

## 慢性期脳卒中片麻痺患者に対する 歩行練習プログラムの動向 —体重免荷トレッドミル歩行練習を中心に—

高尾敏文<sup>1)2)</sup> 奥野純子<sup>2)</sup> 柳久子<sup>2)</sup>

脳卒中は日本人の死亡原因の第3位であると同時に、要介護状態になる原因の第1位であり、発症後長期にわたり医療・介護・福祉との係わりが重要となる。しかし慢性期以降のリハビリテーションが困難な社会情勢であり、短期間で効率よく結果の出るリハビリテーションプログラムの考案が求められている。このような中、1990年代にアメリカで開発された「体重免荷トレッドミル歩行練習 (BWSTT)」が注目されている。慢性期脳卒中片麻痺患者に対するBWSTTの歩行能力改善効果についてはほぼ証明されており、日本の制度に応じた内容にアレンジしたBWSTT実施プロトコルについても、一部ではあるが我々の研究でその効果を示した。しかし特殊な機器を必要とする不便性の問題があることや、介入時期および頻度に関しては不明確な点があり、今後の検討が期待されるところである。

キーワード：脳卒中，歩行練習，体重免荷トレッドミル歩行，  
リハビリテーション

---

1) つくば国際大学 医療保健学部 理学療法学科  
2) 筑波大学医学医療系

## I. 諸言

脳卒中とは、脳の血管の閉塞や出血により、種々の神経症状を出現させる循環器系疾患である<sup>1)</sup>。脳出血やくも膜下出血に代表される出血性疾患と、脳梗塞に代表される虚血性疾患に大きく分類され、分類法としては「米国NINDS分類第Ⅲ版」(表1)<sup>2)</sup>や「厚生省循環器病委託研究班による分類」(表2)<sup>3)</sup>等が用いられる。

日本の脳卒中の総患者数は約134万人といわれており、これは高血圧、歯及び歯の支持組織の疾患、糖尿病、悪性新生物に次いで5番目である<sup>4)</sup>。なお、ここでいう総患者数とは、調査日時点において継続的に医療を受けている者の数を、図1の算式により推計したものである<sup>4)</sup>。

$$\text{総患者数} = \text{入院患者数} + \text{初診外来患者数} + \text{再来外来患者数} \times \text{平均診療間隔} \times \text{調整係数 (6/7)}$$

図1. 総患者数を求める算式

また脳卒中は、日本人の死亡原因として悪性新生物、心疾患に次いで第3位<sup>5)</sup>であるが、総患者数に対する死亡者数の割合は悪性新生物22.7%、心疾患22.4%に対して脳卒中9.1%とやや低く抑えられている<sup>4,5)</sup>。これは、治療技術の進歩に加え、高血圧、喫煙等<sup>6)</sup>が脳卒中のリスクファクターとして広く認知され管理されてきたことによるもので<sup>7)</sup>、発症後も長期にわたり症状の悪化を抑えることができている成果と考えられる。

総患者数の増加の一方で死亡率が低下していることから、有病率は必然的に増加傾向にあり、さらに要介護者となる原因疾患の第1位であることも見逃してはならない<sup>8)</sup>。本疾患が引き起こす症状の特徴の一つとして、出血性・虚血性に関わらず損傷した脳の部位により、意識障害、運動麻痺、言語障害といった様々な症状を引き起こし<sup>1)</sup>、しばしばそれが後遺症として残存する点が挙げられる。要介護になる原因の1位となるのもこのような理由によるところが大きいと考えられる。脳卒中そのものの発症状況や治療がその後の身

体状況の回復の前提にあることは当然であるが、脳卒中は急性期の治療のみでなく、その後も様々な支援が必要な場合が多々あり、日常生活を営む上でも大変重要な問題となる。このような疾患の特性に対応するために、リハビリテーション領域の専門職が果たしている役割は大変大きくなっている。

本稿では、このような脳卒中患者を取り巻くリハビリテーション実施環境と、歩行練習法として広まりつつある体重免荷トレッドミル歩行練習について、知見を整理し課題とともに提示する。

## II. 脳卒中患者に対するリハビリテーション

まず「リハビリテーション」という言葉について説明する。リハビリテーション(rehabilitation、以下リハビリ)の元来の意義は「権利・資格・名誉の回復」であり、中世ヨーロッパ以来「身分・地位の回復」「犯罪者の社会復帰(更生)」「破門の取り消し」等の意味で使われ、欧米諸国では現在でもこのような意味で使われている<sup>9)</sup>。ひとことでいえば、「人間らしく生きる権利の回復(「全人間的復権」)」である<sup>10)</sup>。医学の領域において障害者を対象とする場合には、何らかの障害により独力で社会生活を送ることが困難になった人に対し、身体機能を高めるための様々な運動・練習を行うことや、社会サービスを利用すること等によって、再び社会生活を送ることができるようにするためのすべての取り組みのことを指す。そしてそれは大きく「医学的リハビリ」「社会的リハビリ」「職業的リハビリ」に分類される<sup>9,11)</sup>。一方で我が国において一般的に「リハビリ」というと、狭義の意味、すなわち歩行練習や着替えの練習といった「練習」的な内容のことを指すことが多い。なお本論文では、主に狭義の意味で「リハビリ」の単語を用いている。

さて、脳卒中患者のリハビリは発症からの時期によって、急性期、回復期、維持期の3期に大別される<sup>12-14)</sup>。急性期リハビリは、脳卒中の発症直後に急性期の疾病管理下で行われるものである。主として廃用症候群(関節拘縮、筋力低下、褥瘡の発生、感染症の発症等)

表 1. 米国 NINDS 分類第Ⅲ版

|                     |           |             |
|---------------------|-----------|-------------|
| A.無症候性脳血管障害         |           |             |
| B.局所脳障害             |           |             |
| 1.一過性脳虚血発作 (TIA s ) |           |             |
| a.頸動脈系              |           |             |
| b.椎骨脳底動脈系           |           |             |
| c.両者                |           |             |
| d.部位不明              |           |             |
| e.TIA疑い             |           |             |
| 2.脳卒中               |           |             |
| a.経時プロフィール          |           |             |
| 1) 改善型              |           |             |
| 2) 増悪型              |           |             |
| 3) 安定脳卒中            |           |             |
| b.脳卒中病型             |           |             |
| 1) 脳出血              |           |             |
| 2) くも膜下出血           |           |             |
| 3) 動静脈奇形による頭蓋内出血    |           |             |
| 4) 脳梗塞              |           |             |
| a) 機序               | b) 臨床病型   | c) 部位による症候  |
| (1) 血栓性             | (1) 動脈硬化性 | (1) 内頸動脈    |
| (2) 塞栓性             | (2) 心源性   | (2) 中大脳動脈   |
| (3) 血行力学性           | (3) ラクナ   | (3) 前大脳動脈   |
|                     | (4) その他   | (4) 椎骨脳底動脈系 |
|                     |           | (a) 椎骨動脈    |
|                     |           | (b) 脳底動脈    |
|                     |           | (c) 後大脳動脈   |
| C.血管性認知症            |           |             |
| D.高血圧性脳症            |           |             |

NINDS: National Institute of Neurological Disorders and Stroke.

表 2. 厚生省循環器病委託研究班による脳卒中の分類

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>A. 明らかな血管性の器質的脳病変を有するもの</p> <p>1. 虚血群 = 脳梗塞 (症)</p> <p style="padding-left: 20px;">①脳血栓症</p> <p style="padding-left: 20px;">②脳塞栓症</p> <p style="padding-left: 20px;">③分類不能の脳梗塞</p> <p>2. 出血群 = 頭蓋内出血</p> <p style="padding-left: 20px;">①脳出血</p> <p style="padding-left: 20px;">②くも膜下出血</p> <p style="padding-left: 20px;">③その他の頭蓋内出血</p> <p>3. その他</p> <p style="padding-left: 40px;">臨床的に脳出血、脳梗塞 (症) 等の鑑別が困難なもの</p> <p>B. その他</p> <p style="padding-left: 20px;">①一過性脳虚血発作</p> <p style="padding-left: 20px;">②慢性脳循環不全</p> <p style="padding-left: 20px;">③高血圧性脳症</p> <p style="padding-left: 20px;">④その他</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

の予防と、日常生活動作の早期自立が目的となる局面で、概ね発症後 2 週間から 2 カ月までの期間である。軽症であればこの時期を終えてすぐに日常生活を送ることが可能となるが、運動麻痺等が残存しさらにリハビリが必要となる場合も少なくない。回復期リハビリは、このような患者の急性期の疾病管理が終わり、積極的に最大限の機能回復を目指す時期に行われるものであり、概ね発症から 6 カ月以内の時期である。運動麻痺の指標である Brunstrom recovery stage<sup>15,16)</sup> (以下、BRS) (表 3) を用いた二木<sup>17)</sup> の報告では、下肢の運動麻痺の回復は、発症後 2 週で 47.4%、1 カ月で 72.6%、3 カ月で 94.1% が最大機能に到達している。運動麻痺の回復および動作能力の改善は、そのほとんどが発症から 6 カ月以内でみられており、この時期をいかに過ご

すかはその後の生活に大きく影響すると推測できる。そして急性期・回復期のリハビリで得られた機能をできるだけ長期に維持することが、維持期すなわち脳卒中の慢性期におけるリハビリの目的の一つとなる。障害が残存している限り、発症 6 カ月以降の期間全てがこの時期にあたると捉えてよいだろう。

運動麻痺の回復について、概ね発症後 3 カ月以降は運動麻痺の回復はほとんど期待できないというのが一般的であり、6 カ月以降は機能の維持を中心としたリハビリが中心となる。ただし一概に「発症から 6 カ月以降は維持期であり回復は望めない」と考えるのは避けるべきである。慢性期の片麻痺患者に対して、一定期間集中的にリハビリを施行することにより、筋力向上、歩行関連指標の改善、ADL (activity of daily living : 日常生活動作)

表 3. Brunnstrom Recovery Stage の要点

| Stage     | 要点                              |
|-----------|---------------------------------|
| Stage I   | : 随意運動なし・連合反応なしで、弛緩性麻痺の状態.      |
| Stage II  | : 随意運動なし, 連合反応のみ出現する.           |
| Stage III | : 随意運動の出現. 運動の様式は, 共同運動として出現する. |
| Stage IV  | : 共同運動から分離した動作が可能になる.           |
| Stage V   | : さらに共同運動から分離した動作が可能になる.        |
| Stage VI  | : 協調性のある動作が可能になる.               |

運動麻痺の回復過程に基づき、動作のパターンから6段階にまとめたもの。  
上肢, 下肢, 手指それぞれについて評価する。

能力の改善が多く報告されており、運動麻痺は改善しなくとも運動能力は改善することができると言われている(表4)<sup>18-30)</sup>。つまり慢性期の脳卒中患者は、運動麻痺の改善といった機能障害の改善は難しく、維持期リハビリとして身体機能の維持に主眼をおいた介入が展開されるが、運動能力向上に向けた取り組みは効果があるものと捉えてよさそうである。

### Ⅲ. 公的保険制度下における慢性期脳卒中患者のリハビリテーションの実際と課題

2010年10月現在、日本の医療保険制度において「リハビリテーション料」は20分の個別療法を行なった際に1単位算定できる。1日に算定できる上限は、疾患や発症時期によって6単位もしくは9単位と定められており、さらに疾患区分ごとに算定可能期間が定められている。脳卒中は180日がリハビリ料の算定可能期間と定められており、その後のリハビリ施行は、一定の条件を除いて13単位/月までの算定と減少する。

介護保険制度において特にリハビリを行なう施設として位置付けられている介護老人保健施設では、通所では一定の要件を満たした場合、1人当たり1ヶ月13回(1回20分以

上)までの「個別リハビリテーション料」が算定可能であり、入所では週2回以上(1回20分以上)のリハビリ施行で、1日当たり一定金額が加算される制度(「リハビリテーションマネジメント加算」となっている。

このように、公的保険制度下において慢性期脳卒中患者についてはリハビリを受けにくい環境にあることは事実であろう。このような環境において、先に紹介した報告にあるリハビリプログラムをそのまま施行することは困難である<sup>18-30)</sup>。制度自体を変えていく働きかけも重要だが、その一方で日本の制度に即した形で、その限られた条件の中において効果的なプログラムを提供することが求められている。

### Ⅳ. 脳卒中患者に対する歩行練習の変遷と体重負荷トレッドミル歩行練習

脳卒中の歩行障害に対するリハビリは、神経生理学的アプローチ、早期装具療法の時代を経て、現在はニューロリハビリテーション(neurorehabilitation。以下、ニューロリハ)の考えが広まっている(表5)<sup>31)</sup>。ニューロリハとは、「リハビリ操作によって低下した脳機能が回復する」「神経系に何らかの変化が起こってリハビリ効果が生まれている」と



表 4. 慢性期脳卒中患者に対するリハビリテーション効果に関する報告

| 報告者<br>(年)                            | 対象                                       | 方法                                                                       | 結果                                               |
|---------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Tangeman PT, et al.<br>(1990)         | 発症後12カ月以上経過した40名                         | 理学療法, 作業療法, 集団練習を組み合わせたものを4週間(理学療法・作業療法を120分/1日, 4日/週, 集団練習を1日/週)施行.     | バランスとADLが有意に改善した.                                |
| Wade DT, et al.<br>(1992)             | 発症後12カ月以上経過した94名(2群をクロスオーバー)             | 個々の問題に応じた理学療法プログラムを施行.                                                   | 歩行速度が有意に改善し, 歩行時の介助量も軽減した.                       |
| Dam M, et al.<br>(1993)               | 発症後3カ月以上経過し歩行不能であった51名                   | リハビリが集中的に介入する期間と非介入期間を設け, 発症から2年後まで施行.                                   | 歩行能力, ADLが有意に改善した.                               |
| Macko RF, et al.<br>(1997)            | 発症後6カ月以上経過した9名                           | トレッドミルを用いた低負荷・有酸素によるトレニングを6ヶ月間(3日/週, 40分/日)施行.                           | 歩行にかかるとエネルギーコストが有意に改善し, 6ヶ月間持続した.                |
| Sharp SA, et al.<br>(1997)            | 発症後6カ月以上経過した15名                          | 等速性運動による筋力強化練習を6週間(3日/週, 40分/日)施行.                                       | 筋力と歩行速度は有意に改善し, TUGや階段昇降などは有意な変化がなかった.           |
| Smith GV, et al.<br>(1999)            | 発症後6カ月以上経過した14名                          | トレッドミルを用いた課題指向型トレニングを12週間(3日/週, 40分/日)施行.                                | 麻痺側, 非麻痺側下肢(ハムストリングス)筋力の有意な改善, 麻痺側下肢の痙性抑制がみられた.  |
| Teixeira-Salmela LF, et al.<br>(1999) | 発症後9カ月以上経過した13名(介入6名, 対照7名)              | 有酸素運動と下肢の筋力強化練習を取り入れた課題を10週間(60-90分/日, 3日/週)施行. 対照群は課題なし.                | 下肢筋力, 歩行速度の有意な改善がみられた.                           |
| Deam CM, et al.<br>(2000)             | 発症後3カ月以上経過した12名(介入6名, 対照6名)              | 下肢機能向上をめざしたサーキットトレニングを4週間(3日/週, 60分/日)施行. 対照群は上肢への課題を施行.                 | 歩行速度や6分間歩行距離が有意に改善, 段差踏み替え, TUGなどは有意な変化がなかった.    |
| Ada L, et al.<br>(2003)               | 発症後6カ月以上経過した, 地域在住の27名(介入13名, 対象14名)     | トレッドミル歩行平地歩行練習からなる30分間の歩行練習プログラムを4週間(3日/週)施行. 対象群は同頻度でのホームプログラムと電話連絡を施行. | 歩行速度, 6分間歩行距離が有意に改善した.                           |
| Marigold DS, et al.<br>(2005)         | 慢性期脳卒中患者61名(敏捷性練習群30名, ストレッチ・重心移動練習群31名) | 両群とも10週間(3日/週)のトレニングを施行.                                                 | 両群ともに歩行能力, バランス能力が改善. 敏捷性練習群では, 転倒数を減らすことにつながった. |

TUG: timed 'Up and Go' test. ADL: activity of daily living.

表 5. 歩行障害に対する治療的アプローチの変遷

| 年代      | アプローチ法         | 概要                                                                                                 |
|---------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1941年頃～ | 古典的手法 ; 経験の体系化 | 経験主義的技術に基づいて行われる方法.                                                                                |
| 1963年頃～ | 神経生理学的アプローチ    | 神経科学の理論に基づいた技術. 神経学, 神経生理学上の多くの現象を根拠としており, どの現象を根拠にするかによっていくつかの体系が存在. (Bobath法, PNF法等)             |
| 1980年頃～ | 非麻痺側筋力強化と活動量向上 | 歩行動作ができない, あるいは十分な歩行量が確保できない患者に対して, 麻痺側の回復の側通だけに着目するのではなく, 非麻痺側筋力強化, 立位・歩行練習を早期から相当量行うべきであるとする考え方. |
| 1988年頃～ | 早期装具療法と実用歩行練習  | 長下肢装具を治療用装具として位置付け, 早期より積極的に立位練習を行うことを推奨. 日常における歩行練習・活動に下肢装具・歩行補助具を積極的に使用する考え方.                    |
| 1994年頃～ | ニューロロリハビリテーション | 機能的再編成に代表される脳の仕組みに着目して, 人の機能回復を促進しようとする考え方.                                                        |

文献31をもとに作表.

いう考え方である<sup>32)</sup>。1980年頃にこの言葉が生まれ、それまで謎であった「脳の一部が障害されても脳の別の所が働き機能が回復するメカニズム」が、少しずつ説明できるようになっている<sup>32)</sup>。その中でもっとも重要な現象が、Nudoら<sup>33)</sup>が提示している「functional organization (機能的組織化)」という現象である。これは近年の中樞神経系のリハビリ技術の理論的根拠となっているもので、損傷した領野の機能を他の皮質が引き継ぐ現象のことである<sup>34)</sup>。機能的組織化を導くためにどのような方法が最も適切であるかはまだ結論づけられていないが、この現象を調べる研究では、求められる運動課題そのものを反復して学習させる手法(課題指向型トレーニング)が最も多く用いられており、脳の組織化は運動課題の反復によって生じることはほぼ間違いなさそうである<sup>34)</sup>。そしてこれらの研究をもとに考え出された歩行練習方法の一つが、体重免荷トレッドミル歩行練習 (body weight support treadmill training: BWSTT) である。

BWSTTは、身体を上方へ吊り上げ体重を免荷した状態でトレッドミル上を歩く、Finchら<sup>35)</sup>によって開発された歩行練習方法である(図2)。ニューロリハの考えに基づくものであるが、それ以外の視点からも歩行能力向上に有効な方法であるという根拠が示されている。

そのひとつが、central pattern generator (CPG) と呼ばれる生体内におけるシステムの存在である<sup>36-38)</sup>。CPGについて中沢ら<sup>38)</sup>は、「脊髄より上位の中樞神経あるいは末梢感覚からの周期的な信号の入力なしに、屈筋および伸筋の周期的放電を発生する神経機構」と説明している。1966年にShik<sup>39)</sup>が除脳ネコのトレッドミル歩行中の前後肢筋活動を記録し、歩行様の活動を認めたことを報告した。この実験より、歩行様の筋活動が上位中枢のコントロールを受けることなく発生すると考えられるようになり、歩行に関するCPGの研究がすすめられた。そして脊髄損傷患者を対象とした研究から歩行に関するCPGは脊髄に存在することが示され<sup>36,40-42)</sup>、BWSTTとともに1998年にアメリカ科学振



図2. 体重免荷トレッドミル歩行練習装置  
図は胸腰部と大腿部にハーネスとよばれる器具を取り付けて身体を上方へ吊り上げるタイプのもの。体重を免荷した状態でトレッドミル上を歩く。(写真はBIODEX社製UNWEIGHING system)

興協会発行の雑誌「サイエンス」の短報に取り上げられたことで大きく注目を集めるようになった<sup>36)</sup>。CPGは歩行のほかに、嚥下や呼吸に関するものが知られている<sup>43)</sup>。さらにDimitrijevicら<sup>42)</sup>は、完全対麻痺の脊髄損傷患者の脊髄に電極を挿入して硬膜外刺激を行い、特定の電圧と周波数の電気刺激を第二腰髄レベルで与えたときのみリズムミクな歩行様運動が誘発されることを発見した。この実験結果から、ヒトの歩行に関するCPGのうち下降性刺激に対応するものは、第二腰髄レベルにあると考えられている。またCPGを働かせるための末梢からの感覚入力として、特に股関節伸展位での荷重感覚が重要であることが分かっており<sup>44,45)</sup>、求心性の信号入力からでも脊髄からの発火が確実であると考えられている。この歩行に関わるCPGを活性化させることは、運動麻痺を呈するような上位中枢損傷者においても、歩行に必要な筋活動を得られることを示唆している。つまり、CPGを活性化させることが効果的な歩行練



習につながると考えられる。そしてBWSTTは、支持性の低下している状態であっても歩行様の反復運動が可能であり、CPGを活性化させるための良い条件を提供しているのである<sup>46,47)</sup>。

また、運動学習の視点からの有効性も挙げられる。歩行を再学習するためには反復したトレーニングが必要不可欠である。しかし、脳卒中片麻痺患者のように、そもそも立位・歩行能力が低下した患者に歩行を反復して行なわせることは容易ではない<sup>47)</sup>。BWSTTは、体重の部分免荷により歩行時の対称性が改善した状況下で<sup>48)</sup>、同一時間内において平地歩行に比べて歩行量を増やすことができ、さらに免荷量や速度の調節による課題の難易度設定が容易であることから、歩行能力向上のための合理的な方法であると考えられる<sup>46)</sup>。

まとめると、脳卒中片麻痺患者の歩行能力向上のためのBWSTTの理論的根拠としては、課題指向型トレーニングでさらに運動を反復して行なうため脳の機能的組織化を導く有力な手法であること（ニューロリハの理論に基づいていること）、歩行に関わるCPGの活動を高めて歩行様の筋活動を引き出すことができること、正常に近いパターン（対称性の改善）で平地歩行よりも多くの歩行量を確保でき運動学習が起りやすいこと、といった点が挙げられる。

このように治療効果に関するエビデンスが多く示されてはいるが、本邦においてBWSTTを臨床場面で活用しているところはまだまだ少ないのが現状である。この理由の一つとして、導入にかかる費用の問題がある。体重を上方へ吊り上げるための機器が150～200万円程度であり、トレッドミルと合わせると400万円程度の初期費用が必要となる。公的保険制度下においてリハビリを行った際に請求できる金額は、BWSTTのような特殊な機器を用いた場合もそうでない場合も一定であるため、新しいものを導入し難いといえる。BWSTTを導入することによる費用対効果についてはまだ検証されておらず、解決すべき課題の一つとなっている。

## V. 体重免荷トレッドミル歩行練習の効果に関するこれまでの報告

歩行練習装置としてBWSTTが紹介されて以降、脊髄損傷患者<sup>49-52)</sup>をはじめとして、脳卒中片麻痺患者<sup>53-57)</sup>、パーキンソン病<sup>58,59)</sup>、骨関節疾患<sup>60,61)</sup>、神経筋疾患<sup>62,63)</sup>等に対して効果の検証が行われてきた。特に脊髄損傷患者に関しては、BWSTTを行なった際に歩行様の下肢筋活動が得られることが明らかにされ<sup>64)</sup>、歩行能力の向上をはじめとした臨床効果が多く報告されている<sup>49-52)</sup>。

脳卒中患者を対象としたBWSTTの効果について表6にまとめる<sup>53-57,65)</sup>。介入期間は3～10週、頻度は週3～5回、一回の介入時間は20～40分で、いずれの場合もBWSTTによる歩行速度の改善を認めている。

2004年に発行された「脳卒中治療ガイドライン2004」では、体重免荷トレッドミル歩行をエビデンスは低いながらも考慮してみてもよい治療法と位置付けていた<sup>66)</sup>。それが「脳卒中治療ガイドライン2009」では、「脳卒中患者の歩行を改善するので勧められる」という位置づけに変わった<sup>67)</sup>。このひとつの要因としては、「下肢訓練量や歩行量を多くとることが歩行能力向上に重要である」という同ガイドライン内で強く推奨されている項目があり<sup>67)</sup>、これらを確保できるBWSTTもより強く勧められるようになったと考えられる。一方で越智ら<sup>65)</sup>はBWSTTの現状について、発症から期間がたった患者に対しては有効と考えられるが、十分なエビデンスがあるとは言えないと論じている。また、回復期の脳卒中片麻痺患者に対するBWSTTの最近の報告では、歩行練習量が同等であれば1年後の効果に差は無いとした報告が出され<sup>68)</sup>、BWSTTの期間、頻度、時間に関してどのようなプロトコルが適切であるのかを明らかにするためにも、今後さらにエビデンスを蓄積していくことが求められている。なお、「体重免荷トレッドミル歩行練習」という言葉は「body weight support treadmill training」の訳である。英文でも「body-weight-support treadmill training」や「body weight supported treadmill training」といった表記が見られ、日

表 6. 慢性期脳卒中患者に対する BWSST に関する報告

| 報告者(年)                     | 対象                        | 方法                                                                    | 結果                                                                |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Hesse S, et al. (1995)     | 発症から3カ月以上たった歩行不能の7名       | BWSST3週間, 続いてボーンズ法 <sup>*</sup> による練習3週間, 再び体重負荷トレッドミル歩行練習3週間.        | BWSSTを行ったときのみ歩行能力, 歩行速度, 起き上がり, 立ち上がり, トランクスフアア <sup>*</sup> が改善. |
| Visintin M, et al. (1998)  | 発症後6カ月以内の100名             | BWSSTを行う群と免荷なしでトレッドミル歩行を行う群に分け, 6週間練習.                                | BWSST群は免荷なしトレッドミル歩行練習群よりバランス, 下肢の運動機能, 平地歩行時の歩行速度, 歩行の耐久性が有意に改善.  |
| Nilsson L, et al. (2001)   | 発症後8週以内で10m歩行が14秒以上の73名   | BWSST群とMotor Relearning Programme <sup>*</sup> による歩行練習群に分けて平均10週間の練習. | ADL, 麻痺, 歩行スピード, バランスなどは同じように改善し, 有意差はなかった.                       |
| Sullivan KJ, et al. (2002) | 発症後6カ月以上経過した24名           | 8名ずつランダムに分け, 異なる速度でのBWSST効果を検証. BWSSTは4週(週3回)施行.                      | すべての群においてSWSの改善. 特に速いトレッドミル速度において効果が高かった.                         |
| Yagura H, et al. (2006)    | 発症後入院加療をしており, 歩行困難であった49名 | BWSSTを実施する際に, 麻痺側下肢を機械的に介助する群と, 骨盤や股関節からの誘導を行う群に分けて比較. 6週間施行.         | 両群ともに麻痺の回復や歩行能力の向上が見られ, 群間における有意差はなかった.                           |

文献 65 をもとに作表.

<sup>\*</sup>いずれもトレッドミル等を用いず, 介助や誘導によって重心移動練習や歩行練習を行う方法.

BWSST: body weight support treadmill training. ADL: activity of daily living.

SWS: self-selected overground walking speed.

本語訳も「部分免荷トレッドミル歩行練習」や「体重部分免荷トレッドミル歩行練習」等、まだ名称は統一されていない現状である。

## VI. 短期集中歩行練習プログラムとしての体重免荷トレッドミル歩行練習の効果

我々は日本の公的保険制度に則したプロトコルで BWSTT が有用な方法になり得るかを調べるために、BWSTT を用いた歩行練習プログラムが、慢性期脳卒中患者の歩行をはじめとする能力の改善に効果があるか否かを検証した。

対象は介助なしでの歩行が可能である慢性期脳卒中患者 18 名であり、BWSTT 群 10 名（年齢  $59.1 \pm 12.5$  歳、女性 2 名、発症からの期間  $36.2 \pm 33.2$  カ月）、対照群 8 名（平均年齢  $59.8 \pm 6.3$  歳、女性 3 名、発症からの平均期間  $39.3 \pm 27.3$  カ月）、2 群において基本属性の差は認めなかった。研究期間は 1 患者につき 12 週とし、4 週ごとにベースライン期 (BL 期)、BWSTT 介入期 (介入期)、経過観察期 (観察期) とした。BL 期は 1 週ごとに身体機能の評価を行なった。介入期は週 3 回を原則としての BWSTT を遂行し、BWSTT 遂行 3 回ごとに評価を行なった。観察期は 1 週ごとに評価を行なった (図 3)。BWSTT 遂行時の免荷量は体重の 20%、歩行練習時間は 20 分、BWSTT 中のトレッドミル速度は

患者が歩ける最も速い速度とした。効果指標は最大歩行速度とし、BL 期 4 回の結果の平均値 (BL 値)、介入期 1~4 回、観察期 1~4 回について、BL 値からの変化量を求め、二元配置の反復測定分散分析を行なった。結果、最大歩行速度は交互作用を認め、対照群に比べて BWSTT 群においての歩行速度の向上が著しいことが示され、BWSTT を用いた短期集中歩行プログラムは歩行速度の改善に有効であったと考えられる。そして本研究で用いた介入プログラムは、週 3 回、1 回 20 分というプロトコルであり、準備等の時間を含めても十分に臨床現場で実践可能なものである。4 週間という設定は先行報告に比べると短く、「歩行能力向上のための短期集中トレーニング」として位置付けてよいのではないだろうか。

## VII. 結語

現在の日本の状況で考えてみると、慢性期脳卒中患者に対して安全に BWSTT を提供できるのは、病院 (診療所を含む) や介護老人保健施設 (以下、老健) が中心になると考えられる。医療保険制度をめぐる動きでは、2006 年の診療報酬制度改定において、リハビリテーション料の算定可能日数に上限が設けられた。疾病の発症から一定期間経過した患者のリハビリ施行が、特別な状況を除き医療保険では認められないことになり、特に脳卒中患者のこのような状況にマスメディア等で「リハビリ難民」等と大きく取り上げられたことは、記憶に新しいところである。2008 年の同改定では算定上限日数を超えた患者について、ひと月当たり 13 単位までリハビリの施行が認められた。歩行能力の維持・改善というところだけに絞って考えれば頻度を 1 週間に 3 回、期間を 4 週間に設定した BWSTT は、理論上は現行制度下においても十分対応可能なものである。介護保険制度では、老健においては、理論上は通所・入所ともに今回のプロトコルを利用することが可能である。しかし、老健における理学療法士の配置人数は 1 施設当たり 1.4 名であり<sup>69)</sup>、対象者 (利用者) 1 人ずつに十分な頻度での介

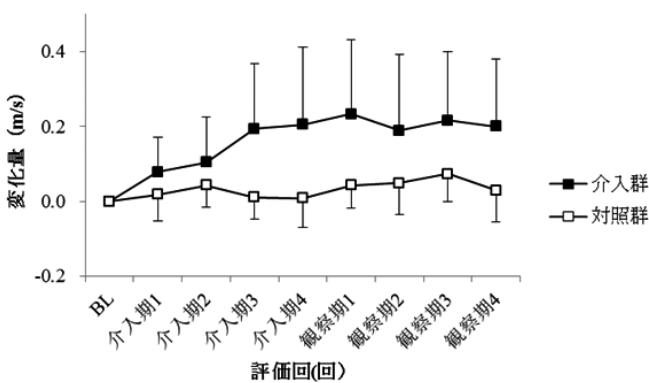


図 3. BWSTT による最大歩行速度の変化  
エラーバーは 1 標準偏差。介入期において介入群では週 3 回の BWSTT を、対象群は観察のみとした。BWSTT により歩行速度の有意な上昇を認めた。

入を行なうことは困難であるという実情がある。このような状況下で、歩行能力改善が主の目標である利用者に対しては、BWSTTのような一部の能力向上に特化したプログラムを用いることも有効な手段の一つであろう。

BWSTTは、身体を吊り上げるための機器が高価であることなどからまだまだ普及していないが、効率のよい歩行練習方法として、今後更に広く用いられる可能性があると考えている。そして、介入頻度・介入期間・一回の練習時間の差で効果に違いがあるのか、BWSTTを発症後どの時期に導入するのが最も効果的か、集中的介入後の持続効果はどの程度あるのかについて統一見解が得られていない部分もあり、今後の検討が待たれるところである。

## 付記

本稿は、筑波大学大学院人間総合科学研究科博士論文の一部に加筆修正したものである。

## VIII. 参考文献

- 1) 平井俊作, 他: 目で見える神経内科学 (第1版), 207-221, 医歯薬出版株式会社, 1995
- 2) National Institute of Neurological Disorders and Stroke: Special report from National Institute of Neurological Disorders and Stroke: Classification of cerebrovascular diseases III. Stroke 21, 637-676, 1990
- 3) 厚生省循環器病委託研究班: 脳の動脈硬化性疾患の定義および診断基準に関する研究, 平成元年度厚生省循環器病委託費による研究報告集, 80-89, 1990
- 4) 厚生労働省: 平成22年度 我が国の保健統計, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/hoken/national/22.html> (2011年2月閲覧)
- 5) 厚生労働省: 平成21年(2009)人口動態統計(確定数)の概況, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei09> (2011年2月閲覧)
- 6) 水野美邦: 神経内科 Quick Reference (第2版), 364-393, 文光堂, 1995
- 7) 厚生労働省: 平成20年人口動態統計月報年計(概数)の概況, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai08/index.html> (2011年2月閲覧)
- 8) 厚生労働省: 平成19年国民生活基礎調査の概況, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/20-19-1.html> (2011年2月閲覧)
- 9) 沖中重雄: 看護学大辞典(第3版), 2003, メジカルフレンド社, 1988
- 10) 上田敏: 目で見える脳卒中リハビリテーション(第1版), 1-5, 東京大学出版会, 1981
- 11) 砂原茂一: リハビリテーション(第1版), 55-77, 岩波新書, 1980
- 12) 出江紳一, 石田暉: 急性期のリハビリテーション 離床までの評価と訓練. 日本医師会雑誌, 125, 272-284, 2001
- 13) 長谷公隆, 千野直一: 回復期のリハビリテーション. 日本医師会雑誌, 125, 285-298, 2001
- 14) 高岡徹, 伊藤利之: 維持期のリハビリテーション. 日本医師会雑誌, 125, 299-304, 2001
- 15) Brunnstrom S: Motor testing procedures in hemiplegia. Phys Ther, 46(4), 357-375, 1966
- 16) 内山靖, 他: 臨床評価指標入門 適用と解釈のポイント(第1版), 27-92, 協同医書出版社, 2003
- 17) 二木立: 脳卒中患者の障害構造の研究 第1報 片麻痺と起居移動動作能力の回復過程の研究. 総合リハ, 11(6), 465-476, 1983
- 18) Tangeman PT, Banaitis DA, Williams AK: Rehabilitation of chronic stroke patients: changes in functional performance. Arch Phys Med Rehabil, 71(11), 876-880, 1990
- 19) Wade DT, Collen FM, Robb GF, Warlow CP: Physiotherapy intervention late after stroke and mobility. BMJ, 304, 609-613, 1992
- 20) Dam M, Tonin P, Casson S, Ermani M, Pizzolato G, laia V, et al.: The effects of long-term rehabilitation therapy on poststroke hemiplegic patients. Stroke, 24(8), 1186-



- 1191, 1993
- 21) Macko RF, DeSouza CA, Tretter LD, Silver KH, Smith GV, Anderson PA, et al.: Treadmill aerobic exercise training reduces the energy expenditure and cardiovascular demands of hemiparetic gait in chronic stroke patients. A preliminary report. *Stroke*, 28(2), 326-330, 1997
  - 22) Sharp SA, Brouwer BJ: Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: effects on function and spasticity. *Arch Phys Med Rehabil*, 78(11), 1231-1236, 1997
  - 23) Smith GV, Silver KH, Goldberg AP, Macko RF: "Task-oriented" exercise improves hamstring strength and spastic reflexes in chronic stroke patients. *Stroke*, 30(10), 2112-2118, 1999
  - 24) Teixeira-Salmela LF, Olney SJ, Nadeau S, Brouwer B: Muscle strengthening and physical conditioning to reduce impairment and disability in chronic stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil*, 80(10), 1211-1218, 1999
  - 25) Dean CM, Richards CL, Malouin F: Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 81(4), 409-417, 2000
  - 26) Ada L, Dean CM, Hall JM, Bampton J, Crompton S: A treadmill and overground walking program improves walking in persons residing in the community after stroke: a placebo-controlled, randomized trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 84(10), 1486-1491, 2003
  - 27) Marigold DS, Eng JJ, Dawson AS, Inglis JT, Harris JE, Gylfadóttir S: Exercise leads to faster postural reflexes, improved balance and mobility, and fewer falls in older persons with chronic stroke. *J Am Geriatr Soc*, 53(3), 416-423, 2005
  - 28) Salbach NM, Mayo NE, Robichaud-Ekstrand S, Hanley JA, Richards CL, Wood-Dauphinee S: The effect of a task-oriented walking intervention on improving balance self-efficacy poststroke: a randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc*, 53(4), 576-582, 2005
  - 29) Ada L, Dorsch S, Canning CG: Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: a systematic review. *Aust J Physiother*, 52(4), 241-248, 2006
  - 30) Sackley C, Wade DT, Mant D, Atkinson JC, Yudkin P, Cardoso K, et al.: Cluster randomized pilot controlled trial of an occupational therapy intervention for residents with stroke in UK care homes. *Stroke*, 37(9), 2336-2341, 2006
  - 31) 齊藤秀之, 高尾敏文, 田中直樹, 矢野博明, 小関迪: ニューロリハビリテーションと理学療法 2. 脳卒中患者の歩行障害に対するアプローチを中心に. *PTジャーナル*, 42(12), 1027-1034, 2008
  - 32) 久保田競: 脳科学の進歩とニューロリハビリテーション - ニューロリハビリテーションによる脳の可塑性 -. *理学療法*, 24(12), 1523-1531, 2007
  - 33) Nudo RJ, Plautz EJ, Frost SB: Role of plasticity in recovery of function after damage to motor cortex. *Muscle Nerve*, 24(8), 1000-1019, 2001
  - 34) 大畑光司, 市橋則明: 中枢神経疾患患者の歩行に対する課題特異的アプローチ. *理学療法京都*, 35, 25-29, 2006
  - 35) Finch L, Barbeau H, Arsenault B: Influence of body weight support on normal human gait: development of a gait retraining strategy. *Phys Ther*, 71(11), 842-856, 1991
  - 36) Wickelgren I: Teaching the spinal cord to walk. *Science*, 279, 319-321, 1998
  - 37) Grillner S: Neurobiological bases of rhythmic motor acts in vertebrates. *Science*, 228, 143-149, 1985
  - 38) 中澤公孝, 赤居正美: ヒト脊髄歩行パターン発生器と脊髄損傷者の歩行. *リハ医学*, 40(1), 68-75, 2003
  - 39) Shik ML, Severin FV, Orlovskiĭ GN: Control of walking and running by means of electric stimulation of the midbrain. *Biofizika*, 11(4),



- 659-666, 1966
- 40) Calancie B, Lutton S, Broton JG: Central nervous system plasticity after spinal cord injury in man: interlimb reflexes and the influence of cutaneous stimulation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 101(4), 304-315, 1996
- 41) Dietz V, Nakazawa K, Wirz M, Erni T: Level of spinal cord lesion determines locomotor activity in spinal man. *Exp Brain Res*, 128(3), 405-409, 1999
- 42) Dimitrijevic MR, Gerasimenko Y, Pinter MM: Evidence for a spinal central pattern generator in humans. *Ann N Y Acad Sci*, 860, 360-376, 1998
- 43) 藤島一郎: よくわかる嚙下障害 (第1版), 1-15, 永井書店, 2001
- 44) Kojima N, Nakazawa K, Yamamoto SI, Yano H: Phase-dependent electromyographic activity of the lower-limb muscles of a patient with clinically complete spinal cord injury during orthotic gait. *Exp Brain Res*, 120(1), 139-142, 1998
- 45) Harkema SJ, Hurley SL, Patel UK, Requejo PS, Dobkin BH, Edgerton VR: Human lumbosacral spinal cord interprets loading during stepping. *J Neurophysiol*, 77(2), 797-811, 1997
- 46) 大塚圭, 才藤栄一, 他: ニューロリハビリテーションとしての理学療法の展開 脳卒中患者に対する部分免荷トレッドミル歩行訓練の実際. *理学療法*, 24(12), 1555-1563, 2007
- 47) 大畑光司, 市橋則明, 太田恵, 坪山直生: 新しい技術開発による運動機能向上への挑戦 体重免荷トレッドミルによる歩行訓練の理論と実践. *運動・物理療法*, 19(4), 251-256, 2008
- 48) Hesse S, Konrad M, Uhlenbrock D: Treadmill walking with partial body weight support versus floor walking in hemiparetic subjects. *Arch Phys Med Rehabil*, 80(4), 421-427, 1999
- 49) Hicks AL, Adams MM, Martin Ginis K, Giangregorio L, Latimer A, Phillips SM, et al.: Long-term body-weight-supported treadmill training and subsequent follow-up in persons with chronic SCI: effects on functional walking ability and measures of subjective well-being. *Spinal Cord*, 43(5), 291-298, 2005
- 50) Dobkin B, Apple D, Barbeau H, Basso M, Behrman A, Deforge D, et al.: Weight-supported treadmill vs overground training for walking after acute incomplete SCI. *Neurology*, 66(4), 484-493, 2006
- 51) Wernig A, Müller S, Nanassy A, Cagol E: Laufband therapy based on 'rules of spinal locomotion' is effective in spinal cord injured persons. *Eur J Neurosci*, 7(4), 823-829, 1995
- 52) Giangregorio LM, Hicks AL, Webber CE, Phillips SM, Craven BC, Bugaresti JM, et al.: Body weight supported treadmill training in acute spinal cord injury: impact on muscle and bone. *Spinal Cord*, 43(1), 649-657, 2005
- 53) Hesse S, Bertelt C, Jahnke MT, Schaffrin A, Baake P, Malezic M, et al.: Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. *Stroke*, 26(6), 976-981, 1995
- 54) Visintin M, Barbeau H, Korner-Bitensky N, Mayo NE: A new approach to retrain gait in stroke patients through body weight support and treadmill stimulation. *Stroke*, 29(6), 1122-1128, 1998
- 55) Nilsson L, Carlsson J, Danielsson A, Fugl-Meyer A, Hellström K, Kristensen L, et al.: Walking training of patients with hemiparesis at an early stage after stroke: a comparison of walking training on a treadmill with body weight support and walking training on the ground. *Clin Rehabil*, 15(5), 515-527, 2001
- 56) Sullivan KJ, Knowlton BJ, Dobkin BH: Step training with body weight support: Effect of treadmill speed and practice paradigms on poststroke locomotor recovery. *Arch Phys Med Rehabil*, 83(5), 683-91, 2002

- 57) Yagura H, Hatakenaka M, Miyai I: Does therapeutic facilitation add to locomotor outcome of body weight-supported treadmill training in nonambulatory patients with stroke? A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 87(4), 529-535, 2006
- 58) Miyai I, Fujimoto Y, Ueda Y, Yamamoto H, Nozaki S, Saito T, et al.: Treadmill training with body weight support: Its effect on Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil*, 81(7), 849-852, 2000
- 59) Miyai I, Fujimoto Y, Yamamoto H, Ueda Y, Saito T, Nozaki S, et al.: Long-term effect of body weight-supported treadmill training in Parkinson's disease: A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 83(10), 1370-1373, 2003
- 60) Hesse S, Werner C, Seibel H, von Frankenberg S, Kappel EM, Kirker S, et al.: Treadmill training with partial body-weight support after total hip arthroplasty: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 84(12), 1767-1763, 2003
- 61) Giangreriorio LM, Thabane L, Debeer J, Farrauto L, McCartney N, Adachi JD, et al.: Body weight-supported treadmill training for patients with hip fracture: a feasibility study. *Arch Phys Med Rehabil*, 90(12), 2125-2130, 2009
- 62) Lo AC, Triche EW: Improving gait in multiple sclerosis using robot-assisted, body weight supported treadmill training. *Neurorehabil Neural Repair*, 22(6), 661-671, 2008
- 63) Pilutti LA, Lelli DA, Paulseth JE, Crome M, Jiang S, Rathbone MP, et al.: Effects of 12 weeks of supported treadmill training on functional ability and quality of life in progressive multiple sclerosis: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*, 92(1), 31-36, 2011
- 64) Grasso R, Ivanenko YP, Zago M, Molinari M, Scivoletto G, Castellano V, et al.: Distribution plasticity of locomotor pattern generators in spinal cord injured patient. *Brain*, 127, 1019-1034, 2004
- 65) 越智文雄, 村田賢二: 歩行リハビリテーション: 部分免荷トレッドミル歩行訓練. *臨床リハ*, 14(6), 510-515, 2005
- 66) 篠原幸人, 他: 脳卒中治療ガイドライン 2004, 169-216, 協和企画, 2004
- 67) 篠原幸人, 他: 脳卒中治療ガイドライン 2009, 272-340, 協和企画, 2009
- 68) Duncan PW, Sullivan KJ, Behrman AL, Azen SP, Wu SS, Nadeau SE, et al.: Body-weight-supported treadmill rehabilitation after stroke. *N Engl J Med*, 364(21), 2026-2036, 2011
- 69) 社団法人日本理学療法士協会: 理学療法白書 2005, 3-76, 社団法人日本理学療法士協会, 2005

---

連絡先: 高尾敏文

〒300-0051 茨城県土浦市真鍋 6-8-33

つくば国際大学 医療保健学部 理学療法学科

Tel: 029-826-6622

E-mail: t-takao@tius-hs.jp

平成 23 年 11 月 16 日 受付

平成 24 年 1 月 27 日 採用決定