

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 27 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650366

研究課題名(和文) 幼児の力調節能力の定量評価とその運動制御則の解明

研究課題名(英文) Identification of steadiness in children and its motor control

研究代表者

神崎 素樹 (Kouzaki, Motoki)

京都大学・人間・環境学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：30313167

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、指先の力調節能力評価法を確立すること、そして幼児の力調節能力を抽出することである。水平面上の人差し指の動作変動を複数のレーザー変位計により測定した。指の巧緻性の評価には筋の至適方位だけでなく面で捉える必要があることが明らかになった。そして、この方法を用い幼児の動作調節能力を測定したところ、若齢者に比べ至適方位と直行する方向に変動が大きいことが明らかとなった。これら結果より、幼児の劣った指の調節能力は不十分な関節スティフネスが関与していることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the study is to establish the quantification of steadiness in children, and determine its ability. The fluctuations in index finger during movement matching tasks in horizontal plane were measured by multiple high-resolution laser displacement sensors. It was demonstrated that motor skill of index finger is determined by two-dimensional plane not by optimal direction. In addition, fluctuations of index finger in children were larger than those in young adults. These results suggest that poor motor control for children is related to weak stiffness around the joint.

研究分野：健康・スポーツ科学

科研費の分科・細目：身体教育学

キーワード：運動制御 調節能力 人差し指 変動 第一背側骨間筋 幼児

1. 研究開始当初の背景

幼児の運動能力は社会問題となっている。社会的に注目を浴びやすい筋の量的特性のみならず、発揮筋力や動作を正確に調節する能力も幼児の運動能力の低下に大きく影響を及ぼすと考えられる。これまで、幼児の運動能力はボール投げ、25m 走、立ち幅跳びなどで評価されてきたが、これら評価値は、運動出力の最終評価値であるため、いずれの生理的要因が幼児の運動能力に影響を及ぼすかは不明である。

2. 研究の目的

本研究は、力や動作調節が特に必要とされる指先の運動制御に着目を当てた。指の自由度は大きいこと、指の力調節能力を評価することは困難である。(1) まず、指の力調節能力の評価方法を確立する。(2) その定量方法を用い、幼児の力調節能力の特徴を抽出する。

3. 研究の方法

運動課題は人差し指の動作調節課題とする。人差し指の内転方向に錘をぶら下げ、人差し指を目標位置に維持する。錘の重さは、人差し指が最大に外転できる力の 5% とした。人差し指の水平面での座標を上部と内側に設置した高解像度 (10 μ m) レーザー変位計より測定した (図 1)。

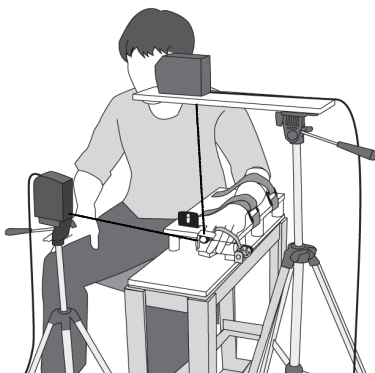


図 1: 水平面上における人差し指の座標を 2 台のレーザー変位計により測定する。

レーザー変位計により測定された座標は、被験者の前方に設置されたオシロスコープにリアルタイムに表示される。被験者は人差し指の座標を目標値にできるだけ一致させる動作調節課題を行った (図 2)。

(1) 若齢男性を対象とした。人差し指の動作調節課題を 40 秒間行った。水平面での xy 座標を 100Hz でサンプリングした。データは 30Hz の高域遮断フィルターにより平滑化された。40 秒間の課題実行中 30 秒間のデータを解析した。人差し指の二次元平面における上下方向および内外方向の標準偏差をそれぞれ求めた。

(2) 3~5 歳の幼児を対象とした。運動課題

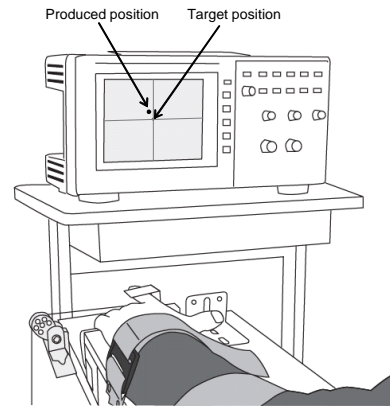


図 2: 被験者の前方に設置されたオシロスコープに人差し指の座標 (Produced position) と目標座標 (Target position) が表示される。

および解析とも (1) と同様である。

4. 研究成果

(1) 人差し指外転の主働筋は第一背側骨間筋であるため、これまで内転・外転方向のみが解析対象であった。人差し指の自由度は大きいことから内外方向のみならず上下方向の人差し指の軌跡を定量した。その結果、内転・外転方向のみならず上下方向にも人差し指が変動することが明らかになった (図 3)。むしろ、内転・外転方向よりも上下方向 (伸展・屈曲方向) に分散していた。人差し指の

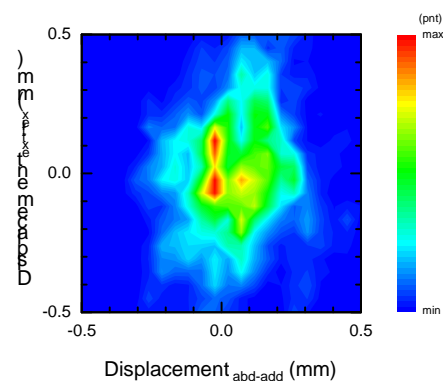


図 3: 被験者 11 名の水平面上における人差し指の軌跡をカラーマップで示した。

同様の仕方をより詳細に捉えるために 10msec 毎に何度変化するか、を時系列で捉えた (図 4)。その結果、直線方向 (0° および 180°) に変化するのではなく、ほぼ直角 (90° および 90°) に変化することが解った。すなわち、内転・外転の後には高い確率で伸展・屈曲する、逆に、伸展・屈曲の後には内転・外転する。これら結果は、人差し指の外転の主働筋は第一背側骨間筋であるものの、人差し指の調節能力を向上させるには主働筋の至適方位と直交する方向で制御することが重要であることが示唆された。

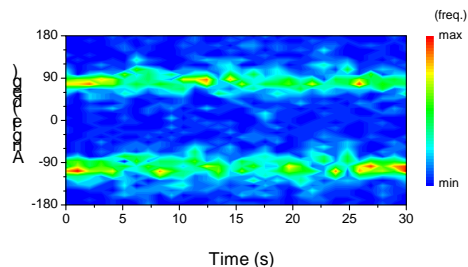


図 4：10msec 毎の人差し指の角度変化をカラーマップで示した。

(2) 幼児に(1)と同様の測定および解析をしたところ、若齢者に比べ上下方向(伸展・屈曲方向)の変動が相対的に小さかった。その結果、全体として人差し指の軌跡を長くなり、動作調節能力は低下した。若齢者は、主働筋の至適方位と直交する方向に小刻みな動作を含むことで動作の安定性を高めている。この小刻みな動作は筋紡錘由来の Ia 求心性線維活動が関与している。ゆえに、幼児においては主働筋の至適方位と直交する成分が相対的に小さくなることにより人差し指の制御が不安定になっていると示唆される。これは、第一背側骨間筋の至適方位と直交する筋の活動低下や関節周りのスティフネスが若齢者に比べ小さいことや Ia 求心性線維活動が小さいことが関与していると考えられた。

Ia 求心性神経活動の人差し指の運動制御に及ぼす影響について、以下の実験を行って検証した。運動課題は(1)および(2)と同様である。運動課題中、尺骨神経に活動電位が発生する強度(1.0MT)を基準として0.25MT~2.00MT までの強度の電気刺激を与えた。その結果、電気刺激を与えない強度(0.00MT)に比べ0.75MTにおいて人差し指の軌跡は激減した。しかしながら、他の強度では電気刺激無し条件と同等の軌跡長であった(図5)。この結果は、刺激-S/N比が釣り鐘型の応答を示すことを示しており、求心性神経線維に確率共振が存在することを意味する。すなわち、求心性神経活動の機能向上が人差し指の運動制御システム安定化に関与することが実験的に明らかになった。この結果は、幼児

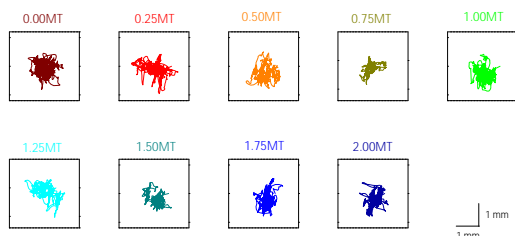


図 5：様々な強度の電気刺激を尺骨神経に与えたときの水平面上の人差し指の軌跡。

の劣った人差し指の巧緻性が求心性新家活動に關与することを示している。

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)

Nagata K, Hagio S, Tanabe H, Kouzaki M. Index finger position fluctuations reflect multi-muscle coordination. Journal of Electromyography and Kinesiology 22(4): 546-552, 2012 [査読有り].

〔学会発表〕(計3件)

長田かおり, 萩生翔大, 神崎素樹. 手指の動作調節に及ぼすノイズ印加の効果. 第66回日本体力医学会, 下関, 2011.

長田かおり, 神崎素樹. ノイズ刺激による動作調節能力の変調の解明. 第67回日本体力医学会, 岐阜, 2012.

Nagata K, Kouzaki M. Subthreshold electrical noise stimulation reduces the fluctuations in the index finger movements. The 17th annual congress of the European College of Sport Science, Bruges (Belgium), 2012.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

神崎 素樹 (KOUZAKI, Motoki)

京都大学・大学院人間・環境学研究所・准教授

研究者番号：30313167

(2)研究分担者 ()

研究者番号：

(3)連携研究者 ()

研究者番号：