

機関番号：14401

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20500504

研究課題名 (和文) 楽器演奏による長期的訓練が指の独立的運動機能に及ぼす影響

研究課題名 (英文) The effects of long-term training of musical instruments on independent movement of individual fingers

研究代表者

木下 博 (KINOSHITA HIROSHI)

大阪大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号：60161535

研究成果の概要 (和文)：

ピアニストとバイオリニストおよび非音楽家(一般人)計 36 名を対象に、左右の手指の長期的運動・感覚訓練がもたらす指の運動機能の独立性について個々の指の運動と等尺性(静的)筋力発揮実験を行った。一般人に比べて運動指に追従する他の指での運動の総和は、音楽訓練によって右手では示指、中指、環指で、左手では中指と小指で減少することが明らかとなった。また、他の指の運動から独立的に静止状態を保てる機能も長期のピアノとバイオリン経験によって向上することが明らかとなった。動的なテストでの結果の方が静的な力発揮テストよりも長期的楽器訓練による個々の指の機能差が顕著であった。ピアニストとバイオリニスト間では左右共に独立性機能に差が認められなかった。

研究成果の概要 (英文)：

Using trained pianists (N=12) and, trained violinists (N=12), and non-musician controls (N=12), the effect of long-term training on independent movement of individual fingers was studied. Dynamic (movement) and static (force) tests of finger individuation was tested using specifically built equipments. Individuation and stationary indices were computed from the data. The results indicated that long-term musical instrument training induced higher level of individuation. This effect was greater for the dynamic function than static function. Pianist-violinist difference was small even for the right finger function, which may be due to the fact that the half of the violinists had some (not extensive) piano training.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009 年度	800,000	240,000	1,040,000
2010 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・身体教育学

キーワード：指，独立性，運動機能，高次脳機能，長期訓練，楽器

1. 研究開始当初の背景

人が長期に亘る訓練によって獲得する、指

先の研ぎ澄まされた感覚と巧緻性に富んだ運動能力は、楽器の演奏やタイピング、ゲー

ムなどでよく見かける。なかでも、楽器演奏の熟達者は、大多数が幼小期から日々の長時間練習を重ねており、個々の指を独立的に動かすための中枢・末梢系の感覚・運動制御機能が極めて発達したモデルとなり得る。ピアニストでは両手の均等な機能の発達、またバイオリニストでは左手の機能の発達が極めて重要であり、それに伴う指の独立性機能を調べる良い対象となる。指の独立性問題に関する研究に関しては、健常な一般人を対象に Hager-Ross and Schieber (2000) が屈曲と進展の繰り返し運動課題を用いて各指の独立性の問題について定量的に評価している。一方、音楽家の指の独立性問題について検討を加えている研究は見当たらない。

2. 研究の目的

本研究では3年間でピアニストとバイオリニストおよび非音楽家(一般人)を対象に、左右の手指の長期的運動・感覚訓練がもたらす指の運動機能の独立性について個々の指の動的運動および静的力発揮時の他の指の運動と力発揮との関係から明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 被験者としてピアノ及びバイオリンの専門的教育を受けてきた現役のピアニスト12名、バイオリニスト、12名、および非音楽家で12名(合計36名)を対象とした。

(2) 実験装置は、腕・掌固定具、浜松フォトニクス社製のポジションセンサー装置(C5949)、各指の屈曲および伸展を測定するための力覚センサー4台と応力アンプ、およびPCとAD変換ボードによって構成された。各被験者の母指を除く他の4指の爪上にポジションセンサー用発光部のLEDを固定した(図1右図)。実験では、腕と掌を固定する垂直な縦板と水平の横板の台にスポンジ材と布製のベルトで固定した。実験課題は、指定した指のみでその指の長さ(先端から付け根の皺までの距離)の半分の距離を、2秒に1回のペースで中手指節間関節での屈曲と伸展運動を繰り返すよう教示した。運動の速度は、1Hz(0.5秒間で屈曲後さらに0.5秒間で伸展、その後1秒の静止待機)と3Hz(0.17秒で屈曲、0.17秒で伸展、1.7秒の静止待機)とし、メトロノーム音でガイドした。また、被験者には運動を指定された指以外の指は極力最初の位置に保持し指定指の運動中には動かさないよう教示した。各指定指で15回以上の屈曲伸展運動時の左右全指の動きに関するデータが各個人で収集された。



図1. 実験風景(左図:動的テスト、右図:静的テスト)

まず指の伸展位を取らせ、次に軽く緊張させた状態で全指を保持させ、その位置を各指の開始位置とした。運動を指定した指については運動開始位置と屈曲到達位を感知させるストッパー棒を用意し、被験者はその間を指定されたペースと速度で運動した。

(3) 個々の指の発揮する等尺性(性的)力に関する測定も実施された(図1右図)。垂直に置かれた鉄板に磁石で固定された力覚センサー4台に各指先をテープ固定し、上記の動作ペースと同様のテンポで等尺性の屈曲力を発揮させた。発揮する力の大きさはそれぞれの指の最大発揮力の10%とし、前方に置かれたオシロスコープ画面に提示された線をメトロノーム音に併せて目標の線(10% max)まで移動させた。

(4) 個々の指先の変位信号は、各チャンネル300Hzで取込んだ。指長差が変位に及ぼす影響をなくすために、各指の変位データは、中指を1とした場合の比率で割り標準化した。そのデータに基づき Hager-Ross & Schieber (2000) が用いた独立性指標(Individuation index: II)と静止性(Stationarity index: SI)を算出した。IIは、以下の式で求めた。

$$II_j = 1 - \left[\left(\sum_{i=1}^n |S_{ij}| \right) - 1 \right] / (n - 1)$$

ここでの、jは指定された指(示指=1、中指=2、環指=3、小指=4)、iは指定された指以外の指、Sは指定された指での運動時における他の個々の指との間の回帰直線の傾きを示す。nは指の数(4本)を示す。IIの値が1に近いほど、指定された運動指が他の指で発生している運動の統合量に対して独立的な状況であったことを示す。SIは、以下の式で算出した。

$$SI_i = 1 - \left[\left(\sum_{j=1}^n |S_{ij}| \right) - 1 \right] / (n - 1)$$

iとjは、IIの場合と同様であり、mは指の数4であった。SIの値が1に近いほど、指定された運動指ではない指が、指定された3本の運動指の運動の統合量に対して独立的であったことを示す。

4. 研究成果

(1) 図2は、左手の環指が運動指での場合の非音楽家とピアニスト各1名の例を示している。どちらの場合も運動指（環指）に同期して隣接する指（中指と小指）での運動が顕著に認められる。表1は各群の1Hz テンポでの運動時における指毎のII値の平均値を示している。ピアニストとバイオリニスト群の右手のII値は、1Hz ではいずれの指でも0.9を超える値であった。3Hz 試行でもすべて0.8を超えていた。非音楽家群では右手の中指、環指、小指の値がピアニストとバイオリニストに比べて有意に低かった。左手では、ピアニストおよびバイオリニスト群でも中指と環指の平均値が右手より少し低下した。その結果、音楽家と非音楽家間の差は、1Hzでの小指と3Hzでのピアニストと非音楽家間でのみ有意となった。ピアニストとバイオリニストの群間の差はいずれの場合も有意ではなかった。

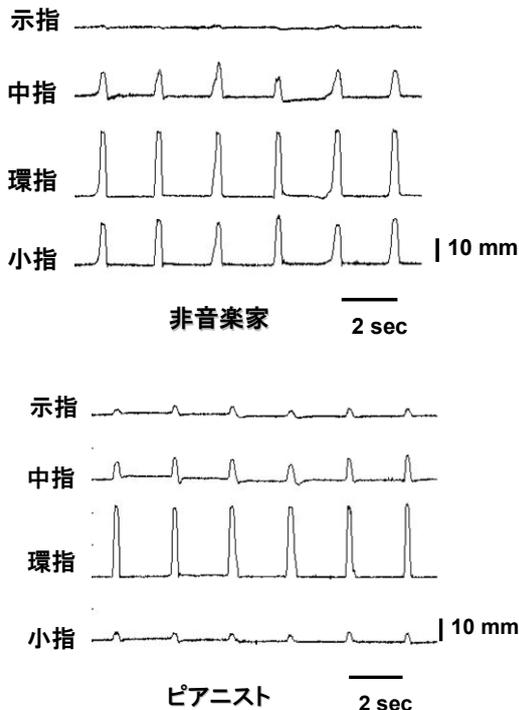


図2. 動的テストでの結果例（環指3Hzでの運動時）

(2) SI値は、ピアニストでは右手のすべての指において1Hzと3Hzで非音楽家群よりも優意に高い値であった（表2 1Hz データ）。また、左手では、1Hzで中指、環指、そして3Hzで示指と環指で非音楽家よりも有意に大きな値を示した。バイオリニストでは、ピアニストと同様に右手での1Hzにおけるすべての指で、また3Hzでの環指では非音楽家群よりも有意に高かった。左手では、1Hzの速

さで中指と環指において非音楽家群より有意に高い値となった。ピアニストとバイオリニスト間のSI値の差はいずれも有意ではなかった。

(3) 等尺性の力発揮の結果は、上記の動作での結果と類似していたが、総体的にはIIおよびSIの平均値が動作での結果よりも小さくなった。

(4) 本研究の結果から、運動指に追従する他の指での運動の総和（II値）は、音楽訓練によって右手では示指、中指、環指で、左手では中指と小指で減少することが明らかになった。また、他の指の運動から独立的に静止状態を保てる機能（SI値）も長期のピアノとバイオリン経験によって向上することが明らかとなった。したがって、指を素早く動かす訓練をしているピアニストとバイオリニストでは、明らかに個々の指の独立的運動能力が向上していると結論付けられる。その背景には、大脳皮質の機能変化が強く関わっていた可能性が大きい。

(5) 右手では、音楽家が非音楽家に比べて中、環、小指で独立度がより高い。左手では、音楽家が非音楽家より小指で独立度が高く、ピアニストは中指でも高かった。従って、長期的訓練の影響は右手の方が左手より顕著であった。日常の訓練に加えて、特異的な楽器演奏訓練が影響していたものと推察された。

(6) ピアニストとバイオリニスト間では左右共に独立性機能に差が認められなかった。この背景には、彼らの多くはピアノ訓練の経験を有していたことが関係したと推察された。また、バイオリニストにおいて左手の機能が必ずしもピアニストよりも優れている、ということではなかったことも興味深い。おそらくピアノ演奏では、バイオリン演奏と同等もしくはそれ以上の運動機能が必要とされるのではないかとと思われる。

表1. 各指のII値の群平均値とSD

		1Hz			
		示指	中指	環指	小指
右手	非音楽家	平均 0.94	0.8	0.75	0.81
	SD	0.05	0.08	0.14	0.08
バイオリニスト	平均	0.96	0.9	0.92	0.93
	SD	0.02	0.04	0.04	0.04
ピアニスト	平均	0.97	0.9	0.93	0.94
	SD	0.03	0.04	0.04	0.04
		示指	中指	環指	小指
左手	非音楽家	平均 0.95	0.83	0.85	0.83
	SD	0.03	0.05	0.07	0.06
バイオリニスト	平均	0.97	0.88	0.87	0.93
	SD	0.02	0.06	0.05	0.04
ピアニスト	平均	0.97	0.88	0.9	0.93
	SD	0.02	0.07	0.07	0.05

灰色部は非音楽家との多重比較で有意差が認められた値を示す。

表 2. 各指の SI 値の群平均値と SD

		IHz			
右手		示指	中指	環指	小指
非音楽家	平均	0.88	0.8	0.73	0.88
	SD	0.07	0.09	0.08	0.11
バイオリニスト	平均	0.96	0.92	0.87	0.97
	SD	0.02	0.05	0.05	0.02
ピアニスト	平均	0.96	0.93	0.88	0.97
	SD	0.03	0.05	0.07	0.03
左手		示指	中指	環指	小指
非音楽家	平均	0.91	0.84	0.76	0.94
	SD	0.05	0.05	0.08	0.04
バイオリニスト	平均	0.94	0.9	0.87	0.95
	SD	0.03	0.03	0.05	0.04
ピアニスト	平均	0.94	0.91	0.88	0.97
	SD	0.03	0.05	0.08	0.03

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 木下 博、小幡哲史、平野剛、大澤智恵、青木朋子、ピアニストおよびバイオリニストの個々の指の独立性運動機能について、バイオメカニクス学術講演会予稿集、査読無、2010、353-356。

[学会発表] (計 7 件)

- ① 木下 博、楽器演奏による長期的訓練と指の独立的運動機能、健康科学セミナー、2011年2月28日、横浜市立大学
- ② 木下 博、指の独立性への長期的訓練効果について、モーターコントロールセミナー、2010年12月22日、神奈川県立保健福祉大学
- ③ 木下 博、小幡哲史、平野剛、大澤智恵、青木朋子、ピアニストおよびバイオリニストの個々の指の独立性運動機能について、第31回バイオメカニクス学術講演会、2010年11月06日、静岡大学 浜松キャンパス
- ④ 木下 博、楽器演奏と手指の運動機能について、生体医工学勉強会、2009年2月1日、東北大学
- ⑤ 木下 博、指の独立的運動機能の測定とその問題点、モーターコントロールセミナー、2008年12月18日、神奈川県立保健福祉大学
- ⑥ 木下 博、指の独立的運動機能の計測について、運動生理学会、2008年12月13日、京都産業大学
- ⑦ 木下 博、小幡哲史、Fingering force in violin playing, International conference on Music Perception and Cognition 10、2008年8月28日、北海道大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木下 博 (KINOSHITA HIROSHI)
大阪大学・大学院医学系研究科・教授
研究者番号：60161535

(2) 研究分担者

青木 朋子 (AOKI TOMOKO)
熊本県立大学・環境共生学部・准教授
研究者番号：50433412