した。hemi は麻痺側、young は右側を解析対象とした。ラグランジュの運動方程式を用い ankle, hip の筋トルクと重力トルクを算出し、Induced Acceleration Analysis (IAA) を用いて、両関節から生じるトルクから自身の関節、及び他方の関節へと波及する角加速度を算出した。トルク・角加速度及び COM 加速度を root mean square (RMS) で定量化するとともに、加速度成分を相互相関解析にかけ、同位相か逆位相かの判断をし相殺関係を検証した。統計解析は群間と視覚条件で二元配置分散分析を行った。

【結果】hemi のうち 1 名は左右荷重比が大きく異なったため解析から除外した。COM 加速度は hemi で有意に高値であり (young ; 1.29cm/sec², hemi ; 1.60 cm/sec²)、閉眼により両群ともに増大した (開眼 ; 1.14cm/sec², 閉眼 ; 1.74 cm/sec²)。Ankle-hip の角加速度では hemi で逆位相関係が有意に弱かった (young ; -0.72, hemi ; -0.41)。両群ともに閉眼で逆位相関係が弱まる点は共通していた。hemi では hip で生成される筋トルクが大きく (young ; 0.07Nm/kg, hemi ; 0.13Nm/kg)、それが ankle・hip に大きな角加速度を生じさせた (ankle : young ; 19.1deg/sec², hemi ; 33.6deg/sec², hip : young ; 50.2deg/sec², hemi ; 98.7deg/sec²)。また ankle 由来の総トルク及び hip 由来の総トルクが ankle 角加速度を有意に増大させた (young ; 1.12deg/sec², hemi ; 1.41deg/sec²)。

【考察】hemi では麻痺側の ankle-hip の角加速度成分の逆位相関係が崩れており、それが COM 加速度増大につながる。麻痺側で生成される筋トルクは hip 優位であったが、それが ankle に波及して生じる際の角加速度が十分に相殺されず、結果 ankle 回りに大きな角加速度を生じさせ、全身的な COM 挙動の不安定性につながっていると考えられた。

【結論】体節に生じる加速度は他関節からの力の相互作用を相殺することで調整される。片麻痺は個々の関節の障害に加えて、それらの補償関係が崩れることが姿勢制御系の問題につながる事が示唆された。今後は前顔面上の偏りが少ない高齢者を対象に検討していく必要がある。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言に則り、大学倫理審査委員会の承認を得て行った (29502 号)。被験者には事前に実験に関する説明を行い、同意書への署名を得た。

ドロップジャンプ動作における足部の衝撃吸収と跳躍に着目した運動学的分析 -修正マルチセグメントフットモデルを用いた検討-

松本 優佳^{1,2)}・国分 貴徳³⁾・埜 大樹²⁾・小林 章²⁾
 金村 尚彦³⁾

1) 越谷誠和病院
 2) 埼玉県立大学大学院
 3) 埼玉県立大学

Key words / マルチセグメントフットモデル, ドロップジャンプ, 角度

【はじめに、目的】ドロップジャンプ動作は着地後すぐに垂直跳躍を行う動作である。通常のジャンプ動作よりも関節にかかる負荷が大きいため、下肢関節の靭帯損傷のようなスポーツ急性外傷につながりやすいと言われている。しかし、最も衝撃の加わる足部の運動学的分析を行った研究は少なく、更に足部を多関節に分割し詳細に検討したものは存在しない。

近年足部を多関節として扱うモデルが増加してきている。特に Leardini ら (2007) が提唱するモデル (以下、LFM) は臨床的関連性が高く、いくつかの研究によってその信頼性が証明されている。その後、Portinaro ら (2014) によって LFM のいくつかの点を修正したモデル (以下、MLFM) も開発されたため、ドロップジャンプ動作への応用妥当性を検証する必要がある。

本研究の目的は、LFM と MLFM を用いてドロップジャンプ動作時の衝撃吸収と跳躍における足部内運動を調査し、MLFM において追加しない変更された点を LFM と比較、検討することである。

【方法】健常成人 10 名を対象に 40cm 台からのドロップジャンプ動作を計測した。運動学データの取得には三次元動作解析装置 VICON を用いた。被験者には multi segment foot model (LFM, MLFM) と同装置内蔵の plug-in gait full body モデルを組み合わせて反射マーカーを貼付した。解析区間は着地から床反力のピーク点 (衝撃吸収相)、床反力のピーク点から垂直跳躍するまで (跳躍相) の 2 相に分けて時間正規化を行った。角度算出には動作解析ソフト Vidual3D を用いて、母趾、前足部、中足部、後足部、下腿のセグメント間角度、第 1, 2, 5 趾、MLA の平面角度を算出した。モデル間の比較には wilcoxon の符号順位検定 (有意水準 p<0.05) を用いて検討した。

【結果】MLFM では母趾と前足部の 3 次元角度の算出が可能であった。母趾-前足部の角度 (° ± SD) (衝撃吸収相 / 跳躍相) は (X 軸) -5.02 ± 0.56 / -4.57 ± 0.38, (Y 軸) 4.02 ± 0.71 / 3.36 ± 0.47, (Z 軸) 2.31 ± 1.13 / 3.44 ± 1.27 であった。踵骨の回内外角度は 7.20 ± 5.22 / 10.46 ± 7.04 であり、MLFM の方が有意に増大した (p<0.05)。踵骨の回内は床反力のピーク後に最大となった。MLA は 3.21 ± 2.60 / 1.74 ± 3.96 であり、MLFM の方が有意に増大した (p<0.05)。

【考察】MLFM では踵骨のマーカーを増やし、回内外における下腿と踵骨の軸の変更を行うことで、LFM よりも詳細に踵骨の回内外の運動を捉えることが可能となったと考えられる。また床反力のピーク後に踵骨は回内することでより衝撃を吸収しやすい肢位となったと考えられる。

【結論】LFM と MLFM を用いて、ドロップジャンプ動作時の衝撃吸収と跳躍における足部内運動を調査することが可能であった。本研究の結果は、衝撃吸収と跳躍に寄与する足部機能を解明する一助となり得る。また足部の動作解析において LFM よりも MLFM を用いた方が回内外の運動をより詳細に捉えることが可能であることが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は、ヘルシンキ宣言に基づいて実施した。また、本研究は埼玉県立大学倫理委員会の承認を得て実施した。すべての被験者に研究の主旨と内容の十分な説明を口頭及び書面にて行い、文書による同意を得た。

側方ホップの方向による膝関節外反モーメントの大きさの違い

伊藤 渉¹⁾・加賀谷 善教²⁾・川原 貴³⁾・江玉 睦明¹⁾

1) 新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所

2) 昭和大学

3) 国立スポーツ科学センター

Key words / 膝前十字靭帯損傷, 側方ホップ, 膝関節外反モーメント

【はじめに、目的】膝前十字靭帯 (ACL) 損傷の運動学的なリスクとして膝関節外反モーメントの増大があげられる。Drop vertical jumpなどの着地動作では膝関節外反角度の増大と膝関節外反モーメントの増大との関連が報告されている。ACL 損傷の予防トレーニングやACL 再建術後のリハビリテーションでは、競技動作で生じる横方向の動作を課すことは少なくない。横方向の動作のひとつとして側方ホップがあるが、側方ホップにおける膝関節外反モーメントの大きさについての報告は少なく、動作指導では膝関節外反角度の評価に終始することが多い。ACL 損傷の運動学的リスクである膝関節外反モーメントの大きさを考慮した動作指導の一助とするため、本研究では側方ホップの方向による膝関節外反角度と膝関節外反モーメントの大きさの違いを明らかにすることを目的とする。

【方法】対象は健康男性 21 名 42 脚 (年齢 20.9 ± 2.8 歳, 身長 171.6 ± 4.0cm, 体重 75.4 ± 7.1kg) とした。動作課題として内方向と外方向への片脚ホップを設定した。片脚ホップは片脚立位から各方向に向けて 75cm の距離をジャンプし同側片脚で着地後、静止するよう指示した。動作解析は 3 次元動作解析装置を用い 200Hz にて計測し、1000Hz で計測した床反力計を同期させた。足部接地から 500ms までの膝関節外反角度、外的な膝関節外反モーメントを算出し、最大値を結果として用いた。算出したモーメントは体重で除し、標準化した。膝関節外反角度の平均値の差の比較について対応のある t 検定、膝関節外反モーメントの平均値の差について Wilcoxon の順位和検定を用い統計学的解析をおこなった。有意水準は 5% とした。

【結果】膝外反角度は内方向 18.8 ± 6.7 度, 外方向 16.8 度 ± 5.7 度であった。膝外反角度について内方向は外方向に比べ有意に大きかった ($p < 0.05$)。膝外反モーメントは内方向 -0.17 ± 0.24Nm/kg, 外方向 0.48 ± 0.36Nm/kg であった。膝外反モーメントについて外方向は内方向に比べ有意に大きかった ($p < 0.05$)。

【考察】外方向への片脚ホップは内方向に比べ膝関節外反角度は小さいにもかかわらず、膝関節外反モーメントは大きいことがわかった。側方ホップなど横方向の動作における動作指導では、膝関節外反角度といった運動だけでなく、膝関節外反モーメントといった力を考慮して評価をおこなう必要があると考えられる。今後の課題として、外方向への片脚ホップにおける、膝関節外反モーメントを増大させる運動学的な因子を明らかにすることがあげられる。

【結論】側方ホップにおける膝関節外反モーメントについて、外方向が内方向に比べて大きく、運動だけでなく力を考慮して動作を実施する必要があることが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は国立スポーツ科学センター倫理委員会の承認を得て実施した (承認番号: 第 012 号)。ヘルシンキ宣言に則る倫理委員会の規定に基づき、被験者に本研究の主旨を口頭および書面にて説明し、内容を十分に理解した上で書面にて実験への参加の同意を得た。得られた個人情報は、分析前に匿名化を行い、個人の特定に影響が及ばないよう配慮した。

左右方向の床外乱に対する力学的バランス回復方略の検討

後藤 拓也^{1,2)}・井村 祥子²⁾・樋口 貴広²⁾

1) 医療法人杏林会八木病院 2) 首都大学東京人間健康科学研究科

Key words / バランス回復, 床外乱, 関節トルク

【はじめに、目的】左右方向の外乱に対して早期にバランスを回復することは、転倒を防ぐために重要である。しかし、バランス回復に寄与する力学的方略の詳細は明らかではない。左右方向の床外乱に対してステップせずにバランスを回復する際、前額面内の全身角運動量の減少には下肢の関節トルク発揮による床の押し返しが関与し、その作用が不十分な場合は他の身体部位を用いる代償運動が起こると推測される。この推察の妥当性を検証するため、本研究では左右方向の床外乱に対する初期姿勢反応の力学的特性を測定した。

【方法】実験参加者は健康若齢者 20 名であった。参加者は転倒防止用のハーネスを着用し、2 枚の床反力計を載せた床外乱装置の上に立ち、左右外乱に対して転倒しないよう反応した。外乱強度は外乱装置の加速度を 0 及び大中小 (5.49-17.0m/s²) の 3 段階に設定し、各方向及び外乱強度を 3 試行ずつランダムに実施した。外乱装置での床外乱への対処の様子を、12 台の三次元動作解析カメラ及び床反力計で記録した。算出項目は前額面内の角運動量と関節トルク及び床反力水平成分とした。データ解析は床外乱高速条件の試行で行った。転倒側の脚による床の押し返しのピーク (床反力水平成分ピーク値) よりも全身の角運動量ピークが早い試行 (早期化試行) と遅い試行 (遅延化試行) に群分けし、床反力水平成分の左右ピーク間での関節トルクを群間で比較した。統計学的有意水準は 5% とし、統計ソフトは R version 2.8.1 を使用した。

【結果】全 60 試行のうち計測上の問題で分析できなかった 5 試行を除く 55 試行を分析した。内訳は早期化試行 49 試行、遅延化試行 6 試行であった。床反力水平成分のうち転倒方向成分の積分値は遅延化試行で有意に小さな値であった。また左右の床反力が切り替わる区間における関節トルクは、早期化試行に比べて遅延化試行で体幹の右傾トルクおよび肩関節トルク (右肩内転, 左肩外転) のピーク値が有意に大きく、足関節トルク (左右回外) のピーク値が有意に小さい結果となった。股関節トルクに両群間で有意な差は認められなかった。

【考察】左右床外乱に対する前額面内の全身角運動量の減少には、下肢関節トルク発揮による床の押し返しが関与し、その作用が不十分な場合は他の身体部位を用いる代償運動が生じるとした推測と合致する結果となった。早期化試行は、主に足関節のトルク発揮により床反力を適切に作用させることでバランス回復を行っていた。遅延化試行では、足関節トルク発揮が不十分なため早期に全身の角運動量を減少させることができず、代償戦略として上半身の関節トルク発揮によって角運動量を減少させていることを示唆した。

【結論】左右方向の床外乱においてステップすることなく早期にバランス回復するためには足関節トルク発揮が重要であり、トルク発揮が不十分な場合、上半身を使って制御することでバランス回復を行っていることを示唆した。

【倫理的配慮, 説明と同意】本発表はヘルシンキ宣言に基づき、参加者に、研究の目的、方法、心身への影響、参加中止の自由について説明を行い、実験参加者本人から研究内容への同意と実験参加への承諾を紙面にて得た。また、本研究の手続きは、首都大学東京研究安全倫理委員会により審査を受け、承認された (承認番号 29-89)。

側臥位からの起き上がり動作時の肩甲骨周囲筋特性

大山 祐輝^{1,2)}・山路 雄彦²⁾

- 1) 医療法人社団 日高会 日高リハビリテーション病院
2) 群馬大学大学院保健学研究科

Key words / 起き上がり動作, 肩甲骨周囲筋, 表面筋電図

【はじめに、目的】側臥位からの起き上がり動作時の下側の四肢位置は、先行研究より肩関節を60°屈曲位に設定することが望ましいとされる。しかし、実際の臨床場面においては、ベッド幅の狭さや、側臥位となる際にベッド柵を用い上肢を引き込み、側臥位での肩関節屈曲位が、60°以下になっていることが多い。また、筋電図学的研究では、腹筋群を着目したものが多い。そこで、本研究では、異なる肩関節屈曲位での側臥位からの起き上がり動作における、肩甲骨周囲筋特性を明らかにすることを目的とした。

【方法】整形外科の疾患の既往がない、健康成人男性13名を対象とした。対象動作は右側臥位からon elbowまでの起き上がり動作とした。施行条件は、開始股位より①肩関節屈曲0°(条件①)、②肩関節屈曲60°(条件②)とした。条件①は、肘関節は90°屈曲位とした。施行時間は、1secに設定した。各条件を3施行ずつ実施した。筋活動は表面筋電計(日本光電社製:WEB-7000)を用いて測定した。導出筋は、右側の三角筋後部線維、僧帽筋中部線維、僧帽筋下部線維、左側の外腹斜筋の4筋とした。表面筋電図はサンプリング周波数1000HzでA/D変換した。動作時より得られた各対象筋における筋電図波形は、最大随意収縮(maximum voluntary contraction; 以下、MVC)発揮時の積分値で除することによって筋活動量(以下、%MVC)を求めた。角度に関して、各条件での動作終了時の右肩関節外転角度を測定した。解析方法に関して、条件間の比較にて①動作開始後0.1sec、②筋収縮ピーク前後0.1sec、③動作終了後1secの各筋の%MVCを対応のあるt検定にて比較した。有意水準は5%とした。

【結果】動作開始後0.1secに関して、全ての筋の筋活動量に有意差を認めなかった。筋収縮ピーク前後0.1secに関して、僧帽筋下部線維のみ、条件①(43.2%)が条件②(24.4%)と比較して有意に筋活動量が大きかった。動作終了後1secに関して、全ての筋において、条件①は条件②と比較して有意に筋活動量が大きかった。動作終了時の右肩関節外転角度は、条件①(37.9°)は条件②(61.0°)と比較し有意に小さかった。

【考察】条件①の動作は条件②と比較し、筋収縮ピーク時に肩甲骨は上方回旋へ作用し、それを制御するために僧帽筋下部線維の活動が高まったと考えられる。また条件①は動作終了時の肩関節外転角度が小さく、すなわち支持基底面が条件②と比較し小さくなり、on elbow 股位保持により大きな筋活動を要することが考えられた。

【結論】上肢を引き込んだ状態での側臥位からの起き上がり動作は、肩甲骨の固定や股位保持に大きな筋活動を必要とするため、四肢位置の調整や、体幹だけでなく肩甲骨周囲筋の筋力強化が必要であることが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究を行うに当たり、医療法人社団日高会日高病院の医療倫理委員会の承認を得た(承認番号:126)。全ての対象者には、ヘルシンキ宣言に従い、本研究の目的、方法、利益、リスクなどの口頭および文書で説明し同意を得た。なお、同意は本人のサインをもって研究参加に同意したものと判断した。また、収集したデータは機密情報として扱い、研究者のコンピュータ内のみで解析され、研究者のみが知る登録番号で管理されることに加え、参加するかしないかは完全に本人の自由意志であることも加えた。

体幹回旋運動を伴う連続的な起き上がり動作のセグメント角運動量の解析

西守 隆¹⁾・浦田 達也²⁾

- 1) 関西医療学園専門学校 理学療法学科
2) 神戸医療福祉大学 社会福祉学部

Key words / 起き上がり動作, 3次元動作解析, 角運動量

【はじめに、目的】

本研究は、身体を頭部、右上肢、左上肢、上腕、下腕、右下肢および左下肢にセグメントを区分し、起き上がり動作における各セグメント運動の角運動量を算出して、起き上がり動作において身体重心に作用する各セグメントの貢献度を知ることで、起き上がり動作時の身体運動の力学的機能を考察する。

【方法】

Sarnacki(1985)の分類による初動に上半身の体幹回旋運動を伴う起き上がり(Roll Off)をした5名を選定し、本実験の被検者とした。被検者の平均年齢は23.6±3.8歳であった。各被検者が遂行した起き上がり動作をカメラで撮影し、その動画をFrame-Dias Vで身体を15個の剛体になるようにデジタイズしてリンクセグメントモデルを作成した。

全身の角運動量の算出方法は、湯(1995)による手法を用いた。座標系は静止座標系で、X軸周りは背臥位から寝返りする方向、Y軸周りは背臥位から対称的に起き上がる方向、Z軸周りは上から見て反時計回りである。各被検者の起き上がり動作におけるセグメント別の角運動量を時間正規化後に加算平均し、時系列的な角運動量変化を視覚化した。数量化のために、起き上がり動作の前半(Pivotが始まる前)と後半(Pivot以降)までに区分し、全身の角力積に対する各セグメント角運動量の貢献度を算出した。

【結果】

右側への起き上がり動作前半について、Y軸周りの各セグメントの貢献度は、右下肢の振り下ろしと頭部の屈曲がそれぞれ45%、23%であった。Z軸周りの各セグメントの貢献度は、右下肢を外転方向の運動が77%であった。

起き上がり後半において、X軸周りの各セグメントの貢献度は、上腕が44%であった。Y軸では右下肢と左下肢でそれぞれ34%と30%であった。Z軸では右下肢の外転運動が36%、左下肢を内転する動きが37%であった。

【考察】

これまで起き上がり動作での下肢の関与として、下肢を空中に保持して重力による影響下におくことで上半身離床するためのモーメントに関与していると言われていたが、本研究の結果からY軸で両下肢の角運動量が大きいことから、下肢のダイナミックな運動が上半身の離床に貢献していることがわかった。またZ軸の水平面のPivotに関しても、下肢のダイナミックな左右脚の協調された動きによってもたらされていることと考えられた。

【結論】

上半身の離床および水平面上の回転には、下肢の運動量の関与が大きいことがわかった。これらのことから、下肢の空間上に自由に制御することが難しい症例においては、体幹回旋しながら連続的に端坐位になる起き上がり方略は難しくなると言える。

実験の限界として、本研究では肘部や手部でベッドを押すなどの効果は計測されていないため、上肢を支持した時に受ける反作用による身体重心周りの角運動量への影響は無視できない。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究内容は本学の倫理委員会の承認を受けている。本研究に際して参加した被検者全員に、研究の内容を説明し同意を得ている。

股関節内外旋運動が体幹筋に及ぼす影響

中井 雄貴^{1,2)}・川田 将之³⁾・宮崎 宣丞¹⁾・木山 良二³⁾
井尻 幸成²⁾

- 1) 鹿児島大学大学院保健学研究科 2) 霧島整形外科
3) 鹿児島大学医学部保健学科学療法学専攻

Key words / 体幹筋, 筋電図, 超音波画像診断装置

【はじめに、目的】

体幹筋は歩行やADLで重要な役割を果たすことが知られている。腰痛や脊椎の術後等において、体幹筋のトレーニングは必須であるが、体幹の運動を伴わずにトレーニングすることが必要な場合がある。また、日常生活では体幹筋単独で活動することは少なく、下肢と機能的に連動して活動することが多い。背臥位における片側の股関節の内外旋運動は、骨盤を固定するために体幹筋の活動が必要であり、トレーニングとして活用できると考えられる。本研究の目的は、健常者を対象に背臥位における股関節内外旋運動が体幹筋に及ぼす影響を明らかにすることである。

【方法】

対象は健常成人20名とした。膝関節90°屈曲位の背臥位における片側の股関節内外旋の等尺性収縮、及びクランチと片側下肢自動伸展挙上(ASLR)における体幹筋の活動を比較した。なお、股関節内外旋の等尺性収縮は左右股関節それぞれで行い、抵抗は大腿骨内外側上顆に加え80Nに統一した。

体幹筋の活動の分析には、表面筋電計(EMG)および超音波画像診断装置(エコー)を用い、活動電位と筋厚を測定した。分析対象は右側の外腹斜筋、内腹斜筋、腹直筋(EMGのみ)、腹横筋(エコーのみ)、多裂筋(EMGのみ)とした。活動電位は最大随意収縮時の活動電位で正規化し、筋厚は安静時の筋厚で除し正規化した。

事前に、筋活動と筋厚の最小可検変化量を算出した。統計学的検定には反復測定の一元配置分散分析もしくはFriedman検定、および多重比較検定を用い比較した。有意水準は5%未満とした。

【結果】

右内腹斜筋の活動電位は、右股関節内旋 $20.8 \pm 11.6\%$ と左股関節外旋 $13.7 \pm 9.0\%$ ($p < 0.001$)、右外腹斜筋は右股関節外旋 $11.6 \pm 9.2\%$ 、左股関節内旋 $11.2 \pm 9.2\%$ ($p < 0.001$)で最も高い値を示した。また、右腹直筋はクランチ $17.2 \pm 7.3\%$ ($p < 0.001$)、右多裂筋は右股関節内旋 $25.7 \pm 13.4\%$ と左股関節外旋 $22.8 \pm 12.5\%$ ($p < 0.001$)で高い値を示した。

右内腹斜筋の筋厚は活動電位とほぼ類似した傾向を示したが、外腹斜筋の筋厚は一部に筋活動と異なる傾向を示した。右腹横筋の筋厚は、右股関節内旋 $144.5 \pm 27.4\%$ と左股関節外旋 $129.2 \pm 25.7\%$ で高値を示した($p < 0.001$)。活動電位および筋厚で観察された差は、最小可検変化量よりも大きかった。

【考察、結論】

本研究の結果より、片側股関節の内外旋運動はクランチやASLRよりも有意に同側の内腹斜筋と多裂筋、対側の外腹斜筋を活動させることが示された。これは、片側の股関節の回旋運動に抗して骨盤・体幹を安定させるためにカウンターとして、体幹筋群の活動が必要とされるためである。片側の股関節内外旋の負荷を利用した運動は、下肢と体幹を連動させる通常の運動に近似した筋活動を促すトレーニングとして利用可能と考えられる。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は鹿児島大学医学部疫学研究等倫理委員会の承認(No 170116)を得たものである。ヘルシンキ宣言に則って研究計画の説明を行い、書面にて同意を得た後に研究を実施した。

物体の配置が歩行中の障害物回避行動に及ぼす影響

近藤 佑亮¹⁾・志水 宏太郎²⁾・木原 由里子²⁾・伊藤 一成³⁾
田井 啓太⁴⁾・樋口 貴広⁵⁾・古名 丈人⁶⁾

- 1) 東区役所前整形外科 2) 札幌医科大学大学院 保健医療学研究科
3) 旭川リハビリテーション病院
4) 医療法人社団豊生会 元町ひまわりクリニック 通所リハビリテーション
5) 首都大学東京 人間健康科学研究科 ヘルスプロモーションサイエンス学域
6) 札幌医科大学 保健医療学部 理学療法第一講座

Key words / 回避行動, 側方空間マージン, 三次元動作解析装置

【はじめに、目的】

日常生活では歩行中に障害物を避ける機会が多く、その際歩行者は体幹の回旋や歩行路変更を行うと考えられている。この障害物回避行動における運動学的戦略の選択は、環境に影響を受けることが先行研究で既に示された。しかしながら障害物の位置や回避方向の違いが回避行動の運動学的戦略に与える影響や、単一の障害物に対する回避行動が発生するクリティカルポイントは十分に明らかにされていない。そこで本研究では障害物の位置や回避方向の違いに伴う回避行動戦略を検討すると共に、単一の障害物に対する回避行動のクリティカルポイントを明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象は健常若年成人10名とした。計測には三次元動作解析システムVICON(VICON社)を用い、身体各部に貼付された三次元反射マーカの軌跡から障害物通過時の、対象者の障害物との側方空間マージン、体幹の回旋角度、スタートから障害物通過までの側方移動距離を求めた。対象者は通常歩行を測定した後、前方に様々な位置条件(正面、自己身体幅の1.0倍外側、1.5倍外側、2.0倍外側)で設置された障害物に対し右または左方向に回避する歩行をそれぞれ3試行ずつ行った。全ての統計解析にはSPSS statistics 21(IBM社)を用い、歩行条件および回避方向を要因とした繰り返しのある二元配置分散分析を行い、有意差が認められた項目については、その後の検定としてSidakの多重比較検定を行った。有意水準は5%とした。

【結果】

スタートから障害物通過までの側方移動距離は、障害物の位置が外側に移動する程小さくなり、自己身体幅の2.0倍外側に障害物を設置した条件と通常歩行との間に有意差はなかった。それ以外の3つの位置条件間で障害物との側方空間マージンに有意差はなかったが、いずれの位置条件においても障害物の右側を通過する場合の方が、左側を通過する場合よりも有意に大きく側方空間マージンをとっていた。体幹の回旋角度は、いずれの条件間にも有意差はなかった。

【考察】

体幹の回旋角度と、障害物との側方空間マージンの結果より、単一の障害物に対し回避行動をとる際は空間的な余裕があるため、障害物の位置によらず歩行路を変更して障害物と一定の側方空間マージンを保つ可能性が示唆された。加えて2.0倍条件では通常歩行からの逸脱がほとんど起こらなかったことから、回避行動のクリティカルポイントは自己身体幅の1.5倍~2.0倍外側の位置にあると考えられる。また回避する方向によって側方空間マージンに差があったことから、回避行動には利き手などの身体的特徴が関係する可能性が示唆されたが、詳細は今後検討する必要がある。

【結論】

単一の障害物に対する回避行動では、障害物が正面から自己身体幅の1.5倍以内の範囲で側方にある場合に、障害物と一定の側方空間マージンをとり回避行動が行われるが、その側方空間マージンには自己身体認識の違いが影響する可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言および厚生労働省の「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に則ったものである。対象者には事前に本研究の趣旨や内容を十分説明し、書面による同意を得た上で測定を行った。なお本研究は札幌医科大学倫理委員会の審査を受け、学長に承認された研究である。

肩甲骨姿勢の推定精度向上のための新しい推定方法の検討

松村 葵^{1,2)}・植田 篤史¹⁾・中村 康雄¹⁾1) 同志社大学大学院スポーツ健康科学研究科
2) 株式会社テイクフィジカルコンディショニング

Key words / 肩関節, 肩甲骨, 動作解析

【はじめに、目的】

肩甲骨姿勢は、無侵襲かつ直接測定することが困難である。そこで、肩峰上に Acromion marker cluster (AMC) を貼付し、肩甲骨の姿勢を間接的に測定することで肩甲骨姿勢を推定する Acromial method が用いられる。しかしこの手法では、挙上 120° 以上で推定精度が低下すると報告されている。近年、事前に複数の基準姿勢を測定して上腕骨姿勢に応じた肩甲骨姿勢を回帰式でモデル化し、以後は肩甲骨姿勢を計測せずとも上腕骨姿勢から肩甲骨の姿勢を推定する方法が提案されている。しかし、肩甲骨姿勢と上腕骨姿勢の関係は非線形に対応すると考えられる。また、肩甲骨の姿勢を測定しないため、上腕骨の姿勢に対して一意に肩甲骨姿勢が推定されてしまう。そこで本研究の目的は、AMC の推定誤差を曲面近似で補正することで肩甲骨姿勢を推定し、その精度を評価することとした。

【方法】

健常男性 13 名の右上肢を光学式 3 次元動作解析装置によって測定した。肩峰上に AMC、上腕骨と胸郭には反射マーカを貼付した。肩甲骨特徴点は、触診によって同定し、反射マーカを配置した治具を用いて測定した。測定姿勢は挙上面 0° (前額面)、30°、60°、90° (矢状面) において、挙上角度 0~180° の範囲を 30° 毎に静止させた姿勢とした。また応用姿勢として結髪、前方リーチ、側方リーチ、挙上 45° 位、挙上 135° 位も測定した。本推定方法では、下垂位と各挙上面の挙上 90° 位および 150° 位、最大挙上位の 10 姿勢を事前測定した。これらの AMC 姿勢と肩甲骨姿勢の関係を Thin plate spline を用いて、上腕挙上面と挙上角度を入力変数とする補正モデルを作成した。この補正モデルと AMC 姿勢から肩甲骨姿勢を推定した (TPS 法)。また、比較対象とする回帰モデルを用いた肩甲骨姿勢の推定 (回帰法) は、Rapp らの方法と同等とした (Rapp EA, 2017)。それぞれの方法から推定した肩甲骨姿勢と治具を用いて測定した肩甲骨姿勢との間の誤差を二乗平均平方根誤差 (RMSE) で算出した。

【結果】

TPS 法は回帰法と比較して、挙上面 0~90° の挙上空間内において RMSE は小さく、おおむね 5° 未満であった。また応用姿勢では、TPS 法は結髪、前方リーチで回帰法よりも誤差は大きかったが、その他の姿勢では同程度の誤差 (5° 程度) であった。

【考察】

TPS 法では非線形に補正することで、測定した挙上空間内や応用姿勢の肩甲骨姿勢を精度よく推定できたと考えられる。結髪と前方リーチは、回帰法において回帰式を作成する基準姿勢として用いられているため、回帰法は精度が高くなったと考えられる。

【結論】

AMC と肩甲骨姿勢の位置関係を上腕挙上面と挙上角度を入力変数とした曲線近似を利用することで、肩甲骨姿勢の推定精度を向上させることが明らかとなった。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は同志社大学「人を対象とする研究」の倫理委員会の承認を得て実施した (承認番号: 16028)。対象者には口頭と書面にて説明を行い、書面による同意を得て研究を実施した。

片脚着地動作における胸郭柔軟性低下が下肢関節に及ぼす影響 - 三次元動作解析装置と床反力計による検討 -

岩本 博行¹⁾・江口 淳子¹⁾・藤原 賢吾¹⁾・池田 幸広¹⁾
中山 彰一²⁾1) 福岡リハビリテーション専門学校 理学療法学科
2) 福岡リハビリテーション専門学校

Key words / 三次元動作解析, 胸郭柔軟性, 衝撃吸収

【はじめに、目的】歩行を可能とするためには、床反力の衝撃を身体で吸収しなければならない。第 52 回学術大会にて、片脚着地動作時に胸郭柔軟性低下により最大床反力増大、床反力出現時間が短縮することを報告した。しかし、増加した負荷がどの部位に影響を及ぼしているのか不明である。今回、胸郭固定時の下肢関節への影響を検討した。

【方法】対象は身体機能に問題のない健常成人男性 16 名 (年齢 18.8 ± 1.2 歳、身長 170.8 ± 5.8cm、体重 67.6 ± 7.9kg) とした。胸郭を包帯にて腋窩下縁から第 10 肋骨まで固定した。胸郭柔軟性低下の程度をスパイロメーター (ミナト医科学) にて計測し、通常時の % 肺活量 (以下、% VC) より固定時が 20% 以上低下しているのを確認して着地動作を施行した。方法は 40 cm 台から開眼にて直前にある床反力計に片脚着地を指示し、両下肢とも 3 回行った。計測には三次元動作解析装置 (VICON 社)、床反力計 (AMTI 社) 1 枚、赤外線カメラ 6 台を用いた。マーカを Plug-In-Gait full Body model に準じて貼付した。床反力最大時の脊柱、股・膝・足関節矢状面角度と下肢関節矢状面モーメント (以下、M)、身体重心と第 7 頸椎棘突起 (以下、C7)、第 10 胸椎棘突起 (以下、T10)、第 2 中足骨頭 (以下、2MP) の矢状面垂線距離の 3 回の平均値を算出した。統計処理には SPSS を用いた。% VC は対応のある T 検定、その他の項目は Wilcoxon の符号付き順位検定を用い通常時と固定時の比較を行った。有意水準は 5% 未満とした。

【結果】% VC、股 M、膝 M ($p < 0.01$)、股角度 ($p = 0.035$)、身体重心と 2MP ($p = 0.043$) に有意差を認めた。有意差を認めた項目の通常時、固定時の平均は % VC (110.9 ± 15.4%、77.4 ± 2.0%)、股 M (-487.1 ± 338.5Nmm/kg、-312.0 ± 328.1Nmm/kg)、膝 M (-56.2 ± 96.1Nmm/kg、-108.7 ± 137.4Nmm/kg)、股角度 (22.5 ± 9.6°、24.4 ± 8.2°)、身体重心と 2MP (13.6 ± 2.4cm、14.1 ± 3.0cm) であった。

【考察】胸郭柔軟性低下により身体重心と 2MP 距離が増加し、C7 距離、T10 距離に変化がなく、脊柱角度の変化もなかったことから、上半身質量が後方偏移していることがわかる。これにより、重心補正のために股屈曲角度が増大したと考えられる。膝 M が増加し、股 M が減少したことから、床反力ベクトルの後方傾斜角度が増大していることが考えられる。脊柱、膝、足の角度に変化が認められず、股屈曲角度の増大が認められた。また、股 M は減少し、股屈曲角度が増大していることより、股関節の荷重面積を増大させることで胸郭柔軟性低下によって増加した床反力の衝撃吸収を股関節が担っていると思われる。

【結論】胸郭柔軟性低下により膝 M 増加に伴う膝関節ストレス増加が示唆された。また、増加した床反力の衝撃吸収を股関節で担い、それに伴う股関節仕事量の増加が考えられる。これは近年言われている Hip-Spine syndrome、Knee-Spine syndrome にあるように脊柱と股、膝関節には関係性があり、それを裏付ける結果となった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は福岡リハビリテーション専門学校倫理委員会の承認を得て (承認番号: 1617)、被験者には文章にて研究の趣旨を十分に説明し、同意を得たのちに実験を行った。

身体合成重心に着目したけん玉動作の分析 - 児童期バランス機能改善トレーニングへの活用 -

吉里 雄伸^{1,2)}・西原 翔太^{2,3)}・原野 達也²⁾・田島 慎也²⁾
森本 将司²⁾・木村 倅晴^{1,2)}・二宮 省悟²⁾

1) 川崎病院

2) 九州看護福祉大学大学院 健康支援科学専攻 身体機能支援科学分野

3) 大牟田市立病院

Key words / けん玉, 身体合成重心, バランス

【はじめに、目的】神経系の発達は、12～13歳までにはほぼ成人の水準に近づくとされ、バランス能力もこの時期までに高めることが重要だと考える。村橋らはけん玉を用いた運動後の足圧中心の偏位を調査し、バランス機能を改善させる可能性があると述べている。しかし、けん玉の動作に着目した研究は少なく不明な点が多い。そこで本研究の目的は、けん玉動作時の身体合成重心（以下、COG）の動きを明らかにすることとした。

【方法】対象は小学生41名（年齢10.1±1.3歳）。測定試技は「玉を大皿に乗せる技」とし、前額面からKinect（距離2.5m、高さ0.75m）で試技を3回測定した。抽出された各関節の座標データからICpro解析ソフト（ヒューテック株式会社製）を用いてCOGを算出した。その後、玉の下降開始前を起点、大皿に当たった時点を終点とし、COGの前後左右方向への総軌跡長・矩形面積・最大偏位距離を求め、最低値を除いた2回の平均を測定値とした。

また、けん玉動作をパターン化できる場合は、各動作パターンのCOGの変化について比較することとした。統計処理は正規性を確認後、Kruskal-Wallis検定を行い、その後の多重比較検定にBonferroni法を用いた。有意水準は5%とし、統計ソフトはSPSS Statistics25を使用した。

【結果】けん玉動作は、A群：下肢の屈伸がない11名、B群：けん玉下降開始からけん玉最高点までに下肢が屈伸する7名、C群：けん玉着地時に下肢が屈曲する5名、D群：けん玉下降開始から最高点までとけん玉着地時に下肢が屈伸する18名の4群に分かれた。各COGの評価項目値は、A群、B群、C群、D群の順に、総軌跡長（mm）44±21、77±9、63±18、109±41。矩形面積（mm²）207±195、417±180、327±257、864±733。前後左右への最大偏位距離（mm）は、前方12±9、22±9、18±12、30±16。後方2±2、4±5、7±5、6±7。左方向4±4、9±9、8±6、8±7。右方向9±9、6±7、5±4、13±10であった。

4群の比較の結果、A群とD群の間の総軌跡長、矩形面積、前方向への最大偏位距離において、D群が有意に大きい結果となった。

【考察】今回けん玉の動作パターンは4つに分けられた。またA群ではCOGの偏位を小さくして、D群ではCOGを特に前方向に偏位させながらけん玉動作を行っていることが分かった。この結果からA群では静的に、D群では動的にCOGを制御してけん玉の正確性を高めていることが推察され、バランス機能改善のトレーニングとして用いる際は、各動作パターンを考慮に入れる必要があると考える。

今回の研究の限界点として、個体差の考慮、上下方向のCOG変化の分析をしていないことが挙げられる。また、どのけん玉動作がより児童期のバランス機能に影響を及ぼす可能性があるかは、今後継続した調査が必要である。

【結論】けん玉動作パターンは4つに分けられ、A群ではCOGの偏位を小さくして、D群ではCOGを特に前方向に偏位させながらけん玉動作を行っていることが分かった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、所属の病院倫理審査委員会の審査を受けて実施した（承認番号2015）。対象者には、ヘルシンキ宣言に基づき、研究の主旨及び目的を十分に説明し、書面にて同意を得た。なお、本研究において開示すべき利益相反関係にあたる企業等はない。

足関節背屈に伴う腓腹筋の弾性率および筋輝度の変化

中尾 彩佳¹⁾・池添 冬芽¹⁾・八木 優英¹⁾・梅原 潤^{1,2)}
野尻 周佑¹⁾・市橋 則明¹⁾

1) 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

2) 日本学術振興会特別研究員 DC

Key words / 筋輝度, 弾性率, ストレッチング

【はじめに、目的】近年、個別の筋の伸張量の評価方法として超音波診断装置のせん断波エラストグラフィ機能で弾性率を測定する方法が注目されているが、装置が高価であるため汎用性が低い。一方、超音波診断装置で撮像したB-mode画像から求めた輝度を用いた先行研究において、他動的足関節背屈に伴いアキレス腱の輝度が増加したと報告されている。筋の輝度も弾性率と同様に他動的な伸張に伴い増加するとすれば、より汎用性の高い筋の伸張量の指標となる可能性がある。本研究の目的は、他動的足関節背屈時の腓腹筋の弾性率と輝度の変化を調べることにした。

【方法】対象は健康男性16名とし、足関節底屈20°、10°、0°、背屈10°、20°における腓腹筋の弾性率と輝度を測定した。弾性率は超音波診断装置のせん断波エラストグラフィ機能で測定した。なお、弾性率が高いほど筋が伸張されていることを示す。輝度の評価には超音波診断装置のB-modeで撮像した縦断・横断画像を用い、グレースケールの平均値を求めた。統計的解析は、足関節背屈に伴う弾性率や輝度の変化を検討するため、一元配置分散分析およびBonferroni法による多重比較を行った。輝度と弾性率の関係を調べるため、底背屈0°から背屈10°および20°までの変化率を算出し、縦断・横断画像の輝度の変化率と弾性率の変化率とのSpearmanの順位相関分析を行った。

【結果】弾性率は分散分析で主効果を認め、底屈20°と10°、底屈10°と0°以外の全角度間で底屈位に比べ背屈位で有意に増加した。縦断・横断画像の輝度は分散分析で主効果を認め、縦断画像の輝度は底屈20°に対して全角度、底屈10°に対して背屈10°と20°、0°に対して背屈20°で有意に増加し、横断画像の輝度は背屈20°で他の全角度と比べて有意に増加した。相関分析の結果、弾性率の変化率は縦断画像の輝度の変化率と有意な正の相関を認めたが（ $r=0.431$ ）、横断画像では有意な相関を認めなかった。

【考察】腓腹筋の弾性率と輝度は他動的足関節背屈により有意に増加し、弾性率の変化率は縦断画像の輝度の変化率とのみ有意な正の相関を認めた。足関節背屈に伴う腓腹筋の輝度の増加は、筋が伸張され、照射された超音波に対して筋束の傾きが垂直な方向に近づき、超音波の反射が強くなったことに起因し、この変化を捉えるには横断画像より縦断画像が適していたと考えられる。一方、弾性率は底背屈0°と背屈10°間にも有意な増加を認めたのに対し、輝度は縦断・横断画像ともに変化を認めなかったため、輝度は軽度伸張位での変化を捉えにくいことが示唆された。

【結論】足関節背屈位では底屈位に比べて腓腹筋の弾性率と輝度が増加したことから、筋を伸張すると弾性率だけでなく輝度も増加することが示された。弾性率の変化率との相関は、横断画像でなく縦断画像の輝度の変化率でのみ認められたことから、特に縦断画像の輝度を筋の伸張量の指標として応用できる可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、ヘルシンキ宣言および人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に基づいて実施した。対象者には研究の内容を説明し、研究参加への同意と署名を得た。なお、本研究は本学における医の倫理委員会の承認を得て実施した。

持ち上げ動作時の脊柱アライメントの変化 - 3次元動作解析による検証 -

宮腰 晃輔・建内 宏重・Pataky Todd・太田 恵
本村 芳樹・駒村 智史・市橋 則明

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

Key words / 脊柱, 3次元動作分析, 持ち上げ動作

【はじめに、目的】動作時の脊柱アライメントの評価としては、電磁センサや光学式マーカーを用いているものの体幹を上部、下部セグメントに分割して評価している解析や、各脊椎レベルの評価ではあるものの骨ピンを用いた侵襲的な解析が行われてきた。つまり、動作中の脊柱アライメントを各脊椎レベルで非侵襲的に評価することは困難だった。しかし近年、先行研究によって動作中の脊椎レベルの非侵襲的な計測手法が提案された。本研究の目的はその計測手法を用いて脊柱に負荷がかかると考えられる持ち上げ動作時の脊柱アライメントを各脊椎レベルで評価することである。

【方法】脊柱、下肢に整形外科的疾患のない健常若年男性6名に対して、全身に貼付した33個の光学式マーカーに加えて、各脊椎(第1胸椎から第5腰椎)の棘上突起上および左右約3cm横に光学式マーカーを貼付し、3次元動作解析装置VICONで動作中の脊柱アライメントを計測した。動作は、①床上にある40kgの重錘を持ってから立位に戻るまで(0~50%)②立位から重錘を床に降ろすまで(50~100%)の2相を連続して行い、各相とも4秒で実施するようにした。コントロール条件として重錘を持たない持ち上げ動作を同様に行った。動作開始時から動作終了時までを解析対象区間とし、胸椎後弯角度および腰椎前弯角度の変化の推移について連続体解析(python 3.6.6)を用いて条件間の比較を行った。また、同解析区間内で各脊椎の屈伸角度を算出し同様に連続体解析を行った。有意水準は5%とした。

【結果】胸椎後弯角度は、0~46%区間、70~100%区間においてコントロール条件に比べ重錘条件で有意に減少した。腰椎前弯角度は、18~28%区間、44~52%区間、82~86%区間においてコントロール条件に比べ重錘条件で有意に減少した。各胸椎の屈伸角度について、Th1~Th6の屈伸角度は約0~42、71~100%区間で有意差が生じ、全体の約70%の区間において有意に重錘条件の屈伸角度が小さかった。Th7、Th8、Th10~Th12の屈伸角度は条件間に有意差が生じた区間が全体の約8~20%であり、区間は上部胸椎に比べて狭かった。腰椎の屈伸角度は、いずれの脊椎レベルでも条件間に有意差はなかった。

【考察】重錘を持ち上げるとき、胸椎、腰椎ともに弯曲の減少が生じた。これは背筋群の筋張力増加や脊椎間にかかる負荷を減少させるための運動戦略によるものと考えられる。また、各脊椎間の相対角度の変化は、腰椎に比べ多くの胸椎レベルで条件間に有意差を認めた。これは上記の運動戦略が腰椎よりも胸椎で行われていることを示唆している。

【結論】持ち上げ動作時の各脊椎レベルでの評価を行うことによって、持ち上げる対象の重さが主に上部胸椎のアライメントに影響を与えることが明らかになった。

【倫理的配慮、説明と同意】研究の実施に際して、ヘルシンキ宣言を順守し、対象者には文書および口頭にて本研究の主旨、目的、方法について詳細に説明を行い、研究参加への同意が得られた対象者でのみ本研究を実施した。また、参加同意後も同意を撤回できること、それに伴う不利益は生じないことを説明した。対象者として、脊柱や下肢に整形外科的疾患を有する者は除外した。また、重錘負荷に関して測定中の痛み等の身体的異常が認められた際にはすぐに実験を中止することについて、十分に説明を行った。また、測定は複数人で行い、安全に十分に留意した。

高齢者における光刺激による二重課題ステップ動作時の接地後安定性について

八木 悠太

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

Key words / 高齢者, ステップ動作, 二重課題

【はじめに、目的】

立位での素早いステップ動作は転倒を避けるために重要である。高齢者においては姿勢が乱れて1歩踏み出した時に姿勢を立て直すことが困難、つまりステップ接地後の不安定性のために転倒が多いことが指摘されている。しかし、ステップ動作における接地後安定性を単純課題と二重課題条件下で調べ、若年者と高齢者とで比較した研究はみられない。そこで本研究では素早いステップ動作における接地後の立位姿勢安定性について単純課題と二重課題条件下で調べ、高齢者と若年者の違いを明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象は地域在住高齢女性84名(平均年齢73.7±5.5歳)と健常若年女性24名(平均年齢20.4±1.5歳)とした。単純課題(ST)でのステップ課題では、全身反応測定器のランプが点灯したら素早く右足を最大ステップ距離の70%前方に設置した足圧測定装置上に1歩踏み出し、そのまま右足での片脚立位を3秒間保持させた。二重課題(DT)では赤・黄・青3色の光刺激の内、青色の光が点灯した時のみ素早くステップを行うように指示した。ステップ接地後の姿勢安定性の指標として、片脚立位保持時の足圧中心移動の総軌跡長および前後・左右偏差を求めた。また点灯から右足離地までの反応時間と右足離地から右足接地までのスイング速度を測定した。

【結果】

若年者と高齢者の比較について、STでは反応時間、総軌跡長、左右偏差は若年者と比較して高齢者において有意に大きな値を示し、スイング速度は高齢者において低い値を示したが、前後偏差には両群間に有意差はみられなかった。DTでは反応時間、総軌跡長、前後偏差、左右偏差、スイング速度すべてに有意差を認めた。STとDTの比較について、若年者では反応時間のみに有意差がみられ、DTで有意に増加した。一方、高齢者では反応時間および総軌跡長に有意差がみられ、DTで有意に増加した。

【考察】

STとDTいずれの課題においても、若年者と比較して高齢者は反応時間・スイング速度が遅く、総軌跡長および左右偏差が大きく、さらに前後偏差はDTでのみに有意差が認められた。また、若年者におけるステップ接地後の足圧中心移動はいずれの項目においてもSTとDT間で有意差はみられなかったが、高齢者においてはDTで総軌跡長の増加が認められた。これらのことから、高齢者は特に二重課題条件下でステップ動作を行った時に接地後不安定性がみられることが示唆された。本研究で対象とした高齢者は純粋な片脚立位時間が同年代と比べて高い運動機能の優れた者であったことから、特に二重課題条件下のステップ動作は運動機能の高い高齢者の不安定性を反映することが示唆された。

【結論】

素早いステップ動作において、高齢者では若年者と比較して反応時間が遅いだけでなく、静的バランス能力の高い高齢者でもステップ接地後の安定性が低下しており、二重課題条件下ではさらにステップ接地後の不安定性が高まることが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、ヘルシンキ宣言および人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に基づいて実施した。対象者には研究の内容を説明し、研究参加への同意と署名を得た。なお、本研究は本学における医の倫理委員会の承認を得て実施した。

脳卒中片麻痺者の歩行中の関節可動域と最大歩行速度の関係 -ImageJ を用いた矢状面上 2 次元歩行解析 -

北地 雄・石田 晋ノ助・原島 宏明・宮野 佐年

総合東京病院 リハビリテーション科

Key words / 歩行, 2 次元, 矢状面

【目的】臨床において歩行分析は視覚的に行われ、質的に評価されることが多く、歩行の評価、治療、および効果判定は主観的になりやすくなる。本研究の目的は、臨床において、比較的簡便に可能な歩行の運動学的評価を行い、その結果を治療計画や効果判定に用いることである。今回は、矢状面における歩行中の下肢関節角度と最大歩行速度の関係を調査した。

【方法】対象は当院に入院した脳卒中者 14 名であった(年齢 60.8 歳、女性 4 名、発症から計測まで 79.7 日)。取り込み基準は歩行補助具および装具なく 10m 以上の自力歩行が可能なものとした。歩行中の関節角度を計測するため、肩峰、大転子、大腿骨外側上顆、外果直下の踵骨、第 5 中足骨頭部に蛍光色の卓球ボールをクラフト粘着テープで貼付し計測マーカーとした。対象者は最大歩行速度で約 16m の直線歩行路を 2 回歩行し、その様子を約 5m 離れた矢状面からスマートフォンを三脚に固定し撮影した(1080p × 30fps)。撮影した動画から、ImageJ (NIH) を用いて各マーカーの座標情報を抽出した。座標情報は計測ノイズを除去するため Bryant のフィルタを用いて平滑化を行い、エクセルを用いて座標情報から股、膝、足関節角度および Trailing limb angle (TLA) を算出した。TLA は肩峰、大転子、第 5 中足骨頭部から算出した。算出した角度はエクセルのマクロを用いて 100% に時間の正規化を行った。得られた関節角度データから股、膝、足関節最大屈曲および伸展角度、屈曲伸展可動範囲を抽出し、麻痺側と非麻痺側の比較、および各変数と歩行速度との相関係数を計算した。

【結果】対象者の歩行速度は中央値 1.34m/sec、最大値 1.79m/sec、最小値 0.44m/sec であり、0.4m/sec 未満は 0 名、0.4 ~ 0.8m/sec が 2 名、0.8m/sec 以上が 12 名であった。麻痺側の各関節の最大屈曲(背屈)/伸展(底屈)角度/可動範囲は、股関節 34/4/39 度、膝関節 61/14/47 度、足関節 15/11/26 度、そして TLA が 19 度であった。股・膝・足関節可動範囲、股・膝関節最大屈曲角度、および足関節最大底屈角度は、麻痺側が非麻痺側よりも有意に小さかった ($p < 0.05$)。最大歩行速度と関連の認められた関節は、麻痺側の膝最大屈曲角度、股・膝関節屈曲伸展可動範囲、麻痺側の足背屈底屈可動範囲、麻痺側 TLA であった(それぞれ $r=0.591, 0.609, 0.657, 0.547, -0.710$, すべて $p < 0.05$)。

【考察】自力歩行可能な対象者であったため、比較的歩行能力の高いものが多かった。それでも麻痺側の歩行中の関節可動域は非麻痺側に比較的小さかった。今回の結果から、麻痺側の股屈曲伸展角度は十分な力学的エネルギー変換ができること、膝屈曲伸展角度は、stiff knee や、crouch gait でないこと、麻痺側の足背屈底屈角度および TLA は ankle rocker、push off に関連し、歩行速度との関連を認めたと考えられる。

【結論】矢状面からの 2 次元的な運動学的歩行分析においても歩行速度との関連を検討することができる。

【倫理的配慮, 説明と同意】対象者には研究の概要、参加が任意であること、参加しなくても一切の不利益がないこと、いつでも参加撤回できること、個人情報の取り扱いなどを口頭、および書面にて説明し、研究参加の同意を得た。

床反力作用点と重心の関連性を用いた両脚立位姿勢制御評価の検討

金谷 知晶¹⁾・竹内 真弓¹⁾・大野 愛美¹⁾・久保 雅義²⁾

1) 富山県リハビリテーション病院・こども支援センター

2) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

Key words / 姿勢制御, 床反力作用点, 重心

【はじめに、目的】

床反力作用点 (COP) と身体重心 (COM) の関連性は姿勢制御を集約したパラメータとなることが報告されている。COP から算出するパラメータは姿勢制御の評価に多く用いられており、評価には左右足部内 COP を合成した合成 COP が用いられている。しかしながら片麻痺患者をはじめとする身体機能に障害を持つ者は左右非対称な身体機能を呈することが多く、合成 COP では姿勢制御の左右非対称性はマスクされてしまう。そこで本研究は患者への適当な姿勢制御評価の確立を目的に各足部 COP と COM との関連性を姿勢制御の評価に用いることで疾患特性を示すことができるかを検証した。

【方法】

健常成人 1 名、脳血管疾患患者 2 名、頸椎症患者 1 名が本研究に参加した。健常成人は 30 代男性であった。脳血管患者は重度片麻痺患者と軽度片麻痺患者であり、重度片麻痺患者は 40 代後半男性、左片麻痺、下肢 Br.stage IV、感覚重度鈍麻、発症後 6 ヶ月経過していた。軽度片麻痺患者は 40 代後半男性、右片麻痺、下肢 Br.stage VI、感覚軽度鈍麻、発症後 4 ヶ月経過していた。頸椎症患者は 40 代後半男性、頸椎症性脊髄症と胸部脊柱管狭窄症により両下肢に左右対称性の筋力低下、中等度の深部感覚障害と軽度表在覚障害、発症から 6 ヶ月経過していた。

課題動作は上限 30 秒の開眼両脚立位 (DLS) であり、2 枚の床反力計を使用し各足部 COP と床反力を計測した。COM は合成 COP から推定する方法を用いて算出した (eCOM)。本研究では周波数帯毎の COP と eCOM の関連性を示すコヒーレンスをパラメータとして使用した。コヒーレンスの値は 1 が関連が高い、0 が全く関連がないことを示し、先行研究より 1Hz 以下の COM と COP のコヒーレンスは筋骨格系による姿勢制御を示すと報告されているため本研究でもコヒーレンスの 0 ~ 1Hz の平均値を左右方向と前後方向それぞれ算出した。

【結果】

左右方向に関して、全ての被験者で eCOM と各足 COP の関連性は低い結果となった(健常者; 右足 0.27/ 左足 0.20, 重度片麻痺患者; 麻痺足 0.30/ 非麻痺足 0.31, 軽度片麻痺患者; 麻痺足 0.45/ 非麻痺足 0.47, 頸椎症患者; 右足 0.32/ 左足 0.23)。

前後方向に関して、健常者では eCOM と各足 COP の関連性は高い結果となった(右足 0.85/ 左足 0.95)。重度片麻痺患者では eCOM と麻痺足 COP の関連性が非麻痺足よりも高い結果となった(麻痺足 0.92/ 非麻痺足 0.54)。軽度片麻痺患者と頸椎症患者では eCOM と各足 COP の関連性は両足で高い結果となった(軽度片麻痺患者; 麻痺足 0.86 / 非麻痺足 0.89, 頸椎症患者; 右足 0.88/ 左足 0.83)。

【考察・結論】

DLS の姿勢制御は主に前後方向で行われていることが報告されており、片麻痺患者では身体の運動麻痺、筋緊張、感覚障害などにより前後方向では左右非対称性の姿勢制御となりうる。本研究の結果から各足 COP と eCOM の関連性は疾患による姿勢制御の非対称性を捉えることができ、片麻痺患者は麻痺の重症度により姿勢制御方法が異なることが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に則っており、実験開始前に対象者に本研究内容を口頭と書面にて十分に説明し、同意を得た上で行われた。

スタティクストレッチングがランニングパフォーマンスに及ぼす影響

深谷 泰山・竹岡 亨・稲岡 秀陽

医療法人同仁会（社団）京都九条病院 リハビリテーション部

Key words / static stretching, running, SLR

【はじめに、目的】スタティクストレッチング（以下、SS）による柔軟性改善は多数報告されており、スポーツ領域や臨床場面で幅広く利用されている。一方、SSは実施直後に発揮筋力やパフォーマンス能力の低下が生じるため、競技前に行う事に否定的な見解がある。しかしながら、warm-upとしてSSが多く利用されており、warm-up時に行われるランニング（以下、Run）動作に及ぼす影響は一定の見解が得られていない。さらにRun施行時の足圧に及ぼす影響は報告されていない。そこで、本研究の目的をSSがRunパフォーマンスに及ぼす影響を調査することとした。

【方法】対象は、健康男性9名（平均年齢25.1±2.3歳）とし、対象筋はハムストリングスとした。SSは立位にて踵部を50cmの台に乗せ、膝関節を伸展位で保持したまま股関節を屈曲することで実施し、両側に実施した。SSの施行時間は一側に対して60s×3回とし、強度は大腿後面に痛みが生じる直前とした。Runはトレッドミル（ゼブリス社製、Win FDM-TS）を利用し、時速10kmの速度で5分間行った。評価項目は柔軟性の評価指標として下肢伸展位挙上（以下、SLR）を用い、Run実施前、SS実施後、2度目のRun実施後に可動域を測定した。Runの評価指標はステップ長、ステップタイム、立脚期割合、遊脚期割合、ストライド長、ストライドタイム、ケイデンスとした。Runの評価指標は、Run開始から10秒後および4分10秒後からの30秒間において、各評価指標の計測を行い、SS実施前後のRun中に計測した。統計解析は、SLRは評価時期に対して、反復測定一元配置分散分析を行い、有意差を認めた場合は多重比較を行った。Runの評価指標は評価時期と介入の前後の二要因で反復測定二元配置分散分析を行った。なお、有意水準は5%とした。

【結果】右側のSLR角度は、Pre(72.2±13.0°)と比べ、SS実施後(80.0±11.5°)、Run後(78.3±15.0°)ともに有意に増加した。同様に左側のSLR角度もPre(70.6±15.3°)と比べ、SS実施後(80.0±12.5°)、Run後(79.4±16.9°)ともに有意に増加した。一方、Runの評価指標は全てにおいて、有意な変化を認めなかった。

【考察】本研究では、3分間のSSを行う事で両側のSLRが改善した。この結果は多くの先行研究と同様な結果であった。さらにRunを行ってもSLR角度は変化しなかったことから、Runの柔軟性に対する効果は乏しく、SSの効果が維持されることが示唆された。一方、Runの評価指標は変化しなかった。SS後は最大筋力やパフォーマンスの低下などが報告されているが、本研究ではRunの速度は一定であり、最大速度ではなかったため、パフォーマンスに変化を認めなかったと考えられる。さらに、今回はハムストリングスのみに対するストレッチングを行っているため、対象筋を変えることで異なる結果が得られる可能性がある。

【結論】スタティクストレッチングを行ってもランニング時のパフォーマンスは変化しないが、柔軟性の改善は維持される。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、医療法人同仁会（社団）京都九条病院倫理委員会の承認を得て実施した。また、対象者には、本研究の目的とともに、研究への参加を断っても不利益になることは全くないこと、いつでも同意を撤回出来ることを説明し、参加の同意を得た。

慣性計測装置を使用した運動計測システムの妥当性の検証 -Timed Up & Go test を用いた分析-

戸田 晴貴¹⁾・丸山 翼¹⁾・澤留 朗²⁾・多田 充徳¹⁾

1) 産業技術総合研究所 人間情報研究部門

2) 東京理科大学大学院 理工学研究科

Key words / Timed Up & Go test, 慣性計測装置, 関節角度

【はじめに、目的】本研究の目的は、Timed Up & Go test（以下、TUG）を通して、慣性計測装置（Inertial Measurement Unit；以下、IMU）を使用した運動計測システムにより得られた関節角度の妥当性を検証することであった。

【方法】対象は、健康な成人男性1名とした。計測課題は、TUGとした。TUGの計測には、IMUを用いた運動計測システムを使用した。IMUは、頭部、胸部、骨盤、両側の上腕、前腕、手、大腿、下腿、足部の15箇所にベルトを使用して固定した。関節角度の計算は、デジタルヒューマンソフトウェアプラットフォームDhaibaWorks上で開発・実装されたものを使用した。それと同時に、光学式モーションキャプチャーシステム（以下、MoCap）を使用して計測を行った。光学式MoCapにより計測されたマーカー座標をDhaibaWorksに取り込み関節角度を算出した。分析には、右下肢の関節角度を使用した。TUGは様々な動作コンポーネントで構成されているため、便宜上TUGを第1相立ち上がり～歩き始め、第2相歩行、第3相方向転換、第4相歩行、第5相歩き終わり～着座の5相に分解した。各相において、矢状面、前額面、水平面上でIMUと光学式MoCapにより得られた関節角度の誤差と波形の一致度を分析した。誤差の分析には、各相内での誤差の平均値を使用した。波形の一致度は、相互相関数を用いて分析した。統計学的分析には、MatlabR2018aを使用した。

【結果】矢状面の屈曲-伸展角度において、股関節と膝関節の誤差は、立ち上がりや着座動作のある第1相、第5相で、歩行を行なっている第2-4相より大きくなっていった。足関節の底-背屈角度は、股・膝関節より誤差が小さかった。すべての関節で高い相互相関係数を示した。前額面と水平面の運動においては、誤差が大きく、相互相関係数にもばらつきが大きかった。

【考察】本研究の結果、IMUを用いた運動計測システムと光学式MoCapにより得られた矢状面の関節角度は、関節運動の大きな立ち上がり、着座動作では多少誤差が生じるものの、波形としては十分対象者の特徴を捉えることができる精度を有していることを示した。この計測システムを使用することにより、臨床現場においてTUG全体の遂行時間だけでなく、相ごとの遂行時間や運動学データなどより詳細な情報を取得し、動作方略の分析を行える可能性が示唆された。一方で、前額面と水平面の運動においては、相互相関係数が低くなるがあったため、妥当性を担保することができなかった。今後、センサーの固定方法など計測手法の工夫や対象者数を増やして一定の傾向が認められるか検証が必要である。

【結論】本研究で使用したIMUを用いた運動計測システムは、様々な動作パターンにおいて矢状面上の関節運動を計測するには、十分な妥当性を有しており、TUGにおいて動作遂行時間以外の詳細な分析に用いることができる可能性を示唆した。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、ヘルシンキ宣言に沿ったものであり、実施に先立ち対象者に研究の目的と内容を説明し、文書による同意を得たうえで計測を行った。

立ち上がり動作初動における体幹屈曲は受動倒立振り子の力学特性を有さない

塙 大樹^{1,2,3)}・平田 恵介¹⁾・宮澤 拓⁴⁾・久保田 圭祐¹⁾
 園尾 萌香¹⁾・松本 優佳¹⁾・庄野 仁美¹⁾・石井 貴朗⁵⁾
 国分 貴徳⁶⁾・金村 尚彦⁶⁾

1) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究所

2) 日本学術振興会 特別研究員 (DC2)

3) 東埼玉総合病院 リハビリテーション科

4) 上尾ニッ宮クリニック

5) シルバーケア敬愛

6) 埼玉県立大学 保健医療福祉学科

Key words / 立ち上がり動作, 力学的エネルギー, バイオメカニクス

【はじめに、目的】

立ち上がり動作は伸展相よりも離殿相で失敗しやすい。座面上の身体質量中心 (CoM) を前方の足部へ運ぶのは、難しい力学的課題である。これを担う体幹屈曲運動は、あたかも受動倒立振り子のごとく見える。しかし、実際に胸郭の位置エネルギーが運動エネルギーに等変換されているかは明らかでない。本研究の目的は、運動障害を抱えた脳卒中患者も含めて力学的エネルギー効率を検証し、立ち上がり動作初動における力学特性の一端を明らかにすることである。

【方法】

対象は健常成人 3 名, 慢性期脳卒中患者 4 名とした。計測課題は台からの立ち上がり動作とした。運動学データを 3 次元動作解析装置 VICON にて取得し、剛体リンク 15 体節モデルを構築した。その後、結果に示す 4 種の離殿までの矢状面上パラメータを算出し、群間で対応の無い t 検定 (Bonferroni 補正) を行った。

【結果】

健常成人において、(1) 胸郭位置エネルギーは運動エネルギー変化を 8.07J (平均値, 以下同様) 上回った。すなわち、重力に伴う胸郭 CoM の高さ変化は運動速度へ等変換されず減速した。胸郭と骨盤が単一振り子のごとく一体か検証したところ、(2) 2 体節角速度の相互相関係数は 0.95 と強い同期性を示した。しかし、(3) 同角速度の積分値は胸郭の方が 7.70° 大きかった。そのため、(4) 骨盤傾斜通りに体幹を 1 つの剛体とするよりも胸郭 CoM は 13.84% 前方 (胸郭長さ比) に位置した。

脳卒中患者のうち 2 名 (Brunnstrom recovery stages: BRS V) は、(1) 胸郭位置エネルギーと運動エネルギーの差が 0.04J であり等変換に近似した ($p < .01$)。そのため、サブグループとして比較した。彼らの、(2) 胸郭と骨盤角速度の相互相関係数は 0.94 であり、群間差なく同期した。しかし振幅は、(3) 胸郭よりも骨盤角速度の積分値が 7.80° 大きく、健常成人と逆転していた ($p < .001$)。ただし、全例の開始肢位がより骨盤後傾位だったため、健常成人同様 (4) 体幹を 1 つの剛体とするよりも胸郭 CoM は 18.79% 前方に位置した。

その他の脳卒中患者 2 名 (BRS IV) における各パラメータは、健常成人と有意差を認めなかった。

【考察】

健常成人の胸郭は腰背筋活動によって能動的に減速され、骨盤角速度と同期する (筋長を一定に保つ) ことで骨盤前傾へのエネルギー伝達効率を向上させていると考えられる。更に、胸郭を前方に傾けることで、離殿時の全身 CoM をより前方に運ぶよう制御していることが示唆された。骨盤後傾位から開始した患者は胸郭位置エネルギーを運動エネルギーに等変換することで、大きい骨盤速度と同期性を保つとともに、相対傾斜角も健常成人同様に制御したと考えられる。

【結論】

健常成人は立ち上がり動作初動において受動倒立振り子の力学特性を利用しない。胸郭と骨盤の角速度を同期させながらも、離殿時には胸郭をより前傾させるよう能動的に制御していると示唆された。これらは特に観察から評価が可能な点で、理学療法評価に資する。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に則り、埼玉県立大学倫理審査委員会の承認を得て行った (29502 号)。被験者には事前に実験に関する説明を行い、同意書への署名を得た。

脊髄損傷対麻痺患者における四つ這い移動時の胸郭および骨盤の回旋角度は動作分析の重要な指標となり得るか? ~健常者 1 名と症例 3 名による三次元動作解析装置を用いた運動学的検討~

佐藤 弘樹・小野寺 一也・関 公輔

公益財団法人 いわてリハビリテーションセンター

Key words / 対麻痺, 四つ這い, 三次元動作解析

【はじめに、目的】 临床上、脊髄損傷対麻痺患者 (以下、対麻痺患者) に対する下肢・体幹機能の向上を目的に四つ這い移動練習を行うことは少なくない。しかし、四つ這い移動の動作分析し、運動機能と関連付ける上で、どの部分に着目することが、対麻痺患者の身体機能を評価できるか述べられている報告は乏しい。そこで本研究では、三次元動作解析装置を用いて測定した健常者と対麻痺患者の四つ這い移動において胸郭と骨盤の回旋角度を解析、比較・検討を行い身体機能を評価する基礎研究の一助とすることを目的とした。

【方法】 対象は、健常者 1 名 (22 歳男性)、当センター入院中の対麻痺患者および外来通院患者の 3 名とした。

・症例 A : 22 歳女性。損傷高位は L1, AIS (R/L) は C/A。右短下肢装具と左長下肢装具を使用し、屋内の両側ロフトストランドクラッチ歩行が自立 (屋外は見守り)。

・症例 B : 28 歳男性。損傷高位は L1, AIS は A。両側長下肢装具を使用して平行棒内歩行が自立。四つ這い、平行棒内歩行どちらも右下肢の遊脚が不十分である。

・症例 C : 29 歳女性。損傷高位 (R/L) は T10/L1, AIS は A/C。両側長下肢装具を使用して平行棒内歩行が見守り。四つ這い、平行棒内歩行どちらも右下肢の遊脚が不十分である。

計測機器は三次元動作解析装置 VICON GIGANET (Vicon Motion Systems 社製, カメラ 8 台) と床反力計 (AMTI 製, 6 枚) とし、反射マーカーを計 25 点 (頭部 4 点, 体幹・骨盤 8 点, 上肢左右 4 点ずつ, 下肢左右 5 点ずつ) 貼付した。四つ這い移動における胸郭および骨盤の回旋角度を計測し、左右の回旋角度のピークの平均値を採用した。なお、動作様式については指定しなかった。

【結果】 健常者では対側の上下肢を同時に動かす 2 動作となっており、胸郭の回旋角度 [°] のピークは手 (膝) 接地時 (R/L=7.6 ± 0.8/3.5 ± 0.8)、骨盤のピークは膝 (手) 接地時 (9.5 ± 1.2/1.8 ± 1.3) と遊脚時 (5.7 ± 0.8/1.1 ± 0.4) であった。一方で、対麻痺患者では 3 症例とも 1 肢ずつ動かす 4 動作となっており、胸郭および骨盤の回旋角度のピークが同側の遊脚時となっていた (胸郭 : A 1.2 ± 1.9/14.5 ± 2.1, B 0.4 ± 1.2/13.5 ± 1.1, C 12.5 ± 1.8/12.7 ± 2.5, 骨盤 : A 12.9 ± 3.0/14.4 ± 3.2, B 1.3 ± 1.8/15.6 ± 1.8, C 14.2 ± 2.5/3.1 ± 1.4)。また、胸郭および骨盤の回旋角度はほぼ同時期にピークを迎えた。

【考察】 本研究より、動作様式の違いはあるものの、健常者の四つ這い移動における胸郭および骨盤の回旋運動はそれぞれ上肢と下肢の接地位置に影響されると考えられる。一方で、対麻痺患者における胸郭および骨盤の回旋運動は同側の遊脚時にピークを迎えることから、下肢の機能が胸郭の回旋運動に影響を及ぼしていると考えられる。

【結論】 本研究結果に加えて重心位置の考察を行っていくことで、臨床における四つ這い移動が代償を用いているか判断やどのような戦略を用いて制御しているか分析するための一助となる。

【倫理的配慮, 説明と同意】 ヘルシンキ宣言に基づき、対象者に本研究の目的と方法について事前に説明し、研究協力への同意を得た上で本研究を開始した。

背臥位下肢伸展挙上課題における姿勢制御パターン - 仮想 COP の変化とその制御部位 -

池田 俊輔¹⁾・田中 和哉²⁾

1) IMS グループ 横浜旭中央総合病院
2) 帝京科学大学

Key words / SLR, 圧分布, 姿勢制御

【はじめに、目的】超急性期では活動が制限される患者が多く、安静臥床を余儀なくされる場合も少なくない。さらに早期離床推進を考える上で、静的臥床の状態から機能的予後を推測することが必要と思われる。臨床において、骨盤帯や胸郭への理学療法介入から下肢機能のパフォーマンスが向上することをよく経験する。そのため、健康成人における背臥位下肢伸展挙上（以下 SLR）時における胸郭・骨盤帯の姿勢制御パターンを明らかにすることで、患者の下肢挙上と胸郭・骨盤帯の関係性を理解する一助になると考え、SLR 開始時の Center of pressure（以下 COP）制御とその制御部位のパターンの傾向を検証したので報告する。

【方法】対象は、健康成人 14 名 28 下肢（男性 10 名、女性 4 名、年齢 24 ± 4 歳）、既往歴の有無は無関係とした。測定装置 FSA/BodiTrak スタンダードベッドシステムを使用し 30 Hz のサンプリングサイズで仮想 COP の左右方向への変化を全身と頭・胸郭・骨盤・踵部に分けて測定。さらに、1 側踵部の圧分布が完全に消失する時点（以下 SLR-point）とし、それ以前の圧分布変化の有無（①）とその圧分布変化の主要部位（②）を頭部・胸郭・骨盤移動のパターンとしてデータ収集した。SLR 課題は、任意の背臥位姿勢（視線は正面注視、両上肢・下肢はマット内に収まる任意の位置）から、SLR を左右交互に挙上し左右間に深呼吸を指示した。また、SLR は「膝を伸展し下肢後面が軽く伸張する程度」と説明し 3 回以上の練習後に測定した。

【結果】①全被検者において、SLR-point 以前に胸郭・骨盤のいずれかの部位で、下肢挙上側と同側に仮想 COP の移動が認められた。COP 移動量は SLR-point で骨盤、胸郭が $1.87 (\pm 0.8)$ cm、 $1.4 (\pm 0.8)$ cm であった。

②①で認められた先行した圧変化部位は、骨盤部から出現したもの (a)、胸郭から出現したもの (b)、骨盤・胸郭の同時に出現したもの (c) が認められた。また、それぞれ (a)8 下肢、(b)2 下肢、(c)18 下肢であった。

【考察】SLR-point に至る前から挙上側下肢の抜重反応と胸郭・骨盤部位の同側方向への圧変化を認めた。これは、歩行開始時の COP 制御と同様の逆応答現象が背臥位 SLR 開始時にも出現すると考えた。また、頭尾側方向の重心移動も含む為、下肢挙上時の固定点として上半身重心の同側方向への圧変化とも考えられた。さらに、仮想 COP 変化における姿勢制御は被検者ごとに身体制御部位が様々であったが、胸郭と骨盤が同時に同方向に圧変化を起こす傾向にあり、胸郭・骨盤の協調的な制御機能の重要性が考えられた。

【結論】SLR 課題における COP 変化、姿勢制御部位のパターンの傾向が認められた。具体的な機序は今後の研究課題となるが、SLR 課題が歩行開始時の COG に対する COP の逆応答現象と関連した評価項目となる可能性が見いだされた。また、同制御における個別性も示された。これらにより、臥床時期や安静時期において、その後の歩行開始時や座位重心移動時の COP 制御を考慮した骨盤・胸郭部への治療展開が可能となることが考えられる。

【倫理的配慮、説明と同意】対象者には、ヘルシンキ宣言に基づき、個人の保護・研究目的について口頭にて十分説明し同意を得た。

地域在住高齢者に対する極軽負荷運動介入が外乱応答能力に及ぼす影響

林 宏昭¹⁾・真田 昌輝¹⁾・高橋 真^{2,3)}・新小田 幸一^{2,3)}

1) 広島大学大学院医歯薬保健学研究科 保健学専攻 博士課程前期
2) 広島大学大学院医歯薬保健学研究科 生体運動・動作解析学
3) 広島大学大学院医歯薬保健学研究科 附属先駆的リハビリテーション実践支援センター

Key words / 外乱応答能力, 高齢者, 極軽負荷運動介入

【はじめに、目的】

高齢者の健康は余命の長さだけでなく、その生活の質（QOL）に着目することが重要である。QOL は高齢者の身体機能と関連しており、身体機能を向上させる適切な運動介入法の開発は QOL を向上させるうえで重要と考えられる。先行研究で採用されている運動介入の中には負荷の高いものが多く、大多数の高齢者が行えるような負荷の低い運動の効果を明らかにする必要がある。そこで本研究は地域在住の高齢者に対し、早朝に 15 分程度で行うことが可能な極軽負荷運動による運動介入を行い、高齢者の身体機能がどのように変化するかを外乱応答能力の観点から明らかにすることを目的に実施した。

【方法】

被験者は地域在住の高齢者 8 人であった。介入前、介入 1 週目、介入 2 週目に外乱応答能力の評価を行い、介入前評価の翌日から被験者は早朝の運動を 2 週間継続して行った。運動はベッド上での上下肢、体幹のストレッチの後に立位での下肢ストレッチなど 15 分程度で実施可能なものを指導した。外乱応答能力の評価は平衡機能計 BASYS（テック技販社）上で床面の不意な後方移動に対する両脚立位保持を課題動作として行った。床面は最大速度 0.15 [m/s] で後方移動し、移動距離は 25 [mm]（弱外乱）と 50 [mm]（強外乱）の 2 種類を採用した。動作中の床反力データは、BASYS 内蔵の床反力計より 1000 [Hz] で取得し、足圧中心（COP）の座標および速度を基に、外乱開始から応答開始までの時間（応答時間）、外乱開始から再び姿勢が安定化するまでの時間（姿勢安定化時間）、COP 前後方向速度最大値、外乱開始時と COP 最前方位時の COP 前後方向距離（COP 振幅）、外乱開始から姿勢が安定化するまでの COP 前後方向総軌跡長（COP 軌跡長）を算出した。統計学的解析には統計ソフトウェア SPSS Ver.22.0（日本アイ・ビー・エム社）を使用し、得られたデータに対し正規性の検定の後、多重比較を行った。有意水準は 5% とした。

【結果】

介入前と比較して、介入 2 週目の強外乱における COP 振幅、COP 軌跡長はそれぞれ有意に低値を示した。その他の項目には介入前後での有意な変化は認められなかった。

【考察】

床面の後方移動により身体重心は支持基底面に対して相対的に前方へ移動する。これに対し COP が大きく前方へ移動することで身体重心の前方移動に制動をかけ立位姿勢を保持することが可能であり、COP 振幅の減少は外乱に対する初期の姿勢の乱れが減少したこと示唆している。また、COP の大きな前方移動の後、外乱前の立位姿勢と同様な COP の挙動に戻るまでに前後方向への移動を繰り返すが、COP 振幅が短縮することで姿勢が安定化するまでの移動距離が短くなり、COP 軌跡長も短縮したものと考えられる。

【結論】

早朝の極軽負荷運動の 2 週間の継続により、高齢者の外乱応答能力は改善した。

【倫理的配慮、説明と同意】

実施に先立ち、本研究を実施した機関の倫理委員会の承認（第 C-218 号）を得た後、被験者に対して研究の意義、目的について十分に説明し、口頭および文書による同意を得て実施した。

歩行時の足圧中心軌跡における左右差の検討 - 足部機能との関連性 -

飯田 開・江戸 優裕

文京学院大学 保健医療技術学部 理学療法学科

Key words / 足圧中心軌跡, 左右差, 足部機能

【はじめに、目的】健康成人の歩行時の足圧中心（以下、COP）軌跡は、多様性が認められ一定した見解が得られていない。歩行時の床反力作用点である COP 軌跡は、唯一床面と接している足部の支持・推進機能に影響を受けることが推察される。また、先行研究で片側のみの検討が多く、両側を対象として左右の違いを検討したものは少ない。

そのため本研究では歩行時の COP 軌跡の左右差を明らかにし、さらに COP 位置と足部機能との関係性を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は健康成人 17 名（男 11 名・女性 6 名；平均年齢 20.3 ± 1.4 歳）とし、歩行計測と理学所見の評価を行った。

歩行は、歩行解析用フォースプレート Win-FDM（Zebris 社）を用いて至適速度の裸足歩行を計測し、左右 9 足分のデータを得た。得られた足圧分布図から、後・中・前足部における COP 通過位置（以下、% COP：外側を通過するほど（+））を画像処理ソフト ImageJ（米国国立衛生研究所）を用いて計測した。なお、% COP は足角の影響を受けることに配慮し、本岡ら（2005）の方法を一部改変して計測した。

理学所見は、1 度単位で測定可能な角度計（シンワ社）を用いて、下腿踵骨角（以下、LHA）・距骨下関節（以下、ST 関節）回内および回外可動域を左右 3 回ずつ計測した。

全ての分析には平均値を用い、正規性の確認後に、% COP の左右差を対応のある t 検定、% COP とその他の歩行パラメータおよび理学所見の関係を Pearson の相関係数を用いて検討した（有意水準 5%）。

【結果】後足部 % COP は右 51.2 ± 2.2 / 左 52.5 ± 2.2 (p<0.01)、中足部 % COP は右 51.5 ± 2.8 / 左 52.6 ± 3.0 (p = 0.06)、前足部 % COP は右 42.3 ± 1.7 / 左 43.9 ± 2.2 (p<0.01) であった。

相関分析の結果から、右は前足部 % COP と ST 関節回内 ROM (r=0.54) に有意な相関を認めた。左は前足部 % COP と ST 関節回外 ROM (r=0.43) および対側歩幅 (r=-0.48)、中足部 % COP と対側歩幅 (r=-0.42) に有意な相関を認めた。

【考察】本研究の結果から、歩行時に右足の COP は左足よりも足底内側を通過することが分かった。また、相関分析の結果より、歩行時の COP 位置と歩幅・ST 関節 ROM には関連を認めるものの、その性質は左右で異なることが示唆され、特に前足部 % COP に関しては、右は ST 関節回内 ROM、左は ST 関節回外 ROM との間に正の相関を認めた。

右においては、前足部で COP が第 1 趾方向に向かわないことで下腿三頭筋による駆動力が発揮しにくく ST 関節回内 ROM が増加したのに対し、左は下腿三頭筋による駆動力を発揮できるため ST 関節には回外作用が働き回外 ROM が増加したと考えられる。

【結論】本研究では、歩行時の COP 軌跡において後足部・前足部レベルでの左右差が生じ、ST 関節との左右異なった関連性がある可能性が示唆された。そのため前足部 COP 位置をコントロールするためには ST 関節への左右異なった介入が有効となる可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】対象者には本研究の目的と方法を口頭ならびに書面にて十分に説明を行い、署名にて同意を得た。また本研究は文京学院大学の倫理委員会にて承認を受けてから行った。（承認番号 2018-0010）

脳卒中片麻痺歩行の 2 次元運動学的分析と快適歩行速度

石田 晋ノ介・北地 雄・原島 宏明・宮野 佐南

総合東京病院

Key words / 脳卒中片麻痺者, 2 次元運動学的分析, 歩行速度

【目的】

歩行の運動学的分析は 3 次元動作解析装置が一般的に用いられる。しかし、臨床ではより簡便な方法が求められる。今回、比較的簡便に実施可能な歩行の 2 次元運動学的分析を行い、歩行速度との関連性を検討した。

【方法】

対象は当院に入院した脳卒中者 18 名であった（年齢 60.5 歳、女性 6 名、発症から計測まで 86.3 日）。取り込み基準は歩行補助具および装具なく 10m 以上の自力歩行が可能なものとした。歩行中の関節角度を計測するため、肩峰、大転子、大腿骨外側上顆、外果直下の踵骨、第 5 中足骨頭部に蛍光色の卓球ボールをクラフト粘着テープで貼付し計測マーカーとした。対象者は快適歩行速度で約 16m の直線歩行路を 2 回歩行し、その様子を約 5m 離れた矢状面からスマートフォンを三脚に固定し撮影した（1080p × 30fps）。撮影した動画から、ImageJ（NIH）を用いて各マーカーの座標情報を抽出した。座標情報は計測ノイズを除去するため Bryant のフィルタを用いて平滑化を行い、エクセルを用いて座標情報から股、膝、および足関節角度を算出した。算出した角度はエクセルのマクロを用いて 100% に時間の正規化を行った。正規化した時間データからランチョ・ロス・アミーゴ式の歩行周期の分類を用いて 0-10% を LR、10-30% を MSt、30-50% を TSt、50-60% を PSw、60-73% を ISw、73-87% を MSw、87-100% を TSw と定義し、それぞれの相における股、膝、足関節最大屈曲（背屈）および伸展（底屈）角度と歩行速度との関連を相関分析を用いて検討した。統計解析は SPSS ver25.0 を使用し、有意水準は 5% とした。

【結果】

対象者の歩行速度は中央値 0.91m/sec、最大値 1.46m/sec、最小値 0.12m/sec であり、0.4m/sec 未満は 2 名、0.4 ~ 0.8m/sec が 4 名、0.8m/sec 以上が 12 名であった。歩行速度と関連の認められた歩行周期別関節角度は、麻痺側が MSt の足背屈、TSt の股伸展、PSw の股伸展、足底屈、ISw および MSw の膝屈曲角度であり、非麻痺側が PSw の膝屈曲、足底屈、ISw の膝屈曲角度であった（それぞれ r=0.631, -0.566, -0.543, -0.699, 0.587, 0.543, 0.542, -0.735, 0.569、すべて p < 0.05）。相関を認めた変数の平均関節角度は麻痺側が MSt 足背屈 9 度、TSt の股伸展 0 度、PSw の股伸展 2 度、足底屈 2 度、ISw および MSw の膝屈曲 58 度および 56 度であり、非麻痺側が PSw の膝屈曲 36 度、足底屈 3 度、ISw の膝屈曲 70 度であった。

【考察】

歩行補助具や装具なく自力歩行可能な対象者において、麻痺側の MSt において十分な足背屈（ankle rocker）があり、その後の TSt および PSw で蹴り出し（push off）が生じ、そして ISw および MSw で十分な膝屈曲角度が得られること（stiff knee が生じない）が歩行速度と関連したと考える。

【結論】

比較的簡便に実施可能な 2 次元運動学的歩行分析においても歩行速度との関連を検討可能である。

【倫理的配慮、説明と同意】

対象者には研究の概要、参加が任意であること、参加しなくても一切の不利益がないこと、いつでも参加撤回できること、個人情報の取り扱いなどを口頭および書面にて説明し、研究参加の同意を得た。

一次運動野における皮質内抑制指標の被験者内の再現性と各皮質内抑制指標間の関連性

佐々木 亮樹^{1,2,3)}・立木 翔太^{1,2)}・宮口 翔太¹⁾・小島 翔¹⁾
 齊藤 慧¹⁾・犬飼 康人¹⁾・大鶴 直史¹⁾・長岡 輝之³⁾
 山崎 一徳³⁾・大西 秀明¹⁾

1) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

2) 新潟医療福祉大学大学院

3) 新潟脳外科病院

Key words / 皮質内抑制指標, 経頭蓋磁気刺激, 運動誘発電位

【はじめに、目的】

一次運動野 (M1) における皮質内抑制機能の評価には、経頭蓋磁気刺激 (TMS) を用いた二連発 TMS による短潜時皮質内抑制 (SICI) と長潜時皮質内抑制 (LICI), TMS と末梢電気刺激を組み合わせた短潜時求心性抑制 (SAI) と長潜時求心性抑制 (LAI) がある。しかし、各皮質内抑制指標の被験者内での再現性および各皮質内抑制指標間の関連性は不明である。そこで本研究の目的は、皮質内抑制指標の被験者内の再現性と各皮質内抑制指標間の関連性を明らかにすることであった。

【方法】

対象は健康成人 38 名であった。M1 の興奮性評価には、TMS で誘発される運動誘発電位 (MEP) を用い、右第一背側骨間筋より記録した。皮質内抑制機能の評価には、二連発 TMS による SICI, LICI と、尺骨神経刺激と TMS を組み合わせた SAI, LAI をそれぞれ用いた。SICI の条件刺激強度は安静時運動閾値の 80%, 磁気刺激間隔を 2ms とし、LICI の条件刺激強度は MEP が 1 mV を導出する強度、磁気刺激間隔は 100ms とした。また、SAI の条件刺激強度は運動閾値の 110%, 電気磁気刺激間隔は 20ms (SAI_{20ms}) と 25ms (SAI_{25ms}) とし、LAI の条件刺激強度は運動閾値の 110%, 電気磁気刺激間隔は 200ms とした。TMS の試験刺激強度は単発刺激の MEP が 1 mV を導出する強度として、単発刺激の MEP, SICI, LICI, SAI_{20ms}, SAI_{25ms}, LAI をランダムにそれぞれ 20 回×2 セットを 0.20 Hz の刺激頻度で計測した。セット間隔は 10 分間とし、級内相関係数 (ICC) を用いて被験者内の再現性を算出した。

【結果】

SICI, LICI, SAI_{20ms}, SAI_{25ms}, LAI の MEP 振幅値は、単発刺激の MEP 振幅値で定量化し、各皮質内抑制指標の抑制率を算出した。各セットで単発刺激の MEP と比較して、SICI, LICI, SAI_{20ms}, SAI_{25ms}, LAI の MEP で有意な低下を認めた (p<0.05)。各皮質内抑制指標の ICC は中等度から高度の値を示した (SICI, 0.56 ; LICI, 0.86 ; SAI_{20ms}, 0.70 ; SAI_{25ms}, 0.63 ; LAI, 0.86)。また、SICI に対して LICI, SAI_{20ms}, SAI_{25ms} のそれぞれと、SAI_{20ms} と SAI_{25ms} で正の相関関係を認めた (SICI と LICI, r=0.40 ; SICI と SAI_{20ms}, r=0.44 ; SICI と SAI_{25ms}, r=0.49 ; SAI_{20ms} と SAI_{25ms}, r=0.87 ; 全てで p<0.05)。

【結論】

M1 の各皮質内抑制指標は、被験者内で中等度から高度の再現性を認めた。また、SICI は LICI, SAI_{20ms}, SAI_{25ms} のそれぞれと関連性があることが明らかになった。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言の趣旨に則り、かつ我々の所属する機関の倫理委員会の承認を得て行った。また対象者には、本研究の内容について十分な説明を行い、書面にて同意を得た。

α -tACS は視覚運動学習時の誤差修正を促進する

原田 太樹¹⁾・原 正之²⁾・松下 光次郎³⁾・川上 健二⁴⁾
 兒玉 雅明⁴⁾・河上 敬介⁴⁾・菅田 陽怜⁴⁾

1) 大分大学医学部附属病院

2) 埼玉大学理工学研究科 戦略的研究部門

3) 岐阜大学機械工学科 知能機械コース

4) 大分大学福祉健康科学部 理学療法コース

Key words / 経頭蓋交流電気刺激, 視覚運動学習課題, 誤差修正

【はじめに、目的】経頭蓋交流電気刺激 (transcranial alternating current stimulation: tACS) による交流電流は、短期間のシナプス可塑性をもたらすとされている。運動学習については一次運動野に対する α (α -tACS) 及び β (β -tACS) 帯域をターゲットとした刺激が報告されているが、いずれの報告も課題施行中の刺激であり、課題施行前の tACS が運動学習の習熟度に及ぼす影響に関する報告はない。そこで今回我々は、課題施行前の一次運動野に対する tACS が視覚運動学習課題に及ぼす影響について調査した。

【方法】18 歳以上の右利き健康者 33 名を対象とした。視覚運動学習課題は、ディスプレイ上のポインターをレバー式コントローラーでターゲットに到達させる課題を用いた。ターゲットは 5 方向とし、各ターゲットはランダムに呈示した (1 block)。Baseline Task (BT) ではコントローラーとポインターとの間で操作誤差なし課題を 40block 実施し、Training Task (TT) では $\pm 30^\circ$ の操作誤差あり課題を 40block 実施した。各課題における 5 block の平均誤差角度を学習指数として定義した (BT1-BT8, TT1-TT8)。tACS は DC-STIMULATOR Plus (NeuroConn GmbH 製) を使用し、BT と TT の間で実施した。刺激部位は左一次運動野直上の頭皮とし、リファレンス電極は右眼窩部とした。刺激パターンは α -tACS, β -tACS, および Sham 刺激 (各 11 名) とし、1mA の刺激強度で 10 分間実施した。統計学的解析は SPSS (Ver.22.0) を使用し、BT1-BT8, BT8-TT1, TT1-TT8 に対して反復測定分散分析 (stimulation \times block) を行った。【結果】反復測定分散分析の結果、BT-8-TT1 間で交互作用を認めた (p<0.05)。多重比較検定 (Bonferroni 法) の結果、TT1 における α -tACS の平均誤差角度が sham 群及び β 群に比較して有意に小さいことを示した (sham vs. α -tACS, p=0.04 ; α -tACS vs. β -tACS, p=0.001)。

【考察】本研究の結果は、BT8 と TT1 間の平均誤差角度が sham 群及び β -tACS と比較して α -tACS で有意に小さいことを示した。Pollok ら (2015) は課題中の α -tACS が運動学習に効果を示すと報告しており、Kasten ら (2016) は α -tACS の効果が刺激後 70 分間持続することを報告している。本研究では誤差課題前の 10Hz-tACS で、刺激後に有意な誤差修正が認められたことから、10Hz での tACS 介入後においても誤差修正を促進できる可能性が示された。

【結論】視覚運動課題前の α -tACS が誤差修正を促進した。リハビリテーション実施前の 10Hz-tACS がリハビリテーションの効果を高める可能性があると考えられる。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、個人が特定されることがないように配慮した。また対象者には書面にて研究の趣旨を説明し、調査・測定したデータを研究に使用する同意を得た。なお、本研究は大分大学医学部倫理委員会の承認を受けて実施した。

運動学習に伴う運動予測の数理統計モデルとパラメータ推定 - ベイズ推定 MCMC 法と一般化線形モデルの比較 -

山本 昌樹・永禮 敏江

姫路獨協大学

Key words / 運動予測, 数理統計モデル, ベイズ推定 MCMC

【目的】ヒトの運動学習に伴う運動予測能力の統計モデルを推定する。モデル変数のパラメータをマルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC) によりベイズ推定する。パラメータを GLM モデル (一般化線形モデル) と比較しモデル妥当性を検討する。

【方法】運動予測課題はダーツ投てき運動で、対象者はダーツ未経験者の健常大学生 27 名であり、Movement Imagery Questionnaire-Revised(MIQ-R, Hall, 1985) でイメージ能力を得点化した。ダーツボードの一区画を標的としリリース直前に閉眼する投てきを実施、試行毎に到達予測の申告と結果を付与 (KR) する予測 - フィードバック課題を 20 分間試行し正答数 Y_{ij} を記録した。対象を三群に分け異なる KR (正答, 誤答およびなし (Null)) を付与した。予測確率の生成モデルはロジスティック回帰とした。説明変数を MIQ-R と KR とするロジットリンク関数 ($\text{inv_logit}()$) により予測確率 ($q_{ij} = \text{inv_logit}(b[1] + b[2] * \text{KR} + b[3] * \text{MIQ-R})$) を算出した。パラメータ推定は予測値 Y_{ij} が二項分布とベルヌーイ分布に従う事後確率分布とするベイズ統計に基づく MCMC 法により 4,000 回のサンプリングを行った。モデルは Y_{ij} (対象者正答数) を応答変数とした二項分布モデル (**モデル A**: $Y_{ij} \sim \text{Binomial}(M_{ij}, q_{ij})$) (M_{ij} は対象者の試行数) と KR の背景知識 (正答 = 1, 誤答 = -1, Null = 0) を含んだ予測正答数 Y_{ij} を応答変数とするベルヌーイ分布モデル (**モデル B**: $Y_{ij} \sim \text{Bernoulli}(q_{ij})$) を作成した。モデル A で対象者の KR の有無による q_{ij} への、またモデル B で試行毎の KR の q_{ij} への効果を検討した。さらに同一のデータから GLM ロジスティックモデル (R の glm 関数) によりパラメータを推定した。モデル A は MCMC, GLM ともにネストモデル (① $b[1] + b[2] * \text{KR}$, ② $b[1] + b[3] * \text{MIQ-R}$, ③ $b[1] + b[2] * \text{KR} + b[3] * \text{MIQ-R}$) のパラメータを算出した。モデルの予測の最適性は (W) AIC¹⁾ で、パラメータの信頼性は 95% ベイズ予測区間より評価した。プログラムの作成環境は Windows10 (64bit), R 3.4.3²⁾, Stan 2.17.3 であった。

【結果】モデル A の WAIC (GLM は AIC, ①, ②, ③順) は正答 - Null で、MCMC は 164.6, 155.7, 154.6, GLM は 163.6, 154.8, 153.7 であった。誤答 - Null で、MCMC は 157.5, 152.2, 153.2, GLM は 155.5, 151.5, 151.7 であった。MCMC によるモデル B のパラメータ $b[2]$ の中央値と 95% 予測区間 (2.5~97.5%) は、正答 - Null で 0.36(0.09 ~ 0.62), 誤答 - Null で 0.17(-0.13 ~ -0.43) であった。

【考察】(W)AIC から MCMC より GLM の予測が良好であった。またモデル B の誤答 - Null の予測区間で $b[2]$ は 0 を含むため 95% の信頼性はない。モデル A は WAIC より MIQ-R の変数効果の高い②か③のモデル選択が良好である。①のネストモデルは MCMC, GLM ともに (W)AIC は大きく KR の予測確率の効果は低い。

【結論】MCMC 法のパラメータの推定は、モデル選択のための変数効果が直感的に理解しやすい。

1) <http://watanabe-www.math.dis.titech.ac.jp/users/swatanab/waic2011.html>

2) <https://www.r-project.org/>

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は姫路獨協大学生命倫理委員会の承認を受けている (承認番号 姫獨生 17-05)

地面からの optic flow 知覚に伴う姿勢制御の変動

村口 良介¹⁾・鈴木 慧二²⁾・濱 敬介³⁾

1) 医療法人 平成博愛会 博愛記念病院

2) 医療法人 東洋病院

3) 学校法人 勝浦学園 徳島医療福祉専門学校

Key words / optic flow, 姿勢制御, 視覚

【はじめに、目的】本研究は、従来の壁面からの optic flow 知覚と異なり、地面からの optic flow を知覚することによる姿勢制御の変動を明らかにするため、ランダムドットの映像刺激を地面へ投影し立位にて観察した際の、脳波、下肢の表面筋電図、眼球電位図、足関節角度を測定し、立位姿勢の変動を調査することを目的とした。

【方法】被験者は右利きの健常成人男性 10 名で、拡張焦点に向かって縮小する optic flow (contraction), 拡張焦点から拡大する optic flow (expansion), 静的複数ランダムドット (multi), 中心点のみの単一ドット (single) の 4 つの視覚刺激を使用した。立位にて測定し、刺激開始と同時に記録を開始、各試行を 3 分間記録、試行間で 10 分間の休憩を挟んだ。脳波は国際式 10-20 法に基づき、Cz, Cz から 30% 前方, 30% 後方の 3 ヶ所より導出し、筋電図は右大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋の最大筋腹部より導出した。眼球電位図は右外眼筋の右側上下部より垂直位の眼球運動電位を導出し、足関節角度は右足関節の矢状面方向の関節角度変化を記録した。脳波、足関節角度は FFT を行い各周波数成分の含有量を抽出した。筋電図、眼球電位図は全波整流したのち加算平均し積分値を算出した。刺激条件と個体要因による Friedman 検定を行い、主効果があったものに関して Dunn 検定による多重比較検定を行った。棄却率は 5% 未満とした。

【結果】3 導出部位での脳波は、single 条件と比較として、contraction 条件, expansion 条件で、 α , β 振動の有意な減少が認められた ($p < .05$)。一方、筋電図、眼球電位図、足関節角度に関しては、有意な主効果は認められなかった ($p > .05$)。

【考察】 α 振動パワーの低下は視覚刺激に対する神経応答を促進させ、 β 振動に関しても特定の刺激に集中すると活性がより低くなると報告がある。また、視覚情報処理には背側経路ネットワークが関与し、本研究結果からも同様な結果が示され、地面からの optic flow 知覚においても、環境内における動作の中で効率的に動くための視覚情報としての重要性を反映している可能性がある。一方、周辺視野に対する視覚刺激は中心視野と比較して姿勢動揺が少なく、optic flow の処理に関して重要な意義があるものとされている。本研究においては、optic flow 刺激がない、通常の状態と比較して、より視野、眼球運動の焦点化が生じている可能性が考えられ、同時に、本実験における筋電図や関節角度の変化が生じなかったことと関連するものと推察できる。

【結論】本研究の限界として、専門的な映像作成ソフトを使用できなかったため、地面からの動的フローの臨場感を十分に引き出すことが出来なかったが、中枢神経系では地面からの刺激効果を動的視覚情報として十分認識していたため、中枢神経系での何かしらの働きにより姿勢制御が行われたかもしれないが、今回の研究においては解明することが出来ず、今後も研究が必要であると考えられる。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究においては、当院の倫理規定に則り、個人情報取り扱いについて十分な配慮を実施した。また、あらかじめ被験者には、実験の趣旨と内容を説明し、同意を得た上で実験に志願者として参加してもらった。

M1 および小脳への経頭蓋交流電流刺激中の運動遂行能力の変化 - 電流強度の検討 -

宮口 翔太^{1,2)}

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科
2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

Key words / 経頭蓋交流電流刺激, 電流強度, 視覚追従課題

【はじめに, 目的】

経頭蓋交流電流刺激 (tACS) は, 皮質領域の律動的な脳活動を調節することが可能な非侵襲的脳刺激法である。我々は, tACS を用いて M1 および小脳半球を γ 帯域の周波数で刺激することにより, 刺激中の運動遂行能力が向上することを明らかにした (Miyaguchi et al., 2018)。しかし, この効果が電流強度に依存するかどうかは未だ明らかになっていない。そこで本研究は, M1 および小脳半球に対する tACS の効果が電流強度に依存するかどうかを明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象は健常成人 20 名 (平均 20.7 ± 0.75 歳) であった。tACS の電極貼付部位は, 左 M1 直上および右小脳半球直上とした。電極面積は $5\text{cm} \times 5\text{cm}$ とし, 刺激周波数は 70Hz とした。刺激時間は 30 秒間とした。刺激条件は, ① 1.0mA 条件, ② 2.0mA 条件, ③疑似刺激条件の 3 条件を設定した。運動遂行能力の評価には, 右示指外転運動による視覚追従課題を用いた。被験者は, ディスプレイ上を上下移動するターゲットに対し, 被験者の示指外転張力に応じて上下移動するマーカーが正確に重なるように外転張力を調節した。ターゲットの移動頻度は $0.4\text{-}0.67\text{Hz}$ とし, 移動幅は最大外転張力の $0\text{-}15\%$ とした。30 秒間の視覚追従課題を 1 trial とし, 計 10 trial 行った。初めの 4 trial は運動練習期間とし, その後, 各条件を 1 trial ずつ計 3 trial 実施し, これを 2 セット (計 6 trial) 行った。各 trial 間には 3 分間の休息を設けた。ターゲットからマーカーが逸脱した値と回数の積を課題誤差として算出した。また疑似刺激条件の課題誤差と各 tACS 条件の課題誤差の差を誤差変化量として算出した。疑似刺激条件の課題誤差と tACS 条件の誤差変化量との間の関係性を検討するために, ピアソンの相関係数を算出した。また 1 セット目と 2 セット目の課題誤差の平均値を対応のある t 検定にて比較した。有意水準は 5% とした。

【結果】

1 セット目における疑似刺激条件の課題誤差と 1.0mA 条件, 2.0mA 条件の誤差変化量との間に負の相関関係が認められたが (1.0mA 条件: $P = 0.043, r = -0.456$, 2.0mA 条件: $P = 0.028, r = -0.490$), 2 セット目には同様の相関関係は認められなかった。1 セット目に比べ 2 セット目の課題誤差の平均値が有意に小さい値となった ($P = 0.002$)。

【考察】

1.0mA 条件, 2.0mA 条件ともに 1 セット目においては, 運動成績が低い被験者ほど tACS によって運動成績が向上したが, 2 セット目には刺激効果は認められなかった。これには 1 セット目に比べ 2 セット目に運動成績が向上したことが影響した可能性がある。

【結論】

M1 および小脳半球に対する tACS の効果は, 電流強度に依存しないことが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は, 全被験者に対して実験に関する説明を書面および口頭にて十分に行い, 同意書に署名および捺印を得た上で行われた。また tACS の安全性に関するガイドライン (Antal et al., 2017) に則り, 刺激条件を設定した。

感覚の自他区別が運動制御に及ぼす影響 - 自他区別課題開発のための予備的研究 -

宮脇 裕¹⁾・大谷 武史²⁾・林田 一輝¹⁾・大住 倫弘^{1,3)}
森岡 周^{1,3)}

- 1) 畿央大学大学院健康科学研究科神経リハビリテーション学研究室
2) 仁寿会石川病院リハビリテーション部
3) 畿央大学ニューロリハビリテーション研究センター

Key words / 自他区別, 運動制御, 予測誤差

【はじめに, 目的】近年, 自己と他者を区別するシステム (自他区別) と運動制御との関連性が注目されている。実際に Asai (2015) は, 参加者が比較照合モデルに基づく予測誤差を検出できず, 他者運動に誤帰属した場合, その運動制御が乱れることを報告しており, 感覚の自他区別が運動制御の一要因となることを実証している。一方で, 自他区別が脳卒中患者などの運動機能障害にどのような影響を及ぼしているのかは不明である。この検証には患者を対象とした実験を行う必要がある一方, 先行研究のような運動を指標とした自他区別課題の実施には, 患者に多大な負担が伴うと考えられる。そこで本研究では, Asai (2015) の自他区別課題を簡略化し, 臨床で実施可能な新たな課題を開発することを目的とする。

【方法】Asai (2015) の課題を簡略化するために, 運動課題を正弦曲線運動から直線運動にし, 試行数を 45 試行から 15 試行に変更した。参加者は健常成人 12 名であり, 2 群 (自己群・他者群) に無作為に分けられた。参加者が直線運動を実行する際, モニターからの視覚フィードバック (カーソル) を自身の運動で制御可能な自己運動条件と制御不可能なフェイク運動条件で提示した。また, カーソルが表示されない条件をベースラインとして設定した。自己運動条件のカーソルには, 自分の運動がリアルタイムで反映された。フェイク運動条件のカーソルには, 自己群では過去の自分の動きが反映され, 他者群では過去の他者の動きが反映された。参加者は自己運動条件のカーソルは操作し, フェイク運動条件のカーソルの場合は無視して, 正確に直線をなぞることを求められた。モニター上の直線と実際の運動の距離 (運動エラー) を指標として測定した。群および条件間の比較を二元配置分散分析にて行い, 多重比較には Ryan's method を用いた。

【結果】各条件の運動エラーは, Asai (2015) と比べいずれも小さかった。各群および条件間の比較では, 各群ともに自己運動条件で, その他の条件と比べて有意な運動エラーの減少を認めた。また, 自己群のフェイク運動条件で, ベースラインであるカーソルなしの条件に比べて有意な運動エラーの増大を認めたが, 他者群では有意差を認めなかった。

【考察】本研究は臨床研究の予備実験に位置し, Asai (2015) の自他区別課題を簡略化した上で同様の結果が得られるかを検証した。その結果, Asai (2015) と比べ運動エラーの減少を認め, 直線運動への変更により課題難易度が低下したことが示唆された。その上で, 先行研究と同様に, 予測誤差が検出されにくい過去の自分の動きがカーソルに表示される条件においてのみ有意な運動エラーの増大を認めた。これらの結果から, 簡略化した自他区別課題でも先行研究と同様の結果が得られる可能性が示唆された。

【結論】自他区別課題において, 直線運動では課題難易度を低下させた上で検出力を保持できる可能性が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】実験はヘルシンキ宣言に従って行われた。本研究は医療法人仁寿会石川病院の倫理委員会の承認を受けて行われた (承認番号: 仁倫 2018-1)。参加者には実験の趣旨について十分に説明し, 口頭および文書による同意を得た後に実験を実施した。

身体刺激を用いたメンタルローテーションの熟達化に関する検討—運動学習への効果的活用に向けて—

日吉 亮太¹⁾・福原 和伸²⁾・樋口 貴広²⁾

1) 横浜市立みなと赤十字病院リハビリテーション科
2) 首都大学東京大学院人間健康科学研究科ヘルスプロモーションサイエンス学域

Key words / メンタルローテーション, 身体表象, 運動学習

【はじめに, 目的】

メンタルローテーション (MR) とは, 回転した状態で呈示された視覚刺激を心的に回転し, 正立した状態の図形を認識する認知活動である (Shepard & Metzler, 1971). 身体刺激を用いた MR 課題を繰り返す行うことで, 運動の改善やリハビリテーションの効果がみられる可能性を指摘している報告がある. その一方で, 身体を使った練習のように何度も反復的に実施することで MR 遂行時間が短縮されるか (MR が上手くなるか), また何度も反復的に実施しても, MR 遂行を維持するか (心的回転をせずに, 単に記憶に基づき回答していないか) については, 検証されていない. 本研究では, 身体刺激を用いたメンタルローテーション (MR) を簡便な運動イメージ想起法として活用するために, 4 日間の MR 課題遂行後の MR の学習効果ならびにイメージ想起の維持に及ぼす影響を検討した. さらに, 経日的な MR の実施後にも, 身体表象を参照しているかどうかを確認するため, 拘束姿勢による反応時間の遅延が見られるかについても検討した.

【方法】

22 名の若齢健常者の参加者を多数刺激群 (12 種類 × 16) と少数刺激群 (1 種類 × 16) に分けた. 参加者には, 画面上に回転呈示された視覚刺激が右手か左手かを出来るだけ素早く正確に回答するように求めた (MR 課題). 実験期間は, 8 日間以内の 4 日間とし, 1 日目と 4 日目は通常姿勢 (机の上に置かれたボタンに手を置く) に加えて拘束姿勢 (背面でボタンを押す姿勢) で同様の課題を行った. 各姿勢で休憩を挟みながら, 384 試行を行った. 回答方法は, 左右どちらかの人差し指でボタンを押して行った. この時の反応時間を計測した. 得られたデータについて統計的分析を行った.

【結果】

本実験の結果, いずれの群においても, 1 日目に比べて 4 日目に反応時間が有意に短くなることがわかった. また, 両群ともに, 4 日後の有意な反応時間の遅延, ならびに呈示刺激の回転角度に対応した MR の遅延の維持が確認された. 腕の姿勢拘束下での反応時間の遅延は認められなかった.

【考察】

本実験の結果から, いずれの群においても 4 日間の練習によって MR が上達したことを示唆する (MR の学習効果). また, たとえ使用した刺激数がわずかであっても, 経日的な反復実施の中で MR を遂行し続けることを示唆する (イメージ想起の維持). 4 日目だけでなく 1 日目においても姿勢拘束の影響は見られなかったことから, 本研究課題においては, MR 遂行時に身体表象が関与している可能性を示すことはできなかった.

【結論】

本研究では, 身体刺激を視覚刺激として用いた場合, 少ない刺激の種類でも, 4 日間にわたる練習後もイメージ想起をしながら課題を実施していることがわかった. このことから, 少ない刺激の種類でも簡便な運動イメージ想起法として利用可能であることを示唆する.

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は, 首都大学東京研究安全倫理委員会で承認されており (承認番号 28-91), 各参加者は実験参加同意書に署名したうえで実験に参加した.

タブレットセラピーにおける観察動画の最適な再生速度の検討

小菅 勤太¹⁾・米本 竜馬²⁾

1) 医療法人財団 報徳会 西湘病院 リハビリテーション科
2) 茅ヶ崎リハビリテーション専門学校 理学療法学科

Key words / タブレットセラピー, 観察学習, 再生速度

【はじめに, 目的】ミラーセラピー (以下 MT) は運動麻痺の回復や運動学習に効果的であることは多数報告されている. 一方 MT の鏡の代わりにタブレットを用いて動画を観察するタブレットセラピー (以下 TT) にも同様の効果があったという報告がある. また, 観察する動画の再生速度を変化させることが運動学習に影響を及ぼすという報告もある. しかし, どの再生速度が最も効果的であるということは明らかではない. そこで, 我々は TT における最適な動画の再生速度を明らかにすることを目的とした.

【方法】対象は右利きの健常成人男性 29 名 (19.8 ± 2.2 歳) と女性 16 名 (20.3 ± 1.9 歳) とした. 運動課題をコルクボール回しとした. 介入内容は, 実験参加者の右手での運動課題を撮影した後, それを左右反転した動画の観察を行った. 動画観察と休憩, 各 30 秒を 1 セットとし, 1 日 10 セットを合計 8 日間行った. 計測項目は左手での 30 秒間の回転数とした. 介入群として観察用動画の再生速度が異なる 4 群 (高速群: 1.5 倍, 通常群: 1.0 倍, 低速群: 0.75 倍, 静止群: 静止画の観察) を, 対象群として動画を観察しない非介入群を設定した. 実験期間は 26 日間とし, 前半 12 日間を介入期間, 後半 14 日間を非介入期間とした. 初日 (初回), 12 日目 (中間), 26 日目 (最終) に回転数の計測を行った. まず, 各群内での運動学習の有無を確認するために, 各群内で独立変数を計測タイミング (初回, 中間, 最終), 従属変数を回転数として 1 元配置分散分析で比較した. 次に, 最適な条件を明らかにするために, 有意な回転数の上昇があった (運動学習があった) 群の間で独立変数を動画の観察条件 (高速, 通常, 低速, 静止, 非介入) とし, 従属変数を回転数の変化率 (初回と中間の変化率を即時効果, 初回と最終の変化率を学習効果) として 1 元配置分散分析で比較した. 有意水準は 5% 未満とした.

【結果】各群内での回転数の比較において, 全群で初回計測と最終計測の間に有意な回転数の上昇があった. 各群間での変化率の比較において, 即時効果, 学習効果ともに有意差はなかった.

【考察】回転数に関して, 最終計測で非介入群でも有意な上昇があったことから, 2 回の計測時の運動課題実施が運動学習に影響があったことが考えられる. しかし, 中間計測では動画観察を行った 3 群にだけ有意な上昇があったことから, 動画観察はより早い時期での運動学習を促す可能性が考えられる. 一方, 変化率の群間比較において有意差はなく, 最適な再生速度を明らかにすることはできなかった. 先行研究には, 観察する動画を熟練者と非熟練者としたものもある. 再生速度という量的な要因だけでなく, 動作の滑らかさなどの質的な要因も今後検討していきたい.

【結論】動画を観察することは早期の運動学習を促す可能性は示唆されたが, 最適な再生速度を明らかにすることはできなかった.

【倫理的配慮, 説明と同意】この研究は, ヘルシンキ宣言に基づき, 実験前に以下の事項に承諾をした実験参加者のみを対象とした. 実施計画への参加は任意であり, 同意後もその撤回は可能であること. また, 同意しないことにより, 不利益を受けないこと. 許可を得たデータのみ開示され, 本人から請求があれば当該データを渡すこと. 同意を撤回した場合提供されたデータ等は破棄されること.

運動イメージの修正に課題の違いが及ぼす影響

森川 健史^{1,2)}・池田 由美²⁾

1) 医療法人財団健和会 柳原リハビリテーション病院

2) 首都大学東京大学院 人間健康科学研究科

Key words / 運動イメージ, メンタルクロノメトリー, 二重課題

【はじめに、目的】運動イメージは、ワーキングメモリによって再生される身体運動を伴わない心的な運動の表象として定義されており、実際の運動に類似した神経活動が生じることや、実際に運動することなく運動技能を向上させる方法としても有効であることが知られている。実際に運動を行うことで運動イメージは修正され明瞭性を増すことが推察される。しかし、修正されるべき運動がイメージしていた運動と異なる場合には、十分な修正が行われない可能性があるが、課題間の差異を比較した報告は少ない。

そこで本研究では、運動イメージの修正について、運動課題の差異による影響について明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は、健常成人 24 名とし、神経学的障害や実験課題の遂行に支障が出る恐れのある筋骨格系の疾患、ならびに重篤な視覚障害を有する者を除外した。

運動イメージの評価には、Mental Chronometry (以下、MC) を用いた。被検者は、実験課題の MC (以下、MC1)、イメージ修正課題、実験課題の MC (以下、MC2)、実験課題の順で課題を行った。イメージ修正課題は、被検者を無作為に、対照群、類似課題群、二重課題群の 3 群に割り付けた。実験課題は、利き手上肢のみを用いてブロックを 10 個積み上げる課題とした。ブロックを積み上げる際に、できるだけ早く、崩さないように注意をするようにし、10 個目が積み上げられた時を終了時間とした。MC の計測時は、被検者にストップウォッチを持たせ、開始時間と終了時間を押させた。イメージ修正課題では、対照群は実験課題を行い、類似課題群はブロックの大きさが異なる実験課題を、二重課題群は実験課題と同時に認知課題を付加することとした。

実験課題に対してどれだけ正確に運動イメージを持てているかという評価として、{(遂行時間-運動イメージ時間)/遂行時間}を用いて、0 に近いほど正確なイメージを持てていると評価した(イメージ明瞭度)。イメージ明瞭度について、群間とイメージ修正課題の前後(MC1、MC2)の 2 要因による反復測定 2 元配置分散分析を行い、主効果を認められた場合は多重比較を行い、イメージ明瞭度における群間の影響を評価した。統計処理には IBM SPSS Statistic 24 を用いて、すべての検定における有意水準は 5% とした。

【結果】交互作用とイメージ修正課題の前後で主効果を認め、二重課題群のみがイメージ修正課題の前後でイメージ明瞭度が向上した。

【考察】運動イメージの修正が行われると予測していた対照群で変化がなかったことに対して、認知課題を付加し運動イメージの修正が行われにくいと思われていた二重課題群のみがイメージ明瞭度の改善を認めた。二重課題は課題の注意要求により二重課題干渉に差が出る」と報告があり、本研究の実験課題と認知課題の関係が影響していると推測した。

【結論】本研究の結果から、二重課題が運動イメージの修正に正の効果を与えることが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】研究に先立ち、所属施設の倫理委員会の承認を得たうえで実施した。本研究は、ヘルシンキ宣言の精神に基づき、対象者への身体的・精神的苦痛および情報漏洩の防止に配慮して実施し、対象者には本研究の主旨・方法・利益やリスク・対象者の権利等を口頭と書面を用いて説明したうえで同意書に署名した者を対象として取り込むこととした。

実運動と同時に行う運動イメージが脊髄神経機能の興奮性と運動の正確性に与える影響

鶴田 菜月¹⁾・福本 悠樹²⁾・東藤 真理奈²⁾・谷 万喜子²⁾
鈴木 俊明^{2,3)}

1) 関西医療大学 保健医療学部 理学療法学科

2) 関西医療大学 臨床理学療法学教室

3) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

Key words / 運動イメージと運動練習, 運動の正確性, F 波

【はじめに、目的】運動イメージが運動関連領域の興奮性に与える影響は一定の結果があるが、脊髄レベルに与える影響は一定の結果がない。また運動イメージがピンチ動作の正確性に与える影響は散見される程度である。運動イメージは実運動と併用すべきとした報告もあり、本研究では運動イメージと運動練習の併用が脊髄神経機能の興奮性とピンチ動作の正確性に与える影響とその関連性を検討した。

【方法】健常者 15 名に KVIQ を行い、3 以上の 8 名(男性:4 名、女性:4 名、平均年齢 20.1 歳)を対象とし、被験者の最大随意収縮(MVC)を計測した。その 20% 強度のピンチ力発揮を運動課題とした。まず安静とし(安静 1 回目)、次に視覚情報を与えて 20%MVC に調節する練習を行わせ(MP 試行)、その後視覚情報を遮断して 20% MVC を発揮させた(ピンチ課題 1 回目)。次に 20% MVC に調節する運動イメージを行わせ(MI 試行)、直後にピンチ課題 1 回目と同課題を与えた(ピンチ課題 2 回目)。次に視覚情報を与えた運動練習と共に運動イメージを行わせ(MP+MI 試行)、再度ピンチ課題を与えた(ピンチ課題 3 回目)。最後に安静とした(安静 2 回目)。安静 1 回目、2 回目、MP 試行、MI 試行、MP+MI 試行で F 波計測し、分析項目は振幅 F/M 比、出現頻度とした。ピンチ課題 1 回目、2 回目、3 回目では実測値と規定値の差を絶対値変換して絶対誤差を算出し正確性の指標とした。2 回の安静の平均から MP 試行、MI 試行、MP+MI 試行での振幅 F/M 比変化量を算出し、直後の絶対誤差と関連性をみた。

【結果】出現頻度と振幅 F/M 比は安静と比較して MP 試行、MI 試行、MP+MI 試行で増加し、振幅 F/M 比は MI 試行と比較した MP 試行、MP+MI 試行でも増加した。絶対誤差はピンチ課題 1 回目、2 回目、3 回目では差はなかった。MP 試行と MP+MI 試行での振幅 F/M 比変化量と直後の絶対誤差との関連性は変化量が 0 ~ 10% の範囲内の対象者の多くで絶対誤差が少なかった。

【考察】運動練習や運動イメージ時の脊髄神経機能の興奮性増加は運動実施により脊髄レベルの興奮性が高まったことと、運動イメージによる運動関連領域の賦活、そこからの下行路を経由した脊髄神経機能の興奮性の高まりと考えた。ピンチ課題間で絶対誤差に差がなかったことは、運動練習により得た正確性が自然減衰することを運動イメージまたは運動練習と運動イメージの併用が防いだと考える。今回、20%MVC に調節する運動イメージ課題を用いたので、運動イメージは脊髄神経機能の興奮性を高めるだけでなく規定値へ調節するというイメージが必要なため脊髄神経機能の大きな興奮性を認めなかったと考える。本研究では運動イメージと運動練習の併用の効果が単に運動練習を行った際と同じであり、併用の効果は引き続き検討していく必要がある。

【結論】20%MVC に調節する運動課題は、運動練習と運動イメージおよびその両方の併用において軽度の脊髄神経機能の興奮性を高め、運動の正確性は維持されることが分かった。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究の対象者には、ヘルシンキ宣言に基づいて、本研究の意義と目的を説明し、同意を得た上で研究を実施した。

心的歩行と実際歩行における運動イメージ誤差の抽出 —心的時間測定およびテンポの測定による健常若年者と高齢者の比較—

河井 陽介^{1,2)}

1) 医療法人 公仁会 姫路中央病院
2) 神戸学院大学大学院 総合リハビリテーション学研究所 医療リハビリテーション学専攻

Key words / 運動イメージ, 心的時間, ケーデンス

【はじめに、目的】

歩行課題の運動イメージ研究では、心的時間と実際の時間を比較する方法が用いられているが、歩行時間だけでは人の歩行イメージを十分に捉えているとは言えない。歩行のリズムを表すケーデンスやテンポを用いた研究は、我々の知るところ見当たらない。我々の先行研究では健常若年者を対象とし、10m 歩行の心的歩行と実際の歩行を、時間とテンポの2項目について評価し比較検討した。歩行イメージと実際の歩行は、時間一致性が見られた一方で、テンポは一致しない結果となった。本研究では新たに健常高齢者群を加え、健常若年者との比較検証を行なった。

【方法】

健常若年者 21 名 (年齢 24 ± 2.12 歳、男性 9 名、女性 12 名)、健常高齢者 19 名 (年齢 74 ± 6.18 歳、男性 7 名、女性 12 名) を対象とした。運動課題は 10m 歩行路を快適・最大速度の条件で 1) 心的に歩行する、2) 実際に歩行するとし、時間 (sec) とテンポ (bpm) を評価した。心的時間は歩行開始位置で被験者がストップウォッチを用いて測定し、実際の時間は検者によって各 3 回測定し平均値を採用した。心的のテンポ測定は、椅子座位で踵接地のタイミングで手を叩いて表現させ、ビデオカメラ (SONY 社、HDR-CX370) を用いて記録後、QuickTime Player Ver.10.4 を用いて解析した。なおテンポ × (身長 / 平均身長) で標準身長補正した。時間およびテンポの一致度は心的 / 実際の比率によって求めた。統計処理は対応のない t 検定を用いた。有意水準は 5% 未満とした。

【結果】

時間一致度は、快適条件において若年群 1.09 ± 0.33、高齢群 1.27 ± 0.35 で有意差は認めず ($p > 0.05$)、最大条件においても若年群 0.93 ± 0.33、高齢群 1.16 ± 0.39 で有意差は認めなかった ($p > 0.05$)。テンポの一致度は、快適条件において若年群 0.81 ± 0.12、高齢群 0.66 ± 0.16 で有意差を認め ($p < 0.05$)、最大条件において若年群 1.00 ± 0.19、高齢群 0.77 ± 0.15 で有意差を認めた ($p < 0.05$)。

【考察】

10m 歩行の心的時間は実際の時間と統計的に一致しており先行研究を支持している。一方で歩行テンポにおいては心的歩行と実際の歩行に一致性を認めず、時間よりもテンポの一致性を得ることのほうが難しい可能性を示唆している。北地らは「イメージの心的時間測定を用いた運動イメージと実際の運動における時間一致性を評価することで、対象者のフィードバック誤差学習を促進させる」としているが、歩行時間に加え、歩行リズムを表すケーデンスやテンポを用いて評価することで、歩行イメージをよりの確に評価できることが示唆され、誤差学習をより促進させる可能性がある。今後、症例数を増やして検証するとともに、本知見を基に虚弱高齢者や各疾患患者を対象として臨床介入していく。

【結論】

心的歩行と実際の歩行の時間一致度の評価だけでは、人の歩行運動イメージを十分に捉えているとは言えない。歩行イメージにおいてケーデンスやテンポを用いて評価する事で、歩行イメージをよりの確に評価できる可能性がある。

【倫理的配慮, 説明と同意】

全ての被験者に、実験前に目的、方法、リスクについて文書による説明を行い、署名による同意を得た。なお本研究は、神戸学院大学倫理審査委員会の承認を得た。

重度上肢麻痺を呈した脳卒中患者において KiNvis 療法は即時的に運動イメージ中脳波の事象関連脱同期を増大させるか

岡和田 愛実^{1,2)}・金子 文成^{1,2)}・新藤 恵一郎^{1,2)}・奥山 航平¹⁾
赤星 和人^{1,2)}・里宇 明元¹⁾

1) 慶應義塾大学 医学部 リハビリテーション医学教室
2) 湘南慶育病院 リハビリテーション部

Key words / 視覚誘導性自己運動錯覚, 運動イメージ, 事象関連脱同期

【はじめに、目的】感覚運動皮質上で記録した脳波 (EEG) の α 、 β 帯域は運動イメージによって減衰する (事象関連脱同期: ERD)。運動イメージとは実際の運動出力を伴わずに内的に運動を再現する能動的な過程と定義され、その最中に補足運動野や背側運動前野、小脳、大脳基底核、視床などが活動する。一方、視覚的に運動錯覚を引き起こす kinesthetic illusion induced by visual stimulation (KiNvis) は随意運動を伴わなくとも運動の知覚を生じさせ、補足運動野や運動前野、下頭頂小葉などが活動する。両者とも運動実行中に近い脳活動を誘導するが、運動イメージは能動的に行う必要がある。重度の麻痺を呈した慢性期脳卒中患者の場合、KiNvis 療法による運動知覚誘起後の方が運動イメージを行いやすいと考える。

本研究の目的は、脳卒中片麻痺患者に対する KiNvis 療法が即時的に運動イメージに伴う ERD を変化させるかどうかを検証することとした。

【方法】対象は脳卒中片麻痺患者 13 例 (右片麻痺 5 例、左片麻痺 8 例) で、発症から 10 ヶ月 ~ 18 年経過していた。取り込み基準は、Stroke Impairment Assessment Set 上肢遠位が 1A の者、初回発症で片側病変の者とした。

KiNvis 療法では非麻痺側手指の屈曲伸展運動を事前に撮影したものを反転させ、麻痺側手指上に提示した。約 6 秒間の動画を 20 分間繰り返し再生した。介入前後に EEG の検査を行なった。多チャンネル脳波計 (NetStation System) を使用し、損傷半球 F3/4、FC3/4、C3/4、CP3/4、P3/4 の電極で計測した EEG を解析した。安静時と比較し麻痺側手指伸展運動イメージ時に α 帯域、 β 帯域において最も ERD が大きい周波数帯域とその周波数帯域 ± 1Hz の ERD を算出した。

統計学的解析として、時期 (介入前、後)、周波数 (α 、 β 帯域)、部位 (F、FC、C、CP、P の 3/4) を要因とし、三元配置分散分析を行なった。交互作用を認めた場合、単純主効果の検定を行なった (Bonferroni 法)。有意水準は 5% とした。

【結果】時期、周波数、部位の要因に交互作用はなかった。また、時期と部位、周波数と部位の要因にもなかったが、時期と周波数の要因に交互作用があった ($p=0.01$)。部位の要因を排除した多重比較では、 α 帯域は介入前後で変わらず ($p=0.64$)、 β 帯域は介入後に増大した ($p=0.04$)。また、介入前後共に α 帯域と比較して β 帯域が高値であった (介入前: $p=0.02$, 介入後: $p<0.01$)。

【考察】本研究の結果、運動イメージ中の α 帯域 ERD は変化しなかったが β 帯域 ERD は感覚運動野とその周囲で増大した。 α 帯域と β 帯域の ERD は運動のイメージ再生や実行により感覚運動野周囲で増大するが、各帯域によって応答性が異なっている。このような α 帯域と β 帯域 ERD の異なる特性が、本研究結果で示された違いに影響している可能性があると考えられる。

【結論】単回 KiNvis 療法は即時的に運動イメージ中 EEG を変化させ、その変化は周波数帯域で異なった。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は「ヘルシンキ宣言」あるいは「臨床研究に関する倫理指針」に沿って実施され、湘南慶育病院倫理委員会の承認を得た。データ収集、公表では個人情報特定できないように匿名化を行った。

上肢感覚性運動失調を併発した脳卒中片麻痺患者に対する視覚誘導性自己運動錯覚の即時的効果～運動学的評価と神経生理学的評価を用いた検証～

加藤 淳史¹⁾・青山 敏之²⁾・河野 豊³⁾・富田 和秀²⁾
渡邊 信也¹⁾・遠藤 悠介²⁾・金子 文成^{4,5)}

1) 茨城県立医療大学付属病院 リハビリテーション部
2) 茨城県立医療大学 理学療法学科
3) 茨城県立医療大学 医科学センター
4) 慶應義塾大学 医学部 リハビリテーション医学教室
5) 湘南慶応病院 リハビリテーション部

Key words / 視覚誘導性自己運動錯覚, 脳卒中, 感覚性運動失調

【はじめに、目的】

視覚誘導性自己運動錯覚 (KiNvis) とは、自身の四肢が動いている映像の観察によって、実際には身体が動いていないにも関わらず、あたかも動いているような知覚が生じることである。Kaneko らの先行研究 (2007, 2016) では、KiNvis により健常者の一次運動野興奮性が上昇すること、脳卒中症例の上肢運動機能が即時的に改善することが報告されている。

一方、KiNvis によって生じる脳卒中片麻痺患者の運動機能改善に一次運動野興奮性変化が関与するかは不明である。また、感覚性運動失調に対する KiNvis を用いた介入効果の報告はない。よって、本研究では上肢感覚性運動失調を併発した片麻痺症例に対する KiNvis の即時効果について、運動学的・神経生理学的手法を用いて明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象は、左視床出血により感覚性運動失調と右片麻痺を呈した 50 代男性であった。Brs は上肢 IV, 手指 IV, 下肢 III, FMA 上肢 29 点, ARAT20 点, SIAS の運動覚 0, 触覚 2 であった。

運動錯覚の誘起には自己運動錯覚誘導システム (インターリハ社製) を用い、前腕上部に配置されたモニタに提示された非麻痺側手指屈伸運動 (屈曲・伸展相を各 3 秒ずつ) を左右反転させた映像を観察した。介入は 10 分間とし、5 分間隔で 2 回実施した。

介入効果の運動学的評価として、手指屈曲・伸展を各 3 秒かけて繰り返す運動中の麻痺側第一背側骨間筋 (FDI), 浅指屈筋 (FDS), 総指伸筋の筋活動を記録した。また、2 次元ビデオ方式動作解析システム (Frame-DIAS V) を用いて示指屈曲角度変化と指先の総軌跡長を算出した。経頭蓋磁気刺激を用いた評価には 8 字コイルを使用し、安静時の麻痺側 FDI から運動誘発電位 (MEP) を導出した。刺激強度は最大出力強度の 50%, 60% とした。すべての評価は介入前後に測定した。

【結果】

介入後、手指屈伸時の FDI の筋活動が増加した。また、示指屈曲角度変化の動揺が減少した。指先の総軌跡長は 280.0 cm から 252.5 cm へと減少した。MEP の平均振幅は両刺激強度ともに介入後に増大した (50%: 0.91mV → 1.42mV, 60%: 1.54mV → 2.18mV)。

【考察】

本研究結果より、KiNvis を用いた介入は視床出血の脳卒中症例においても皮質刺激による運動誘発電位の増大を導くことが明らかになった。また、このことは手指運動時の FDI の筋活動増大に結びついた可能性がある。一方、手指屈伸時の指先の総軌跡長の減少は、運動失調に伴う手指関節角度変化の動揺が KiNvis によって減少した結果として生じたことを示唆する。

【結論】

本研究は、脳卒中患者を対象とした KiNvis によって、その機能改善に重要な一次運動野興奮性が上昇することを示した初めての報告である。また、本研究結果は、治療に難渋する感覚性運動失調に対する新しいリハビリテーションとしての KiNvis の臨床的有用性を示唆することから、今後長期的な介入効果を含めた更なる検証が必要である。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は著者が所属する機関の倫理審査を通過した上、症例に対しては十分な説明を行い、同意を得た上で実施した。

片麻痺患者の治療経験が、その動きの理解に及ぼす効果についての検討 -fMRI 研究-

渡邊 壘・勝山 成美・臼井 信男・泰羅 雅登

東京医科歯科大学 認知神経生物学分野

Key words / 運動観察, 他者理解, 片麻痺

【はじめに、目的】

我々が他者の動きを観察する際、脳内の action observation network (AON) が活性化することで、その動きを理解できると考えられている。また、その動きに付随する情動の理解に対しては、temporoparietal junction (TPJ) が関与するとされている。こうした神経システムの活動は、観察対象の動きに対する観察者の過去の直接的な経験が影響すると考えられている。

これに対し我々は、健常な理学療法士が片麻痺を自身の身体で経験していないとしても、そのリハビリテーション場面において片麻痺患者の身体を治療した経験により、AON や TPJ の活動が調整され、その動きの理解や情動面の理解を向上させる、という仮説を立てた。本研究ではこの仮説を検証するために、機能的核磁気共鳴装置 (fMRI) を用い、片麻痺患者が動いている場面を、理学療法士群と一般被験者群にそれぞれ MRI 内で観察してもらい、観察時の脳活動を測定した。また、片麻痺動作観察時の主観的評価も合わせて検討した。

【方法】被験者は、臨床業務で主に脳卒中後遺症患者を対象としている理学療法士 (経験年数 5 年以上) 19 名、片麻痺患者とほとんど交流したことのない一般被験者 19 名とした。各被験者に MRI 内にて、6 名の片麻痺患者各々がグーパ-運動する動画を観察してもらった。動画は麻痺側で運動した条件 (麻痺条件)、非麻痺側で運動した条件 (非麻痺条件) の 2 条件で構成された。その後、MRI の外でノート PC を用いて MRI 内と同じ動画を観察し、11 項目から成る質問紙表を用い、その動きと心情に関する主観評価を行ってもらった。また、多次元共感尺度を用い、被験者が元々有する他者の心情を理解する能力を測定した。

【結果】質問紙表を用いた主観評価の結果、麻痺条件では、全ての項目にて理学療法士群の方が一般被験者群よりも有意に高い値を示した。また、多次元共感尺度では、群間で有意な差は認められなかった。脳活動の検討の結果、理学療法士群の方が一般被験者群に比べ、麻痺条件観察時に AON と TPJ が高い活動を示した。また、TPJ を基として機能的な結合を示す脳領域を検討した結果、AON の一部が高い結合性を示した。

【考察】

主観評価の結果から、理学療法士群の方が片麻痺患者の動きや情動面を理解していることが示された。また、多次元共感尺度は群間で差がなかったことから、その理解度は治療経験に基づくものであることが示唆された。AON や TPJ の高い活動が理学療法士群で認められたことから、片麻痺患者の治療経験が動作観察時の情報処理過程を調整し、その動きの理解をしやすくするといえる。加えて、理学療法士群では麻痺側条件時に、TPJ と AON の機能的結合が増大したことから、片麻痺患者の動きの情報をふまえて情動面を理解していたことが示唆された。

【結論】

理学療法士の片麻痺患者の治療経験が、その動きと情動面の理解を向上させることが、主観評価と神経活動の面から明らかになった。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は東京医科歯科大学倫理審査委員会の承認を得て研究を行った (承認番号 1264)。

本研究に参加した全ての被験者に実験の内容を説明し、同意を得た上で実験を行った。

連合反応時の表面脳血流動態の観察—機能的近赤外分光法での検討—

蔭山 亮太¹⁾・飯田 修平²⁾・杉山 和広³⁾・大野田 華子⁴⁾
小牧 美穂⁵⁾

1) 袖ヶ浦さつき台病院身体リハビリテーション課
2) 帝京平成大学健康メディカル学部理学療法学科
3) 赤羽リハビリテーション病院リハビリテーション科
4) あつみ整形外科・眼科クリニック 5) 横浜総合病院リハビリテーション科

Key words / 連合反応, 機能的近赤外分光法 (fNIRS), 運動関連領域

【はじめに、目的】身体の一部の運動を行うことで、他の部位に無意識に関節運動が生じることを連合反応といい、下肢における連合反応では、内転外転、内旋外旋が左右対称に出現する。健常者においても、主動作筋の作用に伴って連合反応は出現し、姿勢や運動の制御に働いている。現在に至るまで、連合反応に伴う筋電図反応などの報告は多くなされているが、脳活動の側面からの報告はない。そのため、本研究では機能的近赤外線分光法にて、一側股関節外転抵抗運動を行い、反対側股関節外転の連合反応が生じた際の表面脳血流動態の観察を行った。

【方法】対象は右手右足が利き肢の成人男性 20 名とした。背臥位にて最大筋力の 80% の強度で右股関節外転の等尺性抵抗運動を行い、連合反応の出現の判断として、筋電図で左股関節外転筋の収縮を確認した。近赤外線分光法装置には、島津製作所社製の近赤外光イメージング装置 OMM-3000 を用い、左側運動前野、右側運動前野、補足運動野、左側一次運動野、右側一次運動野を覆う全 22 チャンネルにて、連合反応時の大脳皮質の運動関連領域の脳血流動態を測定した。測定手順は、安静臥位を 30 秒、右股関節外転抵抗運動を 15 秒、再び安静臥位を 30 秒行い、この工程を 2 セット実施した。解析は、課題前安静臥位の Oxy-Hb の加算平均値をベースラインとし、課題時の Oxy-Hb の加算平均値の変化量を指標とした。統計学的解析には、IBM 社製の SPSS version22 を使用し、正規性の検定にはシャピロ・ウィルクの検定を行い 2 標本ともに正規化していることを確認した後、対応のある t 検定を実施した。有意水準は 5% 未満とした。

【結果】左右の運動前野、左側の一次運動野において、安静時に比べて課題時の表面脳血流動態の優位な増加が認められた。

【考察】左側の一次運動野の活動は、被験者の意識的な右股関節外転運動を行ったことにより活動が認められたと考える。運動前野は、頭頂連合野や側頭連合野から視覚・聴覚・体性感覚の情報を統合、また無意識下での運動の微調整を行う役割があるとされる。今回の左側運動前野の活動は、80% の強度で運動の強度を調整したこと、聴覚からの指示動作に対応したことなどが要因として考えられた。また、本研究では右側運動前野での活動も得られた。右側一次運動野での優位な活動が認められなかったことから、被験者が意識的に左下肢への筋収縮、随意運動を行った可能性は低いと考えられる。右側運動前野に優位な活動が生じた要因としては体幹運動や上下肢、体幹の協調性運動を制御する内側運動制御系からの影響が考えられた。

【結論】連合反応によって生じた筋収縮においても、支配側（反対側）の運動前野の脳活動が関与する可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、ヘルシンキ宣言に沿って行った研究である。帝京平成大学倫理委員会の承認（承認番号 29-039）を得た上で、対象者には事前に研究手順を説明し、書面にて承諾を得た後に計測を開始した。尚、被験者への研究の目的の説明は、脳活動への影響を配慮して測定終了後に行うことも同意を得て実施した。

Tapping 動作における内的リズム反応 -mechanogram 及び EMG 及び EEG からの検討 -

鈴木 慧二¹⁾・村口 良介²⁾・濱 敬介³⁾

1) 医療法人東洋病院
2) 医療法人平成博愛会 博愛記念病院
3) 徳島医療福祉専門学校 作業療法学科

Key words / Tapping 条件, 刺激 Hz, 内的リズム

【はじめに、目的】パーキンソン病でのすくみ足に対し、Rhythmic Stimulation(以下 RS)を用いた External Cue(以下 EC)が制御に有効である報告は多い。一方、EC の効果は短期的に有効だが、持続効果が低い等の課題もある。また、原因に大脳基底核回路の障害による、内的リズム形成障害が報告され、メカニズムに内的情報に基づいて EC を抑制的に修飾し、随意運動を制御する役割が示唆されている。以上から、EC による RS での Tapping モデルに、mechanogram 及び EMG 及び EEG の解析により、生体内リズム形成の一端を検討を目的とした。

【方法】被験者は、健常成人 10 名(男性 6 名、女性 4 名、平均 22.5 歳± 3.7)、右手にて大腿部に対し Tapping(body-tap 条件)、体に接触しない table に対し Tapping(table-tap 条件)の 2 条件を設定、時間は 2 分間、前半 1 分間はモニター提示された RS に同期する EC 区間、後半 1 分間を RS 無しで Tapping 保持する内的リズム区間と設定、RS 頻度は 0.5, 1, 2, 5Hz の 4 条件とした。

統計処理は、2 群間の検定を t 検定、二元配置分散分析を行い、多重比較検定を Dunn 検定で実施、有意水準は 5% とした。

【結果】Mechanogram の結果、1Hz - body:EC に対し table:IC が有意に減少 ($q=4.409, P < .05$)、2Hz - body:EC に対し table:IC が有意に減少 ($q=3.919, p < .05$)。伸筋 EMG の結果、0.5Hz の body-IC に対し、table-EC が優位に減少 ($q=4.409, P < .01$)、table-IC に対し有意に減少 ($q=3.919, p < .05$)。1Hz では、body-IC に対し、table-EC ($q=3.919, p < .05$)、table-IC ($q=3.674, P < .05$) が有意に減少した。屈筋 EMG の結果、1Hz では body-IC に対し、table-EC が有意に減少 ($q=3.919, p < .05$)、2Hz では body-EC に対し、table-IC ($q=4.164, p < .05$) が有意に減少。EEG の結果、脳波帯域成分間の比較で、body は 2Hz、頭頂部での θ 波に対し α 波の優位な右脳シフトを示し ($S=3.1934, P < .05$)。table は、0.5Hz 及び 1Hz、後頭野での、 δ 波に対し β 波の優位な左脳シフト ($S=2.9972, P < .05$)、($S=2.9993, P < .05$) を示した。

【考察】Mechanogram の結果、1, 2Hz では、連続的 ET-Cue に対し、負の非同期が出現、提示された刺激間の過小評価となる報告と一致、更に、RS 無しでの快適なテンポでは 120BPM に近づく報告があり、2Hz の結果はその影響と考えられる。EMG の結果、0.5, 1Hz の EMG では、1000msec 秒以上の RS に対し、上位中枢の影響が報告されており、2Hz では、50% 以下での身体活動量と筋活動量は無関係との報告から、Mechanogram 結果と EMG 結果は一致、運動制御の効率化が考えられる。EEG の結果、 β 波は、 δ 帯域の活動を減少させ、小脳脚へ電気刺激が発生する報告、 α 波の減少、 β 波増加の α -blocking 現象、また Tapping 時の感覚刺激増強が長距離同調を発生、頭頂葉部と後頭葉部が感覚と運動の統合の促進と考えられる。

【結論】各条件における RS による EC から、内的リズム形成を検討し、0.5, 1, 2Hz Tapping での課題遂行中に内的リズム形成の転換が示唆された。しかしながら、1 及び 2Hz においては、一般的な運動制御に基づく先行研究と一致することから、今後の臨床への課題として 0.5Hz での Tapping 課題が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、ヘルシンキ宣言に従い、全ての被験者に対し、事前に実験の趣旨及び内容を説明し、同意を得た上で実施した。

聴覚刺激の刺激回数の変化がリズムカルな運動の再生に与える影響

栗田 由以^{1,3)}・高橋 優基²⁾・前田 剛伸²⁾・伊藤 正憲²⁾
嘉戸 直樹²⁾・鈴木 俊明³⁾

- 1) 北須磨病院
2) 神戸リハビリテーション福祉専門学校 理学療法学科
3) 関西医療大学 保健医療学研究科

Key words / 聴覚刺激, リズム, 足踏み

【目的】

周期的な聴覚刺激は、運動の手がかりを提供し運動のタイミングを安定させるといわれている。運動療法において歩行リズムの改善を図る場合、セラピストの声かけや手拍子を用いることがある。我々は先行研究において、周期的な聴覚刺激に対して運動を同期させる課題を実施させた後は、刺激を提示しなくてもリズムカルな運動は継続できると報告した。しかし、リズムカルな運動の誘導に適した刺激回数について検討した報告は見当たらない。本研究では提示された聴覚刺激のリズムで動作を再生する能力を評価し、聴覚刺激の刺激回数の変化がリズムカルな運動の再生に与える影響について検討した。

【方法】

対象は健常者 13 名 (男性 8 名、女性 5 名、平均年齢 26.2 ± 6.2 歳) とした。対象者は立位で聴覚刺激が提示された後に、そのリズムを意識しながら 30 回の足踏みを実施した。聴覚刺激の刺激条件は刺激強度を 65dB、刺激周波数を 1000Hz、持続時間を 25ms とした。刺激間隔は歩行の 1 歩に要する時間を参考に 500ms とした。刺激回数は 2 回、3 回、5 回、10 回とし、ランダムに実施した。各試行間には 1 分間の休息を設けた。聴覚刺激の入力は Viking Quest (Nicolet BIOMEDICAL)、足踏みの記録は VaitalRecorder2 (KISSEICOMTEC) を使用した。分析項目は 30 回の足踏みの間隔の絶対誤差と変動係数とした。絶対誤差は 500ms と足踏みの間隔との差の絶対値とした。反復測定一元配置分散分析と Bonferroni 法による多重比較を用いて、刺激回数の変化にともなう足踏みの間隔の変動係数と絶対誤差を比較した。有意水準は 5% に設定した。

【結果】

絶対誤差は、聴覚刺激を 2 回提示した後が 29.1 ± 19.1ms、3 回提示した後が 37.7 ± 21.7ms、5 回提示した後が 33.6 ± 13.1ms、10 回提示した後が 34.1 ± 15.0ms であった。変動係数は、聴覚刺激を 2 回提示した後が 4.5 ± 1.6%、3 回提示した後が 4.7 ± 1.1%、5 回提示した後が 3.7 ± 1.1%、10 回提示した後が 4.4 ± 1.7% であった。いずれの刺激回数でも絶対誤差、変動係数に有意差を認めなかった。

【考察】

Nakajima らは、150 ~ 2000ms の間隔で聴覚刺激を 2 回連続で提示した場合、対象者はある種のタイミングがあるように感じると述べている。また、500ms の間隔は学習されやすい基本時間単位といわれている。本研究において、いずれの刺激回数でも絶対誤差、変動係数に有意な差を認めなかったことから、聴覚刺激を用いて運動を誘導する場合、500ms 間隔であれば 2 回の刺激で良いことが示唆された。これは 2 回以上の刺激の呈示によってリズムを認識し、認識したリズムは刺激が提示された後においても内的なリズムとして残存していたためと考えた。一方、臨床で対象となる高齢者や症例においては、2 回の刺激ではリズムカルな運動を誘導することが難しくなる可能性がある。そこで、今後は高齢者や症例を対象に運動の誘導に適した刺激回数を検討したいと考える。

【倫理的配慮, 説明と同意】

対象者には本研究の目的と方法、個人情報の取り扱いについて書面と口頭で説明し、同意を得た。

障害物回避が苦手な人の行動調整能力を向上させる介入方略の検討 - 指先接触法の提案 -

袴田 友樹^{1,2)}・近藤 慶承³⁾・樋口 貴広²⁾

- 1) 医療法人社団 葛西中央病院 リハビリテーション科
2) 首都大学東京 人間健康科学研究科
3) 徳島文理大学 保健福祉学部 理学療法学科

Key words / 行動調整能力, 衝突回避, 指先接触法

【はじめに、目的】障害物との衝突は、転倒や怪我につながる恐れがある。このため、衝突回避が苦手な高齢者では、障害物との衝突を避けるための行動調整能力を高める必要がある。障害物との衝突を避けるための行動調整能力を高めるには“習うより慣れる”型の介入方法、すなわち、衝突回避を何度も繰り返す方法を考えるであろう。しかし、こうした介入には 2 つの問題がある。第 1 に、対象者が上手く衝突を回避できなかった際、衝突がもたらす痛みを体験する可能性がある。第 2 に、“習うより慣れる”型の介入効果が必ずしも即時性を持つわけではないという事実である (Higuchi et al. 2004; Yasuda et al. 2014)。そこで本研究では、狭い隙間を通り抜ける際の行動調整能力を向上させる介入方略として、指先で隙間構成物を触れる介入方法 (指先接触法) の有効性を検証した。

【方法】実験参加者は、健常若齢者 64 名であった。参加者を両側指先接触あり群、対照群、両側指先接触なし群、片側指先接触あり群のいずれかに割り振った。隙間通過行動を対象として、Pre、介入、Post の 3 セッションで実施した。Pre・Post は両群とも共通であり、平行棒 (肩幅の 2 倍) の両端を把持し、最小限の体幹の回旋で隙間を通り抜ける課題を行った。両側指先接触あり群では、ドアを左右の示指で触れながら通り抜けた。対照群では歩きながら隙間を通り抜けた。両側指先接触なし群では、両指先でドアに触れようとするものの、ギリギリ触れずに通り抜けた。片側指先接触あり群では、片側の示指でドアに触れながら通り抜けた。Pre・Post では 9 試行、介入では 36 試行実施した。従属変数は、ドアと平行棒の先端の間でできる隙間である安全マージン、体幹の回旋角度、ドアとの衝突頻度の 3 つであった。統計解析は、それぞれの従属変数に対して 2 要因 (介入条件、介入前後) の分散分析を行った。統計学的有意水準は 5% とし、統計ソフトは SPSS を使用した。

【結果】安全マージンの項目において、両側指先接触あり群だけでなく、両側指先接触なし群においても介入の効果を示唆する結果が得られた。一方でいずれの群においても、体幹の回旋角度、衝突率には介入の効果が得られなかった。

【考察】指先接触法の中で、「両側の指先でドアとの調整を図ること」が介入の効果をもたらす一要因になることが推察された。これは上肢の到達運動における位置の認識や調整的な運動、フィードバック誤差学習が関係していることが考えられた。指先とドアとの距離の情報における誤差修正を繰り返すことで、内部モデルの精度が高まり介入効果が得られたことが推察された。

【結論】両側の指先でドアとの調整を図ることによって、身体と障害物との空間関係を知覚できる能力を高め、行動調整能力の向上に寄与する可能性が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本発表はヘルシンキ宣言に基づき、参加者に、研究の目的、方法、心身への影響、参加中止の自由について説明を行い、実験参加者本人から研究内容への同意と実験参加への承諾を紙面に得た。また、本研究の手続きは、首都大学東京研究安全倫理委員会により審査を受け、承認された (承認番号 29-24)。

高齢者のランダムな筋力調整能力について

笠原 敏史¹⁾・戎 駿介²⁾

1) 北海道大学大学院保健科学研究院 機能回復学分野

2) 社会医療法人北斗 十勝リハビリテーションセンター 理学療法科

Key words / 運動制御, 加齢, 筋力

【目的】転倒予防は高齢者の健康問題への最優先課題である。特に、立位での転倒は高齢者の大腿骨頸部骨折の原因の7割を占めることから、高齢者の立位バランス能力の低下は転倒と密接に関連する。高齢者の立位での姿勢制御戦略は若年者に比べて足関節戦略より股関節戦略をとることが知られている。高齢者の足関節周囲筋の絶対筋力の低下は必然であるが、発揮張力を適切に調整する能力も姿勢調節には重要であり、高齢者のバランス維持や転倒予防にとって必要不可欠な要素と考える。本研究は若年者と高齢者を足関節底屈筋力の調整能力、特に、予測が出来ないランダムな力調節における加齢の影響を調べた。

【方法】健常若年者8名(平均年齢21.0±1.0歳)と健常高齢者9名(平均年齢70.5±2.9歳)が参加した。全参加者はバランス能力に影響する疾患を持たず、過去1年以内に転倒を経験した者はいなかった。事前に閉眼での片脚立位保持時間と機能的リーチテスト(FRT)を計測した。さらに、底屈筋の等尺性収縮時の最大筋力を絶対筋力として計測した。筋力調整課題はBiodexを用いて利き足の足関節底屈筋の等尺性収縮による筋出力とした。筋出力はモニターを介して視覚的にフィードバックされ、参加者は増加または減少する筋出力の目標値と一致するように底屈筋力を調節するよう指示された。出力の大きさはランダムな条件と一定な条件とした。筋出力調整評価は目標値と実際の筋出力との誤差とした。表面筋電計を用いて腓腹筋内側頭と前脛骨筋の筋活動を同時に記録し、同時収縮指標(ICC)を算出した。誤差と同時収縮指数の両群の比較について、対応のないt検定をSPSSを用いて行った。

【結果】高齢群の閉眼片脚立位時間、FRT、最大底屈筋力は若年群に比べていずれも低値であった。誤差は全ての条件で若年群に比べて高齢群で有意に大きかった。一定条件のとき、両群とも筋出力減少時に比べて筋出力増大時で有意に大きな誤差が生じていた。ランダム条件のとき、高齢群の筋出力減少時の誤差は増大時と同程度に増大していた。ICCについて、一定条件での高齢群と若年群に差を認めなかったが、ランダム条件において高齢群が若年群に比べて有意に高値であった。

【考察】高齢者は加齢の影響により筋重量の低下、筋線維組成の変化、感覚受容器閾値の増加、脊髄後根神経線維の減少、1a線維の伝導速度の減少などにより筋出力の低下を引き起こす。高齢群で観察された高い同時収縮は筋力の調整をより困難にしているものと考えられる。ランダム課題の特徴は「規則性がない」、「予測ができない」、「再現性がない」が挙げられる。本研究は、高齢者の筋力の調整能力がランダムな運動条件で著しく低下し、特に、筋出力減少時に誤差が増大することを明らかにした。

【結論】高齢者の筋出力調整能力の低下は予測の出来ない状況下において顕著となり、転倒時に適切な防御動作を素早くとることができないことを示唆する。

【倫理的配慮, 説明と同意】研究は本学研究院に設置されている倫理委員会の承認を得ており(承認番号17-58)、被験者に書面で十分な説明を行い、同意を得た後に実験に参加した。

低強度の運動や他動ストレッチが認知機能と感情に及ぼす影響

若野 世奈¹⁾・土田 和可子²⁾・浅川 真由³⁾・松尾 真吾²⁾
鈴木 重行⁴⁾・浅井 友詞²⁾

1) 大垣市民病院リハビリテーションセンター

2) 日本福祉大学健康科学部

3) 松波総合病院リハビリテーション科 4) 朝日大学保健医療学部

Key words / 他動ストレッチ, 認知機能, 感情

【はじめに、目的】近年、運動が様々な疾患の予防だけでなく、認知機能の向上につながる事が知られており、その効果は中等度～高強度の運動で顕著にみられると報告されている。一方、低強度の一過性の運動でも認知機能に好影響を及ぼすことが報告されているが、どの程度の運動が認知機能や心理面に好影響を及ぼすのかについて十分な科学的根拠が示されていないのが現状である。また、近年、ストレッチは気分の改善など心理面で有益な効果をもたらす運動として注目されている。しかし、他動ストレッチが認知機能や心理的効果に及ぼす影響を検討した報告は極めて少なく、その効果は不明である。そこで今回、低強度の運動や他動ストレッチが認知機能と感情に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は若年健常者20名(男性10名,女性10名,平均年齢:20.2±1.1歳,平均身長:161.6±7.2cm,平均体重:59.3±11.3kg)とし、座位をとらせる安静条件、自転車エルゴメーターによる下肢ペダリング運動(30%HRmax)を行わせる運動条件、右側ハムストリングスを他動的に伸張させるストレッチ条件の3条件(各10分)を1週間空け、順不同にて実施した。認知機能はTrail Making Test-part A, B (TMT-A, B)とStroop testを用い、感情はMood Check List-short form 2(全12項目)を介入前後に実施し、快感情、リラックス感、不安感の3因子を評価した。

【結果】TMT-A, BとStroop testの回答時間は、それぞれ介入前と比較し、運動後およびストレッチ後に短縮した。また、快感情と不安感、介入前と比較し、運動後およびストレッチ後に改善した。リラックス感、運動後に低下し、ストレッチ後に改善した。

【考察】低強度の運動後、他動ストレッチ後に、認知課題の遂行時間が短縮したことから、低強度の運動、他動ストレッチは認知機能へ好影響を及ぼすことが示唆された。低強度の運動後にはリラックス感が減少したが、他動ストレッチ後にはリラックス感の減少を伴うことなく、気分の改善がみられた。これらのことから、他動ストレッチは、認知機能や心理面へ好影響を及ぼす運動の代替手段として利用できる可能性が示唆された。今後は、運動やストレッチがもたらす認知機能や感情への影響を解明するだけでなく、さまざまなニューロイメージング手法を用いて、低強度の運動やストレッチングが認知機能に及ぼす影響について詳細な検討をする必要がある。

【結論】他動ストレッチには、低強度の運動と同等の認知機能向上効果と気分改善効果がある可能性が考えられる。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は、日本福祉大学の倫理審査委員会の承認を得て行った。対象者に対して、書面および口頭にて研究内容を説明し、同意署名を得た上で実施した。

RHIを用いた身体所有感における脳波活動の検討

三谷 麻莉子¹⁾・岩城 達也²⁾

1) 広島国際大学大学院医療福祉科学研究科

2) 広島国際大学総合リハビリテーション学部リハビリテーション支援学科

Key words / ラバーハンド錯覚, 身体所有感, 脳波活動

【はじめに、目的】我々の自己に対する認知は多様であり、その中の一つに自分の身体が自分のものであるといった身体所有感が挙げられる(Gallagher, 2000)。身体所有感、脳卒中の後遺症である半側身体失認に対するリハビリテーションにおいても注目されている。身体所有感の研究では、近年、Rubber Hand Illusion(RHI)を用いたものが多い。RHIとは、参加者の手を視覚的に遮断された状態で、目の前のラバーハンドに時間的・空間的に同期した刺激を与えると、ラバーハンドに対し自身の手のような錯覚が生じる現象である(Botvinick 1998)。

本研究では、身体所有感に関わる違和感を評価することを目的とし、今回はその指標を探索するために、RHIが生じた際の脳は活動を検討した。

【方法】対象は、右利きで健常の大学生14名(女性5人と男性9人、平均年齢19.86±0.83歳)であった。実験肢位は椅座位とし、高さはラバーハンド全体が見える位置に調節した。刺激は、絵筆を用いてメトロノーム(1Hz)に合わせて示指に60秒間与えた。

計測は、始めに開眼時と閉眼時の脳波を60秒間記録した。次に、5条件をランダムな順序で行ない、これを2回繰り返した。5条件は、錯覚が生じるとされる①RHI条件、錯覚が生じないとされる刺激位置が違うものを2条件(②参加者の右手の掌側を刺激、③参加者の左手を刺激)、④視覚のみの刺激と⑤触覚のみの刺激の条件とした。触刺激後、錯覚強度を10段階で評価してもらい、Wilcoxonの符号順位検定を用いて統計処理をした。

脳波はキャップ型電極を用いて、Czを基準に国際基準に従い脳全体をカバーする典型的な21部位から記録した。初めにEEGLabを用いて独立成分分析によりノイズを除去し、その後、マイクロステイト分析を行った。

【結果】内観報告で2回のRHI条件のうち錯視量1を報告した2名と、刺激がなくても錯覚が強く続いた1名を分析から除外した。内観報告では、5%水準で試行反復による有意差は得られなかったため、平均値で各条件を比較した結果、条件①と②、④、⑤に有意差が得られた(p<.005)。

マイクロステイト分析は脳電位マップを4クラスタで抽出した。条件①において、マップ遷移に着目すると、左右の前頭部から対角の後頭部に電位が分布するマップ遷移が多くみられた。

【考察】内観報告で試行反復間に有意差がなかったことから、回数による傾向は見られなかった。また、条件間では条件①が有意に高かったことから、実験操作の妥当性が認められた。条件①でのマイクロステイト分析結果は、先行研究において身体所有感が前運動野領域で報告されているものと類似し、運動前野を中心にしたネットワークが関係していることが示唆された。

【結論】本研究は身体所有感の脳活動をRHI錯覚により検討した。結果、マイクロステイト分析でマップ遷移における特徴が確認され、前運動野のネットワークの関与を示唆した。こうした身体所有感の研究が、幻肢や身体失認といった身体所有感に異常を示す症状に接近出来ると考えられる。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は広島国際大学の医療研究倫理審査の承認を得て実施された。

頭頸部アライメントと自律神経および気分・感情との関係性

藤田 裕子

文京学院大学

Key words / 頭頸部アライメント, 自律神経, 気分・感情

【はじめに、目的】

頭頸部アライメント評価には、頭蓋脊椎角 (craniovertebral angle:CV 角) や、壁と後頭部の最突出部の距離を計測する occiput-to-wall distanc (OWD) がある。本研究では頭頸部アライメントと自律神経および気分感情との関係性を明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象は健常者 15 例 (男性 8 名、女性 7 名、平均年齢 20.5 ± 2.5 歳) とした。測定項目は立位時の頸部アライメント評価 (OWD・CV 角)、自律神経指標、気分感情尺度の Profile of Mood States Second Edition(POMS) とした。OWD は外眼角と耳介上部を結ぶ線が床と平行となるよう頭頸部中間位とし踵を壁につけた状態で立位をとり、壁と後頭部の最突出部との距離をメジャーにて 0.5 cm 間隔で計測した。CV 角は第 7 頸椎棘突起を通る水平線と第 7 頸椎棘突起から耳珠を通る線がなす角度を計測した。自律神経指標はタスクフォースモニター (日本光電社性、TFM-3040) を用いて、安静座位保持、立位保持における心電図の R-R 間隔変動より低周波領域のパワー積分値 (LF) および高周波領域のパワー積分値 (HF) を算出し、HF 成分を心臓迷走神経の指標、LF/HF を心臓交感神経の指標とした。さらに超低周波領域 (VLF) の影響を排した補正值 LFnuRRI、LFnuRRI を解析データとした。気分感情指標には POMS を用いて現在の気分・感情を計測した。本研究では OWD・CV 角と LF・LF/HF・POMS (AH・CB・DD・FI・TA・VA・F・TMD) との関係性をピアソンの積率相関係数を用いて分析を実施した ($p < 0.05$)。

【結果】

OWD は POMS 項目のうち、怒り-敵意 (AH, $r = -0.56$)、混乱-当惑 (CB, $r = -0.67$)、うつ-落ち込み (DD, $r = -0.58$)、疲労-無気力 (FI, $r = -0.54$)、緊張-不安 (TA, $r = -0.60$)、総合的気分状態 (TMD, $r = -0.7$) と負の相関が見られたが、活気-活力 (VA) と友好 (F) とは相関関係が見られなかった。また、CV 角は安静座位の HF ($r = 0.58$) 安静立位の HF ($r = 0.56$) と正の相関関係を認められたが、LF/HF とは相関関係を認めなかった。

【考察】

OWD は数値が大きい程、CV 角は角度が小さい程、頭頸部が前方偏位していると言える。本研究より、頭頸部前方偏位が大きくなるに従って、ネガティブな感情は強くなり、副交感神経が低下する傾向があることが示された。ストレスや精神面と自律神経との関係性は報告されているが、姿勢アライメントと感情・心理面との関係性についての報告は少なく、頭頸部アライメントなどの身体的側面からも心身機能の相互作用に関して検討していく必要がある。本研究は頭頸部アライメントのみの計測であるため、今後は脊柱アライメントや頭頸部周囲筋群の要因も含め、自律神経障害を呈している症例や、気分感情面についての詳細な評価についても検討する。

【結論】

頭頸部前方偏位と自律神経および気分感情は関係している可能性が示唆され、理学療法において姿勢評価・介入の重要性と心身機能の相互関係を考える一助になったと考える。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は当大学倫理委員会の承認を得て行った (承認番号: 2017-0049)。また、ヘルシンキ宣言に則り、対象者に研究の趣旨を説明し、同意を得た。

筋収縮後増強における中枢神経系の興奮性の関与

石井 智也¹⁾・笹田 周作²⁾・鈴木 伸弥³⁾・小宮山 伴与志^{1,4)}

1) 東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科

2) 相模女子大学

3) 北海道医療大学 4) 千葉大学

Key words / 筋収縮後増強, tDCS, TMS

【はじめに、目的】骨格筋の筋電図 (EMG)-力関係は様々な要因によって変化を受ける。例えば Suzuki ら (1988) は、微細な力発揮後に大きな力発揮を行うと、その後の微細な力発揮時の筋電図量が変化することを報告した。Suzuki らはこの現象を筋収縮後増強と呼んだ。その機序として運動単位の興奮性変化が示唆されているが、脊髄上位の中枢神経系の興奮性の変化の関与などその詳細は不明である。そこで、実験 1 では経頭蓋的直流電流刺激 (tDCS)、実験 2 では経頭蓋的磁気刺激 (TMS) を一次運動野に与え、筋収縮後増強に関わる中枢神経機序の一端を明らかにしようとした。

【方法】健常成人 23 名 (年齢 21-30 歳) を対象とした。実験 1 では、運動課題は等尺性肘関節屈曲とした。被験者は最大随意筋収縮 (MVC) の 2%MVC のテスト収縮 (TEST1) に続いて 50%MVC のコンディショニング収縮 (CC) を行い、再び 2%MVC (TEST2) を行う様に教示された。被験者にはモニターにて発揮張力のフィードバックを与えた。この運動課題を tDCS 前後に行った。tDCS の刺激強度 2 mA、刺激時間 15 分間とした。刺激条件は Sham、Anode、Cathode の 3 種類として一人の被験者につき、少なくとも 7 日間を空けてランダムな順番で行った。筋電図は双極表面誘導法により右上腕二頭筋より導出した。実験 2 では、運動課題は実験 1 と同様に TEST 1、CC、TEST 2 の順番に行う等尺性肘関節屈曲とした。ただし、被験者には TEST1、2 では 2% EMG を発揮するように筋電図のフィードバックを与えた。TEST1、2 の課題中に運動時間値の 1.3 倍で TMS を与え、CC 前後の運動誘発電位 (MEP) を導出した。EMG は双極表面誘導法により右上腕二頭筋より導出した。

【結果】実験 1 に関し、tDCS 前、TEST1 に比べ TEST2 で有意な筋電図量の増加が認められた ($P < 0.05$)。また tDCS 後、Sham に比べ Anode では筋電図量が有意に減少し ($P < 0.01$)、Cathode では有意に筋電図量が増加した ($P < 0.001$)。実験 2 では、TEST1 に比べ TEST2 において MEP の有意な減少が認められた ($P < 0.01$)。TEST1 に比べ TEST2 の発揮張力の有意な減少が認められた ($P < 0.01$)。

【考察】tDCS による筋収縮後増強の変化は、tDCS により皮質運動野、皮質脊髄路、もしくは脊髄運動ニューロンといった中枢神経系の興奮性が修飾されたことが示唆される。また、大きな力発揮後の微小な力発揮を発揮する際には、皮質運動野から骨格筋に至る経路の興奮性が減弱することが考えられる。

【結論】筋収縮後増強は一次運動野に対する直流電流刺激によって影響を受けた。また、CC 後の MEP 減少の結果から、その機序の一端として大脳皮質を含む中枢神経系の興奮性の変化の関与が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本申請で行う研究内容は事前に千葉大学教育学部倫理委員会に審査され、承認済みである。実験に参加される被験者には事前に実験内容について説明を行い、ヘルシンキ宣言に従い、インフォームドコンセントを得てから実験を行った。また、文部科学省、厚生労働省の「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」、日本神経科学学会の「ヒト脳機能の非侵襲的研究」に基づいて、プライバシー保護の対策、安全の管理のもと実験を行った。

筋振動刺激が振動刺激筋を支配する上位・下位中枢神経機構に及ぼす影響について

岩崎 理紗¹⁾・引地 隼矢²⁾・鈴木 智高³⁾・菅原 憲一³⁾

1) 済生会神奈川県病院2) 景翠会金沢病院

3) 神奈川県立保健福祉大学 保健福祉学部 リハビリテーション学科

Key words / 筋振動刺激, 経頭蓋磁気刺激, 運動制御

【はじめに、目的】筋振動刺激は、刺激中および刺激後の筋緊張の緩和や随意運動への影響を目的として用いられることが多い。本研究は、筋振動刺激を与えることによって生じる随意運動または運動イメージ時の神経生理学的変化を上位・下位運動中枢の興奮性を中心に明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は、健康成人12名であった。被検筋は右橈側手根屈筋(FCR)とした。振動試験機(WaveMaker01, 旭製作所製)を用いて周波数100Hz, 振幅値1.1~1.5mmで右FCRの筋腹に刺激を行った。評価項目は、正中神経を肘部で電気刺激しFCRから導出されたH波振幅値と経頭蓋磁気刺激により誘発された運動誘発電位(MEP)振幅値を測定した。それぞれ最大M波で除した値(H/Mmax比, MEP/Mmax比)を求めた。課題は、安静時、手関節屈曲随意運動時<FCR最大筋収縮量(MVC)の5%・10%・20%>, 手関節屈曲運動イメージ時(5%・20%MVC)とし、振動刺激の有無によりそれぞれ10回程度のH波とMEPをランダムに計測した。統計解析は、振動の有無による安静時の比較を対応のあるT検定、随意運動時と運動イメージ時の比較は、独立変数を振動の有無と筋収縮量、従属変数をHまたはMEP/Mmax比とする二元配置分散分析後にBonferroni検定を用いた(有意水準:5%)。

【結果】振動刺激による、安静時のFCRのH/Mmax比は振動刺激時有意に減少したが、MEP/Mmax比は有意に増大した。随意運動時におけるFCRのH/Mmax比の対応のある2要因の分散分析の結果では、振動の有無および筋収縮量の双方の主効果に有意差を認め、交互作用においても有意差も認められた。MEP/Mmax比の対応のある2要因の分散分析の結果では、筋収縮量的主効果は有意差を認められたが、振動の有無の主効果および交互作用において有意差は認めなかった。運動イメージ時におけるFCRのH/Mmax比の比較では、振動の有無および筋収縮量の双方の主効果に有意差を認め、交互作用においても有意差を認められた。また、MEP/Mmax比の比較では、筋収縮量および振動の有無の双方の主効果に有意差を認め、交互作用においては有意差を認めなかった。

【考察】振動刺激筋における各条件のH/Mmax比の減少は、Iaシナプス前抑制の影響だと考えられた。一方、運動イメージ時は、振動刺激筋のMEPは振動刺激を与えることにより有意に増大した。これは振動刺激による感覚入力の上昇による一次運動野の興奮性を修飾した可能性が考えられた。随意運動時は、振動刺激筋のMEPに変化が見られなかった。これは振動刺激による感覚入力が増大することによる興奮性の増大に相殺され生じたことが考えられた。

【結論】振動刺激と運動イメージの併用では、下位中枢神経に対しては、随意運動時と同様に振動刺激筋を抑制し、上位中枢神経に対しては、Ia線維からの感覚入力の上昇により興奮性を増大することが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】研究対象者には、実験内容および被験者の権利についての説明を十分に行い、実験参加への同意を得た上で実施した。本研究は、神奈川県立保健福祉大学研究倫理審査委員会の承認(承認番号:保大第10-41)を得て実施した。

変速トレッドミル歩行トレーニングの有効性および機能的電気刺激を併用した介入が中枢神経系に与える効果の検討

安井 崇人^{1,2)}・甲斐 義弘³⁾・杉山 将史³⁾・大滝 脩介³⁾山口 蔵人³⁾・土田 将之¹⁾・引地 隼矢¹⁾・鈴木 智高¹⁾近藤 国嗣²⁾・菅原 憲一¹⁾

1) 神奈川県立保健福祉大学大学院

2) 東京湾岸リハビリテーション病院

3) 東海大学工学部機械工学科

Key words / トレッドミル歩行, 機能的電気刺激, 経頭蓋磁気刺激

【はじめに、目的】

脳卒中患者において、歩行能力を改善する治療機器としてトレッドミルが広く用いられている。当機器の速度を連続的に変化(変速)させる機器を共同開発し、変速にて歩行を行うことによる神経学的変化を検討した。また、歩行に併用する機能的電気刺激(FES)は、皮質脊髄路の興奮性を高め機能的な改善をすることが報告されている。そこで本研究の目的は、健康者を対象に、トレッドミルを用いて変速歩行及びFESを併用することで皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響を検証することとした。

【方法】

対象は、中枢神経系及び整形外科系疾患の既往のない健康成人28名(女性15名, 平均年齢21.5±1.9歳)とした。デザインはランダム化比較試験とし、課題条件はトレッドミルによる(1)定速歩行(定速), (2)変速歩行(変速), (3)定速とFESの併用(定速+FES), (4)変速とFESの併用(変速+FES)の4条件(各条件7名)とし、30分間の歩行を行った。速度設定は、定速:4.0km/hとし、変速:15秒周期で2.0-4.5km/hを反復する速度とした。電気刺激設定は、右腓骨頭直下で総腓骨神経を刺激した。刺激周波数は25Hz, パルス幅は1msとした。刺激強度は、前脛骨筋(TA)の最大M波振幅(Mmax)の50%振幅値とし、右足尖離地から遊脚中に通電した。皮質脊髄路の興奮性変化の指標として、左一次運動野を経頭蓋磁気刺激し、右TAから運動誘発電位(MEP)を記録した。刺激強度は、運動域値の1.1倍とした。評価は介入前, 介入後, 各10回分のMEPの測定を行い比較検討した。データ解析は、MEP最大振幅値を、それぞれMmaxで除し、平均値を算出した。時間(介入前・後)・条件(4条件)の要因による二元配置分散分析を行った。事後検定は対応のあるt検定にて実施した。有意水準は5%とした。

【結果】

MEPについて、二元配置分散分析の結果、時間要因で有意な主効果を認め(p=.000)、条件要因では、有意な主効果を認めず(p=.419)、有意な交互作用を認められた(p=.018)。時間要因について、事後検定の結果、定速、定速+FES、変速+FES条件において、介入前と比較し介入後において、有意にMEPの増大を認められたが、変速条件では、有意差を認めなかった(p=.460)。

【考察】

定速条件は一定速度による連続した歩行であるものの変速条件では、加速と減速を繰り返し、加速期・減速期それぞれに興奮性上昇と抑制が交互に調整を必要とされるため、効果は相殺され介入前後における有意な変化を認められなかったことが考えられた。FES付加条件では、電気刺激による末梢からの入力により興奮性増大に繋がったと考えられる。

【結論】

定速、定速+FES、変速+FES条件において介入前後で有意な皮質脊髄路の興奮性増大が認められた。しかし、本研究の設定では、変速条件での時間的な変化や、条件間で有意差を認めなかったことから、変速条件における特異的な効果が存在することが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

研究対象者には、実験内容および被験者の権利についての説明を十分に行い、実験参加への同意を得た上で実施した。本研究は、神奈川県立保健福祉大学研究倫理審査委員会の承認(承認番号:保大第29-21)を得て実施した。

内受容感覚と皮質脊髄路興奮性の関係

大鶴 直史・宮口 翔太・小島 翔・横田 裕丈・齊藤 慧
犬飼 康人・大西 秀明

新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

Key words / 内受容感覚, 経頭蓋磁気刺激, 皮質脊髄路興奮性

【はじめに, 目的】

近年、聴覚・視覚・触覚といった外受容感覚だけではなく、内臓や血管など身体内部の感覚である内受容感覚に注目が集まっている。内受容感覚の一つである心臓からの求心性入力、R波から200～400ミリ秒後に皮質活動を生じさせることが知られている。このような心拍に伴った皮質活動は、視知覚に影響を与えることが報告されており、内受容感覚によって感覚知覚が変調することが示されている。その一方で、この内受容感覚が運動関連領域にどのような影響を及ぼすかに関しては、いまだ不明である。そこで、本研究では心拍(R波)により皮質脊髄路興奮性の変調が起こるかどうかを検討することを目的とした。また、その変調が内受容感覚鋭敏性の個人差により異なるかについても、併せて検討を行った。

【方法】

対象は、健常成人16名とした。皮質脊髄路興奮性の評価には、経頭蓋磁気刺激(TMS)による運動誘発電位(MEP)を用いた。TMSの刺激部位は、右第一背側骨間筋のホットスポットとし、同筋よりMEPを導出した。TMSの刺激強度は、安静時運動閾値(50 μ V以上のMEPが10回中5回以上導出される最小強度)の120%とした。TMS刺激条件は、心拍R波ピークと同時(R0条件)、R波ピークから100、200、300、400ミリ秒後(R+100、R+200、R+300、R+400条件)とした。各条件は少なくとも5秒以上の刺激間隔をもってランダムに提示し、各25試行のMEPを記録した。得られたMEPは、全条件の平均値で除することにより、R波からの潜時によるMEP変化率を算出し、解析に用いた。

内受容感覚鋭敏性の評価には、心拍検出課題を用いた。25、35、45、100秒間の4条件において外的手がかりなしで自己心拍をカウントさせ、以下の数式により内受容感覚鋭敏性の指標とした。 $1/4 \Sigma |1 - ((\text{実際の心拍数} - \text{カウントした心拍数}) / \text{実際の心拍数})|$ 。

【結果】

一元配置分散分析の結果、条件間においてMEP変化率に有意な変化は認められなかった。しかし、R+200条件において内受容感覚鋭敏性とMEP変化率に有意な正の相関を認め、R+400条件においては有意な負の相関を認めた。

【考察】

本研究において、内受容感覚鋭敏性が高い被験者ほど、R波から200ミリ秒後に皮質脊髄路の興奮性が増大し、400ミリ秒後に皮質脊髄路興奮性が減弱することが示された。先行研究において、内受容感覚鋭敏性が高い被験者ほど、心拍からの求心性入力による皮質活動が強いことが知られている。体性感覚刺激時(外受容感覚)には、刺激からの潜時によって皮質脊髄路興奮性の減弱(SAI)および増大(AF)が生じることが知られており、内受容感覚の求心性入力によっても潜時による興奮性変動が起こることが示唆された。

【結論】

心拍による求心性入力により、皮質脊髄路興奮性の変動することが示唆された。しかしながら、この変動がどの脳領域由来のものであるかは不明であり、詳細なメカニズムの検討は今後の課題である。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言の趣旨に則り、所属機関の倫理委員会の承認を得て行った。また、対象者には、書面および口頭にて実験内容に関する説明を十分に実施し、実験参加の同意を得た上で実施した。

難しさの異なる手指の運動が対側上肢脊髄神経機能に及ぼす影響

佐野 紘一¹⁾・嘉戸 直樹²⁾・高橋 優基²⁾・前田 剛伸²⁾
鈴木 俊明³⁾

1) 名谷病院 リハビリテーション科

2) 神戸リハビリテーション福祉専門学校 理学療法学科

3) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

Key words / F波, 脊髄神経機能, 随意運動

【はじめに】

手指での細かい作業やボールを投げるといった複雑な動作をおこなう際に、その動作に直接関与しない身体部位に余分な力が入ることがある。このような遠隔部の筋収縮による他部位への促通効果はパフォーマンスに影響を及ぼす要因となり得る。本研究では難しさの異なる手指の運動時における対側上肢脊髄神経機能の興奮性の変化についてF波を用いて検討した。

【方法】

対象は健常成人12名(平均年齢25.8 \pm 4.6歳)とした。F波は安静時と運動課題実施中に測定し、使用機器はViking Quest(Natus Neurology)とした。F波導出の刺激条件は強度をM波が最大となる刺激強度の120%、頻度を0.5Hz、持続時間を0.2msとして右手関節部正中神経を連続30回刺激した。記録条件は探查電極を右短母指外転筋の筋腹上、基準電極を右母指基節骨上に配置した。運動課題は座位で行う1分間の左手の運動とした。課題1は1Hzの頻度での手指の屈伸とし、一定のリズムで繰り返す単純な運動であった。課題2は2個の球を手掌で時計回りに回転させる動作とし、各指の順序だった精緻な運動が必要であった。課題の順序は被験者ごとにランダムとし、課題間には5分の休息を与えた。F波の分析項目は振幅F/M比、出現頻度、潜時とした。正規分布に従わない水準が存在したため、統計処理にはフリードマン検定とボンフェローニ補正によるウイルクソン検定を用いた。有意水準は5%とした。

【結果】

振幅F/M比は安静時が1.13 \pm 0.41%、課題1が1.32 \pm 0.55%、課題2が1.45 \pm 0.36%で、有意差を認めなかった。出現頻度は安静時が78.9 \pm 15.2%、課題1が83.9 \pm 10.6%、課題2が93.1 \pm 7.0%で、安静時と比べ課題2に有意な増加を認めた。また、課題1と比べ課題2に有意な増加を認めた。潜時は安静時が26.4 \pm 1.7ms、課題1が26.0 \pm 1.8ms、課題2が26.2 \pm 1.9msで、有意差を認めなかった。

【考察】

F波は脊髄運動ニューロプールの興奮性の指標であり、振幅は刺激により再発火する運動単位数に影響され、出現頻度は運動単位数と発火頻度に影響される。本結果より課題1に比べ課題2で再発火する運動単位数と発火頻度が増加することが示唆された。一方、振幅に差がなかったのは複数の運動単位の活動により出現したF波は時間を異にして重なるためと考えた。課題2のようなボール回し動作では、手指の屈伸と比べて運動と同側の一次運動野、一次感覚野、運動前野が活動すると報告されている。本研究でも左手指による難しい動作の実施に伴い運動と同側の運動関連領域が賦活され、運動と対側の脊髄神経機能の興奮性が増加したと考えた。

【結論】

一側手指の運動に伴う対側脊髄神経機能への促通効果は課題の難しさで変化する。このような促通効果が動作の阻害因子となる場合には、課題の難しさを下げるといった配慮が必要になる。

【倫理的配慮, 説明と同意】

対象者には本研究の目的と方法を説明し書面にて同意を得た。

F波波形における相関係数と目視での不一致に関する一考察 - F波波形の同一か否かの判定基準 -

東藤 真理奈・福本 悠樹・文野 住文・米田 浩久
谷 万喜子・鈴木 俊明

関西医療大学

Key words / F波, 波形分析, イメージ

【はじめに、目的】

脊髄神経機能の興奮性を示すF波の波形分析には、通常、出現頻度や振幅の変化が用いられている。鈴木らは、F波の波形の形の変化が随意運動の程度を表していると報告している。今後の脊髄神経機能の興奮性を分析していく上で、F波の波形の形を分析することは、大変意義のあることだと考える。我々の先行研究で、波形の相関係数を計測するシステムを用いて波形の同一性を比較した際に相関係数0.95以上が同一性の基準となると報告した。しかし、相関係数が低いにもかかわらず、目視にて同一と判断した波形も存在した。本研究では、相関係数と目視との不一致に関する要因について考察する。

【方法】

健常者5名(平均年齢21.6歳±0.89)を対象とし、手関節部の正中神経を電気刺激し、母指球筋上の筋群からのF波を測定した。刺激条件は、頻度0.5Hz、持続時間0.2msaec、強度は最大上刺激、回数は30回とした。また、長年F波の研究に携わっている研究者3名に対象者の波形を提示し同一波形であると判断した波形で、波形相関係数が0.95以上を同一波形と規定した。今回は、3名は目視にて同一波形と判断したが、波形相関係数が0.95未満であった3組の波形を今回の研究の対象波形として、相関係数との不一致に関する原因について検討した。

【結果】

今回、一致しなかった3組の波形の相関係数は0.06と0.64と0.71であった。これら3組の波形を抽出し、重ね合わせると目視にて波形は類似しているが、立ち上がり潜時にわずかな相違が認められた。そこで、3組の波形各々の立ち上がり潜時を一致するように目視で確認しながら潜時をずらしたところ、相関係数0.06を示していた波形は、相関係数0.85を示し、相関係数0.64、0.71を示していた波形は相関係数0.90、0.96と高値を示した。

【考察】

健常者のF波の特徴は、様々な波形が出現することである。波形が類似しているということは、同じ脊髄前角細胞が発火している可能性と、同一ではないが類似したサイズの脊髄前角細胞が発火した可能性の2つが考えられる。F波の波形が同じであったとしても、脊髄前角細胞の再発火するタイミングが異なることで、F波の立ち上がり潜時が異なる。そのために、今回のシステムでは相関係数が低値を示したことが考えられた。

【結論】

目視判断と相関係数データとの不一致性については、立ち上がり潜時を合わせることで相関係数が高値を示したことから、F波を構成する脊髄前角細胞の再発火のタイミングが異なる場合があることを意味している。今後、波形分析をしてくうえて算出した相関係数のシステムを更に改良して、F波を用いた随意運動の評価に関与していきたい。

【倫理的配慮、説明と同意】

関西医療大学倫理委員会の承認を得た(承認番号:17-35)。個人情報については、暗号化しプライバシーポリシーに十分に配慮した。本研究対象者については、個別に研究の目的と方法と概要について十分に説明し、同意を得られたうえで協力いただいた。

上都への刺激強度の違いによる脊髄前角細胞の興奮性の違い

瀧野 航平¹⁾・北原 拓¹⁾・門田 美咲¹⁾・黒川 拓馬¹⁾
井上 直人¹⁾・柳川 洗輔¹⁾・福本 悠樹²⁾・東藤 真理奈²⁾
谷 万喜子²⁾・鈴木 俊明²⁾

1) 関西医療大学保健医療学部理学療法学科

2) 関西医療大学大学院保健医療学研究科

Key words / F波, 経穴刺激理学療法, 上都

【はじめに、目的】経穴刺激理学療法とは、鍼灸医学における循経取穴理論を理学療法に応用して、鈴木らが独自に開発した新しい理学療法的手法である。これまでF波を用いて経穴刺激理学療法の研究を行っているものはいくつかあるが、これらの研究はいずれも刺激強度を痛覚閾値としており、刺激強度を変化させた課題については未だ検討されていない。そのため今回は、上都に対しての刺激強度を痛覚閾値、痛覚閾値の80%・120%とした時の脊髄前角細胞の興奮性の違いをF波にて検討した。

【方法】対象は、本研究に同意を得た健常者10名(男性5名、女性5名)、平均年齢21.0±0.0歳とした。まず、被検者を安静背臥位とし、上都刺激時の痛覚閾値を組織硬度計にて測定した。その後、安静試行・刺激中(痛覚閾値、80%・120%)・刺激直後・5分後・10分後・15分後の各試行でF波を計測した。F波は前腕遠位部で左正中神経をM波最大上刺激、刺激持続時間0.2ms、刺激頻度0.5Hzで30回刺激した際に左短母指外転筋から記録した。F波分析項目は、出現頻度、振幅F/M比とした。F波出現頻度、振幅F/M比は、安静試行、圧刺激試行、終了直後試行、5分後試行、10分後試行、15分後試行の6群間でFriedman検定を行い、その後の検定にScheffe検定を行った。統計学的解析ソフトは、SPSSver19を用い、有意水準は5%とした。

【結果】80%強度課題では出現頻度、振幅F/M比ともに全試行間で優位な差は認められなかった。閾値課題・120%強度課題では出現頻度が安静試行に対し刺激中で増大しており、刺激中に対し刺激直後・5分後・10分後・15分後で減少した。また、振幅F/M比は閾値課題では刺激中に対し5分後・10分後・15分後で減少しており、120%強度課題では刺激中に対し刺激直後(P=0.09)・10分後(P=0.06)・15分後(P=0.08)で減少傾向であった。

【考察】上都への圧刺激では80%強度では出現頻度、振幅F/M比に変化はなく、痛覚閾値・120%強度では出現頻度、振幅F/M比に変化が見られた。上都が存在する皮膚におけるデルマトームはC7レベルであり、上都への刺激が一次体性感覚野に投射された後、機能的に強い関わり合いを持つとされる運動関連領域へと投射されたと考えられる。そして、運動関連領域からの下行性線維によって短母指外転筋の支配領域であるC6.7レベルの脊髄神経機能の興奮性が調節されたと考えた。また、鍼治療では若干の疼痛を伴いながら骨格筋に刺激を与えることで治療効果を認めるとされている。本研究でも疼痛閾値を超える刺激が短母指外転筋に影響を与え、結果的に脊髄神経機能の興奮性を高めたと考えた。

【結論】今回、上都への圧刺激による脊髄神経機能の興奮性の変化を検討し、痛覚閾値・120%強度で変化が見られた。今後、今回の脊髄神経機能の変化が上都のみのものであるか、他の経穴にも共通するものであるかを検討するため、他の経穴を用いて同様の方法で検討していく必要があると考える。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、関西医療大学研究倫理審査委員会の承認を受けて実施した。個人情報については、性別、年齢の平均と標準偏差のみを論文中に公開すること、漏洩や滅失等を防ぐため、学内でのみ管理、保管することとする旨を、文章ならびに口頭で説明した。また、母指球筋よりF波を記録する際におこなう正中神経への電気刺激強度によっては、痛みや不快感が起こることも考えられるが、不都合が生じた場合には検査を即中止すること、F波の記録を中止した後も痛みや不快感が続く場合は、最適な処置を行い、すみやかに適切な医療機関を受診して頂くことについても説明し、研究に対する同意を得た。

腰椎変性側弯症における脊柱冠状面アライメントと両大腿骨頸部骨密度との関連

松永 春香¹⁾・田辺 博宣²⁾・川上 紀明²⁾・小原 徹哉^{1,2)}
齊藤 敏樹²⁾・田内 亮吏²⁾・森下 和明²⁾・山内 一平²⁾
櫻井 伸哉¹⁾・荒本 久美子¹⁾

1) 国家公務員共済組合連合会 名城病院 リハビリテーション部
2) 国家公務員共済組合連合会 名城病院 整形外科・脊椎脊髄センター

Key words / 腰椎変性側弯症, 大腿骨骨密度, 脊柱冠状面アライメント

【はじめに、目的】

側弯変形を伴った成人脊柱変形患者はグローバルバランスの破綻からくる立位保持・歩行困難により、QOL 低下や易転倒性に関与するとされている。腰椎変性側弯症(以下 DLS)患者では冠状面バランス異常により両股関節にかかるメカニカルストレスに左右差が生じると考えられるが、報告は少ない。そこで今回、DLS 患者の両大腿骨頸部骨密度(以下 BMD)と脊柱冠状面アライメントパラメータの関係を調査した。

【方法】

2018 年 1 月から 6 月までに当院整形外科外来を受診し、同意を得た 50 歳以上の女性のうち、Lumbar Cobb 角 20° 以上の DLS 患者 27 例(平均年齢 70.4 ± 8.4 歳、BMI 24.9 ± 3.0 kg / m²、平均 Lumbar Cobb 角 37.6 ± 14.8°)を対象とした。除外基準は脊椎・下肢の手術歴、新鮮椎体圧迫骨折、明らかな変形性関節症、脳血管障害や神経内科疾患、骨代謝疾患、骨粗鬆症薬の服用、脚長差 20 mm 以上を無いものとした。Slot-scanning X-ray imager(EOS)にて立位全脊柱 X 線正面像を撮像し、Clavicle angle(°)、Thoracic Cobb(°)、Lumbar Cobb(°)、Coronal balance(mm)、Apical translation(mm)、Pelvic obliquity(°)、Leg length discrepancy(mm)の脊柱冠状面アライメントパラメータを計測した。二重エネルギー X 線吸収法(DXA 法)にて両大腿骨頸部 BMD を測定し、BMD 左右比(右 / 左 BMD 比)を算出した。脊柱冠状面アライメントパラメータと BMD 左右比の相関を調査した。統計学的処理はピアソンの相関係数を用い、有意水準 5%とした。

【結果】

大腿骨頸部 BMD における骨粗鬆症分類では正常(Tスコア ≥ -1) 3/27 例(11%)、骨減少(-1 > Tスコア > -2.5) 18/27 例(67%)、骨粗鬆症(Tスコア ≤ -2.5) 6/27 例(22%)であり、24/27 例(89%)に骨密度の低下を認めた。脊柱冠状面アライメントパラメータは、Clavicle angle 3.4 ± 3.1°、Thoracic Cobb 12.9 ± 8.7°、Lumbar Cobb 37.6 ± 14.8°、Coronal balance 33.0 ± 35.4mm、Apical translation 29.0 ± 19.1mm、Pelvic obliquity 2.9 ± 1.5°、Leg length discrepancy 5.4 ± 4.6mmであった。大腿骨頸部 BMD 左右比は 0.881 ~ 1.174(平均 1.014 ± 0.059)であった。大腿骨頸部 BMD 左右比と脊柱冠状面アライメントパラメータの相関では、Coronal balance が有意な相関を認めたが(R = -0.459, p = 0.016)、他のパラメータとの相関は認めなかった(p > 0.05)。

【考察】

大腿骨頸部 BMD 左右比と Coronal balance が負の相関を認めたことから、冠状面バランスが偏位するに従い、反対側の大腿骨頸部 BMD が相対的に増加したと考えられる。この結果は Chen らが報告した思春期特発性側弯症における調査結果と類似していた。重心線がシフトすると反対側のアームが長くなり、大腿骨にかかるメカニカルストレスが増加するため BMD が上昇する可能性が示唆された。

【結論】

DLS 女性患者 27 例の脊柱冠状面アライメントパラメータと両大腿骨頸部骨密度の相関を調査した。両大腿骨頸部 BMD の左右比は Coronal balance と相関を認めた。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に基づいて、倫理的配慮を行い実施した。全ての対象者に本研究の目的と内容を十分に説明し、同意を得た。

側臥位での呼吸筋トレーニングが随意的咳嗽力に及ぼす即時効果

中谷 優佑¹⁾・横川 正美²⁾・中川 敬夫²⁾

1) 徳島赤十字病院 リハビリテーション科
2) 金沢大学 医薬保健研究域 保健学系

Key words / 呼吸筋トレーニング, 側臥位, 咳嗽時最大呼気流速

【はじめに、目的】

咳嗽の重要な役割に痰喀出機能がある。咳嗽 4 相のうち、第 3 相、第 4 相に腹横筋が最も活動するとされており、咳嗽力における腹横筋の活動に着目した。腹横筋を強化する方法の一つに呼吸筋トレーニング(EMT)があり、最大呼気口腔内圧の 10%-15% 負荷で腹横筋がより効果的に収縮する可能性が示されている。また、咳嗽機能は姿勢の影響を受け、座位に近い姿勢が有効とされるが、対象者の状態や環境等によっては座位をとることが困難な場面が存在する。このような場合に、臥位姿勢の中で最も咳嗽に有利な側臥位をとり、EMT を実施することで咳嗽力を高められるのではないかと考えた。本研究ではその基礎的検討として、健常者を対象に測定を行った。

【方法】

健常男性 18 名(平均年齢 22.2 ± 1.8 歳)を対象とした。本研究の全日程は 4 日間とし、初回に身長、体重、呼吸機能を測定し、EMT および随意咳嗽の練習を行った。2-4 日目は EMT を実施し、その前後に咳嗽力の評価として咳嗽時最大呼気流速(CPF)を測定し、Borg Scale の聴取を行った。EMT を行う回数は 3 条件(10 回、20 回、30 回)設け、1 日 1 条件実施した。姿勢は EMT、CPF 測定共に左側臥位とした。測定終了後、咳嗽の行いやすさに関するアンケートを聴取した。CPF、Borg Scale の値に関して 2 元配置分散分析を行い、交互作用を認めた場合は単純主効果の検定を行った。

【結果】

CPF に交互作用はなく、10 回 EMT、20 回 EMT、30 回 EMT において、EMT 前後で有意差は認められなかった。Borg Scale は交互作用を認めた(p < 0.01)。EMT 前は 10 回 EMT と 20 回 EMT との間に有意差を認め(p < 0.05)、EMT 後は 10 回 EMT に比べて 20 回 EMT、30 回 EMT の Borg Scale は有意に高値であった(p < 0.01)。

【考察】

EMT を仰臥位で行った先行研究において CPF が有意に増加したのに対し、本研究の CPF に有意な変化はなかった。側臥位は端座位と同程度の肺気量を保つことができる姿勢であるとされており、肺活量や呼吸筋力は、身長、体重、年齢が影響する。本研究の対象者は 20 歳代で CPF 値が十分保たれており、側臥位をとることで咳嗽に必要な肺気量が十分確保され、EMT による影響が少なかったと考えられる。また、20 回 EMT と 30 回 EMT の Borg Scale 結果から、側臥位でのトレーニングによって筋疲労が起り、EMT 後の咳嗽時に十分な呼出が困難だったとも考えられた。

【結論】

側臥位で 10-30 回の EMT を行うことによる咳嗽力への即時的な効果は認められなかった。

【倫理的配慮, 説明と同意】

全ての被験者には、研究の趣旨と内容を口頭および文書で十分に説明し書面にて同意を得た。本研究は金沢大学医学倫理審査委員会の承認を得て行った(承認番号 770-1)。

表在温熱刺激後の低負荷筋力トレーニングが筋力および筋厚に与える影響

吉田 委市¹⁾・中村 雅俊^{1,2)}・清野 涼介¹⁾・佐藤 成¹⁾
高橋 信重¹⁾

1) 新潟医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科
2) 新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所

Key words / 筋力トレーニング, 筋厚, 筋力

【はじめに、目的】

筋力低下は理学療法士が問題点とする機会の多い機能障害の一つである。その治療法として、一般的に筋力トレーニングが用いられおり、筋力増強が生じる負荷量として最大挙上量(1RM)の60~100%かつ1回から12回反復することが推奨されている。しかし、このような高負荷を用いた筋力トレーニングは心血管障害などを有する場合、リスクが高く実施が困難である。一方、近年では低負荷であっても回数を増加させることで高負荷の筋力トレーニングと同様の効果が期待できるが、介入時間が長く、実用的ではない。そこで今回は動物実験を中心に筋肥大効果があると報告されている温熱刺激に着目し、筋力増強や筋肥大効果が認められない低負荷を用いた筋力トレーニングであっても温熱刺激を付加することで筋力増強および筋肥大効果があると考えた。そのため、本研究の目的は、右上腕三頭筋に対する20分間の表在温熱刺激後の低負荷筋力トレーニングが筋力および筋厚に与える影響について明らかにすることとした。

【方法】

対象は健康成人男性30名(年齢20.9±0.4歳,身長170.2±5.3cm,体重62.8±4.1kg)の右側の上腕三頭筋とした。20分間のホットパックによる表在温熱刺激付加後に筋力トレーニングを行うHS群と温熱刺激を付加せずに筋力トレーニングのみを行うCON群に無作為に15人ずつ群分けをした。全被験者は、背臥位で片手用ダンベル(YORK FITNESS)を用いて肩関節・肘関節90°から肘関節最大伸展位まで2秒かけて伸展し2秒かけて開始肢位に戻るものとし、30%1RMの負荷量で8回3セット、週3回の筋力トレーニングを6週間実施した。介入1週間前と介入終了後に1RMを測定し同タイミングで上腕三頭筋の筋厚を超音波診断装置(Aplio500:東芝メディカルシステムズ株式会社)を用いて測定した。測定部位は肩峰から上腕骨内側上顆を結んだ線の中点とした。統計学的検定は、分割プロット分散分析(条件[HS群, CON群]×時期[介入前および後])を用いて検討した。有意な交互作用が認められた場合は、事後検定として各条件の介入前後の比較を対応のあるt検定を用いて検討した。

【結果】

筋力および筋厚に有意な交互作用($p<0.01$, $F=10.4$, $p=0.11$, $F=7.5$)と時期に主効果が認められた。事後検定の結果、HS群の筋力は介入前と比較し介入後に有意に増加したが、CON群では介入前後に有意な変化は認められなかった。また、筋厚はHS群で介入前と比較し介入後に有意に増加したが、CON群では介入前後に有意な変化は認められなかった。

【考察】

本研究の結果より、筋力増強及び筋肥大が生じないほどの低負荷の筋力トレーニングの直前に20分の表在温熱刺激を付加することで、筋力増強および筋肥大が生じることが明らかとなった。

【結論】

低負荷の負荷を用いた場合でも、温熱刺激を付加することで筋力増強および筋肥大効果が生じることが明らかとなった。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は新潟医療福祉大学の倫理委員会の承認を得て実施された。また、本研究はヘルシンキ宣言に則っており、実験開始前に対象者に本研究内容を口頭において十分に説明し、同意を得た上で行われた。

ショルダーシュラッグが僧帽筋上部線維の筋硬度へ及ぼす影響の検討

高橋 信重¹⁾・中村 雅俊^{1,2)}・清野 涼介¹⁾・佐藤 成¹⁾
吉田 委市¹⁾

1) 新潟医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科
2) 新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所

Key words / せん断波エラストグラフィ, 弾性率, 僧帽筋上部線維

【はじめに、目的】

本邦における肩こりの有訴率は非常に高く、厚生労働省が行っている国民生活基礎調査において有訴率が男女ともに上位を示しているが、肩こりが原因で通院している人は少ないと報告されている。そのため、肩こりを自覚している人に対するセルフエクササイズの確認が必要である。先行研究において、肩こり有訴者は健康者と比較して僧帽筋上部線維(Upper Trapezius, 以後UT)の筋血流の低下や筋硬度が増加しており、これらの改善に物理療法やストレッチングが有用であると報告されている。その中でも、UTのセルフエクササイズの一つとして、肩甲帯挙上の動作であるショルダーシュラッグ(シュラッグ)があり、この動作を行うことで頸部・肩の自覚的な症状が軽減したと報告されている。しかし、シュラッグによるUTの筋硬度の変化についての報告や、シュラッグにおける収縮時間や反復回数を変化させた際の筋硬度の変化についての報告は少ない。そこで本研究では、シュラッグがUTの筋硬度に及ぼす影響についてシュラッグにおける収縮時間や反復回数を変化させた際のUTの筋硬度に与える影響を明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象は、神経学的及び整形外科的疾患を有さない健康成人男性20名(年齢21.0±0.2歳,身長169.4±4.8cm,体重62.8±4.1kg)の右肩合計20肩のUTとした。筋硬度の測定は、超音波画像解析装置(Aplio500:東芝メディカルシステムズ株式会社)のせん断波エラストグラフィ機能による弾性率測定を行った。弾性率の測定は、安静座位と安静腹臥位にて介入前後に各条件2回ずつ行い、その平均値を解析に用いた。課題動作は、5秒収縮-5秒休憩×50回(5秒条件)および1秒収縮-1秒休憩×50回(1秒条件)の2条件とした。なお、条件は1日1条件とし、各々3日間以上の時間を空けて行った。動作は被験者に最大努力にて行うように口頭にて指示をした。統計学的検定は、介入前後と課題動作間におけるUTの弾性率の比較を反復測定二元配置分散分析を用いて検討した。なお、有意水準は5%とした。

【結果】

シュラッグ介入前後と5秒条件・1秒条件間における二元配置分散分析の結果、有意な交互作用および主効果は認められなかった。

【考察】

本研究結果より、シュラッグ介入前後においてUTの弾性率の変化が認められず、その効果に関しては5秒条件および1秒条件とも同様にUTの弾性率に有意な変化は認められなかった。これらの結果より、シュラッグによってUTの筋硬度の減少効果はなく、収縮時間は筋硬度減少効果に影響を及ぼさないことが明らかとなった。

【結論】

シュラッグ動作は僧帽筋の筋硬度に影響を及ぼさないことが明らかとなった。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は新潟医療福祉大学の倫理委員会の承認を得て実施された。また、本研究はヘルシンキ宣言に則っており、実験開始前に対象者に本研究内容を口頭において十分に説明し、同意を得た上で行われた。

末梢性筋疲労が筋硬度に及ぼす影響の検討 - 骨格筋電気刺激を用いた検討 -

清野 涼介¹⁾・中村 雅俊^{1,2)}・佐藤 成¹⁾・高橋 信重¹⁾
吉田 委市¹⁾

1) 新潟医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科
2) 新潟医療福祉大学運動機能医学研究所

Key words / 骨格筋電気刺激, 筋硬度, 筋疲労

【はじめに、目的】

筋硬度は筋実質部の硬さを表しており、筋硬度の増加は関節可動域の低下やリハビリテーションの障害因子である。また、筋硬度の増加は日常生活活動やスポーツのパフォーマンス、障害発生にも影響を及ぼす可能性が報告されている。先行研究において、レジスタンストレーニング(RT)終了直後に筋硬度が増加することが報告されており、中枢および末梢性の疲労によって筋硬度が増加する可能性が考えられる。しかし、RTの介入による筋硬度の増加に影響する疲労が中枢性か末梢性かについては明らかではない。そこで本研究の目的は、骨格筋電気刺激により生じた末梢性疲労による筋硬度の変化を検討することで、末梢性の筋疲労が筋硬度に及ぼす影響を明らかにすることとした。

【方法】

対象は整形外科疾患と疼痛を有さない本学男子学生20名(年齢21.1±0.3歳,身長170.5±5.5cm,体重62.5±5.5kg)とし、利き足側の腓腹筋内側頭(MG)と腓腹筋外側頭(LG)とした。測定肢位はベッド上腹臥位で多用途筋機能評価訓練装置(BIODEX system 3.0:BIODEX社)のフットプレートで足関節底背屈0°に固定した。筋硬度測定は先行研究に従って、膝窩皺から外果を結ぶ近位30%の高さにおいて、超音波画像診断装置(Aplio500:東芝メディカルシステムズ株式会社)のせん断波エラストグラフィ機能を用い、MGおよびLGの弾性率測定を行った。測定は各条件2回ずつ行い、その平均値を解析に用いた。筋電図の測定は先行研究に従って、自着型電極をMGとLGに貼付し、電気刺激装置(アイソレータSS-104J:日本光電工業株式会社)の刺激電極を膝窩部に設置し、脛骨神経を刺激し、H:M recruitment curveを記録し、最大M波振幅(Mmax)およびH波振幅(Hmax)、その比率のH/M比を算出した。疲労課題は低周波治療器(ESPURGE:伊藤超短波株式会社)を用いて、MGを矩形波(ハルス幅400μs,パルス周波数80Hz)で収縮時間5秒、休憩時間20秒で刺激し、事前に測定した最大M波振幅が3連続で80%を下回るまで行った。なお、刺激強度は対象者が耐えられる限界とした。統計学的検定は、疲労課題前後の比較を対応のあるt検定を用いて検討した。

【結果】

末梢骨格筋電気刺激により、MGのHmax、Mmax、LGのMmaxは課題前と比較して課題後に有意に低値を示した。しかし、MGおよびLGの弾性率とH/M比には有意な変化は認められなかった。

【考察】

本研究の結果より、骨格筋電気刺激による末梢の筋疲労課題によって、HmaxおよびMmaxは有意に減少するが、末梢筋電気刺激による末梢性の筋疲労によって筋硬度は変化しないことが明らかになった。

【結論】

骨格筋電気刺激による末梢性の筋疲労が筋硬度の増加に影響を及ぼさないことが明らかとなった。

【倫理的配慮,説明と同意】

本研究は本学の倫理審査委員会も承認を受けて実施された。また、本研究はヘルシンキ宣言に則っており、実験開始前に対象者に本研究内容を口頭と書面にて十分に説明し、同意を得た上で行われた。

収縮様式の違いが神経-筋電気刺激トレーニングによる筋肥大効果に及ぼす影響

芦田 雪¹⁾・檜森 弘一¹⁾・館林 大介¹⁾・山田 遼太郎¹⁾
小笠原 理紀²⁾・山田 崇史¹⁾

1) 札幌医科大学大学院保健医療学研究科
2) 名古屋工業大学生命・応用化学専攻

Key words / 筋肥大, 伸張性収縮, 神経-筋電気刺激

【はじめに、目的】伸張性収縮(Ecc)は他の収縮様式に比べ、効果的に筋肥大を誘引すると考えられている。ただし、その根拠となる報告の多くは、ヒトの随意運動を対象としており、収縮様式の違いによる運動単位の動員パターンの差異が、筋肥大効果に影響を及ぼす可能性を否定できない。一方、実験動物の骨格筋では、最大上刺激の神経-筋電気刺激(ES)を負荷することで、すべての筋線維が動員される。さらにESでは、刺激頻度により負荷量を調節することが可能である。そこで本研究では、刺激頻度の異なるESを用いて、収縮様式の違いが筋肥大効果に及ぼす影響を詳細に検討することを目的とした。

【方法】Wistar系雄性ラットを等尺性収縮(Iso)群とEcc群に分け、さらにそれらを刺激頻度10Hz(Iso-10, Ecc-10), 30Hz(Iso-30, Ecc-30), 100Hz(Iso-100, Ecc-100)の計6群に分けた。実験1では、ESトレーニングが筋量に及ぼす影響を検討するために、各群(n=5)のラット左後肢の下腿三頭筋に表面電極を貼付し、ES(2son/4soff, 5回×4セット)を2日に1回、3週間負荷した。なお、Iso群は足関節底背屈0°で、Ecc群は足関節を20°/sで背屈させながらESを負荷した。右後肢は、非ES側とした。実験2では、単回のESが筋タンパク質合成経路であるmTORC1系に及ぼす影響を検討するために、各群(n=6)に実験1と同じ刺激条件のESを1回のみ負荷した。その6時間後に腓腹筋を採取し、mTORC1系の構成体であるp70S6KおよびrpS6のリン酸化レベルを測定した。

【結果】すべての刺激頻度において、ESによる発揮トルク及び力積はIso群に比べEcc群で高値を示した。体重で補正した腓腹筋の筋重量(MW/BW)は、Ecc-30, Iso-100, Ecc-100群において、非ES側と比較しES側で増大するとともに、Ecc-30およびIso-100群に比べEcc-100群で高値を示した。p70S6Kのリン酸化レベルは、30Hzおよび100Hzの刺激頻度において、Iso群と比較しEcc群で高値を示した。また、全ての個体における発揮トルク及び力積と、MW/BWの変化率、p70S6KおよびrpS6のリン酸化レベルとの間には高い相関関係が認められた。

【考察】本研究の結果、EccはIsoに比べ、筋に対して強い物理的ストレスが負荷されるため、タンパク質合成経路であるmTORC1系がより活性化し、高い筋肥大効果が得られることが示された。また、この考えは、刺激頻度を変化させ、負荷強度の異なる群を複数設けたことにより、より明白に示された。

【結論】筋肥大効果は、収縮様式の違いではなく、筋への物理的な負荷強度および負荷量により規定される。

【倫理的配慮,説明と同意】本研究におけるすべての実験は、札幌医科大学動物実験委員会の承認を受け(承認番号:15-083)施設が定める規則に則り遂行した。

一過性の骨格筋電気刺激および上肢の有酸素性運動の併用が呼吸循環応答に及ぼす影響

石川 みづき^{1,2)}・三浦 哉²⁾・東 亜弥子²⁾・出口 純次^{1,2)}
井関 博文¹⁾・倉田 浩充¹⁾・日浅 匡彦¹⁾

1) 中洲八木病院 2) 徳島大学大学院

Key words / 骨格筋電気刺激, 上肢の有酸素性運動, 呼吸循環

【はじめに、目的】脊髄損傷、下肢の整形疾患の罹患者は、麻痺、疼痛により下肢中心の運動を行うことが困難である。そのため、持久力向上などに有効な上肢を用いた運動を行うことが推奨されるが、下肢においては不活動による筋力低下、血流量、血管径の減少などが生じる。このような状況の中、骨格筋電気刺激(EMS)は、筋力向上、代謝促進などの効果をもたらすため、上肢の運動に下肢へのEMSを併用させることで、より呼吸循環応答を高め、持久力を向上させる可能性が示唆されるが、この点については十分に検討されていない。そこで本研究では、今後、下肢疾患の罹患者における持久力向上を目的とした運動プログラムを構築するために、一過性の骨格筋電気刺激および上肢の有酸素性運動の併用が呼吸循環応答に及ぼす影響について検討した。

【方法】被験者は健康な成人男性8名であり、下肢筋に対して20分間のEMS(4Hz, 最大耐性強度)のみを実施させる条件(E条件)、EMSと自転車エルゴメータを用いて50%VO₂max強度で20分間の上肢クランク運動を併用させる条件(A+E条件)を設定した。全ての被験者は、運動前、運動終了直後、運動終了30分後の収縮期血圧(SBP)、拡張期血圧(DBP)、および運動前から運動開始20分後の酸素摂取量(VO₂)および心拍数(HR)を5分毎にそれぞれ測定した。

【結果】運動20分後のVO₂は、A+E条件で22.8 ± 4.7ml/kg/min、E条件で9.2 ± 1.5ml/kg/min、HRは、A+E条件で139.2 ± 11.7b・min⁻¹、E条件で93.6 ± 7.9b・min⁻¹であり、それぞれ両条件間で有意な差が認められた。SBPおよびDBPについては、運動前後および両条件間に有意な差は認められなかった。

【考察】両条件のVO₂およびHRは、運動前と比較して運動開始後5分後から20分後に有意に増加し、両条件間で有意な差が認められた。この原因として、上肢クランク運動に下肢へのEMSを併用したA+E条件では、全身的な筋活動による骨格筋の酸素需要の増加、静脈還流の促進および血流量の増加から、運動中のVO₂およびHRが有意に増加したことが考えられる。また、一般的に上肢クランク運動は、交感神経活動の亢進、末梢血管抵抗の増加を誘発するが、A+E条件は全身的な運動であり、交感神経活動亢進の抑制および血流量の増加による末梢血管抵抗が抑制され、血圧については、両条件間で有意な差が認められなかったことが示唆される。E条件では、EMSによる下肢の筋活動の増加から、運動前と比較して運動開始後にVO₂およびHRが有意な増加を示したが、下肢筋群のみの他動的な筋活動であるため、上肢の筋活動が伴うA+E条件と比較して、筋活動量、血流量、酸素需要量が少ないため、VO₂およびHRが低値を示したことが示唆される。

【結論】上肢の有酸素性運動および下肢へのEMSの併用は、EMSのみの運動と比較して、心血管へ過度の負荷をかけず、より呼吸循環機能を高め、下肢中心の運動が困難な下肢疾患の罹患者における持久力向上に寄与する可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は徳島大学総合科学教育人間科学分野における研究倫理委員会の承諾を得たものであり(受付番号151)、被験者は事前に口頭および文書にて研究の内容・趣旨、参加の拒否・撤回・中断などについて説明し、承諾を得た上で研究を開始した。

バランス練習アシストロボットが有する運動負荷強度の検討

笹沼 直樹¹⁾・曾田 幸一朗¹⁾・内山 侑紀²⁾・児玉 典彦²⁾
道免 和久²⁾

1) 兵庫医科大学病院 リハビリテーション部

2) 兵庫医科大学 リハビリテーション科

Key words / バランス練習アシストロボット, 運動負荷, 呼気ガス分析

【はじめに、目的】バランス練習アシストロボット(BEAR)は搭乗型ロボットを操作することでモニタ画面上のキャラクターを動かすタイプのバランス練習用機器であり、高齢者や虚弱患者においてバランス機能や筋力の改善効果が示されている(Ozaki K, et al. 2017)。モニタ画面にはテニス、スキー、ロデオの三種目の画面が表示され、使用者はそれぞれ適切にキャラクターを動かすために前後方向や旋回、あるいは定位を維持するようにロボットを操作する。また、これら三種の運動にはレベル(Lv)1からLv40まで難易度が設定されている。しかし本機器が有する種目別あるいは難易度ごとの運動負荷強度は確認されておらず、使用者に対して過負荷をもたらす可能性がある。そこで今回我々はBEARが有する運動負荷強度を明らかにすることを目的に健常者を対象にBEAR施行時の呼気ガス分析を実施した。

【方法】対象は健常成人6例とした。測定は10分間の安静臥位の後にテニス、スキー、ロデオの各種目におけるレベル(Lv)1からLv40までを5レベル刻みで実施した。BEAR実施中被験者は呼気ガス分析装置及びモニタ心電図を装着した。測定は安静臥位及び各種目5段階ごとのLvにおける酸素摂取量とし、安静臥位時酸素摂取量とBEAR時酸素摂取量の比からMETsを算出した。各種目、各レベルの運動時間は90秒であり、各90秒間の最後の30秒を解析対象データとした。各Lvの測定値を反復測定による一元配置分散分析及びBonferroniの多重比較検定を用いて分析した。本研究は本学倫理委員会の承認を得ている。

【結果】対象は全例男性、平均年齢24.3 ± 0.8才。各種目のMETs(Lv1,5,10,15,20,25,30,35,40; 平均±標準偏差)はテニス(1.32 ± 0.14, 1.35 ± 0.14, 1.39 ± 0.04, 1.38 ± 0.18, 1.45 ± 0.16, 1.46 ± 0.19, 1.64 ± 0.22, 1.96 ± 0.28, 1.85 ± 0.35)、スキー(1.57 ± 0.22, 1.52 ± 0.30, 1.62 ± 0.24, 1.64 ± 0.21, 1.73 ± 0.27, 1.71 ± 0.31, 2.04 ± 0.49, 2.20 ± 0.52, 2.28 ± 0.45)、ロデオ(1.56 ± 0.23, 1.60 ± 0.19, 1.79 ± 0.26, 1.89 ± 0.21, 2.01 ± 0.29, 2.01 ± 0.19, 1.97 ± 0.26, 2.07 ± 0.26, 2.30 ± 0.44)であった。METsの比較ではテニス、ロデオではLv1とLv35およびLv40の間で有意差を認め、スキーではLv1とLv40の間で有意差を認めた。

【考察】BEARが有する運動負荷強度は1.3METsから2.3METsであることが示された。虚弱症例のトレーニング強度はおおよそ1.9METsから2.9METsが推奨(ACSM guideline 9th ed, 2013)されており、BEARが有する運動負荷強度は虚弱者、高齢者に対して適切である可能性が考えられた。

【結論】BEARの運動負荷強度はLvに応じて上昇する傾向を示し、最小で1.3METs程度、最大で2.5METs程度の強度特性を有することが明らかとなった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言に則り学内倫理審査受諾を得た上で、被験者に対して説明文書を用い説明し同意を得て実施している。

中強度運動後に生じる酸素化ヘモグロビンおよび総ヘモグロビンの変動と生理学的指標との関係

椿 淳裕・森下 慎一郎・徳永 由太・佐藤 大輔・秦 偉翔
小島 将・高 翔・大西 秀明

新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所

Key words / 運動後安静, 酸素化ヘモグロビン, 総ヘモグロビン

【はじめに, 目的】有酸素運動の急性効果に関して, 運動後に認知課題の成績が向上することが報告されている。我々は, 有酸素運動後も運動関連領域の酸素化ヘモグロビン (O_2Hb) および総ヘモグロビン (THb) が高値であることを報告している。運動後の O_2Hb および THb の高値が, 換気や体循環変動の影響か否かを評価することを目的に, 本研究を行った。

【方法】健康成人 12 名 (女性 9 名) を対象とし, 自転車エルゴメータによる中強度での下肢ペダリング運動を課題とした。安静 3 分後, 最高酸素摂取量の 50% の負荷で 20 分間の定常負荷運動を実施し, 運動後には 15 分間の安静を設けた。この間, 粗大運動時のモニタリングに最適とされる近赤外線分光法 (NIRS) により, 脳酸素モニタ (OMM-3000, 島津製作所) を使用し O_2Hb , 脱酸素化ヘモグロビン (HHb), THb を計測した。国際 10-20 法による Cz を基準として 30mm 間隔で送光プローブと受光プローブを配置し, 全 24 チャンネルで測定した。同時に, 体循環の指標として平均血圧 (MAP) をビートバイビートで計測した。また, 換気の指標として, 酸素摂取量体重比 (VO_2/W), 呼吸終末二酸化炭素濃度 ($ETCO_2$) をプレスバイプレス法で測定した。 O_2Hb , HHb, THb は全 24 チャンネルを平均した。すべての計測項目は安静時平均値に対する変化量を算出し, 1 分ごとに平均した。中強度運動の終盤 5 分間の平均値と, 運動後安静 15 分間の平均値を求め, 運動前安静とともに一元配置分散分析により比較した。また, 運動後の MAP, VO_2/W , $ETCO_2$ の変動と O_2Hb の変動との相関関係の強さを, ピアソンの相関係数により求めた。

【結果】 O_2Hb は, 運動前安静と比較して運動終盤 5 分間 0.066 ± 0.009 $mM \cdot cm$ および運動後安静 15 分間 0.053 ± 0.008 $mM \cdot cm$ が有意に高値であった ($p < 0.01$)。また, THb も運動前安静と比較して運動終盤 5 分間 0.084 ± 0.012 $mM \cdot cm$ および運動後安静 15 分間 0.078 ± 0.014 $mM \cdot cm$ が有意に高値であった ($p < 0.01$)。HHb では, 運動終盤 5 分間 0.018 ± 0.009 $mM \cdot cm$, 運動後安静 15 分間 0.025 ± 0.009 $mM \cdot cm$ であり, 有意な変化を認めなかった。MAP, VO_2/W , $ETCO_2$ は, 運動中に有意に上昇するものの, 運動は速やかに運動前安静のレベルまで低下した。 O_2Hb との相関関係の強さは, MAP が $r = -0.471$, VO_2/W が $r = 0.378$, $ETCO_2$ が $r = 0.359$, THb との相関関係の強さは, MAP が $r = -0.360$, VO_2/W が $r = 0.360$, $ETCO_2$ が $r = 0.353$ であり, いずれも有意ではなかった ($p > 0.05$)。

【結論】20 分間の有酸素運動によって運動中に上昇した O_2Hb および THb は, 運動後安静中も 15 分間は運動中と同程度であることが明らかとなった。また運動後の O_2Hb および THb の変動は, MAP など他の生理学的パラメータの変動とは異なることが示された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は, 我々の所属する機関の倫理委員会の承認を得て行った。また対象者には, 本研究の目的や方法等について十分な説明を行い, 書面にて参加の同意を得た。

二重課題は脳由来神経栄養因子を相乗的に増加させるのか?

井川 真衣¹⁾・宮本 俊朗²⁾・橋本 彩耶³⁾・柳本 秀耶⁴⁾
中野 佳樹⁶⁾・関山 貴士⁵⁾・龔 恵芳⁷⁾・柏村 信一郎²⁾
竹田 千佐子²⁾・藤岡 宏幸²⁾

1) 西川整形外科リハビリクリニック 2) 兵庫医療大学

3) 姫路聖マリア病院 4) 大阪医科大学附属病院

5) 松下記念病院 6) 星ヶ丘医療センター

7) 関西大学大学院

Key words / BDNF, エクササイズ, 二重課題

【目的】近年, 身体活動 (PE) が海馬容積の増大や認知機能の改善をもたらすことや, 認知活動 (CE) が脳構造や認知機能に好影響を及ぼすことが明らかになっている。また, PE と CE を同時に実施する二重課題活動 (CCPE) は, 各々の活動より相乗効果を惹起する可能性が示唆されている。脳由来性神経栄養因子 (BDNF) は PE がもたらす脳の可塑的変化の中心的な媒介物質であり, 中高強度の PE によって BDNF が増加するとされている。しかしながら, 認知症予防に効果的であるとされる CE や CCPE など, PE 以外の活動に対する BDNF の反応は明らかになっていない。本研究では CE, PE 及び CCPE が血中 BDNF と認知機能へ及ぼす影響を検証した。

【方法】対象は健康成人男性 13 名 (20.6 ± 0.6 歳) とし, 研究デザインは, 安静 (CON), PE, CE, CE と PE を同時に行う CCPE の 4 条件のランダム化比較対照試験とした。全試行は 30 分とし, PE は最高酸素摂取量の 60% 強度の自転車エルゴメータ運動, CE は遂行機能と記憶機能の課題とし, CCPE は PE と CE を同時に実施した。各課題前後に BDNF, 乳酸, 血糖に対する血液検査と認知機能検査を実施した。統計学的解析は血液検査と認知機能の変化には Friedman 検定を用い, BDNF と認知機能の変化量の相関関係には spearman の相関係数を算出した。なお, 全ての数値は平均値 \pm 標準偏差で表し, 有意水準を 5% とした。

【結果】CON と CE に対して BDNF は有意な変化を認めなかった ($p > 0.05$)。PE, CCPE 後の BDNF は有意に高値を示したが ($p < 0.05$)、PE と CCPE 間では有意差を認めなかった ($p > 0.05$)。認知機能検査では, 数唱課題で PE 後に低値を示したが ($p < 0.05$)、他の認知課題には有意差を認めなかった ($p > 0.05$)。また, BDNF の増加量と認知機能の変化には有意な相関関係を認めなかった ($p > 0.05$)。

【考察】BDNF は PE と CCPE 後に有意な上昇を認めしたが, CE 後には有意な変化を認めなかった。CCPE は, PE 単独と比較して BDNF に対する相乗的増加を誘発しなかったことより, 血漿 BDNF が PE へのみ反応することを意味する。先行研究では, CCPE が, 慢性的な効果として, 脳の可塑性に相乗的効果をもたらすことが報告されており, PE および CE が脳の可塑的変化に対して異なる役割を有する可能性が示唆されている。本研究における BDNF の課題特異的な反応は, CE と PE は異なる神経生理学的メカニズムが存在することを示唆する。また BDNF の変化量と認知機能の変化に有意な相関関係を認めなかったことから, PE 後の一過性の BDNF の上昇が必ずしも認知機能に影響するわけではないことを示しており, これは先行研究と合致する。

【結論】血漿 BDNF は PE に選択的に反応し, CCPE が PE 単独と比較して末梢 BDNF に相乗的効果を有さないことが示唆された。認知症患者が増加する我が国において, BDNF の課題特異的な反応性を明らかにすることは, 認知症予防に対する効果的な戦略を構築する上で重要な位置付けになるものと考えられる。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は兵庫医療大学倫理委員会第 15015 号の承認を得て実施した。調査にあたって, 対象者に本研究の主旨を口頭及び紙面で説明し, 研究参加の同意を得た。

股関節外転角度が側臥位での等尺性股関節外転運動時の体幹筋、股関節外転筋活動に与える影響

石川 拓実¹⁾・土居 誠治²⁾・楠 大吾²⁾

1) 愛媛十全医療学院附属病院

2) 愛媛十全医療学院

Key words / 等尺性股関節外転運動, 表面筋電図, 股関節外転筋

【はじめに、目的】

側臥位での等尺性股関節外転運動 (S-IHA) は股関節外転筋の筋力検査や筋力強化の肢位として最適とされている。S-IHA 時の股関節外転角度の増加により、股関節外転トルクの減少と中殿筋 (GMe) 活動の増加を伴うことが知られているが、大腿筋膜張筋 (TFL) や大殿筋上部線維 (GMa) を含めた股関節外転筋や体幹筋活動の変化は明らかにされていない。本研究の目的は、異なる股関節外転角度における S-IHA 時の体幹筋、股関節外転筋活動の変化を検討することである。

【方法】

対象は 30 人の健常若年男性 (平均年齢: 22.1 ± 3.5 歳) で、股関節外転 40° での S-IHA が可能な者とした。測定には表面筋電計 EMG マスター (メディアエアサポート企業組合製) を使用し、S-IHA 時の TFL, GMe, GMa, 腰部多裂筋 (LM), 腰方形筋 (LQ), 外腹斜筋 (EO), 内腹斜筋 (IO) の筋活動を測定した。電極装着前に皮膚前処理剤を使用し、目標皮膚抵抗は 10k Ω 未満とした。課題は股関節外転 0° (HA0), 20° (HA20), 40° (HA40) の 3 肢位で 5 秒間の S-IHA を 3 回ずつ実施し、負荷は下肢重量のみとした。測定順序による筋活動への影響を考慮して、全 9 回の測定順序は RAND 関数を用いて被験者毎でランダム化した。さらに、各筋の最大随意等尺性収縮 (MVIC) を 5 秒間測定した。得られた 5 秒間の生波形は全波整流後、中央 3 秒間の積分値を算出し、MVIC より正規化した (%MVIC)。統計学的解析では、Shapiro-Wilk 検定後、GMe・LM・LQ・EO・IO は反復測定一元配置分散分析、TFL と GMa は Friedman 検定を実施し、Post-hoc test として Tukey 法と Steel-Dwass 法による多重比較を施行した。有意水準は 5% 未満とした。

【結果】

分散分析の結果、全ての筋で主効果を認めた。HA0 と比較して HA20 では TFL の有意な筋活動の増加を認め ($p<0.05$)、HA20 と比較して HA40 では GMa ($p<0.05$)、TFL・GMe・IO ($p<0.01$) で有意な筋活動の増加を認めた。HA0 と比較して HA40 では LQ ($p<0.05$)、TFL・GMe・GMa・LM・EO・IO ($p<0.01$) と全ての筋で有意な筋活動の増加を認めた。

【考察】

股関節外転角度の増加により、S-IHA 時の体幹筋と股関節外転筋の筋活動増加を認めた。股関節外転角度の増加に伴い、骨盤側方挙上が生じ、体幹筋と股関節外転筋長が短縮することで、筋の長さ-張力曲線により筋トルクが減少する代償として筋活動が増加したことが考えられた。

【結論】

本研究の意義として、側臥位での等尺性股関節外転運動において、股関節外転角度の増加により、股関節外転筋群に加え、体幹筋の需要が増加することが明らかとなった。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は愛媛十全医療学院倫理委員会の承認を得た (承認番号: 29-04)。本研究はヘルシンキ宣言に沿って実施し、対象には研究開始前に目的と方法を口頭と文章で説明し、書面にて同意を得た上で測定を開始した。本研究に際して、開示すべき利益相反は無い。

弾性率を用いた新たな筋張力指標の確立

八木 優英¹⁾・建内 宏重¹⁾・梅原 潤^{1,2)}・本村 芳樹¹⁾
廣野 哲也¹⁾・野尻 周佑¹⁾・Todd Pataky¹⁾・市橋 則明¹⁾

1) 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

2) 日本学術振興会特別研究員 DC

Key words / 超音波エラストグラフィー, 弾性率, 筋張力

【はじめに、目的】

動作中の筋への負担を把握するために、個々の筋の張力を測定することは重要である。せん断波エラストグラフィー機能では、硬さの指標である弾性率から個々の筋張力を推定可能である (Bouillard, 2012)。ただし、弾性率の絶対値は筋断面積に影響を受け、筋力発揮の絶対値が同じでも、筋断面積が大きい被験者では小さな弾性率が計測されてしまう (Dresner, 2001)。被験者間や筋間で弾性率を比較するためには、弾性率に筋の大きさを反映させ、発揮筋力の絶対値と強い関連を持つ指標を確立する必要がある。そこで、本研究では弾性率を筋の大きさで補正した指標が、弾性率より発揮筋力の絶対値と強い関係を有するかを検討することとした。

【方法】

健常成人男性 12 名が本研究に参加した。被験者を腹臥位とし、肩関節を外転 90°、回旋 0°、肘関節屈曲 90° でダイナモメーター (BIODEX Medical Systems) に固定した。超音波診断装置 (SuperSonic Imagine) を使用して、B モードで上腕三頭筋の筋断面積、筋厚を測定した。そしてダイナモメーターで最大等尺性肘伸展筋力を計測した。その後、等尺性肘伸展運動中の上腕三頭筋の弾性率を超音波診断装置のエラストグラフィー機能で測定した。発揮筋力を 10 秒間一定に維持するために被験者に視覚的フィードバックを行った。開始負荷を 5Nm とし、最大等尺性肘伸展筋力の 60% を超えるまで 5Nm 毎に負荷を漸増させた。各負荷間には十分な休息を設けた。なお、測定中に発揮筋力を一定に保てない場合にはその時点で測定を終了した。そして弾性率と筋厚または筋断面積を掛け合わせた筋張力指標 (弾性率×筋厚、弾性率×筋断面積) を算出した。発揮筋力と弾性率、二種の筋張力指標との Pearson の相関係数を算出し、3 つの相関係数を比較した。また発揮筋力ごとに各指標の変動係数を算出し、指標ごとに加算平均を求めた。有意水準は 5% とし、相関係数の比較では Holm 法で補正した。

【結果】

発揮筋力と弾性率、2 つの筋張力指標にはそれぞれ有意な正の相関を認めた。しかし、発揮筋力-弾性率間の相関係数 (0.79) より、発揮筋力-弾性率×筋厚および発揮筋力-弾性率×筋断面積間の相関係数 (それぞれ 0.93, 0.96) の方が有意に高かった。発揮筋力と各筋張力指標間の相関係数には有意差がなかった。さらに、変動係数は弾性率より各筋張力指標で小さかった。

【考察】

弾性率×筋厚および弾性率×筋断面積は弾性率と比較し、個人間のばらつきが少なく、発揮筋力の絶対値と強い関連を示した。そのため弾性率より筋張力指標の方が個人間の筋張力の比較に適した指標と考えられる。

【結論】

弾性率に筋断面積または筋厚をかけた筋張力指標は、最大筋活動時の弾性率での正規化を必要としない上に発揮筋力と強く関連する。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は京都大学医の倫理委員会による承認を受けて実施した (R0881-3)。研究を実施するにあたり、すべての対象者に口頭にて本研究の主旨、目的、方法、測定時に痛みなどの身体的異常を認められた際には直ちに実験を中止すること、測定が困難な場合には実験を中止できることについて十分に説明を行い、研究参加への同意を書面にて得た。

他動的膝屈曲運動時における大腿直筋内の弾性率と膝伸張受動トルクの関係

小出所 大樹¹⁾・谷口 圭吾²⁾・片寄 正樹²⁾

1) 札幌医科大学大学院 保健医療学研究科

2) 札幌医科大学 理学療法第二講座

Key words / エラストグラフィ, 弾性特性, 柔軟性

【はじめに、目的】大腿直筋(RF)は股関節、膝関節をまたぐ二関節筋であり、損傷頻度の高い筋である。RF損傷のリスク因子として柔軟性低下が挙げられ、RF柔軟性の計測方法として股関節中間位での膝屈曲角度が用いられているが、End feelに関与する膝屈曲に伴う膝伸張受動トルクとRFの筋スティフネスとの関係性は明らかとなっていない。また近年、RFでは解剖学的研究や電気生理学的な検討によって筋内の形態特性や活動特性に部位差が示されており、筋損傷も近位部で頻発することが報告されている。このことからRFの機械特性の検討においても筋内の不均一性を無視できない可能性がある。そこで本研究では筋スティフネスの指標であり、筋伸長によって生じる受動張力と高い相関関係を示す筋弾性率を用いて、他動的膝屈曲運動時におけるRFの近位部・中央部・遠位部の弾性率と膝伸張受動トルクとの関係性を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は若年健常男性8名(年齢 20.8 ± 0.9 歳, 身長 171.6 ± 6.5 cm, 体重 62.5 ± 9.0 kg)とし、利き足のRFを被験筋とした。弾性計測部位はRFの起始部と停止部(下前腸骨棘から膝蓋骨上縁)を結んだ直線の近位から、それぞれ25%(近位部)、50%(中央部)、75%(遠位部)の筋束領域と規定した。RFの縦断面における筋弾性率は、超音波診断装置(SuperSonic Imagine社製)のせん断波エラストグラフィ機能により計測したせん断波伝搬速度から算出した。他動膝屈曲運動は股伸張 0° 、膝屈曲 0° から膝屈曲最終域まで角速度 $2^\circ/\text{sec}$ で実施し、その区間の膝伸張受動トルク、RF弾性率を記録した。膝伸張トルクは重力の影響を除くため、先行研究(阿江ら、1992)を用いて下腿質量を体重から推定し、三角関数を用いて補正した。統計処理は膝屈曲に伴う3部位(近位部・中央部・遠位部)の筋弾性率および膝伸張受動トルクの最小値を0、最大値を1とし、膝屈曲 0° から 10° ごとに弾性とトルクの相対値を算出し、それらの関係性を各被験者でPearsonの積率相関係数を用いて分析を行った。解析にはIBM SPSS Statistics ver. 22.0を使用し、有意水準は5%とした。

【結果】相関分析の結果、近位部($0.932 < R < 0.988$)、中央部($0.813 < R < 0.996$)および遠位部($0.747 < R < 0.939$)であり、対象者全てにおいてRF弾性率と膝伸張トルクとの間に有意な正の相関関係を認めた($p < 0.01$)。

【考察】他動運動に伴う筋の弾性変化は受動張力を反映するため、今回の結果から膝伸張受動トルクの増大はRFの受動張力に起因している可能性が示唆された。また、近位部において他の2部位よりも高い相関関係を示す例が多く、股中間位での膝伸張受動トルクはRF近位部の発揮張力が強く影響しているかもしれない。

【結論】股関節中間位における膝屈曲に伴う膝伸張受動トルクは、筋内の部位に依存せず筋弾性と深く関連し、RFの受動張力を反映する可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は札幌医科大学倫理委員会の承認を得た上で実施した(承認番号29-2-37)。また、ヘルシンキ宣言に従い、被験者のプライバシーと人権の保護に留意し実験を実施した。

被験者には事前に研究目的、測定内容及び研究成果を学会や論文などで報告することを研究実施者が口頭で説明し、書面にて同意を得た。研究実施者は、記名した同意書の写しを被験者に交付し、同意書の原本は当該機関で保管することとした。また、一旦同意した場合でも、被験者に不利益を与えることなく同意を取り消すことができることを説明した。ただし、学会や論文などですでに発表済みのデータについては、同意の撤回が困難であることについて事前に説明した。

股関節角度変化が内側広筋と外側広筋の伸張に与える影響

築瀬 康¹⁾・中尾 彩佳¹⁾・本村 芳樹¹⁾・梅原 潤^{1,2)}
駒村 智史¹⁾・宮腰 晃輔¹⁾・市橋 則明¹⁾

1) 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

2) 日本学術振興会特別研究員 DC

Key words / 大腿四頭筋, 単関節筋, 筋膜張力伝達

【はじめに、目的】

単一筋の伸縮によって周囲の筋膜が引き伸ばされ、隣接している筋が変形すること(筋膜張力伝達)が先行研究で報告されている。単に筋の走行を考慮すると、大腿四頭筋を構成する筋のうち、二関節筋である大腿直筋は股関節伸張かつ膝関節屈曲により伸張される。一方で、単関節筋である内側広筋や外側広筋は膝関節屈曲により伸張され、股関節屈曲の影響は受けない。しかし、筋膜張力伝達の観点から考えると、大腿直筋が伸張される股関節屈曲位では内側広筋や外側広筋も同様に伸張される可能性がある。本研究の目的は、股関節屈曲位の違いが内側広筋と外側広筋の伸張の程度に与える影響を検証することとした。

【方法】

健常男性14名を対象とし、次の4種類の股関節屈曲位をランダムに行った: 股関節 90° 屈曲位(屈曲条件)、股関節 5° 伸展位(伸展位条件)、股関節 5° 伸展位かつ 10° 内転位(伸展位内転条件)、股関節 5° 伸展位かつ 40° 外転位(伸展位外転条件)。各屈曲位とも背臥位かつ膝関節 90° 屈曲位で実施した。これら4屈曲位および安静位で、超音波診断装置せん断波エラストグラフィ機能を用いて内側広筋と外側広筋、大腿直筋の弾性率を測定した。弾性率は高値であるほど筋が硬いことを示し、筋伸張ほど高値となることが先行研究により示されている。各筋の弾性率について、屈曲位間の比較のために反復測定一元配置分散分析を行い、事後検定としてBonferroni法による多重比較を行った。有意水準は0.05とした。

【結果】

反復測定一元配置分散分析の結果、内側広筋と外側広筋、大腿直筋の全てにおいて主効果を認めた。各筋とも、伸展位・伸展位内転・伸展位外転条件が安静・屈曲条件より有意に高値を示し、さらに伸展位・伸展位内転条件が伸展位外転条件より有意に高値を示した。

【考察】

内側広筋と外側広筋は膝関節伸張の単関節筋であるが、股関節伸展位、あるいは股関節伸展位内転位でより伸張された。これらの屈曲位で大腿直筋が伸張されたことにより、大腿直筋に付着する筋膜が移動し、大腿直筋に隣接している内側広筋と外側広筋も同様に伸張されたと考えられる。また、股関節伸展位外転位では各筋とも、股関節伸展位や股関節伸展位内転位に比べて伸張されなかった。大腿直筋は股関節外転モーメントアームを持つため、股関節外転位では短縮位になったと考えられる。さらに大腿直筋が短縮位となったことで大腿四頭筋間の筋膜による機械的相互作用が生じにくくなり、内側広筋と外側広筋は十分な伸張が得られなかったと考える。

【結論】

大腿直筋の伸張位である股関節伸展位、または股関節伸展位かつ内転位において、膝関節伸張の単関節筋である内側広筋・外側広筋も同様に伸張されることが明らかになった。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は本学における医の倫理委員会の承認を得た後に実施した。ヘルシンキ宣言に基づいて、被験者には実験の内容について十分に説明し、書面にて同意を得た上で研究を実施した。

ストレッチングに併用する超音波刺激の施行順序が筋硬度に及ぼす影響 - せん断波エラストグラフィによる検討 -

森下 勝行^{1,2)}・西下 智^{2,3,4)}・中村 雅俊⁵⁾・坪山 直生^{2,6)}
市橋 則明²⁾

1) 城西国際大学福祉総合学部理学療法学科
2) 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
3) リハビリテーション科学総合研究所 4) 関西リハビリテーション病院
5) 新潟医療福祉大学運動機能医学研究科
6) 佛光大学医療技術学部理学療法学科

Key words / 超音波, ストレッチング, 筋硬度

【はじめに、目的】

超音波刺激 (US) と静的ストレッチング (SS) の併用方法には、SS の施行前に US を併用する方法と SS と同時に US を併用する方法がある。我々は、これまでに US と SS のそれぞれの単独施行が筋硬度の低下に作用することを報告した。しかし、筋硬度を低下させるために必要な US と SS の至適な併用方法とその効果については実証されていない。本研究の目的は、SS に併用する US の施行順序が筋硬度に及ぼす影響を検証し、US と SS の至適な併用方法を明らかにすることである。

【方法】

対象は、健康成人男性 14 名 (年齢 26 ± 3.8 歳・身長 172.3 ± 5.0 cm・体重 64.7 ± 4.6 kg・BMI 21.8 ± 1.4 kg/m²) とした。施行条件は、① SS 施行中に US を実施した A 条件 (5 分間×2 セット)、② SS 施行前に US を実施した B 条件 (US 5 分間・SS 5 分間)、③ SS のみ実施した C 条件 (5 分間×2 セット) とし、それぞれ計 10 分間施行した。US 条件は、周波数 1MHz、強度 2W/cm²、照射時間率 100% (連続照射) とし、ストローク法と回転法を併用しながら下腿三頭筋とアキレス腱の後面および側面を包括的に照射した。SS は、多用途筋機能評価運動装置を用い、痛みのない最大の足関節背屈角度にて実施した。評価項目は、超音波診断装置せん断波エラストグラフィ機能を用いて測定した内側腓腹筋 (MG) の弾性率 (筋硬度) とした。測定は、施行直前・施行 5 分後・施行 10 分後に実施し、施行直前と 5 分後 (△T1)・施行直前と 10 分後 (△T2) の各々の変化率にて条件比較を実施した。

【結果】

反復測定による二元配置分散分析の結果、MG の筋硬度は 3 条件間において交互作用が認められた ($p < 0.01$)。多重比較法 (Bonferroni 検定) の結果、△T1 は A 条件が B・C 条件に比べ有意に筋硬度が低下した ($p < 0.05$)。B 条件と C 条件には有意差は認められなかった。△T2 では、A 条件が C 条件に比べ有意に筋硬度が低下したが ($p < 0.01$)、B 条件とは有意差は認められなかった。B 条件と C 条件の間には有意差は認められなかった ($p = 0.086$)。

【考察】

US と SS の併用方法においては、SS 単独施行や SS の施行前に US を併用する条件に比べ US と SS を同時に施行する併用方法が最も早期に筋硬度が低下した。我々の先行研究において、US と SS はそれぞれの単独施行においても筋硬度が低下することを報告している。このため、他の条件に比べて US と SS の同時施行では、SS の効果とともに US の付加的効果が同時に複合され相乗的に筋硬度を低下させたものと考えられる。

【結論】

筋硬度を低下させるために必要な SS と US の至適な併用方法としては、SS の施行前に US を併用する方法に比べ SS と US を同時に施行する方法がより有効である。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、ヘルシンキ宣言および人を対象とした医学系研究に関する倫理指針に準拠し、京都大学大学院医学研究科・医学部及び医学部付属病院医の倫理委員会の承認を得て実施した (R0171-3)。対象者には、実験前に研究目的と内容を口頭および書面にて説明を行い、参加同意書への自筆による署名をもって研究協力の同意を得た。

スタティックストレッチングにおける休息時間の違いが腓腹筋の柔軟性向上効果に与える影響

野尻 周佑¹⁾・池添 冬芽¹⁾・中尾 彩佳¹⁾・梅原 潤^{1,2)}
本村 芳樹¹⁾・八木 優英¹⁾・廣野 哲也¹⁾・市橋 則明¹⁾

1) 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
2) 日本学術振興会特別研究員 DC

Key words / スタティックストレッチング, 腓腹筋, 弾性率

【はじめに、目的】下腿三頭筋の筋腱複合体の柔軟性を向上させるためには、最低 2 分間のスタティックストレッチング (SS) が必要であることが報告されている。また、SS の 1 セット当たりの時間とセット数を変化させても、SS の合計時間が 2 分間であれば、柔軟性向上効果に差はないことが報告されている。しかしながら、合計 2 分間の SS において、セット間の休息時間の違いによって柔軟性向上効果が異なるかどうかについては明らかではない。本研究の目的は、腓腹筋の SS におけるセット間の休息時間の違いが即時的な筋の柔軟性向上効果に与える影響について明らかにすることとした。

【方法】対象は健康若年男性 13 名とした。腓腹筋に対する 30 秒 4 セットの SS を、セット間の休息 0 秒および 30 秒の 2 条件で実施した。各条件は 48 時間以上の間隔をあけてランダムな順に行った。SS 前に腹臥位、膝関節完全伸展位でダイナモメーター (BIODEX System 4) を用いて他動的に足関節を背屈させた際に疼痛なく耐えうる最大背屈角度を測定し、この背屈角度で 30 秒間保持する SS を 4 セット行った。各セット間には、他動的に 3 秒で足関節底屈 20° まで移動させ、各条件の休息時間だけ固定したのちに、3 秒で最大背屈角度まで移動させた。筋の柔軟性の指標には超音波診断装置 (Aixplorer) のせん断波エラストグラフィ機能によって測定される弾性率を用い、SS 前後に足関節底屈 0° にて腓腹筋の弾性率を測定した。なお、弾性率は高いほど筋が硬く、柔軟性が低いことを意味する。統計解析は弾性率について測定時期 (SS 前後) と条件 (休息 0 秒、30 秒) を要因とした反復測定二元配置分散分析を行った。事後検定として対応のある t 検定を行った。

【結果】反復測定二元配置分散分析の結果、腓腹筋の弾性率に交互作用を認め、休息 0 秒においてのみ SS 後に有意な低下がみられた (SS 前: 10.8 ± 2.6 kPa、SS 後: 9.4 ± 2.1 kPa)。休息 30 秒においては SS 前後で有意差を認めなかった (SS 前: 10.3 ± 2.1 kPa、SS 後: 9.8 ± 1.8 kPa)。

【考察】腓腹筋に対する 30 秒 4 セットの SS を実施した結果、セット間休息 0 秒では SS 後に腓腹筋の柔軟性は向上したが、休息 30 秒では腓腹筋の柔軟性に有意な変化を認めなかった。応力緩和として知られるように、筋伸張時に抵抗として生じる応力は SS 実施中に伸張位に保持されることで徐々に低下する。各セット間に筋短縮位で 30 秒休息した場合には SS 中に低下した応力が元に戻ったため、4 セット反復しても筋の柔軟性が向上しなかったと考えられる。

【結論】腓腹筋に対して 30 秒 4 セットの SS を行う場合、セット間に休息を設けない場合には筋の柔軟性向上効果が得られるのに対し、30 秒の休息を設けた場合には柔軟性向上効果が得られないことが示された。このことから、SS を複数セットに分けて実施する場合、筋の柔軟性を向上させるためには、セット間に休息を設けずに行う方が効果的であることが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、ヘルシンキ宣言および人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に基づいて実施した。対象者には研究の内容を説明し、書面にて研究参加への同意を得た。なお、本研究は京都大学大学院医学研究科・医学部及び医学部付属病院医の倫理委員会の承認を得て行われた (承認番号 R0233-3)。

歩行立脚期における舟状骨高の低下量に影響する足部運動の検討

岡村 和典^{1,2)}・金井 秀作¹⁾・江川 晃平^{2,3)}・沖 貞明¹⁾

1) 県立広島大学保健福祉学部理学療法学科

2) 県立広島大学大学院総合学術研究所

3) 医療法人和会沖井クリニック

Key words / 歩行, 舟状骨高, multi-segment foot model

【はじめに、目的】

静止立位における舟状骨高の測定は、静的な後足部回内アライメントの評価方法として多用されている。近年、動的な足部アライメントの評価方法として、歩行等の動的場面で舟状骨高を測定する方法が注目されている。この方法は立脚期中の舟状骨高の低下量（初期接地時の舟状骨高－立脚期中の舟状骨高の最小値）を測定対象としているが、歩行中に舟状骨高が最小値を示すのは立脚後期であり、静止立位において舟状骨高の測定を行う肢位とは関節角度、荷重位置ともに異なる。さらに立脚後期に後足部は回外方向へ運動していることも考慮すると、歩行立脚期における舟状骨高の低下量が静止立位と同様に後足部回内の程度を反映しているかは疑問である。本研究では、歩行立脚期における舟状骨高の低下量に影響する足部運動を明らかにし、測定結果を解釈する上での基礎的な知見を得ることを目的とした。

なお、本研究の一部は山口県理学療法士会学術研究助成制度の助成を受けて実施したものである。

【方法】

対象は健康成人42名（年齢20.5±1.9歳、身長166.2±9.6cm、体重58.0±9.0kg、Navicular Drop test 8.4±3.9cm）とした。

本研究では、快適速度での歩行中の足部運動と舟状骨高を三次元動作解析装置VICONによって測定した。足部はOxford Foot Modelによって4セグメントにモデル化し、舟状骨高は足底面から舟状骨粗面マーカまでの垂直距離と定義した。舟状骨高の低下量に影響する足部運動を決定するために、Stepwise法による重回帰分析を行った。この際、初期接地時における後足部に対する前足部の背屈・回外・内転角度と、舟状骨高が最小値に達したタイミングでのそれぞれの角度との差分を独立変数に用いた。統計学的分析にはSPSS 20.0 for Windowsを使用し、有意水準は $p<0.05$ とした。

【結果】

舟状骨高の低下量に影響する足部運動として、後足部に対する前足部の背屈（標準偏回帰係数=0.49, $p<0.001$ ）と回外（標準偏回帰係数=0.38, $p<0.01$ ）が選択された（調整済み決定係数 $R^2=0.42$, $p<0.001$ ）。なお初期接地時の角度を基準にした場合、舟状骨高が最小値に達するタイミングでは、39/42名の対象の前足部が後足部に対して回内方向へ運動していた。

【考察】

立脚後期における後足部に対する前足部の回内は、言い換えれば前足部に対する後足部の回外である。そのため歩行立脚期では、この舟状骨高を拳上する方向への運動の程度が、前足部の背屈とともに舟状骨高の低下量を決定する足部運動の一つであることが示唆された。

【結論】

歩行立脚期における舟状骨高の低下量は後足部に対する前足部背屈運動の「大きさ」と、前足部に対する後足部回外運動の「小ささ」に影響されている。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は県立広島大学倫理委員会の承認を受けており、対象には事前に口頭および書面にて本研究について十分な説明を行い、同意を得た上で実験を開始した。

歩行時の足部動態解析 - 慣性センサを用いた検討 -

佐藤 俊彦¹⁾・江戸 優裕¹⁾・上條 史子²⁾

1) 文京学院大学 2) 昭和大学

Key words / 歩行, 足部, 慣性センサ

【はじめに、目的】近年、VICON等の3次元動作解析システムを用いた歩行評価が行われている。これらのシステムは、計測環境が限定されるため、臨床現場での計測は限られている。そこで、低コストで持ち運び可能な、慣性センサから角速度を検出する歩行評価に着目した。特にVICONでは剛体として捉えることが多い足部を母趾・第一中足骨・踵骨に分けて計測を行い、立脚期中の足部動態を検討することを目的とした。

【方法】対象は歩行に影響する既往のない18名（男性7名、女性11名、平均年齢19.5±0.5歳）とした。計測課題は至適速度での裸足歩行とし、十分に練習した後に5回実施し、平均値を求めた。解析対象は左立脚期とした。慣性センサシステム（MicroStone社製）は、角速度データをサンプリング周波数100Hzで取得した。センサの貼付位置は下腿外側中央部・踵後面・第1中足骨上面・母趾頭とした。得られた角速度を台形近似により積分することによって、各センサの角度を求めた。そして、踵骨・第一中足骨・母趾頭の角度を、近位分節と遠位分節に固定したセンサの角度の差から相対角度を算出した。Neumannの示す歩行周期各相に相当する立脚期の10、35、65、90%における角度を各Loading Response（以下LR）、Mid Stance（以下MSt）、Terminal Stance（以下TSt）、Pre Swing（以下PSw）として抽出した。統計学的分析は、各分節の関係をPearsonの積率相関係数を用いて分析した。なお、全ての検定は有意水準を1%とし、統計解析ソフトウェアIBM SPSS Statistics 21（IBM社製）を使用した。

【結果】全立脚期を通じて①踵骨底屈と第一中足骨背屈に有意な相関を認めた（LR=0.76、MS t = 0.74、TS t = 0.80、PS w = 0.63）。LRで②第一中足骨回内と背屈③第一中足骨回内と母趾頭回外に、MStで②踵骨外転と第一中足骨内転に、TSt・PSwで共通して②踵骨底屈と踵骨回外・外転・第一中足骨回内③踵骨回外と踵骨外転・第一中足骨背屈④踵骨外転と第一中足骨背屈・回内⑤第一中足骨底屈と回外⑥第一中足骨回外と外転にそれぞれ有意な正の相関を認めた。TStのみで⑦踵骨外転と第一中足骨内転に、PSwのみで⑦踵骨底屈と中足骨外転⑧踵骨外転と中足骨回外⑨母趾底屈と内転にそれぞれ有意な正の相関を認めた。

【考察】足部はアーチ構造を有しており、LRでは踵骨底屈に対しアーチの頂点となる中足骨が背屈・回内することで衝撃を吸収したと考えた。TSt、PSwでは後足部、中足部の相反する動きにより剛性を高め、蹴り出しを行っていたと考えた。MStでは、個人によって回内外の方略が異なることが考えられた。

【結論】慣性センサによる歩行解析を行い、立脚期中の足部動態を明らかにした。足部内の相反する動きで衝撃吸収、推進機能の役割を果たしていることが示唆された。またVICONの足部のマルチセグメントモデルとの一致度を確認することでより信頼性の高い計測が可能になると考える。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言を踏まえ、対象者には研究の内容を十分に説明し、書面で同意を得た。また、本研究は文京学院大学倫理審査委員会の承認（承認番号：2017-0028）を得て行った。

歩行と走行における足部の運動学的解析 -WindlassMechanismの解明-

庄野 仁美^{1,2)}

1) 埼玉県立大学大学院 2) 川久保整形外科クリニック

Key words / Windlass Mechanism, 歩行, 走行

【はじめに、目的】ヒトの足部は50以上の関節が存在し多様な運動が生じる中で、歩行や走行の際に無数の接地面に順応するための柔軟性と推進力に抗する程の安定性が要求される。足部の安定化機構としては、WindlassMechanism(以下WM)が挙げられ、母趾背屈により足部の縦アーチが上昇し推進力に寄与するとされるものである。これまでWMに関して多くの報告があるが、より推進力を要する走行に着目したものや、足部の形態に直接影響を及ぼすと考えられる床反力最大時の足部・母趾の動態に関する報告はほとんどない。本研究の目的は床反力最大時の歩行と走行におけるWMの比較・検討である。

【方法】対象は健常男子学生7名。課題動作はgait:被験者の快適歩行速度(ave0.81m/sec)、run:2.0m/sec、dash:3.6m/secを各30秒行った。計測には三次元動作解析装置(VICON社製、100Hz)と床反力付きトレッドミル(Bertec、1000Hz)を用い、マーカーセットはPlug in Gait Full Body AIとOxford foot modelに従った。解析対象は左下肢の後足部・前足部(縦アーチとする)・母趾の矢状面上の運動とした。各被験者の10立脚期を抽出後100%時間正規化し、各被験者・各条件ごとに加算平均処理を行った。関節角度ピーク(A-peak)は立脚期50%以降から算出した。床反力は垂直成分と前後成分の合力とし、床反力最大時(F-peak)を立脚60%以降で算出した。そこから各関節角度peak(A-peak)と床反力(F-peak)の時差(D-peak)、母趾の関節角度peakと縦アーチのpeakの時差(HLX-peak)を算出した。統計処理はgait、run、dashの3群を比較するためKruskal-walli検定の後、Wilcoxonの符号付順位和検定を採用し、Bonferroni補正(p<0.016)を行った。

【結果】条件間でD-peakに有意差は認められなかったが、歩行ではF-peak後に後足部の背屈から底屈への運動変化と縦アーチ上昇開始が生じ、走行ではF-peakと同時に関節運動が変化する傾向が示された。HLX-peakにおいても条件間での有意差は認められなかったが、縦アーチ上昇は歩行では母趾背屈と同時にしくは遅延し、走行では母趾背屈と同時に生じる傾向が示された。

【考察】歩行では、F-peakに続いて母趾背屈・アーチ上昇による足部の形態的安定化を図ったことから、歩行時のWMは受動的運動であり床反力を利用した推進への寄与は低い可能性が示唆された。一方走行では、F-peakと同時に安定化を図り、歩行時と比較して関節への外力と筋活動が増大する(S.Dugan 2005)とされていることから、外力に抗するための足部の形態的安定化はWMではなく筋活動の寄与が大きい可能性が示された。

【結論】本研究からWMが立脚後期における推進の力源の土台として機能せず、特に走行では筋活動が力源となっている可能性が示唆された。今後下腿筋の解析や足部の粘弾特性の解析を進めることで、足部機能の基礎データとして理学療法介入の一助になると考える。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言に則り、本学倫理委員会の承認を得て行った(承認番号28875号)。被験者には事前に実験に関する説明を行い、同意書への署名を得た。同意書は筆頭演者所属機関内に鍵付きの保管庫を用意し、他者が解錠することの無いよう厳重に保管した。測定データは匿名化し取り扱い、インターネットに接続しないパーソナルコンピュータに保管、更にログインに際しパスワードを入力するように設定した。

Rancho Los Amigos方式が使用できる低歩行速度の限界 - どの速度まで単脚支持期に踵離れが生じるか -

加藤 諒大

釧路孝仁会記念病院

Key words / 低歩行速度, 踵離れ, 立脚終期

【はじめに、目的】

観察による歩行分析において、相分類はPerryらが提唱したRancho Los Amigos方式の8相の分類が一般的である。この相分類における単脚支持期(SS)に起こる立脚終期(TSt)の定義は、踵離れ(HO)から対側下肢が接地する時点までであり、その後両脚支持期の前遊脚期(PSw)に移行する。しかし、経験的に歩行速度が遅い症例などではPSwでHOを観察することがある。また、大畑はこのような分類は運動の特徴を理解しにくくする可能性があることを指摘している。今回、どの程度の低歩行速度までSSにHOが生じるかを検討したので以下に報告する。

【方法】

対象は下肢に整形疾患既往のない健常男性10名(27.1±4.7歳)とした。歩行速度は0.6、0.9、1.2、1.5、1.8、2.1(km/h)の6条件でトレッドミル上を歩行させた。その姿を矢状面からビデオ撮影し、Windowsムービーメーカーを使用して30Hzコマ送り再生をしてHOが生じた時期を観察した。各歩行速度でHOの有無について集計後、 χ^2 独立性の検定を行った。統計ソフトはJSTATを使用した。

【結果】

0.6km/hでは全例にPSwでHOが生じた。また、2.1km/hでは全例にTStでHOが生じた。また、歩行速度が0.9km/hと1.2km/hでは、HOの有無は χ^2 検定で独立であるとはいえない結果(p<0.05)となった。

【考察】

TStはSSの後半で起こるが、床反力ベクトルが中心位置から徐々に離れていき、全体重が足関節にかかるため、支持性を確保するのに十分な足関節底屈トルクが必要となる。その後起こるPSwは対側下肢が荷重応答期であり、徐々に体重が移行していくため、床反力は徐々に低下していく。

Liuらは約1.8km/h前後では、それより速い歩行速度と比較して足関節底屈トルクが低下することを報告している。また、Gotz-Neumannは足関節底屈筋力の不足によりTStでのHOが消失すると述べている。これらをまとめると歩行速度が低下すると足関節底屈トルクは低下し、そのトルクを発揮するための足関節底屈筋力が低下するとTStでHOの消失が観察される。しかし今回得られた結果のように、低歩行速度ではSSでHOが消失した場合に現状の定義ではTStがどの時期からどの時期までなのかは不明となる。

今回の結果からRancho Los Amigos方式の分類では歩行速度1.8km/h以下、特に0.9km/h以下の歩行速度でSSにHOが生じないことがあり、相分類がうまくできない可能性が示唆された。我々が理学療法の対象とする患者の中には低速度歩行の方もおり、本研究で観察された低速度歩行でPSwにHOが生じることは、現状のRancho Los Amigos方式の分類・定義では混乱を招く恐れがあると考えられる。

【結論】

SSにおいてHOが生じなくなる歩行速度は0.6km/hであり、1.8km/hを下回ったあたりから徐々に消失する可能性が高くなる。そのためRancho Los Amigos方式の分類ではTStの再定義が必要と考える。

【倫理的配慮、説明と同意】

対象者にはヘルシンキ宣言に沿って十分な説明と同意の上で研究に参加頂いた。

歩行における全身角運動量の協調性は速度依存的な変化を示すか？

藤野 努^{1,2)}・金村 尚彦³⁾・国分 貴徳³⁾・園尾 萌香^{4,5)}
久保田 圭祐²⁾・埜 大樹^{2,6)}・平田 恵介²⁾・小林 章²⁾
高柳 清美³⁾

1) 人間総合科学大学 リハビリテーション学科 理学療法専攻
2) 埼玉医科大学大学院 保健医療福祉学研究所 博士後期課程
3) 埼玉医科大学 保健医療福祉学部 理学療法学科
4) 埼玉医科大学大学院 保健医療福祉学研究所 博士前期課程 リハビリテーション学専修
5) 国立研究開発法人理化学研究所 理研 BSI 6) 日本学術振興会特別研究員

Key words / 歩行, 角運動量, 協調性

【はじめに、目的】

ヒトの二足歩行において、全身の角運動量の総和(WBAM)を少なく保つことは安定性の維持において重要な課題である。これまでの研究から、WBAMは歩行において中枢神経系が協調的に制御する変数であり、力学的安定条件の違い(両脚支持と単脚支持)において協調性に違いがあることが示されている。この協調性の相違は、各セグメントの各運動量(SAM)が適切な相殺関係をどのように制御しているかを明らかにしたが、その歩行速度依存的な変化は明らかとなっていない。そこで本研究は、WBAMを構成するSAMの協調性が速度依存的な変化を明らかにすることを目的として行った。

【方法】

10名の健常成人(女性5名,男性5名)を対象とした。快速歩行速度を100%(100%PGS; Preferred Gait Speed)とし60%,80%,120%,140%の5条件の速度での歩行をランダム化して実施した。計測には三次元動作解析装置(VICON社製,100Hz)を使用し、歩行開始2分後の1分間を計測の対象とした。39個の赤外線反射マーカの座標データから15セグメントの剛体リンクモデルを作成し、各セグメントの重心と身体重心の相対距離、相対速度による角運動量と各セグメントの角速度と慣性テンソルを用いた角運動量の和としてSAMを矢状面・前額面・水平面の各基準面ごとに算出し、その全セグメントの合計をWBAMとした。SAMの行列に対して主成分分析を行い、5つの主成分とその時間変化を求めた。次に、各主成分の協調性を明らかにするためにUCM解析を実施した。5つの主成分を用いてヤコビ行列Jを求め、Jのベクトル上の分散から”悪い変動”(V_{ORT})を、Jに直交する4つのベクトル上の分散から”良い変動”(V_{UCM})を算出した。また、協調性の指標として $\angle V_z$ を求めた。速度条件に対して、反復測定一元配置分散分析を実施し、各歩行速度条件における両脚支持相と単脚支持相の差に対して、対応のあるt検定を実施した。有意水準は全て5%とした。全てのデータ解析にはMATLAB2017bを使用した。

【結果】

歩行速度ごとの比較では、V_{UCM}・V_{ORT}・ $\angle V_z$ のいずれにおいても速度依存的な有意差を示さず、 $\angle V_z$ はほぼ全て正の値を示した。相の比較では、矢状面、水平面に有意差を認めなかったが、前額面においてのみ両脚支持相での $\angle V_z$ の値が速い歩行速度条件で有意に低かった(140%PGS; DS 0.08 ± 0.13, SW 0.22 ± 0.12)。また、他の歩行速度条件では $\angle V_z$ の値は有意差を認めなかったものの、V_{UCM}・V_{ORT}においては両脚支持相での値が有意に低かった。

【考察】

結果から、歩行における全身の角運動量の調整は、歩行速度が変化しても協調的な振る舞いによって維持されていることが示唆された。また、速い歩行速度では両脚支持相での前額面の角運動量調整は協調性が大きくなくとも安定性が維持できる可能性を示した。

【結論】

ヒトの歩行は、全身の角運動量の関係性を協調的に調整する事が可能であり、速度変化に対する頑健な安定性を有することを示した。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に則り実施し、埼玉医科大学倫理審査委員会の承認を得た(承認番号:291026)。また、対象者には十分な説明と同意を得て実施した。

脳性麻痺児における歩行の非計画停止動作 - 健常青年との比較 -

木元 稔^{1,3)}・岡田 恭司¹⁾・水戸部 一孝²⁾・齋藤 正親²⁾
川野辺 有紀³⁾・木元 美沙子³⁾・堀岡 航³⁾・坂本 仁³⁾
齋藤 明¹⁾・若狭 正彦¹⁾

1) 秋田大学大学院医学系研究科保健学専攻
2) 秋田大学大学院理工学研究科数理・電気電子情報学専攻
3) 秋田県立医療療育センター

Key words / 脳性麻痺, 歩行停止, 3次元動作解析

【はじめに、目的】脳性麻痺(cerebral palsy; 以下、CP)児では、自立歩行が可能でも歩行停止が困難である症例がみられる。学校や地域生活において急停止を要する時、それが困難である場合は衝突や転倒につながる危険性がある。しかし、CP児での歩行停止動作が健常者のそれとどのように異なるかは知られていない。本研究の目的は、CP児での非計画的な歩行停止動作を3次元動作解析装置を用いて解析し、健常青年との違いを明らかにすることとした。

【方法】対象は痙性両麻痺型CP児10名(年齢11.3 ± 2.91歳; 性別男7名,女3名; GMFCSレベルI 7名,レベルII 3名)と、健常青年男性6名(年齢19.7 ± 0.41歳)である。

歩行路は7.5mとし、床反力計5台、赤外線カメラ8台、プロジェクター、スクリーンを設置した。WorldViz社製Vizardを用いて、被験者が床反力計を踏んだら、スクリーンへの投影画像が緑色から赤色へ直ちに变化する課題提示システムを構築した。

実施課題は、①スクリーンの色が緑色のままであれば自己選択速度での歩行を継続、②赤色に変わった場合は可能な限り早く止まる、とし被験者には課題の提示順序を盲検化した。身体重心移動の速度が1.0m/s以下となった時点を歩行停止と定義し、得られた指標をCP児と健常青年間で比較した。

【結果】CP児は健常青年よりも歩行停止の指示提示時における歩行速度が遅いにもかかわらず(1.20 ± 0.16 vs 1.45 ± 0.14 m/s; p=0.009)、歩行停止までに有意に長い時間を要し(1.25 ± 0.19 vs 0.94 ± 0.03 s; p=0.001)、距離に差はないものの歩数が多かった(2.5 ± 0.6 vs 1.0 ± 0 歩; p<0.0001)。関節の最大角度は、CP児において膝関節屈曲が大きかったが(49.3 ± 14.2 vs 34.3 ± 8.1 deg; p=0.034)、足関節底屈は小さかった(3.3 ± 14.6 vs 15.4 ± 4.9 deg; p=0.032)。関節モーメントの最大値は股関節伸展(0.65 ± 0.46 vs 0.31 ± 0.06 Nm/kg*m; p=0.028)、外転(0.96 ± 0.41 vs 0.58 ± 0.11 Nm/kg*m; p=0.019)、足関節底屈モーメント(0.76 ± 0.23 vs 0.50 ± 0.06 Nm/kg*m; p=0.021)がCP児で有意に大きかった。床反力ベクトル角度の最大値は、CP児で有意に小さかった(18.8 ± 4.3 vs 26.5 ± 2.3 deg; p=0.002)。

【考察】歩行停止では、停止に要する力を適切な方向に発揮することが求められる。CP児では歩行停止時に関節モーメントが大きいの、足関節底屈角度が小さいまま、膝関節を大きく屈曲していた。また、垂直軸から後方への床反力ベクトル角度は、健常青年では平均26.5度、CP児では平均18.8度であり、CP児ではより垂直方向に力を発揮していた。つまり、CP児では、歩行停止時に後方へ力を発揮することが難しいため、停止までの時間を要すると考えられる。

【結論】CP児では、歩行停止時に進行方向とは逆方向への力の発揮が難しく、歩行停止が困難であると考えられる。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、被験者と保護者に文書を用いて口頭で説明を行い、同意が得られた方のみを対象とした。

Slowed turning speed in knee osteoarthritis patients with weaker hip abductor muscle

Hirota Iijima^{1,2,3)}・Ayanori Yorozu⁴⁾・Yusuke Suzuki²⁾
Ryo Eguchi⁵⁾・Tomoki Aoyama²⁾・Masaki Takahashi¹⁾

1) Department of System Design Engineering, Faculty of Science and Technology, Keio University, Yokohama, Japan

2) Department of Physical Therapy, Human Health Sciences, Graduate School of Medicine, Kyoto University, Kyoto, Japan

3) Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo, Japan

4) Graduate School of Science and Technology, Keio University, Yokohama, Japan

5) School of Science for Open and Environmental Systems, Graduate School of Science and Technology, Keio University, Yokohama, Japan

Key words / Laser-TUG, Knee osteoarthritis, Turning

【Background/Purpose】

Laser range sensor-based timed up and go (laser-TUG) can evaluate performance in TUG subtasks (sit-to-walk [STW], walking short distance, and turning). This study aimed (1) to characterize knee osteoarthritis (OA) patients' laser-TUG subtask performance; and (2) to test the hypothesis that weaker hip abductor muscle was associated with slower turning speed.

【Methods or Cases】

One hundred sixty-five participants from community-dwelling elderly (mean age, 68.6 years; 70.3% female) underwent laser-TUG. Spatiotemporal gait parameters in TUG and TUG subtasks were evaluated as outcome measures. Isometric muscle strength of hip abductor and quadriceps were measured using a hand-held dynamometer. Knee pain severity was evaluated using self-reported questionnaire. Multiple linear regression analysis was performed to examine the relationship between knee pain or muscle strengths, an independent variable, and spatiotemporal TUG parameters, a dependent variable, after adjusting for covariates.

【Results】

Subjects with severe knee pain demonstrated a 0.047 second longer time to perform STW after covariate adjustment. Mediation analysis revealed that knee pain acts on slowed STW through poor sit-to-stand (STS) function. Subjects with weaker hip abductor muscle strength demonstrated 0.094 m/s slower turning speed after covariates adjustment including quadriceps muscle strength.

【Discussion/Conclusion】

Slowed STW (at least attributed to poor STS) and turning were clinical hallmarks associated with knee OA with coexisting severe knee pain and weak hip abductor muscle, respectively. These functional constructs would not be fully captured by total timed score of existing functional measure. Close attention for these tasks might be a key to follow functional decline in knee OA patients who aggravate knee pain and hip abductor muscle weakness.

【Ethical consideration, Informed consent】

The ethical committee of Kyoto University approved the study (approval number: C1349), and written informed consent was obtained from all participants before their enrollment.

スポーツ動作中の下腿、大腿、体幹セグメント角速度と膝関節モーメントの関連

西平 真子・建内 宏重・山縣 桃子・八木 優英・宮腰 晃輔
市橋 則明

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

Key words / 角速度, 関節モーメント, 膝関節外反

【はじめに、目的】スポーツ動作による膝関節外傷の予防では、膝関節モーメントの評価が重要となるが、その評価に通常用いられる大型機器は、実際の競技場面で使用することが難しい。一方、慣性センサを用いれば、様々な環境でセグメント角速度が測定できる。セグメント角速度は関節運動と関係すると考えられるため、膝関節モーメントと関連がみられれば、関節負荷の有用な指標となる可能性がある。本研究の目的は、スポーツ動作中の下腿、大腿、体幹セグメント角速度と膝関節モーメントの関連をみることにした。

【方法】対象は運動習慣のある若年者 16 名とし、ランニングと 90° カutting動作を測定した。ランニングは、5m の距離を約 4.2m/s の速さで走った。Cutting動作は、3m の距離を約 3.5m/s の速さで走り、利き脚で非利き脚側 90° 方向へ方向転換した。関節モーメントは、三次元動作解析装置 Vicon MX (Vicon Motion Systems 社) と床反力計 (AMTI 社) を用い、それぞれサンプリング周波数 250Hz、1000Hz で取得したデータから算出した。利き脚の床反力計接地期における外的膝関節屈曲、外反モーメントの最大値を得た。セグメント角速度は、サンプリング周波数 250Hz に設定した 4 台の慣性センサ (ATR-Promotions 社) を用いて計測した。固定部位は、利き脚側の下腿、大腿、体幹のセグメント重心部分と足関節外果に固定した。足部のセンサは、鉛直方向の加速度から初期接地を判別するために用いた。矢状面では下腿前傾、大腿後傾、体幹前傾角速度、前額面では下腿外転、大腿内転、利き脚側への体幹側屈角速度の接地期における最大値を取得した。統計処理は、矢状面および前額面それぞれにおいて、各セグメントの角速度および複数セグメントの角速度の和と膝関節モーメントの関係性をピアソンの相関係数を用いて分析した。有意水準は 5% とした。

【結果】ランニングでは、体幹側屈角速度と膝関節外反モーメントに有意な正の相関を認めた ($r=0.722$)。また、Cutting動作では、大腿内転角速度と体幹側屈角速度の和と膝関節外反モーメントに有意な正の相関を認めた ($r=0.524$)。

【考察】ランニングでは、体幹側屈角速度が大きいほど膝関節外反モーメントは大きかった。体幹は質量が大きいため、角速度は動作中の身体重心やモーメントアームと関連した可能性がある。Cutting動作では、大腿内転角速度と体幹側屈角速度の和が大きいほど膝関節外反モーメントは大きかった。Cutting動作はランニングと比べて下肢の前額面の動きが大きく、体幹と大腿部の複合的な運動がモーメントと関連した可能性が示唆された。

【結論】スポーツ動作において、前額面の体幹や大腿のセグメント角速度と外的膝関節外反モーメントが関連することが示された。動作によって着目すべきセグメントは異なるが、慣性センサから得られるセグメント角速度が膝関節負荷の指標として応用できる可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、ヘルシンキ宣言および人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に基づいて実施した。対象者には研究の内容を説明し、研究参加への同意を得た。

歩行立脚期中の外的股関節モーメントと慣性センサにより計測した大腿・体幹部の角速度との関連

佐藤 友作¹⁾・建内 宏重¹⁾・小山 優美子²⁾・西平 真子¹⁾
市橋 則明¹⁾

- 1) 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
2) 小林整形外科医院

Key words / 股関節モーメント, 慣性センサ, 角速度

【はじめに, 目的】

歩行時における矢状面の外的股関節モーメントは、変形性股関節症患者では特に健常者と比較して差が生じやすく、歩行分析の際に重要な指標となる。外的股関節モーメントを計測するには三次元動作解析装置や床反力計といった大型機器が必要であるが、費用及び計測時間の面から臨床現場での実用性に乏しい。そこで、安価かつ小型である慣性センサが関節モーメントを推定できれば臨床現場で有用である。本研究の目的は、慣性センサにより計測した大腿・体幹部の角速度と三次元動作解析による歩行時外的股関節モーメントの値との関連を明らかにすることである。

【方法】

対象は健常若年成人 20 名 (男女各 10 名、平均 22.5 ± 1.2 歳) とした。課題は直線歩行とし、ケイデンスはメトロノームを用いて 110 bpm に統一し、歩幅は自由とした。先行研究を参考に、利き脚の大腿・体幹部の重心位置に小型無線ハイブリッドセンサ (ATR-Promotions 社製: サンプル周波数 100Hz) を貼付し、立脚期における矢状面の角速度を計測した。また、大腿・体幹部の角速度の計測と同時に、三次元動作解析装置 VICON NEXUS (Vicon 社製: サンプル周波数 200Hz) 及び床反力計 (Kistler 社製: サンプル周波数 1000Hz) を用いて、立脚期における矢状面の外的股関節モーメントも計測した。得られたモーメントは体重で除して補正した。3 試行測定し、平均値を用いた。統計処理は、立脚期前半における大腿・体幹部の前傾角速度の最大値、大腿・体幹部の前傾角速度の最大値を合計した値と外的股関節屈曲モーメントの最大値、及び、立脚期後半における大腿・体幹部の後傾角速度の最大値、大腿・体幹部の後傾角速度の最大値を合計した値と外的股関節伸展モーメントの最大値との関係をそれぞれ Pearson の相関係数にて分析した。有意水準は 5% とした。

【結果】

外的股関節伸展モーメントが大きいかほど大腿部の後傾角速度が増大する傾向を認めた ($r=0.44$, $p=0.051$)。外的股関節屈曲モーメントと大腿・体幹部の前傾角速度、大腿・体幹部の前傾角速度を合計した値との関連、また、外的股関節伸展モーメントと、体幹部の後傾角速度、大腿・体幹部の後傾角速度を合計した値との関連は認められなかった。

【考察】

立脚終期では、股関節伸展に伴い股関節屈筋の伸張が起こることで弾性エネルギーが蓄積され、それを放出することで下肢が振り出される。本研究では、外的股関節伸展モーメントが大きいかほど股関節屈筋の弾性エネルギーが大きくなった可能性があると考えられる。これにより、下肢の振り出しも速くなることで大腿部の後傾角速度が増大したと考えられる。よって、慣性センサを用いて計測される角速度が、歩行時の股関節モーメントの評価指標として有用となる可能性があることが示唆された。

【結論】

歩行動作の矢状面において、慣性センサで計測される角速度が、外的股関節モーメントに関連する可能性が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は、ヘルシンキ宣言および人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に基づいて実施した。対象者には研究の内容を説明し、研究参加への同意を得た。

立脚期の股関節内・外転モーメントインパルスは股関節間力を反映する指標か？

稲井 卓真^{1,2,3)}・高林 知也¹⁾・江玉 睦明¹⁾・徳永 由太^{1,3)}
久保 雅義¹⁾

- 1) 新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所
2) おぐま整形外科クリニック
3) 新潟医療福祉大学大学院博士課程

Key words / 股関節, 関節間力, モーメントインパルス

【はじめに, 目的】

変形性股関節症は代表的な整形外科疾患であり、関節に生じる“力”が関節軟骨の細胞死の原因だと報告されている (Lucchinetti et al., 2002)。すなわち、股関節間力 (股関節に生じる直接的な力) が低減された動作を解明することは変形性股関節症の進行を遅延させるために重要である。一方、近年の前向き研究 (Tateuchi et al., 2017) によれば、股関節累積負荷 (立脚期の股関節内・外転モーメントインパルスと 1 日の歩数の積) が変形性股関節症のリスクファクターであると報告されている。しかし、この股関節内・外転モーメントインパルスは“回転力の力積”を示しており、股関節間力との関係性はわかっていない。仮にこれらの間に正の相関関係があれば、股関節内・外転モーメントインパルスが股関節間力を部分的に反映する指標である可能性が示唆される。そこで本研究は、立脚期の股関節内・外転モーメントインパルスと股関節間力との関係性を明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象者は健常成人 30 名とした。すべての被験者は自由歩行をし、成功試行が 3 トライアルずつ得られた。Newton-Euler 法を用いて股関節内・外転モーメントインパルスを計算した。Carbone ら (2015) が報告した筋の起始・停止・中間点、至適筋線維長、至適腱長、生理学的筋横断面積、wrapping surface のパラメータを用いて 3 次元筋骨格モデルを作成し、さらに Hill model に基づき 32 筋をモデル化した。先行研究から長さ-張力曲線、速度-張力曲線を作成した。静的最適化手法を用いて筋張力を推定し、股関節間力 (股関節間力ベクトルのノルム) を計算した。なお、筋トルクが関節モーメントを満たせない場合は、reserve actuators を作動させた。股関節内・外転モーメントインパルスと、股関節間力のインパルス・1st ピーク・2nd ピークそれぞれの間の相関関係を検討した。歩行解析は Scilab、統計解析は R によって処理された。

【結果】

立脚期の股関節内・外転モーメントインパルスと股関節間力インパルスの間に正の相関関係がみられた ($r = 0.64$, $p < 0.001$)。立脚期の股関節内・外転モーメントインパルスと股関節間力 1st ピークの間に正の相関関係がみられた ($r = 0.41$, $p = 0.026$)。股関節内・外転モーメントインパルスは、股関節間力 2nd ピークとの間に有意な相関関係はみられなかった。

【考察】

本研究の結果より、立脚期の股関節内・外転モーメントインパルスは股関節間力の 2nd ピークを反映しないが、股関節間力のインパルスと 1st ピークを反映する指標である可能性が示唆された。

【結論】

立脚期の股関節内・外転モーメントインパルスは、股関節間力インパルスと 1st ピークを反映する指標になりうる。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は、新潟医療福祉大学倫理委員会の承認が得られている (承認番号: 17840-170711)。すべての被験者に対して、事前に研究の目的、方法、研究への参加の任意性と同意撤回の自由、プライバシー保護について十分な説明を行い、書面にて研究参加への同意を得た。

筋の至適長から考える歩行時、下肢振出し力源の解明

野原 太樹¹⁾・国分 貴徳²⁾・小林 章³⁾・喜多 俊介³⁾
庄野 仁美³⁾・金村 尚彦²⁾

- 1) 医療法人名圭会 白岡整形外科リハビリテーション科
2) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科
3) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学専攻科 リハビリテーション学専修

Key words / 歩行, シミュレーション解析, 筋線維長

【はじめに、目的】ヒトの骨格には張力を発揮する筋が付着し、筋の張力を規定する因子として筋線維長や羽状角などの筋の形態的特性が挙げられる。筋張力にモーメントアームを乗じることで関節トルクが生じ、歩行などの運動が結果として観察されるが、動作時の筋長の実測は難しく、歩行の力源を筋の長さ変化に着目した報告は少ない。

一方、工学分野ではシミュレーション技術が発展し、筋の生理学的なデータを用いることで実験計測では困難なデータの取得が可能である。本研究の目的はシミュレーション解析による筋活動量と長さ変化に着目し、歩行時の下肢振出し力源を解明することとした。

【方法】対象は健康成人 5 名。三次元動作解析装置 (VICON 社製, 100 Hz) と床反力付きトレッドミル (Bertec, 1000Hz)、Plug in Gait Full Body AI に従い、39 個の赤外線反射マーカを用いた。筋活動測定には表面筋電図 (DELSYS 社製, 1000Hz) を使用し、大腿筋膜張筋、中殿筋、大殿筋、大腿直筋、内側広筋、大腿二頭筋長頭、前脛骨筋、内側腓腹筋、ヒラメ筋に貼付した。課題は至適歩行速度 30 秒、その後各筋の最大筋活動量を MMT (Manual muscle testing) に準じて 5 秒間計測した。

運動学・運動力学データは VICON NEXUS2.3 にて算出、また Python を用いて、1 歩行周期を時間正規化、4 次バントパスフィルタ (20-480Hz) で波形処理を行った。また MMT 最大値をとり、歩行筋活動を %MVC として扱った。シミュレーション解析には OpenSim3.3 の 23 自由度 92 筋のモデルを用いた。マーカー情報から被験者のモデル作成し、計測した運動学データから動作の再現、筋の活動量の総和が最小となる計算を行った。

【結果】シミュレーションによる筋活動量は実測値を下回ったが、波形推移に大きな差はなかった。実測値、計算値ともにヒラメ筋が他筋と比較して高値を示した。立脚期後半、股関節、足関節の伸展運動時、腸骨筋の筋長は至適筋長を超え、ヒラメ筋は至適筋長に近づき、一定の長さを保持した。股関節、足関節パワーはともに関節角度が最大伸展した直後に増加した。

【考察】足関節背屈が最大となる相でヒラメ筋の長さ変化が小さいことから、アキレス腱の受動的伸張が考えられる。一方、腸骨筋は股関節伸展が最大となる相で至適筋長を超え筋活動は低値を示した。ヒラメ筋は長さ張力曲線における至適筋長を保ちながら背屈位をとることでアキレス腱の弾性エネルギーの利用、一方の腸骨筋は静止張力を発揮し、筋線維自体の弾性エネルギーの利用が示唆された。

【結論】ヒラメ筋と腸骨筋は異なる筋長の変化、筋活動量を示した。しかし、ともに関節が伸展することで筋や腱が持つ弾性エネルギーを蓄え、その後の振出しにおける関節パワー発揮への貢献が推察された。この弾性エネルギーによる力源は、伸展可動域があることで十分発揮される能力である。そのため本研究は下肢振出し動作における可動域獲得の重要性を示すデータの提案になると考える。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言に則り、埼玉県立大学研究倫理審査委員会の承認を得て行った (承認番号 28876)。被験者には事前に実験に関する説明を行い、同意書への署名を得た。同意書は筆頭演者所属機関内に鍵付きの保管庫を用意し、他者が解錠することの無いよう厳重に保管した。測定データは匿名化し取り扱い、インターネットに接続しないパーソナルコンピュータに保管、更にログインに際しパスワードを入力するように設定した。

ハムストリングスは膝関節を伸展させるか —数理モデルによる検証—

徳永 由太^{1,2)}・高林 知也^{2,3)}・稲井 卓真^{1,2)}・中村 絵美^{1,2,3)}
神田 賢^{1,3)}・久保 雅義^{2,3)}

- 1) 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学専攻科
2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究科
3) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

Key words / ハムストリングス, 筋骨格モデル, 順動力学シミュレーション

【はじめに】膝関節周囲の悪性腫瘍による大腿四頭筋の広範囲切除によって膝関節伸展筋力は大幅に低下し、椅子からの立ち上がりや歩行などの日常生活動作に影響を及ぼすことが報告されている。一般的には、大腿四頭筋が膝関節伸展作用を發揮すると考えられているが、一部の先行研究ではハムストリングス (HAM) が膝関節伸展作用を發揮する可能性が提示されている。しかし、どのような姿勢で HAM が膝関節伸展作用を發揮するのかが明らかとなっていない。そこで本研究は、数理モデルを用いて HAM が膝関節伸展作用を發揮できる姿勢を明らかにすることを目的とした。

【方法】身長 1.8 m, 体重 80 kg の対象者を仮定し、体幹、大腿、下腿から構成される矢状面リンクモデルを構築した。HAM の膝関節屈曲および股関節伸展モーメントアーム (MA) は OpenSim の Gait2392 モデルで報告されており、HAM の筋張力を決定すれば、HAM による膝関節屈曲および股関節伸展モーメントは一意に決定できる。本研究では 10Nm の膝関節屈曲モーメントが發揮されるように HAM の筋張力を設定した。膝関節を屈曲 0 度～90 度、股関節を伸展 30 度～屈曲 90 度の範囲内で変位させ、順動力学シミュレーションを実施した。なお、純粋な HAM の作用を確認するため重力の影響がない姿勢を仮定した。HAM 機能の判定には、シミュレーション開始時と終了時の膝関節屈曲角度の差を用いた。先行研究において、HAM が膝関節伸展作用を發揮するためには、HAM の股関節伸展 MA が膝関節屈曲 MA に比較して大きい必要があると報告されている。そのため、股関節伸展 MA を膝関節屈曲 MA で除した値 (MA 比) も算出した。上記の解析は Scilab 6.0.0 によって実施した。

【結果】HAM は膝関節屈曲 7～0 度かつ股関節屈曲 2～62 度 (条件 1)、膝関節屈曲 44～90 度かつ股関節伸展 30～屈曲 50 度 (条件 2) の 2 つの条件下で膝関節伸展作用を發揮した。条件 1 では膝関節角度が小さいほど、条件 2 では膝関節屈曲角度が大きいほど膝関節伸展作用が強くなる傾向にあった。また、MA 比が大きい場合でも、HAM が膝関節伸展作用を發揮しないこともあった。

【考察】本研究の結果より、HAM の膝関節伸展作用の發揮は MA 比の大小だけでは説明できないことが明らかとなった。先行研究において、筋の力学的作用はリンクシステムの姿勢により変化することが報告されている。本研究においても、姿勢の影響により HAM の力学的な作用が修飾されている可能性が考えられた。

【結論】本研究は 2 つの条件下において HAM が膝関節伸展作用を發揮する可能性を提示した。この結果から考えると、条件 1・2 における HAM の膝関節伸展作用をうまく活用することが出来れば、大腿四頭筋の機能不全を有する者であっても、椅子からの立ち上がりや歩行などの日常生活動作を円滑に遂行できる可能性が考えられた。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は数理モデルを用いた順動力学シミュレーションによる検証のため、倫理的配慮および説明と同意に該当する内容は含んでない。数理モデルに必要なパラメータは先行研究で報告されたものや既存のモデルを参照しているため、個人を特定する内容は含まれていない。

上肢の挙上と下制における肩甲骨運動と肩甲骨周囲筋の周波数特性

梅原 潤^{1,2)}・八木 優英¹⁾・廣野 哲也¹⁾・上田 泰之^{1,3)}
宮腰 晃輔¹⁾・駒村 智史¹⁾・市橋 則明¹⁾

- 1) 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
2) 日本学術振興会特別研究員 DC
3) 信原病院リハビリテーション科

Key words / 周波数解析, 筋電図, 肩甲骨運動

【はじめに、目的】肩関節疾患患者において肩甲骨異常運動は頻繁に生じ、それは上肢の挙上運動時より下制運動時に認められやすい。したがって、挙上と下制における肩甲骨運動の差異とその誘因に着目することは重要である。これまでの肩甲骨運動の差異に対して、肩甲骨周囲筋の筋活動量の違いが調べられてきた。だが筋収縮様式は挙上では短縮性収縮、下制では伸張性収縮であることを考慮すると、収縮様式により変化しうる可能性がある運動単位の活動を検討することは興味深い。運動単位の活動を間接的に評価する方法として、筋電図の周波数解析がある。本研究の目的は、上肢の挙上と下制における肩甲骨運動と肩甲骨周囲筋の周波数特性を明らかにすることとした。

【方法】対象は健常成人男性 18 名とし、立位にて前額面での挙上と下制（内転・外転運動）を実施した。運動速度は 4 秒で最大挙上、4 秒で下制するものと規定した。電磁気式動作解析装置および表面筋電図を用いて、挙上と下制における肩甲骨運動と肩甲骨周囲筋の筋活動を計測した。対象筋は僧帽筋上部線維 (UT)・中部線維 (MT)・下部線維 (LT)、前鋸筋 (SA) とした。筋電位信号の振幅 (% MVC) は最大随意収縮時の振幅で正規化した。また周波数解析として連続ウェーブレット変換を行い、瞬間平均周波数 (IMNF) を算出した。肩甲骨運動はオイラー角を用いて内外旋、上下方回旋、前後傾として表した。肩甲骨運動と % MVC、IMNF に関して、挙上と下制の各フェーズの上腕角度 30 - 120° の範囲における 10° ごとの値を解析に利用した。統計学的解析にはフェーズと上腕角度を 2 要因とする反復測定分散分析を用いて、交互作用が認められた場合には事後検定として対応のある t 検定もしくは Wilcoxon の符号付順位検定を行った。有意水準は 5% とした。

【結果】肩甲骨運動に関して、挙上時と比較し下制 30 - 70° において内旋が減少し、下制 90 - 120° において後傾が増加した。筋電位振幅に関して、UT、MT、SA ではすべての角度、LT では 90 - 120° において % MVC が挙上時と比較し下制時に低値を示した。周波数解析に関して、UT と SA では 30 - 70°、LT では 90 - 120° において IMNF が挙上時と比較し下制時に高値を示した。また MT では、すべての角度においてフェーズによる IMNF の違いは認められなかった。

【考察】肩甲骨運動の変化と肩甲骨周囲筋の IMNF の高周波化は下制時の類似した上腕角度で生じた。筋の伸張性収縮では運動単位の動員順序が変化することが報告されている。本研究で下制時に認められた IMNF の高周波化は、肩甲骨周囲筋が伸張性収縮をすることにより生じた運動単位の動員の変化を示唆しており、この変化が肩甲骨運動に関与した可能性がある。

【結論】上肢の挙上と比較し、下制では肩甲骨の内旋の減少と後傾の増加が認められた。また下制において肩甲骨周囲筋の % MVC は減少しているにも関わらず、IMNF の高周波化が生じていることが明らかとなった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、本学の医の倫理委員会の承認 (R1347) を得て実施した。対象者には紙面および口頭にて研究の趣旨を説明し、同意を得た。

安静時および肩 2nd 外旋時の肩甲骨角度と投球動作時の肩甲骨角度との関連

駒村 智史¹⁾・梅原 潤^{1,2)}・宮腰 晃輔¹⁾・市橋 則明¹⁾

- 1) 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
2) 日本学術振興会特別研究員 DC

Key words / 肩甲骨運動, 動作解析, 投球動作

【はじめに、目的】

肩甲骨は、投球動作を行う上で重要な役割を担っている。投球動作時の肩関節最大外旋位 (MER) では肩や肘の関節にかかる力が大きくなるとされており、その力を軽減させるためにも、MER における肩甲骨運動は重要である。野球選手の肩関節機能において、安静時の肩甲骨肢位の評価や、肩関節 90° 外転位 (肩 2nd) での外旋可動域の評価は一般的に用いられているが、それらの肢位における肩甲骨の角度と、実際の投球時の肩甲骨角度との関連を明らかにしたものはない。本研究の目的は、安静時および肩 2nd 外旋時の肩甲骨角度と投球動作の MER における肩甲骨角度との関連を明らかにすることとした。

【方法】

大学生野球選手 21 名を対象とした (年齢 20.7 ± 0.9 歳、身長 169.8 ± 6.2cm、体重 65.6 ± 9.7kg)。安静時および肩 2nd 外旋時、投球動作時の肩甲骨角度を計測した。肩甲骨角度は、6 自由度電磁気式動作解析装置 (Liberty; Polhemus 社製) を使用し、肩甲骨の外旋、上方回旋、後傾の各角度を計測した。安静時の計測は、座位にて上肢下垂位で 5 秒間姿勢保持した。肩 2nd 外旋時の計測は、肩 90° 外転位にて他動的に外旋し、伸張感が疼痛に変わる直前の強度で 5 秒間静止した。安静時、肩 2nd 外旋時ともに、解析には中間の 3 秒間の平均値を使用した。投球動作時の肩甲骨角度の計測については、全力投球を行い、投球中に上腕骨が最大外旋位となった時点を MER と定義し、MER での肩甲骨角度を用いた。投球動作は 3 回行い、MER での肩甲骨角度の 3 回の平均値を解析に使用した。統計解析には、Pearson の相関分析を用いて、肩甲骨外旋、上方回旋、後傾それぞれについて、安静時の肩甲骨角度と MER での肩甲骨角度との相関および肩 2nd 外旋時の肩甲骨角度と MER での肩甲骨角度との相関を分析した。有意水準は 5% 未満とした。

【結果】

安静時と MER での肩甲骨角度の相関は、上方回旋 ($r=0.632$, $p=0.002$)、後傾 ($r=0.670$, $p=0.001$) はそれぞれ有意な相関がみられた。肩甲骨外旋角度については有意な相関がみられなかった ($p=0.907$)。また、肩 2nd 外旋時と MER での肩甲骨角度の相関は、外旋 ($r=0.543$, $p=0.011$)、上方回旋 ($r=0.894$, $p=0.000$)、後傾 ($r=0.718$, $p=0.000$) 全てに有意な相関がみられた。

【考察】

MER における肩甲骨角度は、安静時の肩甲骨外旋角度を除き、安静時および肩 2nd 外旋時の肩甲骨角度と関連があることが明らかとなった。安静時の肩甲骨外旋角度に相関がみられなかった原因として、肩甲骨外旋角度は上肢の挙上面の影響を受けやすく、MER の上肢挙上面が安静肢位の肩甲骨面と異なると考えられる。本研究の結果から、MER での肩甲骨角度は、肩 2nd 外旋時の肩甲骨角度とより強い関連があり、MER における肩甲骨角度の評価には肩 2nd 外旋肢位での肩甲骨角度の評価がより有効である可能性が示唆された。

【結論】

安静時および肩 2nd 外旋時の肩甲骨角度と投球動作時の MER における肩甲骨角度に相関がみられることが明らかとなった。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、本学の医の倫理委員会の承認 (C1247-1) を得て実施した。対象者には紙面および口頭にて研究の趣旨を説明し、同意を得た。

肩屈曲及び外転肢位における肩峰と肩腱板付着部との位置関係の比較

上田 泰之^{1,2)}・田中 洋³⁾・竹内 睦記⁴⁾・立花 孝¹⁾・乾 浩明³⁾
 信原 克哉³⁾・梅原 潤^{2,5)}・市橋 則明²⁾

- 1) 信原病院リハビリテーション科 2) 京都大学大学院医学研究科人間健康学科
 3) 信原病院・バイオメカニクス研究所
 4) 信原病院放射線科
 5) 日本学術振興会特別研究員 DC

Key words / 肩峰骨頭間距離, 上肢挙上, 肩峰被覆率

【はじめに、目的】肩関節の疼痛は第二肩関節に起因することが多く、この病態を明らかにするために上肢挙上時の肩峰と上腕骨頭との距離に着目した研究が行われてきた。しかし、これらの研究では上腕骨頭のどの部位が肩峰に近接しているかが不明であるため、より疼痛との関係が示唆される腱板付着部と肩峰との距離に着目すべきと考えた。また、第二肩関節での病態には、腱板付着部がどの程度肩峰に被覆されるかについても指標とすべきと考えた。よって本研究ではこれらの指標を肩屈曲、外転の運動方向と、挙上 60・90 度の肢位で比較することで、どの運動方向で、どの角度から肩腱板付着部が肩峰に近接するかを明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は肩関節に疼痛のない成人男性 7 名とした。肩屈曲、外転 60・90 度における静止姿勢での肩関節を MRI 装置で撮影し、得られた画像から画像処理ソフトウェアを用い上腕骨と肩甲骨の三次元姿勢を再現した。上腕骨大結節と上腕骨小結節の腱板付着部において、肩峰との最短距離、肩峰の被覆率を算出した。統計学的検定ではこれらの因子を挙上角度と運動方向の 2 要因による二元配置分散分析を行った。危険率 5% 未満を有意とした。

【結果】全ての項目で運動方向と挙上角度の要因に交互作用はみられなかった。上腕骨大結節と肩峰との最短距離の比較では、挙上角度および運動方向で主効果はみられなかった。肩屈曲 60 度で 10.1 ± 2.4mm、90 度で 8.0 ± 3.3mm、肩外転 60 度で 7.7 ± 3.7mm、外転 90 度で 7.8 ± 2.7mm であった。また、上腕骨小結節と肩峰との最短距離の比較では、挙上角度に主効果はみられず、運動方向で主効果がみられた。肩屈曲 60 度で 12.2 ± 2.3mm、90 度で 8.9 ± 2.7mm、肩外転 60 度で 27.8 ± 4.4mm、外転 90 度で 26.7 ± 4.4mm であった。上腕骨大結節に対する肩峰の被覆率の比較では、挙上角度に主効果はみられず、運動方向に主効果がみられた。肩屈曲 60 度で 10.1 ± 2.4%、90 度で 10.6 ± 25.4%、肩外転 60 度で 40.1 ± 29.4%、90 度で 50.0 ± 24.1% であった。また、上腕骨小結節に対する肩峰被覆率の比較では、挙上角度に主効果はみられず、運動方向に主効果がみられた。肩屈曲 60 度で 14.6 ± 25.7%、90 度で 21.0 ± 22.7%、肩外転 60 度で 0.5 ± 0.9%、外転 90 度で 0.3 ± 0.6% であった。

【考察】上腕骨頭と肩峰との距離に関して、肩 90 度外転位で 3.5mm と報告されているが (Bay 2011)、本研究での腱板付着部と肩峰との距離は 7.8-8.0mm と異なっており、腱板付着部と肩峰との距離に着目する必要性が示唆された。また肩峰の被覆率から肩外転 60 度位ではすでに大結節は肩峰下に入っており、これは Bay ら (2007) の報告と一致した。

【結論】上腕骨大結節の腱板付着部において肩峰との距離は肩屈曲、外転方向で差はないが、肩峰の被覆率は肩外転が高いことが明らかとなった。一方、上腕骨小結節の腱板付着部では肩屈曲が外転方向に比べ、肩峰とより近接し、肩峰の被覆率も高いことが明らかとなった。

【倫理的配慮、説明と同意】対象には本研究の内容を説明し、十分理解・了承した上で同意を得て実施した。研究によって疲労や痛みが生じた場合には、実験の延期・中止という対処をとるよう配慮した。尚本研究は信原病院治験・臨床研究等審査委員会 (No. 177) の承認を得て行った。

座位姿勢が上肢挙上時の肩関節および脊柱動態に及ぼす影響

永松 隆^{1,2)}・中山 彰一³⁾

- 1) 福岡リハビリテーション専門学校 理学療法学科
 2) 久留米大学大学院 医学研究科
 3) 福岡リハビリテーション専門学校

Key words / 肩関節, 脊柱, 三次元動作解析

【はじめに、目的】

肩関節疾患患者に対する理学療法評価において、上肢挙上時の肩甲骨運動評価を実施する機会は多い。しかし、評価時の姿勢に関する定義はなく、立位やリラックス座位、骨盤・腰椎アップライト座位 (アップライト座位) などセラピストによって評価姿勢は異なる。臨床上、上肢挙上時痛を有する患者において、評価姿勢を変化させることで痛みが変化するをしばしば経験することからも、姿勢の変化により肩関節や脊柱の動作戦略が異なることが予想されるが、その詳細は明らかになっていない。そこで本研究では、リラックス座位とアップライト座位の間で上肢挙上時の肩関節および脊柱動態にどのような差異が存在するのかを調査した。

【方法】

対象は、肩関節および脊柱に整形外科的既往のない健康男性 19 名とした。運動課題は両上肢同時の前方挙上とし、リラックス座位とアップライト座位の 2 条件で計測した。運動学的データの収集および解析はカメラ 6 台からなる光学式三次元動作解析装置、NEXUS 2.7 および Bodybuilder3.6 を用いた。検討項目は右側の肩甲骨上腕関節挙上角、肩甲骨上方回旋角、後傾角、および上部胸椎伸展角、下部胸椎伸展角、腰椎伸展角、骨盤後傾角とした。上肢挙上 20° から 120° を解析区間とし挙上 10° 毎の各項目の角度変化を 2 条件間で比較した。統計学的解析には二元配置分散分析および Bonferroni の多重比較検定を用いた。

【結果】

肩甲骨後傾角、上部胸椎伸展角、腰椎伸展角において姿勢と上肢挙上角の間の有意な交互作用効果を認めた (各々 p<0.01, p<0.05, p<0.05)。肩甲骨後傾角は上肢挙上 40° から 60° においてリラックス座位が有意に低値を示し (p<0.05)、挙上 100° から 120° においては有意に高値を示した (p<0.05)。上部胸椎伸展角において、リラックス座位は挙上 20° 時と比較し有意な角度変化が生じるのは 60° からであったのに対し、アップライト座位は有意な角度変化は 90° から生じていた。腰椎伸展角において、リラックス座位は挙上 20° 時とその他の挙上角度に有意な角度の差を認めなかったのに対し、アップライト座位は挙上 20° 時と比較し挙上 40° で有意な伸展角度の増大が生じた。肩甲骨上腕関節挙上角、肩甲骨上方回旋角、下部胸椎伸展角、骨盤後傾角においては有意な交互作用効果を認めなかった。

【考察】

本研究の結果、リラックス座位とアップライト座位の間で上肢挙上時の肩甲骨後傾、上部胸椎伸展および腰椎伸展の運動パターンが異なることが明らかとなった。リラックス座位における骨盤後傾の増大、腰椎前弯の減少、下部胸椎後弯の増大が上肢挙上時の代償的な上部胸椎伸展運動の早期出現と運動性増大および挙上 100° 以降の肩甲骨後傾運動の増大を生じさせると推察される。

【結論】

座位姿勢の違いにより上肢挙上時の肩関節および脊柱動態に変化が生じることを念頭に置き、臨床評価を行う必要がある。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、福岡リハビリテーション専門学校倫理委員会に承認され (研究番号:1812)、全ての被験者に研究目的・方法を説明し研究参加への同意を書面にて得た。

座位での体幹傾斜および下肢挙上が腹部筋の活動に及ぼす影響

本村 芳樹・建内 宏重・駒村 智史・八木 悠太・市橋 則明

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

Key words / 体幹, 腹横筋, せん断波エラストグラフィ

【はじめに、目的】体幹安定化を目的とした腹横筋の選択的トレーニングに背臥位での腹部引き込み運動(ドロイン)がある。しかし、高齢者や腰痛者では随意的に腹部筋を収縮できずドロインが困難な場合がある。そのため、随意的な筋収縮を課すのではなく、座位での姿勢変化などで腹横筋の活動を促す方法があれば有用である。本研究の目的は、座位での体幹傾斜や下肢挙上が腹部筋の活動や腹横筋の選択性に及ぼす影響を明らかにすることとした。

【方法】健常若年男性14名の右側の腹横筋、内腹斜筋、外腹斜筋、腹直筋を対象とした。各筋の活動の指標には超音波診断装置(SuperSonic Imagine社製)のせん断波エラストグラフィ機能で計測した弾性率(kPa)を用いた。背臥位で膝関節屈曲90°位・骨盤中間位での最大ドロイン時と、座位で矢状面に耳孔から床面に下した垂線がASISとPSISの間に収まるようにした基本姿勢での各筋の弾性率を計測した。さらに基本姿勢から、体幹を後方へ15°傾斜した姿勢、右方(同側)・左方(対側)へ20°傾斜した姿勢、右(同側)・左(対側)下肢を床面より1cm程度挙上した姿勢の5課題をランダムにて各筋の弾性率を計測した。全7課題で各筋とも3回計測した平均値を算出した。腹横筋の選択性の指標として腹横筋の弾性率を4筋の弾性率の合計値で割った腹横筋寄与率を算出した。各筋の弾性率と腹横筋寄与率の課題間の比較のため反復測定一元配置分散分析および多重比較(Shaffer法)を行った。有意水準は5%とした。

【結果】腹横筋では最大ドロイン(39.5±4.8)が他の全課題より有意に高値を示し、対側傾斜(19.7±2.2)・対側下肢挙上(18.0±2.1)が基本姿勢(11.4±1.3)より有意に高値を示した。内腹斜筋では最大ドロイン(48.2±5.6)が対側傾斜(26.5±2.8)を除く5課題より有意に高値を示した。外腹斜筋では対側傾斜(42.1±2.7)が後方傾斜(36.3±3.8)を除く5課題より有意に高値を示した。腹直筋では後方傾斜(36.1±5.1)が最大ドロイン(18.2±2.4)・同側傾斜(18.0±4.7)を除く4課題より有意に高値を示した。腹横筋寄与率は最大ドロイン(34±2%)が後方傾斜(12±2%)・対側傾斜(20±2%)より有意に高値を示したが、基本姿勢(29±2%)・同側傾斜(26±2%)・下肢挙上(同側;29±2%、対側;31±2%)では最大ドロインとの有意な差を示さなかった。

【考察】腹横筋の弾性率は座位では対側傾斜や対側下肢挙上で高くなった一方、腹横筋寄与率は対側傾斜では低く、対側下肢挙上では高い値を示した。これは内・外腹斜筋が対側傾斜では骨盤引き上げや肋骨引き下げにより体幹を中間位に保つように働いたためだと考えられる。

【結論】随意的な腹部筋の収縮が難しくドロインが困難な場合、腹横筋の活動を高めるには対側傾斜や対側下肢挙上が有効であるが、特に対側下肢挙上では最大ドロイン時と同程度の腹横筋の選択的な活動が得られることが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】研究の実施にあたって、ヘルシンキ宣言を順守し、対象者には文書および口頭にて本研究の主旨、目的、方法について詳細に説明を行い、研究参加への同意が得られた対象者でのみ本研究を実施した。特に、超音波診断装置の使用に関して非侵襲的な方法で身体に害を及ぼすことはないことや、測定中に痛み等の身体的異常が認められた際にはすぐに実験を中止することについて、十分に説明を行った。

体幹肢位を変化させた座位における姿勢制御と呼吸機能の関連性

木村 友紀¹⁾・西澤 岳¹⁾・瀧澤 彩香¹⁾・江戸 優裕²⁾

1)IMS(イムス)グループ イムス東京葛飾総合病院 リハビリテーション科
2)文京学院大学 保健医療技術学部 理学療法学科

Key words / 呼吸, 姿勢制御, 体幹

【はじめに、目的】

体幹には、動作課題に合わせて肢位を変化させながら姿勢を保持する選択的な姿勢制御が求められる。さらに、動作時や安静時に関わらず、呼吸運動の継続は同時に求められ、円滑な日常生活を遂行するためには、これらを両立させる必要がある。このことから、理学療法においては、体幹肢位を変化させた状態でも恒常的に効率的な呼吸を継続できる体幹機能を構築することが重要といえる。そこで本研究では、体幹肢位が変化しても効率的な呼吸が遂行できる優れた体幹機能を有する対象者の姿勢制御パターンを明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象は健常成人24名(男性12名・女性12名、年齢24.3±2.1歳、身長165.7±8.5cm、体重59.6±7.5kg)とし、座位での体幹中間位・20°右回旋位(以下、右回旋位)・20°左回旋位(以下、左回旋位)において、座位バランスと呼吸機能を計測した。座位バランスは、座面に設置した圧分布測定システムFDM-S(Zebris社)を用いて、10秒間の平均座圧中心(以下、COP)位置[前・右側(+)-mm%BH]と身体重心(以下、COG)総軌跡長[mm%BH]を計測した。呼吸機能は、オートスパイロAS-307(ミナト医科学社)を用いて、肺活量(以下、VC)[l]と一回換気量(以下、TV)[l]を計測した。統計処理はPearsonの相関係数を用いた(有意水準5%)。

【結果】

中間位における平均COP前後位置は-2.4±20.0、COP左右位置は-2.2±4.2、COG総軌跡長は11.9±11.0、VCは3.6±0.8、TVは0.8±0.3であった。

相関分析の結果、中間位におけるCOP左右位置と中間位(r=0.64)・右回旋位(r=0.65)・左回旋位(r=0.65)におけるVCに有意な相関が認められた。また、中間位におけるCOG総軌跡長と中間位(r=-0.41)・右回旋位(r=-0.41)・左回旋位(r=-0.47)におけるVCに有意な相関が認められた。

【考察】

本研究の結果から、平均的に座位におけるCOPは左側に位置しており、COPが右に位置するほど、そしてCOG総軌跡長が小さいほど、中間位・右回旋位・左回旋位でのVCが大きいたことが示された。

過去の研究によると、健常者の約9割は胸郭が左に偏位し(Ishizuka, et al. 2013)、これを正中立化すると呼吸機能が向上する(Fujihara, et al. 2015)ことが報告されている。COPは上半身質量中心を座面に投影した点と解釈できることから、本研究の結果は胸郭の左偏位が小さい対象者ほどVCが大きいたことを意味しており、これらの報告と矛盾しない。

以上のことから、座位において左側にあるCOPを正中立化させ、重心動揺の小さい体幹機能を構築することによって、体幹肢位を変化させた状態でも効率的な呼吸機能を発揮でき、運動パリエーションの拡大にもつながると考えられる。

【結論】

座位においてCOPの左偏位が小さいほど、そして重心動揺が小さいほど、体幹肢位を変化させた状態でも効率的な呼吸機能を発揮できる。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に基づいて実施した。対象者には本研究の目的および内容を十分説明し、書面で参加の同意を得た上で計測を実施した。

高強度伸張性収縮トレーニングはタンパク合成シグナルを増強することで colon 26 癌モデルマウスにおける筋萎縮を軽減する

館林 大介¹⁾・檜森 弘一¹⁾・山田 遼太郎¹⁾・芦田 雪¹⁾
宮崎 充功²⁾・山田 崇史¹⁾

1) 札幌医科大学大学院 保健医療学研究所

2) 北海道医療大学 リハビリテーション科学部

Key words / 癌性筋萎縮, 伸張性収縮, 負荷強度

【はじめに、目的】先行研究において我々は、神経筋電気刺激 (ES) を用いた等尺性収縮 (ISO) トレーニングは、マウス直腸癌由来細胞株 (C-26) の移植マウスに生じる筋萎縮を軽減しないことを報告した。そこで本研究では、ISO よりも負荷強度の高い、伸張性収縮 (ECC) トレーニングが癌性筋萎縮を軽減するかどうかを検討した。

【方法】5-8 週齢の CD2F1 雄性マウスを、対照 (CNT) 群、CNT+ECC 群、C-26 群、C-26+ECC 群の 4 群に分けた。実験 1 では、C-26 播種より 28 日後に、一過性の ECC-ES (45 V, 100 Hz, 2 秒刺激/4 秒休息, 20°/s, 5 収縮×4 セット) を負荷し、その 6 時間後に腓腹筋における筋タンパク合成率と合成経路である mammalian target of rapamycin complex (mTORC) 1 シグナル伝達系について検討を行った。実験 2 では、C-26 播種翌日より、実験 1 と同じ刺激条件の ECC-ES トレーニングを 2 日に 1 度の頻度で計 14 回実施した。最終 ECC-ES の 24 時間後に腓腹筋を採取し、ECC-ES トレーニングが C-26 マウスの筋量および主要筋タンパク分解経路であるユビキチンプロテアソーム系に及ぼす影響について検討した。

【結果】C-26 播種より 28 日後、C-26 マウスの除癌体重が減少し、これが腓腹筋重量の低下を伴っていた。さらに、C-26 マウスの腓腹筋では、筋タンパク合成率を表すピューロマイシン取り込み量の減少に加え、筋特異的ユビキチンリガーゼである atrogenin-1 と muscle ring finger 1 (MuRF-1) の mRNA の増加が認められた。ECC-ES トレーニングは C-26 マウスの腓腹筋の萎縮を軽減するとともに、筋タンパク合成率と mTORC1 シグナル伝達系の構成体である p70S6K および rpS6 のリン酸化を顕著に増加させた。また、ECC-ES トレーニングは C-26 マウスにおける MuRF-1 の mRNA 発現量の増加を抑制した。

【考察】先行研究において、ISO あるいは短縮性収縮トレーニングは癌性筋萎縮を軽減しないこと、また、癌性カヘキシアの状態では、運動に対する筋タンパク合成反応が障害を受けることが示されている。一方、筋タンパク合成経路の活性化率は、負荷強度に依存し、ISO よりも ECC の方が高いことが報告されている。本研究の結果、癌性カヘキシアの状態においても、高負荷強度の ECC-ES は、タンパク合成シグナルを増強することで、分解に偏った筋タンパク質出納バランスを改善することが示唆された。

【結論】癌性筋萎縮予防のためのトレーニングにおいては、負荷強度を増大させることが重要であると考えられる。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究における全ての実験は、札幌医科大学動物実験委員会の承認を受け (承認番号: 15-044_17-078)、施設が定める規則に則り遂行した。

伸張性収縮トレーニングは α B-crystallin の筋原線維への結合を促進し関節炎に伴う筋機能低下を防止する

檜森 弘一・館林 大介・山田 遼太郎・芦田 雪・山田 崇史

札幌医科大学大学院保健医療学研究所

Key words / 関節リウマチ, 伸張性収縮, α B-crystallin

【はじめに、目的】関節リウマチ (RA) では、著しい筋力低下により日常生活活動が制限される。これまで我々は、関節リウマチのモデル動物であるアジュバント関節炎 (AIA) ラットの骨格筋では、酸化ストレス誘因性の筋原線維機能の低下が生じることを報告した。一方、伸張性収縮 (ECC) により、分子シャペロン的一种である α B-crystallin が筋原線維タンパク質に結合し、それらを種々のストレスから保護することが報告されている。そこで、本研究では、ECC トレーニングが AIA に伴う筋原線維機能の低下を防止するかを検討することを目的とした。

【方法】Wistar 系雄性ラットを対照 (CNT) 群、AIA 群、AIA+ECC 群に分けた。AIA は、フロイント完全アジュバント (CFA) を膝関節腔へ投与することにより惹起した。ECC は、麻酔下にて、ラットの下腿三頭筋へ電気刺激 (45 V, 30 Hz, 2s on/4s off, 5 回 4 セット) を加えるのと同時に、足関節を強制背屈 (20°/s) させることで誘発した。これを CFA 投与翌日から 2 日に 1 回の頻度で 3 週間実施した後、腓腹筋を採取し分析に供した。

【結果】AIA ラットの腓腹筋では、スキンドファイバーにおける Ca^{2+} 誘因性最大張力の低下が、ミオシンとアクチンの発現量の減少、タンパク質分解酵素であるカルパインの活性化、筋原線維タンパク質におけるマロンジアルデヒド酸化生成物の増加、腫瘍壊死因子 (TNF- α) および酸化還元関連タンパク質である NADPH オキシダーゼ 2 と一酸化窒素合成酵素の増加を伴っていた。ECC トレーニングは、AIA に伴うこれらの変化をすべて防止するとともに、 α B-crystallin の発現量および筋原線維への結合量を著しく増大させた。

【考察】先行研究において、酸化的修飾を受けた筋原線維タンパク質は、カルパインによる分解を受けやすくなることが報告されている。したがって、AIA ラットの骨格筋における筋原線維機能の低下は、カルパインを介したミオシンおよびアクチンの減少に起因すると考えられる。一方、 α B-crystallin は、酸化ストレスによる筋原線維タンパク質の変性を抑制すること、また、ECC は他の収縮様式に比べ、 α B-crystallin の筋原線維タンパク質への結合を強く誘引することが報告されている。これらの知見は、ECC トレーニングが、 α B-crystallin によるタンパク質保護作用を介し、筋原線維機能を保持することを示唆している。

【結論】AIA ラットの骨格筋において、ECC トレーニングは、 α B-crystallin の筋原線維タンパク質への結合を増大させることで、酸化ストレスに伴うミオシンおよびアクチンの分解亢進を抑制し、筋原線維の機能を保持することが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究における全ての実験は、札幌医科大学動物実験委員会の承認を受け (承認番号: 15-083)、施設が定める規則に則り遂行した。

廃用性筋萎縮に伴い骨格筋内リンパ管数は減少する

川島 隆史^{1,2)}・紀 瑞成²⁾・縣 信秀³⁾・伊東 佑太⁴⁾
 笹井 宣昌⁵⁾・濱田 文彦¹⁾・河上 敬介²⁾

- 1) 大分大学大学院医学系研究科生体構造医学講座
 2) 大分大学福祉健康科学部理学療法コース
 3) 常葉大学保健医療学部理学療法学科
 4) 名古屋大学リハビリテーション学部理学療法学科
 5) 鈴鹿医療科学大学保健衛生学部理学療法学科

Key words / 骨格筋萎縮, リンパ管, 毛細血管

【はじめに、目的】

組織液を末梢部から心臓へ戻す脈管系には静脈系とリンパ系があり、生体の恒常性の維持に重要な役割を担っていると、様々な病態にも関連すると言われる。骨格筋内にも毛細血管とリンパ管は存在しており、毛細血管の骨格筋内分布に関しては、廃用性筋萎縮や筋力トレーニングに対する応答に関する報告が多数存在する。一方、骨格筋内リンパ管の分布応答に関する報告は、正常筋の分布状態も含めてほとんどない。そこで本研究の目的は、廃用性筋萎縮時の骨格筋内リンパ管分布の変化を明らかにすることである。

【方法】

11 週齢の C57BL/6J マウスを、2 週間、4 週間の尾部懸垂群と、各群と同週齢の通常飼育を行った対照群の計 4 群に振り分けた。飼育終了後に各群から採取したヒラメ筋の連続凍結横断切片を作成し、HE 染色後に筋腹横断面積、筋線維数を測定した。また、リンパ管内皮細胞マーカー（抗 LYVE-1 抗体）、血管内皮細胞マーカー（抗 CD31 抗体）を用いた二重免疫染色を実施し、一切片上に存在するリンパ管と毛細血管の総数を調べた。さらに、Western blotting により、リンパ管新生因子である VEGF-C、VEGF-D と、毛細血管およびリンパ管新生の抑制因子である Endostatin のタンパク発現量を調べた。各測定結果は、尾部懸垂群と同週齢の対照群との 2 群間で比較した。なお、統計処理には student の t 検定を使用し、有意水準を 5%未満とした。

【結果】

筋腹横断面積は尾部懸垂 2 週、4 週ともに対照群に対し 20%程度減少し、有意に低値を示したが、筋線維数には有意な差がなかった。対照群と比べたリンパ管総数は、尾部懸垂 2 週では有意な差がなかったが、4 週では有意に少なかった。また、対照群と比べた毛細血管総数は、尾部懸垂 2 週、4 週ともに有意に少なかった。一方、Western blotting では、VEGF-D に有意な変化は認められなかったが、尾部懸垂 2 週にて VEGF-C のタンパク発現量が対照群と比べ有意に多かった。また、尾部懸垂 2 週、4 週ともに、Endostatin のタンパク発現量が対照群と比べ有意に多かった。

【考察】

今回の実験結果から、尾部懸垂による廃用性筋萎縮に伴い、毛細血管総数だけでなく、リンパ管総数が減少することが明らかになった。また、この変化には Endostatin によるリンパ管新生の抑制作用が関与する可能性があると考えられた。また、リンパ管総数が変化する時期は、毛細血管に比べて遅いと考えられた。これは毛細血管とリンパ管の役割の違いが影響していると考えられるが今後の検討課題である。

【結論】

尾部懸垂による廃用性筋萎縮に伴い、骨格筋内リンパ管数が減少することが明らかになり、この変化には Endostatin が関与することが考えられた。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、大分大学動物実験委員会の承認を得て実施した（承認番号 1757001）。本研究に関わる開示すべき利益相反はない。

HIF-1 α 阻害薬投与と電気刺激による周期的な単収縮運動を併用した治療戦略がラットヒラメ筋の筋性拘縮におよぼす影響

梶原 康宏¹⁾・片岡 英樹^{2,3)}・本田 祐一郎^{2,4)}・田中 なつみ^{2,4)}
 坂本 淳哉¹⁾・中野 治郎¹⁾・沖田 実²⁾

- 1) 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 保健学専攻 理学療法学分野
 2) 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 医療科学専攻 理学療法学分野
 3) 社会医療法人 長崎記念病院 リハビリテーション部
 4) 長崎大学病院 リハビリテーション部

Key words / HIF-1 α , 単収縮運動, 筋性拘縮

【はじめに、目的】

これまでわれわれは、筋性拘縮の主病態である骨格筋の線維化の発生メカニズムの一端に不動によって惹起される hypoxia-induced factor (HIF) -1 α の発現亢進が関与することを明らかにしてきた。また、阻害薬投与により HIF-1 α の発現亢進を抑制すると、骨格筋の線維化ならびに関節可動域 (ROM) 制限の進行が抑制されることを報告してきた。一方、HIF-1 α の発現亢進を抑制する理学療法の一つに筋ポンプ作用を促す周期的な単収縮運動があるが、軽度の筋性拘縮がすでに発生している不動 2 週後から開始しても線維化の進行抑制効果は認められないとされている。つまり、拘縮が進行した段階から介入を開始しても臨床成績は良好とは言い難く、これを打開する戦略として薬物療法と理学療法の併用が考えられる。そこで本研究では、不動開始直後から HIF-1 α 阻害薬投与といった薬物療法を先行して実施し、その後、電気刺激を用いた周期的な単収縮運動の実施といった理学療法を併用して行うことが ROM 制限や骨格筋の線維化の進行にどう影響するのかを検討した。

【方法】

8 週齢の Wistar 系雄性ラット 25 匹を無処置の対照群と両側足関節を最大底屈位の状態で 4 週間ギプスで不動化する実験群に分け、実験群はさらに 1) 不動処置のみの不動群、2) 不動 2 週後より電気刺激を実施する刺激群、3) 不動開始直後から HIF-1 α 阻害薬投与を行い、さらに不動 2 週後より電気刺激を実施する併用群に振り分けた。HIF-1 α 阻害薬には YC-1 を使い、2mg/kg の用量で不動期間中、毎日腹腔内投与した。また、電気刺激装置には trio 300 (伊藤超短波製) を使い、リード線付表面電極を下腿三頭筋に貼付した状態でギプス固定し、ギプスを装着したまま周波数 10Hz、パルス幅 250 μ sec、刺激強度 10mA 以下の条件で 1 日 30 分、週 6 回、周期的な単収縮運動を誘発した。そして、実験期間中は足関節節屈の ROM を毎週測定し、拘縮の進行状況を評価した。また、実験終了後は採取したヒラメ筋を生化学的検索に供し、HIF-1 α 発現量およびコラーゲン含有量を測定した。

【結果】

ROM は実験群の 3 群とも不動 1 週以降、対照群より有意に低値を示し、不動期間の延長に伴って減少が認められた。また、実験群間で比較すると不動 3 週以降、併用群が不動群、刺激群より有意に高値を示した。HIF-1 α 発現量は実験群の 3 群とも対照群より有意に高値を示したが、実験群間で比較すると併用群が不動群、刺激群より有意に低値を示した。また、コラーゲン含有量は実験群の 3 群とも対照群より有意に高値を示したが、実験群間で比較すると併用群が不動群、刺激群より有意に低値を示した。

【結論】

以上の結果から、不動開始直後から HIF-1 α 阻害薬投与といった薬物療法を先行して実施し、その後、電気刺激を用いた周期的な単収縮運動の実施といった理学療法を併用して行うといった治療戦略は骨格筋の線維化の進行を抑制し、筋性拘縮の発生予防に効果的であることが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、長崎大学動物実験委員会の承認を受けた後、同委員会が定める長崎大学動物実験指針に準じ、長崎大学先端生命科学支援センター・動物実験施設で実施した。

不動後早期からの筋収縮負荷は筋性拘縮の予防戦略として有効か？—動物実験用 B-SES を用いた検討—

本田 祐一郎^{1,2)}・梶原 康宏³⁾・田中 なつみ^{1,2)}・石川 空美子³⁾
竹下 いづみ³⁾・片岡 英樹²⁾・坂本 淳哉³⁾・中野 治郎³⁾
沖田 実²⁾

1) 長崎大学病院 リハビリテーション部
2) 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 運動障害リハビリテーション学分野
3) 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 理学療法学分野

Key words / 筋性拘縮, 線維化, 筋収縮運動

【はじめに, 目的】

これまでわれわれは, 骨格筋の不動によって惹起される筋性拘縮の主要な病態はコラーゲンの増生に伴う線維化であり, その発生メカニズムには筋核のアポトーシスを契機としたマクロファージの集積ならびにこれを発端とした筋線維萎縮の発生が関与することを明らかにしてきた。つまり, このメカニズムを踏まえ筋性拘縮の予防戦略を考えると, 筋線維萎縮の発生を抑止できる積極的な筋収縮負荷が不可欠といえ, 骨格筋に対する電気刺激療法は有用な方法と思われる。そして, 最近では下肢の多くの骨格筋を同時に刺激できるベルト電極式骨格筋電気刺激法 (Belt electrode-skeletal muscle electrical stimulation; B-SES) が開発されており, 従来の方法より廃用性筋萎縮の予防・改善効果が高いと報告されている。そこで, 本研究では動物実験用 B-SES を用い, 不動後早期からの筋収縮負荷が線維化の発生を抑制し, 筋性拘縮の予防戦略として有用かを検討した。

【方法】

実験動物には 8 週齢の Wistar 系雄性ラット 16 匹を用い, 1) 無処置の対照群 (n = 4), 2) ギプスを用いて両側足関節を最大底屈位で 2 週間不動化する不動群 (n = 6), 3) 不動の過程で動物実験用 B-SES を用い, 後肢骨格筋に筋収縮を負荷する刺激群 (n = 6) に振り分けた。刺激群の各ラットに対しては大腿近位部と下腿遠位部に B-SES 電極を巻き, 後肢骨格筋に強縮を誘発する目的で刺激周波数 50Hz, パルス幅 250μsec, 刺激強度 4.71 ± 0.32mA の条件で, 1 日 2 回, 1 回あたり 20 分間 (6 回/週), 延べ 2 週間, 電気刺激を行った。なお, 本実験に先立ち正常ラットを用いて予備実験を行い, 上記の条件で刺激強度を漸増させ, 足関節中間位での最大等尺性筋力を測定した。そして, 最大筋力の 60% の筋力を発揮する刺激強度を求め, これを本実験の刺激強度に採用した。実験期間中は 1 週毎に麻酔下で各ラットの足関節背屈可動域を測定し, 実験期間終了後は両側ヒラメ筋を採取した。そして, 右側試料はその凍結横断切片に対して H & E 染色を施し, 各筋につき 100 本以上の筋線維横断面積を計測した。一方, 左側試料は生化学的検索に供し, コラーゲン特有の構成アミノ酸であるヒドロキシプロリン含有量を定量した。

【結果】

足関節背屈可動域と筋線維横断面積は不動群, 刺激群とも対照群より有意に低値であったが, この 2 群間では刺激群が不動群より有意に高値を示した。また, ヒドロキシプロリン含有量は不動群が対照群より有意に高値であったが, 刺激群は対照群と有意差を認めなかった。

【考察】

今回の結果から, 刺激群には筋線維萎縮の進行抑制効果ならびに骨格筋の線維化の発生抑制効果が認められ, このことが足関節背屈可動域制限, すなわち筋性拘縮の進行抑制効果に影響していると推察される。

【結論】

不動後早期からの筋収縮負荷は線維化の発生を抑制し, 筋性拘縮の予防戦略として有用であることが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本実験は長崎大学動物実験委員会承認を受けた後, 同委員会が定める動物実験指針に準じ, 長崎大学先端生命科学研究所支援センター・動物実験施設で実施した。

膝半月不安定化による膝蓋大腿関節軟骨損傷と歩行キネマティクスの関係

中畑 晶博¹⁾・飯島 弘貴^{1,2)}・伊藤 明良¹⁾・王 天舒¹⁾
中原 峻¹⁾・張 ジュエ¹⁾・久保 奈央子¹⁾・河合 秀紀¹⁾
青山 朋樹¹⁾・黒木 裕士¹⁾

1) 京都大学大学院医学研究科理学療法学講座
2) 慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科

Key words / 変形性関節症, 膝蓋大腿関節, 歩行キネマティクス

【はじめに, 目的】

変形性関節症 (OA) は軟骨損傷等を伴う進行性の疾患であり, X 線で診断される膝 OA 患者は 2500 万人以上いると推定されている (吉村, 2009)。OA 進行を助長する一つの要因として膝半月損傷があり, それが脛骨大腿 (TF) 関節に多大な影響を及ぼすことは周知である。TF OA に比べ, 膝蓋大腿 (PF) 関節 OA に関する研究は少なく, 半月不安定化が PF OA 進行を助長するか否かについては明らかになっていない。また, PF OA と歩行キネマティクスとの関係についても不明な点が多い。そこで今回我々は動物半月不安定化モデルを用い, PF OA 変化を観察するとともに歩行キネマティクスとの関連について調査を行なった。

【方法】

12 週齢の Wistar 系雄性ラット (n = 54) を用い, 右膝に内側半月脛骨韌帯切離を施した DMM 群と同部位の関節包切開のみを施した sham 群, 何も介入を加えなかった control 群の 3 群に無作為に分類した (n = 18 ずつ)。さらに術後 2.4, 8 週時の関節内組織観察を行うため, それぞれ無作為に再分類した (n = 6 ずつ)。そして 2.4, 8 週間の自然飼育を行った後に屠殺し, 膝関節を摘出, サンプル作成を行った。PF OA 評価はサフラニン O / ファストグリーン染色切片にて OARSI score を用いて行われた。

歩行解析は kinematracer (キッセイコムテック社製) を用いて, 術後 2, 4, 8 週の屠殺前に実施された。歩行解析のパラメータは膝屈曲角度, toe-out 角度, 骨盤傾斜角度とした。

OARSI score の群間比較は Kruskal-Wallis 検定, Steel-Dwass 検定を行い, OARSI score と歩行キネマティクスとの関係は Spearman の順位相関係数を用いて統計解析を行った。

【結果】

DMM 群の PF 関節 OARSI score は術後 2 週時には control 群や sham 群と, 術後 4 週時には control 群と比較し, 有意に高値を示した。また, sham 群の PF 関節 OARSI score においても術後 2.4 週時には control 群と比較し, 有意に高値を示した。術後 8 週時はいずれも有意差は示されなかった。

PF 関節 OARSI score は足接地 (FC) 時の膝屈曲角度 ($\rho = 0.457$) と最大膝屈曲角度 ($\rho = 0.274$), FC 時骨盤傾斜角度 ($\rho = 0.375$) と有意に正の相関関係がみられた。

【考察】

半月不安定化処置により術後早期に PF OA が惹起され, それは歩行時膝屈曲や骨盤傾斜角度と相関関係にあった。そのため, それらの角度変化は PF OA を惹起する要因になったのかもしれない。中でも FC 時膝屈曲角度は最も相関係数が高いことや角度変化減少とともに OARSI score も低下する傾向にあったことなどからその角度変化が PF 関節に与える影響は小さくなかったものと考えられる。また, sham 群においても術後早期に PF OA がみられたことから, 関節包切開が PF 関節に影響を与えたことが示唆された。

【結論】

膝半月不安定化処置により PF OA は惹起され, それは歩行時膝屈曲角度や骨盤傾斜角度変化との相関関係がみられた。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は所属動物実験施設の倫理委員会の承認を得て実施した (Med Kyo18026)。

荷重日内頻度の相違がラットヒラメ筋の廃用性萎縮回復過程に与える影響

森田 結衣¹⁾・宮地 諒^{2,3)}・山崎 俊明³⁾

- 1) 金沢大学大学院医薬保健学総合研究域
2) 石川県済生会金沢病院 リハビリテーション部
3) 金沢大学医薬保健研究域保健学系

Key words / 廃用性筋萎縮, 荷重日内頻度, ラットヒラメ筋

【はじめに、目的】

入院患者の早期回復には、廃用性筋萎縮の進行抑制や、可能な限り早期に萎縮筋の回復を促すことが重要である。臨床では早期からの荷重や運動療法が日常的に行われており、荷重等の機械刺激が廃用性筋萎縮の回復に対し有効であることは諸家により報告されている。入院患者に理学療法を行う際、2単位連続で介入する場合と、午前、午後等1単位ずつつけて介入する場合があるが、廃用性筋萎縮に対する荷重日内頻度による影響については明らかではない。そこで、本研究では、廃用性筋萎縮の回復に対する荷重の効果に関し、荷重日内頻度による影響について検討することを目的とした。さらに、筋萎縮の程度が筋の長軸部位により異なる報告があることから、長軸部位の観点から病理学的に分析した。

【方法】

8週齢のWistar系雄ラット39匹を無作為に、通常飼育する群(C群)、後肢懸垂処置により廃用性筋萎縮を惹起する群(HS群)、廃用性筋萎縮惹起後に荷重処置を実施する群(W群)に振り分けた。W群は7日間の後肢懸垂処置後、7日間毎日60分間の荷重を1回実施するWO群と30分間の荷重を4時間間隔で2回実施するWT群の2群とした。さらに、各群の実験期間を1日(C1群)、7日(C7群、HS7群)、14日(C14、HS14群、WO群、WT群)とした。実験期間終了後、ヒラメ筋を摘出し、凍結切片を作成した。HE染色後、右ヒラメ筋中央部の筋線維横断面積を測定した。さらに、左ヒラメ筋の近位部、中央部、遠位部における壊死線維発生割合、中心核線維発生割合を分析した。統計学的処理は、各群間、長軸部位間の比較に、分散分析を適用した($p < 0.05$)。

【結果】

中央部の筋線維横断面積は、WT群がWO群よりも有意に高値を示した。壊死線維発生割合は、WO群とWT群間で比較すると、WT群の方が高い傾向にあったが、有意差は認めなかった。筋の部位別に比較すると、WO群、WT群ともに、遠位部で高い傾向にあった。中心核線維発生割合は、WT群がWO群と比較し有意に高値を示し、筋の部位別に比較すると、WO群では、遠位部が近位部と比較し高い傾向にあり、WT群では近位部、遠位部が中央部と比較し高い傾向にあった。

【考察】

WT群はWO群と比較し、壊死線維発生割合、中心核線維発生割合ともに高値を示す傾向にあることから、WT群では、筋線維の壊死、再生が活発に生じたと考えられる。また、筋線維横断面積においても、WT群がより高値を示し、筋肥大が生じたことが考えられる。以上のことから、WT群がWO群と比較し、有効な介入であったことが示唆された。また、壊死線維発生割合、中心核線維発生割合ともに、筋の長軸部位により荷重刺激の効果が異なり、特に遠位部で荷重の影響を受けやすいことが示唆された。

【結論】

30分間の荷重を1日2回行うことは、60分間の荷重を1日1回行う場合と比較し、廃用性筋萎縮の回復過程に対する介入として効果的であり、長軸部位によりその効果が異なる可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、金沢大学動物実験委員会の承認(AP-163790)を得て実施した。

廃用性萎縮に対する漸増荷重がラットヒラメ筋に与える影響～長軸部位での検討～

谷口 弘剛¹⁾・都志 和美¹⁾・山崎 俊明²⁾

- 1) 特定医療法人扇翔会南ヶ丘病院
2) 金沢大学医薬保健研究域保健学系

Key words / 廃用性萎縮, 漸増荷重, ヒラメ筋

【はじめに、目的】

1日の大半をベッドで過ごす入院患者に対して廃用性筋萎縮を最小限に留めるための介入方法を検討することは理学療法の重要課題であるが、実際の臨床の場面ではある程度萎縮が進行した状態から介入することが多く、萎縮筋に対し過負荷な物理的ストレスを与えると筋萎縮を増悪させる報告もある。また、骨格筋の部位によって荷重刺激に対する反応が異なり、特に近位部は廃用性筋萎縮の影響を受けやすく、近位部に対する介入方法を検討することが必要と提言されている。

本研究では、漸増荷重による廃用性筋萎縮の回復に及ぼす影響を長軸部位にて経時的に検討することを目的とした。

【方法】

8週齢のWistar系雄ラットの左ヒラメ筋を対象筋とした。ラットを無作為に無処置のまま飼育する群(C)と後肢懸垂処置を実施する群(H)、7日間の後肢懸垂処置後に漸増荷重を行う群(G)、同様に一定荷重を行う群(W)に分けた。さらに、実験期間で後肢懸垂処置を8日・11日・14日となるようにH群を分け、荷重介入を1日・4日・7日となるようにG群とW群を分けた。荷重は1日1回日中に行い、負荷量はW群では荷重開始1日目から60分とし、G群では1日目に15分、2日目に30分、3日目は45分、4日目以降は60分とした。

実験終了後、ヒラメ筋を摘出し、急速凍結した。後日近位部・中央部・遠位部の試料をそれぞれ作成し、HE染色と光学顕微鏡で検鏡を行った。検討項目は筋線維横断面積、壊死線維・中心核線維の発生頻度とした。統計学的処理は、筋線維横断面積では各群間での分散分析を適用し、壊死線維・中心核線維比率では X^2 検定を適用した。

【結果】

筋線維横断面積はG群と比較してW群で有意に大きかった。部位別ではH群・W群は近位部に有意な減少がみられたが、G群は部位による相違はみられなかった。

壊死線維比率は荷重1日目と4日目におけるG群の近位部は他の部位との有意な増加がみられた。中心核線維比率は荷重4日目におけるG群の近位部で他の部位との有意な増加がみられた。

【考察】

筋線維横断面積においてH群・W群では近位部に有意な減少がみられたが、G群では部位による相違がみられなかった。壊死線維比率においては、G群の近位部にて他の部位との有意な増加がみられたが、同時に中心核線維比率の有意な増加もみられた。Groundらは筋損傷48時間後に壊死筋線維内に浸潤する単核細胞が最も多くなることを報告している。これらのことから、漸増荷重が最も廃用性萎縮の影響を受けやすい近位部に対し効果的な方法であることが示唆された。また、W群と比較してG群の筋線維横断面積では有意な減少がみられた。本研究では漸増荷重群と一定荷重群において総荷重時間が異なり、これが原因として考えられ、今後漸増荷重に加え、総荷重時間を考慮した検討も必要である。

【結論】

漸増荷重が最も廃用性萎縮の影響を受けやすい近位部に対し効果的な方法であることが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】

金沢大学動物実験委員会の承認を得た(承認番号: AP-153634)。

廃用性筋萎縮からの回復を促進させる筋力トレーニングの頻度 -1日1回のトレーニングを2回に分けて実施すると効果は変わるか？ -

伊東 佑太¹⁾・田村 悠磨¹⁾・野村 篤¹⁾・河上 敬介²⁾

1) 名古屋学院大学 リハビリテーション学部

2) 大分大学 福祉健康科学部

Key words / 運動頻度, 廃用性筋萎縮, マウス

【はじめに、目的】廃用性筋萎縮の回復を促すために筋力トレーニングが行われるが、その最も効果的な条件は明らかにされていない。筋力トレーニングの条件はFITT、すなわち頻度、強度、タイミング、タイプの要素で決まるといわれる。これらの要素のうち、筋萎縮からの回復促進のための等尺性筋力トレーニングの運動強度は、最大筋力の40% (40%1RM) が至適であることを我々は報告した (Itoh, 2017)。そこで本研究では、FITTのうち頻度に着目して廃用性筋萎縮の回復促進に有効な筋力トレーニングの条件を検証した。

【方法】マウス (C57BL/6J、雄性) に対して2週間の尾部懸垂を施した後、萎縮した足関節底屈筋群に対して1週間の等尺性運動を施した。等尺性運動は、麻酔下のマウス下腿後面に電気刺激 (40 Hz、2 ms、train 1 Hz、100 ms) を与え、この電流値を調整することで発揮されるトルクを40%1RMに保って実施した。この等尺性運動50回を1日に1セットのみ行う群 (50-1群) と、25回を6時間あけて1日に2セット行う群 (25-2群) の2群で実施し、尾部懸垂後運動を行わずに飼育したマウス (NT群) と筋萎縮からの回復の程度を比較した (各n=6)。評価は、足関節最大等尺性底屈トルクや遅筋のヒラメ筋および速筋の足底筋の筋線維横断面積を指標に行った。足関節最大等尺性底屈トルクは、麻酔下で下腿後面に100 Hz、5 mAの電気刺激を与えて測定した。筋線維横断面積は各筋の横断切片にdystrophinおよびmyosin heavy chain (type II) の免疫化学染色を施し、筋線維タイプ別に測定した。

【結果】足関節最大等尺性底屈トルクは、等尺性運動を行った両群 (50-1群: 6.8 ± 0.8 mNm、25-2群: 6.8 ± 0.5 mNm) で尾部懸垂から解放した直後 (5.6 ± 0.2 mNm) やNT群 (5.9 ± 1.0 mNm) に比べ有意に大きかった。筋線維横断面積は、50-1群のヒラメ筋でのみNT群のヒラメ筋の面積と比べ有意に大きかった (50-1群: $1331 \pm 142 \mu\text{m}^2$ 、25-2群: $1218 \pm 225 \mu\text{m}^2$ 、NT群: $1171 \pm 105 \mu\text{m}^2$)。足底筋にはどの群間にも有意な差を認めなかった (50-1群: $1557 \pm 361 \mu\text{m}^2$ 、25-2群: $1429 \pm 99 \mu\text{m}^2$ 、NT群: $1344 \pm 105 \mu\text{m}^2$)。筋線維タイプ別の筋線維横断面積は50-1群のType II線維以外の線維の面積でのみ、NT群の面積と比べ有意に大きかった。

【考察】今回のトレーニング条件では運動頻度に関わらず、筋力の回復促進効果を認めた。ただ、筋線維横断面積の回復促進効果は50-1群のヒラメ筋のみに認められた。この理由としてヒラメ筋に割合が多いType I線維特異的に回復促進が起こっていることが影響していると考えられた。ただ、その理由やメカニズムについては不明であり今後の検討課題である。1日に行う等尺性運動の回数や頻度も含めて検証したい。

【結論】1日50回1セットの40%1RMの等尺性筋力トレーニングを1日25回2セットに分けても、筋萎縮からの筋力の回復促進効果は変わらないが、組織学的な回復促進効果は異なることが判明した。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、名古屋学院大学動物実験委員会に諮り、承認を得た後に行った (No. 2007-007、2014-001)。本研究に関わる開示すべき利益相反はない。

筋線維膜透過性亢進及び筋収縮張力に対する伸張性収縮の反復効果

早尾 啓志^{1,2,3)}・田巻 弘之²⁾・中川 弘毅⁴⁾・與谷 謙吾⁵⁾

荻田 太⁵⁾・玉越 敬悟²⁾・高橋 英明²⁾・山本 智章⁶⁾

大西 秀明²⁾

1) 新潟医療福祉大学大学院

2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

3) (一財) 総合南東北病院 リハビリテーション科 4) 木戸病院

5) 鹿屋体育大学

6) 新潟リハビリテーション病院

Key words / 伸張性収縮, Repeated bout effect, Evans blue dye

【はじめに、目的】筋損傷を誘発する要因の1つに高強度の伸張性収縮 (ECC) がある。ECCでは1度目と比較して2度目以降の試行で筋損傷の程度が減弱する反復効果 (repeated bout effect: RBE) が報告されている。RBEでは構造的機能的な低下程度が減弱するがその要因は明らかとなっておらず、ECC後の構造的及び機能的回復程度を把握することはRBEの要因を検討する上で重要である。本研究では、1週間隔での第2試行実施前の回復程度を検証し、筋の構造的機能的観点からRBEについて検討することを目的とした。

【方法】本研究では15-16週齢のFischer344系雄性ラットの左前脛骨筋 (TA) を対象とし、ECC第1施行の前後 (Cont群及びpost-ECC1st群)、第2試行の前後 (pre-ECC2nd_1w群及びpost-ECC2nd_1w群) の4群 (n=8/群) に振り分けた。第1及び第2試行のECCは同一強度とし第2試行までの間隔は1週間とした。インフルラン酸化麻酔下でTA直上に双極電極を貼付し電気刺激により強収縮を誘発した。電気刺激強度は30V、刺激頻度100HzとしTA強収縮時に足関節を他動的に底屈 (200° /sec) しECCを誘発した。刺激サイクルは2秒on-8秒offとし、このプロセスを10回8セット行い、セット間隔は3分とした。各post-ECC群ではECC実施の48時間後に筋採取を行い、採取直前に等尺性最大筋収縮張力 (Fmax) を計測した。全群で筋採取の24時間前にEvans blue (EB) を腹腔投与した。TAの凍結横断切片 ($10 \mu\text{m}$) を作成し蛍光顕微鏡で観察後、画像解析ソフトを用いEB陽性 (EB⁺) 筋線維数及び免疫染色によるMyosin heavy chain-developmental陽性 (MHC-d⁺) 筋線維数の計測を行った。

【結果】Cont群及びpre-ECC2nd_1w群ではEB⁺線維はほとんど観察されなかった。post-ECC1st群及びpost-ECC2nd_1w群ではEB⁺線維が確認されたが、その数はpost-ECC2nd_1w群で有意に低値を示した ($p < 0.05$)。MHC-d⁺線維数はCont群と比較してpre-ECC2nd_1w群及びpost-ECC2nd_1w群で有意に高値を示し ($p < 0.05$)、pre-ECC2nd_1w群とpost-ECC2nd_1w群の間に有意な差は認められなかった。FmaxはCont群を100%としpre-ECC2nd_1w群では約67%レベルまでの回復が認められた ($p < 0.05$)。低下率はCont群と比較してpost-ECC1st群で71%低下し、pre-ECC2nd_1w群と比較してpost-ECC2nd_1w群では29%であった。

【考察】ECC実施48時間後に膜透過性亢進筋線維は増大し、1週間後にはほとんど認められなかった。MHC-d⁺線維は1週間後に高値となったが、第2試行実施後に有意な変化は認められないことが示唆された。また、第1試行の1週間後に最大筋収縮張力は67%程度回復することが示された。本研究では反復効果が認められたが構造的変化と機能的変化の各指標に関し、その出現程度には差異が生じる可能性が示唆された。

【結論】ECCの1週間後には膜透過性亢進筋線維は認められず、MHC-d⁺を評価指標とした構造的な回復が観察された。また、機能的回復は1週間後では不十分であった。1週間隔での第2試行では構造的機能的観点からRBEが確認された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、「動物実験の適正な実施に向けたガイドライン」(日本学術会議、2006) を遵守して、新潟医療福祉大学動物実験委員会の倫理審査の承認を得て実施した。

遠心性収縮後の筋節内微細構造変化からみた張力低下の要因と効率的な筋力増強負荷強度の検索

平野 和宏^{1,2)}・山内 秀樹¹⁾・中原 直哉¹⁾・平塚 理恵³⁾
山口 眞紀¹⁾・竹森 重¹⁾

- 1) 東京慈恵会医科大学分子生理学講座
- 2) 東京慈恵会医科大学附属第三病院リハビリテーション科
- 3) 東京慈恵会医科大学生物学講座

Key words / 骨格筋, 遠心性収縮, X線回折法

【目的】

遠心性収縮(ECC)では短縮しようとする筋節が無理に引き延ばされる為に、筋節構造内の力支持装置に大きな力学的負荷がかかる。この力学的負荷は、強度が適切にコントロールされれば筋力トレーニングにおける筋力増強・筋肥大の良い刺激源になるが、高すぎる強度で起これば遅発性筋痛や肉離れなどの筋損傷の原因ともなることが報告されている。現在、サルコペニアが社会的にも問題となっており、病的に筋力が低下した高齢者に対して安全で効果的な筋力トレーニングの処方求められている。しかしながら、ECCによる低負荷トレーニングが骨格筋に及ぼす影響については明確になっていない。そこでラット足底筋にECCを負荷し、収縮能評価、シグナルタンパク発現解析、X線回折法による筋節内微細構造変化を評価して張力低下(損傷)の要因を考察するとともに、損傷を抑制しつつ効率的に筋力増強が図れるECC収縮強度を検索する。

【方法】

8週齢F344系雄性ラット足底筋を麻酔下に筋血流維持のまま剖出し、経神経刺激で3秒に1回、刺激時間300msecで収縮させた。収縮負荷は刺激頻度(Hz)で高強度から低強度を設定した。収縮条件は10回連続刺激として4条件、100Hz等尺性収縮(ISO, n=12)、50Hzの低強度ECC(L10-ECC, n=13)、75Hzの中強度ECC(M10-ECC, n=13)、100Hzの高強度ECC(H10-ECC, n=12)とし、低強度・反復性として50Hzを30回連続刺激(L30-ECC, n=13)、収縮負荷を与えない対照群(CON, n=13)の計6条件とした。各収縮1時間後、収縮能を評価した後に、摘出筋でシグナルタンパク活性化と筋節内微細構造(X線回折法)を評価した。なお、X線回折法とは、放射光を試料に照射し物質の構造や結晶性を調べる方法であり、光(光学顕微鏡)や電子線(電子顕微鏡)の代わりにX線を使った顕微法で、分解能が高いため分子の形態も観察することが出来る。

【結果】

各収縮負荷後60分での張力はCONに対してL30-ECC < M10-ECC < H10-ECCの順で有意に低下した。シグナルタンパク活性化は、mTOR、p38MAPKおよびJNKはCONに対する有意な活性化がL30-ECC < M10-ECC < H10-ECCの順で認められた。FoxOはM10-ECC、H10-ECC、L30-ECCともにCONに対する有意な不活性化が認められた。X線回折における筋節内微細構造の劣化はISO・L10-ECC・L30-ECCでは僅かだがM10-ECC、H10-ECCでは著明だった。また、トロポニンとミオシンの反射(最も損傷が著明であったH10-ECCは除外)では、ISOに対しM10-ECCで有意に反射強度が低下していた。

【考察】

L30-ECCは、筋微細構造を維持しながら筋増強シグナルを有意に増加させる均衡点にあると考えられた。張力低下の要因としては、トロポニンとミオシン関連の構造劣化が考えられた。

【結論】

L30-ECC条件は、サルコペニアなどのリハビリテーションへの応用が期待できる。微細なサルコペニア内の劣化がシグナルタンパクの活性化を誘発する可能性が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

研究計画は、東京慈恵会医科大学動物実験委員会によって承認された(2015-122)。

MBNL1発現低下がマウス骨格筋細胞のミトコンドリア膜電位に及ぼす影響

横山 真吾¹⁾・中村 文音²⁾・大野 善隆¹⁾・後藤 勝正²⁾

- 1) 豊橋創造大学 保健医療学部 理学療法学科
- 2) 豊橋創造大学大学院 健康科学研究科

Key words / muscleblind-like 1, ミトコンドリア膜電位, アポトーシス

【はじめに、目的】筋強直性ジストロフィー1型(DM1)患者の骨格筋は単に萎縮するだけでなく、ミトコンドリア機能不全やアポトーシスの増加といった病態を伴うことが知られている。DM1患者では3'側非翻訳領域にあるCTGの繰り返し配列が増加しており、これに選択的スプライシング因子であるmuscleblind-like 1(MBNL1)の機能不全が関与していることが報告されている。DM1の骨格筋病態は加齢性変化(サルコペニア)と類似する点が多いため、MBNL1の機能不全がサルコペニア発症にも関与している可能性が示唆される。これまでに我々は、マウスヒラメ筋および足底筋のMBNL1発現量が加齢に伴い低下することを報告した。しかし、MBNL1発現低下が骨格筋細胞に及ぼす直接的な影響について不明である。そこで本研究では、ミトコンドリア膜電位の変化ならびにアポトーシスに着目し、MBNL1発現低下が骨格筋細胞に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

【方法】実験には、マウス筋芽細胞由来C2C12細胞を用いた。分化誘導72時間後のC2C12筋管細胞に対してsiRNAによってMBNL1のノックダウンを試みた。siRNA処理を行った48時間後の細胞を対象として、JC-1色素を用いた染色によってミトコンドリア膜電位を評価した。また、回収した細胞に対してBradford法を用いて細胞含有タンパク量を評価するとともに、Western blot法を用いてMBNL1, BaxおよびBcl-2発現量を評価した。

【結果】本研究で用いたsiRNA処理により、MBNL1発現量は約80%低下した(p<0.01)。MBNL1ノックダウンにより、ミトコンドリア膜の脱分極を示すJC-1 monomerで染色された細胞像の輝度は有意に高値を示した(p<0.05)。また、MBNL1ノックダウンにより細胞含有タンパク量は有意に低値を示した(p<0.05)。アポトーシス関連タンパクであるBax発現量はMBNL1ノックダウンにより有意に高値を示し(p<0.05)、アポトーシスの指標となるBcl-2発現量に対するBax発現量も有意に高値を示した(p<0.05)。

【結論】骨格筋細胞におけるMBNL1発現低下はミトコンドリア膜電位を変化させ、アポトーシスを誘導することが示唆された。したがって、MBNL1機能不全は筋萎縮やミトコンドリア機能不全を引き起こし、サルコペニア発症に関与することが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費(16K16450, 16K13022, 17K01762, 18H03160)、日本私立学校振興・共済事業団「学術研究振興資金」、公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団「助成金」、豊橋市「大学連携調査研究費補助金」および豊橋創造大学大学院健康科学研究科からの助成を受けて実施された。

予測的姿勢調節の潜時と振幅の発達過程は異なる ～体重心と足圧中心を用いた分析～

萬井 太規¹⁾・宮城島 沙織²⁾・小塚 直樹³⁾・種田 健二⁴⁾
井上 貴博⁴⁾・武田 賢太⁴⁾・浅賀 忠義¹⁾

1) 北海道大学大学院保健科学研究所
2) 札幌医科大学附属病院 リハビリテーション部
3) 札幌医科大学保健医療学部 理学療法学科
4) 北海道大学大学院保健科学院

Key words / 予測的姿勢調節, 姿勢制御, 発達

【はじめに、目的】予測的姿勢調節 (APAs) の発達が、立位・歩行の獲得に重要である (Fits et al., 1999). APAs は、皮質下領域が関与する。補足運動野 (SMA) は、APAs の潜時の調節に関与し、SMA の障害により APAs の持続時間が短縮する (Jacobs et al., 2009). 一方、小脳の障害は、APAs の振幅および筋活動パターンの調節を阻害する (Richard et al., 2017). APAs の足圧中心 (COP) の偏移量は、10 歳までに成熟するが (Hay and Redon, 1999), 潜時は 10 歳でも成熟しないことが示唆されている (Palluel et al., 2008). ゆえに、APAs の潜時と振幅の調節は、発達過程が異なることが示唆される。APAs の目的は、体重心 (COM) の加速度を産生することであるため、COM と COP の位置関係 (COP - COM 間距離) から分析することが重要である。本研究の目的は、片脚立位動作時の APAs の潜時と振幅の調節の発達過程を明らかにすることであった。

【方法】3-10 歳の 48 名の定型発達児と 11 名の健常若年成人 (23.3 ± 2.7 歳) を対象とした。48 名の児は、2 歳毎に 4 群に区分した (3-4 歳群: 11 名, 5-6 歳群: 15 名, 7-8 歳群: 12 名, 9-10 歳群: 10 名)。足幅を両上前腸骨棘間距離、上肢を体側に下垂した両脚立位を初期姿勢とした。対象者は、3 秒以上の両脚立位の後、片脚立位を開始した。3 回実施した。三次元動作解析システムと 2 枚の床反力計を同期させ、COM と COP を算出した。APAs の開始のタイミング (APA_{onset}) は、COP が安静時から 2 倍の標準偏差を超えて遊脚側へ偏移した時点とした。APAs の終了 (T_1) は、COP が COM を支持脚側へ追い越した時点とし、 APA_{onset} から T_1 までを APAs 相とした。COP - COM 間距離を両上前腸骨棘間で正規化し (%ASIS), APAs 相の力積 [%ASIS*秒] と単位時間あたりの力積を算出した。群間比較に一元配置分散分析を使用し、多重比較には Tukey 法を用いた。危険率は 5% とした。

【結果】 APA_{onset} 、力積、および単位時間あたりの力積いずれも群間の有意差が認められた。 APA_{onset} は、小児の全群において成人群よりも有意に遅かった ($p < 0.05$)。力積は、7-8 歳群が、3-4 歳群よりも有意に大きかった ($p < 0.05$)。7-8 歳群、9-10 歳群、成人群との間には有意差は認められなかった。単位時間あたりの力積は、7-8 歳群が、3-4 歳群と成人群よりも有意に大きかった ($p < 0.05$)。

【考察】APAs の潜時の調節は、振幅の調節よりも遅いことが示された。これは、16 歳でも SMA や基底核が未成熟であることに起因していることが示唆される (Sowell et al., 1999)。7-8 歳群は、COM の加速度を成人同等に高めるために、APAs の潜時の短縮に対し、大きな COP - COM 間距離を産生していることが示唆される。APAs を評価するためには、「予測的時間調節」と「予測的筋出力調節」の観点から両方とも分析することが重要となる。

【結論】APAs の潜時と振幅の調節の発達は異なる。片脚立位動作時の APAs による振幅の調節は 8 歳までに成熟する。一方、APAs の潜時の調節は 10 歳でも成人同等の調節が獲得されていない。

【倫理的配慮, 説明と同意】研究に参加した全ての対象者、および対象者の親に研究目的及び手順について十分に説明し、インフォームドコンセントおよびインフォームドアセントを得てから、書面にて同意を得た。実験で得られたデータは研究活動のみで使用し、学会や論文発表などにおいて公表する場合には、個人を特定できないように対処しプライバシー保護に配慮する。本研究は所属機関の倫理委員会の承認を得ている (17-11-1, 28-2-52)。

若年者と高齢者における側方ステップ動作開始時の姿勢制御

蓮田 聡峰¹⁾・山本 澄子²⁾

1) 医療法人社団 一成会 たちばな台病院
2) 国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 保健医療学専攻 福祉支援工学分野

Key words / 側方ステップ動作, 姿勢制御, 先行随伴性姿勢調節

【はじめに、目的】動作開始時の姿勢制御には、先行随伴性姿勢調節 (APA) と呼ばれるものがあり、動作開始時に床反力作用点 (COP) がステップ側に変位し、支持脚への重心 (COG) 移動が起こるとされている。APA は初期重心位置や左右下肢荷重量の違いにより制御が異なると報告があるため、一側下肢を対象とした分析ではなく左右それぞれの運動戦略を分析する必要がある。本研究は、安静立位時の下肢荷重量に着目し、支持脚が高荷重側及び低荷重側となる場合の側方姿勢制御の特徴を、運動学・運動力学的に分析し、若年者と高齢者の前額面上姿勢制御の違いを明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は、若年者 10 名 (24.6 ± 2.5 歳)、高齢者 18 名 (70.8 ± 3.8 歳) とした。計測課題は静止立位と側方ステップ動作とした。使用機器は赤外線カメラ 8 台で構成される三次元動作解析装置 VICON (VICON 社製)、及び 2 枚の床反力計 (AMTI 社製) を用いた。静止立位データから荷重率を算出し、50% 以上を高荷重側、以下を低荷重側と定義した。側方ステップ動作は最大速度で実施し、ステップ幅を転子下長の 50% とし、左右 5 回ずつ無作為に実施した。解析区間は動き始めから足底離地までとし、左右方向の COP・COG 変位量 (%), 上部体幹・骨盤中心点の並進移動距離 (%) を算出し、左右第 5 中足間距離で正規化を行った。さらに体幹・骨盤傾斜角度 (°) を算出した。側方ステップ動作開始時の比較は、年齢と荷重量の違いを 2 要因とした二元配置分散分析反復測定法を用いた。交互作用がみられた場合、荷重差の違いで差があるかを、対応のある t 検定で分析した。交互作用がみられない場合、要因ごとに主効果の有無を確認した。有意水準は 5% とした。

【結果】支持脚への COG 変化量、上部体幹中心並進移動距離に交互作用がみられた。若年者は COG 変化量が高荷重側より低荷重側が支持脚となった場合に増大し、高齢者は上部体幹中心並進移動距離が増大した。交互作用はなかったが、体幹傾斜角、COP ステップ側及び支持脚への変化量は荷重量の違い、年齢間に主効果が認められ、骨盤傾斜角は年齢間に主効果が認められた。高荷重側より低荷重側が支持脚となる場合、支持脚及びステップ脚側への COP 変位量、支持脚への体幹傾斜角度が増大した。また若年者より高齢者の方が、ステップ側への COP 変位量、支持脚への体幹・骨盤傾斜角度が増大し、支持脚への COP 変位量は減少した。骨盤中心並進移動距離に主効果はなかった。

【考察】高荷重側と比較して低荷重側が支持脚となる場合、若年者は COG 移動量が大きかった。立位時の初期重心位置から動作開始時の COG 移動量を調整していることが考えられる。高齢者は低荷重側を支持脚とする場合、支持脚への上部体幹中心並進移動距離が増大した。高齢者は体幹の移動や角度変化を増大させることで、COG 移動量を調整していることが示唆された。

【結論】若年者は身体の角度変化を小さくして左右下肢に重心を移動するのに対して、高齢者は上部体幹の支持脚への変位量を増大させる戦略を用いることが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】すべての対象者にはヘルシンキ宣言をもとに、本研究の趣旨を口頭及び紙面で説明し、同意が得られた者のみを対象として計測を行った。尚、本研究は国際医療福祉大学倫理委員会の承認を得て行った (承認番号 16-Ig-131)。開示すべき利益相反はない。

歩行時の下肢の協調性と転倒リスクの関連 -Uncontrolled manifold analysis を用いた検討-

山縣 桃子¹⁾・建内 宏重¹⁾・清水 巖郎²⁾・佐伯 純弥³⁾
市橋 則明¹⁾

- 1) 京都大学大学院
2) 福井総合クリニック
3) 早稲田大学スポーツ科学学術院

Key words / 歩行, 転倒, 協調性

【はじめに、目的】

躓きは転倒の一因であり、転倒防止には下肢セグメントの協調的な運動により遊脚足部を制御する必要がある。下肢セグメントの運動が遊脚足部の安定性にどれだけ寄与しているかを調査する解析方法として、uncontrolled manifold analysis (UCM 解析) という方法があり、下肢セグメントから得られる変動性を、遊脚足部の安定性を阻害しない変動性 (V_{UCM}) と阻害する変動性 (V_{ORT}) に分類する。運動学習が進んだ場合、まず V_{ORT} が減少し、その後 V_{UCM} が減少することが報告されており、 V_{UCM} と V_{ORT} が学習の成熟度を評価する指標となることが示唆されている。一方、加齢によって歩行時の V_{UCM} が増加することが報告されており、 V_{UCM} と V_{ORT} は転倒リスクを評価する指標となる可能性がある。本研究の目的は、歩行時の V_{UCM} と V_{ORT} が転倒の発生と関連するかを調べることにした。

【方法】

高齢者 30 名が計測に参加し、1 年後、転倒の有無を調べるためにアンケート調査を行った。アンケートの回答が得られた 28 名に対し、転倒歴のあった高齢者を転倒群 (12 名)、なかった高齢者を非転倒群 (16 名) に分類した。ベースラインの計測では、6m の歩行路を快適速度で 20 回歩行し、三次元動作解析装置により運動学的データを収集した。解析には遊脚期を用い、歩行速度と遊脚足部の変動性 (FSD) を計算した。先行研究に従い、下肢セグメントと左右方向の遊脚足部の関連を調査するために、UCM 解析を用いて V_{UCM} と V_{ORT} を算出し、遊脚期を遊脚前期・中期・後期に分けた。1 年間における転倒の有無を従属変数とし、遊脚各期の V_{UCM} 及び V_{ORT} を独立変数としたロジスティック回帰分析を行った。さらに、歩行速度と FSD で調整した多変量ロジスティック回帰分析も行った。有意水準は 0.05 とした。

【結果】

歩行速度と FSD で調整後においても、遊脚前期・中期の V_{UCM} と転倒に有意な関連がみられ、 V_{UCM} が大きいほど将来の転倒リスクが増大することが分かった。他の変数には有意差はみられなかった。

【考察】

V_{UCM} は転倒と関連し、特に遊脚前期と中期の V_{UCM} が高いほど転倒リスク増大に繋がること分かった。若年者が難易度の高い歩行を実施する際、通常歩行よりも遊脚前期から中期の V_{UCM} が増加したと報告されている。 V_{UCM} は中枢・末梢神経系の変化に影響されるため、これは難易度増加に対処するための神経系機構・動作戦略の変化を反映していると考えられている。単純な通常歩行であっても高い V_{UCM} を要した本研究の転倒群は、難易度の高い歩行に直面した際にさらに V_{UCM} を増加させられず、転倒に繋がる可能性が示唆された。

【結論】

遊脚前期と中期の V_{UCM} は転倒リスクと関連していることが明らかになった。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に則って実施し、本学医学部医の倫理委員会による承認を受けて行った。対象者に対して研究の主旨や目的の説明を十分に行い、書面にて同意を得た。

静的・動的タイミング一致課題における加齢の影響 - 転倒との関連-

竹林 秀晃¹⁾・澤田 拓也²⁾・滝本 幸治¹⁾・奥田 教宏¹⁾
宮本 謙三¹⁾・宅間 豊¹⁾・井上 佳和¹⁾・宮本 祥子¹⁾
岡部 孝生¹⁾・渡邊 家泰¹⁾

- 1) 土佐リハビリテーションカレッジ 2) 南国中央病院

Key words / タイミング一致課題, 高齢者, 転倒

【はじめに、目的】

日常生活の中では、さまざまな外的要因に対してタイミングを合わせるタイミング一致動作を行っている。過去のタイミング一致に関する研究では、ボタン押しを行う静的な一致タイミング課題中心であり、動的要素や加齢の影響についての報告は少ない。

本研究では、静的課題と動的課題のタイミング一致能力の加齢変化と転倒経験との関係について確認することを目的とした。

【方法】

対象者は健康な若年者 30 人 (男性 19 人、女性 11 人、平均年齢 21.6 ± 歳) と地域在住の日常生活が自立している高齢者 30 人 (74.7 ± 歳) とした。高齢者は過去 1 年間に 1 回以上の転倒歴のある転倒群 8 人 (年齢 76.1 歳) と転倒歴のない非転倒群 22 人 (年齢 74.1 歳) の 2 群に振り分けた。

被験者は前方 2m、高さ 1m に 3cm 間隔で設置された 5 つのランプを見て、開始点 (被験者の右斜め前方 45 度) から 0.5 秒間隔で順に点灯してくるランプに対して、5 つ目の到達点 (被験者の正面前方) のランプの点灯に合わせて行うタイミング一致課題を静的課題 (手元に設置したボタン押し) と動的課題 (立位状態から前下方に設置しているセンサーマットへのジャンプ動作) を行った。

データ計測は、マルチパスシステム (DKH 社製) を使用し、各課題を 5 回計測し、適切に計測できた 3 回平均値を代表値とし、到達点のランプの点灯と静的・動的課題の時間誤差 (絶対誤差) を算出した。統計学的分析は、若年者・高齢者 (転倒群と非転倒群) それぞれの静的課題と動的課題の絶対誤差の比較を繰り返しの二元配置分散分析と多重比較法を用いて検討した。なお、有意水準は 5% 未満とした。

【結果】

静的課題より動的課題においてタイミング一致の誤差は大きくなり、若年者群と転倒群では有意に大きいが ($p < 0.01$)、非転倒群では有意差は認められなかった。静的課題では若年者群と比較して高齢者群 (非転倒群・転倒群) で誤差が有意に大きくなり ($p < 0.01$)、転倒群で最も誤差が大きかったが、転倒群と非転倒群間では有意差は認められなかった。動的課題でも転倒群で最も誤差が大きくなり、若年者群と非転倒群との間では有意差を認めないが、若年者群・非転倒群と転倒群との間で有意差を認めた ($p < 0.01$)。

【考察】

静的課題においては、若年者群と比較して高齢者群で誤差が大きいことは加齢による影響が大きいことを示している。一方、非転倒群では静的課題と動的課題の間では有意差を認めないにも関わらず、動的課題においては、転倒群で誤差が有意に大きいことは、動的なタイミング一致が転倒に関与する可能性を示唆している。

【結論】

加齢によりタイミング一致課題は、誤差が大きくなる。特に動的タイミング一致課題は、転倒との関係性が深い可能性があるため、評価・トレーニングの視点として重要であると思われる。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は、本学研究倫理委員会の承認 (承認番号 TRC101606) を得た上で、対象者には事前に書面・口頭にて説明、同意を得た。

変形性膝関節症における立ち上がり動作の運動学的・運動力学的・筋電図的变化: システマティックレビュー

園尾 萌香^{1,2)}・飯島 弘貴^{3,4)}・金村 尚彦⁵⁾

- 1) 埼玉県立大学大学院保健医療福祉学研究所
 2) 理化学研究所 CBS トヨタ連携センター
 3) 慶應義塾大学 理工学部 システムデザイン工学科
 4) 日本学術振興会 特別研究員
 5) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

Key words / 変形性膝関節症, システマティックレビュー, 立ち上がり動作

【はじめに、目的】

変形性膝関節症(膝 OA)は膝関節におけるメカニカルストレスの蓄積に伴う軟骨厚減少を病態とする。大きなモーメントが必要で動的要素の強い立ち上がり(STS)動作は、膝 OA の動作時特徴を明らかにする上で着目すべき重要な日常生活動作の1つである。動作特徴の明瞭化は病態と動作との関係性や理学療法介入に対する新たな視点を与える可能性がある。そのため本研究では、膝 OA が STS 動作時にどのような運動制御を行っているかを運動学的・運動力学的・筋電図の側面から明らかにすること目的としてシステマティックレビューを行った。

【方法】

膝 OA 患者(膝 OA 群)と健常高齢者(対照群)の英語で執筆された症例対照試験のうち、STS 動作の運動学・運動力学・筋電図を結果に含む研究を対象とした。PubMed, PEDro, CENTRAL, CINAHL の電子データベースを用いて、2017 年 12 月までに出版された文献の系統的検索を行った。抽出論文において同一評価指標結果が 2 つ以上存在した運動時間、矢状面下肢関節モーメント・関節運動域、体幹最大前傾・側屈角度に対しては、Review Manager を用いてメタアナリシスを実施した。また、各統合項目に対しては GRADE を用いて 2 人の評価者が独立的にエビデンスを評価した。

【結果】

初期検索にて 526 編の論文を同定し、最終的に 15 編を抽出した。対照群と比較したメタアナリシスの結果は、膝 OA 群が重症度の低い下肢側への側屈角度と体幹前傾角度を有意に増加させ、膝関節モーメントが有意に小さいパターンを取ることを示した。また、記述的統合では、膝 OA 群は STS 動作における膝関節周囲筋の %MVC が高いこと、膝関節へのエネルギー伝達が不足していることを示した。なお、GRADE によるエビデンスはすべての統合項目で very low であった。

【考察/結論】

GRADE のよるエビデンスレベルが低いため慎重に解釈する必要があるが、膝 OA 患者はおそらく体幹の前傾と側屈を増大した立ち上がり運動方略を取ることに起因して、膝関節のモーメントが対照群よりも低減されていると考えられる。しかしながら一方で、時間的効率性や膝関節に対する力学的効率性、筋活動的効率性は対照群と比較して低いことを膝 OA 群の動作特徴として示した。このことは、膝関節モーメントが小さいことがエネルギー伝達の良好さや筋活動低減に直結していないことを意味するため、膝関節モーメントの大きさを解釈する際には注意を払う必要があると考えられる。さらに、膝 OA は立ち上がり動作において膝関節周囲の筋活動低減や力学的効率性の良好さを運動制御の目的変数としていない可能性があることを示唆している。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究はヒトを対象としていないため、該当項目は存在しない。

脳卒中片麻痺患者における split-belt 歩行時の leg swing と体幹回旋の位相関係

平田 恵介¹⁾・埴 大樹^{1,2)}・宮澤 拓³⁾・国分 貴徳⁴⁾
 久保田 圭祐¹⁾・園尾 萌香¹⁾・江連 亜弥^{1,5)}・金村 尚彦^{1,4)}

- 1) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究所
 2) 日本学術振興会特別研究員
 3) 上尾ニッ宮クリニック
 4) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科
 5) 介護老人保健施設 シルバーケア敬愛

Key words / 片麻痺, split-belt, 歩行

【はじめに、目的】トレッドミル歩行中に速度が左右非対称化する split-belt でヒトは円滑な歩行適応をすることができ、歩行の運動学習を実証する実験的手段である。脳卒中片麻痺患者において健常人同様に split-belt での歩行適応能力を有することが自明となり、近年この特性を片麻痺歩行の非対称性改善に応用する試みがされているが、得られる効果に患者特異性があり、プロトコルの確立に至っていない。本研究は下肢と体幹回旋運動の逆位相関係に着目し、split-belt によって操作される片麻痺患者の下肢の変化が体幹回旋に与える影響を検証した。

【方法】慢性期片麻痺(hemi)患者 8 名、健常成人 10 名に対し床反力計付ダブルベルトトレッドミル(1000Hz)にて通常歩行 2 分間(tied-belt)、続いて麻痺側(健常人は左側)が倍速に変化し、非対称歩行を 5 分間(split-belt)行った。三次元動作解析装置 VICON(100Hz)を用い、裸に貼付したマーカーから下肢の前後振幅(leg swing)と、Plug In Gait Full Body AI model によって出力された体幹回旋角度(胸部と骨盤の相対角)を抽出した。Pearson の積率相関係数を用いて下肢と体幹回旋の位相を分析し、t 検定で tied-belt と split-belt の違いを分析した($p < 0.05$)。

【結果】左右の leg swing は健常人(tied=-0.87, split=-0.89, $p < 0.05$)に対し、hemi(tied=-0.72, split=-0.77, $p < 0.05$)と同様に split によって逆位相が高まった。一方、leg swing と体幹回旋は健常人(tied=-0.86, split=-0.89-0.93, $p < 0.05$)に対し、hemi の麻痺側(tied=-0.65-0.71, split=-0.65-0.73, $p = 0.89, 0.72$)、非麻痺側(tied=-0.64-0.68, split=-0.65-0.68, $p = 0.86, 0.91$)と、hemi の逆位相関係は低く、tied と split の有意差はなかった。

【考察】健常人では体幹回旋とベルトが高速化する側の下肢は強い逆位相関係にあることが、先行研究から明らかにされているが、本結果では片麻痺患者の場合は麻痺側、非麻痺側いずれにベルトが高速化する側を条件設定したとしても、通常歩行時から逆位相関係は高まることはなかった。また速歩課題により片麻痺患者の麻痺側、非麻痺側下肢の機能差が改善することは先行研究により既知であり、本研究でも split によって両下肢の逆位相性は強化されたため、下肢と体幹の逆位相性が変化しなかった要因は split-belt による体幹回旋運動の変化が健常人と異なっていたことに起因する。歩行時には下肢に加え上肢との位相関係が interlimb coordination によって担保されており、片麻痺患者では麻痺側上肢の swing に制限を来し、非麻痺側は平行棒を把持していたことが、体幹回旋の変化を妨げていたと推察される。

【結論】Split-belt を用いた歩行適応の研究の主眼は運動制御であるため、立脚時間やステップ長といった結果的に発現される雑多な時空間パラメータの結果で論じられてきた。本研究では運動学的分析によって片麻痺患者と健常人の結果の相違を明らかにしたことで、今後片麻痺患者に応用する際の適応基準や設定条件の一助となると考える。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言に則って計画され、所属機関倫理審査委員会の承認(承認 No.29501)を経、対象者に書面にて同意を得た上で実施した。

経頭蓋交流電気刺激による運動学習能力の変調

菅田 陽怜¹⁾・八木 和広²⁾・矢澤 省吾³⁾・長瀬 泰範⁴⁾
池田 尊司⁵⁾・松下 光次郎⁶⁾・川上 健二¹⁾・河上 敬介¹⁾

1) 大分大学福祉健康科学部理学療法コース 2) 潤和会記念病院臨床検査室
3) 潤和会記念病院神経内科 4) 潤和会記念病院リハビリテーション療法部
5) 金沢大学こどものこころの発達研究センター
6) 岐阜大学工学部機械工学科知能機械コース

Key words / 運動学習, 経頭蓋交流電気刺激, 脳律動変化

【はじめに、目的】

近年、一次運動野の α 、 β および γ 帯域の脳律動をターゲットとした経頭蓋交流電気刺激(tACS)が運動機能を変調することが明らかにされつつある。一方で、tACSによって生じる運動機能の変化と脳機能との関連を詳細に調べた研究は無い。そこで、本研究では、tACSによる運動学習能力の変化と脳機能との関連について脳磁図を用いて詳細に調べることとした。

【方法】

52名の健常成人が本研究に参加した。被験者はそれぞれ、10Hz、20Hz、70HzでのtACS群と偽刺激群に無作為に振り分けられた。各被験者の運動学習能力を評価するために、tACS介入前後に系列反応時間課題(SRTT)を行い、その際の脳活動を脳磁図(ELEKTA, Neuromag)にて計測した。tACSの刺激電極は左の一次運動野、参照電極は右前頭部に配置し、1mAの強度で10分間刺激を行った。運動解析ではtACSに伴うボタン押し反応時間の変化を算出し、脳律動解析では空間フィルタ解析とヒルベルト変換を用いて、tACS前後の事象関連同期(ERS)および事象関連同期(ERD)の変化を調べた。

【結果】

偽刺激群と比較して70Hz-tACS群でtACS介入後に有意なボタン押し反応時間の短縮が認められた($p < 0.05$)。また、脳律動解析の結果、70Hz-tACS群において刺激後の β 帯域のERDの有意な減少が認められた($p < 0.05$)。

【考察】

運動学習の際には一次運動野における興奮性シナプスと抑制性シナプスの活動バランスの可塑的变化が生じることが知られており、これらの変化には β および γ 帯域の脳律動変化が関与することが指摘されている。本研究においては、 γ 帯域をターゲットとした70Hz-tACS群において運動学習能力の向上が認められ、またその際の β -ERDに有意な変化が認められた。近年、tACSは周波数特異的に脳律動の変調を引き起こすという報告がある一方、刺激周波数とは別の周波数成分に影響を及ぼす(cross-frequency modulation)ことも報告されている。本研究では、70Hz-tACSによって β 帯域の脳律動が変調されたことから、cross-frequency modulationによって興奮性シナプスと抑制性シナプスの活動バランスに可塑的变化が生じて、運動学習能力が変調された可能性がある。

【結論】

70HzでのtACS介入が偽刺激と比較して有意な運動学習能力の向上を示した。脳卒中患者など、運動機能障害を有する患者へのリハビリ介入前に70HzでのtACSを行うことでリハビリの効果を更に向上させる可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究計画は全て、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に従って大分大学医学部倫理審査委員会による倫理審査を受け、承認を得たうえで実施した。研究計画は全てヘルシンキ宣言に則り、被験者には研究目的・方法・研究によって起こり得る事象を文書により説明し、文書にて同意を得たうえで実験を実施した。

小脳への経頭蓋直流電流刺激が静止立位時の重心動揺に与える影響

犬飼 康人^{1,2)}・大鶴 直史^{1,2)}・齊藤 慧^{1,2)}・小島 翔^{1,2)}
宮口 翔太^{1,2)}・大西 秀明^{1,2)}

1) 新潟医療福祉大学 理学療法学科
2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

Key words / 小脳, 経頭蓋直流電流刺激, 姿勢制御

【はじめに、目的】

経頭蓋直流電流刺激(tDCS)は、大脳皮質の興奮性を増減させることができる非侵襲的脳刺激法である。tDCSの刺激効果は、刺激電極の極性に依存しており、陽極(Anodal)電極直下の神経活動を増強させることが可能である。近年では、tDCSの対象領域は大脳皮質のみならず小脳へも拡がりを認めているが、小脳へのAnodal tDCSが静止立位時の重心動揺に与える影響は明らかとなっていない。本研究の目的はAnodal tDCSにて小脳活動を増強させた際に、静止立位時の重心動揺にどのような影響を与えるのかを検証することである。

【方法】

対象は健常若年者15名とした。tDCSにはDC-Stimulatorを使用し、刺激条件はAnodal条件とSham条件の2条件とした。tDCSの刺激強度は2.0mA、刺激時間はAnodal条件時20分、Sham条件時30秒とした。電極貼付位置は、Anodal電極を外後頭隆起の2cm下方、対極電極を前頭部とした。各刺激条件は被験者毎にランダムに実施し、各条件間は3日以上間隔を空けて測定を実施した。各刺激前後に静止立位での重心動揺測定(開眼・閉眼)を2回ずつ行い、実効面積、総軌跡長、左右平均動揺速度、前後平均動揺速度の平均値を算出した。反復測定三元配置分散分析[刺激(Anodal, Sham)、視覚(開眼, 閉眼)、時間(刺激前, 刺激後)]を行い、事後検定には対応のあるt検定を用いた。有意水準はいずれも5%とした。

【結果】

反復測定三元配置分散分析の結果、総軌跡長と前後平均動揺速度に交互作用(刺激×視覚×時間)を認めた($p < 0.05$)。開眼時の総軌跡長と前後平均動揺速度は、Anodal条件、Sham条件のどちらも刺激前後での有意な変化を認めなかった。一方、閉眼時の総軌跡長ならび前後平均動揺速度はSham条件では有意な変化を認めなかったのに対し、Anodal条件では刺激前に比べて刺激後に総軌跡長と前後平均動揺速度は有意に減少した($p < 0.01$)。

【考察】

静止立位時の姿勢制御には、視覚、固有受容感覚、前庭感覚情報などの感覚情報が関与する。本研究では、視覚情報を遮断した閉眼立位でのみAnodal tDCS後に総軌跡長ならび前後平均動揺速度が有意な減少を認めたことから、視覚以外の固有受容感覚もしくは前庭感覚情報の変化が重心動揺(総軌跡長、前後平均動揺速度)の減少に関与している可能性が考えられる。小脳へは固有受容感覚と前庭感覚のどちらもが入力されることが明らかとなっている。Anodal tDCSにより小脳皮質の活動性が増強させたことにより、入力される固有受容感覚、前庭感覚が増幅され、静止立位時の重心動揺が減少した可能性が示唆される。

【結論】

小脳へのAnodal tDCSは閉眼立位時の総軌跡長ならび前後重心動揺速度を有意に減少させることが明らかとなった。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に則り、被験者に実験内容を十分に説明し、同意を得た上で行った。なお、本研究は新潟医療福祉大学倫理委員会の承認を得ている(承認番号17750-161007)。

Quadripulse Stimulation (QPS) と拡張現実リハビリテーションシステム (KiNvis) を用いた治療介入による脳機能結合の変化 - 脳卒中患者一症例における検討 -

米田 将基^{1,2,3)}・金子 文成^{1,2)}・新藤 恵一郎^{1,2)}
岡和田 愛実^{1,2)}・赤星 和人^{1,2)}・里宇 明元¹⁾

- 1) 慶應義塾大学 医学部リハビリテーション医学教室
2) 湘南慶育病院 リハビリテーション部
3) 慶應義塾大学大学院 医学研究科

Key words / 脳機能結合, 脳卒中, ニューロリハビリテーション

【背景と目的】

安静時磁気共鳴画像法 (rs-fMRI) で脳血流の自立的変動を計測することにより、脳内の機能結合として解析することができる。一次運動野 (M1) の左右半球間での脳機能結合は、反復 4 連発磁気刺激 (QPS) により低下する。一方、右側上肢に対する KiNvis は左側の運動前野 (PM) や補足運動野 (SMA), 上頭頂皮質 (SPC) などの脳活動を惹起させる。どちらも脳卒中患者の運動機能改善に効果があるとして、臨床研究が行われている。以上より QPS や KiNvis 療法は脳卒中患者においても、M1 の左右半球間での脳機能結合や、PM, SMA, SPC 間の脳機能結合に影響を与えられ考えられる。本研究の目的は、QPS と KiNvis 療法を行った脳卒中患者における脳機能結合の変化を明らかにしていくための予備的データを得ることである。

【方法】

対象は 60 代男性で、発症から 5 か月が経過し、歩行は補装具なしで自立していた。介入は QPS, KiNvis, 運動療法の順で計 10 日間実施した。QPS は 4 連発の刺激間隔を 5ms とし、損傷半球 M1 に対し計 1440 発実施した。KiNvis は計 20 分間実施した。非麻痺側の手指が運動する映像を反転させ、麻痺手指上に重ね合わせて提示した。運動療法は電気刺激を併用した課題指向型練習を中心に 60 分間実施した。介入前後に、上肢運動機能と脳機能結合を評価した。上肢運動機能の評価は Fugl-Meyer Assessment (FMA) 上肢運動機能項目, Action Research Arm Test (ARAT), Box and Block Test (BBT) を用いた。rs-fMRI には 1.5T の MRI 装置 (GE Healthcare 社製) を使用した。解析は、過去の研究を参考に両側の M1, SMA, 背側 PM (PMd), 腹側 PM (PMv), SPC に関心領域 (ROI) を配置し、ROI 内の平均 BOLD 信号を算出した。得られた信号を元に ROI 間の Fisher Z 変換した相関係数を算出し、脳機能結合の指標とした。

【結果】

運動機能は ARAT, BBT で改善し、臨床的に意義のある最小変化量を上回った。各項目の評価値を介入前/介入後で示す (FMA: 14 / 17, ARAT: 13 / 35, BBT: 2 / 16)。脳機能結合は損傷半球 M1 と非損傷半球 M1 間で増加した (+0.25)。また、損傷半球内の PMd と SPC 間, PMv と SPC 間で低下した (-0.42, -0.23)。

【考察】

脳卒中患者を対象とした先行研究では、運動機能の改善と M1 の左右半球間での脳機能結合の変化量に正の相関があり、FMA が 5 点増加した際に脳機能結合は 0.1 増加すると報告されている。今回の一症例において、FMA3 点の増加に対し脳機能結合は 0.2 以上増加しているが、M1 の左右半球間での脳機能結合が、運動機能改善を反映するかどうかについては引き続き研究が必要である。一方、KiNvis 実施中に活動する ROI 間での変化も認められた。脳卒中患者を対象とした研究において、損傷半球側 PM の脳活動と運動機能回復との関連性が報告されており、今後は症例数を増やした検討が必要である。

【結論】

1 症例に対し QPS と KiNvis 療法を実施したところ、臨床評価の改善とともに脳機能結合の変化を認めた。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は「ヘルシンキ宣言」あるいは「臨床研究に関する倫理指針」に沿って実施され、湘南慶育病院倫理委員会の承認を得た。データ収集、公表では個人情報特定できないように匿名化を行った。

随意的筋弛緩における大脳皮質運動野の興奮性変化と電気刺激付与による影響の検討

引地 隼矢^{1,4)}・安井 崇人^{2,4)}・岩崎 理紗³⁾・鈴木 智高⁴⁾
菅原 恵一⁴⁾

- 1) 景翠会 金沢病院 2) 東京湾岸リハビリテーション病院
3) 済生会 神奈川病院 4) 神奈川県立保健福祉大学 大学院

Key words / 随意的筋弛緩, 経頭蓋磁気刺激, 電気刺激

【はじめに, 目的】

筋緊張異常は、脳血管疾患による痙縮等で生じ、筋収縮制御と同時に筋弛緩制御が動作の円滑な遂行に重要となる。近年、筋弛緩に対し、電気刺激の有効性が検討されているものの神経生理学的な検証は少ない。そのため、本研究では、一定の筋収縮と併せて電気刺激を行い、そこから随意的弛緩を実施させ、筋弛緩に関わる中枢神経系の制御動態を、経頭蓋磁気刺激 (TMS) による運動誘発電位 (MEP) と、反応時間 (RT) の変化を指標として検討を行った。

【方法】

対象は健康成人 34 名 (男性 19 名、平均年齢 24.7 ± 3.7 歳) であった。運動課題は座位で手関節掌屈 20% 最大筋収縮 (MVC) を保持し、反応音により随意的弛緩を行う反応課題とした。この随意運動中に併せて電気刺激 (ES) を付与した。ES は刺激部位を主動作筋である橈側手根屈筋 (FCR) に付与する群、拮抗筋である橈側手根伸筋 (ECR) に付与する群、さらに、電気刺激を付与しない Control 群の 3 群 (主動作筋 ES 群: n=12, 拮抗筋 ES 群: n=11, Control 群: n=11) とした。刺激パラメータは、強度を運動閾値の 1.1 倍とし、周波数を 100Hz、パルス幅を 1ms とした。そして、運動課題の前後に、安静時と手関節掌屈 5% MVC 時に、FCR と ECR の 2 筋から TMS による MEP を同時記録し実施後効果の検討を行った。TMS は Magstim200 (Magstim 社製) を使用し、刺激コイルは 8 の字コイルを用いた。MEP 計測は誘発筋電計 (日本光電社製) を使用した。また、安静時と手関節掌屈 5% MVC 時に、肘部にて右正中神経への電気刺激を行い、FCR から導出される H 波を測定した。さらに、反応音後に筋張力が 50% 減衰するまでの時間を RT として測定した。

データ解析は、RT の値、MEP の最大振幅値、さらに H 波を Mmax の値で除した H/Mmax 振幅比 (H/M 比) のそれぞれを運動課題前後で除した値 (post/pre) を各項目にて算出した。統計解析はそれぞれの項目において ES 要因による一元配置分散分析を用い、さらに Bonferroni 法による多重比較を行った。尚、有意水準は 5% 未満とした。

【結果】

RT は、拮抗筋 ES 群が主動作筋 ES 群に対し、有意な遅延を認めた。主動作筋の MEP は、安静時に有意差は認められなかったが、随意収縮時に拮抗筋 ES 群が主動作筋 ES 群に対し有意な低下を認めた。さらに、H/M 比では、3 群に有意差は認めなかった。

【考察】

今回の実験から、持続的な筋収縮から随意的弛緩を行う際に、拮抗筋に電気刺激を付与することでその弛緩を早期化させることが示唆された。さらに、主動作筋において、主動作筋 ES 群と拮抗筋 ES 群ともに H/M 比の変化および安静時の MEP に有意差がなかった。一方、随意収縮時において MEP は拮抗筋 ES の際に有意な低下を認めたことから、拮抗筋 ES を付与することにより、随意収縮時の主動作筋の運動野に抑制が生じることが示唆された。

【結論】

持続的な筋収縮から随意的弛緩を行う際に、拮抗筋に電気刺激を付与することの有効性が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に則り、神奈川県立保健福祉大学研究倫理審査委員会の承認 (承認番号 保大第 29-20) を得て実施した。対象者には研究内容を十分に説明し、実験参加への同意を得た。

運動課題の難度の違いによる学習とH反射の変化への影響

浅井 直樹^{1,2)}・鈴木 智高¹⁾・菅原 憲一¹⁾1) 神奈川県立保健福祉大学保健福祉学研究所
2) 神奈川リハビリテーション病院研究部リハビリテーション工学研究室

Key words / 運動学習, H反射, 平衡運動課題

【はじめに、目的】

運動学習と下位運動中枢の興奮性変化については一定の関係性が示されているが、学習の対象となる運動課題の難易度の相違に伴う運動学習とH反射の変化については明らかになっていない。本研究の目的は、難度の異なる同一運動課題を反復練習した前後におけるH反射の変化を検討することとした。

【方法】

対象は健康成人21例であった。難度の高い条件(難条件)；高難度群と難度の低い条件(易条件)；低難度群の2群に分け、各条件で平衡運動課題の練習を行った。平衡運動課題は、不安定板上に立位を取りモニター上に示されるドットの動きに合わせて不安定板の傾き(加速度計)を調整することにより追従することとした。不安定板は底部のパーツを付け替えることで2種類に難度を変えた。練習前後の評価として、両群ともに難条件と易条件の両課題のパフォーマンスを評価した。また、ヒラメ筋H反射の導出を課題遂行時に実施し、表面筋電図(僧帽筋、三角筋、腰部脊柱起立筋、腹直筋、外側広筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、ヒラメ筋)計測を同時に行った。H反射導出は該当する各条件で行った。なお、H反射は膝窩部にて脛骨神経をM波閾値の1.2倍の強度で刺激した。刺激のタイミングはコンピュータプログラム(Labview)により重心の前方移動における同一時点に行った。結果の解析については、H反射と各筋電図は、練習前後と群間の2要因について二元配置分散分析によって検討した。パフォーマンスについては練習前後の変化比を算出し、群間と課題難度の2要因について二元配置分散分析によって検討した。なお、統計学的有意水準は5%とした。

【結果】

H反射については、有意な交互作用が認められ、練習後における群間、高難度群における練習前後に単純主効果が認められた。表面筋電図については、前脛骨筋において有意な交互作用が認められ、練習前における群間、練習後における群間、高難度群における練習前後に単純主効果が認められた。パフォーマンスの変化比については、有意な交互作用が認められ、易条件における群間、低難度群における課題難度に単純主効果が認められた。

【考察】

H反射の変化から、運動課題の難度の相違に伴って下位運動中枢の変化動態は異なることが考えられた。また、両条件間で前脛骨筋の活動は特異的な変化を示した。さらに、易条件でのみ学習の課題特異性が認められ、学習の達成度に対して課題の難度が影響していることが確認された。課題難度の相違により、学習の達成度は異なるとともに下位運動中枢のメカニズムが相違することが考えられた。この結果は臨床場面において、運動学習を図る場合にその課題の難度を十分に考慮する必要があることを示唆するものである。

【結論】

同一運動課題であってもその課題難度の相違により、運動学習前後での脊髄運動神経の興奮性は異なる変動動態を示すことが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】

本症例に対する介入は神奈川県立保健福祉大学倫理委員会の承認のもと実施したものである(承認番号:保大第29-40)。対象者にはヘルシンキ宣言に基づいて、本研究の概要について書面および口頭にて説明を行い、参加の同意を得た。

同時収縮中の収縮強度の割合がIa相反抑制とD1抑制に与える影響

平林 怜^{1,2)}・江玉 睦明^{1,2)}・小島 翔^{1,2)}・伊藤 涉^{1,2)}
中村 絵美^{1,2)}・菊元 孝則^{1,2)}・大西 秀明^{1,2)}1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科
2) 新潟医療福祉大学 運動機能医学研究所

Key words / 同時収縮, Ia相反抑制, D1抑制

【はじめに、目的】痙性疾患、小脳性失調症、パーキンソン病、脊髄損傷などの上位運動ニューロン障害では、主動作筋のみの運動が要求される時、拮抗筋に対して抑制が働かず、過剰な同時収縮を引き起こす。我々は前脛骨筋(TA)とヒラメ筋(Sol)の筋活動量を同程度にした最大随意収縮(MVC)の15%MVC以下でIa相反抑制が機能し、30%MVCでIa抑制が機能しないことを明らかにした。しかし、同時収縮中はTAとSolの収縮強度の割合が変動するため、筋活動と関節トルクを併用して詳細に脊髄相反性抑制を検討する必要がある。そこで、本研究の目的は、TAとSolの収縮強度の割合変化がIa相反抑制とシナプス前抑制(D1抑制)に及ぼす影響を明らかにすることとした。

【方法】対象は健康成人10名とした。測定部位は股関節100°、膝関節120°、足関節120°とし、足関節はトルクセンサーを取り付けたフットプレートに固定した(竹井機器工業)。筋電図はTAとSolに貼付し、サンプリング周波数は10kHz、ハンドパスフィルターは10Hzから1kHzとした。電気刺激は電気刺激装置(日本光電)を用いて条件刺激(腓骨神経)をM波閾値の刺激強度で刺激し、試験刺激(脛骨神経)をMmax振幅値の15-25%の刺激強度で刺激した。条件-試験刺激(C-T)間隔を-2ms, 2ms, 20msに設定し、条件刺激をしない試験刺激のみ(single)を加えた4条件をランダムにそれぞれ15回与えた。同時収縮課題は、Sol vs TA(A:5%MVC vs 5%MVC, B:5%MVC vs 15%MVC, C:15%MVC vs 5%MVC, D:15%MVC vs 15%MVC)の4課題としランダムに実施した。統計解析は、Sol H反射振幅値のpeak-to-peak値を算出し、H-reflex / Mmax ratioで刺激条件間を比較した。刺激条件間での比較には、反復測定二元配置分散分析を行い、事後検定として対応のあるt検定とBonferroni補正を行った。有意水準は5%とした。

【結果】刺激条件C-T間隔singleと比較して、同時収縮の課題Aでは2ms(13.7%)と20ms(25.7%)、課題Bでは2ms(11.6%)と20ms(19.0%)、課題Cでは20ms(12.5%)、課題Dでは5ms(11.3%)と20ms(20.3%)でH-reflex / Mmax ratioが有意に減少した(p<0.05)。関節トルク(正:底屈トルク,負:背屈トルク)は、課題Aは0.1±0.5Nm, 課題Bは-3.6±2.7Nm, 課題Cは5.7±2.6Nm, 課題Dは3.2±3.9Nmであった。

【考察】本研究の結果より、Ia相反抑制は課題A, B, Dで機能し、D1抑制は全ての課題で機能していることが明らかとなった。Ia相反抑制とD1抑制は同時収縮で機能しないことが多くの先行研究で報告されているが、本研究の筋活動量と関節トルクを用いて詳細に検討した結果、Ia相反抑制は各筋の筋活動量ではなく、TA / Sol ratioに依存している可能性が示唆された。また、D1抑制では15%MVC以下の同時収縮中において、TA, Solの筋活動量に依存せず抑制が機能していることが明らかとなった。

【結論】同時収縮中のTA / Sol ratioがIa相反抑制の抑制度合いが変化することが明らかとなった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言の基づいたものであり、本学の倫理委員会の承認を得て実施した。また、対象者には実験内容及び対象者の権利についての説明を書面および口頭で十分に行い、実験参加への同意を得たうえで実験を実施した。

GABA 受容体阻害下の運動療法が脳梗塞モデルラットの機能回復に与える影響

井上 貴博¹⁾・林 聖隆¹⁾・李 想¹⁾・北原 美佳¹⁾・前島 洋²⁾

1) 北海道大学大学院保健科学院

2) 北海道大学大学院保健科学研究所機能回復学分野

Key words / 脳卒中, GABA, 運動

【はじめに、目的】中枢神経系における活動電位は、グルタミン酸受容体を中心とする興奮性シナプス後電位 (EPSP) と GABA 受容体による抑制性シナプス後電位による (IPSP) により調整される。脳卒中後は GABA_A受容体を介する持続的抑制 (tonic inhibition) が増強され、活動電位の発生が抑制される [A. Clarkson, et al. 2010]。一方、非侵襲的な中枢性コンディショニングの一つである経頭蓋直流電気刺激 (tDCS) は微弱な電流で皮質興奮性を調整し、神経細胞を「易興奮性」とすることにより、脳卒中後の機能回復を促進する。そこで、tonic inhibition の減少と、tDCS と同様な「易興奮性」の導入法として、GABA 抑制性入力に薬理的阻害が考えられる。我々は、GABA_A受容体の軽度抑制下における運動が、興奮毒性を呈すことなく大脳皮質や小脳における脳由来神経栄養因子 BDNF とシナプス受容体の発現を増強することを以前の研究で明らかにした [K. Takahashi, et al. 2017, T. Inoue, et al. 2018]。本研究は、その成果を脳卒中リハビリテーションへと応用し、GABA_A受容体阻害下の運動療法が脳梗塞モデルラットの機能回復に与える影響を明らかにすることを目的とした。

【方法】10 週齢の雄性 SD ラット 54 匹に左中大脳動脈閉塞術 (MCAO) を実施し、除外基準に該当しない 29 匹を対象にした。群分けは、①生理食塩水の投与を行う CON 群 (n=7)、②運動介入を行う EX 群 (n=7)、③ GABA_A受容体阻害薬 (Bicuculline 0.25mg/kg, i.p.) を投与する BIC 群 (n=7)、④ Bicuculline 投与および運動介入を行う BICEX 群 (n=8) とした。運動介入はトレッドミルによる低負荷走行 (11m/min, 30 分) を行った。行動評価として Zea Longa score、Adhesive removal test、Rotarod test を実施した。2 週間の介入終了後、全脳サンプルを採取し TTC 染色による梗塞域の評価を行った。

【結果】介入前の行動評価および介入後の梗塞域において、有意な群間差は認められなかった。2 週間の介入後、Adhesive removal test において、CON 群と比較して BICEX 群のみ有意な上肢機能の改善が認められた ($p < 0.05$)。Rotarod test においては CON 群、EX 群、BIC 群に有意差は認められなかったが、BIC 群と比較して BICEX 群は有意にバランス機能が改善した ($p < 0.05$)。

【考察】行動評価より、運動介入単独では機能回復が見られないものの、GABA 受容体阻害を行うことで同様の運動介入であっても機能回復が促進されることが明らかになった。これは、既存の治療介入であっても薬理的な中枢性コンディショニングを行うことにより、各介入が相乗的に作用し治療効果を増強することを示唆している。今後、生化学分析や組織学的手法により機能回復の要因となる分子機構の検討を要する。

【結論】GABA_A受容体の軽微な阻害による中枢性コンディショニングは脳卒中後の機能回復を促進させる可能性があり、脳卒中リハビリテーションにおける薬理的な中枢性コンディショニングの有効性を示唆している。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究における動物実験は、動物愛護管理法及び基本指針等に基づいた「国立大学法人北海道大学動物実験に関する規程」に準じて、国立大学法人北海道大学動物実験委員会による研究実施認定と指導の下、動物福祉の基本概念である 3R (Replacement, Reduction, Refinement) の原則及び動物実験倫理に基づき実施した。また、本研究は事前に本学教員を動物実験責任者とする研究計画書を提出し、動物実験委員会による審議を経て、北海道大学総長の承認の下で実施した。

一次体性感覚野への経頭蓋電気刺激が触覚方位弁別能力に及ぼす影響

齊藤 慧^{1,2)}・大鶴 直史^{1,2)}・犬飼 康人^{1,2)}・小島 翔^{1,2)}
宮口 翔太^{1,2)}・横田 裕丈^{1,2)}・佐々木 亮樹^{2,3)}・大西 秀明^{1,2)}

1) 新潟医療福祉大学 理学療法学科

2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

3) 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所

Key words / 一次体性感覚野, 経頭蓋電気刺激, 触覚方位弁別能力

【目的】

ヒトの体性感覚機能を変化させる手法として経頭蓋直流電気刺激 (tDCS) がある。先行研究では一次体性感覚野に対して陽極 tDCS (a-tDCS) を与えることで触覚方位弁別能力が向上することが報告されている (Ragert et al., 2008)。近年では、経頭蓋ランダムノイズ刺激 (tRNS) や陽極経頭蓋パルス電気刺激 (a-tPCS) などの新しい刺激方法が提案されており、一次運動野に与えることで a-tDCS と同様に皮質脊髄路興奮性を増大することが報告されている (Terney et al., 2008, 他)。しかし、一次体性感覚野に対する tRNS や a-tPCS の刺激効果については十分に検証されていない。本研究では一次体性感覚野に対する a-tDCS, tRNS, a-tPCS が触覚方位弁別能力にもたらす影響を検証した。

【方法】

対象は健康成人男性 17 名 (平均年齢: 22.0 ± 1.1 歳) とした。経頭蓋電気刺激は① a-tDCS, ② tRNS (刺激周波数: 0.1-640 Hz), ③ a-tPCS, ④ sham 刺激の 4 条件とした。刺激強度は 0.7 mA, 刺激時間は 10 分とした。電極サイズは 5cm × 5cm とし、刺激電極は国際 10-20 法における C3 の 3cm 後方と右眼窩上部に貼付した。体性感覚機能の評価として、触覚方位弁別課題 (GOT) を経頭蓋電気刺激前後に実施した。GOT では異なる幅 (3.0, 2.0, 1.5, 1.2, 1.0, 0.75, 0.5, 0.35 mm) の縞が刻まれたドーム状の機器を対象者の右示指に押し当て、その縞の方向が縦か横かを回答させた。データ解析として、各刺激幅において算出した正答率をプロットし、一般化線形モデルに基づきロジスティック曲線により回帰した。回帰によって得られる心理物理曲線から 75% の確率で正答できる刺激幅 (GOT 閾値) を算出した。統計解析として、刺激前後の GOT 閾値を比較するために Wilcoxon の符号付順位検定を用いた。有意水準は 5% とした。

【結果】

GOT 閾値において、a-tDCS では刺激前が 0.93 ± 0.14mm, 刺激後が 0.95 ± 0.27mm, sham 刺激では刺激前が 0.96 ± 0.20mm, 刺激後が 0.97 ± 0.21mm であり、刺激前後で有意な変化は認められなかった。一方、tRNS では刺激前が 1.08 ± 0.26mm, 刺激後が 0.96 ± 0.30mm, a-tPCS では刺激前が 1.10 ± 0.29mm, 刺激後が 0.91 ± 0.24mm であり、いずれも刺激後に有意に減少した。

【考察】

一次体性感覚野への tRNS および a-tPCS により、触覚方位弁別能力が向上した。この触覚方位弁別能力の向上には一次体性感覚野における神経活動の変化が関与している可能性がある。

【結論】

一次体性感覚野に対する tRNS および tPCS は触覚方位弁別能力を向上させる。

【倫理的配慮、説明と同意】

実験の内容について説明後、書面にて同意の得られた対象者に実験を行った。

視覚誘導性自己運動錯覚の反復で運動関連領域を含む皮質間機能的結合が変化する

金子 文成^{1,2)}・米田 将基^{1,2,3)}・岡和田 愛実^{1,2)}・酒井 克也^{1,2,4)}

- 1) 慶應義塾大学医学部リハビリテーション医学教室
2) 湘南慶育病院リハビリテーション部
3) 慶應義塾大学大学院医学研究科
4) 首都大学東京大学院人間健康科学研究科

Key words / 運動錯覚, 脳機能結合, バーチャルリアリティ

【背景と目的】

自己の身体ではない人工的な身体(コンピュータグラフィックスや事前に記録したヒトの動画など)の運動を視覚刺激として提示することで、被験者は運動しているかのような錯覚を生じる。これを視覚誘導性自己運動錯覚(KiNvis)という。これまでに我々は、KiNvisを反復することで脳機能マッピングによる運動関連領域の機能的支配の変化、無意識下での自発的運動の誘導、などを示してきた。自発的運動の発現は、KiNvisという認知的現象が運動出力系機能に強い影響を及ぼすことを示しているものの、その背景にある機序は不明である。脳卒中患者に対するKiNvisの実施効果が示されつつあり、反復してKiNvisを付与したときの機序を解明することは重要である。これまでの研究から、KiNvisを反復することでKiNvisという認知的現象に関わる神経回路と運動出力系との間の関係について機能的強化などの変化が起こるのではないかと仮説を立てた。本研究では前述の仮説を探索するため、KiNvisを反復した場合の脳機能結合をfMRIによって解析し、脳機能結合の変化を明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象者は健康成人15名(平均年齢26±5歳、右利き)とした。本研究は右手関節運動の動画によるKiNvisを合計5日間実施し、安静時fMRI検査を介入1日目と5日目のKiNvis直後(1日目, 5日目)に実施した。右手を標的としてKiNvisを誘導し、1日10分間を2セット実施した。安静時fMRIによる計測を1.5TのMRIスキャナーで実施した。fMRIデータの解析は、先行研究から各関心領域(ROI)に6mmの球形seedを配置した。各ROIから抽出した平均BOLD信号について相関解析を行いその値をFisher Z変換によってガウス分布の値に変換した。変換後のZ-scoreについて、bonferroni法による多重比較を行い、有意水準を5%とした。

【結果】

1日目と5日目において、左右の中心前回(運動関連領域)、左右の一次感覚野、左右の紡錘状回、左紡錘状回と同側補足運動野、背側運動前野、下頭頂小葉、など各ROIの組み合わせで、脳機能結合が強くなっており有意であった。左上頭頂小葉との間で結合が有意に低下しているROIがあった。

【考察】

今回解析したROIは、過去のfMRI研究においてKiNvisとの関連、身体所有感との関連、そして運動主体感との関連が示されてきた領域であった。それらの領域間において、KiNvisの反復前後で機能的結合の強さが異なると判断される組み合わせが多くあった。我々は過去にKiNvis最中は感覚運動野での活動が非常に少ないことを示したが、今回は左右の感覚運動野において機能的結合が高くなっていることが示された。今回の結果は、KiNvis療法の脳卒中患者への有効性や自発的運動の機序を直接説明できるものではないが、これまでの脳機能解析では示されていない新たな結果が得られた。

【結論】

健康な被験者にKiNvisを反復することで、特定のROIに関してKiNvis後の脳機能結合が変化していることが示された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は「ヘルシンキ宣言」あるいは「臨床研究に関する倫理指針」に沿って実施され、湘南慶育病院倫理委員会の承認を得た。データ収集、公表では個人情報特定できないように匿名化を行った。

運動課題に伴う予測が運動主体感および運動パフォーマンスに与える効果

林田 一輝^{1,2)}・益池 章裕³⁾・西 祐樹¹⁾・宮脇 裕¹⁾
森岡 周^{1,4)}

- 1) 畿央大学大学院健康科学研究科神経リハビリテーション学研究室
2) 藤井会リハビリテーション病院
3) 東大阪山路病院
4) 畿央大学ニューロリハビリテーション研究センター

Key words / 運動主体感, 運動制御, 予測誤差

【はじめに, 目的】

近年、自己身体運動への意識経験である運動主体感(sense of agency: SoA)と運動制御の関連性が調査されている。これらには運動に伴う感覚とその予測誤差を検出するコンパレータモデルの関与が想定されている。Vindingら(2013)は運動に伴うトップダウンな予測がSoAを修飾することを明らかにしたが、ボトムアップに惹起される予測がSoAに与える影響は不明である。本研究はボトムアップな予測の有無がSoAに与える影響に加えてSoAと運動制御の関連性を調査することを目的とした。

【方法】

被験者は健康大学生30名とした。SoAを定量的に評価する手続きであるIntentional Binding(IB)課題をLabVIEW(National Instruments)を用いて作成した。被験者にPC画面上で水平方向に反復運動する円形オブジェクトをキー押しによって画面中央で止めるよう指示した。円形オブジェクトと画面中央との誤差(エラー)を座標データに基づいて計測し運動パフォーマンス(MP)の指標とした。また、円形オブジェクトを止めるキー押しから数100msec遅延してピープ音が鳴るよう設定し、その遅延時間を推定させた。推定した遅延時間と実際の遅延時間との差を抽出した(IB値)が低いほど、SoAが強くと惹起されていることを意味する(Haggard,2002)。課題は10ブロック(18試行/ブロック)実施した。予測をボトムアップに惹起させるために円形オブジェクトの速度変化に法則性があるよう設定した。なお、被験者には法則性があることは教示せず、法則性に気づいたかどうかを全課題終了後に聴取した。30名の被験者をボトムアップな予測の惹起、すなわち法則性への気づきがあったnotice(N)群と、気づきなかったno notice(NN)群に分けた。エラーとIB値の群間比較をt検定、エラーとIB値の関連性をSpearman順位相関係数にて解析した。解析はSPSSver.20を用い、有意水準は5%とした。

【結果】

N群が18名、NN群が12名であった。エラーとIB値は、NN群と比較してN群の方が有意に小さかった(p<0.05)。エラーとIB値の間に有意な正の相関を認め(r=0.49, p<0.05)、SoAが高いほどMPが高くなり、N群ほどその傾向が強かった。またNN群は徐々にIB値が高くなる(すなわちSoAの低下)傾向を示した。

【考察】

ボトムアップな予測の惹起がSoAおよびMPを向上させ、加えてSoAとMPに関連性があることが示された。予測誤差がSoAに影響することから、気づきに伴う予測誤差がSoAを高め、MPの向上に影響したことが考えられる。一方で、NN群では予測と運動の結果を一致させることができず、徐々にSoAが低下したと考えられる。理学療法において運動課題を提供する際、運動を予測させ自ら気付かせるような環境設定が重要になることが示唆される。

【結論】

ボトムアップな予測の惹起がSoAを向上させ、運動パフォーマンスを高めたことが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

ヘルシンキ宣言に基づき参加者には書面をもって本研究内容、本研究への参加協力の自由と拒否権について、また研究データを公表する場合のプライバシー及び個人情報の保護について十分に説明し、同意を得られた参加者からは同意書への署名を得た。

示指伸展運動課題の違いが運動関連脳磁界に及ぼす影響

小島 翔^{1,2)}・大鶴 直史^{1,2)}・宮口 翔太^{1,2)}・佐々木 亮樹^{2,3)}
横田 裕丈^{1,2)}・齊藤 慧^{1,2)}・犬飼 康人^{1,2)}・大西 秀明^{1,2)}

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科
2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
3) 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所

Key words / 脳磁図, 運動関連脳磁界, 両側運動

【はじめに、目的】

脳磁図を用いて、自発運動時の脳活動を記録すると運動関連脳磁界として著明な波形が記録される。この運動関連脳磁界は、運動磁界 (Motor field; MF), 運動誘発磁界第一成分 (Movement evoked magnetic fields 1; MEF1) および運動誘発磁界第二成分 (MEF2) などの複数の振幅成分から構成されており、運動強度や疾患などでこれらの成分が変化することが報告されている。本研究の目的は、示指伸展運動課題の違いが運動関連脳磁界に及ぼす影響を明らかにすることとした。

【方法】

対象は、右利き健康成人9名 (21.1 ± 0.3 歳) であった。脳磁界計測には、Neuromag 社製 306 チャンネル全頭型脳磁界計測装置を使用し、示指伸展運動時の運動関連脳磁界を計測した。示指伸展運動課題は、1) 右示指単独伸展運動, 2) 左右示指同時伸展運動, 3) 左右示指交互伸展運動の3条件とし、運動頻度は約5秒に1回のセルフペースとした。被験者には、示指の伸展範囲を一定にするために設置したターゲットまでの伸展運動を可能な限りすばやく行うように指示をし、指先には運動開始を記録するためにLEDセンサーを設置した。運動関連脳磁界の解析区間は運動開始前2000msから運動開始後1000msとし、約70回の加算平均を行った。Baselineは運動開始前1500msから1000msとし、フィルターは0.2Hzから60Hzのband-passを用いた。比較対象は最も著明な反応の認められたセンサーの運動関連脳磁界とし、MFおよびMEF1振幅値は運動開始前200msから運動開始までのピーク値および運動開始から運動開始50msまでのピーク値をそれぞれ算出し、各運動課題間で比較検討を行った。

【結果】

9名の被験者全てにおいて、各運動課題における示指伸展運動に伴い、著明なMFおよびMEF1が記録された。各運動課題時のMF振幅値は、42.1 ± 14.7 fT/cm (単独伸展運動), 23.6 ± 16.5 fT/cm (同時伸展運動), 39.3 ± 16.8 fT/cm (交互伸展運動) となり、MEF1振幅値は、-62.5 ± 51.9 fT/cm (単独伸展運動), -65.2 ± 43.6 fT/cm (同時伸展運動), -58.3 ± 62.0 fT/cm (交互伸展運動) であった。各運動課題時のMF振幅値の比較では、単独伸展運動時および交互伸展運動時に比べ同時伸展運動時において有意に小さな値を示した (単独伸展運動: P = 0.011, 交互伸展運動: P = 0.033)。また、各運動課題時のMEF1振幅値において、課題間の有意な差は認められなかった。

【考察】

先行研究では、両側運動時の皮質活動が片側運動時に比べ小さいことが示されている。本研究によって、運動関連脳磁界のMF成分は両側運動の影響が認められたものの、MEF1成分は影響が認められなかったことから、各成分の生成要素が異なることが示唆された。

【結論】

両側同時運動では、片側単独運動および両側交互運動に比べ運動関連脳磁界のMF成分が減弱することが明らかとなった。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言の趣旨に則り、かつ我々の所属する機関の倫理委員会の承認を得て行った。また、対象者には、書面および口頭にて実験内容に関する説明を十分に実施し、実験参加の同意を得た上で実施した。

収縮様式の異なる随意運動と運動関連脳磁場の関連

菅原 和広¹⁾・齊藤 秀和²⁾・臼井 桂子³⁾・篠崎 淳³⁾
佐々木 健史¹⁾・松橋 眞生⁴⁾・白石 秀明⁵⁾・長峯 隆³⁾

- 1) 札幌医科大学 保健医療学部 理学療法学科 理学療法第一講座
2) 札幌医科大学 保健医療学部 作業療法学科 作業療法第一講座
3) 札幌医科大学 医学部 神経科学講座
4) 京都大学大学院 医学研究科 てんかん・運動異常生理学講座
5) 北海道大学病院 小児科

Key words / 脳磁図, 随意運動, 収縮様式

【はじめに】

脳磁場記録を行うと、自己のペースによる一側上肢の運動に伴い、運動対側中心部に筋収縮開始と一致してMotor field (MF), 筋活動開始後にMovement evoked fields I (MEF I) が観察される。これまでは関節運動を伴った運動による研究が主であり、関節運動の有無がMFおよびMEF Iに及ぼす影響は検討されていない。そこで本研究では、自己のペースで行う手の運動に2つの収縮様式の異なる随意運動時の脳磁場を計測し、MFおよびMEF Iの変化を調査した。

【方法】

対象は健康成人6名 (26.3 ± 5.0 歳) とし、脳磁界計測には306ch全頭型脳磁計を使用し、自己のペースにて右示指中手指節関節 (MP 関節) 伸展を伴う右示指伸筋の収縮 (以下、関節運動あり条件) とMP関節伸展を伴わない右示指伸筋の収縮 (以下、関節運動なし条件) 時の脳磁場変化を0.03~200HzのFilter, 600HzのSamplingで計測した。関節運動あり条件では床面から約3cmのMP関節伸展を行い、関節運動なし条件では右示指をプラスチック板上に固定した状態で右示指伸筋の収縮を行った。両運動条件ともに約10秒に1回の筋収縮頻度とした。運動関連脳磁場の解析はoff-lineにて右示指伸筋の筋活動開始を基準 (0ms) として100回以上の加算平均を行い、Baseline区間は-3000~2000msとし、両条件におけるMFとMEF Iの頂点潜時およびその電流源を解析した。電流源の推定には等価電流双極子 (Equivalent Current Dipole; ECD) を用いた。

【結果】

筋収縮時間は関節運動あり条件では101.1 ± 22.6ms, 関節運動なし条件では122.9 ± 46.1msであった。両運動条件で筋収縮に関連した脳磁場変化がplanar型センサーにおける運動対側中心部に観察された。全被験者のうち3名においてMFが観察され、その頂点潜時は関節運動あり条件では23.8 ± 9.0ms, 関節運動なし条件では14.8 ± 10.2msであった。MEF Iは全被験者で観察され、その頂点潜時は関節運動あり条件では114.1 ± 20.7ms, 関節運動なし条件では118.3 ± 10.4msであった。MEF Iの頂点潜時から算出したECDは運動条件間で同様の位置に推定された。

【考察】

本研究では関節運動の有無にかかわらずMEF Iが観察され、頂点潜時における対応からECDの位置は両条件において同様であった。MEF Iは関節運動時の筋伸張による求心性入力が反映されていることが報告されているが、本研究で関節運動なし条件においてもMEF Iが観察される結果が得られた。以上のことから自己ペースによる運動後に観察される脳磁場変化には、筋伸張による求心性入力以外の要因も関与している可能性が示唆された。

【結論】

関節運動が生じない随意運動においても関節運動が生じる随意運動と同様にMEF Iが観察されることが明らかとなった。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は札幌医科大学倫理審査の承認を得ており (承認番号: 29-2-58), 被験者には書面にて実験内容十分に説明し、被験者として協力可能である同意を得た。

レーザー光を活用した超音波画像装置による筋形態の測定精度の検証

中山 昇平^{1,2)}・小竹 俊郎³⁾・藤田 聡⁴⁾

- 1) 医療法人社団シロアム会 こたけ整形外科クリニック リハビリテーション科
 2) 立命館大学大学院 スポーツ健康科学研究科
 3) 医療法人社団シロアム会 こたけ整形外科クリニック 整形外科
 4) 立命館大学 スポーツ健康科学部

Key words / 筋厚, レーザー光, 立位

【目的】

近年、超音波画像の活用により、人の筋形態を観察する研究が行われている。超音波法は可搬性、非侵襲的に実施でき、筋厚測定は高い再現性(福永 1989)がある一方、プローブ角度(Edy 2012)、圧迫(山川 2014)の影響が指摘され、先行研究では同一検者による検討(Fukumoto 2015)がみられる。また、臥位に比較し、立位(熊谷 2011)における知見は少ない。今後、他施設研究を実施するために、精度が高く、動作を考慮した立位における測定方法の考案が必要である。本研究の目的は、レーザー光を活用した超音波法による検者内、検者間信頼性および臥位、立位における測定精度を検証することとした。

【対象と方法】

健常男性 5 名(身長 176.0cm ± 7.3, 体重 74.9kg ± 10.6, 年齢 35.4 歳 ± 6.3) 左右 10 脚を対象とした。測定肢位は、安静臥位、立位とした。検者は 3 名(経験年数 A:1 年, B:2 年, C:10 年)、従来法(CON 法)、測定基準にレーザー光を当て指標にする方法(L 法)の順に計測をおこない、3 回測定の平均を筋厚値とした。さらに、1 週間後 CON 法にて 2, 3 回目を測定した。測定部位は大腿四頭筋、上前腸骨棘から膝蓋骨直上間距離の中間位とした。測定機器は、超音波画像診断装置(GE 横河メディカル社製, LOGIC 200 MD)を使用した。解析は筋厚値の検者内信頼性 ICC(1.3)、検者間信頼性 ICC(2.1)、および、検者内における CON 法初回と 1 週間後(2, 3 回目)の測定の学習効果を検証するために級内相関係数を求めた。臥位、立位間の L 法と CON 法の差を検証するために T 検定をおこなった。統計処理は R コマンド (2.8.1) を使用し、有意水準は 5% とした。

【結果】

測定における ICC(1.3) (L 法: CON 法) は、臥位 (0.99:0.99)、立位 (0.99-0.97:0.99-0.97) であった。ICC(2.1) は、臥位 (0.93:0.91)、立位 (0.84:0.73) であった。1 週間後の ICC(2.1) (2 回目: 3 回目) において、臥位 (0.91:0.86)、立位 (法 0.91:0.92) であった。方法間の筋厚差 (L 法: CON 法) (mm) は、臥位は検者 A (44.5 ± 7.9: 42.3 ± 7.4) (p<0.00)、検者 B (43.8 ± 7.4: 41.0 ± 6.5) (p<0.00)、検者 C (43.8 ± 6.7: 44.4 ± 7.1) (p=0.42) であった。立位は検者 A (58.1 ± 4.4: 58.7 ± 4.4) (p<0.00)、検者 B (55.8 ± 4.9: 57.4 ± 4.4) (p=0.22)、検者 C (57.8 ± 4.5: 56.7 ± 3.8) (p=0.27) であった。

【考察】

結果より、L 法による測定は立位において精度が向上した。また、L 法によって検者内、検者間信頼性が確保され、CON 法では検者内において臥位の筋厚は減少した。この理由として、臥位は筋が弛緩しているため、プローブによるわずかな圧迫でも筋厚が減少することが考えられた。

【結論】

本研究により、レーザー光を活用し臥位、立位における筋厚測定の精度が向上した。結果から、他施設共同研究において、レーザー光を活用することで、検者内、検者間の測定精度が向上する可能性が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は、ヘルシンキ宣言にもとづき、実施前に、研究の目的、危険性、研究から得られる効果、および、実験途中の中止、辞退が可能であることを説明した。上記内容に関して、書面にて同意を得た。

骨格筋の弾性評価におけるプローブ圧によるせん断波伝搬速度の違い -Color Doppler Shear Wave Imagingでの新しい評価-

倉品 渉¹⁾・金谷 裕司^{1,2)}・飯島 裕生²⁾・笹沼 秀幸³⁾
紺野 啓⁴⁾・谷口 信行⁴⁾・山越 芳樹⁵⁾・竹下 克志²⁾

- 1) 自治医科大学 医学研究科
 2) 自治医科大学 整形外科
 3) とちぎメディカルセンターしもつが 整形外科
 4) 自治医科大学 臨床検査医学
 5) 群馬大学大学院 理工学府

Key words / 骨格筋, せん断波エラストグラフィ, プローブ圧

【はじめに、目的】

近年、ストレッチ前後の骨格筋の弾性評価としてせん断波エラストグラフィが汎用されるようになった。一方、計測時のプローブ圧の増加はせん断波伝搬速度 (SWV: Shear Wave Velocity) の増加と関係しており、できるだけ軽い圧で測定を行うことが推奨されているが、この方法は検者に依存しておりその影響は不明である。我々は、組織表面から小型加振器で機械的な振動を加え、超音波カラーフロー画像を利用することで組織内を伝搬するせん断波を可視化させた Color Doppler Shear Wave Imaging (CDSWI) を用いて、せん断波の状態を確認した SWV を評価している。本研究の目的は、CDSWI を用いてプローブ圧が SWV に及ぼす影響を明らかにすることである。

【方法】

対象は上腕部に疼痛や可動域制限のない男性 10 名の上腕二頭筋とした。ジャッキ付きの台にあるクランプにプローブを固定して、超音波画像上で筋厚を測定し、加圧していない状態を 0% とし、筋厚の 5%・10%・15%・20%・25% の条件で加圧した。3 回測定した SWV の平均値を用いて、0% とその他の加圧条件下で比較・検討した。

【結果】

各条件下での SWV(m/s) は、0%: 3.20 ± 0.46、5%: 3.24 ± 0.45、10%: 3.33 ± 0.49、15%: 3.38 ± 0.49、20%: 3.54 ± 0.49、25%: 3.77 ± 0.47 であった。0% と比較して 15%、20%、25% で有意差を認めた (P<0.01)。

【考察】

筋厚の 15% 以上のプローブ圧で SWV が有意に増加した。筋厚の変化を指標とすることで、プローブ圧を加味した正確な SWV 測定が行える可能性が示唆された。

【結論】

筋厚の 15% 以上のプローブ圧は SWV に影響を及ぼす可能性がある。

【倫理的配慮, 説明と同意】

研究対象者には研究内容について十分に説明し、書面による同意を得ている。

超音波画像検査を用いたヒト肋間筋の筋活動

吉田 怜^{1,2)}・富田 和秀¹⁾・野崎 貴宏²⁾・河村 健太¹⁾
門間 正彦¹⁾・大瀬 寛高¹⁾

1) 茨城県立医療大学 保健医療科学研究科
2) 茨城県立医療大学付属病院 理学療法科

Key words / 肋間筋, 吸息性活動, 超音波検査

【はじめに】肋間筋は胸郭の拡張, 縮小に関わり, 呼吸運動において重要な役割を果たしている。その働きは胸郭の部位により異なることが基礎実験で報告されているが (Le Bars, 1984), ヒト肋間筋の呼吸運動としての働きは十分に解明されていない。また, 先行研究では肋間筋活動を針筋電図により評価されているが, 気胸のリスクを有するため臨床的評価として容易に使用しづらい。近年, 超音波画像検査における筋収縮を評価する報告が散見されており (Hodges PW 2003, Kian-Bostanabad S 2017), 侵襲を伴わないため理学療法の評価にも用いられている。本研究の目的は超音波画像検査を用いて, 吸気時の肋間筋の筋厚を計測することで呼吸運動時におけるヒト肋間筋の筋収縮を分析することとした。

【方法】対象は, 喫煙歴のない健康成人男性 7 名 (平均年齢 23.7 ± 2.4 歳) とした。実験方法は被験者に仰臥位を取らせ, 安静呼気と吸気抵抗負荷課題による最大努力吸気を行わせ, 超音波画像検査を用いて肋間筋の筋厚を計測した。測定部位は胸郭右側の前面・側面・後面の肋間とした。前面部は第 1-6 肋間で, 胸骨右縁から外側 2.5-3.0 cm, 側面部は第 3, 6, 9 肋間で, 腋窩前縁から上前腸骨棘を結ぶ線上, 後面部は第 3, 6, 9 肋間で胸椎棘突起から外側 5.0 - 6.0 cm で測定した。安静呼気時と最大努力吸気時の筋厚の変化を Wilcoxon の符号付き順位検定を行った。解析には IBM SPSS Statistics Ver. 22.0 を用い, 有意水準は 5% とした。

【結果】安静呼気時/最大努力吸気時の筋厚の中央値 (25% 値: 75% 値) (mm) は前面部肋間で, 第 1 肋間: 2.10 (1.20: 2.60)/2.60 (2.00: 3.70), 第 2 肋間: 2.50 (1.60: 2.60)/3.10 (2.50: 3.60), 第 3 肋間: 2.20 (1.50: 3.40)/3.10 (2.20: 3.80), 第 4 肋間: 2.70 (2.20: 3.20)/3.20 (2.80: 3.40), 第 5 肋間: 1.80 (1.60: 3.20)/2.60 (2.30: 3.30), 第 6 肋間: 2.30 (2.00: 3.00)/2.90 (2.00: 3.00) であり, 第 1, 2, 3, 4 肋間で有意差を認めた。側面部肋間と後面部肋間では有意差を認めなかった。

【考察】努力性吸気課題条件下での超音波画像検査によるヒト肋間筋収縮評価は, 前面部肋間の第 1, 2, 3, 4 肋間で安静呼気時と比べ, 有意な筋厚増加を認めた。前面部肋間筋である傍胸骨肋間筋は吸息性筋活動を有することが報告されており (De Troyer, 1998), 本結果も同部位において肋間筋厚の増大を示すことから先行研究と同様に吸息性活動を示す所見と考えられた。一方, 動物実験では側面部肋間, 後面部肋間で吸息性筋活動を認めているのに対し, 本結果では側面部肋間と後面部肋間で吸気性筋収縮に伴う肋間筋厚の増大を捉えることができなかった。

【結論】ヒト肋間筋収縮は, 超音波画像検査を用いて評価することが可能であった。努力性吸気に伴う肋間筋厚の増大を前面部肋間筋で確認することができた。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は茨城県立医療大学倫理委員会の承認を得た。本研究の実施にあたり, 被験者へは実験内容を十分に説明し, 研究参加は自由意志に基づいて行った。また研究への参加を拒否された場合でも不利益が生じないことを説明し, 研究の途中でいつでも断る権利を保障した。

超音波診断装置を用いて測定した腹横筋収縮時の胸腰筋膜画像の信頼性

村上 幸士

東京家政大学健康科学部リハビリテーション学科理学療法学専攻

Key words / 超音波診断装置, 胸腰筋膜画像, 信頼性

【はじめに, 目的】近年, 体幹深部筋群の一つである腹横筋の働きを解明するための研究が進められている。その腹横筋は, 前方で腹部筋膜に, 後方で胸腰筋膜に付着し, 横断的な筋走行で腹部を取り囲むため, 横隔膜, 骨盤底筋群とともに腹腔内圧の変化に関与する。また, 胸腰筋膜は, 固有背筋 (脊柱起立筋, 横突棘筋など) を含む筋膜で, 後葉は棘突起から, 前葉は横突起から外方に伸びる。腰部では, 固有背筋の外側縁で 2 葉が合わさり, 腹横筋, 内腹斜筋の起始腱になる。この胸腰筋膜が緊張することで, 固有背筋の収縮時の筋断面積増加を押しさえ込み, 筋の「硬さ」と「強さ」を増加させると報告している。しかし, 超音波診断装置にて高エコー像 (白く写る) に描写できる筋膜を利用して, 各筋を区別している骨格筋の測定は近年多く実施されているが, 筋膜の変化に着目した報告は少ない。本研究では, 腹横筋の収縮により変化の起こる胸腰筋膜前葉の測定を, 二台の超音波診断装置を用いて安静時ならびに腹横筋収縮による筋膜変化時の信頼性を確認した。

【方法】対象は健康成人男性 30 名。胸腰筋膜前葉の測定を一台目の超音波診断装置 (GE Healthcare) の B-mode を用いて測定した。腹横筋のモニタリングおよび収縮・安静の確認には超音波診断装置 (FUJIFILM) の B-mode を用いた。測定肢位は, bed 上腹臥位とし, 腹部には高さ合わせたタオルを挿入した。まず, 安静時は, 通常呼吸を行い, 呼気後を測定した。収縮時は, 視覚的フィードバックとして二台目の超音波診断装置から得られた画像を利用し, 腹横筋の選択的収縮を確実にものとした。その時点の胸腰筋膜前葉の測定を一台目の超音波診断装置を用いて行った。なお, 測定は左右, さらにすべての過程を二回実施し, くじ引きで順不同にした。胸腰筋膜の測定は, 棘突起, 横突起, 腹横筋・内腹斜筋の起始腱を画像上の主な指標とし, 短軸像を抽出した。腹横筋の測定は, 腹横筋・内腹斜筋の起始腱から筋腹を画像上の主な指標とし, 長軸像を抽出した。安静時と腹横筋収縮時に測定した超音波画像を動画で記録し, Win DVD を用いて, 静止画像を抽出した。その後, Image J を用いて, 安静時と腹横筋収縮時の胸腰筋膜の位置を計測した。統計処理は, 1 回目と 2 回目の測定に対し, 級内相関係数 ICC (1.1) を使用して, 各測定値・計測値の検者内信頼性を全対象者に対し実施した。

【結果】2 回の測定・計測での級内相関係数 ICC (1.1) の結果, 安静時における左右胸腰筋膜位置の測定ならびに腹横筋収縮時における左右胸腰筋膜位置の測定に関して, Landis らの分類において almost perfect 以上の相関がみられた。

【結論】腹横筋は胸腰筋膜を介して脊椎の安定性に関与することから, 深部に位置する胸腰筋膜の測定・計測は重要であった。今回, 二台の超音波診断装置を用いることで, 腹横筋の収縮に伴う筋厚増加と胸腰筋膜の位置を確認し, その信頼性を示すことができた。

【倫理的配慮, 説明と同意】被験者にはヘルシンキ宣言に基づいて本研究の目的や方法などの概要, 本研究の参加によって生じる利益・不利益などを書面にて説明し, 同意書への署名により研究協力の同意を得た。本研究への参加は, 対象者の自由意思に従うものであることを十分に説明し研究中に参加拒否を示しても不利益が生じないことを説明した。また, 得られたデータは紛失, 漏洩, 取り違え等を防ぐため, 厳重に管理し, 得られた個人的情報は氏名を記号等に置き換えて対応表を作成し, 連結可能匿名化した。

超音波画像診断装置による単一筋の筋厚と全身筋量との関連性について

小池 孝康¹⁾・三川 浩太郎²⁾

1) 岐阜保健短期大学 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

2) 中部学院大学 看護リハビリテーション学部 理学療学科

Key words / 全身筋量, 超音波画像診断装置, 筋厚

【はじめに, 目的】

全身筋量は身体機能や栄養状態を反映する指標として重要視されている。近年, Bioelectrical Impedance Analysis 法 (BIA 法) がその精度や簡便さから臨床の場で広く用いられている。しかしながら, 高度浮腫やペースメーカー挿入者などの BIA 法が困難な例では周径や指輪つかテストなどが代替法となり, 詳細な身体組成が把握できない。一方, 超音波画像診断装置 (US) を用いた筋厚評価も筋量の推測に有効であるが, 複数筋を測定するには熟練が必要かつ測定に時間を要する。これまでに, BIA 法による全身筋量と US の単一筋厚との関連を検討した報告は多くない。本研究の目的は, BIA 法による全身筋量と, US による単一筋厚がどの程度関連するか明らかにすることである。

【方法】

対象は健常若年者 36 名 (男性 28 名, 女性 8 名, 平均年齢 20.7 ± 2.9 歳) とした。BIA 法での筋量評価は InBody 470 (インボディ・ジャパン社製) を, US での筋厚評価は MySono u6 (サムスン電子社製) を用いた。全身筋量の指標には, 四肢筋量から骨格筋指数 (Skeletal Muscle Mass Index: 以下, SMI) を算出した。筋厚は短軸像にて左右腓腹筋厚と腹直筋厚の 2 部位の筋厚を測定した。各部位 2 回ずつ測定し, 測定部位の選択部位は, 下腿は指輪つかテスト, 腹部は腹囲など体組成の簡便な推測指標に用いられていることから選択した。さらに全身筋力の指標として左右の握力を測定した。統計解析には Pearson の積率相関係数を用い, SMI, 左右腓腹筋厚, 腹直筋厚, 握力の関連性を検討した。有意水準はいずれも 5% 未満とした。

【結果】

SMI と筋厚では, SMI と右腓腹筋厚 ($r=0.64$), 左腓腹筋厚 ($r=0.51$), 腹直筋厚 ($r=0.66$) との間に有意な正の相関を認めた ($p<0.05$)。SMI および各筋厚と握力では, SMI と握力 ($r=0.72$), 腹直筋厚と握力 ($r=0.64$) との間に有意な正の相関を認めた ($p<0.05$)。腓腹筋厚と握力との間には有意な相関を認めなかった ($p>0.05$)。

【考察】

先行研究では, 筋厚から全身筋量を推測するには複数筋の筋厚測定が必要とされる。今回, いずれの単一筋厚も全身筋量との間に関連を認め, SMI や腹直筋厚は握力とも関連を認めた。BIA 法の代替法として用いられてきた指輪つかテストや腹囲では, 水分や脂肪を介するため, 実測値から筋なのか, 脂肪なのか, 水分なのか詳細な把握は困難である。US は筋を直接測定可能なことから, より正確な把握が可能のため, BIA 法の代替手法として身体機能や栄養状態の推測に有用ではないかと考えられた。

【結論】

本研究より, 超音波による単一筋厚を測定することで全身筋量を推測する可能性が示唆された。しかしながら本研究では BIA 困難者での測定を行っていないこと, 超音波測定の部位を局限したため他の筋での検証が求められることなど, さらなる検討が必要と考えられる。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は岐阜保健短期大学 (承認番号: H29-04) および中部学院大学 (承認番号: D17-0008) の倫理委員会から承認を得た。そのうえでヘルシンキ宣言に沿って, 全ての対象者に本研究の目的, 方法, 測定リスクおよびその対策, 個人が特定される情報は開示しないことなどを十分説明し, 自由意志にて書面での同意を得た。

後方から前方に押す関節モビライゼーション時の腰椎分節間の関節の遊び - 超音波診断装置を使用した評価 -

石田 弘・末廣 忠延・渡邊 進

川崎医療福祉大学リハビリテーション学科

Key words / 超音波, 腰椎, モビライゼーション

【はじめに, 目的】徒手療法では, 棘突起や肋骨突起を後方から前方に押す (posterior-anterior) モビライゼーション (以下 PA) で腰椎分節間の関節の遊び (正常・過少・過剰運動性) を判断し, 腰痛者に対する治療部位や手技が選択される。しかし, 主観的な関節の遊びの評価は再現性に乏しい (Wong et al. 2017)。そのため, 棘突起を押す力と, 皮膚表面の移動距離を計測する機器で客観的な関節の遊びの評価を行い, 再現性の高さが報告されている (Wong et al. 2017)。しかし, いずれも皮膚や皮下の軟部組織の影響が含まれる。そこで, 本研究では, PA 時の腰椎分節間の関節の遊びを, 超音波診断装置で評価できるか検討した。

【方法】対象は, 健常な男子大学生 8 名とした。被験者の姿勢は腹臥位とし, L3 と L4 棘突起が画像化できる位置に, 日立社製超音波診断装置 Noblus の音響カプラーを付けた 18-5 MHz のリニアプローブを自作のホルダーで設置した。L4 肋骨突起への PA は自作の器具の重さを調節し, 安静呼吸位で行った。PA なし, 9.8N, 19.6N, 29.4N, 39.2N, 49.0N, 58.8N の 7 条件で画像の記録を 2 セット行った。各条件でプローブからの L3 と L4 棘突起の距離を計測し, 距離の差 (L4-L3) を算出した (mm)。統計には IBM SPSS Statistics 23 を使い, 級内相関係数で計測の信頼性を検討した。また, 反復測定による一元配置分散分析で条件間の差を比較した ($p<0.05$)。

【結果】PA なし, 9.8N, 19.6N, 29.4N, 39.2N, 49.0N, 58.8N における, プローブからの L3 と L4 棘突起の距離の差は $4.1 \pm 1.7\text{mm}$, $3.8 \pm 1.6\text{mm}$, $3.9 \pm 1.7\text{mm}$, $4.0 \pm 1.7\text{mm}$, $3.9 \pm 1.8\text{mm}$, $3.8 \pm 1.8\text{mm}$, $3.7 \pm 1.8\text{mm}$ であった。級内相関係数は 0.95, 0.93, 0.93, 0.95, 0.95, 0.96, 0.95 であった。反復測定による一元配置分散分析では, 7 条件間に有意差はなかった ($F=0.88$, $p=0.41$)。

【考察】超音波診断装置を使用した計測の信頼性は高かった。しかし, プローブからの L3 と L4 棘突起の距離の差は, PA によって有意に変化しなかった。解剖体の腰椎を用いた先行研究 (Lu et al. 2005) では, 250N の剪断力で分節間に 0.5mm の相対的な位置変化が生じるという直線的な関係が報告されている。また, MRI を用いた先行研究 (Kuli et al. 2004) では, L4 棘突起の PA 時に腰部全体の前彎が強まると報告している。つまり, 健常者の PA 時における腰椎分節間の相対的な位置の変化はかなり小さいこと, そして, PA 時に L4 の前方移動だけではなく, 腰部の前彎増強に伴った L3 腰椎の前方移動が生じることで, L3 腰椎に対する L4 腰椎の相対的な前方への位置変化を超音波診断装置では評価できなかったと考える。

【結論】PA 時の腰椎分節間の関節の遊びは, 超音波診断装置で棘突起を画像化した今回の方法では評価できなかった。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は, 川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を得た後に実施した (承認番号: 17-111)。被験者には研究内容を十分に説明し, 署名による同意を得た後に実験を行った。

下腿三頭筋収縮が膝窩静脈血流に与える影響の検討

田中 正二¹⁾・玉谷 洋平²⁾・中川 敬夫¹⁾

1) 金沢大学医薬保健研究域保健学系

2) 医療法人社団中央会金沢有松病院

Key words / 静脈血栓症, 筋収縮, 血流量

【はじめに、目的】

下腿深部静脈血栓症 (DVT) は、下肢術後などに血液鬱滞や血液凝固能亢進、血管内皮障害を主要因として発症する合併症の一つである。理学療法において、術前術後を通して多くの場合の責任病巣であるヒラメ筋静脈を中心とした血液鬱滞を防止するために、自動的な足関節底背屈運動を促し、筋ポンプ作用による静脈還流を増加させることが推奨されている。足関節底背屈運動による膝窩静脈血流量の増加に関する報告は散見されるが、その適切な運動回数や頻度に関する知見は乏しい。そこで今回、下腿三頭筋収縮と膝窩静脈還流の変化を明らかにすることを目的に研究を行った。

【方法】

年齢 20～21 歳の健康な男子学生 3 名を対象とした。対象者の左下腿三頭筋に電極を 2 箇所貼付し、仰臥位で左膝関節屈曲 50°、下腿が水平となるよう挙上位で下腿の圧迫を避けて固定した。安静 120 分後、刺激波形作成・データ記録装置 PowerLab で作成した電気刺激波形を下腿三頭筋に与え、筋収縮を誘発させた。安静開始時および刺激開始直前、刺激後 1, 5, 10, 30, 60, 120 分の膝窩静脈の直径および血流速度について超音波診断装置を用いて測定した。静脈を円形と仮定して測定値より血流量を算出した。測定条件は、①安静臥位のみ、②電気刺激 1 回、③電気刺激 20 回、④電気刺激 20 回×3 セットの 4 条件とし、それぞれの測定条件間は日を隔てて実施した。電気刺激強度は、事前に調査して VAS で 2～3 となる値を設定し、測定中も随時聴取した。統計学的解析は、反復測定による分散分析を用いた。統計学的有意水準は 5% 未満とした。

【結果】

刺激電圧は 14.1 ± 3.9 V、事前調査時の VAS は 21.2 ± 2.4 mm であった。測定中の VAS に有意な増加は認められなかった。刺激 1 分後の血流量は、安静のみの条件と比較して、刺激 1 回で 1.12 倍、刺激 20 回で 1.17 倍、刺激 20 回×3 セットで 1.01 倍に増加したが、有意差は認められなかった。その他、経過中の血流量および平均血流速度に有意差は認められなかった。しかし、電気刺激時の一時的な血流速度の減少および刺激直後の一時的な血流上昇が観察された。

【考察】

筋収縮は、血流量の増加と線維素溶解系の活性化を促し、血管内皮表面での shear stress の変化を誘発することで DVT 予防に寄与していると考えられている。したがって、DVT 予防法として血流量と血流速度の変化を指標とした評価は有用であると考えられる。本研究の結果、筋収縮直後のみ血流速度の増加が認められたが、それ以降の速度および血流量増加は認められなかった。これは収縮弛緩に伴う静脈血の還流が生じるのみで、その後還流増加の効果は少ないことを表わしていると考えられる。この結果は、一日あたりに単回の介入回数では効果が乏しく、頻回な介入が必要なことを示していると考えられた。

【結論】

DVT 予防として下腿三頭筋の筋収縮運動を行う場合、単回の介入では効果が乏しく、頻回な介入の必要性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、本学医学倫理審査委員会の承認を得た上で、対象者にはヘルシンキ宣言に基づいて研究の主旨を説明し、書面にて同意を得て実施した。

膝関節屈曲角度と膝関節伸展モーメントの変化が膝蓋大腿関節の圧迫力とストレスに与える影響 —シミュレーションを用いた研究—

高林 知也・江玉 睦明・稲井 卓真・徳永 由太・久保 雅義

新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

Key words / 膝蓋大腿関節圧迫力, 膝蓋大腿関節ストレス, シミュレーション

【はじめに、目的】

現在、男女問わず幅広い年齢層でランニングの人气が高まっているが、ランニング障害の発生率も増加している。ランニング障害のなかでも、膝前痛が主症状である膝蓋大腿関節痛はランニング障害全体の 25% を占める。膝蓋大腿関節痛の危険因子として、膝蓋大腿関節にかかる圧迫力 (PFCF) とストレス (PFS) の増加が関与することが明らかになっている。これまで、PFCF と PFS を減少させるにはランニング時に前足部で接地すること、あるいはステップ長を短くする戦略があると報告されている。しかし、PFCF と PFS は膝関節角度と膝関節モーメントによっても変化するため、これらの影響も考慮する必要がある。そこで、本研究はシミュレーションを用いて膝関節角度と膝関節モーメントの変化が PFCF と PFS に与える影響を検証した。

【方法】

本研究は膝関節角度と膝関節モーメントを独立変数、PFCF と PFS を従属変数としたシミュレーションを実施した。先行研究で報告されているランニング時の膝関節角度と関節モーメントを基に、関節角度は 10-40 度、関節モーメントは 0-150 Nm (全 4681 通り) でシミュレーション条件を規定し、PFCF と PFS を計算した。計算手順として、先行研究の多項式を用いて膝関節角度から大腿四頭筋のレバーアームを計算する。つぎにレバーアームと膝関節モーメントから大腿四頭筋張力を求め、大腿四頭筋張力から PFCF (N) を計算する。最終的に、膝関節角度から膝蓋骨と大腿骨の接触面積を求め、PFS (N/mm²) を計算した。本研究の解析は Scilab-6.0.0 でプログラミング処理した。

【結果】

膝関節屈曲角度と膝関節伸展モーメントが増加するに従い、PFCF も線形的に増加した。膝関節伸展モーメントが最大 (150 Nm) のとき、PFCF は屈曲角度 40 度で最大値 (42.3 N/kg)、屈曲角度 10 度で最小値 (24.9 N/kg) を示した。一方、PFS は PFCF とふるまいが異なり、膝関節伸展モーメントが最大 (150 Nm) のとき、屈曲角度 10 度で最大値 (14.0 N/mm²) を示し、屈曲角度 29 度で最小値 (11.6 N/mm²) を示した。

【考察】

膝蓋大腿関節痛の危険因子には PFCF と PFS の増加が関与しており、膝蓋大腿関節痛を予防および治療するためにはこの 2 つの要因がどのような状況で減少するかを理解することが重要である。本研究により、膝関節伸展モーメントが減少するほど PFCF と PFS は減少することが明らかになった。一方、膝関節屈曲角度が減少するほど PFCF は減少したが、PFS は膝屈曲角度が約 30 度で最も減少することも明らかになった。

【結論】

本研究結果は膝蓋大腿関節痛に対する効果的な治療介入、さらにはランニングの動作指導を行ううえで役立つ基礎的知見になり得る。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はシミュレーションを用いた研究であり、説明と同意が必要な被験者は含まれていない。

膝前十字靭帯再建術前後の膝蓋大腿関節部における早期軟骨病変の3次元T1 rho mappingによる評価

唄 大輔^{1,2)}・小川 宗宏^{2,3)}・岡村 建祐^{2,3)}・田中 寿典³⁾
稲垣 有佐³⁾・田中 康仁^{2,3)}

- 1) 平成記念病院 リハビリテーション科
- 2) 奈良県立医科大学大学院 運動器再建医学教室
- 3) 奈良県立医科大学 整形外科

Key words / 膝前十字靭帯損傷, 膝蓋大腿関節, T1 rho mapping

【はじめに、目的】膝前十字靭帯 (ACL) 損傷は軟骨損傷を合併することが報告されており、機能障害やスポーツ復帰の原因となる。そのため、軟骨損傷の早期診断が必要となってくるが、非侵襲的な手法の一つに MRI T1 rho mapping が用いられている。MRI T1 rho mapping はプロテオグリカン濃度などの高分子と水分子の相互作用を反映し、関節軟骨の早期の組織変性や損傷を評価することができる方法として有用である。現在までの報告は1スライスのみを解析を行った2次元解析法しか行われていない。今回、我々が新たに考案した3次元解析法による T1 rho mapping を用いた ACL 再建術前後の膝蓋大腿 (PF) 関節の軟骨を定量的に評価したので報告する。

【方法】対象は2012年2月から2015年12月までに関節症性変化を認めない片側 ACL 損傷に対して解剖学的2度再建術を行った28膝を対象とした。解析ソフトを用いて3次元 T1 rho mapping を構築し、PF 関節の大腿骨滑車部に関心領域 (ROI) を設定し T1 rho 値を測定した。ICRS 分類に基づき、術前後の PF 関節部の軟骨を肉眼的に評価し、抜釘術時の関節鏡視所見において、ICRS grade 1 以上の所見がある群 (Early 群) と所見がない群 (Intact 群) の2群に分けた。2群間における患者背景 (初回手術時の年齢、身長、体重、受傷から手術までの待機期間、KT-1000 による前方制動性) には有意差を認めなかった。大腿骨部滑車部において2群間の術前後、術後の患側側の比較を t 検定にて検討し、有意水準は5%とした。

【結果】本研究に関して ROI の検者内再現性は0.993(95%信頼区間:0.983-0.997)であり、検者間再現性は0.947(95%信頼区間:0.878-0.977)であった。また、術前に PF 関節部に軟骨損傷を認めた症例はなかったが、術後は ICRS 分類の grade 1a が2例、grade 1b が1例、そして grade 2 が5例の早期軟骨病変を認めた。T1rho 値に関して、Early 群の患側の術後 T1 rho 値は患側の術前 T1 rho 値、健側の術後 T1 rho 値と比較して有意に高値を示した。更に術後において Early 群の T1 rho 値は Intact 群と比較し有意な上昇を認めた。

【考察】ACL 再建術後約1年の再鏡視時に大腿骨滑車部に早期の軟骨損傷 (ICRS grade 1 以上) を28例中8例 (28.5%) の症例に認めた。更に Early 群は Intact 群より T1 rho 値の有意な上昇を認め、本研究で用いた3次元評価法は ICRS grade 1 という微細な早期軟骨病変を定量的に評価することができたと考えられる。

【結論】3次元解析法での T1 rho mapping は PF 関節における早期軟骨変性を非侵襲的に定量的に評価することができるツールとして有用と思われた。今後は症例を増やし長期経過や軟骨変性進行のリスク因子を検討していく必要があると考えられる。

【倫理的配慮, 説明と同意】ヘルシンキ宣言に基づき、全症例に本研究の十分な説明を行い、書面で同意を得た。本研究は所属機関の研究倫理委員会の承認を得た。また、データは ID 化し個人が特定できないように配慮した。

運動療法における精神的ストレスの変動について～唾液アミラーゼに着目して～

若林 由羽¹⁾・荒井 朗²⁾・宇津木 笑香³⁾・篠崎 陽一⁴⁾
白井 貴之⁵⁾・竹内 良太⁶⁾・平林 克仁⁷⁾・真壁 理沙⁸⁾
新谷 益巳⁹⁾

- 1) 湘南慶育病院
- 2) 東京ベイ浦安市川医療センター
- 3) 湘南藤沢徳洲会病院
- 4) 日高病院
- 5) 上福岡総合病院
- 6) 高島中央総合病院
- 7) 横浜なみきリハビリテーション病院
- 8) 岩手県立宮古病院
- 9) 群馬医療福祉大学

Key words / 自律神経, 肉体的ストレス, 自転車エルゴメータ

【はじめに、目的】日常生活でのストレスは、国民の47.7%が感じているとの報告がある。ストレスの蓄積は、生体防御機構である内分泌系、免疫系、自律神経系などが崩れ体調不良を引き起こす可能性が高くなる。この多くの人々が感じるストレスを軽減する手段の一つとして「運動」が挙げられるが、我々が提供する運動療法が対象者の精神的ストレスにどのような影響を与えるかの検証は少ない。そこで本研究は、運動強度の違いが精神的ストレスに影響があるか、簡易的にストレス値の測定が可能な唾液アミラーゼ (以下:アミラーゼ) を用いて検証を行った。アミラーゼが有効な指標であれば、運動療法による精神的ストレス軽減効果を検証していく上での一助となる。

【方法】対象はA大学に通う健常男子学生6名とした。自転車エルゴメータを用いて、20分間の定負荷運動を1人2回実施した。1回目の計測後は3日間空けて2回目を実施した。運動強度は、低負荷として推定 V(dot)O₂ max40% (1日目) と高負荷として推定 V(dot)O₂ max70% (2日目) の2種類とした。運動強度の決定には、推定 V(dot)O₂ max を算出する為に6分間運動負荷試験を事前に実施し、Astrand-Ryhming ノモグラム変法を用いて決定した。アミラーゼの測定には唾液アミラーゼモニタ (ニプロ社製) を使用し、測定前後で行った2種類の運動での比較には、Wilcoxon の符号付順位検定を使用し、各水準間に対しては多重比較検定を使用した。

【結果】各水準間での多重比較検定では、2種類の運動ともアミラーゼが上昇し、有意差を認めた (p<0.05)。2種類の運動を比較する Wilcoxon の符号付順位検定では、推定 V(dot)O₂ max70%の方がアミラーゼの変化量が大きい有意差を認めた (p<0.05)。アミラーゼが運動前より運動終了直後で減少していたのは、2種類の運動ともに1名であった。

【考察】本研究では、2種類の運動ともアミラーゼが運動によって上昇した。この結果から運動がストレスであることが示唆された。この原因として、運動終了直後は肉体的ストレスの増大から交感神経系が優位な状態であり、十分な安静を取らずにアミラーゼを測定したため、精神的ストレス軽減効果の影響を反映できなかったと考えられた。そのため運動前後でのアミラーゼの測定は、運動による自律神経状態の変動を考慮した測定方法が必要である。また、運動により交感神経が優位にも関わらず、アミラーゼが減少した被験者は肉体的ストレスよりも上回る精神的ストレスの減少が得られたと考えられた。

【結論】運動強度別に精神的ストレスの変動をアミラーゼで測定するには、運動後の自律神経状態を考慮した測定方法でなければ有効でない可能性が示唆された。今後も、アミラーゼが運動療法によるストレス変動の測定に有効であるか測定方法を検討した上で、引き続き検証を進めていく必要がある。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は群馬医療福祉大学の倫理委員会の承認を得て行なわれた (承認番号 16B-10)。対象者には、研究内容を口頭と書面にて十分に説明をし、同意書に同意を得た上で実施した。

片脚立位バランス課題における、脊椎の加速度測定の有用性の検証

篠原 智行・富田 洋介

高崎健康福祉大学

Key words / 加速度, 足圧中心, 片脚立位

【はじめに、目的】バランス障害を定量的に評価する機器として、床反力計や三次元動作解析装置が用いられるが、機器の可搬性の問題があり使用環境が限定される。近年は小型の加速度計が普及し、使用環境や対象者の幅が広がっている。今回、閉眼片脚立位バランスを課題として、脊椎の異なる部位で測定した加速度の有用性を、従来の指標である足圧中心 (Center of Pressure : COP) との関連性により検証した。

【方法】対象は、健康成人9名(男性1名、女性8名、平均年齢21.0歳、平均身長160.9cm、平均体重53.8kg)とした。利き足はボールを蹴る足と定義し、利き足での閉眼片脚立位バランス課題20秒間を2回測定し、合計18回の課題施行を解析対象とした。18回全て20秒の閉眼片脚立位を完遂した。加速度の測定はTrigno Lab Avanti System (DELSYS)のAvantiセンサーを、第7頸椎(C7)、第7胸椎(Th7)、第5腰椎(L5)へ装着した。装着には両面テープを使用し、頸椎はテープ、胸椎および腰椎は伸張性バンドを用いて身体へ固定した。COPの測定はBP400600床反力計(AMTI)を用いた。サンプリング周波数は加速度計と床反力計ともに100Hzとした。加速度の前後、左右方向それぞれにおいて、加速度の振幅の大きさを示す実効値であるRoot mean square (RMS)を求めた。またCOPの前後と左右方向それぞれの動揺距離(軌跡長)、総軌跡長、矩形面積を求めた。各部位のRMSとCOPの関連性をみるため、Pearsonの積率相関係数を求めた。統計処理はSPSS 11.0J for windowsを用い、有意水準を5%とした。

【結果】各測定値の平均値について、各部位の前後RMSはC7で0.17、Th7で0.56、L5で0.05、左右RMSはC7で0.09、Th7で0.09、L5で0.09であった。COPの前後軌跡長は940.1mm、左右軌跡長は855.2mm、総軌跡長は1409.0mm、矩形面積は2358.4cm²であった。相関係数rについて、COP前後軌跡長と前後RMSではC7で-0.25、Th7で0.01、L5で0.49であり、L5で有意な相関関係を認めた。COP左右軌跡長と左右RMSではC7で0.77、Th7で0.69、L5で-0.09であり、C7とTh7で有意な相関関係を認めた。COP総軌跡長とRMS(前後/左右)では、C7で-0.26 / 0.71、Th7で0.11 / 0.64、L5で0.53 / -0.13であり、C7とTh7の左右、L5の前後で相関関係を認めた。COP矩形面積とRMS(前後/左右)では、C7で0.54 / 0.76、Th7で0.20 / 0.60、L5で0.38 / 0.31であり、C7の前後と左右、Th7の左右で有意な相関関係を認めた。

【考察】閉眼片脚立位バランス課題において、動揺の前後の解析ではL5の加速度RMSとCOPが、左右の解析ではC7とTh7の加速度RMSとCOPに有意な相関関係を認めた。また、C7の前後および左右の加速度RMSは、COPの矩形面積や総軌跡長と複数の有意な相関関係を認め、バランス制御における脊椎の動きの特徴を反映していることが考えられた。

【結論】従来のCOP測定に代わる評価指標として、脊椎における加速度測定の有用性が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言を順守した。また、高崎健康福祉大学の研究倫理審査を受審した(第2937号)。対象者には事前に研究の趣旨を説明し、書面にて同意を得た。

歩行における下肢関節モーメントの評価法 - 体重、重力方向に対する体節の角度情報、慣性モーメントを利用して -

松村 海¹⁾・李 瑛熙¹⁾・甲斐 彩奈²⁾・沼田 未来³⁾・鶴崎 俊哉⁴⁾

1) 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科
2) 特定医療法人社団春日会黒木記念病院
3) 社会医療法人春回会長崎北病院
4) 長崎大学生命医科学域

Key words / 関節モーメント, 歩行, 重力方向に対する角度

【はじめに、目的】理学療法は基本動作能力の回復を目的とする。動作には身体を時間的に変化させる運動を伴い、その基本要素は筋力である。そのため、理学療法では筋力が注目され、その評価は必須である。臨床ではDanielsらの徒手筋力検査に代表されるように、一定姿勢における特定筋群の等尺性収縮時の筋力を評価しているに過ぎない。しかし、動作においては複数の筋が同時に働き、関節を軸に体節を回転させる力、即ち関節モーメントとして考える必要がある。その評価には三次元動作解析装置や床反力計が必要なため、一般の臨床ではほとんど行われていない。身体を剛体連結モデルとすると、物理学的に関節モーメントは床反力、関節の角度、角加速度および慣性モーメントから算出可能で、安静立位時の床反力は体重とほぼ等しいとされている。本研究の目的は、体重、重力方向に対する体節の角度と角加速度の変位、慣性モーメントから作成した推定式から、歩行時の関節モーメントが推定可能か検討することである。

【方法】対象は下肢整形外科疾患のない男女5名ずつの計10名とした。(年齢:21.3±0.8歳、身長:169±6.3cm、体重:63.2±7.0kg)重力方向に対する各体節の角度と角加速度を算出するため、加速度センサー内蔵の9軸モーションセンサーを大腿、下腿、足部にZ軸が各体節と垂直になるよう取り付けられた。慣性モーメントは阿江ら(1992)の推定式に体重と下肢の部分長を代入して算出した。また、三次元動作解析装置と床反力計を用いて足、膝関節モーメントを同時に計測した。対象者は床反力計上を助走距離1mで快適速度とそれよりも速い速度、遅い速度の3種類の速度で歩行した。全データは30Hzにダウンサンプリングし、矢状面で解析を行った。実測の関節モーメントを目的変数、体重、各体節の角度情報、慣性モーメントを説明変数としてステップワイズ重回帰分析で一般式Aを作成し、実測値との相関を検討した。その後、体重と下腿の角度、角加速度のみから同様に一般式Bを作成し、実測値との相関を検討した。【結果】一般式Aの相関係数は足関節が0.83±0.04、膝関節が0.76±0.05と比較的強い相関を認めた。(p<0.001)一方、一般式Bでは足関節は0.80±0.07とあまり変化は見られないが、膝関節は0.64±0.09と相関が低下した。(p<0.001)

【考察】本研究では重力方向に対する体節の角度や角加速度の変位を使用したことで、9軸モーションセンサーからでもこれらの算出が可能となったと考える。このことから、三次元動作解析装置や床反力計を用いずとも、下肢角度変位や角加速度の変位、即ち歩行速度を評価することで、歩行時の関節モーメントの客観的評価が可能となり、臨床応用が可能ではないかと考える。

【結論】三次元動作解析装置や床反力計を用いずとも、体重や重力方向に対する下肢の角度情報の変位等からでも、歩行時の関節モーメントは概ね推定可能であると示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究参加に暗黙の強制がかからないように配慮し、すべての対象者に研究の趣旨と生じえる不利益に関して文書、および口頭にて十分に説明し、文書にて研究参加に同意を得た。なお、本研究は長崎大学大学院医歯薬学総合研究科倫理委員会の承諾を得ている。(承認番号17041355)

パーキンソン病患者における筋力発揮安定性と症状および運動機能との関連

田實 裕嗣^{1,2)}・福元 喜啓³⁾・浅井 剛³⁾・大島 賢典¹⁾
久保 宏紀¹⁾・門條 宏宣⁴⁾・小山 祥太¹⁾・永山 ひろみ⁵⁾
岩井 信彦³⁾

1) 神戸学院大学大学院総合リハビリテーション学研究所
2) 姫路中央病院リハビリテーション科
3) 神戸学院大学総合リハビリテーション学部
4) 雅の里リハビリテーションセンター 5) 国立病院機構刀根山病院リハビリテーション科

Key words / 筋力発揮安定性, パーキンソン病, 膝伸展筋力

【はじめに、目的】日常生活動作は最大筋力を発揮することは少なく、最大下で筋出力が調整されることにより達成されている。近年、一定の筋力を安定して発揮する機能を示す、筋力発揮安定性 (Force steadiness) が加齢や転倒、運動機能に関連する指標として注目されている。パーキンソン病患者は動作の緩慢さや関節の硬さが特徴的であり、運動中の筋活動の時間や出力を課題に適合させることが困難であるとされている。このことから、パーキンソン病患者は筋力安定性が阻害されている可能性が考えられる。本研究はパーキンソン病患者における筋力安定性と症状および運動機能との関連を調べることを目的とした。

【方法】対象は地域在住パーキンソン病患者 23 名 (男/女: 11/12, 年齢: 72.0 ± 8.5 歳) とした。MDS-UPDRS III, Hoehn&Yahr 重症度分類 (以下 H&Y), Timed Up & Go test (以下 TUG), 最大等尺性膝伸展筋力および膝伸展筋力安定性を測定した。最大筋力と筋力安定性には等尺性膝伸展筋力計 (竹井機器工業社製) を用い、症状の重度な側を膝関節 70 度屈曲位で測定した。筋力安定性の目標値は最大筋力の 10% および 50% とした。ディスプレイの時間-カグラフに目標値となるラインを表示し、対象者にはディスプレイを見ながら発揮筋力が目標値になるべく一致するように指示した。計測時間は 8 秒間とし、それぞれの目標値で 2 回ずつ計測した。得られた筋力データはサンプリング周波数 1000Hz でパソコンに取り込み、計測開始から 3000ms までを除いた 3001 ~ 8000ms の区間の筋力値の変動係数 (標準偏差 / 平均値 × 100, %) を算出し筋力安定性の指標として用いた。最大筋力は 2 回の最大値 (Nm), 筋力安定性は 2 回の平均値を解析に用いた。統計解析として、筋力安定性と年齢、最大筋力との関連性をピアソンの相関係数で調べた。次に、従属変数を MDS-UPDRS と TUG, 独立変数を各筋力安定性、年齢および性別とした重回帰分析を実施した。さらに、対象者を H&Y で軽度群・重度群の 2 群に分け、年齢と性別で調整した共分散分析を用いて筋力安定性を比較した。統計学的有意水準は 5% 未満とした。

【結果】筋力安定性は 10%, 50% とも年齢と正の相関を示したが、最大筋力および TUG とは相関せず、また 10% と 50% との間での相関も示さなかった重回帰分析の結果、MDS-UPDRS には 10% 筋力安定性が有意に関連したが ($\beta = 0.46, p < 0.05$), 50% 筋力安定性は関連しなかった。また、TUG には筋力安定性は 10%, 50% とも関連していなかった。共分散分析の結果、重症度による筋力安定性の差は 10% 筋力安定性において、軽度群 (5.76%) と比較し重度群 (35.3%) で悪化する傾向にあった ($p = 0.07$)。

【結論】本研究の結果、低い目標値での筋力安定性はパーキンソン症状と関連し、病期が進行するほど悪化することが示唆された。一方、パーキンソン病患者における筋力安定性は運動機能にはあまり影響しない可能性が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は、姫路中央病院倫理審査委員会の承認を得て実施した。また、すべての被験者に本研究の趣旨および内容について口頭および文書で説明し、自由意思による参加の同意を書面により得た。

麻痺側足関節底屈筋の動作時筋緊張を測定する非麻痺側 SLR 法の信頼性と関連因子の検討

黛 太佑¹⁾・小山 将¹⁾・塩浦 宏祐^{1,2)}・中島 拓也¹⁾・原田 亮¹⁾
白田 滋²⁾

1) 榛名荘病院 リハビリテーション部
2) 群馬大学大学院保健学研究科

Key words / 非麻痺側 SLR 法, 動作時筋緊張, 足関節底屈筋

【はじめに、目的】

脳卒中者では歩行時の過剰努力に伴う麻痺側足関節底屈筋の筋緊張亢進を認めることが多い。本研究の目的は動作時筋緊張を定量的に評価する非麻痺側 SLR (Straight Leg Raising) 法の検者内信頼性と Modified Tardieu Scale (MTS) との関連性、歩行前後での変化と各指標との関連性を脳卒中者を対象に検討することである。

【方法】

非麻痺側 SLR 法は背臥位にて麻痺側足関節 0° 位での他動的背屈抗力を Hand Held Dynamometer (μ TAS F-1: ANIMA 社製) を用いて安静時抗力、非麻痺側の SLR に最大努力の 50% 負荷を加えた際の動作時抗力を測定し、その差を抗力増加量 (体重比) として動作時筋緊張の指標とした。検者内信頼性と MTS との関連性は脳卒中者 10 名 (69.7 ± 9.5 歳) とした。安静時・動作時抗力を続けて 2 回測定しその平均値を採用した。同一対象に対して別日に再測定し Intraclass Correlation Coefficient (ICC) (1,2) で検討した。また MTS は膝伸展位で「ゆっくり動かした時: V1」と「素早く動かした時: V3」の関節可動域 R2 と R1、Quality of Muscle Reaction (QMR) を測定し Spearman の順位相関係数 r_s を算出した。歩行前後での変化と各指標との関連性は脳卒中者 22 名 (79.2 ± 8.7 歳) とした。歩行は最大速度下での連続歩行を自覚的疲労感が修正 Borg Scale 4 になるまで実施し歩行時間・距離・速度、自覚的疲労部位、補装具・踵接地の有無、歩行自立度 (Functional Independence Measure: FIM の移動) を評価した。加えて麻痺側最大荷重率、Stroke Impairment Assessment Set (SIAS) の足底触覚、母趾位置覚、下肢・体幹機能、MTS、Brunnstrom stage (BRS) を評価した。歩行前後での抗力増加量の差を Wilcoxon の符号付き順位検定、各指標との相関は抗力増加量の変化量を用いて r_s を算出した。また自覚的疲労部位、補装具・踵接地の有無は対応のない t 検定、抗力増加量は Mann Whitney の U 検定を実施し、有意水準は 5% とした。

【結果】

各抗力の ICC (1,2) は 0.941-0.969 であり、MTS との関連性では安静時抗力と R1 のみ $r_s = -0.711$ と有意な相関を認めた。歩行により抗力増加量は有意な増加を認め、その変化量の各指標との関連性では足底母趾の触覚と -0.445、足底踵の触覚と -0.671 と有意な相関を認めた。自覚的疲労部位の違いでは、麻痺側下肢群にて歩行後に抗力増加量の有意な増加を認めたが、補装具の有無では有意差は認めなかった。同様に歩行時の踵接地の有無では有意差は認められなかったが、踵接地有り群で歩行速度・距離、BRS、FIM の移動、膝伸展位の MTS R2、SIAS: hip にて有意な増加を認めた。

【考察】

非麻痺側 SLR 法の検者内信頼性は高く、抗力増加量は MTS と関連を認めなかったことから動作時筋緊張の指標として適切である可能性が示唆された。他の指標との関連性では足底触覚や歩行時麻痺側下肢の疲労が動作時筋緊張に関連する因子として挙げられた。

【結論】

非麻痺側 SLR 法により足関節底屈筋の動作時筋緊張には足底触覚や疲労部位に配慮していく必要がある。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は当院倫理委員会 (承認番号 170101) にて承認を得た。対象者に研究内容および結果の取り扱いなどに関して説明し文書にて同意を得た。

ハンドヘルドダイナモメーターを用いた徒手筋力測定 の信頼性と妥当性

北地 雄・原島 宏明・宮野 佐年

総合東京病院 リハビリテーション科

Key words / ハンドヘルドダイナモメーター, 徒手筋力測定, 信頼性

【目的】

臨床における筋力測定法の一つに、ハンドヘルドダイナモメーター (HHD) の使用があり、高い信頼性や、起立能力、歩行能力との関係が報告されている。しかし、その多くが膝関節伸展運動である。本研究の目的は、膝関節伸展以外の関節運動における HHD を使用した筋力測定の信頼性と妥当性を検討することである。

【方法】

対象は当院に入院した脳卒中者 15 名であった (年齢 61.5 歳、女性 5 名、発症から計測まで 84.9 日)。取り込み基準は歩行補助具および装具なく 10m 以上の自力歩行が可能なのであった。筋力を測定する関節運動は、歩行に重要な筋とされる股関節屈曲、伸展、足関節底屈とした。筋力測定は非麻痺側、麻痺側の順に 3 回行い、各試行間は 30 秒以上の休憩を設けた。測定肢位は、股関節屈曲が MMT と同方法でセンサは大腿遠位部、股関節伸展が MMT の変法 (背臥位) でセンサは下腿遠位部、足関節底屈が股関節伸展と同肢位でセンサは中足骨頭部とした。統計解析は、HHD による筋力測定の検者内信頼性を調べるため ICC を算出した。同様に、基準関連妥当性を調べるため、快適歩行速度および最大歩行速度との相関係数を計算した。解析は SPSS ver 25.0 を使用し、有意水準は 5% とした。

【結果】

対象者の麻痺側筋力 (中央値 / 最大値 / 最小値) は股関節屈曲が 87/158/26N、股関節伸展が 100/184/63N、足関節底屈が 270/430/42N であった。麻痺側筋力は非麻痺側に比較し有意に弱かった ($p < 0.05$)。麻痺側の筋力測定の信頼性 (ICC (1,1); 95% CI 下限~上限) は、股関節屈曲が 0.96; 0.87 ~ 0.99、股関節伸展が 0.96; 0.90 ~ 0.98、足関節底屈が 0.94; 0.87 ~ 0.98 であり、非麻痺側は股関節屈曲が 0.90; 0.75 ~ 0.98、股関節伸展が 0.87; 0.72 ~ 0.95、足関節底屈が 0.87; 0.72 ~ 0.95 であり、非麻痺側の方が ICC は低かった。快適歩行速度と関連を認めた変数は麻痺側足関節底屈筋力 (Nm/kg) であり ($r=0.533, p<0.05$)、最大歩行速度と関連を認めた変数は麻痺側股関節伸展筋力 (N, Nm/kg)、麻痺側足関節底屈筋力 (N, Nm/kg) であった (それぞれ $r=0.609, 0.714, 0.613, 0.582, p<0.05$)。

【考察】

HHD による筋力測定は高い信頼性があり、膝伸展以外でも、固定ベルトを使用しなくても、HHD による筋力測定に慣れば高い再現性を得られることが示唆された。非麻痺側の方が ICC は低かったが、非麻痺側が先という計測順の影響が考えられる。非麻痺側の筋力は歩行速度との関連を示さず、麻痺側足関節底屈筋力は快適および最大歩行速度ともに関連を認めた。しかし、被験者が 15 名と少数であり、更なる検証が必要と考えられる。

【結論】

HHD による筋力測定は高い信頼性があり、歩行能力との関連も認められる。被験者数の増加、他の動作能力との関連の検討も必要である。

【倫理的配慮, 説明と同意】

対象者には研究の概要、参加が任意であること、参加しなくても一切の不利益がないこと、いつでも参加撤回できること、個人情報の取り扱いなどを口頭、および書面にて説明し、研究参加の同意を得た。

起き上がり動作の可否と座位側方リーチ距離の関係についての検討

朝倉 沙紀・久保田 友季子・中川 めぐみ・田中 健登
藤原 今日子・伊藤 大輝・前川 遼太

医療法人恒仁会近江温泉病院

Key words / 起き上がり動作, 座位側方リーチ, 転移

【はじめに, 目的】

臨床場面において、起き上がり動作が困難な患者を多く経験する。起き上がり動作の可否は、日常のセルフケアや QOL に影響を与えるとされ、動作獲得のための治療戦略が必要になると考える。我々は先行研究にて、起き上がり側方向への座位側方リーチ動作時の挙動が起き上がり動作時の挙動 (体幹屈曲・非起き上がり側側屈) と類似することから、座位側方リーチ練習における目標距離を段階的に延長する治療戦略にて、起き上がり動作が可能となった症例を報告した。しかし、一般的に起き上がり動作と座位側方リーチ動作の関係についての報告は見当たらず、また起き上がり動作獲得に必要な座位側方リーチ動作の目標距離についての報告も見当たらない。そこで今回、起き上がり動作に必要な座位側方リーチ距離を設定するための前段階として、起き上がり動作の可否と座位側方リーチ距離との関係を検討した。

【方法】

対象は、端座位保持ができ指示理解良好な起き上がり動作可能患者 (以下、起き上がり可能群) 21 名 (脳血管疾患 14 名、運動器疾患 1 名、廃用症候群 6 名) と起き上がり動作困難患者 (以下、起き上がり困難群) 11 名 (脳血管疾患 8 名、運動器疾患 1 名、廃用症候群 2 名) とした。座位側方リーチは、プラットフォーム (以下、PF) 上にて足底接地下の端座位をとり、リーチ側上肢は肩関節 90° 外転位、肘関節・手関節・手指屈曲中間位とし、対側上肢は支持しないように大腿にのせた状態を開始肢位とし、できるだけ側方へリーチを行い、最大リーチ位で 3 秒間保持した距離を最大リーチ距離とした。座位側方リーチ距離を正規化するため、先行研究にて得られた座位側方リーチ距離と相関が認められる ($r = 0.60, p < 0.01$) 上肢長と骨盤幅の積で座位側方リーチ距離を除いた値 (以下、座位側方リーチ距離指数) を算出し、起き上がり可能群と困難群と比較した。上肢長は肩峰から中指先端まで、骨盤幅は座位時の大転子間距離を測定した。統計処理は Mann-Whitney の U 検定を用いた。

【結果・考察】

座位側方リーチ距離指数は起き上がり可能群 ($0.91 \pm 0.32m$) が困難群 ($0.49 \pm 0.23m$) に比べ有意に高値を示した ($p < 0.01$)。この結果は、座位側方リーチ動作に必要な内外腹斜筋の筋活動が起き上がり動作と類似しているために、起き上がり可能群は困難群に比べ座位側方リーチ指数が高値を示すと考えた。また座位側方リーチ動作は起き上がり動作に比べ開始肢位の違いで、動作開始に伴う体幹屈曲・非起き上がり側側屈モーメントが低値なため、臨床的には起き上がり動作獲得のための段階的な練習が可能となり正の転移が期待できる可能性があると考えた。

【結論】

起き上がり動作が可能なのは困難な者に比べ座位側方リーチ距離指数が有意に高値であることから、座位側方リーチにて目標距離を延長する練習は起き上がり動作獲得を目指す上で重要であると考えた。

【倫理的配慮, 説明と同意】

すべての対象者には書面を用いて本研究の概要と個人情報の取り扱いについて説明し、署名にて同意を得た。本研究は、医療法人恒仁会近江温泉病院倫理審査委員会にて承認番号 (第 2018-004) を得た。

Laser Range Sensor を用いた大腿骨近位部骨折患者の TUG 回転方向における時空間的パラメータの比較

丸毛 達也¹⁾・武田 尊徳¹⁾・白滝 智洋¹⁾・安原 康平¹⁾
道下 将矢¹⁾・吉野 晃平¹⁾・飯島 弘貴²⁾・高橋 正樹²⁾

1) 上尾中央総合病院リハビリテーション技術科
2) 慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科

Key words / Laser Range Sensor, 大腿骨近位部骨折, TUG

【はじめに、目的】

大腿骨近位部骨折は高齢者に頻発する骨折であり、受傷後の歩行・バランス機能の低下が報告されている。Timed Up and Go test (以下、TUG) は立ち上がり、歩き出し、歩行、方向転換、着座などの複合的な動作評価であり、歩行・バランス機能の評価指標として用いられているものである。TUG は安定性の確認のために行われる事が推奨されているが、実際は対象者の施行時間と転倒リスクなどのカットオフ値との比較のみに使用されている事がほとんどである。Laser Range Sensor は照射されたレーザーで足の軌跡を捉えることで、TUG の各タスク下での時空間的パラメータを算出する事が可能である。本研究では Laser Range Sensor を用いて、大腿骨近位部骨折患者の TUG における健側・患側回りそれぞれの時空間的パラメータを比較し検討する事を目的とした。

【方法】

大腿骨近位部骨折患者 2 名に対して Laser Range Sensor を用いた TUG 測定を行った。TUG は左右両方向で 2 回ずつ、計 4 回実施した。Laser Range Sensor により計測した各歩行パラメータを患側回りと健側回りに分けて統計学的手法を用いて比較した。

【結果】

健側回りとは患側回りにおいて、回転基準であるコーンと足着床位置の最短距離と、施行時の横方向幅に差が認められた。患側回りがよりコーンに近い位置に着床しており、横方向幅も患側回りの方が狭かった。全施行時間や反応時間などの時間的パラメータには有意な差が認められなかった。

【考察】

大腿骨近位部骨折は転倒による受傷がほとんどであり、TUG 測定による歩行・バランス機能の評価は重要となる。今回の測定では患側回り、健側回りで遂行時間に差がみられなかったものの、患側回りの方がより狭い空間で動作を遂行していることがわかった。健側周りとは患側周りでは異なる戦略を用いて動作を遂行している可能性が示唆された。しかし、これらの戦略の違いが機能障害の影響が遂行機能の問題なのかを今後コホート研究や縦断的計測により明らかにする必要がある。

【結論】

今回の研究から、遂行時間の測定のみでは判定できない機能的制限の特徴が Laser Range Sensor を用いることによって臨床で簡便に測定可能となる事が示唆された。この測定方法は、理学療法介入による機能的制限の改善の客観的指標となりうると考えられる。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は上尾中央総合病院倫理委員会の承認のもと実施した。対象者には研究の内容と方法を書面及び口頭で説明し、同意を得た。

内側開大式高位脛骨骨切り術後患者の術後 3 ヶ月までの足底圧変化について 一足底圧測定器を用いた症例検討一

瀧原 純・川上 裕貴・玉造 純子

総合病院土浦協同病院リハビリテーション部

Key words / 変形性膝関節症, 高位脛骨骨切り術, 足底圧測定器

【はじめに、目的】足底圧計測は生体力学や生理学的観点だけではなく、整形外科手術の検証にも利用されている。その対象は、踵骨骨折や足関節腱固定、前十字靭帯再建などにわたり、健常被験者と同様な足底圧パターンを回復した例も報告されている。これらの一方で、内側開大式高位脛骨骨切り術 (以下 OW-HTO) 後患者の足底圧についての報告は稀少である。今回、OW-HTO 後患者の足底圧変化を明らかにし、より質の高い理学療法を実践する目的で、術後 3 ヶ月 (以下 Po3M) にわたり調査した。

【方法】症例は 40 代女性で、肥満指数は 19.2 である。2010 年〇月に誘因がなく疼痛が出現し、他院で左大腿骨内顆骨壊死と診断された。半年後に疼痛が増悪し、当院に手術を目的に入院となった。同月に OW-HTO と軟骨柱移植術が施行され、大腿脛骨角は術前 178° から術直後 172° に矯正された。膝関節屈曲可動域 (単位°) は術前 (以下 Pre) 155、術後 1 ヶ月 (以下 Po1M) 120、術後 2 ヶ月 (以下 Po2M) 125、Po3M 150 であった。筋力は健側差 (単位%) で Pre 77.1、Po1M 62.1、Po2M 70.0、Po3M 83.0 であった。疼痛は歩行時痛が Numerical Rating Scale で Pre 7、Po1M 2、Po2M 1、Po3M 1 であった。荷重は術後 2 週間 toe tatch レベル、術後 2 週後から 1/2 部分荷重、術後 3 週から 2/3 部分荷重、術後 4 週から全荷重を開始した。足底圧測定機器は挿入型の Pedar System (Novel 社 / 独製) を使用し、サンプリング周波数は 50Hz で無線により計測した。測定方法は、静的立位、スクワット、歩行とした。静的立位は 20 秒保持の中間の 10 秒を測定し、スクワットは 1/4 スクワットとし 10 回行ううちの中間 5 回を測定した。歩行は快適歩行速度で 8m の歩行路を使用し、Schmidt らの方法を参考に開始 3 歩を除外した中間 5 歩を抽出した。足底圧に関わるパラメーターとして接地時間の積分値 (以下 PTI) をそれぞれの各時期の健側差 (単位%) で比較した。

【結果】静的立位の PTI は Pre・Po1M・Po2M・Po3M の順に 59.2・33.0・50.5・59.3、スクワットの PTI は Pre・Po1M・Po2M・Po3M の順に 50.4 32.4・31.6・57.5、歩行の PTI は Pre・Po1M・Po2M・Po3M の順に 85.3・21.6・82.0・105.8 であった。Po3M で歩行においては健側差がなくなり、静的立位やスクワットにおいては残存していた。

【考察】OW-HTO 後の下肢アライメントの変化の影響は足底圧にも及ぶため、足底圧計測を介した評価並びに術後の効果判定は OW-HTO 術後の理学療法の質をより高めると考えられる。今回の結果より、各測定方法により健側差の有無および改善時期を考慮したうえで足底圧に及ぶ下肢アライメントの変化の影響を捉える必要性が示唆された。

【結論】OW-HTO 後患者の足底圧を Po3M にわたり調査した。静的立位、スクワット、歩行において健側差の有無および改善時期が異なっていることが明らかとなった。したがって、これらを考慮したうえで足底圧に及ぶ下肢アライメントの変化の影響を捉える必要性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】研究はヘルシンキ宣言に基づき行われた。対象者には事前に方法・目的・倫理的配慮を説明し書面にて同意を得た。また、同意の撤回がいつでも可能なことを説明した。

体幹・下肢筋力と立ち上がり動作能力の関連について - 立ち上がり時の運動戦略に着目して -

菊本 東陽

埼玉県立大学保健医療福祉学部理学療法学科

Key words / 椅子からの立ち上がり動作, 筋力測定, 運動戦略

【はじめに、目的】椅子からの立ち上がり動作能力の評価には、30秒椅子立ち上がりテスト (CS-30) に代表されるパフォーマンステスト (量的指標) と運動パターンの評価 (質的指標) がある。しかし、個々の筋力とバランス能力との関連を検討した報告は多いものの、徒手筋力計 (hand held dynamometer: HHD) で測定した筋力との関連性については不明瞭である。

本研究の目的は、HHD を使用した体幹・下肢の筋力測定、椅子からの立ち上がり動作能力測定を実施し、①体幹・下肢筋力と椅子からの立ち上がり動作能力の関連、②立ち上がり運動戦略に対する体幹・下肢筋力の影響について検討することである。

【方法】対象は、体幹および下肢機能に影響をおよぼす運動器障害や疼痛、脳血管障害の既往のない健康若年者 35 名 (男性 13 名、女性 22 名、平均年齢 21.3 ± 1.1 歳、平均身長 164.5 ± 8.3 cm、平均体重 57.4 ± 10.6 kg)、60 歳以上の健康高齢者 34 名 (男性 5 名、女性 29 名、平均年齢 71.1 ± 6.0 歳、平均身長 151.8 ± 6.4 cm、平均体重 51.4 ± 9.1 kg) とした。

測定は、筋力測定 (HHD による体幹、右下肢筋力測定)、椅子からの立ち上がり動作能力測定 (CS-30)、椅子からの立ち上がり動作の運動戦略の測定・評価 (ハイスピード撮影機能付きデジタルカメラを使用し撮影) を実施した。

データ解析は、CS-30 と体幹・下肢筋力の因果関係の分析には重回帰分析 (ステップワイズ法) を用いた。2 条件での立ち上がり動作時の股関節屈曲角度の変化の差の検定には対応のある t 検定を最大速度条件での立ち上がり動作時の股関節屈曲角度変化と体幹、下肢筋力の相関分析には spearman の順位相関分析を実施した。いずれも有意水準を 5% 未満とした。

【結果】

①体幹・下肢筋力と椅子からの立ち上がり動作能力の関連

体幹 (体幹伸展・屈曲)、下肢 (膝関節伸展・屈曲) 筋力 (N/kg) : 若年者 ($4.0 \pm 0.9 \cdot 2.9 \pm 0.8$, $6.9 \pm 2.5 \cdot 4.5 \pm 0.9$)、高齢者 ($5.6 \pm 1.1 \cdot 2.7 \pm 0.8$, $5.2 \pm 1.4 \cdot 3.3 \pm 0.9$)

CS-30 (回) : 若年者 (23.1 ± 6.0)、高齢者 (27.6 ± 7.5)

高齢者の CS-30 の増減に膝関節伸展筋力は正の影響を与えていた ($R^2 0.26$, $p < 0.05$) が、若年者では認められなかった。

②椅子からの立ち上がり動作時の股関節屈曲角度 ($^{\circ}$) の変化 (快適速度・最大速度)

若年者 ($19.6 \pm 8.3 \cdot 18.0 \pm 5.5$) 高齢者 ($15.4 \pm 5.7 \cdot 13.1 \pm 5.0$) 両群において 2 条件間の有意差を認めなかった。快適速度から最大速度時に stabilization strategy から momentum strategy への移行が確認できたのは、若年者 14/22 人、高齢者 11/21 人であった。

【考察】若年者では CS-30 と下肢筋力の関連性を認めなかったことから、CS-30 を利用した下肢筋力の評価には、高い下肢筋力を有する者の結果の解釈については検討する必要性のあることが示唆された。運動戦略と筋力の関連については、継続した検討が必要である。

【結論】本研究における知見は、HHD を使用した体幹・下肢筋力測定への応用への一指標となる。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は埼玉県立大学倫理委員会の承認を受け (第 28037 号)、研究の内容を事前に口頭文書で説明し同意を得ることのできた人のみを対象とした。

地域在住高齢女性の立位股関節回旋運動時の角度変化

熊野 貴紀¹⁾・竹内 京子^{2,3)}・梅原 彰宏³⁾

1) 学校法人原学園専門学校白寿医療学院

2) 東京医科大学人体構造学分野

3) 一般財団法人健康教育学研究所

Key words / 地域在住高齢女性, 立位股関節回旋運動, 動的バランス評価

【はじめに、目的】

高齢者の転倒リスクスクリーニングに、下肢筋力、バランス機能、歩行能力、敏捷性が挙げられ、片脚立位保持や Timed Up & Go (TUG)、ファンクショナルリーチ (FR) では転倒リスクのカットオフポイントが設定されている。地域在住高齢者は自治体などで定期的に評価されているが、対象者の殆どが健康範囲に収まり、危険意識の希薄化や評価の形骸化が懸念される。そこで、転倒リスク高齢者がハイリスク者に移行する可能性のスクリーニングに、動的立位バランスを評価する立位股関節回旋運動法が適用できるかを研究した。

【方法】

対象は健康教室に通う地域在住高齢女性 (高齢) 13 名 (63 ~ 80 歳) と健康な 20 才女性 (健康) 8 名である。回旋角度は多用途回旋角度測定器にて測定した。立位姿勢で最大股関節回旋運動を 2 秒で 1 回旋のペースで行い、10 回分のデータを比較検討した。高齢群のみ FR と TUG も実施した。解剖学的正位の足部長軸位 (0°) をゼロクロスポイント (ZCP) とし、内外旋運動中に ZCP を超える数を数計した。両群の ZCP 数と左右差、平均最大内旋角度 (MIRD) と平均最大外旋角度 (MERD) と左右差を検討した。さらに高齢群を ZCP に左右差のない群 (ZCP 同一) と左右差のある群 (ZCP 差) に分けて FR、TUG、MIRD、MERD の相互関係についても検討した。

【結果】

ZCP は、回数は左側に群間差を認め、高齢 < 健康であった。群内比較では、高齢群のみ左 < 右の関係であった。MIRD と MERD は、群間差を認めなかったが、群内比較では高齢群の左右差が MIRD > MERD の関係であった。FR と TUG は正常範囲内であった。ZCP 同一群と ZCP 差群の群間比較では MIRD と MERD に左右両側とも ZCP 同一群 > ZCP 差群の関係が得られた。FR と TUG に有意差はなかったが、ZCP 差群で FR が少なく TUG が大きい傾向がみられた。

【考察】

高齢者では内旋運動の不十分なケースが多く、MIRD の左右差も大きく、ZCP の左右差が多いほど、両側下肢の MIRD・MERD が少なく、荷重下での下肢制動能力が低い可能性が示唆された。今後の全身運動におけるアンバランスを助長すると予測された。

【結論】

地域在住高齢女性の立位股関節回旋運動時の角度変化は、回旋運動の著しい拙劣さを認めるケースがあり、多用途回旋角度測定器による動的立位バランス評価は転倒ハイリスクに移行するローリスク者の予測に有用である可能性が示唆された。今後、さらに対象者を増やし、転倒経験や活動範囲との関係について研究を行う。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、地域自治体の承諾により実施され、参加者に対し書面をもって説明と同意が得られ、ヘルシンキ宣言に則り実施された。学校法人原学園倫理審査部門 (承認番号 18033) にて承認されている。

転倒予測評価と認知機能-Four square step test・Timed “up & Go” test と Mini Mental State Examinationの総点数、下位項目の関係性-

高橋 佑輔¹⁾・福井 直樹²⁾

1) 公立那賀病院 2) 和歌山国際厚生学院

Key words / FSST, TUG, 認知機能

【はじめに、目的】当院では転倒予測評価で Four square step test (以下 FSST)、Timed “up & Go” test (以下 TUG) を使用するが、FSST と TUG の結果が時折解離し歩行自立度の判定に困惑する。要因として身体機能以外に認知機能の影響を考えたが、私が渉猟する限り認知機能が各評価に与える影響の報告は見当たらない。しかし転倒の危険因子の一つとして認知機能低下も報告されており、転倒とは不可分の関係である。そこで今回 Dite らの報告で感度、特異度ともに高い FSST、TUG と Mini Mental State Examination (以下 MMSE) の総点数や下位項目の関係性を検証する。

【方法】対象は H29.6.15 ~ H29.9.15 の間に A 病院入院中に理学療法を実施し、独歩又は杖歩行が介助無く可能で TUG、FSST が完遂可能な 70 名とした。対象者に MMSE、FSST、TUG を実施した。MMSE 総点数と各転倒予測評価の相関を求め、相関を認めた転倒予測評価は MMSE 下位項目と相関を求めた。統計処理は MMSE、FSST、TUG に正規性の検定を行い、MMSE と転倒予測評価の相関は Pearson の積率相関係数又は Spearman 順位相関係数を使用した。MMSE 下位項目と転倒予測評価には重回帰分析を行った。統計解析は SPSS Statistics Version21 を使用し、有意水準を 5% 未満とした。

【結果】MMSE は平均 23.87 ± 5.39 点、FSST は平均 15.13 ± 5.43 秒、TUG は平均 12.43 ± 4.91 秒で、MMSE、FSST、TUG すべてに正規性を認めなかった。FSST と MMSE は相関係数 $r = 0.409$ で相関を認め、TUG と MMSE は有意な相関は認めなかった。FSST と MMSE 下位項目では計算のみ有意に関係性を示した。

【考察】覚醒、意欲、注意が伴わないと MMSE 全体の点数が低下する。MMSE 総点数と FSST の相関を認めたことより、覚醒、意欲、注意の低下が関与すると考えるが、本研究では注意が大きく関与することが明らかになった。MMSE 下位項目の計算は作動記憶を対象とした項目であり、FSST との相関は作動記憶の関与が大きいと考える。これら注意、作動記憶は個別の問題ではなく、神経心理ピラミッドに基づくと密接に関与しており、注意の上に情報処理(作動記憶)が成り立つ。情報処理やそこに至るまでの過程でエラーが出ると FSST の成績を低下させると考える。具体的には FSST は「跨ぐ順番を覚える・跨ぎ動作時のバランスを保つ」といった同時処理を行う必要があり TUG と比べ注意や作動記憶を必要とする課題であるが、TUG は比較的単純な課題で同時処理をあまり必要としないため相関を認めなかったと考える。

【結論】FSST は TUG に比べ認知機能の影響を受け、特に注意機能や作動記憶の低下により成績が低下することが示唆された。認知機能と転倒は不可分の関係性であり、FSST はより認知機能低下者の転倒リスク検出に有用な可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は公立那賀病院倫理委員会の承認(承認番号:34)を得て行っている。対象者に対しては研究内容を詳しく説明した。個人が特定されないこと、自由意思による同意を得た上での協力であること、研究に参加しない場合でも、受けるべき権利を失うことは無いことを本人へ口頭で詳しく説明を行った。本人の意思決定力が低下していると判断する者へは同様の内容を家人へ詳しく説明を行った。

歩行立脚期における Plug-in-Gait model とジャイロセンサによる体幹・下肢関節角度の計測値の類似度分析

江戸 優裕¹⁾・上條 史子²⁾・佐藤 俊彦¹⁾

1) 文京学院大学 保健医療技術学部 理学療法学科

2) 昭和大学 保健医療学部 理学療法学科

Key words / Plug-in-Gait model, ジャイロセンサ, 歩行分析

【はじめに、目的】今回我々は慣性センサを用いた動作解析に着目した。慣性センサはジャイロ(角速度)センサと加速度センサの総称であり、近年小型化と低価格化が進んだことで様々な用途で応用されている。これらはセンサ自体が座標系を有するため外部装置を必要とせず、計測環境が制限されない利点がある。したがって、臨床施設はもとより、これまで困難であった在宅や屋外での動作解析にも応用できる可能性がある。

こうした背景から、本研究では三次元動作解析システムと慣性センサシステムによる同期歩行計測を行い、慣性センサを用いた歩行解析の実用性を検証することを目的とした。

【方法】対象は健康者 10 名(男性 2 名・女性 8 名; 年齢 19.6 ± 0.5 歳, 身長 162.1 ± 0.1 cm, 体重 55.3 ± 6.5 kg) とし, 至適速度での裸足歩行を 1 回計測した。

計測に用いた三次元動作解析システムは, VICON-NEXUS (Vicon motion systems 社) であり, マーカー貼付位置および算出項目は Plug-In-Gait model (以下, PIG モデル) に準拠した。

慣性センサシステム(以下, ジャイロ)は, 小型無線モーションレコーダ 4 台とモーションセンサ 1 台 (MicroStone 社) を第 8 胸椎・仙骨・大腿外側・下腿外側・踵後面に固定した。得られた角速度を積分して各センサの角度を求め, その差分により関節角度を算出した。

解析対象は左 1 立脚期分のデータとし, PIG モデルとジャイロにより計測される体幹および左股・膝・足関節角度の類似度を, 対象者毎に Pearson の相関係数で確認した。

【結果】対象者毎の PIG モデルとジャイロによる計測値の相関係数を ($r \geq 0.9 / \geq 0.7 / < 0.7$) に分けて該当人数を以下に示す。

股関節角度は屈曲 (10 / 0 / 0)・内転 (3 / 5 / 2)・内旋 (0 / 4 / 6), 膝関節角度は屈曲 (10 / 0 / 0)・内反 (0 / 2 / 8)・内旋 (1 / 1 / 8), 足関節角度は背屈 (3 / 3 / 5)・回外 (0 / 1 / 9)・内転 (0 / 4 / 6), 体幹角度は屈曲 (1 / 2 / 7)・側屈 (6 / 2 / 2)・回旋 (5 / 1 / 4) であった。

【考察】本研究の結果から, 股・膝関節の屈伸角度に関しては, PIG モデルとジャイロによる計測値は全対象者において非常に高い類似度を示した。その他の角度に関しては, 類似度が低い対象者も多かった。

PIG モデルは, 下肢関節の前額面および水平面角度においては, 矢状面角度に比べて精度が低い (Kadaba, et al. 1990)。また, PIG モデルは, 実際には形状変化する足部や胸郭を 1 つの剛体と捉えることから, これらの分節の詳細な運動解析には不向きと言える。

このように, 股・膝関節屈伸以外の角度に関しては高い類似度が得られなかったが, それらはいずれも PIG モデルの弱点とも言える項目であるため, 今後他のモデルとの検証が必要である。

【結論】歩行立脚期の股関節および膝関節の屈伸角度に関しては, PIG モデルとジャイロによる計測値は非常に高い類似度があり, ジャイロを用いた解析は十分実用的である。その他の角度に関しては, 追加検証が必要である。

【倫理的配慮, 説明と同意】対象者には研究の内容を十分に説明し, 書面で同意を得た。また, 本研究は文京学院大学倫理審査委員会の承認 (承認番号: 2017-0028) を得て行った。

安定面および不安定面上における片脚立位時の足圧中心動揺と足関節底屈筋 Force Steadiness との関連

廣野 哲也¹⁾・池添 冬芽¹⁾・谷口 匡史¹⁾・山縣 桃子^{1,2)}
宮腰 晃輔¹⁾・梅原 潤^{1,2)}・市橋 則明¹⁾

1) 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

2) 日本学術振興会特別研究員 DC

Key words / Force Steadiness, バランス機能, 不安定板

【はじめに、目的】Force Steadiness (FS) とは一定の力を発揮し、それを一定時間保持する能力を意味する。先行研究において、両脚静止立位時の足圧中心 (COP) 動揺は最大足関節底屈筋力の 5% 以下の FS と関連し、10% から 20% の FS とは関連がみられなかったことが報告されている。日常生活場面では安定面のみならず、不整地など不安定面での立位姿勢制御が重要であり、不安定面での姿勢制御にはより大きな筋力発揮が必要だと考えられる。しかし FS と不安定面上での姿勢制御能力との関連については明らかではない。そこで本研究の目的は、安定面上および不安定面上での片脚立位姿勢制御能力と足関節底屈筋 FS との関連について明らかにすることとした。本研究の仮説は、安定面上での姿勢制御は最大筋力の 5% 程度の発揮筋力の低い FS と関連し、不安定面上での姿勢制御はより発揮筋力の高い FS と関連するということである。

【方法】健康若年者 33 名 (女性 14 名, 23.1 ± 2.0 歳) を対象とした。FS の評価には多用途筋機能評価運動装置 (BIODEX System 4) を用い、右足の最大等尺性底屈筋力 (MVC) の 5%, 20%, 50% をそれぞれ目標筋力として 20 秒間筋力発揮させた。最初の 5 秒を除いた 15 秒間を解析区間とし、平均値と標準偏差から算出した変動係数 (CV) を FS の指標とした。なお、CV が小さいほど FS が優れていることを意味する。姿勢制御能力の評価には BIODEX Balance System SD を用いて、安定面および不安定面上における右片脚立位保持を 40 秒間行った。なお不安定面とは、評価機器の表面板がコンピュータ制御により全方向に傾斜する条件とした。前後 5 秒を除いた 30 秒間の解析区間から算出された COP の前後位置の標準偏差 (COP-SD) を姿勢制御能力の指標として用いた。安定面および不安定面条件の COP-SD をそれぞれ従属変数とし、MVC と各 FS を独立変数とした重回帰分析 (ステップワイズ法) を行った。

【結果】安定面上の片脚立位において、5%FS のみが COP-SD に影響を及ぼす因子として抽出された (標準化係数 0.512, $p < 0.01$)。不安定面上においては、20%FS のみが COP-SD に影響を及ぼす因子として抽出された (標準化係数 0.458, $p < 0.01$)。

【考察】不安定面上での COP 位置を調整するためには、安定面上よりも大きな筋力発揮を一定に保持する能力が必要となることが考えられる。また、安定面と不安定面との間でそれぞれ異なる発揮筋力時の FS が関連したことから、姿勢制御にはその課題に適した発揮筋力の FS が重要であることが示唆された。

【結論】健康若年者において、安定面上における片脚立位時の姿勢制御には最大筋力の 5% 程度の足関節底屈筋 FS と関連が認められ、不安定面上での姿勢制御にはそれより高い発揮筋力での FS が関連していることが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】研究を実施するにあたり、ヘルシンキ宣言、文部科学省及び厚生労働省による疫学研究に関する倫理指針を遵守し、対象者には口頭にて本研究の主旨、目的、方法について詳細に説明を行い、研究参加への同意を書面にて得られた者のみ本研究を実施した。また、測定時に痛み等の身体的異常が認められた際には直ちに実験を中止することについて十分に説明し実験を行った。

低座面高の椅子での座位姿勢における体幹および骨盤角度の相違とその性差に関する検討

浅野 伝美¹⁾・遠藤 壮馬^{2,3)}・畑中 将希⁴⁾・浅井 仁³⁾

1) 近江八幡市立総合医療センター 医療技術部 リハビリテーション技術科

2) 金沢子ども医療福祉センター リハビリテーション科

3) 金沢大学大学院 医薬保健学総合研究科

4) 関西電力病院 リハビリテーション部

Key words / 低座面, 性差, 座位姿勢

【はじめに、目的】関節の柔軟性や骨盤の形態には性差があることが知られている。このことからすると、座面高の異なる椅子、特に股関節および膝関節の屈曲角度が大きくなる低い座面の椅子に着座したときの座位姿勢にも性差が見られる可能性が考えられる。これまでに座面高の違いと性差の双方が座位姿勢に及ぼす影響を検討した報告は見当たらない。そこで本研究では、股関節および膝関節が90度以上屈曲するような低座面の椅子を用いて、座面の高さの相違が骨盤および体幹角度に及ぼす影響、またその影響の性差を検討することとした。また姿勢に影響を与えると考えられる股関節の柔軟性の性差についても検討した。

【方法】対象は健康成人29名とした。本研究では座位姿勢を体幹角度(肩峰と大転子を結ぶ線と垂線のなす角度)および骨盤角度(仙骨後面と垂線のなす角度)で評価した。体幹角度の計測には体幹角度計を、骨盤角度の計測には電子角度計を用いて測定した。体幹角度および骨盤角度は垂直位を0°とし、前傾位を+、後傾位を-で示した。着座する座面高は、股関節及び膝関節が90°屈曲位となる座面高を基準座面高とし、これに基準座面高の0.5倍、0.6倍、0.7倍、0.8倍、0.9倍の座面高を加えた6条件とし、6条件をランダムな順で実施した。また、股関節屈曲の柔軟性の指標として他動的SLR角度、膝窩角、股関節屈曲可動域を測定した。座面高および性差が体幹角度および骨盤角度に与える影響を二元配置分散分析で検討し、交互作用が認められた場合、座面高の影響をHolmの検定で、性差を対応のないt検定で検討した。他動的SLR、膝窩角、股関節屈曲可動域の性差についても対応のないt検定で検討した。有意水準はそれぞれ5%未満とした。

【結果】体幹角度に及ぼす性別および座面高の有意な影響は認められなかった。一方、骨盤角度には性別と座面高の交互作用が認められ、基準座面高と比較し男性では0.9倍以下のすべての座面高で有意な骨盤の後傾が認められたのに対し、女性では0.5倍でのみ有意な骨盤の後傾が認められた。他動的SLR角度、膝窩角および股関節屈曲可動域において有意な性差は認められなかった。

【考察】体幹角度には性別および座面高の影響が認められず、これは座面が低くなくても男女とも立ち直り反応によって体幹角度が保たれたものと考えられた。また、骨盤角度には性差が認められたが、他動的SLR角度、膝窩角および股関節屈曲可動域には性差が認められなかった。このことから、低座面における骨盤後傾は股関節周囲の柔軟性ではなく、骨盤の形態等の他の要因が影響するものと考えられた。

【結論】座面高と骨盤角度の関係性には性差があることが明らかとなった。しかし、SLR角度、膝窩角、および股関節屈曲可動域において有意な性差は認められなかった。すなわち、この性差が認められた要因は、股関節屈曲の柔軟性だけでなく、別の要因が影響する可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は金沢大学医学倫理審査委員会の承認を受けており、参加者に研究内容について口頭および書面にて十分に説明し、同意が得られた方を被験者とした。また被験者には、実験の中断・中止および同意の取り消しが可能であること、その場合にもいかなる損害も発生しないことを説明した。

筋骨格モデルシミュレーションを用いた歩行中の膝関節側方安定性に関する研究

川田 将之¹⁾・木山 良二¹⁾・中井 雄貴²⁾・宮崎 宣丞²⁾
米 和徳¹⁾

1) 鹿児島大学医学部保健学科

2) 鹿児島大学大学院保健学研究科

Key words / 膝関節側方安定性, 筋骨格モデルシミュレーション, 歩行

【はじめに、目的】膝関節は骨構造上、不安定な関節であり、関節周囲の軟部組織が安定性に寄与している。そのため、膝関節周囲の軟部組織の損傷により不安定性が生じる。歩行中の膝関節の側方不安定性は、変形性膝関節症進行のリスクファクターとされており、安定性の改善は進行予防のために重要である。膝関節の安定化機構のうち、筋張力はトレーニングによって改善できる可能性がある。しかし、どの筋が膝関節側方安定性に寄与しているかは明らかになっていない。本研究の目的は、異なる自由度の膝関節モデルを持つ筋骨格モデルシミュレーションを用いて、膝関節側方安定性に寄与する筋を明らかにすることである。

【方法】対象者は健康若年成人男性15名とした。三次元動作解析装置(VICON MX, Oxford Metrics)、床反力計(9821A, Kistler)を使用して歩行を測定した。得られた座標データと床反力を、筋骨格モデルシミュレーションソフトウェアAnyBody 6.0(AnyBody Technology)に入力して筋張力を算出した。膝関節のモデルは屈伸のみ可能な1自由度、屈伸と内外反が可能な自由度2の2種類を用い、それ以外は同様のモデルを利用した。2種類のモデルを使用して算出された下肢筋の筋張力の立脚初期または立脚後期の最大値を代表値とした。1自由度モデルに対して2自由度の膝関節モデルを用いて算出した張力が増加した筋を、膝関節の側方安定性に関与する筋と考えた。対応のあるt検定またはWilcoxonの符号順位検定にて2条件間の比較を行った。有意水準は5%とした。

【結果】1自由度の膝関節モデルを使用したシミュレーションと比較して、2自由度のモデルでは、立脚初期の大腿二頭筋、大腿直筋、小殿筋、立脚後期の大腿二頭筋、腓腹筋外側、中殿筋前部、小殿筋、長内転筋の筋張力が有意に増加した($p<0.001$)。一方、立脚初期の半膜様筋、内側広筋、外側広筋、大殿筋、中殿筋後部、立脚後期の腓腹筋内側の筋張力は2自由度のモデルで有意に減少した($p<0.001$)。

【考察】本研究の結果、膝関節モデルの自由度により、歩行中に必要とされる筋張力に差が認められた。内外反可能な2自由度の膝関節モデルで増加した筋は主に、膝関節の外側を走行している筋であり、立脚期における外的膝関節内反モーメントに抗する内的膝関節外反モーメントを発生させる筋であると考えられる。したがって、これらの筋が膝関節の側方安定性に寄与する筋と考えられる。膝関節外側の筋のトレーニングや、適切な収縮タイミングを促すことで、膝関節側方安定性の改善が行える可能性が示唆された。また、張力が減少した筋は、主に膝関節内側を走行し、その筋収縮により外的膝関節内反モーメントを助長すると予想されるために、減少したものと考えられる。

【結論】本研究の結果から、主に膝関節の外側を走行している筋群が、膝関節の側方安定性に寄与している可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は鹿児島大学医学部疫学・臨床研究等に関する倫理委員会の審査を受けた研究である(第155号)。実施に関しては、安全に十分に配慮し、ヘルシンキ宣言に従うものとした。目的、方法等について書面をもって説明し、その自由意思による同意を得た方のみを対象とした。また、研究への不参加及び研究途中での同意の撤回についても不利益を受けず、いつでも同意を取り消すことができることを説明した。

変速トレッドミル歩行が歩行安定性に与える影響について

土田 将之^{1,2)}・安井 崇人¹⁾・鈴木 智高¹⁾・黒澤 千尋¹⁾
 杉山 将史³⁾・大滝 脩介³⁾・山口 蔵人³⁾・甲斐 義弘³⁾
 菅原 憲一¹⁾

- 1) 神奈川県立保健福祉大学大学院保健福祉学研究所
- 2) 医療法人横浜柏堤会よすか浦賀病院リハビリテーション科
- 3) 東海大学工学部機械工学科

Key words / 変速トレッドミル, 加速度計, 歩行安定性

【はじめに、目的】

歩行は課題特異性を持った運動であるため、歩行練習は、日常生活の状況や環境を想定して行うことが重要である。したがって歩行速度についても、多様な速度で実施されるべきであるが、その方法や効果についての検討はされていない。現在、この問題に対応するため共同開発を行っている変速トレッドミルを用いて、歩行速度を機械的制御により加減させた場合の、身体反応と歩行安定性の変化を検証した。

【方法】

対象は下肢に整形外科系疾患の既往のない健常成人 22 名とした。課題条件は以下の 2 条件とし、対象者をランダムに振り分けた。変速群 (n=11) : 30 分間変速トレッドミル上を歩行する課題とした。速度は最大 4.5km/h、最小 2.0km/h とし、正弦波を描きながら 15 秒周期で反復する設定とした。一方、定速群 (n=11) は開始直後の 1.5 分間 (歩行開始後 0 ~ 1.5 分)、終了直前の 1.5 分間 (歩行開始後 28.5 ~ 30 分) は変速歩行とし、間の 27 分間は 4.0km/h の定速度に設定されたトレッドミル上を歩行する課題とした。歩行中は 3 軸加速度計を体幹背面 L3 レベルに貼付し各種解析を行った。サンプリング周波数は 200 Hz とした。データ解析は加速度計から記録される波形データから各群内で前後各 1 分間の a. 平均ステップ数、b. 平均ステップ時間、c. ステップ時間の変動係数、d. 体幹加速度の鉛直成分・前後成分・側方成分の Root Mean Square(RMS)、e. 体幹加速度の鉛直成分の自己相関分析の 5 つの指標を算出し、対応のある T 検定にて前後の差の解析を行った。有意水準は 5 % とした。

【結果】

RMS は変速群の前後成分に有意な減少を示した ($p=0.012$)。平均ステップ数は両群で有意な減少を示した (変速群 : $p=0.014$ 定速群 : $p=0.033$)。平均ステップ時間は両群で有意な増加を示した (変速群 : $p=0.009$ 定速群 : $p=0.027$)。ステップ時間の変動係数は両群とも有意差は認めなかった。自己相関分析には両群とも有意な差は認めなかった。

【考察】

歩行の動揺性の指標である RMS について、変速群の前後成分に有意な減少を示したことから、変速歩行には歩行速度が変化した際の身体の動揺性を軽減させる効果が認められた。両群とも平均ステップ数の減少と平均ステップ時間の増加がみられたことから、30 分間の歩行を通して、ステップ数重視の歩行からストライド重視の歩行様式に変化したと考えられた。

【結論】

変速トレッドミルでの歩行練習により速度変化に対する前後動揺が減少し、速度に応じたより安定した歩行が獲得できることが示された。一方、平均ステップ数や平均ステップ時間では両群ともに同様の傾向を示していた。今後より効果の高い変速歩行の介入条件を明らかにするため、介入時間や速度変化の再検討が必要である。

【倫理的配慮, 説明と同意】

研究対象者には、実験内容および被験者の権利についての説明を十分に行い、実験参加への同意を得た上で実施した。本研究は、神奈川県立保健福祉大学研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。

重度変形性膝関節症患者における足趾握力が歩行能力に及ぼす影響

久保 峰鳴^{1,2)}・瓜谷 大輔¹⁾・藤井 唯誌³⁾・松岡 大輔³⁾
 福本 貴彦¹⁾・今北 英高¹⁾

- 1) 畿央大学大学院 健康科学研究科
- 2) 香芝旭ヶ丘病院 リハビリテーション科
- 3) 香芝旭ヶ丘病院 整形外科

Key words / 変形性膝関節症, 足趾握力, 歩行能力

【はじめに、目的】

近年、高齢者の足趾握力が歩行能力と関連することから注目されている。また、変形性膝関節症 (膝 OA) 患者は健常高齢者と比べ足趾握力が低下しているとの報告が散見される。膝 OA 患者における歩行能力と機能因子との関連性は、膝関節機能による報告が多く、足趾機能に関するものは少ない。そこで本研究の目的は、膝 OA 患者の足趾握力と歩行能力の関連を明らかにすることとした。

【方法】

Kellgren-Lawrence 分類Ⅲ以上であり、片側の全人工膝関節置換術予定の膝 OA 患者 162 名 (男性 37 名、女性 125 名、年齢 74.4 ± 6.5 歳) を対象とした。測定項目は、足趾握力、大腿四頭筋力、安静および歩行時の膝関節痛、Femoro tibial angle、自動運動における膝関節伸展位および屈曲可動域 (伸展位 ROM、屈曲位 ROM)、10m 歩行時間 (10m 歩行)、Timed Up & Go Test (TUG) とした。足趾握力は足趾筋力測定器 (T.K.K.3360 竹井機器工業株式会社)、大腿四頭筋力はハンドヘルドダイナモメータ (ミュータス F-100、アニマ社) のベルト固定法により計測を行った。疼痛の評価は Visual analogue scale (VAS) を用いた。統計解析は、10m 歩行と TUG の各結果を従属変数、性別、年齢、身長、体重およびその他の測定項目を独立変数とした重回帰分析 (ステップワイズ法) を行った。有意水準は 1% とした。

【結果】

重回帰分析の結果、10m 歩行と足趾握力、伸展位 ROM、歩行時疼痛、年齢が有意な関連を示した。標準偏回帰係数は足趾握力 -0.231、伸展位 ROM -0.301、歩行時疼痛 0.209、年齢 0.200 であった。TUG は足趾握力、伸展位 ROM、屈曲位 ROM、年齢、歩行時疼痛が有意な関連を示した。標準偏回帰係数は足趾握力 -0.217、伸展位 ROM -0.475、屈曲位 ROM 0.156、年齢 0.164、歩行時疼痛 0.141 であった。

【考察】

従来、膝 OA 患者の歩行能力と膝関節伸展位筋力との関連性が数多く報告されており、運動療法として大腿四頭筋を中心に筋力増強運動を行うことが多い。しかし、本研究では大腿四頭筋よりも足趾握力との有意な関連が見られた。足趾屈筋は、歩行時立脚中期以降で推進力を得ることに関与し、結果としてストライド長を広げる。また膝 OA 患者では足趾握力が低下しており、歩行時には足趾範囲での足圧が小さいことが報告されている。これらのことから重度膝 OA 患者における足趾握力は歩行速度を高める上で重要な役割を担っていると考えられる。

【結論】

本研究の結果、重度膝 OA 患者の歩行能力を高める上で足趾握力を含む足趾機能に対する評価や介入が有用であることが示唆された。今後はさらに歩行時の動作解析や縦断研究、また膝 OA の重症度による違い等詳細な検討が必要である。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究の対象者にはヘルシンキ宣言に基づき、本研究の趣旨や方法を書面および口頭にて説明し、書面にて同意を得た。本研究は香芝旭ヶ丘病院研究倫理委員会の承認を得て行った。

変形性膝関節症患者の歩行速度と下肢関節モーメントの関連

久保田 良¹⁾・小栢 進也²⁾・中條 雄太¹⁾・小西 隆幸¹⁾
君家 英子³⁾・金光浩¹⁾・長谷 公隆¹⁾

- 1) 関西医科大学附属病院 リハビリテーション科
2) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科
3) 関西医科大学 リハビリテーション科

Key words / 変形性膝関節症, 歩行速度, 関節モーメント

【はじめに、目的】

変形性膝関節症(膝OA)患者は患側膝関節の内反変形を生じ、疼痛により歩行速度が低下していると考えられる。しかし、膝関節の疼痛や機能を足関節や股関節で代償することで歩行速度を維持できる可能性は考えられるが、膝関節以外の関節モーメントと歩行速度の関連は明らかでない。本研究の目的は膝OA患者の歩行速度と関節モーメントの関連を明らかにすることである。

【方法】

対象は膝OA患者28名(年齢:74.5±7.4歳,身長:153.4±8.5cm,体重:61.6±13.5kg)とした。被験者の体表に18点のマーカーを張り付け、三次元動作分析システム(アニマ株式会社製,ローカス3DMA-3000)およびフォースプレート(アニマ株式会社製,設置型フォースプレート)を用いて歩行動作を計測した。マーカーの位置情報には6Hzのローパスフィルターを適応した。体重で正規化した関節モーメントを立脚期の前半と後半に分け、各々の股関節屈曲伸張,内外転,膝関節屈曲伸張,内外反,足関節底背屈の最大値,最小値を算出した。快適歩行速度はシート式下肢荷重計(アニマ株式会社製,ウォークWayMW-1000)を用いて計測した。疼痛はvisual analog scale(VAS)で聴取した。また,自覚的な膝の状態については膝外傷と変形性膝関節症評価点数(Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score:KOOS)を用いて評価した。KOOSの結果は状態の悪い回答を4点,良い回答を0点とし,合計を点数として用いた。統計解析はPearsonの相関係数を用いて各関節モーメント,歩行速度,VAS,KOOSについて検討した。

【結果】

歩行速度は85.9±21.3m/sであった。歩行速度と立脚期前半股関節伸張モーメント($p<0.05,r=0.43$),立脚期後半足関節底屈モーメント($p<0.01,r=0.51$),立脚期後半の股関節屈曲モーメント($p<0.01,r=0.67$)に有意な正の相関を認めた。膝関節屈曲伸張,内外反モーメント,VAS,KOOSは歩行速度と有意な相関は認められなかった。

【考察】

膝関節モーメントと歩行速度に有意な関連性を認めず、股関節や足関節のモーメントに高い相関関係を示したことは興味深い。歩行速度と足関節底背屈モーメントの最大値が正の相関を示したことから、OA患者の歩行速度維持には立脚後期のpush offが重要であると考えられる。立脚期後半の股関節屈曲モーメントと歩行速度にみられる正の相関より、膝OA患者は股関節屈曲モーメントによる下肢の遊脚で歩行速度を維持していると考えられる。

【結論】

本研究の結果より,歩行速度は立脚初期の股関節伸張モーメント,立脚後期の股関節屈曲,足関節底屈モーメントが関連していることが明らかとなった。膝OA患者の歩行速度に関しては膝関節以外の関節モーメントに着目する必要があることが示唆された。

【倫理的配慮,説明と同意】

本研究は関西医科大学倫理審査に申請し,承認を得て実施した。被験者には測定内容を事前に説明し,紙面にて同意を得た。

振り向き動作の初動制御に関する研究 - 体幹および下肢の筋活動に着目して -

吉田 高幸^{1,2)}・藤澤 宏幸¹⁾

- 1) 東北文化学園大学大学院 2) 医療法人松田会 松田病院

Key words / 振り向き動作, 偶力のモーメント, 初動制御

【はじめに、目的】我々の身体運動においては、積極的に不安定性をつくりだすことで初動制御を形成しているが、水平面上で形成される振り向き動作の初動制御は明らかになっていない。一般的に、水平面上での運動制御においては筋トルク優勢と考えられるが、実際の振り向き動作は荷重条件下での多関節運動かつ、バランスに拘束される。そのため、振り向き動作の初動または制動における戦略そのものが存在するのか、これは身体運動学において興味深い問題である。我々の仮説としては、振り向き側股関節屈曲トルク、非振り向き側股関節伸張トルクによる力によって偶力のモーメントを生成し、骨盤回旋運動を生み出していると仮説を立てた。

【方法】健康若年成人10名を対象とし、年齢:20.8±1.4歳、身長:170.3±6.5cm、体重:62.2±5.4kgw、BMI:21.5±1.7。測定課題は、右方向への180°振り向き動作。速度条件を普通速度(Normal)、最大速度(Max)の2条件と定め、1条件につき3施行の計6施行をランダムに施行した。測定項目は、所要時間、圧中心変化量、体重心変化量、各体節角度(頭頸部、胸腰椎、骨盤)、各体節onset time、各EMG onset time、EMG(左右の外腹斜筋、脊柱起立筋、大腿筋膜張筋、大殿筋、大腿二頭筋、ヒラメ筋)、床反力。三次元座標データは、5Hzのlow pass filterでフィルタリング処理をした。筋電図は、70-400Hzの帯域通過フィルターにてフィルタリング処理後、5Hzのlow pass filterに相当するようRMSを89データ毎に算出した。データの解析範囲は、圧中心移動速度がcue signal前の平均値±3SDを超えた点から、骨盤回旋速度が0(m/s)になった点とし、その経過時間を所要時間とした。三次元座標データ、床反力データ、筋電図データは、スプライン関数で101個のデータに基準化し、全被験者データを平均した。

【結果】速度条件によらず体重心と圧中心移動に一貫性は認められなかった。体節協調性は、速度条件によらず胸腰椎×骨盤間に線形関係を示した。骨盤制御に関しては、大殿筋の明らかな筋活動は認められず、股関節屈筋の大腿筋膜張筋、股関節伸筋の大腿二頭筋の明らかな筋活動を認められた。Onset timeに着目すると、速度条件によらず骨盤回旋運動より右大腿筋膜張筋と左大腿二頭筋の筋活動が先行していた。

【考察】振り向き動作の体重心、圧中心制御に一貫性を認められず、被験者毎のバランス戦略を選択していることが考えられた。胸腰椎×骨盤間に協調性を認めたのは運動自由度を減少させる戦略であり、骨盤制御の重要性が示唆された。その骨盤制御は、振り向き側股関節屈曲トルクと非振り向き側股関節伸張トルクによる力が平行かつ逆向きに作用することで偶力のモーメントを生成し、骨盤回旋運動を生み出している可能性を明らかにした。

【結論】水平面上で形成される運動制御は筋トルク優性であり、初動制御が偶力のモーメントによってなされている可能性を示した。

【倫理的配慮,説明と同意】ヘルシンキ宣言に則り、対象者へ本研究の趣旨を十分に説明し、書面にて同意を得た。なお、本研究は東北文化学園大学倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号:文大倫第16-25号)。

変性半月板修復術後理学療法の経験 - 長期にわたり
ロッキングが放置された変性半月板の治療 1 例 -

中島 直登¹⁾・星 侑佑¹⁾・大矢 卓史¹⁾・新行内 義博²⁾
上村 民子²⁾

1) 所沢中央病院リハビリテーション科

2) 所沢中央病院整形外科

Key words / 変性半月板, 長期ロッキング, fibrin clot

【目的】半月板損傷の外科的治療として修復術と切除術があり、半月板の断裂部位、断裂形態により術式が選択される。しかし、半月板の血流、変性及び様々な損傷形態、理学療法(以下PT)長期化を理由に切除術を選択されることが多い。切除術による長期成績では、変形性膝関節症のリスクが危惧されるため、当院では無血行野における断裂についても、fibrin clot(以下FC)を用い、修復術を積極的に行っている。現在FCを用いた修復術後の理学療法に対する報告は少なく、PT治療方針も確立されていない。今回、長期にわたりロッキングが放置された変性半月板修復術後の理学療法経験を以下に報告する。

【方法】症例:47歳男性、バレーボール中レシーブ動作において膝関節屈曲、下腿内旋で受傷。受傷後4ヶ月を経過し、疼痛、関節可動域(以下ROM)制限の増悪により当院初診。初期評価時、膝関節屈曲60°、伸展-30°、KOOS painが5.5であり、内側半月板バケツ柄断裂の診断により手術を施行した。内側半月板はred-white zoneの広汎なバケツ柄断裂で顆間に嵌頓した。inside-out法にて半月板縫合術を行い、断裂部にFCを充填した。術後翌日より介入し、術後3週免荷、術後3週後よりROM練習、tolerance weight bearingにて歩行練習を開始した。疼痛は、KOOS painは66.6、ROMは膝関節屈曲45°、伸展-20°であった。術後16週後よりジョギング、術後6ヶ月にてスポーツ復帰。運動療法は、伸展機構に対する伸展性の獲得を目的とした練習、早期より感覚運動トレーニングを中心に実施した。

【結果】ROMは、術後3ヶ月にて膝関節屈曲130°伸展-5°、術後6ヶ月にて膝関節屈曲140°伸展-5°、術後12ヶ月にて膝関節屈曲140°伸展0°となり、KOOS painは、術後3ヶ月で72.2、術後6ヶ月で83.3、術後12ヶ月にて97.2となった。筋力は、術後6ヶ月にてMMT5レベルとなった。競技復帰は8ヶ月後で可能となった。

【考察】FCを用いた修復術直後PTの中心は修復部の保護とリモデリングに応じた荷重量や運動負荷の設定が重要となる。当院においてFCを用いた修復術後PTは3週免荷と術後3週後よりROM練習の開始をプロトコールとしている。また、早期より足底感覚への促進や股関節周囲筋、バランストレーニングを実施しbody imageと動作の再構成を促し修復部の保護につながると考える。しかし、今回のプロトコールにおいては荷重開始とROM練習開始が同時のため、十分な膝関節ROMが確保されずに歩行が開始している。そのため、荷重時における半月板前方組織への負担が大きく損傷のリスクがあるため、今後変性半月板修復術後のプロトコール検討の必要性が示唆された。

【結論】ロッキングを4ヶ月放置された変性半月であっても、解剖学的修復がなされればPTによって関節拘縮は改善できる。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は、研究の概要、倫理的配慮、公表の方法などについて当院倫理委員会で審査を受けその承認のもとに実施した。また、対象者は本研究の趣旨を書面によって十分に説明し、理解をした上で同意書を得た。

変形性膝関節症患者の膝関節加速度生成に対する膝関節筋寄与は増大する

園尾 萌香^{1,2)}・久保田 圭祐¹⁾・喜多 俊介¹⁾・平田 恵介¹⁾
埜 大樹^{1,3)}・藤野 努^{1,4)}・国分 貴徳⁵⁾・金村 尚彦⁵⁾

1) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科

2) 理化学研究所 CBS トヨタ連携センター

3) 日本学術振興会 特別研究員

4) 人間総合科学大学 保健医療学部 リハビリテーション科

5) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

Key words / 変形性膝関節症, Induced Acceleration Analysis, 立ち上がり動作

【はじめに, 目的】

変形性膝関節症(膝OA)患者の筋活動増大はOAの病態進行を助長する因子の1つとされている。一方で、筋力強化が治療選択肢の1つとしてあげられている事実は病態と相反した考え方であり、現場に混乱をもたらしている。そのため、動作中の膝関節運動に膝関節筋がどの程度関与しているかを定量的に示すことは現場での混乱を解消し、適切な治療方針を導くために非常に重要である。本研究では膝OAが膝関節運動生成に膝関節筋がどのように貢献しているかを定量化し、膝OAの膝運動戦略が健常高齢者とのように異なるかを明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象は膝OA患者7名(膝OA群)と健常高齢者7名(対照群)。課題は下腿長に設定した台からの立ち上がりとし、快適速度にて5試行実施した。計測には三次元動作解析装置(100Hz)と4枚の床反力計(1000Hz)を用い、角度情報と床反力成分を取得した。その後、股関節・膝関節・足関節で構成される3リンクモデルからラグランジュの運動方程式を導出することで各関節トルクを算出した。次に、Induced Acceleration Analysis (IAA)を行うことにより下肢3関節の筋トルクがそれぞれ膝関節角加速度をどの程度生成しているかを定量化した。統計ではMann-WhitneyのU検定を用いて両群を比較した(p<0.05)。全ての解析には数値解析ソフトウェアMATLAB 2018aを用いて行った。

【結果】

ピーク膝関節トルクは対照群(3.8 Nm/kg)・膝OA群(1.7 Nm/kg)、離殿以降の膝関節伸展トルク積算値は対照群(77.5 Nm・s/kg)・膝OA群(52.9 Nm・s/kg)でどちらも膝OAが有意に小さかった(p<0.01)。一方で、膝関節伸展筋が生み出す膝関節角加速度の積算値は対照群(1519.7 rad/s)と比較して膝OA(2683.5 rad/s)で有意に大きかった(p<0.05)。

【考察, 結論】

立ち上がり動作のピーク膝関節トルクが膝OA群で小さいことは既知の事実であり、本研究でも同様の結果を得た。しかしながら、上記の結果はピーク膝伸展トルクや膝関節伸展トルク積算値の減少が膝関節伸筋群の活動量の減少に直結しないことを示唆している。そのため、膝関節の筋活動をトルクで代替的に表現することは立ち上がり動作においては不十分である可能性を示した。また、本研究において、膝OAは高齢者以上に膝関節筋を用いて膝関節各加速度を生成するという運動戦略をとるということをIAAにより明らかにした。膝関節筋を主に使用する膝OAの戦略は従来からの筋力強化練習の推奨に対する再検討の必要性を示唆している。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に則り、被験者に対する説明を紙面と口頭にて行い同意を得た上で実施した。なお、所属大学倫理委員会の承認を得ている。

座位における前後方向の様々な体幹角度が急速両上肢挙上時の体幹筋の活動開始時点に及ぼす影響

遠藤 壮馬^{1,2)}・野村 彩奈³⁾・小野田 祐紀⁴⁾・浅井 仁⁵⁾

1) 金沢こども医療福祉センター リハビリテーション科
2) 金沢大学大学院 医薬保健学総合研究科
3) 関西医科大学附属病院 4) はなみずき整形外科スポーツクリニック
5) 金沢大学 医薬保健研究域 保健学系 リハビリテーション科学領域

Key words / 座位, 体幹角度, 予測的姿勢制御

【はじめに、目的】予測的姿勢制御(以下、APA)では、随意運動時の姿勢の動揺を予測し最小限にするため、体幹筋の早期活動等の戦略がプログラムされ、主運動に先立った活動が起こると考えられている。これまでAPAを検討するために急速両上肢挙上動作(以下、両上肢挙上)が用いられてきており、座位では背筋が三角筋に先行して活動することが報告されている。しかし、座位でも体幹の傾斜角度が異なれば、両上肢挙上によって発生する外力の体幹に対する力学的作用も異なると考えられる。したがって体幹角度が異なれば、必要に応じてプログラムも変更され、位置に応じて体幹筋の活動開始時点は異なると考えられる。本研究の目的は座位で前後方向の様々な体幹角度での両上肢挙上時の体幹筋の予測的活動を活動開始時点に着目して検討することである。

【方法】対象は若年健常者26名とした。本研究では体幹角度を肩峰と大転子を結ぶ線と垂線とのなす角度と定義した。目標角度は、各被験者の座位における体幹最後傾角度を-100%および最前傾角度を100%としたときの、±25%、±50%、±75%、および±90%にあたる8つの角度および、これに体幹垂直位を加えた合計9つとした。課題は次の通りである。被験者は検者の指示に従い、上肢を下垂させたまま各目標角度に体幹角度を合わせ1秒以上保持する(背景筋活動)。次にその角度で任意のタイミングで可能な限り速く水平の高さまで両上肢挙上を行った。この時の三角筋前部線維と5つの体幹筋(腹直筋、外腹斜筋、内腹斜筋下部横行線維、最長筋および腰部多裂筋)の活動開始時間を表面筋電図で記録した。活動開始を3SD法で算出し、予測的活動とみなす範囲を先行研究に従い三角筋の活動開始時点の先行100msから後行50msまでとした。また各筋の位置毎の活動開始時点の差を、一元配置分散分析およびHolmの検定を用いて検討した。有意水準は5%未満とした。

【結果】腹直筋では、すべての体幹角度で予測的な活動は認められなかった。外腹斜筋では-90~50%の位置では予測的な活動が認められなかったが、-25~90%の位置では予測的な活動が認められた。内腹斜筋下部横行線維、最長筋、および多裂筋では、すべての体幹位置で予測的な活動が認められた。このうち、最長筋および多裂筋では、体幹角度による活動開始時点の有意な違いは認められなかったが、内腹斜筋下部横行線維の活動開始時点は、-25、25および75%の位置と比較して-75%の位置で有意に遅かった。

【考察】座位における両上肢挙上時の各体幹筋の予測的な活動は体幹角度によって異なる様相を示すことが明らかとなった。これは体幹角度に応じて、その角度での動揺を最小限にするため、あるいは課題である両上肢挙上の速度を高めるために必要な筋が三角筋に先行して活動したものと考えられた。

【結論】座位における急速両上肢挙上運動時の体幹筋の予測的な活動は前後方向の体幹角度に応じて異なる様相を示す。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は金沢大学医学倫理審査委員会の承認を受けており(承認番号771-1)、参加者に研究内容について口頭および書面にて十分に説明し、同意が得られた方を被験者とした。また被験者には実験の中断・中止および同意の取り消しが可能であること、その場合にもいかなる損害も発生しないことを説明した。

変形性膝関節症者の歩行時内側膝圧迫力に関する研究 - 統一歩行速度での健常高齢者との比較 -

喜多 俊介^{1,2)}・金村 尚彦³⁾・小栢 進也³⁾・久保田 圭祐¹⁾
園尾 萌香¹⁾・小林 章¹⁾・国分 貴徳³⁾・原 和彦²⁾

1) 埼玉県立大学大学院
2) 医療法人 名圭会 白岡整形外科
3) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

Key words / 変形性膝関節症, 歩行, 内側膝圧迫力

【はじめに、目的】

歩行時の膝関節内側コンパートメントの圧迫力(内側膝圧迫力)増大は変形性膝関節症(以下:KOA)の進行要因と考えられている。歩行速度は内側膝圧迫力に影響を与えるが、KOA者と健常者の内側膝圧迫力を比較した研究では歩行速度が統一されておらず、内側膝圧迫力の比較は十分でない。そこで本研究の目的は、歩行速度を統一して変形性膝関節症者及び健常高齢者を比較し、内側膝圧迫力に違いが存在するかを検証することである。

【方法】

被験者はKOA者3名及び健常高齢者3名を対象とし、体表の51点にマーカーを貼付して三次元動作解析装置VICON(100Hz, Plug In Gait Full Body Ai model)を用いて、0.56m/sの速度でトレッドミル(Bertec)上の歩行を計測した。計測したマーカー座標情報と床反力を元に順動力学シミュレーションにより膝関節内外側コンパートメントの圧迫力を推定した。シミュレーション解析にはOpenSim3.3の膝関節前額面アライメントが設定可能な23自由度・92筋駆動モデルを使用した。被験者の体格に合わせることに加え、膝内外反アライメントを反映させたモデルとした。膝関節は内側コンパートメントと外側コンパートメントを持つモデルを用い、推定した筋張力と床反力から膝関節圧迫力を計算し、内外側コンパートメントで全ての膝関節圧迫力を荷重分配し、net関節反力と前額面モーメントが釣り合うように内外側膝圧迫力を求めた。歩行周期の20%と40%における内側膝圧迫力の値を各被験者の体重で正規化した。

【結果】

膝関節前額面アライメントはKOA群が1.9°内反位、健常群は0.8°外反位であった。内側膝圧迫力は、歩行周期の20%においてKOA群が3.8BW、健常群が3.4BWであり、歩行周期の40%においてKOA群が4.0BW、健常群が3.8BWであった。筋張力は、歩行周期の20%において大腿四頭筋はKOA群が高い傾向(KOA:90N、健常群:31N)にあった。歩行周期の40%において腓腹筋は健常群が高い傾向(KOA:10N、健常群:48N)にあった。【考察】

【結論】

KOA群の内側膝圧迫力は健常群と比較して歩行周期の20%及び40%の両地点において高い傾向であった。膝関節内反アライメントは内側膝圧迫力を増大させることが示されており(Lernerら, 2015)、本研究においてKOA群の膝関節前額面アライメントは健常者と比較し内反傾向であったため、内側コンパートメントの荷重量が歩行周期を通して増大した可能性がある。また、内側膝圧迫力のKOA群と健常群の差は歩行周期の20%においてKOA群が0.4BW高く、40%においてKOA群が0.2BW高かった。先行研究において、大腿四頭筋は対側下肢の踵離地付近で最も内側膝圧迫力を増大させることが示されている(Sritharanら, 2012)。歩行周期の20%においてよりKOAと健常者の差が大きくなったのは、同時期の大腿四頭筋の張力が関係している可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に則り、所属施設倫理審査委員会の承認を得た(承認番号:28521)。被験者に対して口頭及び書面にて説明と同意を得た。

思春期特発性側弯症患者における歩行時の脊柱起立筋の筋活動について

阿波村 龍一¹⁾・川口 謙一^{1,2)}・藤田 努¹⁾・岡澤 和哉¹⁾
高嶋 美甫¹⁾・落石 慶衣¹⁾・岡本 花奈¹⁾・幸 博和²⁾
中島 康晴²⁾

- 1) 九州大学病院 リハビリテーション部
2) 九州大学大学院医学系研究院整形外科分野

Key words / AIS, 脊柱起立筋, 表面筋電図

【はじめに、目的】思春期特発性側弯症（以下、AIS）は椎体の側方偏移と軸方向の回旋を伴う脊柱の三次元変形であり、脊柱の可動性に影響を与えることで姿勢性の変化が前額面、矢状面に起こる。凹側凸側における脊柱起立筋の筋肉量や脂肪浸潤率に差を認める報告もあり、脊椎の変形が日常生活の筋活動にも影響を及ぼしていると考えられる。そこで、腰部脊柱起立筋に着目し、歩行時の筋活動を測定し健常者と比較した。

【方法】対象は、当院整形外科を受診し、AISと診断された女性患者12例（AIS群）と健常者7例（コントロール群）とした。課題動作として快適速度での10m歩行を独歩にて測定した。左踵にフットスイッチセンサーを貼付し、1歩行周期を同定した。表面筋電図（以下、EMG）の計測はEMGマスター KmMercury（メディエリアサポート企業組合社製）を用い、測定筋は第3腰椎レベルの左右の脊柱起立筋とした。EMG処理に関して、積分筋電図（integrated electromyogram;以下、IEMG）解析を行った。得られたフットスイッチ信号から1歩行周期時間を算出し、各被検者の1歩行周期時間を100%に換算した。各被検者の2回の歩行から任意に5カ所の歩行周期を取り出し、歩行時のIEMGはすべてMVC時のIEMGで補正し、相対的IEMG（以下、%IEMG）とし、歩行周期5%刻みで、20個に分けて加算平均した。なお、0～10および50～60%を両脚支持期、その他を単脚支持期として各期を比較した。また、AIS群とコントロール群それぞれの1歩行周期における平均%IEMGを求め両群間を比較した。さらに、1歩行周期における左右の起立筋の平均%IEMGをAIS群およびコントロール群でそれぞれ比較した。統計処理は、対応のあるt検定もしくは、Wilcoxonの順位和検定にて行い、有意水準を5%未満とした。

【結果】AIS群およびコントロール群ともに、単脚支持期に比べ両脚支持期において高い筋活動がみられた。また、1歩行周期における左右の脊柱起立筋の%IEMG平均は対象群、コントロール群ともに有意差は認められず、1歩行周期あたりの%IEMG平均値も対象群とコントロール群において有意差は認められなかった。

【考察】脊柱起立筋は二重支持期に慣性と重力によって体幹が屈曲するのを抑制する作用を有しており、AIS患者においても同様の筋活動パターンを呈していた。さらに凸側凹側での左右差も認められない結果であった。腰椎部においては屈曲・伸展の関節運動が中心であり自由度の高い関節ではないことから前額面上に脊椎の高度な変形をきたしていても腰椎の屈曲伸展運動には大きな影響を与えていないと考えられ、脊柱起立筋の筋活動にも健常者と有意差を認めなかったと示唆される。しかし、臨床では跛行はみられることから隣接関節での代償が行われていると考えられる。

【結論】AIS患者における歩行時の脊柱起立筋の筋活動は特異的な所見を認めなかった。

【倫理的配慮、説明と同意】本本研究は、ヘルシンキ宣言の趣旨に従い実施し、対象者には本研究の目的、方法を十分に説明し、同意を得た。

座位と立位の違いが及ぼす腰椎固定性に関する筋電図学的検討

江口 淳子¹⁾・岩本 博行¹⁾・藤原 賢吾¹⁾・小原 謙一²⁾
中山 彰一³⁾

- 1) 福岡リハビリテーション専門学校理学療法学科
2) 川崎医療福祉大学リハビリテーション学科
3) 福岡リハビリテーション専門学校

Key words / 腰部体幹筋, 表面筋電図, 姿勢特性

【はじめに、目的】

脊柱は stability と mobility の働きを持つ。四肢動作時には、深部筋を同時収縮させることにより、腰椎を安定化させ中枢側の固定の役割を果たす一方で、運動連鎖による各椎体の動きが必要となる。この相反する動きにより運動が成り立っている。座位と立位での腹筋、背筋の筋厚や活動の違いに関する報告から、四肢動作時に腰椎を固定する機能に姿勢特性があるのではないかと考えた。本研究では、座位と立位で、上肢を挙上位で保持する際の腰部体幹筋の筋活動を筋電図にて計測し、同時活動の指標である co-contraction index(CI)を算出することで、腰椎を固定する機能の違いを検討した。

【方法】

腰部に疾患のない健常成人男性10名（年齢20.6±0.5歳、身長173.1±4.2cm、体重65.5±4.7kg）を対象とした。腰部体幹筋活動の測定には表面筋電計（キッセイコムテック社製 Vital Recorder2）を使用した。測定筋は、脊柱を能動的に制御する右内腹斜筋（両側上前腸骨棘を結ぶ線より2cm下方の平行線と鼠径部との交点及びその2cm内方）、右多裂筋（第5腰椎棘突起より2cm外側）とした。測定時の骨盤は、座位では上前腸骨棘と上後腸骨棘の高さが同じ、立位では上前腸骨棘が上後腸骨棘より2横指下方になるように指示した。安静時、右上肢を90度前方挙上した状態で錘を持たない時（上肢挙上）、同じ状態で3kgの鉄亜鈴を把持した時（3kg上肢挙上）の3条件で、各5秒間の筋活動を座位と立位で測定した。測定した値は、徒手筋力検査法の段階5の肢位に従った最大随意収縮の筋活動により正規化した。正規化した各動作中の筋電図から、Falconerらの方法に従い、内腹斜筋と多裂筋のCIを算出した。立位及び座位における3条件のCIの比較は一元配置分散分析後、多重比較検定にて行った。有意水準は5%未満とした。

【結果】

CIの平均値±標準偏差は、座位での安静41.4±14.3%、上肢挙上41.2±13.8%、3kg上肢挙上41.0±16.0%、立位での安静38.9±12.3%、上肢挙上41.9±11.3%、3kg上肢挙上46.8±9.0%であった。座位での3条件には有意差はなかったが、立位では安静、上肢挙上と比較して3kg上肢挙上は有意に高い値となった（ $p < 0.01$ ）。

【考察】

立位では、上肢挙上で鉄亜鈴を把持した際、内腹斜筋と多裂筋の同時活動を高めることで腰椎の固定機能を高めるが、座位では鉄亜鈴を把持しても、同時収縮による腰椎の固定性は安静時とは変わらない。これは座位と比べ立位では重心が高くなる事、基底面が狭くなる事、制御すべき関節が多くなる事により、負荷量が増えると、腰椎は stability としての機能が大きくなり下肢を安定するように働くが、座位では負荷量が増えても腰椎は mobility としての働きをすると考えられる。

【結論】

座位と立位では、鉄亜鈴を負荷した上肢挙上位の腰部体幹筋の使い方が異なっていたことより、腰椎を固定する機能に姿勢特性があることが示唆された。今後は対側の筋についても検討していく。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は福岡リハビリテーション専門学校倫理委員会の承認（承認番号1818）を得て、被験者には口頭にて研究の趣旨を十分に説明し、同意を得た後に実験を行った。

腰椎変性側弯症における重心動揺

櫻井 伸哉¹⁾・川上 紀明²⁾・小原 徹哉^{1,2)}・齋藤 敏樹²⁾
 田内 亮吏²⁾・田辺 博宣²⁾・森下 和明²⁾・山内 一平²⁾
 松永 春香¹⁾・荒本 久美子¹⁾

1) 国家公務員共済連合組合 名城病院 リハビリテーション部
 2) 国家公務員共済連合組合 名城病院 整形外科 脊椎・脊髄センター

Key words / 重心動揺, 腰椎変性側弯症, 骨盤傾斜

【はじめに、目的】

腰椎変性側弯症(以下DLS)患者は運動機能障害を引き起こすとされており, さらにDLSにおける骨盤傾斜(以下PT)の増大は健康関連QOLと負の相関を認めたと報告されている。重心動揺検査は平衡機能障害の評価に使用されているが, DLSにおいて重心動揺を検討した報告は少ない。そこで今回DLSとcontrolにおける重心動揺を比較し, 立位不安定性を評価した。さらに, DLS患者におけるPT増大が重心動揺に与える影響について検討した。

【方法】

対象は2009年から2018年に当院整形外科外来を受診した40歳以上の女性で, 同意を得てSlot-scanning 3D X-ray Imager(以下EOS)にて下肢全長を含めた全脊柱画像を撮像し, 重心動揺を測定した症例のうち, 腰椎Cobb角 20° 以上であったDLS群37例(平均年齢 66.6 ± 10.3 歳, 腰椎Cobb角 $41.3 \pm 14.9^{\circ}$)とした。EOSにて脊柱骨盤アライメントパラメータと下肢関節角度を計測した。重心動揺検査はANIMA社製重心動揺計グラフィコーダーG620を使用し, 60秒開眼の静止立位にて測定した。測定項目は外周面積(以下ENV)・総軌跡長(以下LNG)・左右軌跡長(以下XLNG)・前後軌跡長(以下YLNG)とした。各調査項目について年齢を一致させたCobb角 10° 未満のcontrol群17例を比較した。さらに, DLS群においてSchwabらが提唱した成人脊柱変形分類に基づきPTを0群($< 20^{\circ}$), +群($20^{\circ} - 30^{\circ}$), ++群($> 30^{\circ}$)の3群に分け, PT増大がDLSにおいて重心動揺に与える影響について調査した。

【結果】

DLS群とcontrol群の身長, 体重に有意差を認めなかった。DLS群はcontrol群と比較し重心動揺の全項目において大きな動揺を示した(ENV; $5.6 \pm 4.7\text{cm}^2$ vs. $3.2 \pm 1.1\text{cm}^2$, LNG; $115.8 \pm 48.6\text{cm}$ vs. $82.8 \pm 17.6\text{cm}$, XLNG; $72.2 \pm 29.6\text{cm}$ vs. $56.6 \pm 12.7\text{cm}$, YLNG; $74.9 \pm 33.9\text{cm}$ vs. $48.6 \pm 12.0\text{cm}$, all $p < 0.05$)。さらにDLS群において, ++群は0群より大きな動揺を示した(ENV; $7.5 \pm 5.9\text{cm}^2$ vs. $3.2 \pm 1.2\text{cm}^2$, LNG; $144.5 \pm 50.8\text{cm}$ vs. $80.0 \pm 25.9\text{cm}$, XLNG; $88.1 \pm 32.2\text{cm}$ vs. $53.4 \pm 17.5\text{cm}$, YLNG; $95.3 \pm 35.1\text{cm}$ vs. $47.9 \pm 17.2\text{cm}$, all $p < 0.05$)。また, ++群は+群に比しENV以外の測定項目で大きな値を示した(ENV; $7.5 \pm 5.9\text{cm}^2$ vs. $4.0 \pm 1.7\text{cm}^2$, $p = 0.05$, LNG; $144.5 \pm 50.8\text{cm}$ vs. $89.1 \pm 14.2\text{cm}$, $p < 0.05$, XLNG; $88.1 \pm 32.2\text{cm}$ vs. $56.8 \pm 11.2\text{cm}$, $p < 0.05$, YLNG; $95.3 \pm 35.1\text{cm}$ vs. $56.7 \pm 9.3\text{cm}$, $p < 0.05$)。脊柱骨盤下肢アライメントは, PT増大に伴い体幹が前方へシフトし, 下肢関節が屈曲位を呈する傾向にあった。

【考察】

Bannoらの先行研究ではDLS患者において多裂筋断面積が有意に減少していると報告しており, DLSにおいて筋力低下が重心動揺を低下させた可能性が考えられる。また, DLS群においてPT増大は下肢関節での代償作用を生じさせ, 下肢のmuscle loadingの上昇による前後左右の不安定性が大きな動揺を生じさせると考えられた。

【結論】

DLS群はcontrol群と比較し, 重心動揺が有意に大きかった。また, DLS群においてPT増大に伴い重心動揺が大きくなる傾向を示した。

【倫理的配慮, 説明と同意】

個人情報の取り扱いにはヘルシンキ宣言に基づき, 対象者へ書面を用いて説明を実施し同意を得た。

サイドステップ動作時における体幹の筋活動について

橋本 広徳・鈴木 哲

学校法人 仁多学園 島根リハビリテーション学院

Key words / サイドステップ動作, 体幹, 筋活動

【はじめに、目的】サイドステップ動作は, 方向を素早く変換する代表的な動作であり, スポーツにおける基本的かつ重要な動作であるとされている。サイドステップ動作に関する先行研究ではサイドステップ動作時の下肢の運動学的分析や下肢筋の筋活動など, 下肢を中心とした報告が多い。近年, スポーツにおける障害予防やパフォーマンスの向上における体幹筋の重要性に関する報告が注目をされている。しかしながら, サイドステップ動作時の体幹の筋活動に着目した研究は見当たらず, サイドステップ動作に体幹筋の筋活動がどのように関与しているかについては未だ明らかではない。本研究では, サイドステップ動作の速度の変化による体幹の筋活動の変化を明らかにし, スポーツ現場における障害予防やパフォーマンスの向上を目標にリハビリテーションを実施する際の基礎資料とすることを目的とした。

【方法】健常成人男性20名を対象に60step/min, 80step/min, 100step/min, 120step/min, 140step/minの5条件でサイドステップ動作を実施し, 表面筋電図を使用して各20秒間の体幹の筋活動を測定した。対象筋は腹直筋, 外腹斜筋, 内腹斜筋, 腰部多裂筋とし, サイドステップ動作5条件ごとの3ステップの平均積分値を最大随意収縮時(Maximal Voluntary Contraction: MVC)を基準に正規化し, %MVCを算出した。

【結果】全ての対象筋において, 低速度のサイドステップ動作から高速度のサイドステップになるにつれて%MVCは高まり, 各条件間で有意な%MVCの上昇がみられた。

【考察】サイドステップ動作においては, 高速度になるほど対象筋すべての活動が大きくなり, サイドステップ動作のパフォーマンスに体幹筋が関与する可能性が示唆された。体幹筋におけるグローバルマッスルとローカルマッスルは, 異なった機能があるとされ, グローバルマッスルとされる表層筋群は大きな関節運動や外乱に対する重心のコントロールに関与し, ローカルマッスルとされる深部筋群は主に脊柱や骨盤の安定性に関与することが報告されている。本研究において, サイドステップ動作の速度が速くなるにつれ, 逆方向への切り返し時に体幹に加わる外乱力が大きくなり, 外乱力に対応した重心のコントロールと脊柱や骨盤の安定性が求められたことにより, グローバルマッスルとローカルマッスルが共に働いたと考えられる。これらのことから, 低速度から高速度のサイドステップ動作になるにつれて, グローバルマッスルである腹直筋, 外腹斜筋, ローカルマッスルである内腹斜筋, 腰部多裂筋の筋活動が高まったと考えられる。

【結論】本研究より, サイドステップ動作において, 高パフォーマンスになるにつれ体幹筋の重要性が確認され, スポーツ現場における障害予防や下肢疾患障害後のリハビリテーションにおいて体幹筋に介入する根拠を得ることが可能となったと考える。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は, すべての対象者に対し事前に口頭と文章で研究の趣旨と内容, 得られたデータは研究の目的以外に使用しないこと, 個人情報の漏洩に注意すること, また研究への参加は自由意志であることを説明し, 同意を得たうえで実施した。なお, 本研究は島根リハビリテーション学院の倫理審査委員会の承認を得たうえで実施した(承認番号: 31)。

筋シナジー解析を用いた変形性膝関節症者の歩行時筋活動パターンの解明

久保田 圭祐¹⁾・園尾 萌香²⁾・喜多 俊介¹⁾・埴 太樹¹⁾
 平田 恵介¹⁾・藤野 努^{1,4)}・国分 貴徳³⁾・金村 尚彦³⁾

1) 埼玉立大学大学院 保健医療福祉学研究科 博士後期課程
 2) 埼玉立大学大学院 保健医療福祉学研究科 リハビリテーション専修 博士前期課程
 3) 埼玉立大学 理学療法学科
 4) 人間総合科学大学 保健医療学部 理学療法専攻

Key words / 筋シナジー, 変形性膝関節症, クラスタ解析

【はじめに、目的】

変形性膝関節症(膝OA)は、病期に依らず関節可動域制限や筋力低下などの多様な機能障害を生じることから、構造的重症度と臨床的評価指標は必ずしも一致しない。近年、歩行時の運動学から特徴量を抽出し、より機能的能力を反映する客観的評価尺度の確立が発展している。その中で、我々は、身体環境と外的応力間の最終出力としての筋活動に着目し、筋シナジー解析を用いて多数筋間の協調的な筋活動パターンの解明を試みた。さらに、健常若齢者・高齢者との差異を検討することで、膝OA特異的なバイオマーカーとして、筋活動パターンという指標の可能性を検討する。

【方法】

対象は健常若齢者11名と健常高齢者10名、膝OA患者10名。表面筋電図計(1000Hz)を用い、体幹筋・片側下肢筋の計16筋に電極を貼付、床反力計付ダブルベルトトレッドミル(1000Hz)にて3km/hにおける1分間の連続歩行時の筋活動を採集した。10歩行周期分の加算平均波形に対して非負値行列因子分解を適用し筋シナジー(活動タイミング×筋間活動比)を抽出した。全被験者から抽出された全ての筋シナジーの筋間活動比に対してクラスタ解析を適用し、各被験者間で筋シナジーの類似性を検討した。

【結果】

全被験者の全ての筋シナジーは大きく4つのクラスターに分類され、それぞれ、立脚前半(クラスター1)、立脚後半(クラスター2)、遊脚前半(クラスター3)、遊脚後半(クラスター4)に活動する筋シナジーであり、全被験者で共通して抽出された。そのうち、クラスター1はさらに健常高齢者と膝OAに特異的なクラスター(1.1と1.2)と全被験者で共通のクラスター(1.3と1.4)の4つに分類された。クラスター1.1と1.2は、立脚期全体にわたる多数筋の同時収縮を反映した。

【考察】

クラスター1.1と1.2は、ともに立脚前半において多数筋の同時収縮が認められた。そのうち、クラスター1.1はクラスター1と2が結合する形で抽出された。多数筋の同時収縮は、膝関節の構造的不安定性に対する代償的な筋活動パターンであることは多くの先行研究で明らかにされ、本研究結果も過去の先行研究を追認する形となった。しかし、健常高齢者においても類似した筋活動パターンが認められた。高齢者は、加齢に伴う神経変性や筋力低下によって、所望のトルク発揮に対して、多数の筋活動が必要とされる。さらに、関節構造的変化も認められることから、特徴的な筋活動を抽出する筋シナジー解析では、膝OAと類似した結果となった可能性が考えられる。

【結論】

これまで多数筋の同時収縮は、膝OAに特徴的であると考えられてきたが、類似した筋活動パターンは健常高齢者でも起こりうるということが明らかになった。したがって、これら同時収縮は加齢に伴う不可逆的な変化である可能性が示された。膝OA特異的な筋活動パターンの解明には、これら同時収縮に潜む微細な変化と運動学・動力学との関連性を明らかにする必要がある。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に則り、埼玉立大学倫理審査委員会の承認(承認No.28506)と対象者の同意を得た。

1歩行周期における骨盤傾斜角度の違いによる大腿骨角度と股関節角度について

中島 弘¹⁾・大関 直也^{1,2)}・西山 徹¹⁾

1) 東京医科大学茨城医療センターリハビリテーション療法部
 2) 茨城県立医療大学大学院

Key words / 骨盤傾斜角度, 大腿骨角度, 股関節角度

【はじめに、目的】一般的に臨床における観察による歩行分析では、1歩行周期中の股関節角度は空間における大腿骨角度を用いている。つまり、立脚期後半での股関節伸展角度は、鉛直線に対して大腿骨がどれだけ伸展しているかで股関節伸展角度を分析している。先行研究では1歩行周期中の大腿骨角度と股関節角度には相違があるとされているが、骨盤傾斜角度の違いによる報告は見当たらない。本研究は1歩行周期における骨盤傾斜角度の違いによる大腿骨角度と股関節角度の関係を明らかとすることを目的とした。仮説として、骨盤傾斜角度の違いにより大腿骨角度と股関節角度との差は大きくなると考えられる。

【方法】対象は整形外科疾患および神経筋疾患の既往がない健常成人26名(男性17名、女性9名)とした。計測機器は3次元動作分析装置Vicon MX(Vicon Motion System社製、赤外線カメラ8台)と4枚の床反力計(Kistler社製)を用いた。赤外線反射マーカーは14mmとし四肢体幹に34点を貼付した。サンプリング周波数は赤外線カメラが100Hz、床反力計は1000Hzとした。計測課題は各被験者におけるi)骨盤前傾および後傾を意識しない標準(以下、標準)、ii)骨盤最大前傾位(以下、骨盤前傾)、iii)骨盤最大後傾位(以下、骨盤後傾)の3条件での自由速度歩行とした。計測はランダムとし、それぞれ5試行のデータが得られるまで行った。赤外線カメラから得られたデータは6Hz、床反力計から得られたデータは15Hzにてフィルタ処理後、1歩行周期を100%に正規化し平均した。分析項目は3条件の時間的空間的データ、立脚期後半の大腿骨伸展角度のピーク値と股関節伸展角度との差、骨盤傾斜角度とした。統計学的分析はデータが正規分布を示さなかったため、Friedman検定後、Steel-Dwass法を用いた。なお、有意水準は5%とした。

【結果】歩行速度は3条件ともに有意差を認めなかった。大腿骨伸展角度のピーク値と股関節伸展角度との差は骨盤前傾12.5°(6.2°-16.4°)、標準6.1°(2.9°-10.8°)、骨盤後傾-1.6°(-5.4°-3.8°)の順で有意に大きかった。骨盤傾斜角度は骨盤前傾12.7°(6.5°-15.9°)、標準5.8°(3.9°-8.7°)、骨盤後傾-1.8°(-5.4°-3.6°)の順で有意に大きい結果となった。

【考察】立脚期後半の大腿骨伸展角度のピーク値と股関節伸展角度の差は、骨盤前傾は標準よりも有意に大きくなったため、仮説を裏付ける結果となった。一方、骨盤後傾では大腿骨伸展角度のピーク値と股関節伸展角度との差は-1.6°と有意に小さくなったため、仮説とは異なる結果となった。このことは、骨盤傾斜角度は鉛直線に対して-1.8°と傾きが小さいため、股関節角度を成す骨盤傾斜角度の影響は少ないことが要因であると考えられる。以上から、骨盤後傾では1歩行周期中の大腿骨伸展角度と股関節伸展角度は一致する傾向となることが示唆された。

【結論】1歩行周期中の大腿骨角度と股関節角度との差は、骨盤前傾および標準の順で大きく骨盤後傾では小さい。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は東京医科大学茨城医療センター臨床研究倫理審査委員会での承認後に実施した(承認番号17-31)。計測は対象者に書面にて説明後、同意を得た後に実施した。

ACL 再建後の片脚着地動作における健側および患側脛骨回旋角度の検討 – Point Cluster 法を用いて –

遠藤 悠介¹⁾・六崎 裕高²⁾・小林 育斗³⁾・水上 昌文¹⁾

1) 茨城県立医療大学 保健医療学部 理学療法学科

2) 茨城県立医療大学 整形外科

3) 作新学院大学 経営学部 スポーツマネジメント学科

Key words / ACL 損傷, Point Cluster 法, 脛骨回旋角度

【はじめに、目的】膝前十字靭帯 (ACL) 損傷の受傷メカニズムにおいて、脛骨内旋運動は ACL 損傷を惹起することが知られている。Hofbauer ら (2014) は術後 12 ヶ月時点における脛骨内旋角度は健側 11.1°、患側 8.7°であったと報告しているが、脛骨内旋角度の長期的な健患差については報告が少なく、一定の見解は得られていない。一方、光学式カメラを用いた臨床歩行分析において最も用いられている Plug-in-Gait モデル (Davis et al.,1991, Kadaba et al.,1990) は脛骨回旋角度の計測精度は不十分であることが指摘されている (Ferrari et al.,2008)。Andriacchi ら (1998) は脛骨回旋角度の計測精度に優れたマーカセットである Point Cluster 法を報告し、脛骨回旋角度の計測に用いられてきた。本研究の目的は競技復帰後の ACL 再建者において、健側および患側の脛骨回旋角度の差異を検討することである。

【方法】対象は (Anterior Cruciate Ligament;ACL) 再建術後 16 ヶ月 (抜釘術および Second-look 後 4 ヶ月) の 21 歳女性である。ACL 再建の術式は Outside-in technique による解剖学的一重束再建であり、移植腱は ST+G を用いた。Second-look 時点では Lachman-, ADS-, Pivot Shift- であった。実験課題は 30 cm 高の台から片脚着地動作とし、健側および患側の両下肢にて実験課題を実施した。成功判定は着地後 3 秒以上静止可能であった場合とし、3 回成功するまで実施した。課題動作を三次元動作分析装置 VICON MX (Vicon Motion Systems 社) を用い、計測周波数 100Hz にて計測した。赤外線反射マーカは Andriacchi ら、Alexander ら (2001) の Point Cluster 法の報告を参考に両下肢 52 点に貼付した。接地前 200ms から接地後 250ms までを解析区間の対象とした。解析区間のトリミング後、3 試技分の脛骨回旋角度を加算平均し、平均脛骨回旋角度および標準偏差を算出した。数値解析および関節角度計算には Matlab R2016b (Mathworks 社) を使用した。

【結果】患側の片脚着地後の最大脛骨内旋角度は 11.1° であり、健側の最大内旋角度 4.6° よりも大きな内旋角度が観察された。また、実験課題 3 回分の標準偏差は患側 2.9°、健側 1.4° であり、患側では健側と比較して脛骨内旋角度の標準偏差が大きかった。

【考察】ACL 再建膝は術後 1 年以上経過していても脛骨内旋角度が大きく、ACL 再受傷の危険性を有している可能性が示唆された。本研究の結果は Hofbauer らの健側脛骨内旋角度が大きいという報告とは異なる結果であった。我々の結果は ACL 再建者の脛骨回旋角度が一樣でないことを示しており、患者のキネマティクス特性を考慮したリハビリテーションの実施が必要である可能性を示唆していると考えられる。脛骨内旋角度の標準偏差については患側でより大きかったことから、患側のキネマティクスは変化しやすい可能性が示唆された。

【結論】ACL 再建者の患側の脛骨内旋角度は術後 16 ヶ月時点でも健側より大きく、また患側のキネマティクスは変化しやすく不安定である可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言に基づき実施され、研究参加については自由意志であること、参加同意後であっても研究参加はいかなる場面においても撤回可能であることを説明した。また研究内容、本研究参加による利益および不利益については書面を用いて説明し、研究参加者の同意を得て実施された。計測結果は連結可能匿名化されたデータとして保管し、研究データの公表の際には個人が特定できないよう配慮することを説明した。

足底面の傾斜及び複合外乱刺激が立位姿勢に与える影響 - 信号待ちを想定して -

田中 勇治¹⁾・荒谷 咲希²⁾・春名 弘一¹⁾・細谷 志帆^{3,4)}

- 1) 北海道科学大学 2) かわむら整形外科
3) 筑波メディカルセンター病院
4) 北海道科学大学北の高齢者アクティブライフ研究所

Key words / 複合外乱刺激, 重心動揺, 姿勢安定度評価指標

【はじめに、目的】高齢者のバランス能力低下に関する研究は多くあるが、具体的場面を想定した複合刺激下での立位姿勢に関する研究はあまりみられない。姿勢制御に悪影響を与える要因が多数考えられる信号待ち時に着目した。信号待ちでは、歩道面に車歩道間の勾配による傾斜が見られ、眼前を走る車による視覚や聴覚外乱がある。本研究は健康者を対象として足底面の前方傾斜と視覚及び聴覚の外乱刺激を複合して与えた際の立位姿勢の安定性への影響を検討することを目的とした。

【方法】健康な大学生女性 10 名を対象とし、通常立位（立位）、視覚と聴覚外乱を与えた立位（外乱立位）、足底面前方傾斜 10° 立位（傾斜立位）、及び、外乱傾斜立位の 4 条件下で、重心動揺計を用いて Cross Test を実施した。なお、立位と傾斜立位では指標を設定しない白色無地の壁面を前方とし、視覚と聴覚の外乱として実際の歩道から車道を撮影した動画を前方壁面に投影した。この計測で得られたデータから、中央、前方、後方、左方及び右方位置の重心動揺面積、随意的な前後方向及び左右方向の重心移動距離、姿勢安定度評価指標（IPS）の各項目を繰り返しの一元配置分散分析及び多重比較で分析した。有意水準は 5% とした。

【結果】重心動揺面積及び左右方向重心移動距離では、全条件間で有意な差は認められなかった。前後方向重心移動距離では、立位に対して傾斜立位と外乱傾斜立位は有意に小さい値を示し、外乱立位に対して傾斜立位と外乱傾斜立位は有意に小さい値を示した。立位と外乱立位間では有意な差は認められなかった。IPS では、傾斜立位は立位と外乱立位に対して有意に小さい値を示し、他の条件間では有意な差は認められなかった。

【考察】傾斜立位、外乱傾斜立位での前後重心移動距離の減少は、(1) 傾斜による恐怖心から安定位までで移動停止すること、(2) 傾斜で下腿三頭筋が短縮位で十分機能できず、また斜面を滑る力が加わり、重心前方移動に伴いこの力が増すことにより、平地以上の筋活動を要したこと、(3) 重心位置が高くなることによる恐怖心、(4) 足底接地面を水平面に下ろした際、約 2% 支持面が減少することが原因として考えられた。また、傾斜立位で IPS が有意に低下したが、これに外乱が加わると傾斜のない立位と有意差が認められなかった。通常立位が白色無地で指標がなかったことから視覚外乱がむしろ安定要因に働いたことが考えられた。今後の検討課題として、信号待ちのような外的環境を想定しての条件設定を行うためには十分な検討と準備が必要であると考えられる。

【結論】足底面が前方傾斜した条件での立位は姿勢の安定性を減少させることが示唆され、身体機能の低下が考えられる高齢者では、これを考慮した歩道整備が必要であることや可能な限り傾斜を避け、平地を選んで移動することやその啓蒙が必要と考えられる。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、北海道科学大学倫理委員会（申請番号 210）の承認を得た後、対象者に文書と口頭により説明し、測定への参加同意決定後であっても辞退することが可能であることを伝えた上で同意を得た。各データはナンバリングを行い、個人識別ができないように処理して実施した。

中殿筋腱とその停止部構造の形態学的意義

堤 真大¹⁾・二村 昭元²⁾・秋田 恵一¹⁾

- 1) 東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 臨床解剖学分野
2) 東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 運動器機能形態学講座

Key words / 中殿筋腱, 大転子, 解剖学

【はじめに、目的】近年、股関節外側部痛の潜在的原因として中殿筋腱断裂が着目されているが、その腱成分の形態学的特徴に関する報告はあまりみられない。一般に、筋骨格系の障害は、付着幅が周囲よりも狭い、といったような一様でない構造、すなわち不均一な構造に起因することが示唆されている。中殿筋腱の断裂においても、腱内の不均一な構造が関与しているのではないかと考えられる。本研究の目的は、中殿筋停止腱の 3 次元構造を明らかにすることである。

【方法】本学解剖学実習体 15 体 25 側を使用し、肉眼解剖学的（21 側）・組織学的（4 側）手法を用いて解析した。全標本でマイクロ CT (SMX-100CT、島津製作所) を用い、3 次元立体構築像で大転子の骨形態を観察した。肉眼解剖学的解析を行った 21 側中 10 側では、中殿筋腱を大転子から切離した後、マイクロ CT で再び撮像・3 次元再構成し、厚みの分布を ImageJ を用いて解析した。組織学的解析では Masson trichrome 染色を行った。

【結果】中殿筋腱は、筋束が起始する腸骨の面により後部・前外側部の 2 部より構成されており、大転子へ停止していた。後部は厚く、長い腱により構成され、扇形のように一か所へ集中する形態で、大転子の後上面の狭い領域に集束して停止していた。前外側部は薄く、短い腱により構成され、後下方へ走行し、大転子の外側面に停止していた。中殿筋腱の厚みの分布を解析すると、厚みのある領域が前外側部に比して後部で広がっていた。それぞれの領域の厚みの平均値は後部が $1.7 \pm 0.4\text{mm}$ 、前外側部が $1.4 \pm 0.4\text{mm}$ であった。厚みの最大値は、後部が $8.0 \pm 1.8\text{mm}$ 、前外側部が $5.3 \pm 1.2\text{mm}$ であった。また、後部と前外側部の間の領域に、周囲に比して薄い領域が観察された。組織学的解析では、後部・前外側部が共に線維軟骨を介して大転子へ停止している様子が観察された。

【考察】中殿筋腱は、後部・前外側部の 2 部より構成され、それらは腸骨と大転子の面によって区別された。後部は前外側部に比して厚く、その間の領域は周囲に比して薄かった。以上より、中殿筋腱内には不均一な構造が存在すると考えられた。中殿筋腱の断裂好発部位に関しては、様々な報告があるものの、後方に比して前方に断裂が多いという点では一致している。これらは、本研究における前外側部に相当すると考えられる。後下方へ一様に走行する前外側部は、一か所へ集束する後部に比して様々な方向からの応力には弱い可能性がある。また、厚みという点からも、前外側部の方が後部より脆弱である可能性がある。さらに、後部と前外側部の間の領域が薄いため、断裂が前外側部の範囲を超えて後部に至ることは稀であると思われるのも断裂が前外側に多い理由の一つと想定される。以上の形態学的特徴から、前外側部が中殿筋腱断裂と密接に関与する可能性が示唆される。

【結論】中殿筋腱内には不均一な構造が存在し、それらは中殿筋腱断裂に関与する可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、本学の倫理審査委員会の承認を得た (M2018-044)。また、「ヘルシンキ宣言」および「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」を遵守し、日本解剖学会が定めた「解剖体を用いた研究についての考え方と実施に関するガイドライン」に従い、実施した。

右心房内刺激伝導系の肉眼観察と組織学的検討

荒川 高光

神戸大学大学院 保健学研究科

Key words / 洞房結節, 房室結節, 解剖学実習

【はじめに、目的】

心臓の刺激伝導系において、洞房結節から房室結節に至る結節間伝導路は、生理学的に決定されたルートとして臨床でよく知られる (e.g., de Micheli et al., 2013)。結節間伝導路に起こるリエントリーは不整脈の原因といわれる (e.g., Pathik et al., 2017; Roca-Luque, 2018)。右心房内の刺激伝導系が関係する上室性不整脈 (発作性上室性頻拍、心房粗動など) では、原因となるリエントリー部位に対するアブレーション治療が施される (e.g., Yap et al., 2010; Krause et al., 2016)。このように、右心房内の刺激伝導系の形態を明らかにさせることは臨床的に重要な意義がある。

人体解剖学実習の標本を使用した刺激伝導系の観察では、房室束周囲が剖出できる。房室束は周囲と比較してやや白色化した、少し固い心筋として剖出できる。しかしながら、右心房内の刺激伝導系を観察した報告は驚くほど乏しく、洞房結節から房室結節にかけて筋束が連続する部分を、組織学的に観察しているのみである (James, 1969; James and Sherf, 1971)。結節間伝導路は解剖学の教科書に記載がないばかりか、最新の知見として吟味された形跡もない。よって、臨床的に重要な結節間伝導路を、実物の標本において理解できるとは言いがたいのが現状である。そこで、人体解剖学実習用標本を用い、右心房内の刺激伝導系を観察し、組織学的検討も加えることとした。

【方法】

2017-2018 年度所属大学医学部人体解剖学実習用遺体 11 体の心臓を用いた。右心房を後面から切開して解放し、肉眼で観察した。さらに部分的にブロックとして切り出し、H-E 染色を用いて組織学的検索を行った。

【結果】

心内膜下の心筋に、白色化した心筋が部分的に観察された。それは先行研究で言われている前・中・後結節間路 (James, 1969; James and Sherf, 1971) と同じルートであった。組織学的検索の結果、肉眼で白色化して観察された筋束は、刺激伝導系の形態学的特徴を有していた。

中結節間路の観察においては個体差があり、肉眼であまり白色化していない標本も存在した。あまり白色化していない中結節間路の組織学的観察では、刺激伝導系特有の形態ではなく、通常の作業心筋とあまり変わらない形態を呈していた。

【考察】

右心房内の結節間路は肉眼的に確認することができるルートである、ということが明らかになった。また、中結節間路は個体差が存在する可能性が示唆された。今後、刺激伝導系の染色でよく用いられる PAS 染色を施し、個体差や病態を含め、さらに検討を重ねていきたい。

【結論】

右心房内の結節間路は肉眼的に確認することが可能である。また、中結節間路は個体差が存在する可能性が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は所属機関倫理委員会の承認を得て行われたものである (承認番号: 第 487 号)。研究に使用した遺体はすべて所属大学医学部に献体されたものであり、研究の使用に際し、遺族に対し説明し、同意を得ている。また演者は死体解剖資格者 (系統解剖: 第 7979 号) であり、死体の解剖に際し法に抵触しない。

乳酸投与がマウス骨格筋量に及ぼす影響

大野 善隆・松井 佑樹・須田 陽平・伊藤 貴史・安藤 孝輝
横山 真吾・後藤 勝正

豊橋創造大学

Key words / 筋肥大, 筋萎縮, 乳酸

【はじめに、目的】運動量に応じて骨格筋量は変化するが、その分子機構には不明な点が多く残されている。運動時に骨格筋は乳酸を産生し、分泌する。骨格筋には乳酸受容体が存在するため、乳酸は骨格筋にも作用すると考えられる。近年、培養骨格筋細胞を用いた実験において、乳酸によるタンパク合成シグナルの活性化ならびに筋細胞の肥大が報告されている。しかしながら、生体レベルでの骨格筋量に対する乳酸の影響は未解明である。そこで本研究では、乳酸がマウス骨格筋量に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

【方法】実験には雄性マウス (C57BL/6J) を用い、足底筋とヒラメ筋を対象筋とした。マウスを実験 1: 対照群と乳酸投与群、実験 2: 対照群、筋萎縮群および筋萎縮+乳酸投与群、に分類した。筋萎縮群と筋萎縮+乳酸投与群のマウスには、2 週間の後肢懸垂を負荷し、筋萎縮を惹起させた。乳酸投与群と筋萎縮+乳酸投与群のマウスには、乳酸ナトリウム (乳酸) の経口投与 (1000mg/kg 体重、5 回/週) を行った。対照群と筋萎縮群には同量の水を投与した。全てのマウスは気温約 23℃、明暗サイクル 12 時間の環境下で飼育された。なお、実験期間中マウスは自由に餌および水を摂取できるようにした。実験開始後 2、3 週目 (実験 1) および 1、2 週目 (実験 2) にマウスの体重を測定した後、足底筋とヒラメ筋を摘出した。筋重量測定後、体重あたりの筋重量を算出した。また、乳酸の経口投与が血中乳酸濃度に及ぼす影響を確認するために、乳酸の単回経口投与後にマウスの尾静脈から採血し、簡易血中乳酸測定器を用いて血中乳酸濃度を測定した。実験で得られた値の比較には、一元配置分散分析または二元配置分散分析および多重比較検定を用いた。

【結果】本研究で用いた乳酸の経口投与は、マウスの体重に影響を及ぼさなかった。また、乳酸の単回投与後に血中乳酸濃度の一過性の増加が認められた。実験 1 において、足底筋ならびにヒラメ筋の重量は乳酸投与により増加した。実験 2 では後肢懸垂により足底筋とヒラメ筋の重量は減少した。一方、乳酸投与は後肢懸垂による筋重量の減少を一部抑制した。

【考察】乳酸は筋肥大および筋萎縮予防の作用を有すると考えられた。細胞外乳酸濃度の増加が培養骨格筋細胞を肥大させることが報告されていることから、乳酸経口投与による血中乳酸濃度の増加が、筋重量の増加に関与していると考えられた。

【結論】血中乳酸濃度の増加は筋重量の増加に作用することが示唆された。本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費 (17K01762、18K10796、18H03160)、公益財団法人明治安田厚生事業団研究助成、日本私立学校振興・共済事業団「学術研究振興資金」、公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団「助成金」、豊橋創造大学大学院健康科学研究科「先端研究」を受けて実施された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究の動物実験は、所属機関における実験動物飼育管理研究施設動物実験実施指針に従い、所属機関の動物実験委員会による審査・承認を経て実施された。

骨格筋の成長に対する中鎖脂肪酸の影響

宮川 良博^{1,2)}・森 拓也^{1,2)}・後藤 桂^{1,3)}・川原 勲^{1,2)}
 國安 弘基¹⁾

- 1) 奈良県立医科大学大学院分子病理学
 2) 医療法人和幸会 阪奈中央病院リハビリテーション科
 3) 医療法人和敬会 星田南病院リハビリテーション科

Key words / 骨格筋, 中鎖脂肪酸, 代謝

【背景・目的】

近年、中鎖脂肪酸はその摂取による内臓脂肪の蓄積抑制効果、担荷体での抗腫瘍効果が報告され注目を集めている。今回、中鎖脂肪酸の骨格筋に対する影響を細胞培養実験、動物実験により検討した。

【方法】

実験には中鎖脂肪酸であるラウリン酸 (LAA) を使用した。初めにマウス骨格筋細胞株であるC2C12筋芽細胞を用い、コントロール (Con) 群、LAA 低負荷 (Low) 群、LAA 中等度負荷 (Med) 群、LAA 高負荷 (High) 群に分け、10%FBS 混合培養液にそれぞれLAAを添加し48時間培養した。その後、MTS assayにより増殖能を、mitogreen染色によりミトコンドリア量を評価した。また、C2C12筋芽細胞を筋管細胞へ分化させ、同様の4群にて48時間培養しミトコンドリア量の変化を評価した。

次に動物実験としてBALB/c雄性マウスを用い、標準餌CE-2にLAAを重量比で2%、5%、10%添加した餌を用意しControl (Con) 群を含め4群で比較検討した。実験期間は15日とし1~2日毎に体重、食餌摂取量を測定、犠死後に大腿四頭筋を摘出し重量を測定した。摘出した大腿四頭筋はペレット化したのちタンパク質を抽出し、LETM1抗体、MYL1抗体、抗4-HNE抗体を用いウェスタンブロット法にてミトコンドリア量、ミオシン軽鎖の発現量、酸化ストレスの蓄積量を比較した。

【結果】

C2C12筋芽細胞の増殖能はCon群と比較しLow群で増加、High群で低下した。筋芽細胞におけるミトコンドリア量はLow群で増加、Med群、High群で低下し、筋管細胞ではHigh群で低下が認められた。動物実験では、10%群は実験開始より著明な体重減少を認め、5日目に瀕死となり安楽殺した。その他の群については5%群は13日目、2%群、control群は15日目に安楽殺した。摂取カロリーに群間差を認めなかったが、体重は5%群、10%群で、大腿四頭筋重量は10%群でCon群と比較し減少した。タンパク質定量解析では2%群にて酸化ストレスの蓄積量の減少、ミトコンドリア量の増加、10%群にてミトコンドリア量、ミオシン軽鎖の発現量の減少が確認された。

【考察および結論】

本実験により、低濃度の中鎖脂肪酸は骨格筋の成長を促進し、高濃度ではミトコンドリアの減少、骨格筋の萎縮を招く可能性が示唆された。中鎖脂肪酸は細胞膜、ミトコンドリア膜を通過する際に輸送体を必要としないため、長鎖脂肪酸と比較し急速に代謝される。そのため低負荷ではミトコンドリアのターンオーバーを促進し代謝を活性化、高負荷では過負荷となりミトコンドリアの機能障害を誘発した可能性がある。今後その機序について詳細に解析し、臨床への応用の可能性を検討する。

【倫理的配慮、説明と同意】

本実験は、奈良県立医科大学動物実験委員会の承認を得た。

廃用性筋萎縮と再荷重の過程におけるマトリックスメタロプロテアーゼとマイオカインの変動

相原 正博^{1,2)}・斉藤 史明³⁾・丸山 仁司²⁾・萩原 宏毅^{1,3,4)}

- 1) 帝京科学大学医療科学部理学療法学科
 2) 国際医療福祉大学大学院保健医療学理学療法学分野
 3) 帝京大学神経内科
 4) 帝京科学大学大学院理工学研究科バイオサイエンス専攻医療科学分野

Key words / 廃用性筋萎縮, MMPs, マイオカイン

【はじめに、目的】

廃用性筋萎縮は筋の不活動により生じ、高齢者においては寝たきりやADLの低下を引き起こす要因の一つである。筋萎縮に対する理学療法はこれまでも多く検討がなされているが、筋萎縮に対する負荷量や筋萎縮の病態、効果判定に有用な指標は明らかとなっていない。我々はこれまで、骨格筋から分泌され、種々の作用機序が報告されるマイオカインに着目し、筋萎縮や再荷重の過程においてこれらが変動することを明らかにしてきた。しかし、廃用性筋萎縮におけるマイオカインの作用機序は未だに不明である。最近、骨格筋を構成する基底膜やコラーゲンの分解に関与するマトリックスメタロプロテアーゼ (MMPs) が注目されている。これらのMMPsは、筋ジストロフィーなど筋疾患の骨格筋の変性と再生の過程に関与することが報告されている。今回、廃用性筋萎縮と再荷重の過程におけるMMPsとマイオカインの関連の可能性について検討した。

【方法】

9週齢のマウス (C57BL6) を使用し、コントロール群 (Co群)、ギプス固定群 (CI群)、再荷重1日群 (RL1群)、再荷重14日群 (RL14群) に分けた。筋萎縮誘発方法は、膝関節伸展、足関節底屈位にてギプス固定を実施し、2週間の固定期間を設けた。飼育中にギプス固定による浮腫や緩みが生じた際には、その都度巻き直しを行った。2週間の固定期間後、ギプス包帯を除去し、再荷重を1日間、14日間行った。前脛骨筋、腓腹筋、ヒラメ筋を単離した後、筋湿重量計測を実施し、凍結横断切片を作成した。HE染色、免疫染色にて組織学的解析を実施した。マルチプレックスサスペンションアレイ解析にて、MMPs及びマイオカイン (IL-6, IL-15) の血中濃度を測定した。また、マイクロアレイ法にて、骨格筋中のMMPs及びマイオカインの遺伝子発現量を網羅的に検討した。

【結果】

筋湿重量はCo群と比較して、CI群とRL1群で有意に減少した。RL1群では筋萎縮の改善は認められなかったが、RL14群の腓腹筋、ヒラメ筋で有意に増加した。マルチプレックスサスペンションアレイ解析では、IL-6、IL-15はCo群、RL1群、CI群の順に高値を示した。マイクロアレイ解析では、IL-6はCo群と比較して、CI群で遺伝子発現量が増加し、IL-15はRL1群では遺伝子発現量が減少した。MMPsについては、MMP-2、13、14は、Co群と比較してCI群、RL1群で、MMP-9はRL1群、RL14群で発現量が増加した。MMP-3は実験期間を通して遺伝子発現量が増加した。MMP-13の増加は40から60倍と、検討したMMPsの中で最大の変動を示した。

【結論】

廃用性筋萎縮モデルマウスの病態において、MMP-2、3、9、13、14などが関与することが示唆された。このことから、廃用性筋萎縮から再荷重の過程において、MMPsが重要な役割を果たしている可能性が考えられた。また、マイオカインとMMPsが連動して変動することが示唆された。今後、個別のMMPとマイオカインとの関連について、更に詳細な検討を進めていきたい。

【倫理的配慮、説明と同意】

本実験は実験動物 (マウス) を用いた研究である。研究を実施するにあたり、帝京科学大学動物委員会と国際医療福祉大学大学院の承認を得て実験を行った。また動物の扱いに際しては、動物実験のガイドラインに則して研究を実施した。

不動によって生じる骨格筋内のマクロファージ集積の機序

田中 なつみ^{1,2)}・本田 祐一郎^{1,2)}・片岡 英樹^{1,3)}・坂本 淳哉⁴⁾
中野 治郎⁴⁾・沖田 実¹⁾

1) 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科運動障害リハビリテーション学分野
2) 長崎大学病院リハビリテーション部
3) 社会医療法人長崎記念病院リハビリテーション部
4) 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科理学療法学分野

Key words / マクロファージ, アポトーシス, 筋性拘縮

【はじめに】

骨格筋は1・2週という短期の不動状態に曝すだけで伸張性が低下し、筋性拘縮に発展することが知られている。そして、筋性拘縮の病態には骨格筋におけるコラーゲンの増生、すなわち線維化の発生が関与するとされ、そのメカニズムに関わる分子機構にはマクロファージの集積を発端とした線維化関連分子の賦活化が関与するとされている。つまり、筋性拘縮の発生メカニズムに関わる分子機構の上流においてマクロファージの集積は重要事象といえるが、この機序はこれまで明らかになっていない。そこで、本研究では不動によって生じる骨格筋内のマクロファージ集積の機序を解明することを目的に、以下の実験を行った。

【方法】

実験動物には8週齢のWistar系雄性ラット20匹を用い、両側足関節を最大底屈位にてギプスで1, 2週間不動化する不動群(各5匹, 計10匹)と同週齢まで通常飼育する対照群(各5匹, 計10匹)に振り分けた。各不動期間終了後は両側ヒラメ筋を採取し、以下のパラメーターについて検索した。具体的には、マクロファージのマーカーとなるCD11bに対する免疫組織化学染色を実施し、その陽性細胞を算出するとともに、マクロファージの走化性の活性化因子であるMCP-1のmRNA発現量を検索した。また、筋核のアポトーシスを同定する目的でTUNEL染色を実施し、筋核100個あたりのTUNEL陽性細胞を算出した。そして、筋線維萎縮の発生状況について検索する目的で、各筋試料につき100本以上の筋線維について筋核数、筋線維横断面積、ならびに一つの筋核が制御する細胞質領域である筋核ドメインを算出した。

【結果】

不動群のCD11b陽性細胞数とMCP-1 mRNA発現量、ならびにTUNEL陽性細胞数は各不動期間とも対照群より有意に高値を示したが、不動期間の違いによる有意差は認められなかった。不動群の筋核数ならびに筋線維横断面積は各不動期間とも対照群より有意に低値を示し、筋線維横断面積においては不動2週が不動1週より有意に低値を示した。さらに、不動群の筋核ドメインは不動1週では対照群との有意差を認めず、不動2週で対照群より有意に低値を示した。

【考察・結論】

CD11b陽性細胞数ならびにMCP-1 mRNA発現量の結果から、不動状態に曝された骨格筋においてマクロファージが集積することは間違いない事象といえる。そして、この機序を探る目的で筋核の動態を検索した結果、不動1週でTUNEL陽性細胞数の増加、筋核数の減少、筋線維萎縮の発生を認めた。つまり、1週という短期の不動状態に曝された骨格筋では筋核のアポトーシスが誘導されることで筋核が減少し、このことが筋線維萎縮の発生に直接的に影響をおよぼしていると推察される。そして、マクロファージの集積はアポトーシスが生じた筋核に制御されていた細胞質領域の処理のために生じる事象と推測され、このことを発端として線維化関連分子が賦活化し、線維化、すなわち筋性拘縮が惹起されるのではないかと考えられる。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本実験は長崎大学動物実験委員会にて承認を受けた後(承認番号: 1404161137)、同委員会が定める動物実験指針に準じ、長崎大学先端生命科学支援センター・動物実験施設で実施した。

骨格筋損傷後の尾部懸垂が筋衛星細胞におけるマクロファージの遊走因子(MCP-1)の発現に与える影響

川島 将人¹⁾・宮川 基¹⁾・杉山 恵美¹⁾・谷口 佳穂²⁾
荒川 高光¹⁾

1) 神戸大学大学院保健学研究科リハビリテーション科学領域生体構造学分野
2) 神戸大学医学部保健学科学療法学専攻

Key words / 筋再生, 尾部懸垂, マクロファージ

【はじめに, 目的】

後肢非荷重モデルである尾部懸垂は、筋萎縮を惹起させるだけでなく、骨格筋損傷後のマクロファージの集積を遅延させ、壊死筋線維への浸潤を低下させる(Kohno et al., 2012)。マクロファージは筋再生の中心的な役割を担うため(Tidball et al., 2010)、尾部懸垂は筋再生にも影響を及ぼす(Kohno et al., 2012)。マクロファージの遊走にはMonocyte Chemoattractant Protein-1(MCP-1)が関与すると指摘されている(Lu et al., 2011)。培養実験では筋衛星細胞がMCP-1を発現し、マクロファージの遊走を促す可能性が示されている(Chazaud et al., 2003)。よって、骨格筋損傷後に尾部懸垂を施した動物の筋再生過程を経時的に観察し、同時にMCP-1の経時的動態を、筋衛星細胞に着目して免疫組織化学的に精査した。

【方法】

8週齢のWistar系雄ラット(190 ± 10 g)を対照群(n = 3)と尾部懸垂群(n = 3)に分けた。筋損傷は先行研究(Furuta, 2001)に倣い、イソフルラン麻酔下で左長趾伸筋を露出させ、500gの重錘を付加した鉗子で筋腹を30秒間圧挫する挫滅損傷により惹起した。皮膚縫合後、対照群は通常のケージで自由飼育を行い、尾部懸垂群は専用のケージで尾部懸垂を行った。挫滅損傷から6, 12時間後、1日後にそれぞれ1匹ずつ屠殺し、左長趾伸筋を採取して、厚さ約8 μmの凍結切片を作成した。H-E染色の他、CD68(マクロファージ)、Pax7(筋衛星細胞)、MCP-1の免疫組織化学染色を実施して観察した。また、損傷後の各時点における損傷筋線維周囲のマクロファージ数をカウントした。

【結果】

対照群: 損傷6時間後の壊死筋線維周囲にCD68陽性細胞(CD68+)の集積が観察された。12時間後には多くのCD68+が壊死筋線維内に浸潤していた。1日後の壊死筋線維はCD68+で埋め尽くされていた。損傷12時間後、1日後に、壊死筋線維の近傍においてPax7とMCP-1を共発現する細胞が観察された。

尾部懸垂群: 損傷6時間後の壊死筋線維は対照群よりも少なく、CD68+も対照群よりも少なかった。12時間後にCD68+数が6時間後よりも増えたが、壊死筋線維への浸潤はみられなかった。1日後にCD68+が壊死筋線維へ浸潤していた。壊死筋線維近傍にPax7陽性細胞が観察されたが、MCP-1との共局在は認められなかった。

【考察】

本結果から、骨格筋損傷後の尾部懸垂によって、筋衛星細胞におけるMCP-1発現が低下する可能性が示された。そのMCP-1発現の低下がマクロファージの集積を遅延させ、壊死筋線維への浸潤を低下させている可能性が考えられる。本実験では、筋の一次的な損傷の直後に尾部懸垂を施すと、尾部懸垂後早期の壊死筋線維数が対照群よりも減少している。すなわち、筋損傷後早期に起こる筋の二次的な溶解が尾部懸垂によって阻害され、その現象がきっかけとなり、筋衛星細胞のMCP-1発現低下につながったのではないかと考えられる。

【結論】

骨格筋損傷後の尾部懸垂は、筋衛星細胞におけるMCP-1発現を低下させる可能性がある。

【倫理的配慮, 説明と同意】

全ての実験は所属機関における動物実験に関する指針に従い、動物実験委員会の承認を得た上で実施した(承認番号: P130805)。

電気刺激が非荷重を伴う関節固定にて生じるラット関節拘縮に及ぼす影響

佐藤 勇太¹⁾・小野 武也¹⁾・石倉 英樹²⁾・相原 一貴³⁾
 松本 智博⁴⁾・小島 崇輔⁵⁾・田坂 厚志³⁾・梅井 凡子¹⁾
 積山 和加子¹⁾・沖 貞明¹⁾

1) 県立広島大学保健福祉学部理学療法学科
 2) 広島都市学園大学健康科学部リハビリテーション学科理学療法専攻
 3) 大阪保健医療大学保健医療学部リハビリテーション学科理学療法専攻
 4) 神戸大学大学院保健学研究科 5) かわごえクリニック

Key words / 関節拘縮, 後肢懸垂, 電気刺激

【はじめに、目的】

関節拘縮は、日常生活に支障をきたすため、治療が重要である。我々は、先行研究において、非荷重は関節固定によって生じる骨格筋のコラーゲン増加および伸張性低下をさらに助長させ、関節拘縮を重篤化させることを明らかにした。このことから、非荷重を伴う関節固定によって生じた関節拘縮は、関節固定のみの場合とは異なる病態であり、従来の関節拘縮に対する治療が有効であるか不明である。電気刺激は、関節拘縮の治療法の一つとして改善効果を有すると報告されているため、非荷重を伴う関節固定によって生じた関節拘縮に対しても改善効果を認める可能性がある。本研究の目的は、電気刺激が非荷重を伴う関節固定によって生じた関節拘縮に及ぼす影響を明らかにすることとした。

【方法】

対象は、10週齢のWistar系雄ラット14匹とした。実験期間は1週間とした。すべてのラットは、右足関節を最大底屈位に固定し、後肢懸垂を組み合わせて実施した。群分けは、電気刺激を行わない刺激なし群と、電気刺激を行う刺激あり群とした。電気刺激は、1日1回30分を7日間実施した。電気刺激の条件は、刺激強度30V、周波数10Hzとした。刺激電極は、大腿後面の坐骨神経直上の皮膚に設置し、ヒラメ筋の筋収縮を誘発させた。評価項目は、実験開始前および1週間後の足関節背屈角度、1週間後のヒラメ筋のType Iコラーゲン量とした。

【結果】

足関節背屈角度は、群と測定時期に交互作用があったため、単純主効果を求めた。その結果、両群とも1週間後の足関節背屈角度は、実験開始前と比較して有意に減少した。しかし、刺激あり群の足関節背屈角度は、刺激なし群と比較して有意に減少が抑制されていた。また刺激あり群のヒラメ筋のType Iコラーゲン量は、刺激なし群と比較して有意に増加が抑制されていた。

【考察】

骨格筋は、コラーゲンが増加して伸張性が低下することで、関節拘縮を生じさせる。一方、電気刺激を実施した場合、骨格筋は、コラーゲンの増加を抑制して伸張性低下を防止することで、関節拘縮の発生を予防することが明らかにされている。本研究結果は、電気刺激がヒラメ筋のコラーゲン増加を抑制し、関節拘縮の発生を軽減したことを示すものであった。このため、電気刺激は、非荷重を伴う関節固定によって生じる関節拘縮に対しても予防効果を有することが明らかとなった。電気刺激の周波数の違いは、関節拘縮の予防効果に影響を及ぼす。このため、本研究において用いた電気刺激の周波数は、関節拘縮の治療に対して最適なものであるか不明である。今後は、電気刺激の周波数の違いに着目したさらなる研究が必要であると考えられる。

【結論】

電気刺激は、非荷重を伴って生じた関節拘縮の予防効果を有することが明らかとなった。

【倫理的配慮, 説明と同意】

すべてのラットの苦痛は、麻酔を使用することで可能な限り排除した。本研究は、所属大学の動物実験指針に準じ、所属大学の附属動物実験施設を使用して所属大学の動物実験委員会の承認を受けて実施した(承認番号:第13MA009号)。

大腿四頭筋筋力低下は変形性膝関節症の発症にどのような影響を及ぼすか - 筋力低下ラットモデルを用いた検証 -

藤原 秀平¹⁾・村田 健児²⁾・国分 貴徳²⁾・金村 尚彦²⁾

1) 越谷誠和病院 リハビリテーション科
 2) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

Key words / 変形性膝関節症, 大腿四頭筋筋力低下, 身体運動

【はじめに、目的】

膝の変形性関節症(OA)は加齢・性別・外傷・疾病・遺伝などの様々な要因から発症する。特に大腿四頭筋は膝OA患者において筋力低下、萎縮を認めるとの報告が多数ある。しかしながら、大腿四頭筋の筋力低下がどのような理由で膝OAに影響を及ぼすのかは不明である。動物モデルを用いた先行研究において、下肢筋力低下条件下での身体運動に伴う膝の動的関節不安定性は関節内の力学的環境の変化を通して膝関節軟骨変性に影響を及ぼす可能性があることを指摘している。そこで、本研究は大腿四頭筋の筋力低下と身体運動との相互作用による膝関節への運動学的影響、関節軟骨への組織学的な影響、関節内の炎症性因子への影響を検証した。

【方法】

12週齢のWistar系雄性ラット15匹を5匹ずつランダムに「コントロール群」、「筋力低下群」、「筋力低下+運動群」の3群に割り当て、大腿神経切断により大腿四頭筋筋力を低下させる外科的介入及びトレッドミルを用いた運動介入を実施した。4週時点で走行運動中の動画とレントゲン撮像を用いた運動学的分析、一般染色による膝関節軟骨の組織学的分析、免疫組織化学染色による関節内炎症性因子の分析を実施した。分析では、大腿四頭筋の筋湿重量、大腿四頭筋筋力低下の評価のためのFoot Base Angle(FBA)、立脚期膝関節屈曲角度、軟骨評価のためのMankinスコア、非石灰化軟骨厚、軟骨細胞数、炎症性因子の評価のためのInterleukin(IL)-1 β ・Tumor Necrosis Factor(TNF)- α ・Matrix metalloproteinase(MMP)-13の陽性細胞率を指標として用いた。

【結果】

「コントロール群」に対し、「筋力低下群」「筋力低下+運動群」では筋湿重量の低下、FBAの増加、立脚期膝関節屈曲角度の増加を認めた(p<0.01)。「コントロール群」、「筋力低下群」、「筋力低下+運動群」の間で、Mankinスコア、非石灰化軟骨厚、軟骨細胞数、IL-1 β ・MMP-13の陽性細胞率は有意差を認めなかった。一方で、TNF- α の陽性細胞率について、「筋力低下群」に対し「筋力低下+運動群」での脛骨内側における増加を認めた(p<0.05)。

【考察】

筋湿重量、運動学的分析の結果より、大腿四頭筋の筋力低下は運動中の膝関節の運動学的変化を引き起こしたと考えられた。しかしながら、組織学的分析の結果より、4週間の筋力低下及び身体運動に伴う膝関節の運動学的な変化が関節軟骨へ及ぼす影響はないと考えられた。ただし、一部の炎症性因子の増加を認めたことから、筋力低下と身体運動量の増加による相互作用は過度な力学的ストレスとなり、長期的には膝OAに影響する可能性も示唆され、今後長期的な分析が必要とされる。

【結論】

本モデルにおける大腿四頭筋の筋力低下と身体運動との相互作用は4週時点における膝OA発症への影響を認めなかったが、脛骨内側の軟骨細胞においてTNF- α 陽性細胞率の増加を認めた。

【倫理的配慮, 説明と同意】

埼玉県立大学倫理審査委員会の承認後、動物実験基本計画書ならびに実施計画書に従い研究を実施した(承認番号29-4)。

マウス悪液質モデルにおける栄養介入が腫瘍と骨格筋萎縮に及ぼす影響

森 拓也^{1,2)}・宮川 良博^{1,2)}・川原 勲^{1,2)}・後藤 桂^{1,3)}
國安 弘基¹⁾

1) 奈良県立医科大学 大学院 医学研究科 分子病理学研究室

2) 医療法人 和幸会 阪奈中央病院 リハビリテーション科

3) 医療法人 和敬会 星田南病院 リハビリテーション科

Key words / 悪液質, 栄養, 骨格筋

【はじめに、目的】

進行期がん患者の80%は悪液質を合併し、その重篤な症状の一つとして骨格筋萎縮がある。担癌体における骨格筋量の減少は生命予後およびADL・QOLの低下に密接に関連する。このことから担癌体の骨格筋萎縮に着目することは非常に重要と見なされる。骨格筋萎縮に対する治療としては栄養介入によるものが報告されているが、栄養素の特異性よりも摂取カロリー量が注目されていることが多い。しかし、担癌体への栄養介入は、骨格筋のみならず腫瘍における代謝の両者に考慮して栄養素を検討する必要がある。その選択を誤ると腫瘍増殖を促進するリスクがある。われわれはマウス悪液質モデルを用い、腫瘍と骨格筋の代謝の差異を利用した骨格筋萎縮予防を目的とする栄養介入を検討し、有用な知見を得たので報告する。

【方法】

悪液質モデルは、BALB/cマウスに対し同系の大腸癌細胞株であるCT26を腹腔内へ接種し作製した。本実験で検討した栄養素は、グルコース(Glc: 0, 10, 50%の糖水)、中鎖脂肪酸(MCFA: Lauric acidを重量比2%で標準餌に混合)、分枝鎖アミノ酸(BCAA: valine, leucine, isoleucine各1%を標準餌に混合)であり、すべて自由摂取とした。実験群は、標準餌、Glc単独、MCFA単独、GlcとMCFA併用、BCAA単独の5群とした。観察期間は14日間とし、期間中は飲水量、食事摂取量、体重を適宜計測した。最終日に安楽殺後、腫瘍と大腿四頭筋を摘出し、重量を計測した。さらに骨格筋はSDS可溶性myosin light chain1(MYL1)濃度を測定した。データは統計処理し検討した。

【結果】

標準餌群と比較し、Glc負荷群では腫瘍重量は濃度依存的に増加した。骨格筋重量の減少は認められなかったが、MYL1濃度はGlc濃度依存的に増加した。MCFA負荷群では、腫瘍量は減少しており、骨格筋重量は標準餌群と同等であったがMYL1濃度は増加していた。Glc・MCFA併用群では、腫瘍重量は標準餌群と同等であったが、骨格筋重量・MYL1濃度は有意に増加していた。BCAA負荷群では腫瘍・骨格筋重量とも標準餌群と同等であった。

【考察】

Glcは骨格筋と腫瘍の両者にとって重要なエネルギー源である。一方、MCFAは、カルチニン・シャトルを経由せずミトコンドリアに取り込まれ、酸化リン酸化を促進する。そのため、骨格筋ではエネルギー源として正常に代謝されるのに対し腫瘍では酸化ストレスの産生をもたらす抑制性に作用すると考えられる。本検討では、Glcは腫瘍と骨格筋に促進性に作用したのに対し、MCFAでは抗腫瘍効果を示した。GlcとMCFAを併用することにより、Glcによる腫瘍増大は抑制され、骨格筋重量と成熟度は保持された。一方、健常人で骨格筋促進効果が認められるBCAAは担癌体では効果が認められなかった。

【結論】

糖質と中鎖脂肪酸の併用摂取が悪液質による骨格筋萎縮予防に有用な栄養介入である可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は奈良県立医科大学動物実験管理規程第14条に基づき動物実験計画承認申請書の承認を得て実施している。また本動物実験は人道的エンドポイントを設け、動物への苦痛を最小限に配慮している。

糖尿病ラットの廃用性筋萎縮に対する荷重の予防効果について

間所 祥子・稲岡プレアディス 千春・山崎 俊明

金沢大学医薬保健研究域保健学系

Key words / 糖尿病ラット, 廃用性筋萎縮, 予防

【はじめに、目的】

糖尿病患者は非糖尿病患者に比較し、心筋梗塞、脳梗塞のリスクが高く、また、末梢神経障害によるバランス能力低下から転倒・骨折などにより安静臥床を余儀なくされる可能性が高い。そのため、糖尿病患者が廃用性筋萎縮を惹起される可能性は高いと考えられるが、その予防に対する運動効果については明らかではない。そこで、本研究では、非肥満2型糖尿病モデルラットであるGoto-Kakizakiラット(以下GKラット)に対し、尾部懸垂法を用い廃用性筋萎縮を作成し、その過程において荷重を加え、萎縮予防効果について検討することとした。対象はヒラメ筋とし、相対重量比、筋線維横断面積を中心に分析を行った。

【方法】

対象は8週齢のWistar系ラット24匹、GKラット24匹とした。Wistar系ラット、GKラットをそれぞれコントロール群(WC群: n=8、GC群: n=8)と1週間尾部懸垂する懸垂群(WS群: n=8、GS群: n=8)、1週間の尾部懸垂期間中毎日1時間荷重する群(WR群: n=8、GR群: n=8)に群分けした。実験終了後、麻酔下にて体重測定、血糖測定を実施した。右後肢よりヒラメ筋を摘出し、筋湿重量測定を行った。凍結切片を作成し、HE染色を実施、鏡検を行った。筋線維横断面積を画像解析ソフトImageJによって測定した。また、筋損傷の指標として、中心核線維、壊死線維について測定した全線維に対する発生割合を算出した。

統計学的処理は、各群の体重、血糖値、筋湿重量、筋湿重量、相対重量比、筋線維横断面積について、コントロール群、懸垂群、再荷重群間での一元配置分散分析を用い下位検定としてTukey法を用いた。また、壊死線維・中心核線維発生割合については χ^2 剰剰検定を用い、Bonferroniの補正を行った。全ての統計処理はSPSS.Ver23(IBM SPSS)を使用し有意水準は5%とした。

【結果】

相対重量比は、Wistar系、GKラット共に、懸垂群がコントロール群に比べ有意に低下していた。これに対し、WR群はWC群に比較し、有意に低下していたが、GR群とGC群の間に有意差はみられなかった。筋線維横断面積については、Wistar系ラット、GKラット共に、コントロール群>荷重群>懸垂群で各群間に有意差がみられた。壊死線維発生割合は各群間に有意差はみられなかったが、GKラットの荷重群であるGR群は1.61%と中では高い数値を示した。

【考察】

筋線維横断面積の結果より、GKラットに対しても非糖尿病ラットによる先行研究同様、荷重刺激は筋萎縮予防効果があると考えられた。相対重量比の結果はWistar系ラット、GKラットで異なっており、Wistar系ラットとGKラットの筋線維タイプの違い、脂肪組織、総蛋白質量などの影響を受けている可能性が考えられる。また、有意差はないものの、GR群は、壊死線維の割合が他群に比べ多い傾向にあり、高血糖による脆弱性が示唆された。

【結論】

非糖尿病ラット同様、糖尿病ラットヒラメ筋の廃用性筋萎縮予防に荷重刺激はある程度効果を示した。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は金沢大学動物実験委員会の承認を受けて実施した(承認番号: AP-153551)。

壊死誘導が主である抗がん剤の使用は HMGB1 を増加させ骨格筋萎縮を惹起する

川原 勲^{1,2)}・宮川 良博^{1,2)}・森 拓也^{1,2)}・國安 弘基¹⁾

1) 奈良県立医科大学 分子病理学
2) 阪奈中央病院 リハビリテーション科

Key words / 骨格筋萎縮, HMGB1, 抗がん剤

【目的】がん化学療法に伴う骨格筋の萎縮は多くの患者でみられ、抗がん剤の治療中の骨格筋萎縮は死亡率を増加させる。骨格筋萎縮の原因は食事量の低下、疲労、活動量低下などが考えられるが、抗がん剤の直接的影響の報告は見当たらない。今回、骨格筋障害の原因として、化学療法に伴う腫瘍壊死の影響を検討した。

【方法】CT26 マウス大腸がん細胞を同系の BALB/c マウスに接種し、皮下腫瘍を形成したのち、3週目にドキシソルビシン (DXR) とトリコスタチン A (TSA) を腫瘍内投与した。4週目に組織化学的に腫瘍壊死を検索し、腫瘍最大面積に占める割合を求めた。さらに HMGB1 の骨格筋へ直接作用を検討するため、BALB/c マウスに対して3週間に HMGB1 (90 μg/mouse) を投与した。

【結果】下腿三頭筋重量を測定すると DXR 投与群では、非投与群より 10% 減少していた。3週間に HMGB1 (90 μg/mouse) を投与した結果、下腿三頭筋重量は 9% 減少しており、HMGB1 の血中濃度は腫瘍壊死面積と相関していた。骨格筋では Autophagy 関連タンパクの Beclin 1、p 62 が誘導され、ユビキチンレベルも上昇していた。同モデルに HMGB1 抗体を投与すると HMGB1 によっておこる骨格筋萎縮はコントロールレベルに回復した。

【考察】本研究では CT26 マウス大腸癌細胞に対する DXR と TSA の 2 つの抗がん剤の効果を示した。組織学的検索では DXR はネクローシス、TSA ではアポトーシスが確認された。DXR と TSA を腫瘍内に投与したところ TSA 投与群より DXR 投与群の腫瘍増殖スピードは速く、腫瘍内の HMGB1 濃度をみると TSA に比べ DXR 投与群が有意に高いことが確認された。これは HMGB1 が壊死細胞から放出され、残存腫瘍細胞の再増殖を促進していることを示している。癌細胞を接種していないマウスに HMGB1 を投与し下腿三頭筋の変化を検索するとコントロール群に比べ、有意に筋萎縮が確認された。これは HMGB1 が骨格筋の萎縮に影響を与えると推測される。下腿三頭筋の HE 染色をみると HMGB1 群では染色性が不規則で染色性の低下した筋束がみられ、ユビキチン化は HMGB1 処理群が筋繊維にびまん性にユビキチン化が亢進していた。オートファジー関連タンパクをみるとオートファジー抑制型のリン酸化型 mTOR が低下、オートファジー実行タンパクの LC3・p 62・Beclin1 は増加していた。以下の結果より HMGB1 によってオートファジーが亢進していることが確認された。腫瘍のないマウスに HMGB1 を投与、さらに HMGB1 抗体を追加投与するとヒラメ筋の重量減少、タンパク含有量減少、ユビキチンレベル増加、p 62 発現がコントロールレベルとなり、HMGB1 標的治療により化学療法に伴う骨格筋萎縮を抑制できる可能性が示唆された。

【結論】ネクローシスを誘導する抗がん剤は核内より HMGB1 が放出され骨格筋萎縮がおこり QOL を低下させる可能性が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は奈良県立医科大学動物実験管理規定第 14 条に基づき動物実験計画申請の承認を得ている。また、本動物実験は人道的エンドポイントを設け、動物への苦痛を最小限に配慮している。

非不動部である前肢の自発運動によってラット後肢の不動性疼痛の発生を抑制できるか？

石川 空美子¹⁾・童 穎¹⁾・佐々木 遼^{2,3)}・竹下 いづみ¹⁾
坂本 淳哉¹⁾・中野 治郎¹⁾・沖田 実³⁾

1) 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 保健学専攻 理学療法分野
2) 十善会病院
3) 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 医療科学専攻 理学療法学分野

Key words / 不動性疼痛, 自発運動, EIH

【目的】

四肢の一部あるいは全身の不動は痛みを惹起するとされ、このような痛みは不動性疼痛と呼ばれている。不動性疼痛に対しては、運動療法によって不動状態を是正することが重要であることは言うまでもないが、最近の知見を参考にすると運動による鎮痛効果 (exercise-induced hypoalgesia; EIH) も期待できる。そして、EIH は運動実施部位のみならず、非運動部位でも認められ、しかも強制運動より自発運動の方が効果は大きいとされている。また、EIH には様々なメカニズムの関与が報告されており、その一つに内因性オピオイド系の賦活化が指摘されている。しかし、不動性疼痛に対して非不動部の自発運動を実施することで内因性オピオイド系が賦活化し、EIH が生じるかを検討した報告はこれまでにない。そこで本研究では、ラット後肢の不動性疼痛に対する非不動部である前肢の自発運動の効果を検討した。

【方法】

8週齢の Wistar 系雄性ラット 34 匹を、① 8 週間後肢をギプスで固定する不動群 (n=12)、② 8 週間後肢をギプスで固定し、非不動部である前肢の自発運動を 1 日 60 分間、週 5 回の頻度で実施する運動群 (n=12)、③ 無処置の対照群 (n=10) に振り分けた。そして、実験期間中は毎週、電子式 von Frey 装置を用いて足底の機械的刺激に対する痛覚閾値を評価し、実験期間終了後は採取した脊髄組織をカルシトニン遺伝子関連ペプチド (CGRP) に対する蛍光免疫染色に供し、中枢性感作の状況を評価した。加えて、採取した視床下部に含有する β エンドルフィン を ELISA 法にて定量し、内因性オピオイドの動態も評価した。

【結果】

不動群の痛覚閾値は不動を開始した 2 週目以降、対照群より有意に低値を示し、実験期間終了時の 8 週目まで低下し続けていた。一方、運動群の痛覚閾値も 2 週目以降、対照群より有意に低値を示したが、不動群と比較すると 3 週目以降有意に高値を示した。次に、脊髄後角の浅層における CGRP の発現状況は不動群と運動群は対照群より有意に高値を示し、この 2 群間に有意差は認められなかった。また、脊髄後角の深層では不動群は対照群より有意に高値を示したが、運動群は不動群より有意に低値で、対照群との有意差も認められなかった。加えて、視床下部における β エンドルフィン含有量は 3 群間に有意差は認められなかった。

【結論】

以上の結果から、不動部位以外の自発運動によって不動性疼痛の発生を抑制できることが示唆された。しかし、そのメカニズムについては内因性オピオイド系の賦活化の影響は少ないと推測され、今後は他のメカニズムの影響について検討する予定である。

【倫理的配慮, 説明と同意】

本研究は、長崎大学動物実験委員会の承認を受けた後、同委員会が定める動物実験指針に準じ、長崎大学先端生命科学支援センター動物実験施設で実施した。

脳梗塞後痙縮を発症した骨格筋の神経筋接合部における変化

杉浦 健司・山下 雄大・能城 裕哉・李 佐知子

名古屋大学医学部保健学科学療法学専攻

Key words / spasticity, neuromuscular junction, stroke

【はじめに、目的】痙縮治療では神経筋接合部に作用するボツリヌス療法や筋弛緩薬が取り入れられているが、脳梗塞後の痙縮筋の神経筋接合部に形態および機能的変化が生じるかなどの報告はほとんどなく、詳細は不明である。本研究では脳梗塞後痙縮発症マウスを用い、神経筋接合部の形態変化や運動神経終末投射の変化について検討することを目的とする。さらにアセチルコリン受容体の発現量、およびシナプス間隙に存在するラミニンの発現変化から、神経筋接合部におけるシナプス形成状態について、それぞれ mRNA 発現量を調べることで確認する。

【方法】雄性 C57BL/6J(Thy-YFP) および 8 - 10 週齢マウスを用いて吻側および尾側前肢運動領域に脳虚血を作成し、痙縮発症脳梗塞モデルを作成し、痙縮評価には Hoffmann 反射の Rate Dependent Depression を用いた。脳梗塞後 1, 2, 4, 8 週脳梗塞群およびコントロール群で比較した。形態変化の観察では、麻痺側小指外転筋を用いた。アセチルコリン受容体の量的変化の観察には、a 1、b 1、g、e サブユニットおよびラミニンを含む神経筋接合部構成タンパク質の mRNA 量の計測を行った。全てのデータは平均値±標準誤差で示し、統計解析には一元配置分散分析 (one-way ANOVA) を行い、事後検定として Tukey-Kramer を用いた。すべての検定で有意水準は 5% 未満とした。

【結果】脳梗塞後 2, 4, 8 週では、脊髄損傷 (脊損) モデルで報告されている脱神経や断片化、受容体の消失など形態に有意な変化は確認できなかった。アセチルコリン受容体の量的変化では脳梗塞後 1 週間のサブユニット a 1、e の mRNA 発現量がコントロール群に対し有意に増加した。また神経筋接合部のマーカーであるラミニン b2、AChE やサブユニット b1 の mRNA 発現量が増加する傾向がみられた。

【考察】脊損を用いた先行研究では生じたアセチルコリン受容体形態変化は、本研究では観察されなかった。脊損に比べ脳梗塞モデルでは運動麻痺および痙縮の程度が低いことが考えられ、形態変化するほどの機能変化が生じていないと推察される。一方、量的変化ではサブユニット $\alpha 1$ の増加より受容体数増加が予想できること、チャンネル開口時間の長い未成熟型 g サブユニットではなく、成熟型のサブユニット e が増加していることから、シグナル伝達の時間変化ではなく受容体増加による過剰伝達の可能性が考えられる。これらのタンパク質量変化が見られるかは、今後検討予定である。アセチルコリン受容体の変化が確認された場合、成熟型アセチルコリン受容体の過剰発現抑制により随意運動を可能とする痙縮治療実現の可能性がある。

【結論】脳梗塞後痙縮発症後の骨格筋神経筋接合部において、成熟型アセチルコリン受容体の量的変化が生じている可能性が示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は名古屋大学動物実験委員会の承認 (承認番号 030-014) を得て、研究従事者は全て名古屋大学の動物実験講習会を受講し、名古屋大学動物実験委員会規約に従って飼養管理し、実験を行っている。また本研究で使用している C57BL/6J(ThyYFP) マウスは、名古屋大学組み換え DNA 委員会においてすでに承認されている (承認番号 13-11)。

骨格筋における非活動性侵害受容器と交感神経の電気生理学的特徴

太田 大樹¹⁾・松原 崇紀²⁾・堀田 晴美³⁾・水村 和枝⁴⁾
田口 徹⁵⁾

1) 帝京大学 医療技術学部 柔道整復学科
2) 名古屋大学大学院 医学系研究科 神経性調節学分野
3) 東京都健康長寿医療センター研究所 自律神経機能研究室
4) 日本大学 歯学部 生理学講座
5) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

Key words / 非活動性侵害受容器 (MIA), 交感神経, 筋痛

【目的】非活動性侵害受容器 (MIA) は正常時では機械非感受性であるが、病態時に活性化し痛覚過敏の末梢神経機構に寄与すると考えられている。MIA はこれまでに関節、皮膚、角膜、膀胱、直腸・結腸で確認されているが、骨格筋では実証されておらず、その活性化因子や機構も未解明である。また、骨格筋の交感神経は運動時の血流反応に重要な役割を果たすと考えられるが、その割合や詳細な電気生理学的特性は未解明である。そこで本研究では、骨格筋の MIA や交感神経を同定し、それらの電気生理学的特徴を明らかにすることを目的とした。

【方法】雄性 SD ラットを用い、ペントバルビタール麻酔下で血圧、心拍、直腸温を生理的範囲に保持し、in vivo 単一神経記録法により腓腹筋神経から C 線維を同定した。次に、同定した C 線維軸索への反復電気刺激 (5 Hz、10 秒間) により活動依存的伝導速度変化 (ADCCV) を記録した。また、腓腹筋へのピンチ刺激により線維の機械感受性の有無を調べた。さらに、MIA と考えられた一部の線維に対して炎症メディエータの混合物 (炎症スープ) を筋注し、新たに機械感受性を獲得するか調べた。また、腓腹筋支配神経のうち交感神経の割合や軸索伝導特性を調べるため、腰部交感神経幹を遠心性に電気刺激し、腓腹筋神経束から ADCCV を記録した。

【結果】同定した腓腹筋 C 線維 (187 例) のうち、機械非感受性線維は 143 例 (約 76%) であった。このうち 17 例 (C 線維の約 9%) の ADCCV は顕著に遅延し (-10%以下)、MIA であると考えられた。さらに、この 17 例のうち 9 例の腓腹筋に炎症スープを投与したところ、3 例は投与 3 ~ 10 分後に新たに機械感受性を示した。一方、機械非感受性線維 (143 例) のうち、108 例 (C 線維の約 58%) の ADCCV は -5%以上と遅延度が小さかったが、腰部交感神経幹の遠心性刺激により同定した腓腹筋交感神経 (3 例) の ADCCV も約 -4.2 ~ -1.1% と小さく、大部分は交感神経である可能性が考えられた。

【考察】腓腹筋 C 線維のうち、約 9% は MIA であり、その一部は実験的炎症 (病態) により活性化し、サイレントからアクティブにモダリティシフトすることがわかった。また、腓腹筋 C 線維に占める交感神経の割合は皮膚での報告 (約 16%、Taguchi et al. 2010) と比較して高いことが示唆されたが、過去の形態学的研究 (約 44%、Baron et al. 1988) と類似している。

【結論】骨格筋における MIA の存在を実証し、その一部が実験的炎症により活性化し、新たに機械感受性を獲得することを示した。また、腓腹筋に分布する交感神経の割合および軸索特性を明らかにすることができた。これらの結果は筋機械痛覚過敏の末梢神経機構に重要であるだけでなく、筋細径線維受容器の新規分類法の確立に役立つと考えられる。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は「帝京大学動物実験に関する倫理委員会」の承認を得て行った (承認番号: 帝京倫 17-025 号)。本研究に関連し、開示すべき利益相反はない。

協賛御芳名

(敬称略／順不同／2018年11月13日現在)

■後援

京都府
京都市

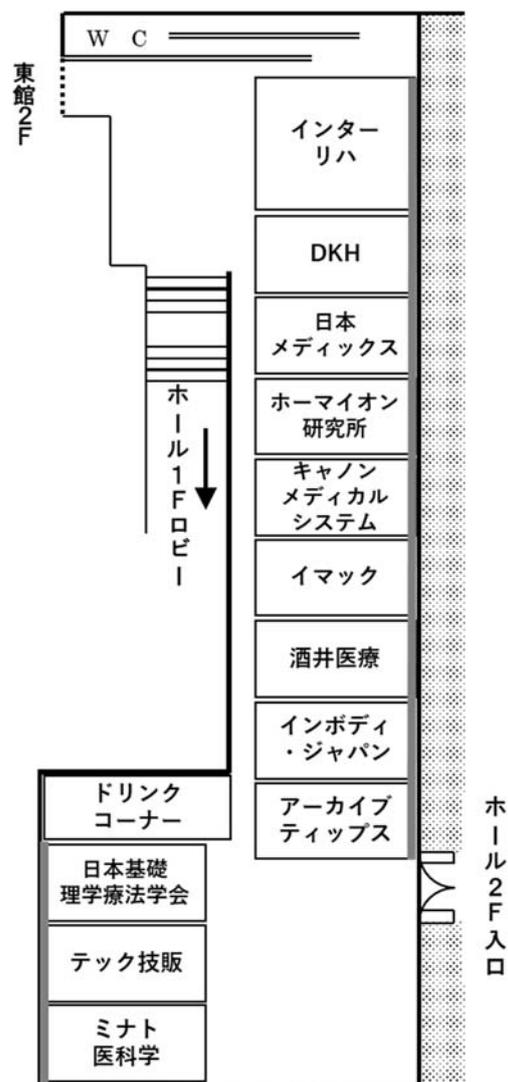
■広告

株式会社テック技販
株式会社メジカルビュー社
株式会社文光堂
株式会社医学書院
株式会社南江堂
吉備国際大学

キャノンメディカルシステムズ株式会社
ユニカミノルタ株式会社
フクダ電子株式会社
株式会社 I F G
竹井機器工業株式会社
株式会社大装ブレース

■企業展示(西館 2F ホールロビー)

インターリハ株式会社
株式会社 DKH
株式会社日本メディックス
ホームイオン研究所
キャノンメディカルシステムズ株式会社
株式会社イマック
酒井医療株式会社
株式会社インボディ・ジャパン
アーカイブティップス株式会社
日本基礎理学療法学会
株式会社テック技販
ミナト医科学株式会社



準備委員会・協力スタッフ

(2018年11月13日現在)

■第23回日本基礎理学療法学会学術大会 準備委員会

大会長	市橋則明	京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
副大会長	麻田博之	蘇生会総合病院
準備委員長	建内宏重	京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
財務担当	池添冬芽	京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
企画担当	宮坂淳介	京都大学医学部附属病院
演題担当	谷口匡史	京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
広報担当	太田 恵	京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
運営担当	小寺翔馬	蘇生会総合病院
総務担当	西村 純	済生会京都府病院

■運営スタッフ

山縣桃子、八木優英、梅原潤、上田泰之、中尾彩佳、本村芳樹、加藤丈博、築瀬康、廣野哲也、宮腰浩輔、駒村智史、西平真子、八木悠太、小川拓朗、佐藤友作、野尻周佑（以上、京都大学大学院医学研究科）、大島洋平、吉岡佑二、田中浩基、米澤穂波、佐藤達也、濱田涼太、北村岳斗、村尾昌信、梶本泰志、島村奈那（以上、京都大学医学部附属病院）、丸橋佑一郎、内田一成、井口聡、藤田祐平、石井瑞葵、石井雄也（以上、蘇生会総合病院）、奥山紘平（第二上田リハビリテーション診療所）、石井雄大（梁山会診療所）、日下千里（京都近衛リハビリテーション病院）、山副龍一（訪問リハビリテーション向日かいせい）

第23回日本基礎理学療法学会学術大会プログラム・抄録集

発行者 日本理学療法士学会 日本基礎理学療法学会

〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷三丁目8番5号

公益社団法人 日本理学療法士協会内

TEL (03) 5414-7911

発行年月日 2018年11月13日

◎上肢～歩行の動作まで、あなたは正しく分析できますか？

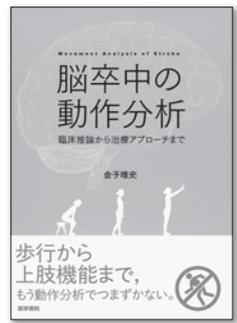
脳卒中の動作分析

臨床推論から治療アプローチまで

金子唯史

歩行や寝返り～手の機能に至る各基本動作の理解と互いの動作との関係性について、解剖学／運動学的側面と神経学的側面からエビデンスを軸に示す。実際の症例に対する臨床推論と介入アイデアを提示することで、臨床へのイメージを拡げ、スキルアップへとつなげることができる一冊。

●B5 頁268 2018年 定価：本体4,800円＋税 [ISBN978-4-260-03531-6]



PT・OT・ST学生のための新しい教科書シリーズ

標準理学療法学・作業療法学・言語聴覚障害学 別巻

◎リハビリテーションに関わる医療職に必要な脳画像の見かたをやさしく解説

脳画像

執筆 前田眞治 国際医療福祉大学大学院教授・リハビリテーション学分野
●B5 頁176 2017年 定価：本体3,500円＋税 [ISBN978-4-260-03250-6]

◎PT・OT・STのためのミニマムエッセンスが詰まった、義肢装具学の入門テキスト！

義肢装具学

編集 佐伯 寛 産業医科大学教授・リハビリテーション医学
●B5 頁256 2018年 定価：本体4,200円＋税 [ISBN978-4-260-03441-8]

◎卒後臨床でも役に立つ、がんのリハビリテーションの現在を示したテキストが刊行！

がんのリハビリテーション

編集 辻 哲也 慶應義塾大学准教授・リハビリテーション医学教室
●B5 頁272 2018年 定価：本体4,000円＋税 [ISBN978-4-260-03440-1]



理学療法NAVIシリーズ

理学療法的大海に漕ぎ出す若きセラピストのための水先案内人

◎あなたのリハに"死角"はないか？

ここに注目！ 実践, リスク管理読本

新刊！
7月刊行

高橋哲也 編

リスクを見逃すことなく、リハビリテーションを実施するための基本的なポイントをまとめた1冊。臨床で押さえておかなければならないリスク回避のポイントを伝授。リスクに気が付き、対応できるPTになろう！

●A5 頁368 2018年 定価：本体3,400円＋税 [ISBN978-4-260-03623-8]



◎呼吸のエキスパートPTが熱く楽しく直伝！
厳選30題で呼吸理学療法に自信がつく

この30題で 呼吸理学療法に強くなる

高橋仁美

●A5 頁252 2017年 定価：本体3,000円＋税 [ISBN978-4-260-03261-2]

◎はじめての学会発表・論文投稿に、
臨床研究のプロが手取り足取り徹底解説！

臨床の“疑問”を“研究”に変える 臨床研究 first stage

網本 和・高倉保幸 編

●A5 頁296 2017年 定価：本体3,000円＋税 [ISBN978-4-260-03227-8]

◎エキスパートはこう決めている！
効果を導く運動療法で自信をつけよう

“臨床思考”が身につく 運動療法Q&A

高橋哲也 編

●A5 頁220 2016年 定価：本体2,700円＋税 [ISBN978-4-260-02795-3]

◎その理学療法はもしかして禁忌！？
一背景疾患に配慮した理学療法ができる

ここで差がつく“背景疾患別” 理学療法Q&A

高橋哲也 編

●A5 頁200 2016年 定価：本体2,700円＋税 [ISBN978-4-260-02796-0]



医学書院

〒113-8719 東京都文京区本郷1-28-23 [WEBサイト] <http://www.igaku-shoin.co.jp>
[販売・PR部] TEL:03-3817-5650 FAX:03-3815-7804 E-mail:sd@igaku-shoin.co.jp

通信制

平成31年度

大学院生募集!



吉備国際大学 大学院

保健科学研究科

理学療法学専攻

本専攻では、「リサーチマインド&メソッド～臨床における疑問を研究で解く～」ということを理念として掲げ、キャリアアップを行いたい臨床家に対して、臨床実践や業務と両立できる教育課程を編成しています。

Style

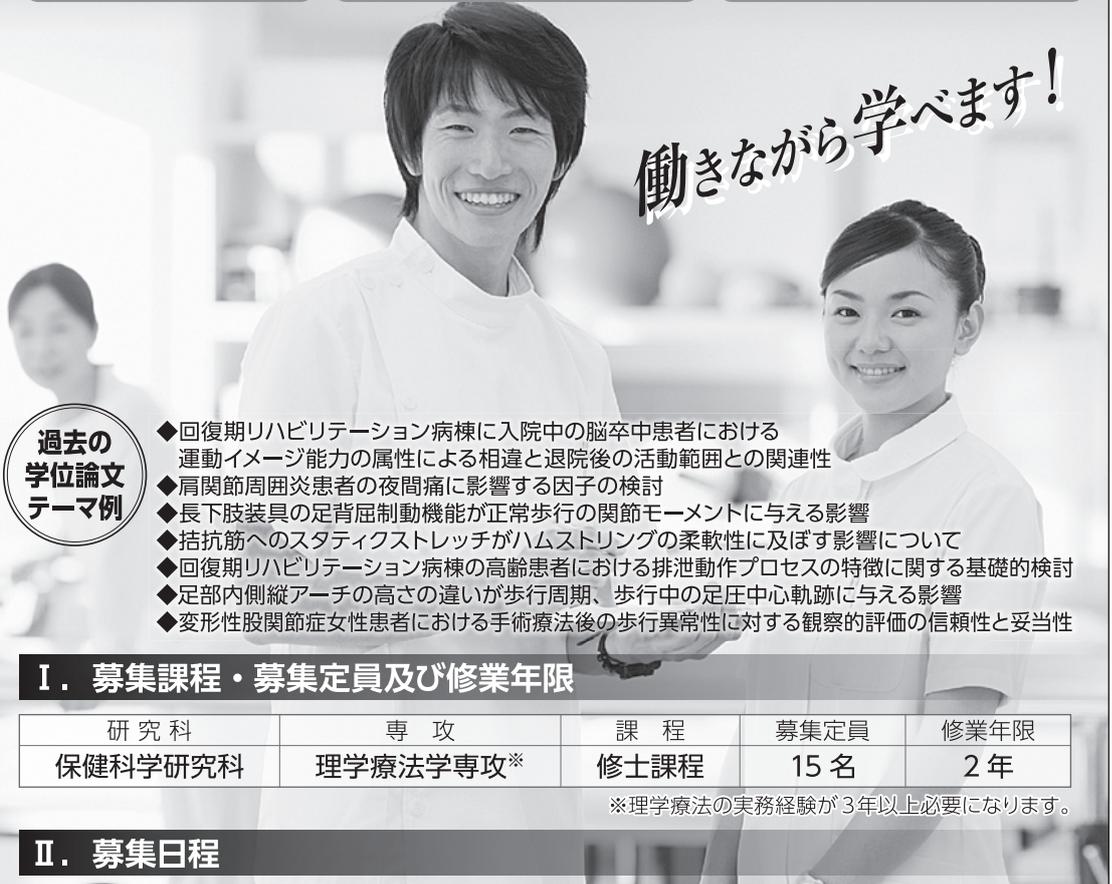
- 今の勤務形態のままで研究にも携わりつつ臨床に根ざしたい
- 「理学療法学専攻」にこだわりたい

Brush up

- 長年行ってきた研究を系統立てて見直す必要を感じていた
- 後輩に対してきちんと指導できているのだろうか
- 最近業務に慣れてきたし…

Lifework

- 日々の臨床を第一にしながら学びたい
- 通信なので自分の興味と仕事の継続が可能
- 職場スタッフと共に、あるいは家庭と共に充実した日々が送れると確信



働きながら学べます!

過去の学位論文テーマ例

- ◆回復期リハビリテーション病棟に入院中の脳卒中患者における運動イメージ能力の属性による相違と退院後の活動範囲との関連性
- ◆肩関節周囲炎患者の夜間痛に影響する因子の検討
- ◆長下肢装具の足背屈制動機能が正常歩行の関節モーメントに与える影響
- ◆拮抗筋へのスタティックストレッチがハムストリングの柔軟性に及ぼす影響について
- ◆回復期リハビリテーション病棟の高齢患者における排泄動作プロセスの特徴に関する基礎的検討
- ◆足部内側縦アーチの高さの違いが歩行周期、歩行中の足圧中心軌跡に与える影響
- ◆変形性股関節症女性患者における手術療法後の歩行異常性に対する観察的評価の信頼性と妥当性

I. 募集課程・募集定員及び修業年限

研究科	専攻	課程	募集定員	修業年限
保健科学研究科	理学療法学専攻*	修士課程	15名	2年

※理学療法の実務経験が3年以上必要になります。

II. 募集日程

入試区分	出願受付期間	入試日	入試会場
(修士)Ⅱ期入試	2019年1月21日(月)～2019年2月8日(金)	2019年2月17日(日)	岡山
(修士)Ⅲ期入試	2019年2月12日(火)～2019年3月1日(金)	2019年3月10日(日)	岡山

◆専門学校や短期大学卒で出願資格に該当せず、個別の出願資格審査を希望する方は、必要書類をメール添付にて送信いたしますので、通信教育事務課 (tsushin@kiui.ac.jp) までご連絡ください

※出願受付期間の2週間前までに必要書類の提出が必要になります

【お問い合わせ】

吉備国際大学 通信教育事務課

TEL.0866-22-9191

E-mail: tsushin@kiui.ac.jp

◆詳しくはホームページをご覧ください

大学院 (通信制)

吉備大学院

検索

<http://kiui.jp/pc/tsushin/grad/rigaku/>



◆WEB入学相談を実施しています。受験資格や研究テーマ・指導希望教員、スクーリングなど、通信教育を始めるにあたってのさまざまなご質問に研究科教員がお答えいたしますので、出願前に研究科ホームページ「WEB入学相談」からお気軽にご相談ください。



Canon

いま、*i*が動き出す。



Aplio i-series

キヤノンメディカルシステムズ株式会社 <https://jp.medical.canon>

東芝メディカルシステムズ株式会社は、2018年1月に「キヤノンメディカルシステムズ株式会社」へ社名変更いたしました。

Made For life

New Primary Care Partner

これからのプライマリケアは、血圧と動脈硬化測定を。



血圧脈波検査装置

VaSeraTM VS-2000

医療機器認証番号：226ADBZX00226000

簡単検査モードを搭載

簡単検査モードでは、検査はシンプルに2種類。血管の硬さを評価する「血圧脈波検査」と「上腕血圧検査」のどちらかを選択します。初めての方でも戸惑うことなく検査できるナビゲート機能付き。



心電図記録なしで検査時間短縮

2つのカフと心音マイクでCAVI検査が可能。従来必要としていた心電図記録が、解析技術の向上により不要となり、より簡便になりました。



ガイドラインに準拠した上腕血圧検査が可能

JSH/ESHの指針に準拠した検査が可能。複数回測定した場合、採用する血圧値を選択して平均化した血圧を表示することができます。



水銀血圧計をイメージした画面 平均値表示

FUKUDA DENSHI

〒113-8483 東京都文京区本郷3-39-4 TEL (03) 3815-2121 (代) <http://www.fukuda.co.jp/>
お客様窓口… ☎ (03) 5802-6600 / 受付時間: 月～金曜日 (祝祭日、休日を除く) 9:00～18:00

●医療機器専門メーカー **フクダ電子株式会社**

人にやさしい新技術 末梢神経磁気刺激



磁気刺激装置 Pathleader

Magnetic stimulation system パスリーダー

Pathleader(パスリーダー)は、末梢神経刺激用に開発した磁気刺激装置です。
刺激したい部位にプローブ(刺激コイル)をあてて、フットスイッチを踏むだけで使用することができます。



着衣のまま手軽に刺激

服の上から刺激コイルで刺激可能です。電極を皮膚に直接貼る必要がありません。



連続的磁気刺激の実現

多連発の磁気刺激により、収縮の加重による「強縮」を起こすこともできます。



磁気刺激装置Pathleader
管理医療機器(クラスⅡ)
特定保守管理医療機器 JMDNコード: 36902000
医療機器認証番号 227AFBZX00021000

株式会社IFG

〒980-0261 宮城県仙台市青葉区折立1-14-9
電話: 022-226-1263 E-mail: info@ifg.jp

人間の運動機能的・生理的特性を探求した
製品とサービスを提供し、多くの人々の生活環境が、
より快適になるようサポートします。

《内転外転筋力測定器Ⅱ》



パッドを両膝で挟んで内側に力を入れることにより、内転筋群の筋力をアイソメトリックで測定します。
また、付属の外転筋力測定用ベルトを用いて外転筋群の筋力も測定できます。

《底屈背屈筋力測定器》



足関節の底屈・背屈筋力を座位にて簡便に測定
することができます。

《足指筋力測定器Ⅱ》



足指牽引力(足指筋力)の測定とトレーニングを行う
ことができます。トレーニングモードでは、自由に
設定可能な目標値に対し、足指筋力を6段階のレベ
ルバーで表示します。



人間の可能性を科学する

竹井機器工業株式会社 <http://www.takei-si.co.jp>

商社営業部 〒956-0113 新潟市秋葉区矢代田619
 仙台支店 〒984-0051 仙台市若林区新寺1-7-21(新寺KSビル7F)
 新潟支店 〒956-0113 新潟市秋葉区矢代田619
 東京支店 〒142-0064 東京都品川区旗の台1-6-18
 名古屋支店 〒460-0008 名古屋市中区栄5-26-39(GS栄ビル4F)
 大阪支店 〒532-0011 大阪市淀川区西中島6-7-8(大昭ビル7F)
 福岡支店 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東1-1-33(はかた近代ビル7F)

TEL. 0250-38-4132 FAX. 0250-61-1211
 TEL. 022-291-2765 FAX. 022-291-6364
 TEL. 0250-38-4132 FAX. 0250-61-1211
 TEL. 03-3786-4111 FAX. 03-3787-8673
 TEL. 052-264-9201 FAX. 052-263-9345
 TEL. 06-6304-6015 FAX. 06-6304-1538
 TEL. 092-411-1430 FAX. 092-475-3899



義肢装具専門

株式会社 大装ブレース

京都市南区上鳥羽中河原2番地の1

Tel 075-693-0520

【MEMO】

【MEMO】

障害別，関節別に解説した評価学の決定版！
『運動療法学』の姉妹書！

理学療法評価学

障害別・関節別評価のポイントと実際

好評
発売中



編集 **市橋則明** 京都大学教授

理学療法の評価について障害別，関節別に解説。基礎から評価の実際までを，最新の知見を踏まえ，図表も多用して初学者にもわかりやすく解説した。大好評の『運動療法学』の姉妹書。理学療法評価の基礎はもちろん，障害別の項目では，定義や原因，評価のポイント，評価の実際について解説。関節別の項目では，視診・触診，可動性の評価，安定性の評価，疼痛の評価，姿勢の評価，代表的な評価表，症例提示も記載してまとめた。

B5判・416頁・2色刷
定価 (本体 **7,000円**+税)
ISBN978-4-8306-4537-2

☆ 主要目次

I. 総論

- 1 理学療法評価とは
- 2 ICF
- 3 医療面接
- 4 観察
- 5 他部門からの医学的情報
- 6 意識障害
- 7 バイタルサイン
- 8 形態測定
- 9 日常生活活動 (ADL) の評価
- 10 生活の質 (QOL) の評価
- 11 動作分析

II. 各論

- 1 関節可動域制限の評価
- 2 筋力低下の評価
- 3 持久力低下の評価
- 4 中枢神経麻痺の評価
- 5 感覚障害の評価

- 6 バランス障害の評価
- 7 協調性障害の評価
- 8 姿勢障害の評価
- 9 歩行障害の評価
- 10 高次脳機能障害の評価
- 11 痛みの評価
- 12 発達障害の評価
- 13 内部障害の評価
- 14 加齢による機能障害の評価

III. 関節の評価

- 1 股関節
- 2 膝関節
- 3 足関節
- 4 肩関節
- 5 肘関節
- 6 手関節
- 7 脊柱

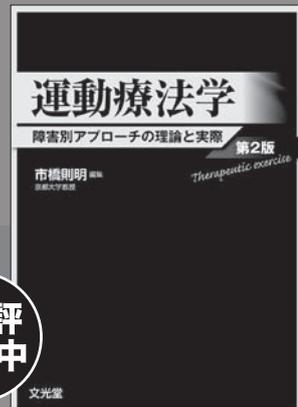
索引

障害別運動療法の理論と実際を
正面から取り上げた教科書，待望の改訂版！

運動療法学 第2版

障害別アプローチの理論と実際

好評
発売中



編集 **市橋則明** 京都大学教授

障害別運動療法の理論と実際を記述した教科書の改訂版。新しい知見を盛り込み，執筆者の大幅な交代と，項目の追加によって内容を刷新した。本文は，文章のブロックごとに，色文字でキーセンテンスを示し，内容を整理しやすく工夫。また，基礎的な説明，用語の解説や，少し突っ込んだ内容も，メモとして本文の流れを妨げないよう記載している。

B5判・540頁・2色刷
定価 (本体 **7,000円**+税)
ISBN978-4-8306-4503-7

☆ 主要目次

I. 運動療法の基礎知識

- 1 運動学の基礎知識
- 2 痛みの基礎知識
- 3 骨の構造と機能
- 4 関節の構造と機能
- 5 筋の構造と機能
- 6 神経の構造と機能
- 7 運動と呼吸機能
- 8 運動と循環機能
- 9 運動と代謝機能
- 10 運動学習
- 11 視覚と運動制御
- 12 発達と運動機能
- 13 老化と運動機能

II. 各種障害に対する運動療法の理論と実際

- 1 関節可動域制限に対する運動療法
- 2 筋力低下に対する運動療法

- 3 持久力低下に対する運動療法
- 4 中枢神経性運動麻痺に対する運動療法
- 5 末梢神経性運動麻痺に対する運動療法
- 6 感覚障害に対する運動療法
- 7 バランス障害に対する運動療法
- 8 協調性運動障害に対する運動療法
- 9 姿勢障害に対する運動療法
- 10 歩行障害に対する運動療法
- 11 高次脳機能障害に対する運動療法
- 12 痛みに対する運動療法
- 13 発達障害に対する運動療法
- 14 呼吸障害に対する運動療法
- 15 循環障害に対する運動療法
- 16 代謝機能障害に対する運動療法
- 17 嚥下機能障害に対する運動療法
- 18 加齢による機能障害に対する運動療法

索引

その動き、見える化

人を計測することが、進化のステップとなる。



Livo
生体信号記録システム Livo

HEAD



SEAT TRACER
座面や背もたれのシート形状計測・解析

FINGER
HAND



yawara
ヘルツの接触理論を拡張した
低侵襲性による押込み計測法



ゆびレコーダー
指先の触覚の計測と提示の
スタンダード装置



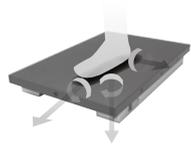
HapLog
Haptic Skill Logger
指に装着して使用する
装着型荷重センサ



FORCE PLATE
微小なタッチ力の計測が可能な
「触覚フォースプレート」

BACK

FOOT



FORCE PLATE
踏力を計測するプレート型6分力計
「フォースプレート」



FORCE PLATE
常と同じ環境下で定量的な計測
「フォースプレート内蔵トレッドミル」



FORCE PLATE
足に装着して計測可能な
「移動式フォースプレート」



BASYS
for better standing balance
新しい姿勢調節
リハビリテーション装置