

## I. 推奨グレードの決定およびエビデンスレベルの分類

### 1. 推奨グレードの決定

推奨グレードは、「Minds 診療ガイドライン作成の手引き 2007」に記載されている「推奨の決定」を参考とし、表 1、表 2 のごとく社団法人日本理学療法士協会ガイドライン特別委員会理学療法診療ガイドライン部会にて策定した規準に従って決定した。

表 1 「理学療法評価（指標）」の推奨グレード分類

推奨グレード Grades of recommendations	内容 Type of recommendations
A	信頼性, 妥当性のあるもの
B	信頼性, 妥当性が一部あるもの
C	信頼性, 妥当性は不明確であるが, 一般的に使用されているもの (ただし, 「一般的」には学会, 委員会等で推奨されているものも含む)

表 2 「理学療法介入」の推奨グレード分類

推奨グレード Grades of recommendations	内容 Type of recommendations
A	行うように勧められる強い科学的根拠がある
B	行うように勧められる科学的根拠がある
C1	行うように勧められる科学的根拠がない
C2	行わないように勧められる科学的根拠がない
D	無効性や害を示す科学的根拠がある

## 2. エビデンスレベルの分類

エビデンスレベルは、表3のごとく「Minds 診療ガイドライン作成の手引き 2007」に記載されている「エビデンスのレベル分類」に準じて判定した。

表3 「理学療法介入」のエビデンスレベル分類

エビデンスレベル Level of evidence	内容 Type of evidence
1	システマティック・レビュー/RCT のメタアナリシス
2	1つ以上のランダム化比較試験による
3	非ランダム化比較試験による
4a	分析疫学的研究(コホート研究)
4b	分析疫学的研究(症例対照研究, 横断研究)
5	記述研究(症例報告やケース・シリーズ)
6	患者データに基づかない, 専門委員会や専門家個人の意見

RCT: randomized controlled trial

(福井次矢・他(編):Minds 診療ガイドライン作成の手引き 2007. 医学書院, 2007 より引用)

※エビデンスレベルが1または2の結果であっても, そのRCTの症例数が十分でなかったり, 企業主導型の論文のみしか存在せず再検討がいずれ必要と判定した場合は, 「理学療法介入」の推奨グレードを一段階下げて「B」とした。

## 7. 脊髄損傷 理学療法ガイドライン

班長	神沢 信行	(甲南女子大学)
副班長	梶平 司	(関西労災病院)
班員	内山 匡将	(関西労災病院)
	小林 英史	(関西労災病院)
	岡野 生也	(兵庫県立総合リハビリテーションセンター)
	篠山 潤一	(兵庫県立総合リハビリテーションセンター)
	山本 直樹	(兵庫県立総合リハビリテーションセンター)
	安田 孝司	(兵庫県立総合リハビリテーションセンター)

### 目次

第1章	はじめに	466
第2章	参考としたガイドライン, 引用したデータベース	468
第3章	理学療法評価(指標)の推奨グレード	469
第4章	理学療法介入の推奨グレードとエビデンスレベル	475
第5章	現状と展望	493
	用語	496
	アブストラクトテーブル	500
	備考	517

## 第1章 はじめに

脊髄損傷 (spinal cord injury: SCI) は、脊椎・脊髄の疾病または外傷が原因で脊髄に損傷を受けることにより発生する。受傷原因は交通事故、高所からの転落、転倒、スポーツなどが報告されている。日本における脊髄損傷の発生率は、新宮<sup>1)</sup>の調査から年間に約5,000人といわれており、これは人口100万人に40.2人の割合である。脊髄損傷の発生年齢は2峰性の波があり、20歳と59歳で大きな峰がある。

近年では、「脊髄損傷データベースシステム総合せき損センター方式」が構築されて報告されている<sup>2)</sup>。本報告によれば、2005年7月に試験運用を開始し、2008年9月までに295例が登録されている。受傷時年齢は20歳代と50歳・60歳代にピークがある2峰性であり、受傷時平均年齢は50.4歳(±21.2歳)で、新宮の報告よりも高齢化している。損傷レベル別の割合では、頸髄損傷が63%に対して胸・腰髄損傷は37%である。また、麻痺の状態では、完全麻痺が40.7%に対して不全麻痺は59.3%である。

脊髄が横断的に損傷を受けて離断されると完全麻痺となり、運動と感覚の麻痺が起こる。損傷が脊髄の一部の場合には不完全損傷となるが、その部位や損傷の度合いにより症状は異なる。また、頸髄および上部胸髄の損傷では、自律神経障害が起こることもある。近年では、交通事故などにより頸椎に外力が加わり頸髄の損傷が起こった可能性を考慮して、救急処置としては安静確保により二次的損傷の予防のために頸椎の固定を確実にするように強く推奨されている<sup>3,4)</sup>。

脊髄はその高位により、頭側から頸髄(第1から第8)、胸髄(第1から第12)、腰髄(第1から第5)、仙髄(第1から第5)に分けられ、損傷部位が上位であるほど障害は重度になる。脊髄に損傷を受けると除脈および血圧が下がり、いわゆる脊髄ショック<sup>5,6)</sup>の症状が出現する。この期間は、通常24時間から48時間といわれるが、それ以上の期間続くこともある。

また、受傷(発症)直後ではベッド上安静の時間が多いため、筋力の低下、関節可動域の低下、呼吸器疾患、尿路感染症、起立性低血圧、褥瘡などが起こりやすいので、これらの合併症にも注意しなければならない。受傷の程度により残存機能の程度は異なるが、リハビリテーションの目的は、残存機能をいかに生かしていくかが重要であり、それはその人のもつ潜在能力をいかに引き出すことができるかであり、リハビリテーションに携わるすべてのスタッフが心得ておくことが大切である。

脊髄損傷の診療に関するガイドラインは少なく、Mindsにおいても明確にされていない。アメリカ脳神経外科学会が編集した「頸椎・頸髄損傷に対する急性期治療のガイドライン」もあるが、急性期の治療についてまとめられたものであり、医師の治療のためのガイドラインであるため、理学療法診療に関しての記述は少ない。

今回の作業部会においては、既刊の海外の書籍・論文、および日本の教科書的は書籍・論文との整合性を踏まえ、脊髄損傷における診療ガイドラインを作成する。また、そのた

めの手技，適応，考え方について，科学的根拠と推奨内容についてまとめることを目的とする。

## 文 献

- 1) 新宮彦助：日本における脊髄損傷疫学調査第 3 報. 日本パラプレジア医学会誌 8:26-27, 1995.
- 2) 出田良輔，植田尊善：脊髄損傷データベースシステムの構築—データバンク設立に向けた取り組みとして—. 日本職業・災害医学会会誌 58 : 168-172, 2009.
- 3) Garfin SR, Shackford SR, Marshall LF, et al.: Care of the multiply injured patient with cervical spine injury. Clin Orthop Relat Res 239: 19-29, 1989.
- 4) De Lorenzo RA: A review of spinal immobilization techniques. J Emerg Med 14: 603-613, 1996.
- 5) 奈良 勲（監）：理学療法学事典. 内山 靖（編），医学書院，東京，pp471, 2006.
- 6) 二瓶隆一，木村哲彦，牛山武久・他（編）：頸髄損傷のリハビリテーション改訂第 2 版. 協同医書出版，東京，pp 9-11, 2006.

## 第2章 参考としたガイドライン, 引用したデータベース

### 1. 参考としたガイドライン

- 1) 今栄信治 (監訳): 頌椎・頌髄損傷に対する急性期治療のガイドライン. アメリカ脳神経外科学会・アメリカ脳神経外科コングレス (編), メジカルビュー社, 東京, 2004.
- 2) 日本褥瘡学会 (編): 科学的根拠に基づく褥瘡局所治療ガイドライン. 照林社, 東京, 2005.
- 3) 脊髄損傷に関する ICCP 臨床試験ガイドライン  
([http:// www.icord.org/ICCP/ICCP\\_SCI\\_Guidelines1.doc](http://www.icord.org/ICCP/ICCP_SCI_Guidelines1.doc))

### 2. 引用したデータベース

- 1) 奈良 勲 (監): 理学療法学事典. 内山 靖 (編), 医学書院, 東京, 2006.
- 2) PubMed
- 3) MEDLINE
- 4) PEDro

## 第3章 理学療法評価(指標)の推奨グレード

### 1. 画像検査(鑑別診断)

#### 1) 磁気共鳴画像

推奨グレード C

- ・ 【急性期】 脊髄減圧症患者では、MRI 調査結果における改善は、臨床症状（フランケルのグレード）の改善と関連づけられなかった<sup>1)</sup>。

#### 文献

- 1) Yoshiyama M, Asamoto S, Kobayashi N, et al.: Spinal cord decompression sickness associated with scuba diving: correlation of immediate and delayed magnetic resonance imaging findings with severity of neurologic impairment--a report on 3 cases. Surg Neurol 67: 283-287, 2007.

### 2. 理学所見

#### 1) 呼吸機能評価

推奨グレード B

- ・ 【急性期】 最大呼気圧（MEP）は、運動障害を有する患者の咳漱を評価することができる<sup>1)</sup>。
- ・ 【急性期】 C4 または C5 脊髄損傷（SCI）患者 3 名に対して、喚気障害などの合併症管理として横隔神経伝導検査を行った。脊髄損傷による換気障害に関して下位運動ニューロン横隔膜機能の回復を評価するのに、横隔神経伝導検査は有用な手段として利用できる<sup>2)</sup>。
- ・ 【慢性期】 C4-Th1 レベル損傷の四肢麻痺男性患者 9 名に対して、腹部抵抗（AW）もしくは吸気抵抗（IR）の有無による最大自発呼吸（MV）へ及ぼす影響を比較した。結論として、AW と IR は慢性四肢麻痺患者の MV の吸気筋機能において、直接的効果を与える<sup>3)</sup>。
- ・ 【慢性期】 自力咳嗽、あるいは手動または機械による咳嗽補助により、1 回の咳嗽の最大呼気流量（PCEF）が最低でも 3L 達成することができれば、気管開口術によって間欠的陽圧換気（IPPV）を受け取る人工呼吸器使用者は、安全にカニューレ抜去ができ、非侵襲性人工呼吸器サポートに方法を変換できる<sup>4)</sup>。

#### 2) 姿勢バランス

#### 推奨グレード B

- ・ 坐位姿勢が C5-C6 四肢麻痺患者の姿勢能力にどのように影響を及ぼすか調査した。結論として、坐位姿勢に関する問題解決には、身体障害の程度、車いすの適合、シーティングとクッションについての十分な知識が、個人のニーズとホープを理解することと同様に必要である<sup>5)</sup>。

### 3) 歩行能力

#### 推奨グレード B

- ・ SCI 者にとってトレッドミル上での歩行速度を制限する要因は、歩行率 (stride frequency) であり、健常人との比較では、立脚期、遊脚期、両脚支持期ともにより長い時間を要していた<sup>6)</sup>。

### 4) 筋力

#### 推奨グレード B

- ・ 独歩群 (n=22) と歩行補助具使用歩行群 (n=17) とともに角速度の増加に伴い、相対的に筋力は減少した。角速度 160° および 180° の高速では、膝屈曲筋群の筋力の減少は前者よりも後者が有意に大きかった。しかし、膝伸展筋群では両者に有意差はみられなかった。高速域での等速度運動における筋力は、下肢の痙性不全麻痺の重症度に影響する可能性が示された<sup>7)</sup>。

### 5) ASIA motor score

#### 推奨グレード B

- ・ 下肢運動スコアの平均値は、機能的電気刺激 (functional electrical stimulation: FES) による刺激群で 8 から 11, 刺激なしでは 15 から 18 と、両群ともに著明に増加した<sup>8)</sup>。

## 文献

- 1) Linder SH: Functional electrical stimulation to enhance cough in quadriplegia. Chest 103: 166-169, 1993.
- 2) Strakowski JA, Pease WS, Johnson EW: Phrenic nerve stimulation in the evaluation of ventilator-dependent individuals with C4- and C5-level spinal cord injury. Am J Phys Med Rehabil 86: 153-157, 2007.
- 3) Lin KH, Chuang CC, Wu HD, et al.: Abdominal weight and inspiratory resistance: their immediate effects on inspiratory muscle functions during maximal voluntary breathing in chronic tetraplegic patients. Arch Phys Med Rehabil 80: 741-745, 1999.



- 4) Bach JR: Indications for tracheostomy and decannulation of tracheostomized ventilator users. *Monaldi Arch Chest Dis* 50: 223-227, 1995.
- 5) Bolin I, Bodin P, Kreuter M: Sitting position - posture and performance in C5 - C6 tetraplegia. *Spinal Cord* 38: 425-434, 2000.
- 6) Pépin A, Ladouceur M, Barbeau H: Treadmill walking in incomplete spinal-cord-injured subjects: 2. Factors limiting the maximal speed. *Spinal Cord* 41: 271-279, 2003.
- 7) Sairyo K, Katoh S, Sakai T, et al.: Characteristics of velocity-controlled knee movement in patients with cervical compression myelopathy: what is the optimal rehabilitation exercise for spastic gait? *Spine* 26: E535-E538, 2001.
- 8) Protas EJ, Holmes SA, Qureshy H, et al.: Supported treadmill ambulation training after spinal cord injury: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 82: 825-831, 2001.

### 3. リスク管理

#### 1) 一般管理

#### 推奨グレード B

- ・ 【急性期～慢性期】急性期と慢性期の両方で、自律神経障害に起因する排泄に伴う異常反射として引き起こされる発作性高血圧、相対的徐脈、および血管運動不安定などの症状を呈する外傷性 C4 四肢麻痺の 33 歳女性は、薬物療法との組み合わせによって管理された<sup>1)</sup>。
- ・ 【急性期】17 名の脊髄損傷患者を持続体位変換 9 名と間歇体位変換 8 名に分けて直接看護時間への影響を調査した。2 グループ間の直接看護時間に有意差はなかった ( $P > 0.05$ )。しかし、神経学的損傷レベルや合併症などの因子は、直接的な看護時間に影響していると考えられる。持続体位変換は看護時間を減らせなかったが、急性期脊髄損傷患者の治療には大きな貢献をした<sup>2)</sup>。
- ・ 【急性期】老人性骨粗鬆症の一般的な症状である脊椎圧迫骨折に起因する神経学的障害の危険性は稀であるが、潜在的で複雑さを呈する。薬物療法と適切なリハビリテーションプログラムのほかに、外科的治療法は骨粗鬆症の脊椎圧迫骨折に伴う患者管理に不可欠である<sup>3)</sup>。
- ・ 【慢性期】成人脊髄損傷患者のリハビリテーションと長期ケアは、患者と家族を中心に予防に向けた環境設定をしなければならない。看護師は患者の社会適応を支援および調整を行い、またケアの提供者として重要である。成人脊髄損傷患者のケアに関わる看護師は、彼らの社会復帰と幸福に不可欠なリハビリテーションと長期ケアの問題点を知っておくべきである<sup>4)</sup>。

- ・ 【慢性期】褥瘡の病的状態を減少させ、より良い機能的な結果を獲得するために褥瘡管理のためのガイドラインを作成した。また、効率的に公的および私的な社会資源を利用することにより、患者の社会的参加を促すことが重要である<sup>5)</sup>。

## 2)呼吸管理

### 推奨グレード B

- ・ 【急性期】肺合併症は、頸髄損傷者の死亡原因の大きな割合を占めている。咳嗽能力の低下は、頸髄損傷者の肺の病的状態を高い頻度で発病させる可能性がある<sup>6)</sup>。
- ・ 【急性期】89%の患者は、吸引するより MI-E (カフマシーン) を好んだ。脊髄損傷患者において気管内吸引するより MI-E (カフマシーン) による排痰が良好であることが証明された<sup>7)</sup>。
- ・ 【急性期】協力的で重篤でない換気不全を併発した急性期の脊髄損傷患者は、挿管を避けるために、非観血性間欠陽圧換気を使用する対象の候補となる<sup>8)</sup>。
- ・ 【急性期】呼吸筋の疲労は、機械的換気を用いて、これらの筋を安静にすることによって治療しなければならない。吸気筋の練習は、閉塞性肺疾患と膿胞性繊維症と脊髄損傷患者の吸気筋の筋力と耐久性を改善できるが、運動機能の遂行を常に改善できるわけではない。吸気筋運動の処方決定のために、さらなる研究が必要である<sup>9)</sup>。
- ・ 【急性期】気管切開術対象の頸髄損傷患者 (C1-C7) を、被験群 (EG) とコントロール群 (CG) の2グループに分類した。人工呼吸器装着後に EG は FVC, FEV1, および PEF にかなりの増加を示した。しかし、装着後の各検査値は CG と比して有意な差はなかった<sup>10)</sup>。
- ・ 【急性期～慢性期】呼吸器系疾患は、脊髄損傷 (CSCI) の急性期および慢性期の大きな死因である<sup>11)</sup>。
- ・ 【急性期～慢性期】急性期脊髄損傷プログラムおよび患者の日常呼吸管理のガイドライン委員会を組織した。内容は評価、治療、および教育介入から構成される。その結果、呼吸器合併症の減少がみられた。また、患者と家族の教育手段になることで、日常的な在宅呼吸管理を続けることが可能となった<sup>12)</sup>。
- ・ 【慢性期】およそ 5%の脊髄損傷患者が呼吸筋麻痺で苦しみ、長期にわたり人工呼吸を必要とする<sup>13)</sup>。
- ・ 【慢性期】閉塞性睡眠時無呼吸 (OSA) に関して、研究参加者全体では相関関係がみられなかったにもかかわらず、完全損傷患者では酸素飽和度の低下項目と ASIA のモーター・スコアの間に逆相関がみられた。最大の吸気圧・呼気圧と肺活量、および ASIA のモーター・スコアと肺活量の間には有意な相関関係がみられた<sup>14)</sup>。
- ・ 【慢性期】生活習慣病の危険因子と、3疾患 (心臓血管疾患、呼吸器疾患、尿路感染疾患) との関係の評価のために電話による直接質問にて調査を実施した。心臓血管疾患の危険因子は、喫煙開始時期と喫煙歴が明らかに関連していた。呼吸器疾患の危険

因子は、四肢麻痺、1日単位で吸われたタバコの数、および1日単位で吸われたタバコと過剰な飲酒との相互作用が明らかに関連していた。尿路感染疾患の危険因子は、完全麻痺、1日単位で吸われたタバコの数、身体活動が明らかに関連していた<sup>15)</sup>。

## 文 献

- 1) Chua KS, Kong KH, Tan ES: Paroxysmal hypertension in a C4 spinal cord injury: a case report. *Ann Acad Med Singapore* 24: 470-472, 1995.
- 2) Bugaresti JM, Tator CH, Szalai JP: Effect of continuous versus intermittent turning on nursing and non-nursing care time for acute spinal cord injuries. *Paraplegia* 29: 330-342, 1991.
- 3) Demir SO, Akin C, Aras M, et al.: Spinal cord injury associated with thoracic osteoporotic fracture. *Am J Phys Med Rehabil* 86: 242-246, 2007.
- 4) Bugaresti JM, Tator CH, Szalai JP: Effect of continuous versus intermittent turning on nursing and non-nursing care time for acute spinal cord injuries. *Paraplegia* 29: 330-342, 1991.
- 5) Stal S, Serure A, Donovan W, et al.: The perioperative management of the patient with pressure sores. *Ann Plast Surg* 11: 347-356, 1983.
- 6) Jaeger RJ, Turba RM, Yarkony GM, et al.: Cough in spinal cord injured patients: comparison of three methods to produce cough. *Arch Phys Med Rehabil* 74: 1358-1361, 1993.
- 7) Garstang SV, Kirshblum SC, Wood KE: Patient preference for in-exsufflation for secretion management with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 23: 80-85, 2000.
- 8) Bach JR, Hunt D, Horton JA 3rd: Traumatic tetraplegia: noninvasive respiratory management in the acute setting. *Am J Phys Med Rehabil* 81: 792-797, 2002.
- 9) Rochester DF, Arora NS: Respiratory muscle failure. *Med Clin North Am* 67: 573-597, 1983.
- 10) Pillastrini P, Bordini S, Bazzocchi G, et al.: Study of the effectiveness of bronchial clearance in subjects with upper spinal cord injuries: examination of a rehabilitation programme involving mechanical insufflation and exsufflation. *Spinal Cord* 44: 14-16, 2006.
- 11) Linder SH: Functional electrical stimulation to enhance cough in quadriplegia. *Chest* 103: 166-169, 1993.
- 12) Clough P, Lindenauer D, Hayes M, et al.: Guidelines for routine respiratory care of patients with spinal cord injury. A clinical report. *Phys Ther* 66: 1395-1402, 1986.

- 13) DiMarco AF: Neural prostheses in the respiratory system. *J Rehabil Res Dev* 38: 601-607, 2001.
- 14) Klefbeck B, Sternhag M, Weinberg J, et al.: Obstructive sleep apneas in relation to severity of cervical spinal cord injury. *Spinal Cord* 36: 621-628, 1998.
- 15) Davies DS, McColl MA: Lifestyle risks for three disease outcomes in spinal cord injury. *Clin Rehabil* 16: 96-108, 2002.

## 第4章 理学療法介入の推奨グレードとエビデンスレベル

### 1. 運動療法

#### 1) 心肺運動(有酸素運動)

推奨グレード B エビデンスレベル 3

- ・ 【慢性期】 脊髄損傷患者 20 人に対して心肺機能と運動負荷試験上の呼吸機能と換気能力および上肢筋力増強運動の影響を調査した。運動プログラム終了後、我々のプレトレーニング値と比較して肺機能測定値、最大酸素摂取量、疲労時間、最大筋出力と分時換気量の有意な改善を示した<sup>1)</sup>。
- ・ 【慢性期】 アームクランクエルゴメーター (ACE) の研究結果として、最大心肺機能と代謝能の相対的損失は、胸髄損傷よりむしろ頸髄損傷の部位が関与することの重要性を示した。研究に参加した各脊髄損傷者における代謝機能の減少は、身体組成の変化と麻痺筋の重症度によって決定されることが考えられる<sup>2)</sup>。
- ・ 【慢性期】 脊髄損傷者を対象とした心肺運動に関する 13 の研究のレビューにおいて、4~20 週間のトレーニングの後に、平均して  $VO_2\max$  の 20%、PWC (身体的仕事容量) が 40%それぞれ改善した。一般的な持久力運動ガイドラインは脊髄損傷者にも適切であり、多種多様な活動やスポーツへの参加に関するガイドラインに従うことができると考えられる<sup>3)</sup>。

#### 2) 呼吸理学療法

推奨グレード B エビデンスレベル 6

- ・ 【急性期~慢性期】 23 文献による系統的調査から、呼吸筋筋力トレーニング (RMT) は呼気性の筋力強度、肺活量および残気量を改善する傾向があったと結論付けられる。不十分と考えられる研究データからも、吸気筋の強度、呼吸の筋持久性、QOL、運動パフォーマンスおよび呼吸合併症などに効果があると結論づけることができた<sup>4)</sup>。
- ・ 【急性期~慢性期】 成人の頸髄損傷患者と比較対象群間で、無作為化比較試験により吸気筋トレーニング (IMT) の効果を比較した 40 文献を検索した。3 つは包含評価基準を満たした。しかし、研究デザインと結果が異なるため、メタアナリシスを実行できなかった。1 つの研究だけが肺機能の基準を用いた比較によって、呼吸困難に対して IMT の明らかな効果が報告されている<sup>5)</sup>。
- ・ 【慢性期】 患者が機能的な課題を行っている間、機能を改善するために適切な呼吸方法としてバルサルバ手技を指導することが推奨される。手技は 30 秒未満が適切な呼吸方法として、患者に指導することが必要である。多くの患者が、課題を行うときに短時間の呼吸方法を学習することで能力を高めることが可能となる<sup>6)</sup>。

- ・ 【慢性期】慢性期頸髄損傷患者 10 名に対し、1 回 15 分間の IMT を 1 日 2 回、8 週間継続して行った。調査結果から、IMT は慢性の呼吸困難感の改善だけでなく、拘束性換気障害、呼吸器感染および他の肺合併症の発生を減少させる可能性があることを示した<sup>7)</sup>。
- ・ 【慢性期】呼吸筋筋力増強トレーニングとして、最大呼気圧の 75% の負荷量で、1 回あたり 15～20 分、1 日 5 回、週 5 日のプロトコールで 4 週間実施した。その結果、健康者、多発性硬化症、および脊髄損傷者に最大 50% の改善を示した<sup>8)</sup>。
- ・ 【慢性期】C2 完全脊髄損傷の 19 歳男性は、舌咽呼吸 (GPB) トレーニングによって、努力性肺活量が 35 倍に増加し、人工呼吸器離脱時間がトレーニング前後で 0 分から 35 分となり、弱いながらも機能的な咳が可能となった。また頸部呼吸補助筋呼吸 (NAMB) トレーニング後に、患者は 2 分間の人工呼吸器離脱が可能となった<sup>9)</sup>。
- ・ 【慢性期】C2 脊髄損傷による四肢麻痺児 (年齢 3～16 歳) 7 人に対して、人工呼吸器の故障時の対処方法として頸部の呼吸補助筋を使った呼吸法を指導した。首呼吸は、呼吸の患者管理、随意的なシステムを取り戻すために開発された<sup>10)</sup>。

### 3) その他

#### 推奨グレード B エビデンスレベル 3

- ・ 10 人の慢性疼痛の対麻痺患者と四肢麻痺患者に対して、Musica Medica 法による振動サポートされた音楽療法がどのように痛み経験、緊張/緩和と幸福に影響を及ぼしたか調査した。すべての患者において、各グループで痛み経験の減少だけでなくリラクゼーションと幸福の増加を引き起こした方法と認められた<sup>11)</sup>。

### 文献

- 1) Sutbeyaz ST, Koseoglu BF, Gokkaya NK: The combined effects of controlled breathing techniques and ventilatory and upper extremity muscle exercise on cardiopulmonary responses in patients with spinal cord injury. *Int J Rehabil Res* 28: 273-276, 2005.
- 2) Lassau-Wray ER, Ward GR: Varying physiological response to arm-crank exercise in specific spinal injuries. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 19: 5-12, 2000.
- 3) Hoffman MD: Cardiorespiratory fitness and training in quadriplegics and paraplegics. *Sports Med* 3: 312-330, 1986.
- 4) Van Houtte S, Vanlandewijck Y, Gosselink R: Respiratory muscle training in persons with spinal cord injury: a systematic review. *Respir Med* 100: 1886-1895, 2006.

- 5) Brooks D, O'Brien K, Geddes EL, et al.: Is inspiratory muscle training effective for individuals with cervical spinal cord injury? A qualitative systematic review. Clin Rehabil 19: 237-246, 2005.
- 6) Henderson CE: Application of ventilatory strategies to enhance functional activities for an individual with spinal cord injury. J Neurol Phys Ther 29: 107-111, 2005.
- 7) Rutchik A, Weissman AR, Almenoff PL, et al.: Resistive inspiratory muscle training in subjects with chronic cervical spinal cord injury. Arch Phys Med Rehabil 79: 293-297, 1998.
- 8) Sapienza CM, Wheeler K: Respiratory muscle strength training: functional outcomes versus plasticity. Semin Speech Lang 27: 236-244, 2006.
- 9) Warren VC: Glossopharyngeal and neck accessory muscle breathing in a young adult with C2 complete tetraplegia resulting in ventilator dependency. Phys Ther 82: 590-600, 2002.
- 10) Gilgoff IS, Barras DM, Jones MS, et al.: Neck breathing: a form of voluntary respiration for the spine-injured ventilator-dependent quadriplegic child. Pediatrics 82: 741-745, 1988.
- 11) Mariauzouls C, Michel D, Schifftan Y: Vibration-assisted music therapy reduces pain and promotes relaxation of para- and tetraplegic patients. A pilot study of psychiatric and physical effects of simultaneous acoustic and somatosensory music stimulation as pain management Rehabilitation (Stuttg) 38: 245-248, 1999.

## 2. 物理療法

### 1) 機能的電気刺激 (functional electrical stimulation: FES)

推奨グレード B    エビデンスレベル 5

- ・ 【慢性期】 脊髄損傷の運動障害には電気刺激療法も導入されており、多くの報告がされている。これらの報告では有酸素運動、心血管運動、咳と呼吸補助を含み、膀胱コントロール、勃起・射精、把握、痙性コントロール、神経再教育、起立、歩行などが治療対象とされ、改善されているとの報告がある<sup>1)</sup>。
- ・ 【慢性期】 FES は、上肢や下肢機能の増大や膀胱直腸障害に対して用いられる<sup>2)</sup>。
- ・ 【慢性期】 脊髄損傷患者における残存ニューロンに対して、FES を行うことにより部分的に回復がみられる。現在、臨床的使用は増加しており、呼吸、膀胱、直腸、性功能、把握動作、立位および歩行の回復などに臨床応用されている<sup>3)</sup>。
- ・ 【急性期～慢性期】 電気刺激の臨床応用として、仙髄後根電気刺激は、反射性尿失禁を減少させ膀胱容量をかなり改善させる。仙髄前根と後根の電気刺激の組み合わせで、

神経根切断術を施行しなくても膀胱の制御を達成できる。将来的に、上気道機能異常の慢性疾患における生活の質、特に睡眠時無呼吸や嚥下困難などの改善に有効である可能性がある<sup>4)</sup>。

- 【急性期～慢性期】呼吸機能のための電気刺激は妥当な成功をもたらし、ヨーロッパにおいてはシステムの市販が実用段階である。また、二次的合併症の予防あるいは治療のための電気刺激は、褥瘡、深部静脈血栓症、拘縮、痙縮、運動不足からくる廃用、筋萎縮に応用される電気刺激技術の治療法は主に研究段階である<sup>5)</sup>。
- 【急性期～慢性期】神経筋電気刺激 (neuromuscular electrical stimulation: NMES) を用いた特定の治療への応用は、運動機能の再教育、肩の疼痛減少、筋力の増強、筋力低下の防止、深部静脈血栓症の予防、組織の酸化の改善、周囲の血行力学的機能、および心肺機能の調節などが挙げられる<sup>6)</sup>。
- 【急性期～慢性期】バッテリー付き FES 装置の移植失敗率は以前より低下している。外部電源と制御装置の必要性がないために、患者の QOL は向上する。脊髄損傷後の手や呼吸機能の回復の方法として、この装置が役に立つ可能性がある。横隔膜ペーシングのための寿命が長いバッテリー付き多重チャンネル FES 装置の開発について報告されている<sup>7)</sup>。
- 【急性期～慢性期】脊髄損傷後の治療手段として、最新の FES 技術を使用し運動機能の回復を試みた調査を紹介している<sup>8)</sup>。
- 【急性期～慢性期】FES は、Th6 損傷レベルより上位の脊髄損傷者に使用することを示唆している<sup>9)</sup>。
- 【急性期～慢性期】多重チャンネルの FES システムは、麻痺した筋肉の運動機能を回復するために開発され、2 種類の多能なシステムと実用的な携帯用システムを開発した<sup>10)</sup>。
- 【慢性期】電気刺激による下肢サイクリング運動 (ESLC) 実施中の最高酸素摂取量 (peak VO<sub>2</sub>) は 8 週間のトレーニングの後、70% (P < 0.05) 増加した。2 か月間の毎日の ESLC により、除脂肪体重 (LBM) 増加、体脂肪 (BF) の減少、副作用なしに四肢麻痺患者で筋持久力の増加がみられた<sup>11)</sup>。
- 【慢性期】下肢の FES による新陳代謝の向上と同様に、下肢の強さとサイクル持久力の増加を報告している<sup>12)</sup>。
- 【慢性期】対麻痺患者で上肢と組み合わせた電気刺激による下肢サイクリング運動は相対的な効果をもたらす可能性がある<sup>13)</sup>。
- 【慢性期】FES が脊髄損傷者の心血管および筋骨格の障害に対して大きな改善をもたらしたことから、運動器の障害を改善する有効で安全な方法と考えられる。大腿周径では、プログラム終了時に、右下肢は増加し (P < 0.002)、左下肢も増加した (P < 0.001)<sup>14)</sup>。



- ・ 【慢性期】機能的神経筋刺激（functional neuromuscular stimulation: FNS）による下肢サイクル運動は、四肢麻痺および対麻痺患者の心臓血管機能を改善することができる<sup>15)</sup>。
- ・ 【慢性期】上肢の運動は、FESによる歩行と同程度の酸素消費量であることから、FES歩行と類似した運動能力を引き出すことが示された<sup>16)</sup>。
- ・ 【急性期】急性期脊髄損傷対麻痺患者3名におけるFNSによる筋肥大効果を測定する目的で、自転車エルゴメーターによる6週間のプログラムを実施した。CTにより大腿部の筋肥大量を測定すると、大腿部前面近位部に大きな増加がみられた<sup>17)</sup>。
- ・ 【急性期～慢性期】下位運動ニューロンの電気刺激は、麻痺した筋肉を運動させて、萎縮を防ぐことができる。それによって、筋力や筋持久力・心肺気能（運動耐容能）などを改善させることができる。また、骨粗鬆症の進行を減少させる可能性がある。重要な実績として四肢の機能の回復があげられる<sup>18)</sup>。
- ・ 【急性期～慢性期】FNSプログラムが、脊髄損傷者の機能的レベルの改善に寄与すると考えられるが、被刺激筋の疲労も引き起こす。FNSによる刺激に対する耐久性の向上のためには、FNSによる筋疲労のメカニズムを研究する必要がある。このことの解明により、臨床応用がさらに推進されると考えられる<sup>19)</sup>。
- ・ 【慢性期】研究参加者は7名（脊髄損傷6名、頭部外傷1名）で、実用的な歩行は困難であったが、FESを用いたトレッドミル歩行練習が、歩行能力の改善に効果的なことが証明された<sup>20)</sup>。
- ・ 【慢性期】脊髄の損傷レベルがC4-T6の脊髄損傷者（SCI）11名の運動麻痺を呈した下肢筋に、FESを利用したREGYS Iシステム・プログラムを実施した。下肢筋へのFESの導入は、SCIの有酸素運動の効果を安全改善できることが証明された<sup>21)</sup>。
- ・ 【慢性期】C7-Th12レベル（ASIA A～C）の6名の脊髄損傷患者に対して、FESにアシストされた船漕ぎ動作の混合訓練プログラムを実施した。本研究により、脊髄損傷患者においてFESを用いた船漕ぎ動作は、安全でより許容された練習方法であり、有効な手段である<sup>22)</sup>。
- ・ 【急性期～慢性期】C4四肢麻痺患者の上肢機能回復のために、多チャンネルのFESシステムを使用した。四肢麻痺者の手指、手関節、および肘関節の高度な巧緻動作を誘導するために、健常者の動作筋電位からデータを抽出して、多チャンネルの刺激データを作成した<sup>23)</sup>。
- ・ 【急性期】肩関節亜脱臼を伴う中心性頸髄損傷（CCS）患者に対する電気刺激（ES）とテーピングの使用を含んだ急性期リハビリテーションは、肩関節亜脱臼の改善に有用な可能性がある<sup>24)</sup>。
- ・ 【急性期】45人の急性頸髄損傷の入院患者にバイオフィードバック、または電気刺激の単独治療、またはその組み合わせによる治療と従来のリハビリテーション治療との

効果を比較した。その結果、テノデーシスグラスプにおいては有意な差は示さなかった<sup>25)</sup>。

- 【急性期～慢性期】電気刺激によって、予測値よりも努力肺活量（FVC）23%、1秒率（FEV1）16%、最大呼気流量（PEF）22%の改善・増加を示した。脊髄損傷者において、呼気筋である腹筋に対して電気刺激を行うことで、FVC、FEV1を大幅に向上させることができることが示された<sup>26)</sup>。
- 【急性期～慢性期】腹筋群の電気刺激によってもたらされる咳嗽は、徒手的に介助した咳嗽と同等の効果があつた<sup>27)</sup>。
- 【急性期～慢性期】腹筋に対してFESを使用することで、神経学的に損傷のない対象のグループでは一回換気量は平均350 ml増加し、SCIグループでは、220 ml増加した。FESは下部の胸部と上腹部でのアクティブボリューム減少を引き起こす<sup>28)</sup>。
- 【急性期～慢性期】呼吸ペースメーカーの導入によって、呼吸障害のある高位頸髄損傷患者の呼吸運動は復元された。人工呼吸器と比べて、呼吸ペースメーカーの方がより生理的状态に近いと考えられる。非常に高価であるが、費用対効果は優れている。長期間使用できれば、患者の活動性を増加させQOLの向上に有効である<sup>29)</sup>。
- 【急性期～慢性期】高位頸髄損傷患者で横隔膜の回復が遅れた12人の患者において、7人の患者の横隔膜回復は40～393日間であり、受傷後93～430日間でウィーニングができた。5人の患者の横隔膜回復はかなりの時間が経過して起こり、84～569日間（平均290日）で、完全にウィーニングできなかった<sup>30)</sup>。
- 【急性期～慢性期】13人の高位脊髄損傷患者に対して、横隔神経電気刺激呼吸（REP）装置が埋め込まれた。耐久性のあるペースング筋になるように、徐々にそして永久的に練習しなければならぬので長期間が必要となるが、埋め込み後の経過は一般的に良好である。埋め込んだ13人の患者はエビデンスを与えるかもしれない<sup>31)</sup>。
- 【急性期～慢性期】脳幹または高位頸髄損傷者で自発呼吸の見られない四肢麻痺患者15名に対して、横隔膜電気刺激呼吸（EPR）ユニットを移植した。移植後の状態では、患者のうち11名はEPRで24時間の自発呼吸を達成し、2名は12時間の自発呼吸を達成した。また、退院後に7名は現在も継続的にEPRを行い、1名は18年間継続中である<sup>32)</sup>。
- 【急性期～慢性期】横隔神経ペースングを移植することによって、人工呼吸器を使用せずに自発呼吸が可能になった。さらに、発声能力・移動能力・幸福感・咳嗽力の改善などが示された<sup>33)</sup>。
- 【急性期～慢性期】機械的人工呼吸器を使用している18人と横隔膜電気刺激呼吸（EPR）を使用している19人を比較した。人工呼吸器依存型患者は、EPRグループより早く死亡したが、死亡率は殆ど同じであった。人工呼吸器依存型患者も平均で長生きし、両グループの大多数が家庭復帰をした<sup>34)</sup>。

- ・ 【急性期～慢性期】人工呼吸器を必要とする重篤な患者の中の適応者は、外部の肋間筋や横隔神経のペーシングで人工呼吸器からの離脱ができる<sup>35)</sup>。
- ・ 【慢性期】4人の小児脊髄損傷患者(6～9歳)は、損傷後15～47か月で無線横隔膜神経ペースメーカーを移植した。術後経過におけるペースメーカー機能不全に関連する不具合は全くなかった。無線横隔膜神経ペーシングは、重症心身障害児の完全な機能回復に重要である<sup>36)</sup>。
- ・ 【慢性期】横隔膜ペーシングシステムの腹腔鏡移植術の術式確立を目的に、高位脊髄損傷者6名を対象に調査を行った。通院で低リスクな手術方法として可能であれば費用対効果に優れた方法でもあるため、通院患者への横隔膜ペーシングシステムの開発は有用である<sup>37)</sup>。
- ・ 【慢性期】左横隔神経のペースメーカー(PNP)の除去と陽圧喚起を8か月間必要とし、横隔膜が長期間麻痺した高位頸髄損傷患者に対して、短期間の電気刺激により横隔膜萎縮を防げた<sup>38)</sup>。
- ・ 【慢性期】横隔膜刺激装置の移植によって、3人の患者が人工呼吸器から完全に離脱した。6人は部分的に離脱となりその結果、看護ケアが簡素化された<sup>39)</sup>。
- ・ 【急性期～慢性期】横隔膜刺激装置移植後の初回の横隔膜刺激において、5名の患者のうち、4名の肺活量が430～1,060 mLであった。数週間にわたって横隔膜の調整をすることにより、1,100～1,240 mLまでの増加がみられた<sup>40)</sup>。
- ・ 【急性期～慢性期】横隔膜刺激装置の移植によって、3人の患者は完全に人工換気から離脱しており、他の2症例は人工呼吸器から離脱する時間を次第に増やしている<sup>41)</sup>。
- ・ 【急性期～慢性期】腹腔鏡で電極を横隔膜に設置するこの方法は、横隔膜の神経の処置、開胸術の必要または入院することなしに起動させることが可能である<sup>42)</sup>。
- ・ 【急性期～慢性期】横隔膜ペーシングは人工呼吸と比較すると、患者に対して多様な機動性、会話の改善、快適さの改善を提供し、保健医療費の引き下げを可能にする。脊髄損傷患者で気道感染症、無気肺と呼吸不全の発生率を減らし、これらの合併症と関連した病的状態と死亡率を減らすことが期待される<sup>43)</sup>。
- ・ 【急性期～慢性期】横隔神経ペーシングの候補でない人工呼吸器依存四肢麻痺患者5人に対して、肋間筋ペーシングの有用性を評価した。結果として、脊髄電気刺激法による肋間ペーシングでは十分な吸気量をもたらすことはできなかったが、この方法はある程度の吸気量を持つ患者において一回換気量を増強する有用な方法である可能性がある<sup>44)</sup>。
- ・ 【急性期～慢性期】一側の横隔膜神経を再建した人工呼吸器に依存している脊髄損傷患者4名を対象とした。肋間部と横隔膜のペーシング術後初期の最大吸気量は、0.23～0.93 Lで、調査終了時には0.55～1.3 Lに増大した。人工呼吸器離脱持続時間は1日で16～24時間維持できた<sup>45)</sup>。

- ・ 【時期不明】横隔神経への肋間神経移行術は、高位頸髄損傷患者の横隔膜を蘇生させ、長期の人工呼吸器からの離脱を可能にする有効な手段である。10例の移植のうち8例は、3か月以上の軸索再生を可能にした。8例すべてが横隔膜のペース設定を実現した。手術から電気刺激から横隔膜反応までの平均した期間は9か月だった<sup>46)</sup>。
- ・ 【慢性期】末梢神経の顕微鏡手術による修理および神経植皮は機能を持たない横隔神経への肋間神経の吻合によって軸索の再生および横隔膜の再神経支配が生じたならば、遠位の横隔神経は徐々に伸びていく可能性がある。このケースは、横隔膜の神経吻合による機械的横隔膜電気刺激呼吸の最初の成功例を報告した<sup>47)</sup>。
- ・ 【慢性期】排尿筋過反射がある男性脊髄損傷患者7名に対して、植込み型電氣的神経調節装置による機能的磁気刺激 (functional magnetic stimulation: FMS) は、排尿筋過反射の抑制が可能である<sup>48)</sup>。
- ・ 【慢性期】脊髄損傷患者の膀胱収縮を誘発するために、電氣的仙骨神経根刺激が用いられる。しかし、既存の刺激方法では、同時に排尿筋と尿道括約筋を収縮させる。12人の患者のうち8人において、運動神経線維の選択的陽極ブロッキングは可能であった。電氣的仙骨神経刺激によって選択的な排尿筋収縮の実現の可能性を示す<sup>49)</sup>。
- ・ 【急性期～慢性期】仙骨神経電気刺激は有効な排尿を起こして、尿路感染を減少させることができる。また、腸機能と勃起機能を改良できる。通常、電気刺激と仙骨の神経後根切断術を併用することによって、膀胱機能と膀胱容量を改善する。その組み合わせは、ケアコストの削減をすることが示されている<sup>50)</sup>。
- ・ 【慢性期】SCI患者の坐骨にかかる圧力による仙髄神経根のFMSの影響、皮膚血流、酸素処理変化を測定し、評価方法としてのFMSに関する実用性を証明した<sup>51)</sup>。
- ・ 【慢性期】仙髄神経前根刺激装置 (SARS) 移植による電気刺激は、座位における坐骨にかかる圧力、皮膚のヘモグロビンと酸素処理を変化させる大殿筋収縮を可能とすることが示された。さらに、SARS移植を通じた長期間刺激は、SCI患者の殿部の筋肉量を増加させ、圧迫潰瘍を予防・減少させることが期待される<sup>51)</sup>。

## 文献

- 1) Sadowsky CL: Electrical stimulation in spinal cord injury. *NeuroRehabilitation* 16: 165-169, 2001.
- 2) Kirshblum S: New rehabilitation interventions in spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 27: 342-350, 2004.
- 3) Peckham PH, Creasey GH: Neural prostheses: clinical applications of functional electrical stimulation in spinal cord injury. *Paraplegia* 30: 96-101, 1992.
- 4) Grill WM, Craggs MD, Foreman RD, et al.: Emerging clinical applications of electrical stimulation: opportunities for restoration of function. *J Rehabil Res Dev* 38: 641-653, 2001.

- 5) Yarkony GM, Roth EJ, Cybulski GR, et al.: Neuromuscular stimulation in spinal cord injury. II: Prevention of secondary complications. *Arch Phys Med Rehabil* 73: 195-200, 1992.
- 6) Sheffler LR, Chae J: Neuromuscular electrical stimulation in neurorehabilitation. *Muscle Nerve* 35: 562-590, 2007.
- 7) Gorman PH: An update on functional electrical stimulation after spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair* 14: 251-263, 2000.
- 8) Ashley EA, Laskin JJ, Olenik LM, et al.: Evidence of autonomic dysreflexia during functional electrical stimulation in individuals with spinal cord injuries. *Paraplegia* 31: 593-605. 1993.
- 9) Handa Y, Handa T, Ichie M, et al.: Functional electrical stimulation (FES) systems for restoration of motor function of paralyzed muscles--versatile systems and a portable system. *Front Med Biol Eng* 4: 241-55. 1992.
- 10) Hjeltnes N, Aksnes AK, Birkeland KI, et al.: Improved body composition after 8 wk of electrically stimulated leg cycling in tetraplegic patients. *Am J Physiol* 273: R1072-R1079, 1997.
- 11) Phillips WT, Kiratli BJ, Sarkarati M, et al.: Effect of spinal cord injury on the heart and cardiovascular fitness. *Curr Probl Cardiol* 23: 641-716, 1998.
- 12) Raymond J, Davis GM, Fahey A, et al.: Oxygen uptake and heart rate responses during arm vs combined arm/electrically stimulated leg exercise in people with paraplegia. *Spinal Cord* 35: 680-685, 1997.
- 13) Arnold PB, McVey PP, Farrell WJ, et al.: Functional electric stimulation: its efficacy and safety in improving pulmonary function and musculoskeletal fitness. *Arch Phys Med Rehabil* 73: 665-668, 1992.
- 14) Hooker SP, Figoni SF, Glaser RM, et al.: Physiologic responses to prolonged electrically stimulated leg-cycle exercise in the spinal cord injured. *Arch Phys Med Rehabil* 71: 863-869, 1990.
- 15) Jacobs PL, Mahoney ET: Peak exercise capacity of electrically induced ambulation in persons with paraplegia. *Med Sci Sports Exerc* 34: 1551-1556, 2002.
- 16) Block JE, Steinbach LS, Friedlander AL, et al.: Electrically-stimulated muscle hypertrophy in paraplegia: assessment by quantitative CT. *J Comput Assist Tomogr* 13: 852-854, 1989.
- 17) Creasey GH, Ho CH, Triolo RJ, et al.: Clinical applications of electrical stimulation after spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 27: 365-375, 2004.

- 18) Glaser RM: Physiologic aspects of spinal cord injury and functional neuromuscular stimulation. *Cent Nerv Syst Trauma* 3: 49-62, 1986.
- 19) Gazzani F, Bernardi M, Macaluso A, et al.: Ambulation training of neurological patients on the treadmill with a new Walking Assistance and Rehabilitation Device (WARD). *Spinal Cord* 37: 336-344, 1999.
- 20) Pollack SF, Axen K, Spielholz N, et al.: Aerobic training effects of electrically induced lower extremity exercises in spinal cord injured people. *Arch Phys Med Rehabil* 70: 214-219, 1989.
- 21) Wheeler GD, Andrews B, Lederer R, et al.: Functional electric stimulation-assisted rowing: Increasing cardiovascular fitness through functional electric stimulation rowing training in persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 83: 1093-1099, 2002.
- 22) Hoshimiya N, Naito A, Yajima M, et al.: A multichannel FES system for the restoration of motor functions in high spinal cord injury patients: a respiration-controlled system for multijoint upper extremity. *IEEE Trans Biomed Eng* 36: 754-760, 1989.
- 23) Peterson C: The use of electrical stimulation and taping to address shoulder subluxation for a patient with central cord syndrome. *Phys Ther* 84: 634-643, 2004.
- 24) Kohlmeyer KM, Hill JP, Yarkony GM, et al.: Electrical stimulation and biofeedback effect on recovery of tenodesis grasp: a controlled study. *Arch Phys Med Rehabil* 77: 702-706, 1996.
- 25) Langbein WE, Maloney C, Kandare F, et al.: Pulmonary function testing in spinal cord injury: effects of abdominal muscle stimulation. *J Rehabil Res Dev* 38: 591-597, 2001.
- 26) Jaeger RJ, Turba RM, Yarkony GM, et al.: Cough in spinal cord injured patients: comparison of three methods to produce cough. *Arch Phys Med Rehabil* 74: 1358-1361, 1993.
- 27) Stanic U, Kandare F, Jaeger R, et al.: Functional electrical stimulation of abdominal muscles to augment tidal volume in spinal cord injury. *IEEE Trans Rehabil Eng* 8: 30-34, 2000.
- 28) Okuma I, Hayashi J, Kaito T, et al.: Functional electrical stimulation (FES) for spinal cord injury. *Acta Neurochir Suppl* 87: 53-55, 2003.
- 29) Oo T, Watt JW, Soni BM, et al.: Delayed diaphragm recovery in 12 patients after high cervical spinal cord injury. A retrospective review of the diaphragm status of 107 patients ventilated after acute spinal cord injury. *Spinal Cord* 37: 117-122, 1999.

- 30) Brule JF, Leriche B, Normand J, et al.: Patients with high spinal cord injuries: evaluation of diaphragmatic function, indication of electrophrenic ventilation *Agressologie* 34: 90-92, 1993.
- 31) Nakajima K, Sharkey PC: Electrophrenic respiration in patients with craniocervical trauma. *Stereotact Funct Neurosurg* 54-55: 233-236, 1990.
- 32) Creasey GH, Ho CH, Triolo RJ, et al.: Clinical applications of electrical stimulation after spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 27: 365-375, 2004.
- 33) Carter RE, Donovan WH, Halstead L, et al.: Comparative study of electrophrenic nerve stimulation and mechanical ventilatory support in traumatic spinal cord injury. *Paraplegia* 25: 86-91, 1987.
- 34) Brown R, DiMarco AF, Hoit JD, et al.: Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury. *Respir Care* 51: 853-868; discussion 869-870, 2006.
- 35) Cahill JL, Okamoto GA, Higgins T, et al.: Experiences with phrenic nerve pacing in children. *J Pediatr Surg* 18: 851-854, 1983.
- 36) Onders RP, DiMarco AF, Ignagni AR, et al.: The learning curve for investigational surgery: lessons learned from laparoscopic diaphragm pacing for chronic ventilator dependence. *Surg Endosc* 19: 633-637, 2005.
- 37) Ayas NT, McCool FD, Gore R, et al.: Prevention of human diaphragm atrophy with short periods of electrical stimulation. *Am J Respir Crit Care Med* 159: 2018-2020, 1999.
- 38) Oakes DD, Wilmot CB, Halverson D, et al.: Neurogenic respiratory failure: a 5-year experience using implantable phrenic nerve stimulators. *Ann Thorac Surg* 30: 118-121, 1980.
- 39) DiMarco AF, Onders RP, Ignagni A, et al.: Phrenic nerve pacing via intramuscular diaphragm electrodes in tetraplegic subjects. *Chest* 127: 671-678, 2005.
- 40) Onders RP, Dimarco AF, Ignagni AR, et al.: Mapping the phrenic nerve motor point: the key to a successful laparoscopic diaphragm pacing system in the first human series. *Surgery* 136: 819-826, 2004.
- 41) DiMarco AF: Neural prostheses in the respiratory system. *J Rehabil Res Dev* 38: 601-607, 2001.
- 42) DiMarco AF: Restoration of respiratory muscle function following spinal cord injury. Review of electrical and magnetic stimulation techniques. *Respir Physiol Neurobiol* 147: 273-287, 2005.

- 43) DiMarco AF, Supinski GS, Petro JA, et al.: Evaluation of intercostal pacing to provide artificial ventilation in quadriplegics. *Am J Respir Crit Care Med* 150: 934-940, 1994.
- 44) DiMarco AF, Takaoka Y, Kowalski KE: Combined intercostal and diaphragm pacing to provide artificial ventilation in patients with tetraplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 86: 1200-1207, 2005.
- 45) Krieger LM, Krieger AJ: The intercostal to phrenic nerve transfer: an effective means of reanimating the diaphragm in patients with high cervical spine injury. *Plast Reconstr Surg* 105: 1255-1261, 2000.
- 46) Krieger AJ, Gropper MR, Adler RJ: Electrophrenic respiration after intercostal to phrenic nerve anastomosis in a patient with anterior spinal artery syndrome: technical case report. *Neurosurgery* 35:760-763; discussion 763-764, 1994.
- 47) Sheriff MK, Shah PJ, Fowler C, et al.: Neuromodulation of detrusor hyper-reflexia by functional magnetic stimulation of the sacral roots. *Br J Urol* 78: 39-46, 1996.
- 48) Rijkhoff NJ, Wijkstra H, van Kerrebroeck PE, et al.: Selective detrusor activation by electrical sacral nerve root stimulation in spinal cord injury. *J Urol* 157: 1504-1508, 1997.
- 49) Creasey GH, Ho CH, Triolo RJ, et al.: Clinical applications of electrical stimulation after spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 27: 365-375, 2004.
- 50) Liu LQ, Nicholson GP, Knight SL, et al.: Interface pressure and cutaneous hemoglobin and oxygenation changes under ischial tuberosities during sacral nerve root stimulation in spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev* 43: 553-564, 2006.
- 51) Liu LQ, Nicholson GP, Knight SL, et al.: Interface pressure and cutaneous hemoglobin and oxygenation changes under ischial tuberosities during sacral nerve root stimulation in spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev* 43: 553-564, 2006.

### 3. 社会的アプローチ, 予防

推奨グレード B    エビデンスレベル 5

- ・ 医師と PT と OT のリハビリ専門職が果たす役割に関する調査において、専門職と患者認識はかなり一致していた。いくつか危惧される点はあるがこれら専門家の早期介入は、患者にとって専門職の役割の理解に役立つと考えられる<sup>1)</sup>。
- ・ 急性期病院からリハビリテーション専門施設に入り、包括的リハビリテーションプログラムを実施した患者において、運動機能または感覚機能の改善なしでも、FIM のセルフケアと移動能力の大部分の領域で全介助から自立レベルへ改善した。慢性期脊髄損傷患者の効果的かつ積極的な包括的入院リハビリテーションの重要性を示す<sup>2)</sup>。



- ・ 生活の質は自立した生活と密接に関連しており、リハビリテーションの成功を判断するときの重要な要素となる。したがって、運動の身体障害者への影響を調べる研究デザインは、客観的な結果測定だけではなく、生活満足度に関連する主観的な測定と生活の質も含むべきである<sup>3)</sup>。
- ・ 横隔膜ペースメーカーは患者の自立とQOLに関しては実質的に意義深い効果があるが、非常に高価で通常の人工呼吸器に比べコストは減少していない。しかし、自治体や保険会社からの援助でこの困難に立ち向かえるのであって、これらの個々に身体障害のある患者に良質なQOLを提供することは可能である<sup>4)</sup>。
- ・ 人工呼吸器管理の小児89人を対象に調査した。注意深いフォローアップと定期的に患者の健康状態や機能状態を評価する事と最初の入院中の適切なリハビリテーションが、その後の変化、不安定性、及び再入院を最小限にすると結論付けた<sup>5)</sup>。
- ・ 人工呼吸器使用者37人を対象に、尊厳死について調査した。患者へのインタビューにより、18名は急変した場合再び人工呼吸器を使用したいと言い、2名は未定、1人は死を受け入れると言った。6名の家族は、呼吸器の使用を希望したが、希望しなかった人は皆若い母親であった。精神的、物理的、および使用に関する教育的なサポートの提供が継続できるのであれば、脊髄損傷患者は人工呼吸器を使用するべきであると考えられる<sup>6)</sup>。

## 文献

- 1) Pellatt GC: Patients, doctors, and therapists perceptions of professional roles in spinal cord injury rehabilitation: do they agree? J Interprof Care 21: 165-177, 2007.
- 2) Lu AC, Yarkony GM: Benefits of rehabilitation for traumatic spinal cord injury: a case report. J Spinal Cord Med 19: 17-19, 1996.
- 3) Noreau L, Shephard RJ: Spinal cord injury, exercise and quality of life. Sports Med 20: 226-250, 1995.
- 4) Bötzel U, Gläser E, Niedeggen A, et al.: The cost of ventilator-dependent spinal cord injuries-patients in the hospital and at home. Spinal cord 35: 40-42, 1997.
- 5) Nelson VS, Carroll JC, Hurvitz EA, et al.: Home mechanical ventilation of children. Dev Med Child Neurol 38: 704-715, 1996.
- 6) Gardner BP, Theocleous F, Watt JW, et al.: Ventilation or dignified death for patients with high tetraplegia. Br Med J (Clin Res Ed) 291: 1620-1622, 1985.

## 4. 歩行

## 1) 機能的電気刺激(FES)

推奨グレード C エビデンスレベル 4

- FES システムを埋め込んで練習した被検者は、従来の長下肢装具を用いた練習よりも機能的な能力を強化でき、介護量を軽減させた。ゆえに FES は小児脊髄損傷者の立位動作の実用的な代償方法であることが示唆された<sup>1)</sup>。
- 40名の被検者に対し、平均1年間にわたり FES 使用および FES 非使用での歩行能力評価を行った結果、FES 使用群で歩行速度の改善がみられた<sup>2)</sup>。
- Parastep アプローチ（機能的電気刺激）を行った 13名の脊髄損傷完全麻痺者のうち 12名は長下肢装具なしで歩行が可能となった<sup>3)</sup>。
- RGO-ハイブリッド装具で歩行訓練を行うと 2か月後に 26名の脊髄損傷完全麻痺者のうち 19名は立ち上がりが自立し、歩行能力が向上した<sup>4)</sup>。

## 2) 髄節電気刺激

推奨グレード C エビデンスレベル 5

- トレッドミル歩行中に L3-4 髄節に電気刺激を加えることで、立脚期中の麻痺した下肢の伸展筋緊張（extensor tone）を減らし、遊脚期中に下肢の屈曲を改善させるのに効果的であった<sup>5)</sup>。

## 3) 硬膜外脊髄刺激(epidural spinal cord stimulation: ESCS)

推奨グレード C エビデンスレベル 5

- ESCS を導入し、2～3か月のトレーニングを実施した群は、導入せずにトレーニングを実施した群よりも速度、持久力と代謝反応のパフォーマンスは向上していた<sup>6)</sup>。

## 4) 筋電図バイオフィードバック

推奨グレード C エビデンスレベル 4

- 脊髄損傷不全麻痺によりトレンデレンブルグ歩行を呈する 10名の被検者に対し、2か月間にわたり筋力増強と歩行訓練を 1日2時間、週5日行った。バイオフィードバックはトレーニング日に 30分間、すべての被検者に行われた。さらに被検者 10名中 5名は、自宅でも 2-チャンネル筋電図（EMG）バイオフィードバック装置で治療を行った。この結果、臨床治療を受けているだけの被検者は、殿筋群の筋力が 50%減少したが、自宅でもバイオフィードバック装置を使って治療したグループは、2か月後、ほとんど通常歩行となった<sup>7)</sup>。

## 5) 吊り上げ体重支持歩行トレーニング(吊り上げ式免荷歩行トレーニング)

推奨グレード C エビデンスレベル 4

- ・ 吊り上げ支持は体重の 40%，トレッドミル速度 0.16 kmph から開始し，吊り上げ支持を減らしながらトレッドミル速度を増やし，20 分間の連続歩行トレーニングを 1 日 1 時間，週 5 日を 3 か月間実施した。これによりトレッドミル速度（12 週間後には 0.118 m/sec が 0.318 m/sec）とトレッドミル歩行耐久性（20.3 m/5 分が 63.5 m/5 分）が増加した。また酸素消費は，12 週間後，1.96 mL/kg/m から 1.33 mL/kg/m まで減少した。このことから吊り上げ支持トレッドミル歩行トレーニングは，不全 SCI 者の歩行を改善するための有効な介入方法であることが客観的な評価データから明らかになった<sup>8)</sup>。
- ・ トレッドミル上での吊り上げ免荷歩行（体重 40%）は，脊髄損傷不全麻痺者のひらめ筋 H-反射振幅（H/M 比率）を通常歩行時より立脚期にて 33%，遊脚期で 56%少なくさせた<sup>9)</sup>。
- ・ 脊髄損傷不全麻痺者と健常者では，通常歩行における H/M 比率は不全麻痺者でかなり大きな値を示す。しかし，吊り上げ歩行では，両者に大きな変化はなかった<sup>9)</sup>。
- ・ トレッドミル上での免荷歩行は，SCI 後の反射的変調を正常化するためのよりよい環境である<sup>9)</sup>。
- ・ トレーニングの 6 か月後には，BBS，ASIA 下肢運動スコア（LEMS），LFIM，FIM，歩行速度，6 分間歩行で有意な改善が認められた<sup>10)</sup>。
- ・ 頸髄損傷不全麻痺の小児においては，LEMS の値に頼らず，トレッドミル上での吊り上げ歩行トレーニングを行うことで，歩行の回復を期待できる<sup>11)</sup>。
- ・ 吊り上げ式体重支持歩行（BWS）トレーニングは，慢性の不全脊髄損傷者（SCI）にとって有効なトレーニングである<sup>12)</sup>。
- ・ 吊り上げ式体重免荷トレッドミル歩行は脊髄損傷不全麻痺者の歩行を改善させる有効な練習方法である<sup>13)</sup>。
- ・ 吊り上げ式体重免荷トレッドミル歩行を体重の 32%で 3 回/週を 6 週間行くと，快適歩行，速歩，ランニングのそれぞれの速度が上昇した<sup>13)</sup>。

## 6)トレッドミル歩行練習

### 推奨グレード C エビデンスレベル 4

- ・ SCI のリハビリテーション途上段階では，歩行制御力と歩行耐久性を向上させることが重要である。ゆえにトレッドミル歩行練習を行い，下肢の迅速で交互のリズミカルなステップ動作を行う能力を向上させて，下肢機能の改善をはかる必要がある<sup>14)</sup>。
- ・ SCI 者の歩行練習として，(1) 手動援助によるトレッドミル歩行トレーニング（TM），(2) 電気刺激によるトレッドミル歩行トレーニング（TS），(3) 電気刺激による地上での歩行トレーニング（OG），(4) ロボティック援助によるトレッドミル歩行トレーニング（LR）のすべてのトレーニング終了後，地上での歩行速度が上昇した<sup>12)</sup>。
- ・ 吊り上げ体重支持（BWS），機能的な電気刺激（FES）を行い，陸上での歩行速度（OGWS）でのトレッドミルトレーニングを 1 日 1.5 時間，週 3 日，3 か月間行った被

検者では、トレーニングコース終了時、陸上での歩行速度 (OGWS) は  $0.12 \pm 0.8$  m/sec から  $0.21 \pm 0.15$  m/sec ( $P=0.0008$ ), トレッドミル歩行速度は  $0.23 \pm 0.12$  m/sec から  $0.49 \pm 0.20$  m/s ( $P=0.00003$ ), トレッドミル歩行距離は  $93 \pm 84$  m から  $243 \pm 139$  m ( $P=0.000001$ ) と著明に増加した<sup>15)</sup>。

#### 7) BiosStep による介助歩行

推奨グレード C エビデンスレベル 4

- BiosStep によって得られた歩容が健常者と類似していた<sup>16)</sup>。
- BiosStep による PCI は、他の機械的な介助より高かった<sup>16)</sup>。

#### 8) robotic による介助歩行

推奨グレード C エビデンスレベル 4

- セラピストの介助歩行に比べ robotic による歩行は、代謝消費と遊脚期の股関節屈筋 EMG 活動の点ではかなり低値を示した<sup>17)</sup>。
- セラピストの介助歩行に比して robotic による歩行は、遊脚期の足関節底屈 EMG 活動を増加させた<sup>17)</sup>。

#### 9) 歩行における肩関節モーメント

推奨グレード C エビデンスレベル 4

- 脊髄損傷不全麻痺者における両ロフトランド杖歩行と歩行器歩行では肩関節モーメントにおいて高いピークと荷重率を示した<sup>18)</sup>。

#### 文 献

- 1) Johnston TE, Betz RR, Smith BT, et al.: Implanted functional electrical stimulation: an alternative for standing and walking in pediatric spinal cord injury. Spinal Cord 41: 144-152, 2003.
- 2) Wieler M, Stein RB, Ladouceur M, et al.: Multicenter evaluation of electrical stimulation systems for walking. Arch Phys Med Rehabil 80: 495-500, 1999.
- 3) Gallien P, Brissot R, Eyssette M, et al.: Restoration of functional gait in paraplegic patients with the RGO-II hybrid orthosis. A multicentre controlled study. I. Clinical evaluation.1: Paraplegia 33: 660-664, 1995.
- 4) Thoumie P, Perrouin-Verbe B, Le Claire G, et al.: Restoration of functional gait in paraplegic patients with the RGO-II hybrid orthosis. A multicentre controlled study. I. Clinical evaluation. Paraplegia 33: 647-653, 1995.

- 5) Bajd T, Munih M, Savrin R, et al.: Dermatome electrical stimulation as a therapeutic ambulatory aid for incomplete spinal cord injured patients. *Artif Organs* 26: 260-262, 2002.
- 6) Herman R, He J, D'Luzansky S, et al.: Spinal cord stimulation facilitates functional walking in a chronic, incomplete spinal cord injured. *Spinal Cord* 40: 65-68, 2002.
- 7) Petrofsky JS: The use of electromyogram biofeedback to reduce Trendelenburg gait. *Eur J Appl Physiol* 85: 491-495, 2001.
- 8) Field-Fote EC: Combined use of body weight support, functional electric stimulation, and treadmill training to improve walking ability in individuals with chronic incomplete spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 82: 818-824, 2001.
- 9) Phadke CP, Wu SS, Thompson FJ, et al.: Comparison of soleus H-reflex modulation after incomplete spinal cord injury in 2 walking environments: treadmill with body weight support and overground. *Arch Phys Med Rehabil* 88: 1606-1613, 2007.
- 10) Ditunno JF Jr, Barbeau H, Dobkin BH, et al.: Validity of the walking scale for spinal cord injury and other domains of function in a multicenter clinical trials. *Neurorehabil Neural Repair* 21: 539-550, 2007.
- 11) Behrman AL, Nair PM, Bowden MG, et al.: Locomotor training restores walking in a nonambulatory child with chronic, severe, incomplete cervical spinal cord injury. *Phys Ther* 88: 580-590, 2008.
- 12) Field-Fote EC, Lindley SD, Sherman AL, et al.: Locomotor training approaches for individuals with spinal cord injury: a preliminary report of walking-related outcomes. *J Neurol Phys Ther* 29: 127-137, 2005.
- 13) Gardner MB, Holden MK, Leikauskas JM, et al.: Partial body weight support with treadmill locomotion to improve gait after incomplete spinal cord injury: a single-subject experimental design. *Phys Ther* 78: 361-374, 1998.
- 14) Pépin A, Ladouceur M, Barbeau H: Treadmill walking in incomplete spinal-cord-injured subjects: 2. Factors limiting the maximal speed. *Spinal Cord* 41: 271-279, 2003.
- 15) Field-Fote EC: Combined use of body weight support, functional electric stimulation, and treadmill training to improve walking ability in individuals with chronic incomplete spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 82: 818-824, 2001.
- 16) Tabernig CB, Cherniz AS, Escobar SO: BiosStep-assisted walking in spinal cord-injured patients: an evaluation report. *Int J Rehabil Res* 30: 249-253, 2007.
- 17) Israel JF, Campbell DD, Kahn JH, et al.: Metabolic costs and muscle activity patterns during robotic- and therapist-assisted treadmill walking in individuals with incomplete spinal cord injury. *Phys Ther* 86: 1466-1478, 2006.

- 18) Haubert LL, Gutierrez DD, Newsam CJ, et al.: A comparison of shoulder joint forces during ambulation with crutches versus a walker in persons with incomplete spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 87: 63-70, 2006.

## 第5章 現状と展望

脊髄損傷者（以下、脊損者と略す）の治療は古代より行われていたが、近代の本格的な始まりはイギリスのロンドン郊外にある Stoke Mandeville 病院において、Dr. Guttman の主導により治療のみならず下肢に障害のある人に対して、車いすによるスポーツが取り入れられた。この始まりが 1948 年で、パラリンピックの前身である国際ストークマンデビル車いす競技大会は 1952 年に開催された。現在はオリンピックの後にパラリンピックとして開催されているが、これは 1960 年のローマ大会以降である。パラリンピックの名称は、当初は Paraplegia（対麻痺者）の Olympics の意味であったが、車いすを使用する対麻痺者のみならずすべての障害をもつ人が参加する競技が開催されているため、1988 年のソウル大会より Pararell（もう一つの）Olympics の意味となった。

このように、リハビリテーション（以下、リハと略す）の普及、デンマークのバンク・ミケルセン博士の唱えたノーマライゼーションの思想の普及、福祉用具や社会環境の整備、バリアフリー、ユニバーサル社会の思想など、社会のとらえ方も変容を遂げてきている。

脊損者のリハでは、脊髄の損傷高位が予後に大きな影響があることは周知の事実である。しかし、一方では、理学療法士を含むリハチームのスタッフが、脊損者の障害について評価した結果をどのように分析して解釈し、どのようなプログラムを計画して実行できるかも大きな要素である。したがって、理学療法士がどのように障害をとらえ、その障害に対してどのような手技を駆使していくかは、脊損者の予後を左右する重大な要素である。

理学療法士は、脊損者の発症直後の急性期より関わり、その密度は異なっても生涯にわたり関わりが続いていく。新宮の報告（第 1 章参照）にあるように、脊髄損傷の発生は 20 歳前後と 60 歳前後の 2 峰性の波があり、全体でも 70%以上が頸髄損傷者である。若年層の脊損者では身体機能の改善は当然であるが、就学、就労、結婚などの社会参加へどのようにつなげていくかもリハスタッフとして、脊損者とともに考えていく課題である。1980 年代にアメリカのカリフォルニア州バークレーで起こった自立運動（IL 運動: Independent living）は、日本でも注目された運動である。「人に介助を頼むことができるのも自立である」と言われるが、現在は一人暮らしをしている高位頸髄損傷者も多く、ヘルパーやボランティアの介助をうけて自立した生活を営んでいる。2006 年、障害者の地域生活と就労を進めて自立を支援する観点から「障害者自立支援法」が施行された。この法律では、それまでは障害種別に法律が異なって自立支援が提供されていたのを、共通の制度で一元化したサービスの提供を図るものであった。しかし、不備な点なども指摘されており、現在は見直しをする方向で進んでいる。

### 1. 臨床における理学療法士の対応

急性期においては、特に頸髄損傷では生命維持のために呼吸への対応が重要である。肺では酸素を取り込み炭酸ガスを排出するガス交換が行われているが、高位頸髄損傷者では

横隔神経の麻痺により横隔膜の運動が障害され呼吸運動が阻害される。そのために、呼吸に対する理学療法が重要になってくる。

また、この時期にはベッド上での安静を余儀なくされることも多く、褥瘡形成を起こさないように細心の注意をする必要がある。そのために、ベッド上での体位変換や体圧を分散するマットの素材選択が重要である。また、機材が必要ではあるが、体圧分布の測定も推奨されている。

この時期には安静の姿勢をとる時間が長く体動が少ないために、頸部・体幹を含めて四肢の関節可動域制限を起こしやすいので、その予防にも留意しなくてはならない。

理学療法士が徒手的に行う手技には種々の方法があるが、関節可動域運動、筋力増強運動、床上動作、移動動作、移乗動作などを例にとっても根拠となるデータは少ない。しかし、推奨される方法は日常的に使用されているため、今後はこれらの根拠について証明していくことが課題である。

## 2. 歩行について

脊損者の歩行は、従来より長下肢装具と松葉杖を使用した歩行が一般的であった。しかし、実用的な歩行の獲得のためには多くの時間を費やし、またエネルギーコストの面では車いすの効率の良さおよびスピーディに行動できる利点には一步を譲らざるを得ず、同時に医療情勢の変化により入院期間の短縮なども影響し、立位・歩行練習が下火になっていった経緯がある。しかし、1992年にオーストラリアで内側股継手の Walkabout が開発され、その改良品として日本で Primewalk が開発された。また、交互歩行装具 (reciprocating gait orthosis: RGO)、改良型としての ARGO (advanced reciprocating gait orthosis) などが発表され、臨床の中で立位・歩行が見直されてきた。また、機能的電気刺激 (functional electrical stimulation: FES) を用いての歩行練習も実施されている。最近では、ハーネスで体を支えた吊り上げ式の体重免荷式歩行練習装置も導入されてきている。また、ロボットの開発もされており、今後の応用に期待がある。

これらについても、効果の根拠を示していくことが今後の課題である。

## 3. 脊髄の再生について

胚性幹細胞 (embryonic stem: ES 細胞) や人工多能性幹細胞 (induced pluripotent stem cells: iPS 細胞) については、連日のように報道されている。iPS 細胞を開発した山中伸弥教授は、脊髄損傷への応用について語っている。最近、日本の研究者により脊髄損傷ラットの脊髄に iPS 細胞を移植した実験を行った結果、歩行が可能になり移植部のがん化も認められないとの発表があった。人への応用は、あらゆる面での安全が確認されてからになるが、脊髄損傷への応用もかなり現実的になってきた感があり、脊損者にとっては朗報である。



理学療法士が、このような移植術を受けた脊損者のリハに関わる日も近い将来に訪れると考えられる。

#### 4. その他

若年や青壮年の時に発症・受傷した脊損者も、時を経れば高齢になってくる。また、新宮（第1章参照のこと）の報告のように脊髄損傷の発生は60歳前後でも多い。その損傷は骨損傷は軽微であるが頸髄の中心に出血が起こる急性中心性頸髄損傷症候群（以下、中心性損傷と略す）が多い。そのために、頸髄損傷であると同時に、高齢者の特徴をも合併していることが多い。理学療法としては効果を見ているが、根拠を明確にしていくことも課題である。

その他に、2002年に制定された身体障害者補助犬法に基づく、介助犬の導入を希望する脊損者（特に頸髄損傷者）への対応も必要である。介助犬は、トレーナーによる犬の基本的訓練から、使用者と一緒に種々の必要動作を練習し指示を理解する合同訓練などが行われるが、ここにも理学療法士が介入する必要性がある。しかし、現時点ではその根拠はないので、それを構築していくことも今後の課題である。

## 用語

### 1) 脊髄損傷

脊髄の損傷による運動・感覚機能の障害。脊椎の骨折，脱臼，過度の伸展・屈曲などによる外傷性のものと，循環障害，腫瘍，感染症，先天奇形などの非外傷性のものに大別できる。一般的には，運動・感覚・自律神経・膀胱直腸障害を現す。完全損傷では最終的機能予測が比較的早期から容易であるが，不全損傷では伸張を要する。また，予後に影響を及ぼす褥瘡・尿路感染症などの合併症に注意が必要である。

\*奈良 勲（監）：理学療法学事典．内山 靖（編），医学書院，東京，pp471，2006.

### 2) 脊髄ショック

脊髄の急激な横断性傷害により生じる損傷部以下が完全に麻痺し，弛緩性運動麻痺，反射の消失，膀胱直腸障害などをきたした状態。脊髄ショックにいたるメカニズムは不明。一過性の現象で数日～数週間後に侵害刺激に対する下肢屈曲反射より回復してくることが多い。

\*奈良 勲（監）：理学療法学事典．内山 靖（編），医学書院，東京，pp471，2006.

### 3) Berg balance scale(BBS)

Berg Kらによって1989年に報告された14項目からなる総合的なバランス能力評価バッテリーである。その内容には座位および立位での姿勢保持，立ち上がり動作，片脚立ち，移乗動作，および方向転換などが含まれる。評価は各項目ともに0～4点の5段階であり，満点は56点となる。

\*浅井 仁：functional balance scale. PT ジャーナル 44(6)，2006.

### 4) BiosStep-assisted walking

BiosStep は，中枢神経系の損傷者で歩行を援助する機能的な運動支配刺激システムである。歩行時の立脚期に大腿四頭筋，遊脚期に膝窩部の神経を刺激する。

\*Tabernig CB, Cherniz AS, Escobar SO: BiosStep-assisted walking in spinal cord-injured patients: an evaluation report. Int J Rehabil Res 30: 249-253, 2007.

### 5) 体重免荷(body weight support: BWS)

半身に装着したハーネスを牽引し、体幹部分の重みを免荷して行う荷重位でのトレーニングである。

\*岩崎 洋（編）：脊髄損傷理学療法マニュアル。文光堂，東京，2006.

#### 6) 髄節電気刺激 (dermatome electrical stimulation)

麻痺領域の髄節に電気刺激を加えること。

\* Bajd T, Munih M, Savrin R, et al.: Dermatome electrical stimulation as a therapeutic ambulatory aid for incomplete spinal cord injured patients. *Artif Organs* 26: 260-262, 2002.

#### 7) 硬膜外脊髄刺激 (epidural spinal cord stimulation: ESCS)

脊髄神経を包む最も外側にある髄膜を硬膜といい、この膜の外側より電気刺激を加え支配髄節筋の収縮や弛緩を誘発する方法。

\*Herman R, He J, D'Luzansky S, et al: Spinal cord stimulation facilitates functional walking in a chronic, incomplete spinal cord injured. *Spinal Cord* 40: 65-68, 2002.

#### 8) 機能的電気刺激 (functional electric stimulation: FES)

表面電極や埋め込み式電極を利用し、末梢神経や神経線維が筋に接続している部分を電気刺激し、筋収縮を起こす方法である。脊髄損傷により麻痺のある筋も、支配神経が変性を起こしていなければ、プログラムされた電気刺激によって運動させることができる。これを脊髄損傷者の身体調整運動や神経因性膀胱直腸障害などの治療、ADL や移動動作障害への対策をして利用する試みが行われるようになった。最近では、FES と下肢装具を併用し、脊髄損傷者の起立、歩行させる研究が多く行われている。FES では、麻痺領域の筋収縮を起こすことができるという利点があるが、電極の耐久性や筋疲労、装置装着のわずらわしさなどの問題点を持っている。

\*神奈川リハビリテーション病院脊髄損傷マニュアル編集委員会：脊髄損傷マニュアル 第2版，医学書院，東京，pp49，1996.

#### 9) インピーダンス形成 (impedance shaping)

ここでの impedance shaping は、歩行再建におけるトレーナーの誘導する足の軌道に対してのロボットがエラーと判断し、形作る抵抗を示す。

\* Emken JL, Harkema SJ, Beres-Jones JA, et al.: Feasibility of manual teach-and-replay and continuous impedance shaping for robotic locomotor training following spinal cord injury. *IEEE Trans Biomed Eng*: 55: 322-334, 2008.

#### 10) 脊椎内微小電極刺激 (intraspinal microstimulation: ISMS)

立位, 歩行の再建のため, 人工的神経装置の一つを指す。例えば, 腰仙脊髄の脊椎内に microstimulation (ISMS) として導入すること。

\* Mushahwar VK, Jacobs PL, Normann RA, et al.: New functional electrical stimulation approaches to standing and walking. *J Neural Eng* 4: S181-S197, 2007.

#### 11) parastep approach

Parastep とはコンピューターを用いた「人工神経」システムである。利用者はベルトにつけられたマイクロプロセッサとつながったキーパッドの付いた前輪付きの歩行器をしっかりと握る。表面電極を大腿四頭筋, 殿筋, 腓骨神経に設置し, 利用者は正しい順序に沿った筋肉刺激によって歩行が可能となる。

\* Gallien P, Brissot R, Eyssette M, et al.: Restoration of gait by functional electrical stimulation for spinal cord injured patients. *Paraplegia* 33: 660-664, 1995.

#### 12) 吊り上げ式体重免荷歩行練習 (partial weight bearing therapy: PWBT)

ハーネスと呼ばれるジャケットを装着し, 上方より身体を牽引 (体重を部分免荷) した状態で, トレッドミル上や床上などで歩行トレーニングを行うことである。体重免荷した状態で歩行させることの意味は, 中枢パターン発生器 (central pattern generator: CPG) を賦活し, 脊髄をはじめとする中枢神経系を再組織化させることと課題指向型アプローチを早期に実践することとすることが出来ることである。この練習の利点は, ①早期より歩行練習が可能なこと, ②部分免荷できるため身体的負担が少ないこと, ③転倒危険がなく, 安全であること, ④歩行様の運動が出来るため練習意欲の向上が期待できるなどである。適応疾患は脊髄損傷, 脳血管障害, パーキンソン病などである。

\* 岩崎 洋 (編): 脊髄損傷理学療法マニュアル. 文光堂, 東京, pp331-336, 2006.

#### 13) 歩行再建 (restoration of functional gait)

脊髄損傷者の歩行再建は過去では長下肢装具と松葉杖で主に行われていたが最近では機能的電気刺激, 股継手付きの下肢装具, 体重支持式 (吊り下げ式) トレッドミル歩行

訓練などの工学と連携した新しい技術が次々と登場し、ニューロリハビリテーションの概念も含まれてきた。

\*Thoumie P, Perrouin-Verbe B, Le Claire G, et al.: Restoration of functional gait in paraplegic patients with the RGO-II hybrid orthosis. A multicentre controlled study. I. Clinical evaluation. Paraplegia 33: 647-653, 1995.

#### 14) RGO-II hybrid orthosis

交互型歩行装具の一種で電気刺激を加えたもの。

\*Thoumie P, Perrouin-Verbe B, Le Claire G, et al.: Restoration of functional gait in paraplegic patients with the RGO-II hybrid orthosis. A multicentre controlled study. I. Clinical evaluation. Paraplegia 33: 647-653, 1995.

#### 15)トレッドミル歩行 (treadmill walking)

歩行再建のために用いる練習方法のひとつ。トレッドミル上で行う歩行練習のこと。歩行スピードや歩行距離などを調節しながら練習を行う。

\*Pépin A, Ladouceur M, Barbeau H: Treadmill walking in incomplete spinal-cord-injured subjects: 2. Factors limiting the maximal speed. Spinal Cord 41: 271-279, 2003.

## アブストラクトテーブル

SR: systematic review RCT: randomized controlled trial

項目-文献番号	文献	研究デザイン	対象, 評価・介入	成果
1-1	Sutbeyaz ST. 2005.  B-3	non-RCT	脊髄損傷 (SCI) 患者 20 人に対して心肺機能許容量と最大の運動機能への代謝反応を調査した。上肢エルゴメーターを用いて呼気ガス分析システムで分析した。1 回 1 時間の週 3 回, 計 6 週間の呼吸方法・上肢筋力増強プログラムを行った。	運動プログラム終了後, 開始前と比較して肺機能測定値, 最大酸素摂取量, 疲労時間, 最大筋出力と分時換気量の重要な改善を示した。
1-2	Lassau-Wray ER. 2000  B-3	non-RCT	20~47 歳の男性脊髄損傷患者 20 名。高位頸髄損傷, 下位頸髄損傷, 高位胸髄損傷, 下位胸髄損傷の 4 つに分類。肉体的障害のないコントロール群は 5 人とした。アームクランクエルゴメーターの研究目的は, 特に頸髄および胸髄損傷における最適な心肺と代謝機能の低下に及ぼす影響を調査すること。	最大心肺機能と代謝能の相対的損失は, 胸髄損傷よりむしろ頸髄損傷の部位が関与することが示された。代謝機能減少は, 身体組成の変化と麻痺筋の重症度によって決定され, 上半身の身体能力を予測することによって脊髄損傷部位の重症度分類の判別を可能にすることが示唆された。
1-3	Hoffman MD. 1986.  B-3	non-RCT	対象: 脊髄損傷患者。方法: 4~20 週間の 13 種類の心肺運動に関する研究。	脊髄損傷患者のスポーツへの参加は, 心肺運動のガイドラインに従うことができる。
1-4	Van Houtte S. 2006.  A-1	SR	目的: 呼吸の筋力の強度および耐久性の筋力トレーニング (RMT), 肺機能, QOL, 呼吸合併症, および運動実施の有効性を調査すること。MEDLINE (国立医療図書館, USA) データベースは, 1980 年から 2004 年までの文献の選択に使用された。脊髄損傷者の RMT の効果を調査した研究が選択された。	23 の文献が検索された。また, 6 つの制御された試みが, 詳しい分析のために実施された。系統的な調査から, RMT は呼吸性の筋力強度, 肺活量および残気量を改善する傾向があったと結論付けられる。
1-5	Brooks D. 2005.  A-1	SR	目的: 中心性頸髄損傷 (CSCI) 患者の吸気筋力トレーニング (IMT) の効果を決定する。デザイン: Cochran Collaboration プロトコールに従った IMT と CSCI の文献検索をした。研究選択: CSCI 成人患者と, 別の対象比較群との IMT を比べるために, 無作為化比較試験をした。データ抽出: Jadad 他によって開発された評価基準を使用した。	結果: 40 の記事の内, 3 つは評価基準を満たした。すべての研究が, 継続期間 6~8 週間で, 1 週間あたり 5~7 日間, 1 日 2 回, 少なくとも 15 分間, 吸気の抵抗訓練を行った。1 研究だけが, IMT の効果が呼吸困難と肺機能の基準のために制御されると報告した。結論: CSCI 成人患者における IMT の効果に関する文献は不十分であった。

項目- 文献番号	文献	研究 デザイン	対象, 評価・介入	成果
1 - 6	Henderson CE. 2005.  B-5	case report	C6 四肢まひの 25 歳の女性。課題は、彼女が車いす上で前に傾くこと、車いすのフットプレートの上で足の位置を変えること、側方へ傾いて除圧を行うこと。彼女は自分の呼吸を整えながら各課題を実行して評価された。	彼女はバルサルバ手技をしながら各活動を行えなかった。適切な呼吸方法を学習した後に、各活動で自立するようになった。課題を行うときに短時間の呼吸方法を学習することで能力を高めることができる。
1 - 7	Rutchik A. 1998.  B-3	non-RCT	慢性頸髄損傷 (SCI) 患者 10 名。慢性 SCI 患者が肺機能、呼吸筋筋力および呼吸困難感を個人で改善できるかを調査した。研究の 6 か月後に、同一対象者に対し呼吸機能検査、MIP および MEP の再測定を行った。	慢性 SCI 患者の家庭での呼吸筋のレジスタンストレーニング (IMT) は慢性的な呼吸の苦情や呼吸困難感の改善だけでなく拘束性換気障害、呼吸器感染、および他の肺合併症の発生を減少させる可能性があることを示した。
1 - 8	Sapienza CM. 2006.  B-3	non-RCT	呼吸筋増強プログラムは、呼吸の筋力訓練であり、管理されたプロトコールで <b>pressure threshold device</b> を用いて行われた。プロトコールは、1 日あたり 5 回、1 週間あたり 5 日間実施し、自宅での個人によるトレーニングは 15~20 分実施した。	4 週間の呼吸筋力トレーニングプロトコール結果は、健常者、多発性硬化症、および脊髄損傷に最大 50% の改善を示した。
1 - 9	Warren VC. 2002.  B-5	case report	人工呼吸器に依存する C2 完全脊髄損傷の 19 歳男性。1 週間に 3~4 回の舌咽呼吸 (GPB) と頸部の呼吸補助筋 (NAMB) トレーニングプログラムを 4 週間継続した効果。	GPB トレーニングによって、強制肺活量が 35 倍に増加し、人工呼吸器離脱時間が 0 分から 35 分と長くなり、弱いながらも機能的な咳が可能となった。また NAMB トレーニング後に、患者は 2 分間の人工呼吸器離脱が可能となった。
1 - 10	Gilgoff IS. 1988.  B-5	case report	C2 脊髄損傷による四肢麻痺児。年齢 3 歳から 16 歳の 8 人。	頸部の呼吸補助筋を使った呼吸法は、呼吸の患者管理、随意的なシステムを取り戻すために開発された。
1 - 11	Mariauzouls C. 1999.  B-3	non-RCT	対象: 10 人の慢性疼痛の対麻痺患者と四肢麻痺患者。方法: <b>Musica Medica</b> 法による音楽療法が痛み経験、緊張と緩和と幸福にどのような影響を及ぼすか調査した。主観的体験に加えて、皮膚温度、皮膚の電気的性質に関する活動、心拍数、呼吸数を測定した。	すべての患者において、各グループで痛み経験の減少だけでなくリラクゼーションと幸福の増加を引き起こした方法と認められた。自律神経の神経系変数はリラクセスと相関し、さらに、選ばれた療法の作動インパクトを示した。

項目- 文献番号	文献	研究 デザイン	対象, 評価・介入	成果
2 - 1	Sadowsky CL. 2001.  B-6	review	電気刺激の応用は頻繁に調査されており、特に、心臓ペースメーカー、人工内耳、痛み制御のための経皮的電気刺激（TENS）ユニットなどがある。脊髄損傷に対して、完全損傷部以下の機能する神経は、電気刺激使用の絶好の対象である。このレビューは、脊髄損傷患者の管理における電気刺激の革新的かつテクニカルで高度な応用に焦点を置く。	機能的電気刺激の多数の応用は調査されており、それらは有酸素運動、心血管運動、咳と呼吸補助を含み、膀胱コントロール、勃起・射精、把握、痙性コントロール、神経再教育、起立、歩行などを改善する。
2 - 2	Kirshblum S. 2004.  B-6	review	EBM ガイドラインは、効果的に診断すること、科学的な論理と専門のコンセンサスを文章化するためや、治療と臨床での不必要な検査や処置を減らし患者への治療効果あげるために必要である。長期にわたる研究は身体状況の長期的な変化として部分的な調査結果による誤解を招くことを最小限にする。	機能的電気刺激（FES）は、上肢や下肢機能の増大や膀胱直腸障害に対して用いられる。
2 - 3	Peckham PH. 1992.  B-6	review	機能的電気刺激（FES）によって、脊髄傷患者における残存ニューロンの電氣的刺激で部分的に回復する。	臨床的使用は増加しており、呼吸・膀胱・直腸・性功能・把握動作・立位および歩行の回復などに臨床応用されている。
2 - 4	Grill WM. 2001.  B-6	review	膀胱における仙骨後根への刺激は、反射性尿失禁を減少させ、膀胱容量をかなり改良する。前根と後根の電気刺激の組み合わせで、神経根切断術を必要としないで膀胱の制御ができる。	機能的電気刺激は、狭心症などによる痛みを減少させ、睡眠時無呼吸や嚥下困難の改善といった生存率をあげるための潜在能力を持っている。
2 - 5	Yarkony GM. 1992.  B-6	review	1983～1990 年までの期間に脊髄損傷患者の機能的な動きの回復への影響、そして上位運動ニューロンによる上肢への電気刺激による治療効果を得る事である。	呼吸機能のための電気刺激は、妥当な成功をもたらし、そして、システムは商業的に実用段階にある。二次的合併症の予防あるいは治療のための電気刺激は、褥瘡、深部静脈血栓症、拘縮、痙縮、運動不足からくる廃用、筋萎縮に適用された研究的技術である。



項目- 文献番号	文献	研究 デザイン	対象, 評価・介入	成果
2 - 6	Sheffler LR. 2007.  B-6	review	対象は脊髄損傷あるいは脳卒中。直接機能的な目的を達成するために正確な系列および大きさを麻痺した筋を機能させるための NMES の使用について。	治療の適用は、NMES は特定の機能の増強はできる効果は望めるが、直接的に機能を提供できない。特定の治療への応用は運動機能の再教育、片麻痺患者における肩の痛みの減少、筋力の増強、筋力低下の防止、深在静脈血栓症の予防、組織の酸素化の改善、周囲の血行力学的機能、および心肺機能の調節を含んでいる。
2 - 7	Lanmüller H. 1997.  B-6	review	横隔膜ペーシングのための寿命が長いバッテリー動力付きの多重チャンネルの移植装置を開発した。移植可能なバッテリー、マイクロコントローラー、弱いパワーの製品の改良が進行している。	将来において、バッテリー動力付き装置の移植は、複雑な使用に対しても対応できるようになるだろう。脊髄損傷後の手や呼吸機能の回復の方法はバッテリー動力付き移植装置の分野で役に立つ分野であるかもしれない。
2 - 8	Gorman PH. 2000.  B-5	case report	脊髄損傷患者に対して最新の機能的電気刺激技術を使用し運動機能の回復を試みた調査を報告した。	機能的電気刺激を用いて運動機能の回復をみた。
2 - 9	Ashley EA. 1993.  B-3	non-RCT	対象: 10 人の高位頸髄損傷者 (SCI) と 5 人の健常者 (AB)。評価介入: FES を使用した脚の拡張運動で、心肺機能許容量を評価。方法: ①脚伸展動作②水抵抗脚伸展動作における心拍出量、酸素摂取量、換気量、呼吸商、心拍数、血圧を測定記録。	SCI と AB には、最大 VO <sub>2</sub> の明らかな違いがあった。心拍出量は大いに増加した。SCI 者の心拍数と血圧は自律神経障害の反応を示した。この反応は、非常に再現可能であり、FES を用いた訓練時の Th6 損傷レベルより上位の脊髄損傷患者の対応には注意が必要である。
2 - 10	Handa Y. 1992.  B-6	review	機能的電気刺激 (FES) システムは、麻痺した筋肉の運動機能を回復するために、多能なシステムと実用的な携帯用システムとして開発された。この論文はシステム構成、FES システムのコントロール方法と 3 例の FES システムの臨床的応用を説明する。	運動麻痺筋に対する機能的電気刺激の効果について報告。
2 - 11	Hjeltnes N. 1997.  B-3	non-RCT	対象: C5-C7 完全四肢麻痺患者 5 人。方法: 電気刺激による脚のサイクリング (ESLC) を利用し、2 週間の適合期間後に、対象は 8 週間 1 週ごとに 7 つの ESLC セッションを実行した。	結論: 2 か月間の毎日の ESLC セッションは、除脂肪体重 (LBM) を増加させ、体脂肪 (BF) 含有量を減少させ、四肢麻痺患者の筋持久力を増加させた。

項目-文献番号	文献	研究デザイン	対象, 評価・介入	成果
2 - 12	Phillips WT. 1998.  B-6	review	SCI 患者への下肢への機能的電気刺激 (FES) の使用は, 新陳代謝の向上と下肢筋力とサイクル持久力を増加させることが証明された。またライフスタイルの改善, 身体活動, 脂質管理と食事規制が冠状動脈疾患の危険因子に影響を及ぼすことが証明された。	機能的電気刺激の効果として, 新陳代謝の向上, 下肢の持久力の向上が見られた。同時に, 危険因子の存在も考慮する必要がある。
2 - 13	Raymond J. 1997.  B-3	non-RCT	対象: 対麻痺 (Th4-Th12) 患者 7 人。目的: 最大下にて上肢クランキングと上肢と電気刺激による下肢サイクリングの酸素摂取量と心拍数応答の比較を行う。方法: 上肢と電気刺激により下肢を回す運動を 5 分間, その後, 同じ出力で上肢クランキングだけを 5 分間行い, 運動中に, VO <sub>2</sub> , VCO <sub>2</sub> , VE, HR を測定した。RER および酸素パルスは測定された変数から計算した。	最大下にて上肢クランキングでは, 運動時心拍数を上げることが示唆された。上肢と電気刺激による下肢サイクリングは, 体に大きな代謝ストレスを与えた。対麻痺患者のために上肢と電気刺激による下肢サイクリング練習は相対的な利益について影響を及ぼす可能性がある。
2 - 14	Arnold PB. 1992.  B-3	non-RCT	対象: 男性 10 人と女性 2 人 年齢 16~46 歳。損傷後 3 か月~22 年。対麻痺 7 人, 四肢麻痺 5 人。評価介入: FES を用いた下肢伸展, 大腿四頭筋グループ筋の電気刺激。自転車エルゴメーター運動時の大腿四頭筋, ハムストリングス, 殿筋の電気刺激。抵抗負荷量, 一回換気量, 酸素消費量および呼吸商を測定。	機能的電気刺激 (FES) が脊髄損傷者の心血管および筋骨格の障害に対して大きな改善をもたらしたことから, 運動器の障害を改善する有効で安全な方法と考えられる。大腿周径では, プログラム終了時に, 右下肢は増加し (P < 0.002), 左下肢も増加した (P < 0.001)
2 - 15	Hooker SP. 1990.  B-3	non-RCT	7 人の対麻痺と, 7 人の四肢麻痺患者における機能的神経筋刺激 (FNS) 脚サイクル運動の生理学的反応を調査。各対象は, 連続で FNS 脚サイクル運動 30 分間の新陳代謝と血流力学の反応の判断に利用できる指先の毛細血管標本と聴診と心拍と肺活量を測定した。	安静値と比べて, 長期にわたり FNS 脚サイクル運動中の血漿量, 重炭酸塩濃度, および pH は, 両方のグループでかなり減少したが, 酸素摂取量, 二酸化炭素産生量, 呼吸商, 肺換気量, 心拍数, 左心室性ストロークボリューム, 心拍出量, および血中乳酸値はかなり上昇した。
2 - 16	Jacobs PL. 2002.  B-3	non-RCT	対象: 対麻痺患者 15 名。方法: FES 歩行と, 自発的な上肢の運動における代謝活動, 心拍数, 肺活量の最大値を評価した。	対麻痺患者の, 自発的な上肢の運動と, FES 歩行は, 類似した運動能力を引き出す。

項目- 文献番号	文献	研究 デザイン	対象, 評価・介入	成果
2 - 17	Block JE. 1989.  B-5	case- control study	急性脊髄損傷の3人の患者。対麻痺症例における電気刺激運動による筋肥大の大きさを特定するため、6週間のエルゴメーター練習を行い、大腿中央前面のQCTを使い評価した。	QCTは、フィットネストレーニング中の筋の肥大変化を明確にするための重要な手段である。CTにより大腿部の筋肥大量を測定すると、大腿部前面近位部に大きな増加がみられた。
2 - 18	Creasey GH. 2004.  B-6	review	下位運動ニューロンの電気刺激は、麻痺した筋肉を運動させて萎縮を防ぐことができる。それによって、筋力や筋持久力、心肺気能（運動耐容能）などを改善させることができる。	骨粗鬆症の進行を減少させる可能性がある。重要な実績として四肢の機能の回復があげられる。
2 - 19	Glaser RM. 1986.  B-5	case report	対象: 脊髄損傷 (SCI)。方法: 機能的神経筋刺激 (FNS)。	機能的神経筋刺激 (FNS) プログラムが、脊髄損傷者の機能的レベルの改善に寄与すると考えられるが、被刺激筋の疲労も引き起こす。FNSによる刺激に対する耐久性の向上のためには、FNSによる筋疲労のメカニズムを研究する必要がある。このことの解明により、臨床応用がさらに推進されることが考えられる。
2 - 20	Gazzani F. 1999.  B-3	non-RCT	脊髄損傷6人と脳外傷1人に対して、トレッドミル歩行トレーニングにより歩行能力が改善するか調査した。	実用的な歩行は困難であったが、機能的電気刺激 (FES) を用いたトレッドミル歩行練習が、歩行能力の改善に効果的なことが証明された。
2 - 21	Pollack SF. 1989.  B-3	non-RCT	C4-Th6の脊髄損傷 (SCI) の11人。REGYS Iシステムを使用した機能的電気刺激 (FES) に関するプログラムに参加した。プロトコールは、初期段階は重量挙げ、中間段階は2分間のエルゴメーター走行を休息時間2分を挟む計6回、0 kpから1/8 kpずつ負荷を上げて、最終段階では多様な抵抗に対して36セッションのエルゴメーター走行を行った。	運動麻痺を呈した下肢筋に、機能的電気刺激 (FES) を利用したREGYS Iシステム・プログラムを実施した。下肢筋へのFESの導入は、SCIの有酸素運動の効果を安全改善できることが証明された。

項目- 文献番号	文献	研究 デザイン	対象, 評価・介入	成果
2 - 22	Wheeler GD. 2002.  B-3	non-RCT	C7-Th12 レベルの 6 人 (ASIA A~C)。	訓練 3 か月後, 船漕ぎの距離は 25% 増加 (P < 0.02), 最大酸素摂取量は 11.2% 増加 (P < 0.001), 最大酸素脈は 11.4% 増加 (P < 0.01) した。FES による下肢の訓練では最大心拍数は, 訓練前と訓練後では明らかに増加した。脊髄損傷患者に対する FES にアシストされた船漕ぎ動作は安全でより許容された運動であり有効である。
2 - 23	Hoshimiya N. 1989.  C-5	case report	C4 四肢麻痺患者の四肢機能回復のための多重チャンネル機能的電気刺激 (FES) システムは, 患者および経皮電極によって意的にコントロールするためのパーソナルコンピュータ NEC PC-8801mkII, 周辺電子回路, CRT ディスプレイ, および呼吸センサで構成される。	C4 四肢麻痺患者の四肢機能回復のために, 多チャンネルの機能的電気刺激 (FES) システムを使用した。四肢麻痺者の手指, 手関節, および肘関節の高度な巧緻動作を誘導するために, 健常者の動作筋電位からデータを抽出して, 多チャンネルの刺激データを作成した。
2 - 24	Peterson C. 2004.  B-5	case report	CCS と両肩関節亜脱臼を呈した 29 才男性。右肩の三角筋前部繊維と中部繊維, 棘上筋に 8 週にわたって ES を受けた。テーピングは, 両肩の三角筋前部繊維・中部繊維上を肩峰まで, 3~4 日おきに貼付した。	初期の肩関節亜脱臼測定値は, 右 1.5 cm と左 1.0 cm であり, 最終測定値は, 右 0.3 cm と左 0.2 cm であった。このことから, 患者の肩亜脱臼を減らす効果があるかもしれない。
2 - 25	Kohlmeyer KM. 1996.  B-2	RCT	対象者: 四肢麻痺の入院患者 45 人。目的: 急性期リハの最初の段階で, 四肢麻痺患者のテノデシスグラスプの回復に関して, 電気刺激とバイオフィードバックの効果を評価すること。介入: 被験者は治療群でランダムに振り分けた。①従来の治療群, ②電気刺激群, ③バイオフィードバック群, ④バイオフィードバックと電気刺激群。	盲目検討下での MMT と ADL スコアにおいて, 全 4 つの治療群は改善を示した。バイオフィードバック, または電気刺激の単独治療, またはその組み合わせによる治療と従来のリハビリテーション治療との効果を比較した。その結果, テノデシスグラスプにおいては有意な差は示さなかった。
2 - 26	Langbein WE. 2001.  B-3	non-RCT	対象は C5-Th7 の脊髄損傷 (SCI) 男性患者 10 名。麻痺した腹筋への電気刺激による肺機能テスト (PFT) への影響を研究した。	電気刺激によって, 予測値よりも努力肺活量 (FVC) 23%, 1 秒率 (FEV1) 16%, 最大呼気流量 (PEF) 22% の改善・増加を示した。脊髄損傷者において, 呼気筋である腹筋に対して電気刺激を行うことで, FVC, FEV1 を大幅に向上させることができることが示された。

項目- 文献番号	文献	研究 デザイン	対象, 評価・介入	成果
2 - 27	Jaeger RJ. 1993.  B-3	non-RCT	咳嗽（最大呼気流量率で測定）の有効性を、①意思的に介助なし、②セラピストの徒手介助、③腹筋の電気刺激による介助の3条件で計測した。	電気刺激によってもたらされる咳嗽は、徒手的に介助された咳嗽と同じくらい効果的であり、より詳細に研究する価値があることを示唆している。
2 - 28	Stanic U. 2000.  B-3	non-RCT	換気を増強する方法として、脊髄損傷患者 5 人（損傷レベル C4-C7）と健常者 6 人に対し、腹筋への FES 刺激の効果を調査した。	FES により、胸部下部と上腹部でのアクティブボリューム減少を引き起こし、一回換気量増加を引き起こすことが証明された。腹筋群の電気刺激によってもたらされる咳嗽は、徒手的に介助した咳嗽と同等の効果があった。
2 - 29	Okuma I. 2003.  B-6	review	高位頸髄損傷による呼吸障害をもつ患者に対する呼吸ペースメーカー導入によって、呼吸運動が回復した。人工呼吸器と比べて、呼吸ペースメーカーの方が生理的状态に近いと考えられる。システムは非常に高価だが、患者の活動性を増加させ、QOL を向上させるのに有効である。	呼吸ペースメーカーの導入は、高位頸髄損傷者の活動性増加と QOL の向上に有効である。
2 - 30	Oo T. 1999.  B-4a	cohort	脊髄損傷の急性期に人工呼吸器管理された 107 人の患者における横隔膜の機能転帰を、16 年間にわたって調査。双方の横隔神経と横隔膜が損傷されていないことは、スパイロメトリ、神経刺激のない X 線透視検査によって臨床的に評価した。	患者 7 人のその後の横隔膜回復は、急性障害後 93~430 日間にウィーニングできた。その段階の肺活量は 15 ml/kg である。5 人の患者では横隔膜回復はかなりの時間が経過して起こった（84~569 日間、P=0.053）。
2 - 31	Brule JF. 1993.  A-5	case-series	対象は 13 人の高位脊髄損傷患者。横隔神経電気刺激呼吸法（REP）は、横隔神経、横隔膜、および肺の運動ニューロン疾患患者のための技術である。導線は横隔神経に装着し、吸気に横隔膜を収縮させ、呼気時は受動的に行う。	REP 装置の適応は自発呼吸が可能になるか、感染や知能的に問題のない患者である。訓練は長い時間必要であるが、一般的に経過がよい。
2 - 32	Nakajima K. 1990.  B-5	case-series	脳幹または高位頸髄の損傷している 15 人の無呼吸の四肢麻痺患者に対して横隔膜電気刺激呼吸（EPR）ユニットを移植した。	移植後の状態では、患者のうち 11 名は EPR で 24 時間の自発呼吸を達成し、2 名は 12 時間の自発呼吸を達成した。また、退院後に 7 名は現在も継続的に EPR を行い、1 名は 18 年間継続中である。

項目-文献番号	文献	研究デザイン	対象, 評価・介入	成果
2 - 33	Creasey GH. 2004.  B-6	review	横隔神経ペーシング移植によって, 人工呼吸器なしで効果的な呼吸を可能にする。さらに, 発声能力, 移動性, 幸福感, 咳嗽力の改善が示された。	横隔神経ペーシングを移植することによって, 人工呼吸器を使用せずに自発呼吸が可能になった。さらに, 発声能力, 移動能力, 幸福感, 咳嗽力の改善などが示された。
2 - 34	Carter RE. 1987.  B-4b	case-control study	脊髄センターのリハビリテーションを終了した患者で, 機械的人工呼吸器を使用している18人とEPRを使用している19人を比較した。	人工呼吸器依存型患者は, EPRグループより早く死亡したが, 死亡率は殆ど同じであった。機械的人工換気の生存者は平均で長生きし, そして, 両グループの大多数が家庭復帰をした。
2 - 35	Brown R. 2006.  B-6	review	重篤なSCI患者は人工呼吸器を必要とするが, 肋間筋や横隔神経のペーシングで人工呼吸器からの離脱ができる。最近の研究は吸気の時間と呼気終末陽圧に伴う改良を示した。	横隔膜ペースメーカーは会話能力をも改善する。
2 - 36	Cahill JL. 1983.  B-5	case-series	無線横隔神経ペースメーカーを移植した6~9歳の小児脊髄損傷患者4人。	無線横隔神経ペーシングは, 重症脊髄損傷児の機能回復に重要である。
2 - 37	Onders RP. 2005.  B-5	case-series	高位脊髄損傷患者が横隔膜ペーシングシステムの腹腔鏡移植術を受け, その手術方法を以下の4ステップに分割した。①横隔膜の展開, ②横隔膜の神経モーターポイントのマッピング, ③ペーシング電極の移植④体外システムへのワイヤの最終的な接続方法。	横隔膜ペーシングシステムの腹腔鏡移植術の術式確立を目的に, 高位脊髄損傷者6名を対象に調査を行った。通院で低リスクな手術方法として可能であれば費用対効果に優れた方法でもあるため, 通院患者への横隔膜ペーシングシステムの開発は有用である。
2 - 38	Ayas NT. 1999.  B-5	case report	左横隔神経のペースメーカー(PNP)の除去と8か月間, 陽圧換気を必要とした高位頸髄損傷患者。右横隔神経は1日あたり30分刺激し, それぞれの隔膜(tdi)の厚さは超音波検査で測定した。左のPNP再移植後, VTとtdiは電気的な刺激の再開の直前と継続して33週間測定した。	あらかじめ機能させていない側はVT(220 mlから600 ml)とtdi(0.18 cmから0.34 cm)とかなりの変化があった。横隔膜の長期の麻痺において, 短期間の毎日の横隔神経刺激で萎縮を防げる。
2 - 39	Oakes DD. 1980.  B-5	case-series	過去5年で, 神経性呼吸不全のために人工呼吸器に依存していた外傷性脊髄損傷患者10人と進行性脱髄疾患患者1人。横隔膜刺激装置を設置。	手術死亡率は全くなかった。気管切開しているにも関わらず, 感染も創傷合併症もなかった。3人の患者が人工呼吸器から完全離脱した。6人は部分離脱となり, 看護ケアが簡潔化された。

項目- 文献番号	文献	研究 デザイン	対象, 評価・介入	成果
2 - 40	DiMarco AF. 2005.  B-5	case-series	横隔膜電極は, 人工呼吸器に依存する四肢麻痺患者 5 名に腹腔鏡下で設置された。電極配置後 15~25 週の期間にわたって横隔膜の強さと持久力を向上させる計画に参加した。ペーシング単独で引き起こされた換気量の大きさと横隔膜での換気の継続時間が測定された。	4 名の患者で, 最初の相互的な横隔膜刺激は 430~1,060 mL の間の換気量が得られた。数週間にわたって横隔膜を調整することにより 1,100~1,240 mL まで, 換気量が増加した。これらの患者は, 横隔膜ペーシングによって人工呼吸器なしで, 長い時間快適に維持された。
2 - 41	Onders RP. 2004.  B-5	case-series	横隔膜運動収縮の強さを視覚による質的測定と腹圧の量的測定値によって評価した選択的腹腔鏡処置を受けている患者 28 人。患者は, モーターポイントを特定するためマッピングの調査で一連の電気刺激を経験した。人工呼吸器依存の四肢麻痺患者に横隔膜ペーシングを移植した。	モーターポイントを特定するため横隔膜に 3~50 箇所刺激した。脊髄損傷グループにおいて, 5 人は十分な 1 回換気量を作り出すモーターポイントに電極を埋め込んだ。3 人の患者は, 完全に人工呼吸器から離脱しており, 他の 2 人は人工呼吸器から離脱する時間を次第に増やしている。
2 - 42	DiMarco AF. 2001.  B-6	review	複合肋間筋と片側の横隔膜神経過敏患者において, 筋肉内横隔膜ペーシングは換気を維持することが示された。	相互的な横隔膜の神経機能をもつ患者において, 今研究は, 筋肉内横隔膜ペーシングが横隔膜神経ペーシングに代わるものであるかもしれないことを示唆する。
2 - 43	DiMarco AF. 2005.  B-5	case report	人工呼吸器に依存する四肢麻痺患者。腹腔鏡的に設置した横隔膜電極は, 開胸術なしで長期入院せずに行われた。	横隔膜ペーシングは人工呼吸と比較して, 患者に活動性や会話能力, 快適さを与え医療費を減らすことにつながる。呼吸筋の電気刺激は, 咳メカニズムを復活させ, 無気肺と呼吸不全の発生率を減らし, これらの合併症と死亡率を減らすことにつながる。
2 - 44	DiMarco AF. 1994.  B-5	case-series	ベンチレータに依存する四肢麻痺患者 (5 名) に対し人脊髄刺激 (SCS) による肋間筋ペーシングの有用性の評価を行った。	低周波 (13 Hz) 肋間ペーシングによって換気が維持できた時間は 20 分~2 時間 45 分であり, SCS による肋間ペーシングが換気を維持するほどの吸気量生産をもたらさないことを証明した。
2 - 45	DiMarco AF. 2005.  B-5	case-series	一側の横隔膜神経を再建した人工呼吸器に依存している脊髄損傷患者 4 名。結果は呼吸器をオフにした時の吸気量生産と持続時間で判定された。	肋間部と横隔膜刺激による初期の最大の吸気量は, 0.23 L と 0.93 L の間に及んで, コース終了時には 0.55 L から 1.3 L に増大した。呼吸器オフでの持続時間は 1 日で 16~24 時間維持できた。

項目- 文献番号	文献	研究 デザイン	対象, 評価・介入	成果
2 - 46	Krieger LM. 2000.  B-5	case-series	高位頸髄損傷で C3-C5 レベルの脊髄損傷を受け長期の陽圧換気を使用している患者 6 人に 10 回の神経移行術を施行した。横隔神経ペースメーカー移植は、吻合部より遠ざけて施工された。	横隔膜反応をみるまで術後平均 9 か月であった。ETCO <sub>2</sub> , TV, 患者の安心感で判断したところ、全ての患者が人工呼吸に代わる手段として横隔膜ペーシングを認めた。横隔膜ペーシングの移植と横隔神経への肋間神経移行術は、高位頸髄損傷患者を人工呼吸から離脱する実行可能な手段である。
2 - 47	Krieger AJ. 1994.  B-5	case report	横隔膜の神経吻合による機械的横隔膜電気刺激呼吸の成功例を報告する。	末梢神経の顕微手術による修理および神経移植によって損傷された横隔神経への肋間神経の吻合によって軸索の再生および横隔膜の再神経支配が生じたならば、遠位の横隔神経は徐々に伸びていく可能性がある。
2 - 48	Sheriff MK. 1996.  B-5	case-series	対象: 排尿筋の過反射のある 7 人男性脊髄損傷患者。目的: マルチプラス磁気刺激装置を用い、排尿筋過反射に関し、機能的な磁気刺激 (FMS) の効果を調べること。	磁気刺激後、排尿筋過反射の明らかな抑制があった。排尿筋圧が評価され排尿筋収縮の縮小があった。結論: 仙骨に磁気刺激することは、排尿筋過反射を抑制することができる。植込み型電氣的神経調節装置という非侵襲性的方法があり、治療法の選択肢になるかもしれない。
2 - 49	Rijkhoff NJ. 1997.  B-5	case-series	12 人の脊髄損傷患者。仙骨神経根刺激により、患者自らで選択的な排尿筋収縮を実証する。刺激方法は、有髄神経繊維の選択的起動を含み、陽極の刺激の組合せと三極電極を使う選択的な陽極ブロックから成る。	パルス振幅と持続時間の両方は、尿道内圧力応答に影響している。8 人の患者において、運動線維の陽極のブロッキングは可能であった。この研究は、仙骨神経刺激による選択的な排尿筋収縮の実現的な可能性を示す。
2 - 50	Creasey GH. 2004.  B-6	review	仙髄神経電気刺激は有効な排尿を起こして、尿路感染を減少させることができる。また、腸機能と勃起機能を改良できる。通常、電気刺激と仙骨の神経後根切断術を結合することによって膀胱機能自制と膀胱容量を改良する。	電気刺激と仙髄の神経後根切断術を結合することによって膀胱機能自制と膀胱容量を改良し、その組み合わせはケアコストを削減することが示されている。
2 - 51	Liu LQ. 2006.  B-6	review	仙髄神経根への機能的な磁気刺激 (FMS) によって、殿筋を働かせることが可能である。FMS の急性影響、皮膚血液内容、酸素処理変化を検査して、評価方法として実用性を証明した。	FMS は座骨にかかる圧を変化させる程の大殿筋収縮を起こすことができ、長期間刺激は殿部の筋量を増し、褥瘡を予防・減少させ可能性がある。



項目- 文献番号	文献	研究 デザイン	対象, 評価・介入	成果
2 - 51	Liu LQ. 2006.  B-6	review	脊髄損傷患者の座骨の褥瘡を予防するために仙髄前根刺激装置 (SARS) 移植の使用を提案する。SARS 移植をした電気刺激は類似した結果を得られることを示した。	SARS は、座骨にかかる圧を変化させる程の大殿筋収縮を起こすことができ、長期間刺激は、殿部の筋量を増し、褥瘡を予防・減少させる可能性がある。
3 - 1	Pellatt GC. 2007.  B-5	qualitative study	対象は Dr. 5 人, PT 5 人, OT 3 人, および 20 人の患者。脊髄損傷リハにおける患者の参加を質的研究で明らかにし、脊髄損傷リハにおける専門家と患者認識との一致があるかを特定する。	調査結果は専門家がリハビリで果たす役割に関して、専門家と患者の考えはほぼ一致していた。早期にリハビリ専門家が介入することにより患者の理解を育むことができ、専門家との関係を促進する可能性がある。
3 - 2	Lu AC. 1996.  B-5	case report	右は C7, 左は C8 の運動機能をもち C6 以下の感覚ない完全な四肢麻痺の 25 才の男性。	包括的なりハビリテーションプログラムの後で、運動機能または感覚機能の変化なしでも、FIM によって記録され、この患者はセルフケアと移動能力の大部分の領域で全介助から事実上の自立レベルへ改善した。このケースは、脊髄損傷後で積極的な入院患者のりハビリテーションの重要性を例示する。
3 - 3	Noreau L. 1995.  B-6	review	脊髄損傷 (SCI) の包括的なりハビリテーションの究極の目標は、平均寿命の拡大から最適水準の自立した生活と生活の質の向上である。運動は二次的損傷を減少させ、ハンディキャップを最小限にできる。また、生活の質は、密接に自立した生活に関連づけられ、リハビリテーションの成功を判断するときの重要な結果となる。	運動の身体障害者への影響を調べる研究デザインは、客観的な結果測定だけではなく、生活満足度に関連する主観的な測定と生活の質も含むべきである。
3 - 4	Bötzel U. 1997.  B-6	review	人工呼吸器・移動性・看護・個人のニーズに対して様々な専門的援助が必要であり、そのコストは 116,450 ドル程度かかる。横隔膜ペースメーカーは患者の自立と QOL に関しては実質的に意義深い利益があるが装置は非常に高価であるので、常設の人工呼吸器に対するコストは減少しない。	横隔膜ペースメーカーは高価であるが、患者の自立と QOL に関しては実質的に意義深い利益がある。

項目- 文献番号	文献	研究 デザイン	対象, 評価・介入	成果
3-5	Nelson VS. 1996.  B-4a	cohort	1978年から1993年までのミシガン大学 Medical センターで治療した89人の換気装置を装着した子供を対象に医学記録を再検討。	低年齢の小児は、長期間入院し、その殆どが再入院した。診断に関しては、脊髄損傷と気管支肺異形成症であった。著者は、注意深いフォローアップと周期的な患者の健康状態や機能状態を評価する事が大切であり初期の入院中の適切なリハビリテーションが後の変化、不安定性、及び再入院を最小限にすると結論付けた。
3-6	Gardner BP. 1985.  B-4a	cohort	1968年から1984年の間に人工呼吸器を使用したマージ地域脊損センターの37人の患者と、彼らを介護している家族を対象にインタビューした。	患者へのインタビューにより、18名は急変した場合再び人工呼吸器を使用したいと言い、2名は未定、1人は死を受け入れると言った。6名の家族は、呼吸器の使用を希望したが、希望しなかった人は皆若い母親であった。
4-1	Johnston TE.2003.  C1-4b	compara- tive study	脊髄損傷者9名(年齢7~20歳)を対象に、下肢にFES電極(股関節と膝関節の伸展, 股関節の内転, 外転筋の8チャンネル)を埋め込み、FESと長下肢装具使用での8つの直立移動活動(upright mobility activities)テストを実施し、動作の自立レベルと完成(達成)までにかかった時間を測定し比較した。	FES使用時は長下肢装具使用時より4つの活動(P=0.02)で速く活動でき、より独立した5つの活動(P=0.025)では自立可能であった。座位から立位への移行動作(2つの移動活動)では、FESでは速く、より自立して行っていた。加えて、被検者はほとんどの活動においてFESを好むと報告しなかった。FESは、長下肢装具と比較して活動を完了するのに多くの時間やより多くの援助を必要としなかった。
4-2	Wieler M. 1999.  C1-3	multicen- ter study	脊髄損傷(n=31)と脳損傷者(n=9)の40名(受傷後平均経過期間5.4年)を対象に、平均1年間にわたり4つのセンターで比較研究を行った。歩行パラメータは、すべての被検者でFESありおよびFESなしで検査された。歩行パラメータは速度、サイクル時間、ストライド長であった。またこの研究は、アンケート調査によって行われた。	最初に歩行速度(20%の平均的増加)が若干改善し、その後も継続的な増加が認められた(全体の平均改善率、45%)。最も相対的な増加を示したのは、最も遅い歩行者(0.3 m/secの速度)であった。
4-3	Gallien P. 1995.  C1-4b	clinical trial	13名の脊髄損傷完全麻痺を対象に、Parastepアプローチ(機能的電気刺激)を行った。	12名は長下肢装具なしで独歩可能となり、歩行距離が平均76 m/minで最大350 m。平均速度0.2 m/secあった。

項目-文献番号	文献	研究デザイン	対象, 評価・介入	成果
4-4	Thoumie P. 1995.  C1-4b	clinical trial controlled clinical trial multicenter study	6つのリハビリテーションセンターの26名の完全対麻痺者を対象に、共同研究でRGO-IIハイブリッド装具を作成し、歩行練習を実施した。	2か月後、19名は単独で立ち上がり可能となった。歩行距離が200mから1,400mに、スピードが0.15 m/secから0.45 m/secに変化した。ハイブリッド装具を使用した15名のうち11名は家庭でも使用している。
4-5	Bajd T. 2002.  C1-5	case report	脊髄損傷不全麻痺者を対象に、L3-L4 髄節に電気刺激を加え、トレッドミル上にて歩行訓練を実施した。	髄節刺激は歩行時、立脚期中の麻痺した下肢の伸展筋緊張 (extensor tone) を減らし、遊脚期中に下肢の屈曲を改善させるのに効果的であることが判った。
4-6	Herman R. 2002.  C1-5	case report	慢性期の脊髄損傷不全麻痺者1名 (ASIA C) を対象に、硬膜外脊髄刺激 epidural spinal cord stimulation (ESCS) を行い、partial weight bearing therapy (PWBT) を利用したトレッドミル上歩行練習を実施した。平均スピード、歩数、sense of effort、身体的な仕事許容量 (physical work capacity)、運動代謝量 (body metabolic activity) を測定した。	PWBT を行うことで痙性を著しく減少させ、stereotypic なステップパターンに改善されたが、陸上歩行における安全性、エネルギーコスト、疲労に関しては不十分な結果であった。ESCS と PWBT において、適切な刺激のパラメータを用いたため、被検者の歩行リズムに改善が認められた。15m 陸上歩行にて非刺激状態と ESCS を比較した結果は、ESCS のほうが時間短縮し、エネルギーコストを下げ、努力する感覚 (sense of effort) や脚の軽さの感覚も軽度になった。2, 3 か月のトレーニング後では、速度、持久力と代謝反応のパフォーマンスは ESCS ある/なしでは徐々に差が認められた。しかし、より長い距離 (例えば 50~250 m) においては、ESCS に対するパフォーマンスの方が優れていた。
4-7	Petrofsky JS. 2001.  C1-4b	clinical trial	脊髄損傷不全麻痺のトレンデレンブルグ歩行を呈する10名を対象に、筋電図バイオフィードバックを使用し、クリニックにて筋力増強と歩行訓練を1日2時間、週5日、2か月間行った。うち5名は自宅でも筋電図バイオフィードバックを使用し、自主練習を行った。	クリニックで治療を受けているだけの被検者は、腰周囲の筋力が50%改善した。しかし、家庭で装置を使ったグループは、2か月後、ほとんど通常歩行となった。

項目- 文献番号	文献	研究 デザイン	対象, 評価・介入	成果
4 - 8	Protas EJ. 2001.  C1-4b	clinical trial	慢性期の胸髄不全損傷者 3 名。うち 2 名は ASIA impairment scale D, 1 名は impairment scale C を対象に, 12 週の歩行トレーニングを実施した。トレーニングは吊り上げ装置で体重免荷され, トレッドミル上で行われた。吊り上げ体重免荷は 40%, トレッドミル速度 of.16 kmph から開始し, 徐々に免荷量を減らしながらトレッドミル速度を増やし, 20 分間連続トレッドミル歩行を行った。トレーニングは, 1 日 1 時間, 週 5 日を 3 か月間実施した。トレッドミル歩行は 1 セッション 20 分間で行った。	3 名ともトレッドミル速度 (12 週後には 0.118 m/sec が 0.318 m/sec) とトレッドミル歩行耐久性 (20.3 m/5 min が 63.5 m/5 min) が増大した。酸素経費は, 12 週後, 1.96 mL から 1.33 mL の×kg の (-1) ×m (-1) まで減少した。
4 - 9	Phadke CP. 2007.  C1-4b	clinical trial compara- tive study	トレッドミルにて体重を 40% 免荷し, セラピストによる下肢の誘導下歩行におけるヒラメ筋 H-反射振幅 (H/M 比率) を, 年齢と歩行速度が合う脊髄損傷不全麻痺者 8 名と健常者 8 名の比較を行った。	免荷歩行により脊髄損傷不全麻痺者のひらめ筋 H-反射振幅 (H/M 比率) は, 通常歩行時より立脚期にて 33% と少なく, 遊脚期では 56% 少なかった。また, 通常歩行における脊髄損傷不全麻痺者と健常者では, H/M 比率は不全麻痺者でかなり大きな値を示した。免荷歩行により, これらは両者で大きな変化はなかった。トレッドミル上での免荷歩行は, SCI 後の反射的変調を正常化するためのよりよい環境である。
4 - 10	Ditunno JF Jr. 2007.  C1-2	RCT	6 つのセンターにおいて, 外傷性脊髄損傷による介助にて歩行できる不全麻痺者 (C4-L3), 146 名を対象に, トレッドミルにて体重免荷歩行練習を 12 週間行い, FIM, 歩行速度, 6 分間歩行等を 3, 6, 12 か月後に評価した。あわせて, lower extremity motor score (LEMS), Berg balance scale (BBS), WISCI, FIM locomotor score (FIM) を評価した。	6 か月後の WISCI による相関は, BBS, LEMS, LFIM, FIM, 歩行速度, 6 分間歩行は, 優位に相関していた。3, 12 か月後も類似した相関を示した。WISCI スケールの有効性は, 3, 6, 12 か月後に全ての処置で有意な相関を示しました。脊髄損傷不全麻痺者のための歩行試験予後のために, BBS, LEMS, LFIM, WISCI, 歩行速度の評価の組合せは, 十分な説明をもたらす。

項目- 文献番号	文献	研究 デザイン	対象, 評価・介入	成果
4 - 11	Behrman AL. 2008.  C1-5	case report	歩行不可能な American Spinal Injury Association impairment scale (AIS) で C, 下肢の運動スコア 4/50 の 4 歳 6 か月の少年を対象に, 16 週に渡ってトレッドミルと吊り上げによる歩行練習を実施した。結果測定には, ASIA impairment scale score, 歩行速度, 歩行自立度, 歩数を用いた。	歩行トレーニング 1 か月にて, 随意的な踏み出しが始まり, community ambulation へ変化した。歩行の自立度スコアは, 13/20 まで増加し, 2,488 歩/日の平均歩数, 最大歩行速度 0.48 m/sec であった。頸髄損傷不全麻痺の子供においては, LEMS の値に頼らず, 歩行トレーニングを行うことで歩行の回復を期待できるかも知れない。
4 - 12	Field-Fote EC. 2005.  B-2	RCT	不全脊髄損傷者: 27 名を対象に, 下肢の振り出しの介助援助を 4 つの異なる方法に分けた。 ①手動援助によるトレッドミル歩行トレーニング (TM), ②電気刺激によるトレッドミル歩行トレーニング (TS), ③電気刺激による地上での歩行トレーニング (OG), ④ロボティック援助によるトレッドミル歩行トレーニング (LR) それぞれの介助援助のトレーニング開始時, 終了時における地上での歩行速度, ステップ長とステップの左右対称性を含む歩行能力の結果を比較した。	すべてのグループで, 歩行速度へのトレーニングの重要な効果を示した。吊り上げ式体重支持歩行 (BWS) トレーニングは, 慢性の不全脊髄損傷者 (SCI) にとって有効なトレーニングである。初期の歩行能力のデータは, 慢性の不全脊髄損傷者 (SCI) の歩行能力向上に対して, どのようなトレーニングアプローチが相当かを予測する指標となる。
4 - 13	Gardner MB. 1998.  C1-4b	case report clinical trial controlled clinical trial	C5-C6 の脊髄損傷不全麻痺 (1 名) を対象に, 体重の 32% を免荷し, 3 回/日にトレッドミル上の歩行を 6 週間実施した。歩行速度は快適歩行, 速歩, ランニングで分け心拍数を測定した。	快適歩行, 速歩, ランニングでそれぞれ速度が上昇した。心拍数はランニングで最大値を示し, 快適歩行で最小値を示した。
4 - 14	Pépin A. 2003.  C1-4b	compara- tive study	脊髄損傷不全麻痺者 5 名と健康者 5 名を対象に, トレッドミルを使用し, 異なる 3 つの状況下で異なる歩行スピードで歩行し, ストライド長とストライド数を測定し比較した。	脊髄損傷不全麻痺者にとってトレッドミルでの最大歩行スピードの制限要因は, 最大歩数 (ストライド数 stride frequency) であることが示された。脊髄損傷不全麻痺者は健康人と比べ, 立脚期, 遊脚期, 両脚支持期ともにより長い時間を要していた。このため相対的に速い歩行スピードではこれらの所要時間を減らすのが困難であり, 歩行スピードを制限する要因となっている。

項目- 文献番号	文献	研究 デザイン	対象, 評価・介入	成果
4 - 15	Field-Fote EC. 2001.  C1-4b	clinical trial	受傷後 1 年以上経過した非対称の下肢機能を有する ASIA class C の被検者 19 名を対象に, 吊り上げ式体重支持免荷 (BWS), 機能的な電気刺激 (FES) を実施した。トレーニングは, 3 か月間, 被検者は 1 日 1.5 時間, 週 3 日で行われた。トレーニングは, 電気刺激による補助を行い, 吊り上げ体重支持にてトレッドミル歩行を行い, トレッドミル歩行速度, 速度と距離, 下肢運動スケール (LEMS) の関係について評価した。	トレーニング終了時, 陸上歩行速度 (OGWS) は $0.12 \pm 0.8$ m/sec から $0.21 \pm 0.15$ m/sec ( $P=0.0008$ ), トレッドミル歩行速度は $0.23 \pm 0.12$ m/sec から $0.49 \pm 0.20$ m/sec ( $P=0.00003$ ), トレッドミル歩行距離は $93 \pm 84$ m から $243 \pm 139$ m ( $P=0.000001$ ) と著明に増加した。下肢運動スケールの平均値は, 電気刺激した下肢としていない下肢において, FES での電気刺激した脚では 8 から 11, 刺激していない脚では 15 から 18 と両者とも著明に増加した。
4 - 16	Tabering CB. 2007.  C1-4b	compara- tive study	BiosStep <sup>®</sup> (中枢神経の損傷による人の歩行を, 介助する機能的運動神経刺激システム) を用いた時とそうでない時の歩行を, 運動学を用いて評価した。	BiosStep <sup>®</sup> によって得られた足取りが健常者と類似していた。BiosStep <sup>®</sup> による生理的コスト指数は, 機械的な他の介助より高かった。
4 - 17	Israel JF. 2006.  C1-4b	compara- tive study research support	12 名の歩行可能な運動不全の脊髄損傷を対象に, 代謝と EMG データを robotic <sup>®</sup> とセラピスト介助によるトレッドミル歩行で収集した。また両方の方法で被験者が最大限の努力ができるように介入した。	セラピスト介助による歩行に比べ robotic <sup>®</sup> による歩行は, 代謝消費と遊脚期の股関節屈筋 EMG 活動はかなり低かった。robotic <sup>®</sup> による歩行は, 遊脚期の足関節底屈 EMG 活動を増加させた。
4 - 18	Haubert LL. 2006.  C1-4b	comparati- ve study	成人の不全脊髄損傷者 (SCI) : 14 名を対象に, 両側のロフトランド杖歩行と歩行器歩行の間で, 三次元 (3D) 解析機を用いて肩関節モーメントとストライドの比較を行った。	松葉杖歩行の間, 肩関節モーメントにおいて高いピークと荷重率を示した。非常に大きなピークトルクが松葉杖歩行の間, 出現していた。歩行速度とリズムは同様だった。ストライド長松葉杖歩行においてかなり大きかった。松葉杖の使用は優れた力を増やしたが, 歩行速度を増加できなかった。

## 備考

わが国で頻用されている評価指標(推奨グレードなし)

国内学会が作成している評価指標

### 1. 脊髄損傷

脊髄の損傷による運動・感覚機能の障害。脊椎の骨折，脱臼，過度の伸展・屈曲などによる外傷性のものと，循環障害，腫瘍，感染症，先天奇形などの非外傷性のものに大別できる。一般的には，運動・感覚・自律神経・膀胱直腸障害を現す。完全損傷では最終的機能予測が比較的早期から容易であるが，不全損傷では慎重を要する。また，予後に影響を及ぼす褥瘡・尿路感染症などの合併症に注意が必要である。

\*奈良 勲(監)：理学療法学事典. 内山 靖(編)，医学書院，東京，pp471，2006.

### 2. 脊髄ショック

脊髄の急激な横断性傷害により生じる損傷部以下が完全に麻痺し，弛緩性運動麻痺，反射の消失，膀胱直腸障害などをきたした状態。脊髄ショックにいたるメカニズムは不明。一過性の現象で数日～数週間後に侵害刺激に対する下肢屈曲反射より回復してくることが多い。

\*奈良 勲(監)：理学療法学事典. 内山 靖(編)，医学書院，東京，pp471，2006.

### 3. Berg balance scale(BBS)

Berg Kらによって1989年に報告された14項目からなる総合的なバランス能力評価バッテリーである。その内容には座位および立位での姿勢保持，立ち上がり動作，片脚立ち，移乗動作，および方向転換などが含まれる。評価は各項目ともに0～4点の5段階であり，満点は56点となる。

\*浅井 仁：functional balance scale. PTジャーナル 44(6)，2006.

### 4. 徒手筋力検査

Daniels と Worthingham による検査法は，臨床で広く使用されている。

### 5. 関節可動域検査

### 6. 日常生活活動検査

- 1) Barthel Index (BI)
- 2) Functional Independence Measure (FIM)

## 7. 損傷高位診断

### 1) Zancolli の分類

\*Zancolli E: Surgery for the quadriplegic hand with active, strong wrist extension preserved. A study of 97 cases. Clin Orthop Relat Res 112: 101-113, 1975.

### 2) ASIA/ISCoS による国際標準評価法

本評価法の中に上肢・下肢それぞれに Motor score, Sensory score, ASIA impairment scale (AIS) がある。

\*ASIA: The American Spinal Injury Association

\*\*ISCoS: The International Spinal Cord Society

### 3) Frankel 分類

現在は, AIS (ASIA Impairment Scale) を使用することが多い。

\*Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G, et al.: The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. Paraplegia 7: 179-192, 1969.

### 4) 改良 Frankel 分類 (総合せき損センター式)

\*福田文雄, 植田尊善: 改良 Frankel 分類による頸髄損傷の予後予測. リハ医学 38 : 29-33, 2001.

### 5) Moberg の分類

\*Moberg E: The upper limb in tetraplegia. Georg Thieme Verlag Publisher, Stuttgart, 1978.

## 8. 痙縮評価

### 1) Ashworth Scale

\*Ashworth B: Preliminary trial of carisoprodal in multiple sclerosis. Practitioner 192: 540-542, 1964.

### 2) Modified Ashworth Scale

\*Bohannon RW, Smith MB: Interrater reliability of a modified Ashworth scale of



muscle spasticity. *Phys Ther* 67: 206-207, 1987.