第51回大会キーノートレクチャー：バイオメカニクス

トレーニング・練習による影響からみた
両側性機能低下のメカニズム

谷口有子

The physiological mechanism mediating
the effect of training on bilateral deficit

Yuko Taniguchi

Abstract

It was reported that when the upper or lower limbs were used in a simultaneously bilateral manner, bilateral deficit was observed compared to that in a unilateral manner (Vandervoort et al., 1984; Koh et al., 1993). This study were to determine the effect of resistance training or practice for shortening the response speed on the bilateral deficit and to investigate the mechanism mediating it. Findings from the study were as follows.

Force exerted bilaterally was increased more by bilateral training and force exerted unilaterally was increased more by unilateral training. Therefore, lateral specificity exists in the effect of resistance training. Bilateral indices (BI) (Howard & Enoka, 1991) for the untrained upper/lower limb of the unilateral training group were shifted in a negative direction as for trained lower/upper limb. However, BIs for the untrained upper/lower limb in the bilateral training group were not shifted in a positive direction as these indices are for trained lower/upper limb.

Practice in shortening the response speed improved the reaction time. However, BI was not changed because the bilateral reaction time shortened accompanying with unilateral left reaction time. It was suggested that a program for unifying responses of the left and right hand exists in the right hemisphere and that bilateral reaction time was elongated by this added process. Though bilateral deficit in strength and reaction time seemed to be the same phenomenon, mechanisms mediating both phenomena were not suspected to be completely same.

Key words: bilateral deficit, strength, reaction time, resistance training, practice
(Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci. 46 : 587-596, November, 2001)

キーワード：両側性機能低下、筋力、反応時間、レジスタンス・トレーニング、練習

1. はじめに

人間の身体運動を引き起こす腕や脚は両側で対をなしている。これらの四肢は、日常生活動作やスポーツ活動の中で様々な様式で使用される。歩行や走行時には腕や脚は一側ずつ交互に働き、重いものを床から持ち上げるような場合には、腕や脚は両側同時に筋力を発揮する。また、ランニングや水泳のクロール・背泳ぎでは腕や脚は一側ずつ交互に動かすが、ボートのローイングや水泳の平泳ぎ・バタフライでは両側の体肢を左右対称に同時に活動させる。一般に、一側の腕や脚を単独に動かした場合には、「力強さ（筋力）」も「すばやさ（反応速度）」も最大能力を発揮することができるが、両側の腕や脚を同時に動かそうとすると、最大能力を発揮しようとしているにもかかわらず、それぞれの腕や脚の能力が一側を単独に動かしたときと比べて低下してしまう。つまり、両側の体肢で同時に最大筋力を発揮した場合、一側の体肢で単独に最大筋力を発揮した場合の左右の合計値より小さくなる（Henry and Smith, 1961; Howard and Enoka, 1991; Koh, et al., 1993; Oda and Moritani, 1995; Ohtsuki, 1981a, 1983; Rube and Secher, 1990; Schantz, et al., 1989; Secher, et al., 1978, 1988; 谷口, 1994, 1995; Taniguchi, 1997, 1998; Vandervoort, et al., 1984）。両手で同時に反応した場合は片手で単独に反応した場合より反応時間が延長することが知られている（Di Stefano, et al., 1980; Jeeves, 1969; Jeeves and Dixon, 1970; Kerr, et al., 1963; Ohtsuki, 1981b; 谷口と関, 1998, 1999; Taniguchi, 1999a, b）。これらの現象は、両側性機能低下（bilateral deficit）と呼ばれている（Vandervoort, et al., 1984）。

本稿では、「筋力増強のためのトレーニング」や「反応速度短縮のための練習」によって両側性機能低下がどのような影響を受けるのかを明らかにするとともに、「筋力発揮時にみられる両側性機能低

下」と「反応時間にみられる両側性機能低下」とが同一のメカニズムによって出現しているかどうかについて考察した。

2. 筋力および筋パワー発揮時にみられる両側性機能低下に対する筋力増強のためのトレーニングの影響

レジスタンス・トレーニングが両側性機能低下に及ぼす影響については、両側性のトレーニングを行うと両側性に発揮した筋力が一側性に発揮した筋力よりも顕著に増加し、一側性のトレーニングを行うと一側性に発揮した筋力が両側性に発揮した筋力よりも顕著に増加する。すなわち、両側性機能低下の程度は、両側性トレーニングによって小さくなり、一側性トレーニングによって大きくなるという lateral specificity がみられる（Hakkinen, et al., 1996; 谷口, 1994, 1995, 1997; Taniguchi, 1997）。したがって、ウエイトリフターやボート選手のように両側同時の筋活動を要求されるスポーツ選手にとっては、一側性のトレーニングより両側性トレーニングの方が有効であり、自転車選手や短距離選手のように左右交互の動作を用いるスポーツ選手にとっては、現在標準的に行われている両側性のトレーニングより一側性（あるいは左右交互の相反的な）トレーニングの方が有益であるということができる。

両側性機能低下に関与している可能性のあるメカニズムには少なくとも3つあると考えられてきた。すなわち、注意の分散、相反性神経支配、大脳半球間抑制である（Ohtsuki, 1994）。もし仮に、両側性機能低下が脊髄内での二重の相反神経支配を介した反射的抑制による影響をより強く受けているとすれば、上肢と下肢の両側性機能低下の割合はそれぞれ独立にトレーニングの影響を受けるはずである。しかし、たとえば大脳半球間抑制のように、脊髄上位のレベルでのメカニズムによる影響を強く受けており、上肢と下肢の両側性機能低下を共通して制御しているようなメカニズムが存在するとしたら、上肢または下肢に一側性あるいは両側性のレジスタンス・トレーニングを課し

て両側性機能低下の割合を変化させた場合に、トレーニングを行わなかった下肢または上肢の両側性機能低下の割合もこれに連動して変化すると仮定できる。そこで、レジスタンス・トレーニングがトレーニングを行わなかった上肢および下肢の両側性機能低下に及ぼす影響を調べてみた (Taniguchi, 1998, 谷口ら, 2000)。

体育大学学生 (男子32名, 女子7名) を両側腕伸展トレーニング群, 一側腕伸展トレーニング群, 両側脚伸展トレーニング群, 一側脚伸展トレーニング群, およびコントロール群に無作為に分け, 両側腕 (脚) 伸展トレーニング群は両側の腕 (脚) を同時に伸展, 一側腕 (脚) 伸展トレーニング群は一側の腕 (脚) を伸展する動作を左右両肢についてトレーニングした。コントロール群はトレーニングを行わなかった。トレーニングは, 等速性筋パワー測定装置 (Chest Force および Kick Force, 竹井機器工業株式会社製, 図1, 2) を用いて, 速度80cm/secで各動作での全力伸展を6回×3セット (一側群は, 左右各肢について), 週3日, 6週間行わせた。トレーニング開始前, 3および6週間後に両側性および一側性の筋パワーを測定し (Saito, et al., 1994), 両側性機能低下の大きさを表す Bilateral index (BI) (Howard and Enoka, 1991) を次の式によって計算した。

$$BI(\%) = 100[\text{両側性パワー} / (\text{一側性パワー(右)} + \text{一側性パワー(左)})] - 100$$

結果の分析は, トレーニングを行った体肢であるかどうか (鍛錬肢, 非鍛錬肢) および実施した

トレーニングが両側性か一側性か, という観点から行った。たとえば, 「鍛錬肢 (両側トレーニング群)」のBIは, 両側トレーニングを行った両側腕伸展トレーニング群と両側脚伸展トレーニング群の, それぞれトレーニングを行った体肢によって発揮された両側性および一側性パワーの値から算出した。つまり, 両側腕伸展トレーニング群の腕伸展パワー, および両側脚伸展トレーニング群の脚伸展パワーからBIを求めた。同様に, 「非鍛錬肢 (両側トレーニング群)」のBIは, 両側腕伸展トレーニング群の脚伸展パワー, および両側脚伸展トレーニング群の腕伸展パワーからBIを求めた。

6週間のトレーニングによって, 実施したトレーニングと全く同じ様式で発揮された鍛錬肢のパワーは, 平均値で3.3~14.2%増加した。各群のトレーニング開始前を基準としたBIの変化量 (図3) を見ると, 鍛錬肢については, 先行研究 (Taniguchi, 1997) と同様の結果になった。すなわち, 両側性機能低下は, 両側性トレーニングによって小さくなり (BIは正の方向にシフトし), 一側性トレーニングによって大きくなった (BIは負の方向にシフトした)。非鍛錬肢については, 一側トレーニング群のBIが鍛錬肢と同様, 負の方向にシフトしたのに対し, 両側トレーニング群では, 鍛錬肢と同じ正の方向にはシフトしなかった。つまり, 一側トレーニングのトレーニング効果には鍛錬肢から非鍛錬肢 (上肢から下肢, 下肢から上肢) へ正の転移がみられるのに対して, 両側ト

図1 等速性腕伸展パワー測定装置

図2 等速性脚伸展パワー測定装置

レーニングでは転移がみられないということである。

この結果を、これまでに両側性機能低下のメカニズムとして提示されているモデルを用いて検討してみる。これまで、両側性機能低下に関与している可能性があるとしてきた3つのメカニズムのうち、注意の分散については、本研究では検討しなかったもので、ここでは触れない。

相反性神経支配は、脊髄内の二重の相反性神経支配によって両側性機能低下が起こっているという説である。このモデルを用いると、トレーニングを行った体肢の両側性機能低下に及ぼす影響については説明が可能であるが、脊髄分節レベルが大きく隔たった、トレーニングを行わなかった体肢の両側性機能低下への影響について説明することが困難である。一側性トレーニングによってトレーニングを行わなかった体肢の両側性機能低下の割合も、トレーニングを行った体肢と同様に大きくなったことを説明するためには、脊髄より上位のメカニズムが関与していると考えの方が自然である。したがって、以下は大脳半球間抑制 (Ferber, et al., 1992 ; Oda and Moritani, 1995 ; Ohtsuki, 1994) について検討する。

図3 体肢（鍛錬肢，非鍛錬肢）およびトレーニング群（両側，一側）の違いから見た6週間のトレーニングによるBI変化量の経時変化（平均値±標準誤差）

図4は、本研究で用いた動作についての大脳半球間抑制のモデルである。運動野の錐体路細胞は、脊髄の α 運動ニューロンへ伸びる神経線維とは別に側枝を伸ばし、脳梁を経由して、対側の運動野錐体路細胞へ接続する抑制性介在ニューロンへ連絡している。本研究の結果から、一側トレーニングを行うと、トレーニングを行わなかった下肢または上肢の両側性機能低下の割合も、トレーニングを行った肢と同様に、大きくなることが明らかになり、抑制機構が上肢と下肢に共通である可能性が示された。このことを表すために、図4に示した抑制性介在ニューロンは、上肢および下肢を支配する運動野錐体路細胞それぞれへ接続するように描いた。

図4下は両側腕伸展トレーニングについての模式図であり、このトレーニングを継続的に行った場合に強化された経路を太線で示している。この図の大脳皮質部分の拡大図二通りを右下に示してある。先行研究 (谷口, 1994, 1995 ; Taniguchi, 1997) と本研究の結果から、両側性トレーニング

図4 両側および一側腕伸展トレーニングによって神経系に生じた変化（模式図）

を行うと両側性機能低下の割合が小さくなること
が分かったので、この経路内のどこかに、「対側の
運動野錐体路細胞への抑制」を抑制する（脱抑制）
機構がトレーニングによって生じたはずである。
それは、同側の運動野錐体路細胞の側枝からの神
経線維が抑制性介在ニューロンに接続する部分で
のシナプス前あるいは後抑制（図4，拡大図Ⅰ），
あるいは、抑制性介在ニューロンが対側同部位の
運動野錐体路細胞にシナプスしている部分でのシ
ナプス前抑制（図4，拡大図Ⅱ）であろう。前者
の場合、抑制性介在ニューロンの発火自体が押さ
えられ、後者の場合は、抑制性介在ニューロンは
発火するが、その影響は対側同部位の運動野錐体
路細胞には及ばない。本研究の結果から、両側ト
レーニングを行うと、トレーニングを行った体肢
の両側性機能低下の割合は減少するが、トレー
ニングを行わなかった体肢の両側性機能低下の割
合は変化しないことが明らかになったので、この
脱抑制の機構にはtask specificityがあることになる。
一方、図4右上は、一側トレーニングを繰り返
し行った結果、強化された神経経路を示している。

図4に示したモデルを用いて、トレーニング前
と比較したトレーニング後のパワーの相対的増減
を表1に示した。左半分は、トレーニングを実施
した体肢についての変化をまとめている。モデル
Ⅰ、Ⅱともに、両側性トレーニング後には両側性

機能低下の割合が減少し、一側性トレーニング後
には両側性機能低下の割合が増加し、本研究の結
果に当てはまる。

表1の右半分をみると、トレーニングを実施し
なかった体肢の変化は、一側性トレーニングでは
両側性機能低下が増加し、本研究の結果に当ては
まるが、両側性トレーニングによる変化は、脱抑
制が抑制性介在ニューロンの細胞体への入力部分
で起こる（モデルⅠ）か細胞体からの出力部分で
起こる（モデルⅡ）かによって結果が異なり、前
者の場合は両側性機能低下に変化は見られないが、
後者の場合は両側性機能低下が増加する。

以上の考察により、大脳半球間抑制モデルで、
脱抑制が抑制性介在ニューロンの細胞体への入力
部分で起こる場合が、本研究の結果に最もよく当
てはまることが明らかになった。

3. 反応時間に見られる両側性機能低下に 対する反応速度短縮のための 練習の影響

競技力向上を目指す選手やコーチにとっては、
「力強さ（筋力）」だけではなく「すばやさ（反応
速度）」の改善も重要な関心事である。筋力の場合
と同様に、両側の体肢で同時に動作を行った場合
は一側体肢で単独に動作を行った場合より反応速

表1 大脳半球間抑制モデルを用いてトレーニング前と比較したトレーニング後のパワーの相対的变化

両側トレーニングⅠ：抑制性介在ニューロンの細胞体への入力部分で脱抑制された場合

両側トレーニングⅡ：抑制性介在ニューロンからの出力部分で脱抑制された場合

	トレーニング肢				非トレーニング肢			
	腕伸展			両側性機能 低下の割合	腕伸展			両側性機能 低下の割合
	両側	一側左	一側右		両側	一側左	一側右	
腕伸展トレーニング後								
両側トレーニングⅠ	++	+	+	減少（BIは増加）	±	±	±	変化なし
両側トレーニングⅡ	++	+	+	減少（BIは増加）	-	±	±	増加（BIは減少）
一側トレーニング	±	+	+	増加（BIは減少）	-	±	±	増加（BIは減少）
脚伸展トレーニング後								
両側トレーニングⅠ	++	+	+	減少（BIは増加）	±	±	±	変化なし
両側トレーニングⅡ	++	+	+	減少（BIは増加）	-	±	±	増加（BIは減少）
一側トレーニング	±	+	+	増加（BIは減少）	-	±	±	増加（BIは減少）

度が遅くなる両側性機能低下現象が観察されることは前述したが、両側性および一側性の反応速度短縮のための練習を行うと両側性機能低下にはどのような影響が現れるのであろうか。レジスタンス・トレーニングの場合と同様に、lateral specificityが観察されるのであろうか。

これを確かめるために、体育大学学生（男子23名、女子4名）を両側反応練習群、一側左反応練習群、一側右反応練習群、コントロール群に無作為に分け、母指によるボタン押し動作で各反応時間課題の練習を10回×2セット、週3日、6週間行わせた。練習開始前、3および6週間後に両側性および一側性の単純反応時間を測定した。（前項の脚伸展パワーの場合は、装置の構造上、両側性パワーを左右各脚別に分離して計測することが不可能であったが、本項の反応時間では、左右の各手にそれぞれ、反応スイッチを把持して計測したため、両側性反応時間も左手、右手に分離して計測している。）

練習によって、反応時間自体は、開始前と比べて有意に短縮したが、一側練習群において一側性の反応時間が顕著に短縮し、両側練習群において両側性の反応時間が顕著に短縮するというようなことはなかった（谷口と関, 1998, Taniguchi, 1999a）。つまり、反応速度短縮のための練習には、

筋力増強のためのトレーニングにおいてみられたようなトレーニング効果の特異性がみられなかったことになる。これは、一側左反応時間と両側左（ $r = 0.563$, $P = 0.0018$ ）および右（ $r = 0.432$, $P = 0.0235$ ）の反応時間が連動して変化したためであり（図5）、その結果、BIは変化しなかった。

また、練習開始前において、両側性の反応時間は、左手（ 193 ± 5 msec）が右手（ 196 ± 4 msec）より有意に短かく（ $P < 0.05$ ）、両側左右の反応時間に対する相関係数（図6）は、一側左（ $r = 0.819$, $r = 0.766$, $P < 0.0001$ ）の方が右（ $r = 0.554$, $r = 0.512$, $P < 0.01$ ）よりも高かったこと、練習によって一側左反応時間と両側左および右の反応時間が連動して変化したことから、両側反応時間と一側左反応時間の結びつきが強いことが明らかになり、両側反応における左右の反応を統合する中枢が右半球にある可能性が示唆された。そこで、左右の半視野刺激を用いて、刺激を受け取る視覚中枢のある大脳半球と、右半球に仮定された「両側反応課題における左右の反応を統合する中枢」の関係から見た交叉反応、非交叉反応の反応時間を比較することにより、両側反応課題における左右の反応を統合する中枢が右半球にある可能性を検討することにした（図7）。被検者が両眼で正面の視点固定点を注視している状態で、左視

図5 一側左右および両側左右の反応時間の練習による変化分の相関関係

野（視点固定点に向かって左側）に反応刺激を呈示した場合（a）は、左右の眼球の右半分の網膜で刺激を受け取る。左眼球の右半分の網膜で受け取

られた刺激も右眼球の右半分の網膜で受け取られた刺激も、ともに視神経を介して右の大腦半球にある視覚野で信号を認知するため、両側反応課題

図6 練習開始前における一側左右および両側左右の反応時間の相関関係

a. 左視野刺激時の反応経路

b. 右視野刺激時の反応経路

図7 両側反応における左右の半視野刺激時の反応経路

における左右の反応を統合する中枢への情報伝達は、同一の脳半球内で行われることになる。これに対して、右視野に反応刺激を呈示した場合 (b) は、左の脳半球にある視覚野で信号を認知するため、両側反応の統合中枢への情報伝達は、脳半球間を横切る必要があり、その分だけ反応が遅れるはずである。つまり、仮説が正しければ、左視野刺激の場合よりも右視野刺激の場合の方が両側反応の反応時間は延長するはずである。

この仮説を検証するため、体育大学学生 (男子 50 名, 女子 8 名) に両側反応時間課題、一側左反応時間課題、一側右反応時間課題をそれぞれ左視野刺激条件と右視野刺激条件下で行わせたところ、両手反応においては、仮定された両側反応統合中枢と半視野刺激の関係からみた交叉反応 (左手, $220.4 \pm 3.7\text{msec}$; 右手, $219.8 \pm 3.8\text{msec}$) の反応時間は非交叉反応 (左手, $213.6 \pm 3.2\text{msec}$; 右手, $215.8 \pm 3.2\text{msec}$) の反応時間より長く (左手, $F(1, 57) = 8.71, P < 0.01$; 右手, $F(1, 57) = 3.23, P < 0.10$), 仮説が支持された (谷口と関, 1999; Taniguchi, 1999b)。

以上のことをまとめると、両側性および一側性の反応速度短縮のための練習効果には、レジスタンス・トレーニングの場合に見られたような lateral specificity は観察されず、反応時間に見られる両側性機能低下には、筋力に見られるそれとは異なるメカニズムが関与していると考えられた。両手で同時に反応するためには、左右の手の反応を統合する過程が必要なため、片手で反応するよりも反応時間が遅れると考えられる。

4. ま と め

「筋力増強のためのトレーニング」の場合は、lateral specificity が見られるのに対して、「反応速度短縮のための練習」の場合は、反応時間自体は短縮するが、両側性機能低下の割合は変化しないことが明らかになった。最大筋力発揮時、および反応課題遂行時に観察される両側性機能低下は、一見同様の現象に見え、同一の機序が働いているようにみなされがちであるが、両者に働くメカニズ

ムは完全には同一のものではないと考えられた。

レジスタンス・トレーニングにおいて、両側性機能低下の程度は、両側性トレーニングによって小さくなり、一側性トレーニングによって大きくなるという lateral specificity が見られるということは、両側同時の筋活動を要求されるスポーツ選手にとっては、一側性のトレーニングより両側性トレーニングの方が有効であり、左右交互の動作を用いるスポーツ選手にとっては、現在標準的に行われている両側性のトレーニングより一側性 (あるいは左右交互の相反的な) トレーニングの方が有益であるということができる。しかし、反応速度短縮のための練習効果には、レジスタンス・トレーニングの場合に見られたような lateral specificity は観察されず、それぞれの種目が両側性・一側性どちらの動作が主体になっているかによって練習方法を選択することの有効性はないといえる。ただし、本研究は、単純反応課題についての結果のみであり、反応動作も局所的なものである。実際のスポーツの場面で考えると、単純反応課題は陸上競技や水泳のスタートなどが相当する。しかし、球技や対人競技では、ボールや対戦相手の選手の動きに応じて、すばやく反応することが要求される。このような選択反応課題の場合や、筋力の要素が関わってくる全身反応を要求されるような場合に、両側性および一側性の反応速度短縮のための練習がどのような影響を及ぼすかについては、現在までに明らかにされておらず、今後の研究によって明らかにされていくであろう。

文 献

- Di Stefano, M., Morelli, M., Marzi, C. A., and Berlucchi, G. (1980) Hemispheric control of unilateral and bilateral movements of proximal and distal parts of the arm as inferred from simple reaction time to lateralized light stimuli in man. *Exp. Brain Res.* 38: 197-204.
- Ferbert, A., Priori, A., Rothwell, J. C., Day, B. L., Colebatch, J. G., and Marsden, C. D. (1992) Interhemispheric inhibition of the human motor cortex. *J. Physiol.* 453: 525-546.

- Hakkinen, K., Kallinen, M., Linnamo, V., Pastinen, U.-M., Newton, R. U., and Kraemer, W. J. (1996) Neuromuscular adaptation during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiol. Scand.* 158: 77-88.
- Henry, F. M., and Smith, L. E. (1961) Simultaneous vs. separate bilateral muscular contractions in relation to neural overflow theory and neuromotor specificity. *Res. Q.* 32: 42-46.
- Howard, J. D., and Enoka, R. M. (1991) Maximum bilateral contractions are modified by neurally mediated interlimb effects. *J. Appl. Physiol.* 70: 306-316.
- Jeeves, M. A. (1969) A comparison of interhemispheric transmission times in acallosals and normals. *Psychon. Sci.* 16: 245-246.
- Jeeves, M. A., and Dixon, N. F. (1970) Hemisphere differences in response rates to visual stimuli. *Psychon. Sci.* 20: 249-251.
- Kerr, M., Mingay, R., and Elithorn, A. (1963) Cerebral dominance in reaction time responses. *Brit. J. Psychol.* 54: 325-336.
- Koh, T. J., Grabiner, M. D., and Clough, C. A. (1993) Bilateral deficit is larger for step than for ramp isometric contractions. *J. Appl. Physiol.* 74: 1200-1205.
- Oda, S., and Moritani, T. (1995) Movement-related cortical potentials during handgrip contractions with special reference to force and electromyogram bilateral deficit. *Eur. J. Appl. Physiol.* 72: 1-5.
- Ohtsuki, T. (1981a) Decrease in grip strength induced by simultaneous bilateral exertion with reference to finger strength. *Ergonomics* 24: 37-48.
- Ohtsuki, T. (1981b) Increase in simple reaction time of knee extension induced by simultaneous bilateral performance. *Percept. Mot. Skills* 53: 27-30.
- Ohtsuki, T. (1983) Decrease in human voluntary isometric arm strength induced by simultaneous bilateral exertion. *Behav. Brain Res.* 7: 165-178.
- Ohtsuki, T. (1994) Change in strength, speed, and reaction time induced by simultaneous bilateral muscular activity. In: Swinnen, S., Heuer, H., Massin, J., and Casaer, P. (eds.) *Interlimb coordination: neural, dynamical, and cognitive constraints*. Academic Press, New York, pp.259-274.
- Rube, N., and Secher, N. H. (1990) Effect of training on central factors in fatigue following two and one-leg static exercise in man. *Acta Physiol. Scand.* 141: 87-95.
- Saito, M., Yamamoto, M., Yamamoto, T., Inoue, T., and Miyashita, M. (1994) Isokinetic dynamometers, "Kick Force" and "Chest Force", for measuring leg and arm extension power. In: Organizing Committee of Asian Sport Science Congress, Hiroshima '94 and Japanese Olympic Committee (eds.) *Abstract book of Asian Sport Science Congress, Hiroshima '94, Hiroshima*, pp.14-20.
- Schantz, P. G., Moritani, T., Karlson, E., Johansson, E., and Lundh, A. (1989) Maximal voluntary force of bilateral and unilateral leg extension. *Acta Physiol. Scand.* 136: 185-192.
- Secher, N. H., Rorsgaard, S., Secher, O. (1978) Contralateral influence on recruitment of curarized muscle fibres during maximal voluntary extension of the legs. *Acta Physiol. Scand.* 103: 456-462.
- Secher, N. H., Rube, N., and Elers, J. (1988) Strength of two- and one-leg extension in man. *Acta Physiol. Scand.* 134: 333-339.
- 谷口有子 (1994) 両側同時および一側単独の握力発揮トレーニングの効果. 国際武道大学研究紀要, 9: 33-38.
- 谷口有子 (1995) 両側同時および一側単独の等速性腕伸展パワートレーニングの効果. 国際武道大学研究紀要, 10: 81-85.
- 谷口有子 (1997) レジスタンス・トレーニングにおける lateral specificity. 体育の科学, 47(7): 549-554.
- Taniguchi, Y. (1997) Lateral specificity in resistance training: The effect of bilateral and unilateral training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 75: 144-150.
- 谷口有子, 関和彦 (1998) トレーニングが運動中の大脳皮質活動に及ぼす効果の評価に関する研究—両側同時および一側単独の反応速度短縮のための練習の効果—. 武道・スポーツ科学研究所年報, 3: 169-178.
- Taniguchi, Y. (1998) Relationship between the modifications of bilateral deficit in upper and lower limbs by resistance training in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 78: 226-230.
- Taniguchi, Y. (1999a) Effect of practice in bilateral and unilateral reaction-time tasks. *Percept. Mot.*

Skills 88: 99-109

Taniguchi, Y. (199b) Right hemispheric contribution to motor programming of simultaneous bilateral response. *Percept. Mot. Skills* 88: 1283-1290.

谷口有子, 関和彦 (1999) トレーニングが運動中の大脳皮質活動に及ぼす効果の評価に関する研究—右および左視野刺激時の両側性および一側性反応時間—. *武道・スポーツ科学研究所年報*, 4 : 133-141.

谷口有子, 川津茂生, 関和彦 (2000) トレーニングが運動中の大脳皮質活動に及ぼす効果の評価に関

する研究—Ⅲ. レジスタンス・トレーニングがトレーニングを行わなかった上肢および下肢の両側性機能低下に及ぼす影響—. *武道・スポーツ科学研究所年報*, 5 : 149-159.

Vandervoort, A. A., Sale, D. G., and Moroz, J. (1984) Comparison of motor unit activation during unilateral and bilateral leg extension. *J. Appl. Physiol.* 56: 46-51.

(平成13年 3 月19日受付)
(平成13年 8 月25日受理)