脳卒中片麻痺患者における運動麻痺各回復段階による 両脚および片脚レッグパワーと歩行・ 立ち上がり能力との関係

Relationships between Bilateral and Unilateral Leg Power and the Abilities of Walking and Standing at Each Stage of Paralysis Recovery from Stroke

今 直樹¹⁾ 高見 彰淑¹⁾ 皆方 伸¹⁾ 佐々木 誠²⁾

NAOKI KON¹⁾, AKIYOSHI TAKAMI¹⁾, SHIN MINAKATA¹⁾, MAKOTO SASAKI²⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Research Institute for Brain and Blood Vessels-Akita: 6-10 Sensyukubota-machi, Akita 010-0874, Japan. TEL +81 18-833-0115 FAX +81 18-833-2104

²⁾ Department of Physical Therapy, Graduate School of Health Sciences, Akita University

Rigakuryoho Kagaku 25(3): 397-402, 2010. Submitted Nov. 18, 2009. Accepted Jan. 6, 2010.

ABSTRACT: [Purpose] In this study our objective was to clarify whether unilateral leg strength or bilateral leg strength is important for walking and standing ability of hemiplegic stroke patients. [Subjects] The subjects were 53 hemiplegic stroke patients with lower limbs at Brunnstrom stage III or higher. [Method] Subjects' isokinetic leg extension strength was measured and divided by body weight to compute 'leg power' (LP). We also measured subjects' parameters in the 10-m walking test and their performance in the 30-second stand up test (CS-30). [Results] LP on the hemiplegic side showed low levels reflecting the degree of paralysis. Walking ability showed the strongest correlation with LP on the hemiplegic side, and CS-30 showed the highest correlation with the sum of LP of each side. Furthermore bilateral LP divided by the sum of LP of each side showed a high value in the group with severe hemiplegia, and was negatively correlated with walking ability and CS-30. [Conclusion] We consider that LP of the hemiplegic side is important for walking, and that for standing ability, LP of both sides is important. Moreover, the results suggest that leg extension exercises performed simultaneously on both sides by patients with severe hemiplegia would improve the function of the hemiplegic limb.

Key words: hemiplegic stroke patients, leg power, walking ability, standing ability

要旨:〔目的〕本研究では、脳卒中片麻痺患者において、歩行・立ち上がり能力には両脚同時での筋力発揮、片脚ずつの筋力発揮のいずれが重要なのかを明らかにすることを目的とした。〔対象〕対象は、下肢Brunnstrom stage III以上の脳卒中片麻痺患者53名とした。〔方法〕対象者の等速性脚伸展筋力を測定しこれらを体重で除した値（以下、レッグパワー）を算出し、また対象者の10 m最大歩行時のパラメータ、30秒間立ち上がりテスト（以下、CS-30）を測定した。〔結果〕麻痺側レッグパワーは麻痺が重度なほど低値を示した。歩行能力は麻痺側レッグパワーとの相関が最も高く、CS-30は麻痺側・非麻痺側レッグパワーの和との相関が最も高かった。また、両脚レッグパワーを麻痺側・非麻痺側レッグパワーの和で除した値は重度片麻痺群で高値を示し、歩行能力、CS-30は、両脚レッグパワーを麻痺側・非麻痺側レッグパワーの和で除した値との間に負の相関を認めた。〔結語〕歩行能力には麻痺側レッグパワー、立ち上がり能力には麻痺側、非麻痺側それぞれのレッグパワーが重要と考えられた。また、重度片麻痺患者において、両脚同時の伸展運動が麻痺脚の機能を改善させる可能性が示唆された。

キーワード: 脳卒中片麻痺患者、レッグパワー、歩行・立ち上がり能力

¹⁾ 秋田県立脳血管研究センター 機能訓練部：秋田県秋田市千秋久保田町6-10 (010-0874) TEL 018-833-0115

²⁾ 秋田大学大学院 医学系研究科保健学専攻

I. はじめに

近年, Closed Kinetic Chain (以下, CKC) トレーニングは固有受容器感覚を刺激し, また筋出力の特性や関節運動が目的とする運動遂行課題に近く, 運動学習効果が期待されることから, その重要性が認識されている。健康者を対象者とした同一等運動性機器による Open Kinetic Chain (以下, OKC) と CKC での筋力増強訓練の効果の比較から, CKC 群では筋力が増強した者は身体パフォーマンス能力が向上したことが報告されている。また, 健康高齢者において, CKC としての脚伸展筋力は OKC としての膝伸展筋力よりも動的バランスとの関連が強いことが報告されている。このように健康者においては特に CKC での筋力は OKC での筋力と比較して運動能力との関連性が強いとの報告が散見される。このことから, 脳卒中片麻痺患者においても同様に起居移動動作能力との関連性が強いことが考えられ, CKC でのトレーニングが推奨されつつあるものの, 十分な検討はなされていない。

近年の脳科学研究において, 左右各肢の同時最大筋力発揮は左右各肢のそれぞれの最大筋力発揮の和よりも低値を示す両側性機能低下という現象³⁻⁶⁾が明らかになってきている。両側性機能低下の程度については諸家の報告があり, 測定筋や筋収縮様式により異なるものの脚伸展や膝伸展においては両側同時発揮での筋力は左右各肢の和よりもおおむね 20% 程度低下するとの報告^{7,8)}が多い。我々は, 健康者では両側同時での筋力発揮と片側単独での筋力発揮ではその機能が異なることが示唆され, 運動の特異性により要求される筋力が異なることを以前に報告した。両側性機能低下について, 健康者を対象とした報告が散見される一方, 脳卒中片麻痺患者を対象とした報告はあまり見られない。脳卒中片麻痺患者では, 健康者の両側性機能低下のメカニズムのうち, 大脳半球間抑制や大脳半球内抑制, 皮質運動野への入力レベルにおける抑制などについて脳病変が影響を及ぼす可能性や, 運動麻痺を有する肢での筋力発揮や連合反応の影響が考えられることなど, 健康者とは異なるメカニズムが影響することが予測される。

以上より本研究では, 脳卒中片麻痺患者において, 特定の起居移動動作能力には両脚同時での筋力発揮あるいは片脚ずつの筋力発揮のいずれが重要なのかを明らかにすることを目的とした。脳卒中片麻痺患者の両側同時での筋力発揮, 麻痺肢および非麻痺肢での筋力発揮およびその和, 麻痺肢および非麻痺肢での筋力発

揮に対する両脚同時筋力発揮の低下, 歩行および立ち上がりに関する起居移動動作能力を測定し, 各筋力パラメータと歩行・立ち上がり能力との関連を検討した。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は, 当センターにてリハビリテーションを実施している脳卒中片麻痺患者 (Brunnstrom stage III 以上) で, 歩行が可能かつ重度の高次脳機能障害や認知症等の影響がなく, 本実験のデータ測定が可能であり, 研究について口頭および書面で十分に説明し, 同意が得られた者 53 名 (男性 31 名, 女性 22 名) とした。対象者の年齢, 発症日から測定日までの平均日数の平均値 ± 標準偏差は, それぞれ 65.7 ± 11.9 歳, 37.3 ± 31.9 日であった。疾患は脳梗塞 30 名, 脳出血 23 名であった。対象者の測定時における下肢運動麻痺の程度として Brunnstrom stage (以下, Br- stage) を測定し, 先行研究¹⁰⁾に従い, 対象者を重度片麻痺群 (Br- stage III), 中等度片麻痺群 (Br- stage IV, V), 軽度片麻痺群 (Br- stage VI) に分類した。重度片麻痺群 9 名, 中等度片麻痺群 19 名, 軽度片麻痺群 25 名であった。

2. 方法

等速性脚伸展筋力の測定には Strength Ergo240 (三菱電機エンジニアリング社製) を用いた。本測定機器はペダルを左右交互に回転するほかに, 両側同時に回転することが可能である。全ての対象者で, ペダルのクランク長を 17.2 cm で統一しペダル回転数を 40 rpm とすることで脚伸展の際の速度の同一性を保証した。対象者の両脚, 麻痺脚および非麻痺脚の等速性脚伸展筋力を本測定機器により測定した。片脚伸展筋力を測定する場合には, 脚伸展のみで筋力を発揮し, 反対側の脚筋力の影響が及ばないように対象者に十分な指導を行った。測定値を体重で除した値 (以下, レッグパワー) を算出した。これより両脚, 麻痺脚, 非麻痺脚の各レッグパワー, 麻痺脚・非麻痺脚レッグパワーの和, 両脚レッグパワーを麻痺脚・非麻痺脚レッグパワーの和で除した値を求め, パラメータとして採用した。

また, 起居移動動作能力として, 10 m 最大歩行時の速度, ケイデンス, 重複歩距離, 30 秒間立ち上がりテスト (以下, CS-30) を測定した。

統計処理として, 対象者の運動麻痺の程度による各レッグパワーの平均値の差ならびに歩行・立ち上がり能力の平均値の差をみるために一元配置分散分析およ

表1 運動麻痺の重症度による各レッグパワーの平均値の比較

	重度片麻痺群	中等度片麻痺群	軽度片麻痺群
両脚 (N・m/kg)	1.54 ± 0.76	1.66 ± 0.55	1.87 ± 0.77
麻痺側 (N・m/kg)	0.49 ± 0.40	0.94 ± 0.40	1.13 ± 0.52
	*		
非麻痺側 (N・m/kg)	1.02 ± 0.43	1.18 ± 0.42	1.22 ± 0.49
麻痺側+非麻痺側 (N・m/kg)	1.56 ± 0.82	2.12 ± 0.80	2.33 ± 0.93
両脚／(麻痺側+非麻痺側)	1.00 ± 0.17	0.81 ± 0.20	0.83 ± 0.19
	*		

平均値±標準偏差

一元配置分散分析，多重比較検定 (Dunnett T3)，*p<0.05

表2 運動麻痺の重症度による歩行・立ち上がり能力の平均値の比較

	重度片麻痺群	中等度片麻痺群	軽度片麻痺群
歩行速度 (m/min)	25.90 ± 17.89	81.10 ± 28.89	98.34 ± 36.43
	**		
ケイデンス (steps/min)	82.03 ± 28.16	133.06 ± 46.72	156.08 ± 53.22
	**		
重複歩距離 (m)	0.62 ± 0.19	1.09 ± 0.30	1.11 ± 0.28
	**		
CS-30 (回)	12.10 ± 4.23	13.17 ± 3.71	15.48 ± 4.39
	**		

平均値±標準偏差

一元配置分散分析，多重比較検定 (Dunnett T3)，*p<0.05 **p<0.01

び多重比較検定 (Scheffe) を用いた。また，各レッグパワーと歩行・立ち上がり能力それぞれとの相関をみるために Pearson の積率相関関係の検定を用いた。なお，統計ソフトは SPSS11.0 for Windows を使用し，有意水準は 5% 未満とした。

III. 結 果

対象者の運動麻痺の程度による各レッグパワーの平均値の比較を表1に示した。麻痺側レッグパワーは，重度片麻痺群と軽度片麻痺群の間に有意な差が認められ (p<0.05)，重度片麻痺群は低値を示した。また両脚レッグパワーの値を麻痺脚・非麻痺脚レッグパワーの和で除した値は，重度片麻痺群が中等度片麻痺群よりも有意に高値であった (p<0.05)。

運動麻痺の程度による歩行・立ち上がり能力の平均値の比較を表2に示した。歩行速度，重複歩距離において，重度片麻痺群と中等度片麻痺群，重度片麻痺群と軽度片麻痺群の間にそれぞれ有意な差が認められ (全

て p<0.01)，重度片麻痺群は低値を示した。ケイデンスにおいて，重度片麻痺群と中等度片麻痺群，重度片麻痺群との間にそれぞれ有意な差が認められ (それぞれ p<0.05, p<0.01)，重度片麻痺群は低値を示した。

各レッグパワーと歩行・立ち上がり能力との相関について表3に示した。歩行速度は，両脚，麻痺側，非麻痺側，麻痺側・非麻痺側レッグパワーの和とそれぞれ有意な正の相関を認め (r=0.303~0.545, それぞれ p<0.05, p<0.01, p<0.05, p<0.01)，両脚レッグパワーを麻痺側・非麻痺側レッグパワーの和で除した値との間には有意な負の相関を認めた (r=-0.279, p<0.05)。ケイデンスは麻痺側レッグパワーとの間に有意な正の相関を認めた (r=0.288, p<0.05)。重複歩距離は両脚，麻痺側，非麻痺側，麻痺側・非麻痺側レッグパワーの和とそれぞれ有意な正の相関を認め (r=0.394~0.623, 全て p<0.01)，両脚レッグパワーを麻痺側・非麻痺側レッグパワーの和で除した値との間には有意な負の相関を認めた (r=-0.273, p<0.05)。CS-30 は両脚，麻痺側，非麻痺側，麻痺側・非麻痺側レッグパワーの和との間に有意な正の

表3 各レッグパワーと歩行・立ち上がり能力との相関

	両脚	麻痺側	非麻痺側	麻痺側＋非麻痺側	両脚／（麻痺側＋非麻痺側）
歩行速度	0.326 *	0.545 **	0.303 *	0.456 **	-0.279 *
ケイデンス	0.191	0.288 *	0.084	0.205	-0.060
重複歩距離	0.402 **	0.623 **	0.394 **	0.536 **	-0.273 *
CS-30	0.379 *	0.436 **	0.436 **	0.537 **	-0.369 **

Pearson の積率相関係数 (r)

**p<0.01, *p<0.05

相関を認め ($r=0.379 \sim 0.537$, それぞれ $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.01$, $p<0.01$), 両脚レッグパワーを麻痺側・非麻痺側レッグパワーとの和で除した値との間には有意な負の相関を認めた ($r=-0.369$, $p<0.01$)。

IV. 考 察

両側性機能低下が生じるメカニズムには, 両側同時運動の際に左右の大脳半球間が相互の機能を抑制する大脳半球間抑制や, 一側大脳半球内からの同側肢への遠心性インパルスと対側肢への遠心性インパルスが相互に抑制しあう大脳半球内抑制, 皮質運動野への入力レベル, すなわち視床から運動野への入力や補足運動野から運動野への入力における抑制などの存在³⁻⁵⁾が考えられている。このため脳卒中片麻痺患者においては, その脳病変がこれらのメカニズムに影響を及ぼす可能性が考えられ, また運動麻痺を有する肢での筋力発揮や連合反応などにより, 健常者とは異なる筋力発揮をすることが考えられた。本研究では脳卒中片麻痺患者を対象として, 各レッグパワーの値と歩行速度および歩行速度に関連するケイデンスならびに重複歩距離, 歩行自立度との関連が報告されている30秒間立ち上がりテストの結果との関係を見ることで, 種々のレッグパワーが脳卒中片麻痺患者の起居移動動作能力にどのように影響しているのかを検討した。

まず, 運動麻痺の程度による各レッグパワーの平均値 (表1) について, 両脚レッグパワーを麻痺側・非麻痺側レッグパワーの和で除した値では重度片麻痺群が中等度片麻痺群よりも有意に高値を示した。Kautzらは左右のペダルが独立した2軸のエルゴメータを用い脳卒中片麻痺患者の一側ペダリング運動時の対側下肢のペダリングのトルクおよび下肢筋の筋電図を測定している。その結果, 運動麻痺が比較的重度の者は軽度の者と比較して, 非麻痺脚ペダリング運動により麻痺脚のペダリングのトルクおよび筋活動が賦活されること¹⁰⁾

を報告している。また interlimb coordination (肢間協調) という概念¹¹⁾が提唱されており, これは両側肢を同時に動かすことで一次運動野と補足運動野を活性化させ, 麻痺肢の随意収縮を促進させるものである。上肢における interlimb coordination について報告したものは種々あり, いずれも両側同時運動で麻痺側の上肢機能の改善を認めている¹²⁻¹⁸⁾。本研究の結果において重度片麻痺群の対象者の脚レッグパワーを麻痺側・非麻痺側レッグパワーとの和で除した値が高値を示したのは, 両脚ペダリング運動の際に麻痺脚に interlimb coordination が作用し, 麻痺筋の賦活が起こったことが原因であると推察された。

各レッグパワーと歩行・立ち上がり能力との関連 (表3) について, 歩行に関しては, まず歩行速度は両脚レッグパワー, 非麻痺側レッグパワーとの間に相関が認められたが, 麻痺側レッグパワーとの相関の方が強く, このため麻痺側・非麻痺側レッグパワーの和は前者らと後者の中間的な相関係数を示したと考えられ, 歩行速度には麻痺側レッグパワーの関与がより大きいことが推察された。また歩行速度には両脚レッグパワーも関連し, 歩行周期における両脚支持期の安定も重要と考えられた。ケイデンスは麻痺側レッグパワーとのみ相関が認められ, 重複歩距離は歩行速度と同様に, 両脚レッグパワー, 非麻痺側レッグパワーとの間に相関が認められたが, 麻痺側レッグパワーとの相関の方が強く, このため麻痺側・非麻痺側レッグパワーの和は前者らと後者の中間的な相関係数を示したことが考えられた。ケイデンスと麻痺側レッグパワーとの相関は, 麻痺側下肢で立脚しているCKCの際の歩行への影響を反映していると推察される。すなわち麻痺側で立脚しているときの非麻痺側下肢の振り出しの速さを意味していると考えられる。麻痺側レッグパワーが強く, 麻痺側下肢での立脚が安定していれば, 非麻痺側下肢でのすばい振り出しが可能となると考えられた。重複歩距離と各レッグパワーの関係について, レッグパ

ワーが立脚期における支持する能力を反映すると考えられることから、非麻痺側下肢の立脚期の際の麻痺側下肢の振り出しの大きさにも増して、麻痺側下肢の立脚期の際の非麻痺側下肢の振り出しの大きさが、重複歩距離の増大に関与することを意味していると考えられた。また両脚支持期の安定は、立脚相と遊脚相の切り替え時における立位を安定させ、下肢を前方に大きく振り出すことに寄与することが考えられた。

以上より、歩行速度は主に麻痺側レッグパワーに規定され、これは麻痺側下肢の立脚期が安定的に支持されることで、非麻痺側下肢を大きくかつ速く振り出すことによるものと考えられる。一方、非麻痺側レッグパワーがケイデンスと相関を認めず重複歩距離と相関を認めたことから、非麻痺側レッグパワーが強いことは、非麻痺側の立脚期に麻痺側下肢が、分離した運動ですばやく振り出すことにはつながらないが、大きく振り出すことに関与すると考えられる。また両脚支持期が安定し、立脚相と遊脚相の切り替え時における立位を安定することが歩行速度ならびに重複歩距離の増大に寄与すると考えられた。したがって、歩行速度が速いための要件は、第一に麻痺側レッグパワーが強いこと、これに加えて両脚レッグパワーが強く、非麻痺側レッグパワーが強いことである。高見らは脳卒中片麻痺患者の10 m最大歩行速度およびケイデンス、重複歩距離の決定因について検討し、ケイデンス、重複歩距離ともに患側筋力の寄与が最も大きかったことを報告しており¹⁹⁾、本研究の結果を支持するものと考えられた。

次に立ち上がり動作に関して、CS-30は全てのレッグパワーとの間に有意な相関を認め、特に麻痺側・非麻痺側レッグパワーの和が最も強い相関を示した。このことより、立ち上がり動作には麻痺脚、非麻痺脚それぞれの筋力が重要であることが示唆された。脳卒中片麻痺患者では非麻痺脚が支持脚の役割を担い、特に重度片麻痺群では非麻痺脚伸展運動により麻痺脚の伸展運動が賦活されやすく、その結果として両脚同時の伸展運動による立ち上がり動作が行われることが推察され、両脚レッグパワーも立ち上がり動作に重要であることが考えられた。

最後に、歩行速度、重複歩距離、CS-30において、両脚レッグパワーを麻痺側・非麻痺側レッグパワーの和で除した値との間に有意な負の相関を認めた(表3)。運動麻痺が比較的重度であった重度片麻痺群の対象者では、前述したように両脚レッグパワーが強く発揮される傾向にあり、またこれらの対象者では特に麻痺側

のレッグパワーの低値(表1)の影響により運動能力が低かったことを反映したものと考えられた。健常者における同側手指の運動により対側半球の興奮性の増加が認められたという報告²⁰⁾や、脳卒中患者における非麻痺側上肢の使用により、損傷半球の興奮性が増加するという報告²¹⁾があり、これらについて藤原らは、麻痺が軽度の場合、非損傷半球の興奮性の増大は麻痺側上肢機能を邪魔する傾向にあり、麻痺が重度の場合、非損傷半球の興奮性の増大はある程度回復に関与すること²²⁾に言及している。本研究における重度片麻痺群の対象者においても、両脚レッグパワーを発揮する際の非損傷半球の興奮性の増大が損傷半球の興奮性を増加させることで麻痺側下肢筋力が賦活され、結果として両脚レッグパワーが麻痺側・非麻痺側レッグパワーの和と比較して強く発揮されたことが推察された。このことは重度の運動麻痺を持つ脳卒中片麻痺患者において、両脚同時の伸展運動が麻痺脚の機能を改善させる可能性を示唆している。

引用文献

- 1) 佐々木誠, 山上弘義, 白鳥常男: 等速性脚伸展筋力増強訓練と等速性膝伸展筋力増強訓練とのトレーニング効果の比較. PTジャーナル, 1998, **32**(5): 367-372.
- 2) 松田祐一, 遠藤文雄: 健常高齢者における StrengthErgo による脚伸展筋力と動的バランスの関連性. 理学療法科学, 2006, **21**(2): 125-129.
- 3) 竹林秀晃, 宮本謙三, 宅間 豊・他: 両側性運動における一側筋力調節時の対側最大筋力への影響. 理学療法学, 2006, **33**: 82-87.
- 4) 竹林秀晃, 宮本謙三, 宮本祥子・他: 等速性運動における両側性機能低下の筋電図学的分析—筋収縮様式・角速度の違いに着目して—. 土佐リハビリテーションジャーナル, 2002, **1**: 33-40.
- 5) 小田伸午: 身体運動における右と左. 京都大学学術出版会, 京都, 2006, pp30-157.
- 6) 覚張秀樹, 矢野雅知: 実践スポーツPNFコンディショニング—機能的神経筋能力の養成法—. 大修館書店, 東京, 2006, pp70-71.
- 7) Secher NH, Rube N, Elers J: Strength of two- and one-leg extension in man. Acta Physiol Scand, 1988, **134**(3): 333-339.
- 8) Rube N, Secher NH: Effect of training on central factors in fatigue following two- and one-leg static exercise in man. Acta Physiol Scand, 1991, **141**: 87-95.
- 9) 今 直樹, 高見彰淑, 皆方 伸・他: 健常成人男性における両脚および片脚等速性脚伸展筋力と運動能力との関係. 理学療法科学, 2009, **24**(2): 143-146.
- 10) Kautz SA, Patten C, Neptune RR: Does unilateral pedaling activate a rhythmic locomotor pattern in the nonpedaling leg in post-stroke hemiparesis? J Neurophysiol, 2006, **95**: 3154-3163.

- 11) Swinnen SP: International coordination: from behavioral principles to neural-network interactions. *Nat Rev Neurosci*, 2002, **3**: 348-359.
- 12) Debaere F, Wenderoth N, Sunaert S, et al.: Changes in brain activation during the acquisition of a new bimanual coordination task. *Neuropsychologia*, 2004, **42**(7): 855-867.
- 13) Cohen L: Interaction between limbs during bimanual voluntary activity. *Brain*, 1970, **93**: 259-272.
- 14) Mudie MH, Matyas TA: Can simultaneous bilateral movement involve the undamaged hemisphere in reconstruction of neural networks damaged by stroke? *Disabil Rehabil*, 2000, **22**: 23-37.
- 15) Whittall J, Waller SM, Silver KH, et al.: Repetitive bilateral arm training with rhythmic auditory cueing improves motor function in chronic hemiparetic stroke. *Stroke*, 2000, **31**(1): 2390-2395.
- 16) Cauraugh JH, Kim S: Two coupled motor recovery protocols are better than one: electromyogram-triggered neuromuscular electrical stimulation and bilateral movements. *Stroke*, 2002, **33**: 1589-1594.
- 17) Rose, DK, Winstein CJ: Bimanual training after stroke: are two hands better than one? *Top Stroke Rehabil*, 2004, **11**(4): 20-30.
- 18) Lewis GN, Byblow WD: Neurophysiological and behavioural adaptations to a bilateral training intervention in individuals following stroke. *Clin Rehabil*, 2004, **18**: 48-59.
- 19) 高見彰淑, 大山寛子, 須藤恵理子・他: 脳卒中片麻痺患者の10 m最大歩行速度および歩行率, 重複歩距離の決定因について. *秋田理学療法*, 1999, **7**: 10-14.
- 20) Ziemann U: emispheric asymmetry of ipsilateral motor cortex activation during unimanual motor tasks: further evidence for motor dominance. *Clinical Neurophysi*, 2001, **112**(1): 107-113.
- 21) Woldag H, Lukhaup S, Renner C, et al.: Enhanced motor cortex excitability during ipsilateral voluntary hand activation in healthy subjects and stroke patients. *Stroke*, 2004, **35**: 2556-2559.
- 22) 藤原俊之, 木村彰男: 電気生理学的評価法. *総合リハ*, 2007, **35**: 1015-1021.