

ルに設定すると、発症後3ヶ月でそのゴールに達する患者は少ないが、6ヶ月では8割が到達できた。すなわち重症患者の回復はより軽症患者に比較して遅延することが明らかになった。したがって、重症患者では在院期間を長めに設定し、その間に介護者の指導や住宅改修、介護保険からのヘルパーなどの人的資源投入の準備なども重視し、並行しておこなうことで自宅復帰が促進されることが示唆された。重症患者が発症後数ヶ月で療養病棟や老健などに転院した場合、後方施設でのリハ介入量が少ないために、長期的施設入所が余儀なくされ、結果的に医療介護費用が増大する可能性が高い。したがって重症例でも家庭での支援体制が見込める場合、回復期リハを保険適応ぎりぎりまで(たとえば発症後2ヶ月に回復期リハ病棟に6ヶ月入院すると発症後8ヶ月まで集中的なリハが可能)おこなうことで自宅復帰に導く方が費用対効果比は優れていると考えられる。逆に軽症例では発症後1ヶ月に回復期リハ病棟に入院した場合でも2ヶ月以内の入院で自立レベルのゴールに十分達成できることが想定されるので、入院期間をより短く設定することで自宅復帰率に影響なく、医療費の節約が可能である。ただし、自宅復帰を促進するためには、障害レベルに応じた地域での支援体制の整備も回復期リハの効率的運用と並行して行う必要があることはいうまでもない。

このように脳卒中では、重症度とその回復曲線の特性に応じて回復期リハの最適な入院期間を設定することで、医療福祉費用や人的資源を有効に利用できることが示唆された。一方、麻痺手の機能は前述したように神経解剖学的な基盤に規定されるので、回復期リハの退院計画に関連したゴール設定として用いることは有効ではないと考えられる。回復期リハのための入院期間の設定は歩行機能や日常生活動作能力を基準に考えるべきであろう。

E. 結論

脳卒中患者の自宅復帰への鍵である歩行能力の回復曲線の特性は重症度により異なることが明らかとなった。この特性がゴールや妥当な入院期間の設定に反映されるべきである。重症例では家族指導や環境設定を含めたアプローチが重要なウエイトをしめることが示唆された。実用手の獲得は歩行に比べ到達自体が困難であった。

F. 健康危険情報

総括研究報告参照。

G. 研究発表

1. 論文発表

1. Miyai I. Cortical networks associated with locomotion in man and patients with hemiparetic stroke. In Swinnen SP, Duysens J eds. Neurobehavioral determinants of interlimb coordination, Kluwer Academic Publishers, MA, 2004, p.109-128.
2. Miyai I. Locomotor training with partial body weight support in patients with Parkinson's disease and stroke: Its efficacy and neural mechanisms. *Geriatrics and Gerontology International* 2004;4:S205-S206.
3. Miyai I, Hatakenaka M, Kubota K. Effect of body weight support on cortical activation during gait in Parkinson's disease. Program No. 882.17. 2004 Abstract Viewer/Itinerary Planner. Washington, DC: Society for Neuroscience
4. Hatakenaka M, Miyai I, Kubota K. Impaired motor skill learning in patients with stroke: A functional NIRS study. Program No. 533.20. 2004 Abstract Viewer/Itinerary Planner. Washington, DC: Society for Neuroscience
5. Suzuki M, Miyai I, Ono T, Oda I, Konishi I, Kochiyama T, Kubota K. Prefrontal and premotor cortices are involved in adapting walking and running speed on the treadmill: an optical imaging study. *Neuroimage* 2004;23: 1020-26.
6. Miyai I. Longitudinal optical imaging study for locomotor recovery after ischemic stroke. State-of-the-art-imaging in stroke. The present state and implication on future. Schaller B ed., Nova Science Publisher, New York, 2005, in press.
7. 宮井一郎. 神経リハビリテーションにおけるfNIRSの応用. *Medical Now* 2004;52: 33-36.
8. 宮井一郎. 脳卒中のリハビリテーション. *JSA news* 第11号. 2004.
9. 宮井一郎. コクランレビューUp To Date. Amphetamines for improving recovery after stroke (Cochrane Review). The

- Cochrane Library 4, 2003. 分子血管病 2004;3(2)223-228.
10. 宮井一郎. 脳卒中のリハビリテーション. JSA news 第12号. 2004.
 11. 宮井一郎, 久保田競. 脳卒中リハビリテーションにおけるNIRS機能画像. 臨床精神医学 2004;33(6):767-772.
 12. 宮井一郎. 脳卒中のリハビリテーション. 神経内科 2004;60(6):608-615.
 13. 宮井一郎. 脳卒中による機能障害や能力障害の治療と訓練. Aging & Health 2004;13(2):16-19. 長寿科学振興財団
 14. 宮井一郎. 神経リハビリテーションと脳循環代謝. 脳循環代謝 2004;16(3):189-193.
 15. 宮井一郎. 体重負荷トレッドミル歩行訓練の有効性. カレントセラピー 2004;22(11):72-78.
 16. 宮井一郎. 外部環境における脳の可塑的变化. 内山靖編. 環境と理学療法. 医歯薬出版. 2004, P. 58-72.
 17. 宮井一郎. トレッドミル強制歩行による中枢神経系の賦活 - 脳卒中での知見と脊髄障害への応用の展望 -. 脊髄脊椎ジャーナル 2004;17(11):1024-34.
 18. 宮井一郎. 光イメージングによる脳損傷後の機能回復の評価. 神経内科 2004;61(5):445-453.
 19. 三原雅史, 畠中めぐみ, 宮井一郎. 脳卒中後の神経機能回復と糖尿病- 神経リハビリテーションの役割-. Diabetes Frontier 2004;15(6):842-845.
 20. 古澤正道, 宮井一郎. リハビリテーション技術. Bobathアプローチ. 臨床リハ 2005;14(1):70-72.
 21. 宮井一郎. 脳機能賦活法-脳卒中に対する神経リハビリテーションを中心に. 財団法人長寿科学振興財団編. 老年期痴呆の克服を目指して. pp185-193, 医学書院, 2005.

2. 学会発表

国際学会

1. Miyai I. Reorganization of neural networks underlying functional recovery after stroke. Japanese-Korean Joint Conference on Rehabilitation Medicine 2004 (Kyoto), April 23-24, 2004.
2. Miyai I, Hatakenaka M, Kubota K. Effect of body weight support on cortical activation during gait in Parkinson's disease. The Society for Neuroscience 34th Annual Meeting (San Diego, CA). Oct 23-27, 2004
3. Hatakenaka M, Miyai I, Kubota K. Impaired motor skill learning in patients with stroke: A functional NIRS study. The Society for Neuroscience 34th Annual Meeting (San Diego,

CA). Oct 23-27, 2004

4. Miyai I. Neural mechanisms underlying functional recovery after stroke. IBITA 2004, Tokyo, September 11, 2004.

国内学会

1. 宮井一郎, 畠中めぐみ, 長廻倫子, 久保田競. 脳卒中患者に対する体重負荷トレッドミル訓練の脳活動への影響. 第45回日本神経学会 (東京) 5月12-14日, 2004.
2. 畠中めぐみ, 宮井一郎, 長廻倫子, 柳原武彦. 脳卒中による上肢近位側優位麻痺の特徴. 第45回日本神経学会 (東京) 5月12-14日, 2004.
3. 小野剛, 宮井一郎, 鈴木三央, 高橋幸治, 稲葉朗子, 小田一郎, 小西郁夫, 久保田競. 他者の歩行観察中のヒトの大脳皮質賦活について-近赤外線光イメージング研究. 第39回日本理学療法学会 (宮城) 5月27-29日, 2004
4. 島恵, 稲葉朗子, 高橋幸治, 鈴木三央, 小野剛, 有田美恵, 荒井洋, 植田仁, 畠中めぐみ, 宮井一郎, 久保田競. 光イメージングを用いた脳性麻痺児の歩行時の脳機能測定. 第39回日本理学療法学会 (宮城) 5月27-29日, 2004
5. 畠中めぐみ, 宮井一郎. 脳卒中の回復期における歩行能力の回復過程. 第41回日本リハビリテーション医学会 (東京) 6月2-4日, 2004.
6. 安田徳光, 寺田央, 宮井一郎. 低左心機能症例に合併した脳卒中患者のリハビリテーション-正常心機能の脳卒中患者との比較. 第41回日本リハビリテーション医学会 (東京) 6月2-4日, 2004.
7. 武中章太, 藤田良, 柴田徹, 細井憲, 御勢真一, 宮井一郎, 橋本淳. 脳卒中発症後6ヶ月以内に見られる骨代謝マーカーと踵骨超音波伝播速度(SOS)の変化. 第41回日本リハビリテーション医学会 (東京) 6月2-4日, 2004.
8. 佐々木公望, 畠中めぐみ, 小久保香江, 長廻倫子, 宮井一郎, 柳原武彦. 左放線冠梗塞で吃を認めた一例. 日本神経学会第80回近畿地方会 (大阪), 6月12日, 2004.
9. 宮井一郎. 脳神経疾患に対する神経リハビリテーション. 第4回東京SCD研究会 (東京), 7月8日, 2004.
10. 荒井洋, 植田仁, 加藤良美, 宮井一郎. 痙直型両麻痺を呈した脳室周囲白質軟化症における歩行時の光イメージング. 第46回日本小児神経学会総会 (東京) 7月15-17日, 2004.

11. 宮井一郎. 脳卒中に対する神経リハビリテーションとチーム医療. 第1回阪神脳神経チーム医療セミナー(西宮), 7月23日, 2004.
 12. 宮井一郎. 看護部・コメディカルの育成と質の向上リハビリテーション部門. 脳卒中に対するリハビリテーションを中心に - . 日本病院会. 平成16年度病院長・幹部職員セミナー(大阪), 8月6日, 2004.
 13. Ono T, Miyai I, Suzuki M, Arita M, Oda I, Konishi I, Kubota K. Dorsal Premotor Cortex Activation during Observation of Human Gait. 第27回日本神経科学大会 (Neuro 2004, 大阪), 9月21日, 2004.
 14. 宮井一郎. 脳卒中をリハビリで治す. 市民公開シンポジウム脳卒中を知る-その克服に向けて- (東京). 10月23日, 2004.
 15. 宮井一郎. 近赤外分光法を用いた脳機能計測のリハビリテーション領域での応用. 大阪大学機会工学系技術交流会総会・講演会. 11月5日, 2004.
 16. 三原雅史, 長廻倫子, 畠中めぐみ, 宮井一郎. 小脳梗塞患者における歩行速度に関連した脳活動の変化. 日本神経学会第81回近畿地方会(大阪). 12月4日, 2004.
 17. 宮井一郎. 脳卒中患者の機能回復促進に関する研究. 厚生労働科学研究費補助金(痴呆・骨折臨床研究事業)平成16年度研究報告会(東京), 1月27日, 2005.
 18. 宮井一郎. 回復期リハ病棟の検証と期待. 全国回復期リハビリテーション病棟連絡協議会平成16年度研究大会(東京). 2月19, 20日, 2005
- H. 知的財産権の出願・登録状況
なし

表 対象脳卒中患者 (n=444)の臨床的特徴

	Mild (FIM \geq 108)	Moderate (55 \leq FIM \leq 107)	Severe (FIM \leq 54)
Number (Male/Female)	65 (46/19)	294 (191/103)	85 (64/21)
Age*	58.8 \pm 10.6	60.4 \pm 11.1	64.2 \pm 10.0
Handedness (R/bil)	63/2	275/19	81/4
Dx (CI/ICH/SAH)	43/20/2	148/139/7	42/39/4
Affected side (R/L/ataxia/bil)	37/24/3/0	142/142/5/4	50/31/0/4
Days after onset	57.6 \pm 22.4	54.5 \pm 21.0	53.8 \pm 22.6
Fugl-Meyer UE (0-66)	47.4 \pm 18.0	30.0 \pm 21.9	14.4 \pm 16.7
Fugl-Meyer LE (0-34)	26.2 \pm 5.7	19.1 \pm 7.8	10.9 \pm 7.0
Length of stay#	91.5 \pm 23.5	104.4 \pm 17.5	105.9 \pm 16.8
Discharge home (%)†	88	81	47

(*P<0.01, Severe vs. Mild or Moderate; #P<0.01, Mild vs. Moderate or Severe, ANOVA; †P<0.01, Severe vs. Mild or Moderate, Chi-square test)

図1 回復期リハ対象脳卒中患者の屋内自立歩行達成までの期間(カプランマイヤー曲線)

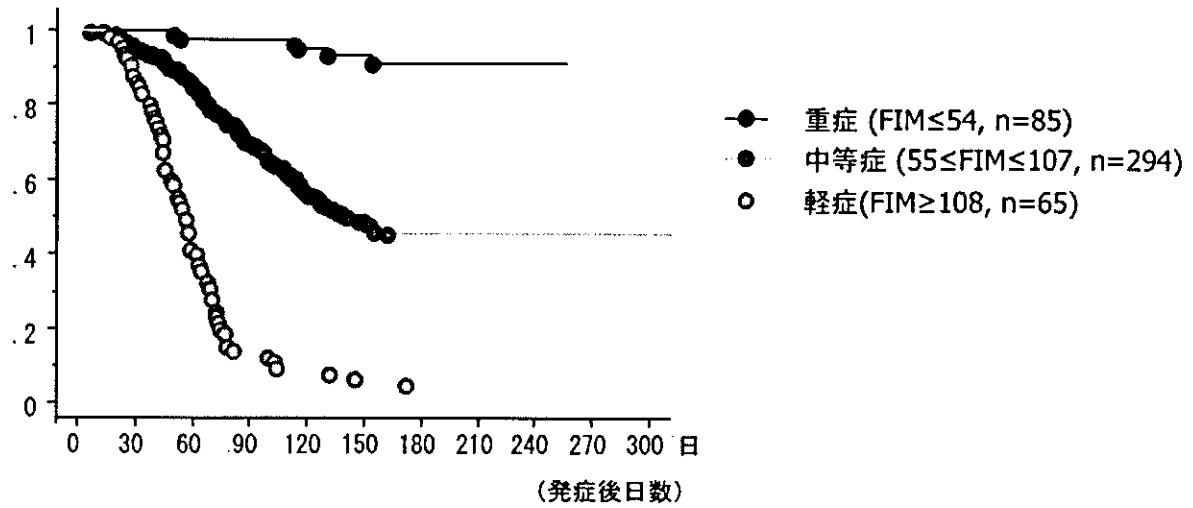


図2 回復期リハ対象脳卒中患者の監視一軽介助歩行達成までの期間(カプランマイヤー曲線)

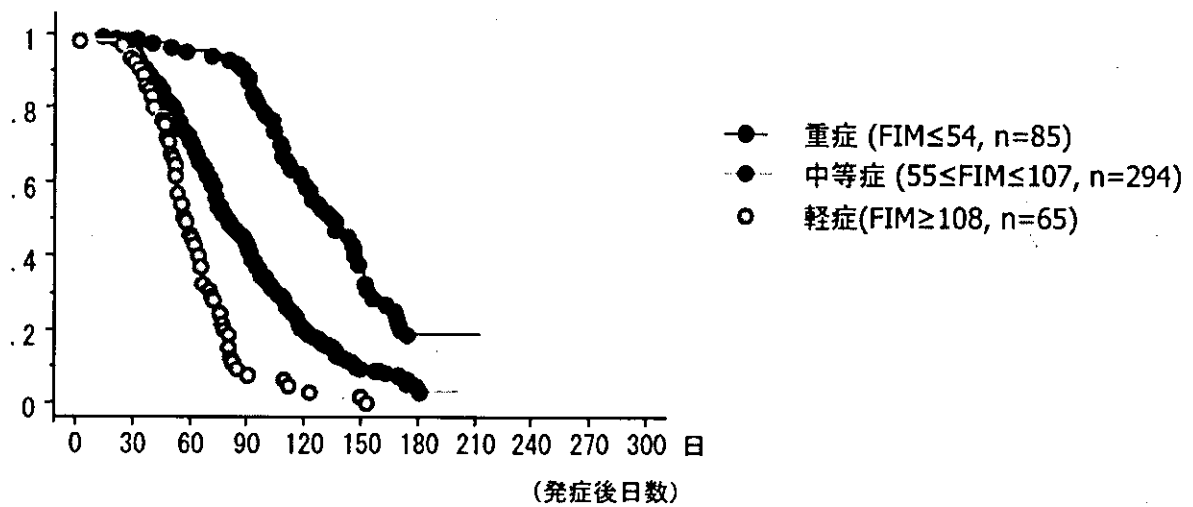
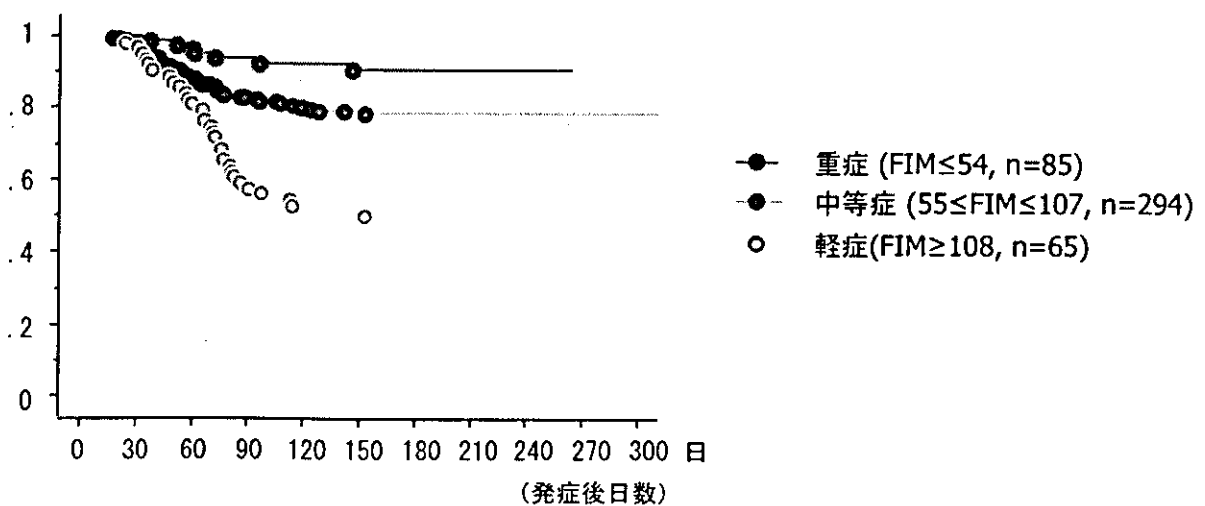


図3 回復期リハ対象脳卒中患者の実用手達成までの期間(カプランマイヤー曲線)



脳卒中による上肢近位側優位麻痺の臨床学的特徴について

主任研究者 宮井一郎

ボバース記念病院院長・神経リハビリテーション研究部

研究協力者 畠中めぐみ ボバース記念病院神経リハビリテーション研究部

研究要旨 脳卒中による上肢近位側優位麻痺の神経生理学、神経解剖学的特徴と機能予後の関連について、遠位側優位麻痺と比較検討した。脳外科的治療を受けていない初発皮質下脳卒中36例（男/女=21/15, 平均67歳, 梗塞/出血=21/15, 発症後平均1.5ヶ月）を麻痺側上肢運動の近位優位障害群（P群）と遠位優位障害群（D群）に分類し、病変部位、経頭蓋磁気刺激（TMS）所見、機能予後を比較した。両群で病巣サイズに差はないが、P群は視床の視床枕～外側核、放線冠中部に局限し内包後脚は保たれていたが、D群は病変の広がりが大きく、被殻や内包後脚を含む例が多かった。TMSによる運動誘発電位の出現様式は麻痺分布の亜型と一致した。潜時延長は麻痺の重症度と関連し、上肢遠位筋の振幅は病巣サイズと逆相関した。数ヶ月のリハビリテーション後、運動麻痺は両群で同等に回復したが、実用的な上肢機能獲得はMEPの有無、病巣サイズではなく、麻痺の分布と重症度に規定された。上肢遠位筋への運動下行路は近位筋より広範でバリエーションに富むことが示唆された。TMS所見は上肢麻痺の分布や重症度と関連するものの、回復期リハ後の上肢機能獲得予測には補助的な意義をもつ程度であった。

A. 研究目的

脳卒中患者の片麻痺の回復過程は、近位の運動の出現が先におこり、運動障害は遠位優位に認められることが多いが、近位の麻痺に比べて手指の分離運動が比較的良好な例を散見する。しかしこのような麻痺形態の違いと病変部位や神経生理学的所見や機能予後との関連はほとんど検討されていない。これらの患者は近位筋の支持性が不十分なために手指運動が実用的に活かされず、患側上肢を挙上する必要がある食事や更衣などの日常生活動作（ADL）が妨げられていることが多い。このような例に対して最適なりハビリテーション手法や生活支援を行うことで患側上肢の実用性が向上すれば、患者の生活の質の向上や介護負担の軽減にもつながるであろう。本研究ではその基礎的検討として、近位側優位上肢麻痺の臨床的、生理学的特徴やその機能予後を明らかにする

ことを目的とした。

B. 研究方法

対象は、初回発症の皮質下脳梗塞および脳出血に対して、急性期に脳外科的治療を受けていない患者36名。内訳は性別（男/女=21/15）、平均67歳、病型（梗塞/出血=21/15）、回復期リハビリテーション目的で当院に入院時の発症後日数は平均47日である。その時点のSIAS（Stroke Impairment Assessment Set）の上肢運動機能により以下の2群に分類した。

P（近位優位障害）群：把握伸展以上の手指分離運動があり、上肢近位側機能がそれより1ポイント以上低い例

D（遠位優位障害）群：上肢近位側に随意運動あり、手指機能がそれより1ポイント以上低い例
運動機能障害はFugl-Meyer scale（FM）運動スコア、感覚障害はFM感覚スコア、能力障害は

Functional Independence Measure (FIM) で評価し、その臨床的特徴をカイ二乗検定および t 検定で比較した。病巣は転院時の MRI で評価した。

Talairach の標準脳の左半球に、各病変を重層した上で、病巣の共通部分のマッピングを行った。錐体路の障害程度の評価として、単発経頭蓋磁気刺激 (Single-pulse transcranial magnetic stimulation, 以下 TMS) を施行した。10-20 法での C3 および C4 の hot spot から刺激し、運動誘発電位 (MEP) は上肢近位筋として上腕二頭筋 (BB)、遠位筋として短母指外転筋 (APB) で検出した。平均 3 カ月の回復期リハビリテーション (個別理学療法 (PT) 40 分週 5 回、個別作業療法 (OT) 40 分週 4-5 回、必要に応じて個別言語療法 (ST) 40 分週 5 回、集団理学療法週 1 回 40 分) の転帰を、FM および患上肢実用機能 (表 1) を用いて評価した。

リハビリテーション前後での機能障害の変化は repeated measures ANOVA、上肢実用性獲得を規定する因子の解析にはロジスティック回帰分析を用いた。有意水準は $p < 0.05$ とした。

(倫理面への配慮)

当院のリハビリテーション総合実施計画書のデータベースおよびカルテ・検査記録からの後ろ向き研究である。データの取扱については名前および ID はファイルデータから削除し、本人を特定できないようにしたため、個人のプライバシーは完全に保護され、公表データに個人情報に含まれない。

C. 研究結果

P 群 (14 例) と D 群 (22 例) で、年齢、発症後日数、病型、麻痺側、病巣サイズ、下肢運動障害の程度に有意差はなかった。D 群は女性が多く、上肢運動機能スコアが低く、患側の実用上肢機能も低かった (表 2)。皮質下病変は、P 群は比較的病巣が集束しており、放線冠では中部に限局し、内包後脚は保たれていた。D 群は被殻、内包後脚、放線冠に病変が及ぶ例が多かった (図 1)。

TMS 所見は、P 群で全例が APB の MEP を認める

一方、BB の MEP は 8 例のみで出現し、D 群では BB の MEP が 15 例、APB が 8 例で認められ、両群とも上肢の麻痺の分布をよく反映していた。すなわち MEP の近位遠位の分布差は臨床所見と合致した。次に MEP の出現が BB 陰性 APB 陽性という近位優位障害例と、BB 陽性 APB 陰性という遠位優位障害例とで病巣のマッピングをおこなうと、臨床所見で分類したマッピング (図 1) と類似の所見を呈した (図 2)。

非麻痺側に対する麻痺側の MEP 振幅比 (MEP amplitude ratio, MAR) を算出すると、APB の振幅は病巣サイズと負の相関が認められたが、BB の振幅はサイズと相関しなかった (図 3)。MEP の潜時に関して、非麻痺側に対する麻痺側の MEP 潜時比 (Conduction time ratio, CTR) を算出すると、CTR は遠位筋 (APB)、近位筋 (BB) とともに上肢の FM と正の相関があり、上肢運動障害の重症度を反映していた (図 4)。さらに MEP 潜時に基づき上肢麻痺の分布を評価するために Proportional Index (PI) = CTR (BB) - CTR (APB) を算出した。PI > 0 は遠位優位、< 0 は近位優位の障害を意味する。PI は P 群で D 群より有意に小さく ($p < 0.01$)、臨床的な麻痺の分布と TMS 所見が一致することが示された (図 5)。

上肢の運動障害は回復期リハビリテーション後に両群で同程度改善した (図 6)。しかし実用手を獲得 (カテゴリー A) した例は D 群で 0%、P 群でも 36% (5/14) にすぎなかった。ロジスティック回帰分析では、3 カ月の回復期リハビリテーション後の実用的な上肢機能の獲得には、上肢麻痺の重症度 (転院時に麻痺がより軽症であること) と分布 (近位優位の麻痺であること) が有意な独立した規定因子であり、性別、TMS 所見、病巣サイズは有意ではなかった (表 3)。

D. 考察

一般的に、脳卒中で生じた麻痺は遠位に強いことが知られている。手の運動麻痺の回復は、発症初期の機能障害の程度に依存する部分が大きく、

一次運動野や錐体路の損傷、特に線維が集束する内包後脚病変の有無は手指の巧緻性回復の鍵になる。さらに近年の機能的MRIやTMS、霊長類などを用いた動物実験から、手の運動を支配する一次運動野や運動関連野の可塑性が麻痺の回復に寄与することが示された。しかし上肢の近位部麻痺の特徴や回復に関してはあまり注目されていない。

今回の結果から、放線冠から内包後脚にかけての、錐体路線維の集中した狭い範囲でも、上肢の近位部と遠位部に投射される線維の分布の相違が明らかになった。具体的には放線冠の中部が上肢近位筋への線維の一部であること、上肢遠位筋への下行路は近位筋より広く分布するか、もしくはバリエーションに富んでいることが示唆された。しかし今回の対象症例はいずれも急性期をすぎた状態であることから、すでに生じた神経ネットワークの再構成が生じた結果として病巣分布が見かけ上広がった可能性もある。

TMSにて誘発されるMEPの近位筋および遠位筋の潜時延長や振幅低下の分布は、臨床的な上肢麻痺の分布をよく反映していることがわかった。しかし、急性期をすぎた時点でのTMS所見が実用的な上肢機能獲得を予測するものではないことも示された。このことは、TMS所見が残存する皮質脊髄路の機能全体を反映するものではないことを示唆する。また、一次運動野だけでなく運動関連野の機能が上肢機能の回復に関与しており、それがTMS所見には反映されていないことも一因と考えられる。

私どもが平成14年度厚生労働科学研究で行った脳卒中1,056例を対象とした研究でも、発症後1〜3ヶ月で入院リハを開始した患者は、開始時廃用手例の29.7%は改善したが、実用手を獲得したのは0.2%のみであった。しかし開始時に大まかな麻痺手の把握運動が可能な患者では、37.5%の患者が実用手レベルに到達した。歩行に比べ上肢の回復は発症初期の機能障害に依存す

るところが大きい。今回の結果も、上肢の実用的な機能獲得は転院時の機能障害の程度と、上肢遠位部の随意性が良好であることに左右されることが分かった。日常生活で麻痺側上肢を実用レベルで使用するためには、下肢に比べ末梢を含めたかなりの巧緻性が必要であり、患者のニーズに応える十分な回復が得られないのが現状である。近位側優位麻痺は遠位麻痺に比べて実用性獲得の確率が高いものの、手指の動きが良好な割に肩や肘の屈曲伸展や支持性が確保されないと、日常動作に必要な、空間に定位させての上肢の使用は困難である。今回の結果でも近位筋麻痺例の半数以上が麻痺手の実用的使用を獲得しなかった。過去に報告されたエビデンスの得られた上肢に対するリハビリテーション手法には非麻痺手を拘束することにより麻痺手を強制使用させるconstraint-induced movement訓練が挙げられるが、これは元々麻痺の回復の良好な例に限定された手法である。一方、近位筋に関してはMIT開発のロボットを用いた課題指向型訓練の有効性が示唆されている。

このように上肢麻痺の神経解剖学的、生理学的特徴を明確にし、麻痺の程度だけでなく様式の違いにも着目した訓練手段を選択していくことで、よりオーダーメイド化された、回復効率も費用効率も良好なりハビリを行える可能性がある。今後、近位筋麻痺例に対し、近位筋機能改善に重点を置いた介入がその様な効果をもたらすか検討する必要がある。

E. 結論

上肢近位優位麻痺患者の病巣は比較的限局しており、放線冠の中部に位置する上肢近位筋への支配線維が損傷されていると考えられた。MEPの異常は運動機能障害の重症度と、上肢麻痺の分布を反映していた。上肢遠位筋のMEPの振幅は病巣サイズと負の相関があり、上肢遠位筋への下行路は近位筋より広いか、バリエーションに富む可能性がある。上肢の実用的な予後の予測には上肢麻

痺の程度や分布といった臨床評価が、神経生理学的、解剖学的評価よりも重要な因子であった。

F. 健康危険情報

総括研究報告参照。

G. 研究発表

1. 論文発表

1. Miyai I. Cortical networks associated with locomotion in man and patients with hemiparetic stroke. In Swinnen SP, Duysens J eds. Neurobehavioral determinants of interlimb coordination, Kluwer Academic Publishers, MA, 2004, p.109-128.
2. Miyai I. Locomotor training with partial body weight support in patients with Parkinson's disease and stroke: Its efficacy and neural mechanisms. Geriatrics and Gerontology International 2004;4:S205-S206.
3. Miyai I., Hatakenaka M, Kubota K. Effect of body weight support on cortical activation during gait in Parkinson's disease. Program No. 882.17. 2004 Abstract Viewer/Itinerary Planner. Washington, DC: Society for Neuroscience
4. Hatakenaka M, Miyai I., Kubota K. Impaired motor skill learning in patients with stroke: A functional NIRS study. Program No. 533.20. 2004 Abstract Viewer/Itinerary Planner. Washington, DC: Society for Neuroscience
5. Suzuki M, Miyai I., Ono T, Oda I, Konishi I, Kochiyama T, Kubota K. Prefrontal and premotor cortices are involved in adapting walking and running speed on the treadmill: an optical imaging study. Neuroimage 2004;23: 1020-26.
6. Miyai I. Longitudinal optical imaging study for locomotor recovery after ischemic stroke. State-of-the-art-imaging in stroke. The present state and implication on future. Schaller B ed., Nova Science Publisher, New York, 2005, in press.
7. 宮井一郎. 神経リハビリテーションにおけるfNIRSの応用. Medical Now 2004;52: 33-36.
8. 宮井一郎. 脳卒中のリハビリテーション. JSA news 第11号. 2004.
9. 宮井一郎. コクランレビューUp To Date. Amphetamines for improving recovery after stroke (Cochrane Review). The Cochrane Library 4, 2003. 分子血管病 2004;3(2)223-228.
10. 宮井一郎. 脳卒中のリハビリテーション. JSA news 第12号. 2004.
11. 宮井一郎. 久保田競. 脳卒中リハビリテーションにおけるNIRS機能画像. 臨床精神医学 2004;33(6):767-772.

12. 宮井一郎. 脳卒中のリハビリテーション. 神経内科 2004;60(6):608-615.
13. 宮井一郎. 脳卒中による機能障害や能力障害の治療と訓練. Aging & Health 2004;13(2):16-19. 長寿科学振興財団
14. 宮井一郎. 神経リハビリテーションと脳循環代謝. 脳循環代謝 2004;16(3):189-193.
15. 宮井一郎. 体重免荷トレッドミル歩行訓練の有効性. カレントセラピー 2004;22(11):72-78.
16. 宮井一郎. 外部環境における脳の可塑的变化. 内山靖編. 環境と理学療法. 医歯薬出版. 2004, P. 58-72.
17. 宮井一郎. トレッドミル強制歩行による中枢神経系の賦活 - 脳卒中での知見と脊髄障害への応用の展望 -. 脊髄脊椎ジャーナル 2004;17(11):1024-34.
18. 宮井一郎. 光イメージングによる脳損傷後の機能回復の評価. 神経内科 2004;61(5):445-453.
19. 三原雅史, 畠中めぐみ, 宮井一郎. 脳卒中後の神経機能回復と糖尿病- 神経リハビリテーションの役割-. Diabetes Frontier 2004;15(6):842-845.
20. 古澤正道, 宮井一郎. リハビリテーション技術. Bobathアプローチ. 臨床リハ 2005;14(1):70-72.
21. 宮井一郎. 脳機能賦活法-脳卒中に対する神経リハビリテーションを中心に. 財団法人長寿科学振興財団編. 老年期痴呆の克服を目指して. pp185-193, 医学書院, 2005.

2. 学会発表

国際学会

1. Miyai I. Reorganization of neural networks underlying functional recovery after stroke. Japanese-Korean Joint Conference on Rehabilitation Medicine 2004 (Kyoto), April 23-24, 2004.
2. Miyai I., Hatakenaka M, Kubota K. Effect of body weight support on cortical activation during gait in Parkinson's disease. The Society for Neuroscience 34th Annual Meeting (San Diego, CA). Oct 23-27, 2004
3. Hatakenaka M, Miyai I., Kubota K. Impaired motor skill learning in patients with stroke: A functional NIRS study. The Society for Neuroscience 34th Annual Meeting (San Diego, CA). Oct 23-27, 2004
4. Miyai I. Neural mechanisms underlying functional recovery after stroke. IBITA 2004, Tokyo, September 11, 2004.

国内学会

1. 宮井一郎. 畠中めぐみ、長廻倫子、久保田

- 競. 脳卒中患者に対する体重免荷トレッドミル訓練の脳活動への影響. 第45回日本神経学会(東京)5月12-14日, 2004.
2. 畠中めぐみ, 宮井一郎, 長廻倫子, 柳原武彦. 脳卒中による上肢近位側優位麻痺の特徴. 第45回日本神経学会(東京)5月12-14日, 2004.
 3. 小野剛, 宮井一郎, 鈴木三央, 高橋幸治, 稲葉朗子, 小田一郎, 小西郁夫, 久保田競. 他者の歩行観察中のヒトの大脳皮質賦活について-近赤外線光イメージング研究. 第39回日本理学療法学会(宮城)5月27-29日, 2004
 4. 島恵, 稲葉朗子, 高橋幸治, 鈴木三央, 小野剛, 有田美恵, 荒井洋, 植田仁, 畠中めぐみ, 宮井一郎, 久保田競. 光イメージングを用いた脳性麻痺児の歩行時の脳機能測定. 第39回日本理学療法学会(宮城)5月27-29日, 2004
 5. 畠中めぐみ, 宮井一郎. 脳卒中の回復期における歩行能力の回復過程. 第41回日本リハビリテーション医学会(東京)6月2-4日, 2004.
 6. 安田徳光, 寺田央, 宮井一郎. 低左心機能症例に合併した脳卒中患者のリハビリテーション-正常心機能の脳卒中患者との比較. 第41回日本リハビリテーション医学会(東京)6月2-4日, 2004.
 7. 武中章太, 藤田良, 柴田徹, 細井憲, 御勢真一, 宮井一郎, 橋本淳. 脳卒中発症後6ヶ月以内に見られる骨代謝マーカースと踵骨超音波伝播速度(SOS)の変化. 第41回日本リハビリテーション医学会(東京)6月2-4日, 2004.
 8. 佐々木公望, 畠中めぐみ, 小久保香江, 長廻倫子, 宮井一郎, 柳原武彦. 左放線冠梗塞で吃を認めた一例. 日本神経学会第80回近畿地方会(大阪), 6月12日, 2004.
 9. 宮井一郎. 脳神経疾患に対する神経リハビリテーション. 第4回東京SCD研究会(東京), 7月8日, 2004.
 10. 荒井洋, 植田仁, 加藤良美, 宮井一郎. 痙直型両麻痺を呈した脳室周囲白質軟化症における歩行時の光イメージング. 第46回日本小児神経学会総会(東京)7月15-17日, 2004.
 11. 宮井一郎. 脳卒中に対する神経リハビリテーションとチーム医療. 第1回阪神神経チーム医療セミナー(西宮), 7月23日, 2004.
 12. 宮井一郎. 看護部・コメディカルの育成と質の向上リハビリテーション部門. 脳卒中に対するリハビリテーションを中心に-. 日本病院会. 平成16年度病院長・幹部職員セミナー(大阪), 8月6日, 2004.
 13. Ono T, Miyai I, Suzuki M, Arita M, Oda I, Konishi I, Kubota K. Dorsal Premotor Cortex Activation during Observation of Human Gait. 第27回日本神経科学大会(Neuro 2004, 大阪), 9月21日, 2004.
 14. 宮井一郎. 脳卒中をリハビリで治す. 市民公開シンポジウム脳卒中を知る-その克服に向けて-(東京). 10月23日, 2004.
 15. 宮井一郎. 近赤外分光法を用いた脳機能計測のリハビリテーション領域での応用. 大阪大学機会工学系技術交流会総会・講演会. 11月5日, 2004.
 16. 三原雅史, 長廻倫子, 畠中めぐみ, 宮井一郎. 小脳梗塞患者における歩行速度に関連した脳活動の変化. 日本神経学会第81回近畿地方会(大阪). 12月4日, 2004.
 17. 宮井一郎. 脳卒中患者の機能回復促進に関する研究. 厚生労働科学研究費補助金(痴呆・骨折臨床研究事業)平成16年度研究報告会(東京), 1月27日, 2005.
 18. 宮井一郎. 回復期リハ棟の検証と期待. 全国回復期リハビリテーション病棟連絡協議会平成16年度研究大会(東京). 2月19, 20日, 2005
- H. 知的財産権の出願・登録状況
なし

表1 実用上肢の機能分類 (Functional category of UE)

Categories	Description
Category A	If dominant side is affected, he/she can use chopsticks, fork, and spoon, and write with a pen. If non-dominant side is affected, he/she can hold a cup, and can eat using both upper extremities.
Category B	He/she can grasp, hold, and release objects.
Category C	He/she can hold objects on a table with the affected upper extremity only with assistance of the unaffected upper extremity.
Category D	No ability in functional use of the affected upper extremity.

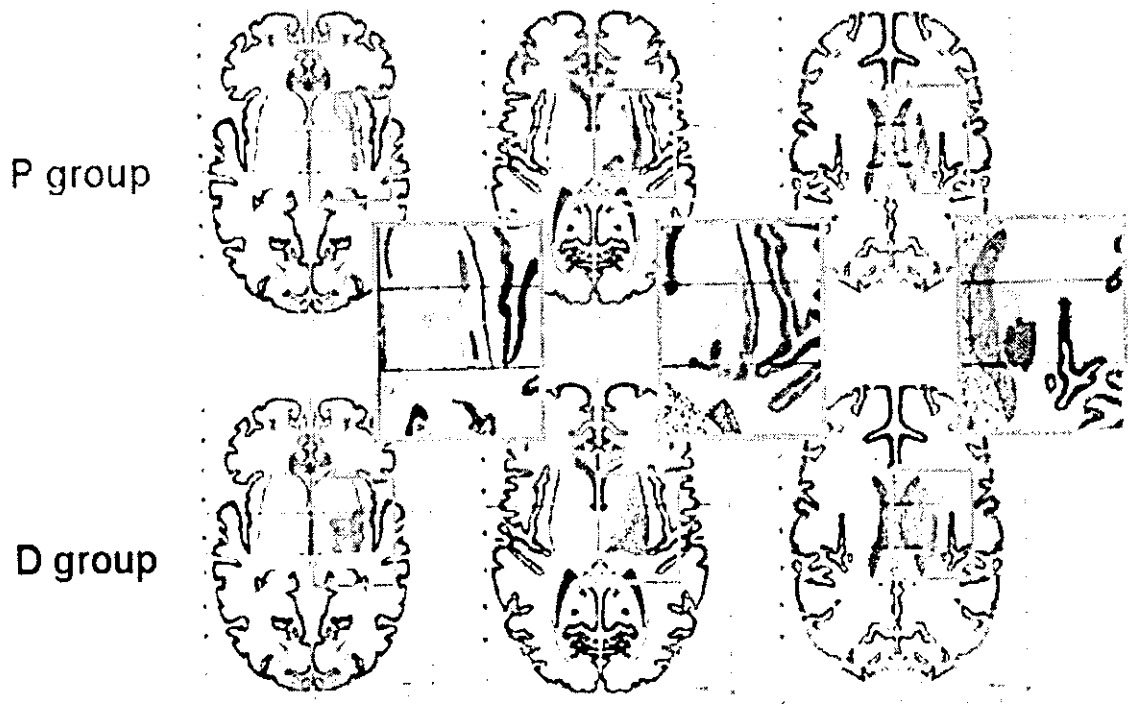
表2 近位優位麻痺 (P群) と遠位優位麻痺(D群)の臨床的特徴

	P group (n=14)	D group (n=22)	P value
Sex (Male/ Female)	5/9	16/6	<0.05
Diagnosis (Infarction/ Hemorrhage)	9/5	12/10	n. s.
Age, years	70.4±10.2	64.6±7.6	n. s.
Handedness (R/ L)	13/1	22/0	n. s.
Affected limb (R/ L)	7/7	13/9	n. s.
Days after stroke	44.9±21.1	48.5±18.7	n. s.
Volume of lesion, ml	2.2±1.7	3.6±2.2	n. s.
Fugl- Meyer for hand (0-14)	9.8±4.7	4.4±5.6	<0.01
Fugl- Meyer for UE (0-66)	40.2±21.7	23.3±20.3	<0.05
Fugl- Meyer for LE (0-34)	22.6±6.0	18.3±7.4	n. s.
Functional category of UE (A)	5	0	<0.01
(B)	1	4	
(C)	7	4	
(D)	1	14	
Sensory deficit (present/ absent)	11/3	20/2	n. s.

表3 上肢実用使用を規定する因子

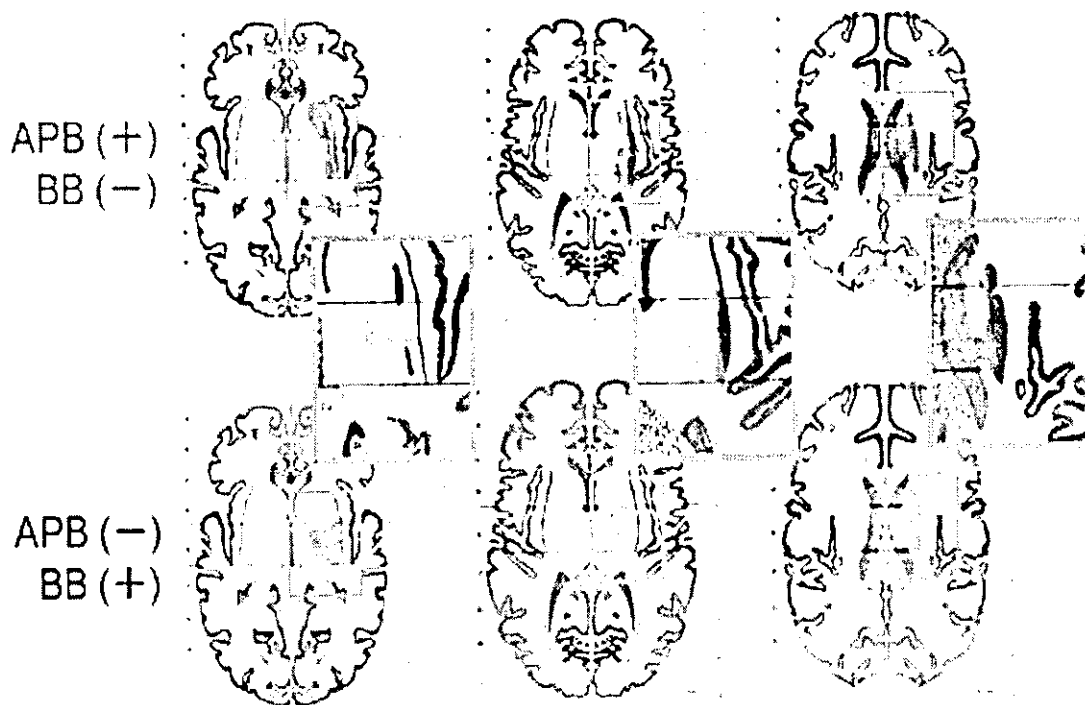
Factor	Odd ratio	95% CI	P value
Sex	11.53	0.266-500.035	0.20
Group (P vs. D)	0.03	0.001-0.973	0.048
Size of lesion	0.62	0.243-1.578	0.32
Fugl-Meyer (UE)	1.08	1.001-1.170	0.048
MEP (MAR of APB muscle)	9.86	0.116-841.127	0.31

図1 臨床所見にもとづく病巣マップ



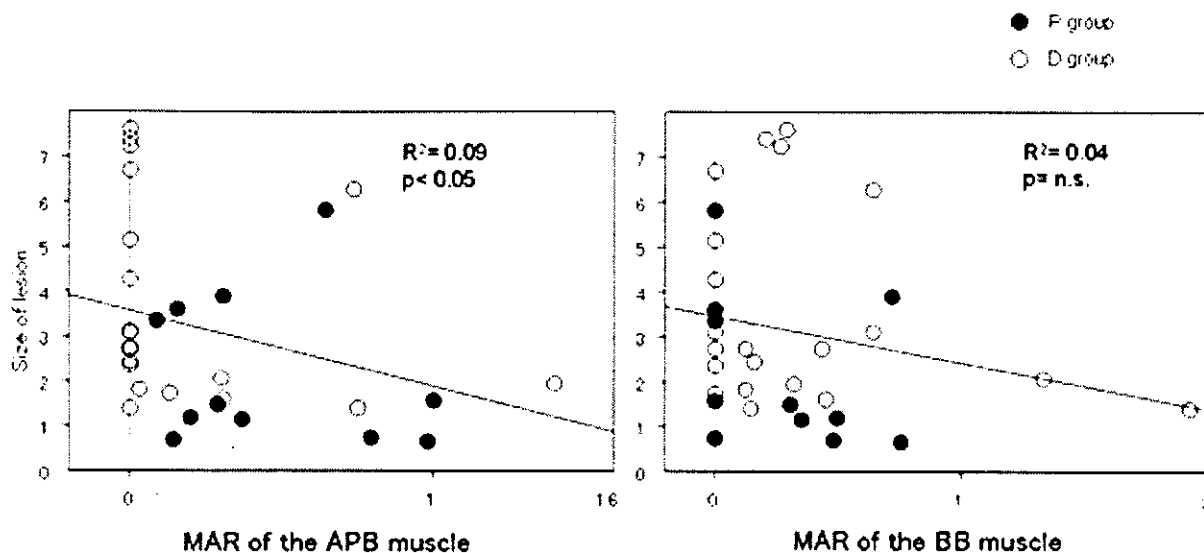
皮質下病変はP群は比較的病巣が集束しており、放線冠では中部に局限し、内包後脚は保たれていた。D群は被殻、内包後脚、放線冠に病変が及ぶ例が多かった。

図2 TMS所見にもとづく病巣マップ



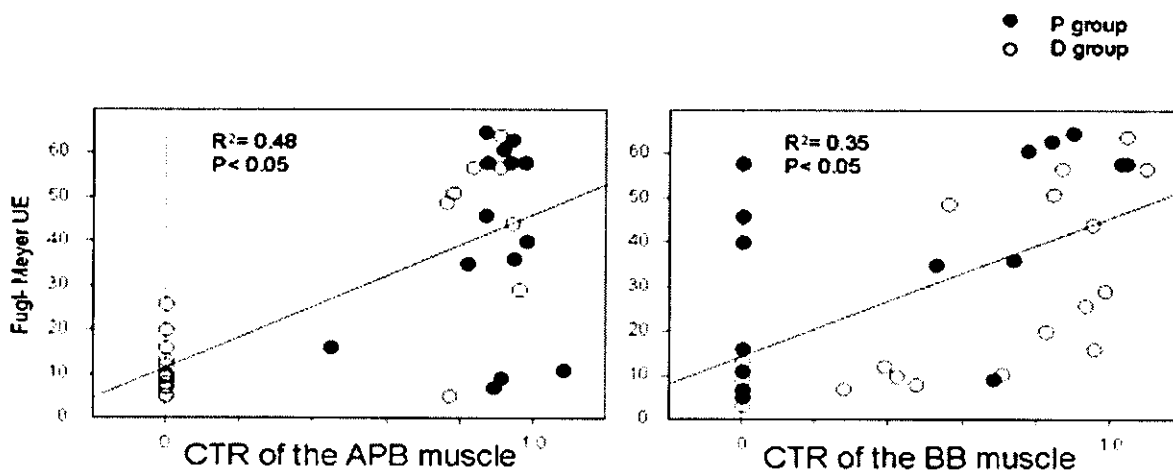
MEPの出現がBB陰性APB陽性という近位優位障害例と、BB陽性APB陰性という遠位優位障害例とで病巣のマッピングをおこなうと、図1と類似の所見を呈した。

図3 MEP (運動誘発電位) と病巣サイズとの関連



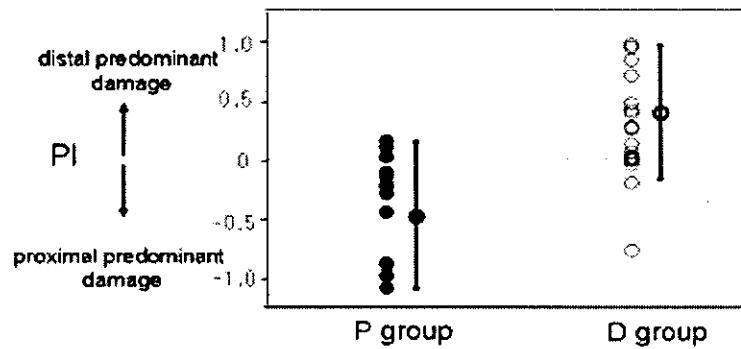
MAR (MEP amplitude ratio) = 麻痺側MEP振幅/非麻痺側MEP振幅。遠位筋 (APB)ではMEP振幅と病巣の大きさに有意な負の相関を認めた。

図4 MEPと上肢運動障害との関連



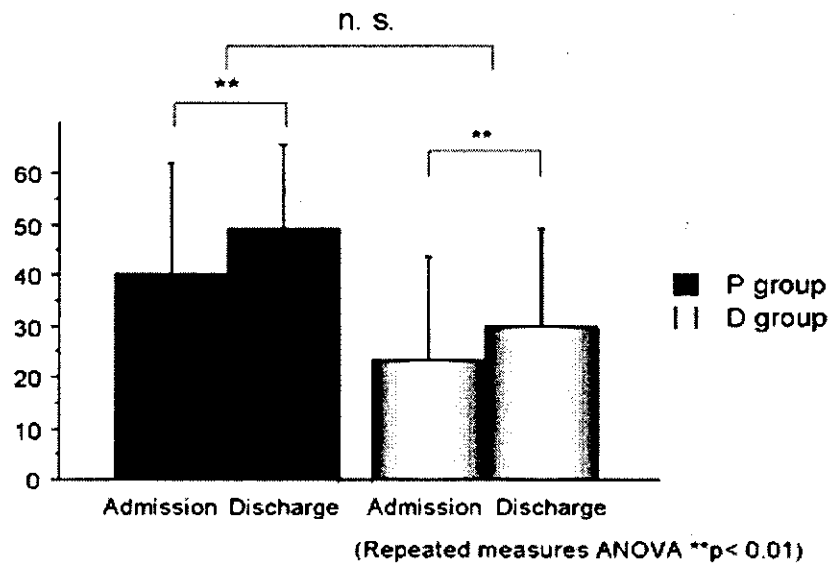
CTR (Conduction Time Ratio) = 非麻痺側MEP潜時 / 麻痺側MEP潜時。0; 麻痺側導出なし, 1; 麻痺側MEP潜時正常。遠位筋(APB), 近位筋(BB)とも麻痺の程度と潜時延長に有意な相関を認めた。

図5 MEPの分布と麻痺分布との関連



Proportional Index of MEPs (PI) = CTR (BB) - CTR (APB). PI>0は遠位優位、<0は近位優位の障害を意味する。PIはP群で D群より有意に小さく(p<0.01), 臨床的な麻痺の分布とTMS所見が一致していた。

図6 上肢運動機能回復



上肢Fugl-Meyerスコアの変化を従属変数としてRepeated measures ANOVA を行うと麻痺分布(P vs. D) [F (1, 34)=7.64, p<0.01]と時間[F (1, 34)=36.33, p<0.0001] に有意な主効果を認めたが、交互作用はなかった。

体重免荷 (BWS) が脳卒中患者の歩行時の脳活動に及ぼす影響

主任研究者 宮井一郎

ボバース記念病院院長・神経リハビリテーション研究部

分担研究者 久保田競 日本福祉大学教授

研究協力者 畠中めぐみ ボバース記念病院神経リハビリテーション研究部

三原雅史 ボバース記念病院神経リハビリテーション研究部

研究要旨 脳卒中患者に対する歩行訓練の一つである体重免荷 (BWS) トレッドミル訓練の脳活動への影響を検討した。初回皮質下脳卒中患者 6 例 (平均 57 才、発症後 2 カ月) と健常人 5 例 (平均 53 才) で 10%BWS によるトレッドミル歩行 (1.0km/hr) 時の大脳皮質活動に対する影響を光イメージング装置 (Miyai et al. Neuroimage 2001;14:1186-92.) を用いて評価した。脳卒中患者では BWS で歩行がより対称的になり、内側一次感覚運動野の酸素化ヘモグロビン増加を指標とした脳活動が有意に低下した。その変化は BWS による歩行の cadence の変化と有意に相関した。BWS による感覚運動野活動の非対称性改善は歩行の非対称性改善と有意に相関した。健常人の歩行は BWS に影響されず、一定の脳活動変化ももたらさなかった。BWS は脳卒中患者の歩行時の感覚運動野活動を低下させた。階層的な歩行制御系の下位へのシフトが起こり、歩行がより自動的になる可能性がある。

A. 研究目的

脳卒中後の機能回復機序を調べるために、fMRI や PET などによる機能的脳画像研究が行われてきたが、これらの装置は被検者の体動に非常に弱く、運動に関連するタスクとしては手指や手の運動に限られる。私たちは、新しく開発された近赤外光を用いた光イメージング装置 (fNIRS) で、健常人の歩行時の皮質活動をリアルタイムで測定することに成功した (Miyai et al, Neuroimage 2001;14: 1186-92)。さらに脳卒中患者において約 3 ヶ月のリハビリテーションの前後で、歩行機能と脳賦活の変化の関連を解析したところ、脳卒中患者の歩行改善には一次感覚運動野の対称的な賦活と病変側の運動前野賦活の増加が関与することが示された (Stroke 2003;34:2866-2870)。これらの成績から、現実的な歩行のパラメーターと脳賦活を組み合わせられて評価することで、脳卒中に

に対するリハビリテーションのテクニックの有効性を神経科学に基づいて検証することが可能であることが示された。

一方、私たちは新しい課題指向型の歩行訓練として注目されている体重免荷 (BWS) 下トレッドミル訓練 (body weight supported treadmill training: BWSTT) の有効性を検討し、重症患者の監視歩行に到達するまでの期間を短縮する可能性を示した (宮井一郎, 平成十五年度厚生労働科学研究費補助金 効果的医療技術の確立推進臨床研究事業研究報告書 脳卒中による機能障害及び能力障害の治療及び訓練に関する研究)。軽症患者にもこの訓練ストラテジーが有効であることがいくつかの報告で示されている。しかしこの訓練の中枢神経系への作用機序はまだよくわかっていない。例えば、機序の一つとして脊髄の central pattern generator の賦活が考えられて

いるが、大脳レベルでの変化も否定できない。

そこで私たちはリハビリテーションのテクニックの有効性を神経科学に基づいて検証するfNIRSを用いた一連の研究として、今年度はBWSによる歩行時の脳活動の変化と歩行機能の変化の関連を健常人と脳卒中患者で比較検討した。

B. 研究方法

対象は少なくとも監視下で歩行可能な初回皮質下脳卒中患者6例(平均57 ± 6才、発症後75 ± 27 2カ月、男5、女1、右麻痺2、左麻痺4、脳梗塞4、脳出血2、表1)と健常人5例(平均53 ± 11、男3、女2)である。パラシュートジャケットを装着し、体重の10%をBWSによるトレッドミル歩行(1.0km/hr)時の大脳皮質活動に対する影響を光イメージング装置(Miyai et al. Neuroimage 2001;14:1186-92.)を用いて評価した。光イメージング装置はマルチチャンネル酸素モニタ OMM-2001(島津製作所)を使用した。780, 805, 830 nmの近赤外線光の送光用光ファイバー12本、受光用光ファイバー12本からなる36チャンネルのプロープペアを前頭頭頂部にプロープ間距離3cmで配置し、歩行時の酸素化ヘモグロビン(oxyHb)、脱酸素化ヘモグロビン(deoxyHb)、総ヘモグロビン(totalHb)の変化を36点で同時記録した。プロープの位置と皮質部位の関係はMRIで確認し、一次感覚運動野(SMC)、運動前野(PMC)、補足運動野(SMA)、前補足運動野、前頭前野がカバーされていた(図1)。

タスクとしてトレッドミル歩行(1.0 km/hr)を30秒、休憩(立位)を30秒それぞれ4回繰り返した。歩行タスクは体重免荷装置による10%の免荷のある状態(BWS)とない状態(NBWS)で行った。

この測定システムを用いた片麻痺歩行時の脳賦活のマッピングは既報の通り deoxyHb の変化がほとんどみられないため、oxyHb の変化に基づいておこなった。マッピングは36チャンネルのタスク時の Δ oxyHb を線形補完し、ファイバー位置に基づいて脳表に重ね合わせた。定量的解析に

は、“タスク時 Δ oxyHb - 休憩時 Δ oxyHb”を各チャンネルで計算し、体重免荷の有無(BWS vs. NBWS)と脳領域(SMC, SMA, PMC)を独立変数としたANOVAで解析した。また、賦活の対称性は各領域のlaterality index (LI) = (病変半球 Δ oxyHb - 非病変半球 Δ oxyHb) / (病変半球 Δ oxyHb + 非病変半球 Δ oxyHb)を計算し、同様に解析した。LIは、プラスが病変半球優位、マイナスが非病変半球優位の賦活を意味する。歩行はビデオテープで記録し歩行の対称性に関しても歩行 LI = (非麻痺足の振り出し時間 - 麻痺足の振り出し時間) ÷ (非麻痺足の振り出し時間 + 麻痺足の振り出し時間)を計算した。マイナスが麻痺足の振り出し時間、プラスが非麻痺足の振り出し時間が長くなることを意味する。

(倫理面への配慮)

当院の倫理委員会で承認後、被検者に検査方法や、安全性について説明し、書面でInformed consentを得た。

C. 研究結果

脳卒中患者においてBWSは歩行の振り出し時間から見た非対称を有意に改善し(歩行 LI ± SD; NBWS/BWS = -0.12 ± 0.06 / -0.07 ± 0.07, p=0.009)、cadence(1分あたりの歩数)を増加させる傾向にあった(60 ± 21 / 68 ± 23, p=0.06)。対照ではBWSにより歩行LI(0.005 ± 0.007 / 0.008 ± 0.012, p=0.51)もcadence(113 ± 9 / 115 ± 9 steps/min, p=0.39)も有意に変化しなかった。

脳卒中患者の片麻痺歩行時には、SMCの内側に賦活がみられたが非対称的で、病変半球で減少していた(図2)。BWSでの歩行ではNBWSに比べて、SMC活動の非対称性は改善し、内側SMCの活動量は低下する傾向にあった。対照ではSMC賦活は対称的でBWSでも大きな変化は認めなかった。

OxyHb変化量を指標とした定量的解析(repeated measures ANOVA)では、BWS(F[1, 33] = 1.900, p = 0.1773)や脳領域(F[2, 33] = 0.451, p = 0.6412)に対する主効果はないが、両者に有意な

交互作用を認めた ($F[2, 33] = 8.626, p = 0.0010$)。Post hoc test では内側 SMC の賦活が BWS 時に有意に低下していた ($p = 0.0081$)。SMA ($p = 0.1067$) や PMC ($p = 0.0863$) では差がなかった (Fig. 3A)。対照では BWS に対する主効果 ($F[1, 27] = 4.321, p = 0.0473$) を認めたが、涼気期に対する主効果や両者の交互作用を認めなかった (Fig. 3B)。このことは BWS により全体的な脳賦活が非特異的に増加したことを示唆する。

脳活動と歩行機能の関連について重要な点は BWS による SMC 賦活の変化と cadence の変化の間に有意な相関関係を認めた ($p = 0.0451, \Delta SMC = -0.183 + 0.01 \times \Delta \text{Cadence}; R^2 = 0.644, \text{Fig. 4A}$) ことである。このことは同等な cadence の歩行では BWS による歩行の方が SMC の活動が少ないことを意味する。活動の非対称性については全体として、各領域の賦活 LI は脳卒中患者でも対照群でも、BWS により有意に変化しなかったが、脳卒中患者では BWS による SMC 賦活 LI の変化と歩行 LI の変化に有意な相関を認めた ($\Delta \text{LI of SMC} = -0.08 + 3.326 \times \Delta \text{LI of swing phase period}; R^2 = 0.648, p = 0.0434, \text{Fig. 4B}$)。すなわち BWS により歩行が改善した症例に関しては SMC 活動の対称性も改善した。他の領域でこのような歩行パラメーターの変化と賦活の変化の相関は認められなかった。したがって SMC の対称性の改善は歩行の対称性の改善を反映していることが示唆された。

D. 考察

これまでのわれわれの研究から (Miyai I, et al. *Ann Neurol* 2002;52:188-194)、脳卒中患者の片麻痺歩行に関連した脳賦活の特徴は、健常人と類似して一次感覚運動野の内側 (足の領域) および補足運動野の賦活が見られるものの、相違点として一次感覚運動野の賦活が非対称的で病変半球で少ないこと、運動前野や前頭前野など他の領域の賦活が増加することが明らかになった。さらに歩行機能回復に伴って、感覚運動野活動が対称化し、病変半球の運動前野活動が増加すること

が示された (Miyai I, et al. *Stroke* 2003;34:2866-2870)。これらから一次感覚運動野賦活の対称化や病変半球運動前野の活動増強が、歩行訓練効果の指標になる可能性がある。今回はその点を BWSTT という歩行訓練の一つのストラテジーで検証した。

BWS は脳卒中患者において片麻痺歩行とそれに関連した脳活動に影響を与えることが示された。すなわち脳卒中患者では、BWS により cadence が増加する傾向があったが、感覚運動野の活動はむしろ減少した。両者の相関から、同等の cadence では BWS はより少ない感覚運動野活動で歩行が可能であることが示された。このことはヒトの歩行に関与する中枢神経系の構造は大脳皮質諸領域、基底核、小脳、脳幹、脊髄など広範囲にわたっており、階層的な制御が行われていることと関連して説明できる。4足歩行を行う哺乳類では、脊髄に歩行と同様のリズムカルな四肢の運動を起こさせる神経機構が存在することが知られており、central pattern generator (CPG) と呼ばれている。CPG を含めた脊髄介在ニューロンへは大脳や脳幹網様体などのさまざまな上位中枢から直接的、間接的入力がある。ネコなどの動物においては電気刺激を与えることで歩行活動を惹起させることのできる歩行中枢が視床下核、中脳被蓋部、室頂核近傍などに存在し、主に橋延髄網様体から脊髄への入力を介して CPG へ指令を送っている。ヒトにおいても歩行の開始や維持には、このような機構が関連し、大脳皮質からの入力は障害物を避けるなどの環境に依存した歩行の調整に関連すると考えられている。したがって、BWS は脳卒中患者に相対的に自動的な歩行が可能な環境を提供し、そのことが感覚運動野賦活低下に反映されている可能性が示唆された。

一方、大脳皮質もヒト歩行制御に重要である。大脳皮質の運動関連領域も歩行の制御に相当関与することも知られてきた。とくに前脛骨筋は手内筋と同様な程度に単シナプス性の皮質脊髄路

の支配を受けている。ヒト歩行中に大脳皮質への経頭蓋磁気刺激に伴う下肢筋活動変化を記録することで、大脳皮質一次運動野が積極的に歩行の制御にたずさわることが示されている (Capaday et al. J Neurophysiol 1999;81:129-139)。BWSは脳卒中患者の歩行の対称性を改善し、その改善度は感覚運動野の対称性の改善度と有意な相関が見られた。縦断的研究でも歩行の改善に伴い、同様な関連を認めたことから (Miyai I, et al. Stroke 2003;34: 2866-2870)、BWSは歩行機能回復に有益な脳活動を惹起しやすい訓練である可能性がある。感覚運動野の対称性の改善は、病変半球の同領域の相対的な活動増加を意味する。上肢麻痺に関しても同様に、麻痺手の運動に伴って両側半球の感覚運動野活動がみられることや機能回復にともなって病変半球の活動が優位になることが報告されている (Marshall, et al. Stroke 2000;31:656-661)。

運動前野や前頭前野の賦活は、特に大脳皮質を含む大きな病変を有する重度麻痺の患者で大きい傾向にあった (Miyai I, et al. Stroke 2003;34: 2866-2870)。今回は、皮質下病変による比較的軽症例を対象としたので、BWSに関連した歩行改善とこれらの領域の活動には明らかな関係が見られなかった可能性もあるが、基本的にはBWSのもたらす効果は前述した様に皮質下レベルの活動上昇と関連している可能性が高い。これらの領域は複雑な運動や運動の選択、運動学習の初期、新しい出来事への注意などに関与する領域であることから、より難易度が高い、障害物をさけるなど環境に適応した歩行に必要な脳内機構として働く事が考えられる。

光イメージングによる歩行時の脳賦活評価は侵襲もなく、測定も簡便でリアルタイムの測定も可能であるため、歩行訓練の現実的な転帰評価と組みあわせると神経科学的根拠に基づいて、個々の患者に最適化した訓練法をおこなう指標になりうると考えられる。BWSにおいては、感覚運動

野の賦活量の減少や対称化が得られる場合に訓練効果につながることを示唆された。

E. 結論

方法論の明確な歩行訓練のひとつであるBWSによるトレッドミル訓練の脳内機構を検討するため、脳卒中6例と健常人5例で歩行時の脳活動に対する10%BWSの影響を光イメージングで評価した。脳卒中患者ではBWSで歩行がより対称的になり、内側一次感覚運動野の酸素化ヘモグロビン増加を指標とした脳活動が有意に低下した。その変化はBWSによる歩行のcadenceの変化と関連した。BWSによる感覚運動野活動の非対称性改善は歩行の非対称性改善と関連した。BWSは健常人の歩行や脳活動に一定の変化をもたらさなかった。BWSは脳卒中患者の歩行時の感覚運動野活動を低下させた。階層的な歩行制御系の下位へのシフトや自動的な歩行と関連が示唆された。

F. 健康危険情報

総括研究報告参照。

G. 研究発表

1. 論文発表

1. Miyai I. Cortical networks associated with locomotion in man and patients with hemiparetic stroke. In Swinnen SP, Duysens J eds. Neurobehavioral determinants of interlimb coordination, Kluwer Academic Publishers, MA, 2004, p.109-128.
2. Miyai I. Locomotor training with partial body weight support in patients with Parkinson's disease and stroke: Its efficacy and neural mechanisms. Geriatrics and Gerontology International 2004;4:S205-S206.
3. Miyai I, Hatakenaka M, Kubota K. Effect of body weight support on cortical activation during gait in Parkinson's disease. Program No. 882.17. 2004 Abstract Viewer/Itinerary Planner. Washington, DC: Society for Neuroscience
4. Hatakenaka M, Miyai I, Kubota K. Impaired motor skill learning in patients with stroke: A functional NIRS study. Program No. 533.20. 2004 Abstract Viewer/Itinerary Planner. Washington, DC: Society for Neuroscience
5. Suzuki M, Miyai I, Ono T, Oda I, Konishi I, Kochiyama T, Kubota K. Prefrontal and premotor cortices are involved in adapting walking and running speed on the treadmill: an optical imaging study. Neuroimage 2004;23: 1020-26.

6. Miyai I. Longitudinal optical imaging study for locomotor recovery after ischemic stroke. State-of-the-art-imaging in stroke. The present state and implication on future. Schaller B ed., Nova Science Publisher, New York, 2005, in press.
7. Harada T, Okagawa S, Kubota K. Jogging improved performance of a behavioral branching task: implications for prefrontal activation. *Neurosci. Res.* 2004; 49: 325-337.
8. Harada T, Ebe K, Kozato A. Shimizu K. Amita T Kubota K. The anterior portion of the prefrontal cortex was bilaterally activated during bipedal walking to a goal. Program No. 187.3 2004 Abstract Viewer/Itinerary Planner. Washington, DC: Society for Neuroscience, 2004.
9. Kubota K. Ebe K, Kozato A, Hashimoto Y, Kimura K, Shimizu K, Amita T, Oda I, Konishi I. Working memory in car driving and the anterior and dorsolateral prefrontal cortex. Program No. 432.2 2004 Abstract Viewer/Itinerary Planner. Washington, DC: Society for Neuroscience, 2004.
10. Shimizu S, Taira M, Nose I, Kubota K. Cortical motor areas related to the association of a selected button press and use of either hand: An fMRI study. Program No. 995.5 2004 Abstract Viewer/Itinerary Planner. Washington, DC: Society for Neuroscience, 2004.
11. 宮井一郎. 神経リハビリテーションにおけるfNIRSの応用. *Medical Now* 2004;52: 33-36.
12. 宮井一郎. 脳卒中のリハビリテーション. *JSA news* 第11号. 2004.
13. 宮井一郎. コクランレビューUp To Date. Amphetamines for improving recovery after stroke (Cochrane Review). *The Cochrane Library* 4, 2003. *分子血管病* 2004;3(2)223-228.
14. 宮井一郎. 脳卒中のリハビリテーション. *JSA news* 第12号. 2004.
15. 宮井一郎, 久保田競. 脳卒中リハビリテーションにおけるNIRS機能画像. *臨床精神医学* 2004;33(6):767-772.
16. 宮井一郎. 脳卒中のリハビリテーション. *神経内科* 2004;60(6):608-615.
17. 宮井一郎. 脳卒中による機能障害や能力障害の治療と訓練. *Aging & Health* 2004;13(2):16-19. *長寿科学振興財団*
18. 宮井一郎. 神経リハビリテーションと脳循環代謝. *脳循環代謝* 2004;16(3):189-193.
19. 宮井一郎. 体重免荷トレッドミル歩行訓練の有効性. *カレントセラピー* 2004;22(11):72-78.
20. 宮井一郎. 外部環境における脳の可塑的変化. 内山靖編. *環境と理学療法.* 医歯薬出版. 2004, P. 58-72.
21. 宮井一郎. トレッドミル強制歩行による中枢神経系の賦活 - 脳卒中での知見と脊髄障害への応用の展望 - . *脊髄脊椎ジャーナル* 2004;17(11):1024-34.
22. 宮井一郎. 光イメージングによる脳損傷後の機能回復の評価. *神経内科* 2004;61(5):445-453.
23. 三原雅史, 畠中めぐみ, 宮井一郎. 脳卒中後の神経機能回復と糖尿病- 神経リハビリテーションの役割-. *Diabetes Frontier* 2004;15(6):842-845.
24. 古澤正道, 宮井一郎. リハビリテーション技術. *Bobathアプローチ.* *臨床リハ* 2005;14(1):70-72.
25. 宮井一郎. 脳機能賦活法-脳卒中に対する神経リハビリテーションを中心に. *財団法人長寿科学振興財団編. 老年期痴呆の克服を目指して.* pp185-193, 医学書院, 2005.

2. 学会発表

国際学会

1. Miyai I. Reorganization of neural networks underlying functional recovery after stroke. Japanese-Korean Joint Conference on Rehabilitation Medicine 2004 (Kyoto), April 23-24, 2004.
2. Miyai I, Hatakenaka M, Kubota K. Effect of body weight support on cortical activation during gait in Parkinson's disease. *The Society for Neuroscience 34th Annual Meeting* (San Diego, CA). Oct 23-27, 2004
3. Hatakenaka M, Miyai I, Kubota K. Impaired motor skill learning in patients with stroke: A functional NIRS study. *The Society for Neuroscience 34th Annual Meeting* (San Diego, CA). Oct 23-27, 2004
4. Miyai I. Neural mechanisms underlying functional recovery after stroke. *IBITA 2004,* Tokyo, September 11, 2004.
5. Harada T, Ebe K, Kozato A, Shimizu K, Amita T, Kubota K. The anterior portion of the prefrontal cortex was bilaterally activated during bipedal walking to a goal. *The Society for Neuroscience 34th Annual Meeting* (San Diego, CA). Oct 23-27, 2004.
6. Ebe K, Kozato A, Hashimoto Y, Kimura K, Shimizu K, Amita T, Oda I, Konishi I, Kubota K. Working memory in car driving and the anterior and dorsolateral prefrontal cortex. *The Society for Neuroscience 34th Annual Meeting* (San Diego, CA). Oct 23-27, 2004.
7. Shimizu S, Taira. M, Nose I, Kubota K. Cortical motor areas related to the association of a selected button press and use of either hand: An fMRI study. *The Society for*

Neuroscience 34th Annual Meeting (San Diego, CA). Oct 23-27, 2004.

8. Ebe K, Kozato A, Hashimoto Y, Kimura K, Amita T, Kubota K. Spatial attention in car driving activates the right rostromedial prefrontal cortex. 10th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping (Budapest, Hungary) June 18-22, 2003
9. Kubota K, Hashimoto Y, Kihara M, Ebe K, Kozato A, Kimura K, Shimizu K, Amita T, Oda, I, Konishi I. Performance of a Classical Delayed-Response Task by Car Cruising. Neurons and Memory; The 2nd Neuron Satellite Meeting, San Diego, Oct. 21-22, 2004

国内学会

1. 宮井一郎、畠中めぐみ、長廻倫子、久保田競。脳卒中患者に対する体重免荷トレッドミル訓練の脳活動への影響。第45回日本神経学会（東京）5月12-14日，2004。
2. 畠中めぐみ、宮井一郎、長廻倫子、柳原武彦。脳卒中による上肢近位側優位麻痺の特徴。第45回日本神経学会（東京）5月12-14日，2004。
3. 小野剛、宮井一郎、鈴木三央、高橋幸治、稲葉朗子、小田一郎、小西郁夫、久保田競。他者の歩行観察中のヒトの大脳皮質賦活について-近赤外線光イメージング研究。第39回日本理学療法学会（宮城）5月27-29日，2004
4. 島恵、稲葉朗子、高橋幸治、鈴木三央、小野剛、有田美恵、荒井洋、植田仁、畠中めぐみ、宮井一郎、久保田競。光イメージングを用いた脳性麻痺児の歩行時の脳機能測定。第39回日本理学療法学会（宮城）5月27-29日，2004
5. 畠中めぐみ、宮井一郎。脳卒中の回復期における歩行能力の回復過程。第41回日本リハビリテーション医学会（東京）6月2-4日，2004。
6. 安田徳光、寺田央、宮井一郎。低左心機能症例に合併した脳卒中患者のリハビリテーション-正常心機能の脳卒中患者との比較。第41回日本リハビリテーション医学会（東京）6月2-4日，2004。
7. 武中章太、藤田良、柴田徹、細井憲、御勢真一、宮井一郎、橋本淳。脳卒中発症後6ヶ月以内に見られる骨代謝マーカーと踵骨超音波伝播速度(SOS)の変化。第41回日本リハビリテーション医学会（東京）6月2-4日，2004。
8. 佐々木公望、畠中めぐみ、小久保香江、長

廻倫子、宮井一郎、柳原武彦。左放線冠梗塞で吃を認めた一例。日本神経学会第80回近畿地方会（大阪），6月12日，2004。

9. 宮井一郎。脳神経疾患に対する神経リハビリテーション。第4回東京SCD研究会（東京），7月8日，2004。
10. 荒井洋、植田仁、加藤良美、宮井一郎。痙直型両麻痺を呈した脳室周囲白質軟化症における歩行時の光イメージング。第46回日本小児神経学会総会（東京）7月15-17日，2004。
11. 宮井一郎。脳卒中に対する神経リハビリテーションとチーム医療。第1回阪神脳神経チーム医療セミナー（西宮），7月23日，2004。
12. 宮井一郎。看護部・コメディカルの育成と質の向上リハビリテーション部門。脳卒中に対するリハビリテーションを中心に - 日本病院会。平成16年度病院長・幹部職員セミナー（大阪），8月6日，2004。
13. Ono T、Miyai I、Suzuki M、Arita M、Oda I、Konishi I、Kubota K。Dorsal Premotor Cortex Activation during Observation of Human Gait. 第27回日本神経科学大会（Neuro 2004, 大阪），9月21日，2004。
14. 宮井一郎。脳卒中をリハビリで治す。市民公開シンポジウム脳卒中を知る-その克服に向けて-（東京）。10月23日，2004。
15. 宮井一郎。近赤外分光法を用いた脳機能計測のリハビリテーション領域での応用。大阪大学機会工学系技術交流会総会・講演会。11月5日，2004。
16. 三原雅史、長廻倫子、畠中めぐみ、宮井一郎。小脳梗塞患者における歩行速度に関連した脳活動の変化。日本神経学会第81回近畿地方会（大阪）。12月4日，2004。
17. 宮井一郎。脳卒中患者の機能回復促進に関する研究。厚生労働科学研究費補助金（痴呆・骨折臨床研究事業）平成16年度研究報告会（東京），1月27日，2005。
18. 宮井一郎。回復期リハビリ棟の検証と期待。全国回復期リハビリテーション病棟連絡協議会平成16年度研究大会（東京）。2月19, 20日，2005

H. 知的財産権の出願・登録状況
なし

表 対象脳卒中患者の臨床的特徴

No	Age	Sex	Type	Days	Lesion	Side	FM/UE	FM/LE
1	56	M	H	47	IC, Th	R	60	29
2	47	F	I	107	CR	L	8	9
3	58	M	H	108	IC, Th	R	30	8
4	54	M	I	73	Pt, CR	L	6	20
5	60	M	I	60	CR	L	10	27
6	64	M	I	53	CR	L	5	5
Mean ± SD	57 ± 6			75 ± 27			20 ± 22	16 ± 9

M: Male, F: Female, H: Hemorrhage, I: Infarction, Days: Days poststroke, IC: Internal Capsule, Th: Thalamus, CR: Corona Radiata, Pt: Putamen, R: Right, L: Left, FM: Fugl-Meyer Motor Scale (16), UE: Upper Extremity, LE: Lower Extremity, FM/UE: Full = 66, FM/LE: Full = 34.

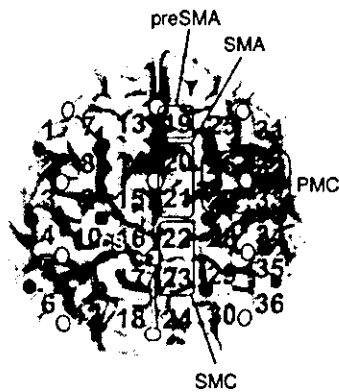


図1 光ファイバーの配置。白丸: 送光用ファイバー, 黒丸: 受光用ファイバー, 数字がチャンネル数。CS: 中心溝, SMC: 一次感覚運動野, PMC: 運動前野, SMA: 補足運動野, preSMA: 前補足運動野, AH: 病変半球, UH: 非病変半球, 図の左が左脳

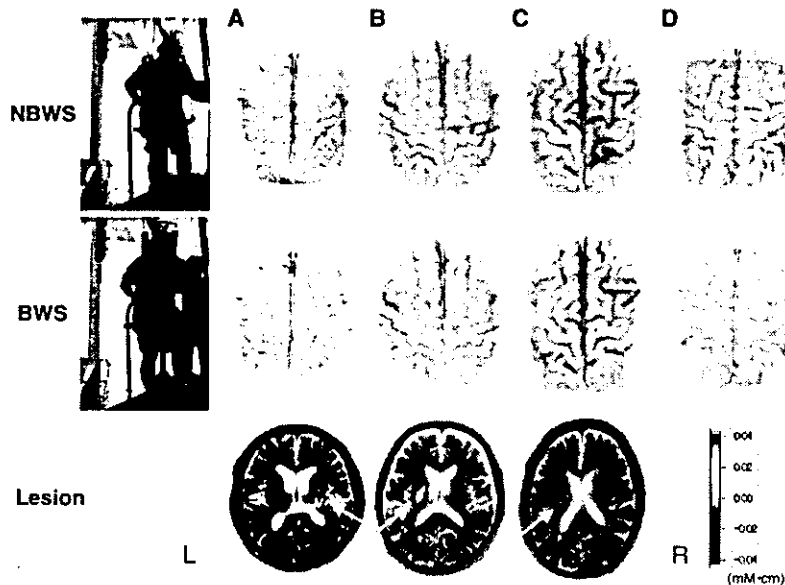


図2 片麻痺歩行時の脳賦活 (oxyHb増加) マッピングのBWSによる変化。上段がBWSなしの歩行、下段がBWSありの歩行。Aがcase 3、Bがcase 5、Cがcase 6、Dが対照。脳卒中患者 (A-C) では感覚運動野付近の活動がBWSによりむしろ低下し、とくにB、Cではその活動が対称化している。対照 (D) では感覚運動野の活動はBWSにより余り影響を受けず、運動前野、前頭前野付近の活動がやや増加している。