

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 3 月 2 日現在

機関番号：22101

研究種目：「基盤研究(C)」

研究期間：2008～2010 年度

課題番号：20500455

研究課題名（和文）小児の巧緻性障害に対する治療法の開発

—臨床生理学と磁気共鳴画像法を用いた定量評価—

研究課題名（英文）Development of treatment for motor coordination deficits in children  
-Quantitative estimation of clinical physiology and magnetic resonance imaging-

研究代表者

岩崎 信明（IWASAKI NOBUAKI）

茨城県立医療大学・保健医療学部・教授

研究者番号：70251006

研究成果の概要（和文）：

「精密把握」を定量的に解析するための機器の開発をおこない、小児の巧緻性障害の病態生理の解明めざした。臨床生理学的手法として、ひずみゲージを用いた把握力と引き上げ力の計測と予測制御検査のための重量の変更機能を有する測定機器を作成し、力の変化量、変化速度を分析した。発達性協調運動障害の小児では、把握引き上げ動作で施行間に把握力と引き上げ力のばらつきが認められた。把握の際の力の出力に定常性が乏しいことが不器用の原因のひとつである可能性が示唆された。ペグを用いた評価法について上肢の巧緻動作の客観的検査法として IPU 巧緻動作機能検査を開発した。「手指の巧緻動作機能を検査するシステム、方法及びプログラム」として特許を取得した。健常者による基準値を作成し、小児から高齢者までの全年齢に用いることができる方法である。ペグの操作毎の時間を詳細に分析し、高齢者では視覚認知機能が、小児では巧緻性自体が施行時間に影響を与えていることが推察された。

研究成果の概要（英文）：

In order to elucidate the pathophysiology of clumsiness in children we developed instruments to quantitatively analyze grip precision. Test apparatus equipped with strain gauges measured grip forces and vertical lifting forces generated by the fingertips. Eight children with a developmental coordination disorder participated in the lifting task. Disturbances in basic coordination of forces were observed, characterized by larger variations between subsequent lifts in individual children, grip force increasing stepwise with multiple force rate peaks, and higher force levels. A new objective upper extremity function battery of tests was developed that included a pegboard. A patent was acquired as "systems, method, and program for assessment of hand and finger motor skills", with reference values for healthy subjects ranging in age from three years to the elderly being reported. Detailed analysis of the operation time for each peg movement indicated that the enforcement time was influenced by hand function itself in children, whereas it was affected by visual perception function in the elderly.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
2010 年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：巧緻性障害、精密把握、臨床神経生理学、ペグ、発達性協調運動障害

## 1. 研究開始当初の背景

手指の動作は日常生活において極めて重要な役割を果たしている。特に母指と他の指とを対立させて用いる「精密把握」は人や類人猿のみにみられる特有な動きである。脳障害で生じた上肢機能障害においてこの精密把握の回復は遅れ、永続的な障害を残すことも多い。また、手指の動きは巧緻動作と称され、軽度の障害は不器用(clumsy hands)と言われ、アメリカ精神医学会の DSM-IV において「発達性協調運動障害 (Developmental Coordination Disorder : DCD)」として小児期の疾患として一項目が割り当てられている。

巧緻性動作の評価は一般的に動作回数などで測定され、単位時間内に移動させたペグの本数や結んだ紐の本数が指標とされる。この方法は簡便ではあるものの機能評価としては十分ではない。近年、臨床神経生理学的方法を用いてトランスデューサやビデオ画像から動作を運動学的に定量的に分析し、運動機能障害の病態生理を解析することが可能となった。この方法は歩行解析などに広く用いられているが、上肢機能解析への応用は諸外国を含め少ない。

## 2. 研究の目的

小児における精密把握の客観的定量的評価方法を開発し、麻痺や巧緻性障害などの把握機能障害の病態について解析し、効果的な治療・訓練方法の確立に導く。

## 3. 研究の方法と成果

### 1) 精密把握の機能分析機器の開発

Johansson&Westling が報告した機器 (Exp Brain Res 1988)を参考に、精密把握機能の分析機器を作成した (図 1)。機器の上部には平行に設置した指の接触面 (30x30mm、厚さ 20mm)を有し、機器の重量を簡便に変更できるように、機器の下部に取り外し可能な錘を挿入する部位を設けた。錘は機器重量 300g と 900g 用が用意された。指との接触面における把握力と機器を引き上げる力を計測するために、ひずみゲージを組み込み、機器の動きを分析するために加速度計を装着した。ひずみゲージと加速度計はひずみ測定用のセンサーインターフェース PDC-320A (共和電業) に接続され、データは AD 変換ボードを介して、パーソナルコンピュータに 400Hz でサンプリングされた。被検者は平行な接触面を親指と他の指で精密把握して握り、機器を持ち上げ、空中で機器を 4~6 秒間保持し、降ろした。5-10 秒後に再度機器を持ち上げることを繰り返した。機器重量 300g を連続して持ち上げる基本課題、300g

と 900g を不規則に変更し重量の予測制御を評価する予測制御分析課題をおこなった。データは解析用ソフトウェアを用いて把握力と引き上げ力、それぞれの力の増加速度 (微分値)、把握力と引き上げ力の関係を解析した。

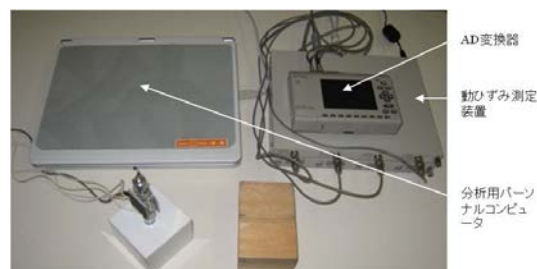
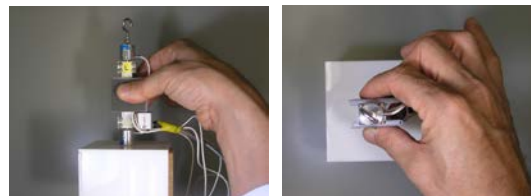


図 1 作成した精密把握機能の解析機器

### 2) 精密把握の機能分析機器の臨床応用

発達性協調運動障害と診断された小児に対して前述した精密把握の機能分析機器を用いて精密把握について分析した。

対象は 8 名で DSM-IV の診断基準により診断した。性別は男 6 名、女 2 名で、年齢は 9.2 ± 3.2 歳である。

方法として検査者が口頭で開始を指示した後、被検者は肘を空中に浮かせた状態で実験装置の把持部を母指と示指で握り引き上げて空中で 4~6 秒間保持した。そして、機器を降ろして手を離れた後、5-10 秒後に再度機器を持ち上げることを繰り返した。機器の重量は 300g を用い、利き手を使用しておこなった。まず、練習として動作を 2 回実施し、続けておこなった 10 回の施行においてデータを収集した。

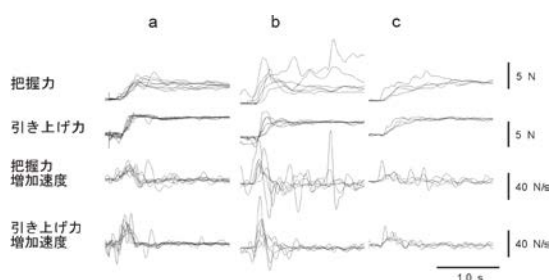


図 2 発達性協調運動障害 3 名 (a, b, c) における把握力と引き上げ力、およびそれらの速度 (微分値) の時間変化を示した。複数回の施行を重ね合わせた。

結果では把握力と引き上げ力は平行に増加した。把握力・引き上げ力の加速度はともに施行毎のばらつき認められた。把握力の増加速度は、引き上げ時において多峰性を呈することがみられた(図2)。

以上から、発達性協調運動障害においては、把握動作における把握力の出力に振戦様の動揺、ならびに、定常性が乏しいことがみられ、これがいわゆる不器用の原因となる可能性が示唆された。

今回作成したデバイスは小児の巧緻性動作障害の分析に有用なツールであり、本機器を用いた小児の巧緻動作の障害の病態解明が可能となった。また、巧緻動作の評価のみならず、重量、視覚情報、触覚情報による予測制御に関する解析、臨床応用としてCI療法をおこなった片麻痺などにおける治療効果の評価についても検討が可能と考えられた。

### 3) ペグボードによる巧緻動作検査法(IPU 巧緻動作検査)の開発

対象は3歳から80歳代までの健常者982名で小児は3-4歳40名、5-9歳102名、10-14歳11名、15-19歳25名である。

方法はペグボード SOT-2101、SOT-2102、SOT-2103(酒井医療)を用いた。本機器は直径が3cm、1.5cm、0.5cmの3種類のペグを使用するものである。本機器を選択した理由は、日本国内で入手が可能で、多くの医療・福祉・教育施設に導入されており、リハビリテーションの場面で巧緻性動作訓練用機器として用いられているため検者・被検者共に動作に精通しているためである。

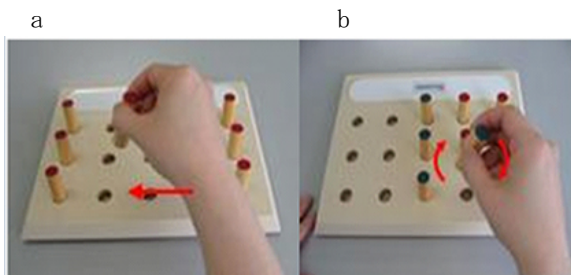


図3 使用したペグボードと移し動作(a)、返し動作(b)

付属する大・中・小それぞれ20本のペグのうち検査には各9本ずつを用いた。左手と右手毎に、「移し動作」と「返し動作」の2種類の動作について検査した。9本のペグすべてを「移し」、ないし、「返し」終わるまでの時間を測定した。「移し動作」におけるペグの移動は、外側から内側への動きとした。つまり、右手を測定する

場合はペグボードの右側に3x3の正方形に9本のペグを配置し、それらを順に左側の穴に移動する時間を測定した。「返し動作」は3x3で配置した9本のペグを同じ位置に上下を返して指し直す時間を測定した。測定はそれぞれの操作を2回施行し、疲労の影響に配慮し左右の手で交互に実施した(図3)。

結果としては測定時間の標準偏差が3~4歳代で最も高く、5~9歳代にかけてばらつきが小さくなり、その後はほぼ一定となった。測定時間の平均値は、3~4歳代で最も高く、5~9歳代にかけて減少し、その後はほぼ一定で、55~65歳代以降増加した(表1)。

表1 小児の各年齢における操作平均時間(秒)

年齢群	年齢(歳)	移動動作			返し動作		
		大	中	小	大	中	小
3-4歳	3.5±0.5	21.6	20.4	22.4	24.9	24.4	31.4
5-9歳	7.0±1.4	11.6	10.8	12.8	14.2	14.3	18.8
10-14歳	11.9±1.5	9.6	8.8	10.6	11.8	11.5	15
15-19歳	17.7±1.8	9.6	8.9	10.1	11.5	11.2	13.5

ペグの直径が大:3cm、中:1.5cm、小:0.5cm

さらに、本検査の信頼性、妥当性についても検討した。

本検査法は幼児から老人まで幅広い年齢を対象とし、短時間で検査を施行することが可能であり、健常児(者)から把握機能障害を有する場合まで広く使用でき、測定された計測値から健常者の巧緻動作能力との比較が可能である。

本検査法は職務発明として認定され「手指の巧緻動作機能を検査するシステム、方法及びプログラム」として特許(第4431729)取得し、IPU 巧緻動作機能検査として製品化がなされた。

### 4) ペグボードによる小児の巧緻動作の質的検討

前述で開発した巧緻動作検査における動作の質的検討をおこなった。

対象は幼児、成人、高齢者各10名ずつで、平均年齢はそれぞれ5.7±0.48歳、26.1±2.07歳、76.9±3.75歳である。

方法は前述の巧緻動作検査をおこなっている時に、ビデオカメラで撮像し、その画像を画像解析ソフトを用いて解析した。ビデオのフレーム間隔は1/30秒である。ペグは1.5cmを用い、利き手で行った。9本のペグすべてを「移し」、ないし、「返し」終わるまでの時間(総操作時間)、1本毎のペグを「移し動作」ないし「返し動作」に要した時間(操作時間)

を計測した。さらに、「移し動作」では2つの動作1(触れる-入れる), 2(入れる-触れる)に分け、「返し動作」では3つの動作1(触れる-傾く), 2(傾く-入れる), 3(入れる-触れる)に分けて、それぞれの操作時間を計測した。

結果は「移し動作」、「返し動作」、左右の手において総操作時間は高齢者、小児とともに成人に比較して有意に高値であったが、小児と高齢者に有意差はなかった。1本のペグの操作時間のばらつきは小児では成人に比較して優位に高く、成人と高齢者の間に差は見られなかった。

高齢者と成人の比較では「移し動作」の動作1(触れる-入れる)では右手で、動作2(入れる-触れる)では両手ともに高齢者では成人に比較して有意に時間が長かった。「返し動作」の動作2(傾く-入れる)では左手、動作3(入れる-触れる)では両手とも高齢者で有意に時間が長かった。

小児と成人の比較では「移し動作」の動作1(触れる-入れる), 動作2(入れる-触れる)で、「返し動作」では、動作1(触れる-傾く)の右手、2(傾く-入れる), 3(入れる-触れる)の両手で小児では成人に比較して時間が長くかかった。

また、「返し動作」において小児では成人と高齢者と異なる操作パターンが認められた。つまり、小児では肩関節運動を伴う操作パターンのみが観察され、成人や高齢者で認められた前腕・指先のみを用いる操作パターンは見られなかった(図4)

	小児	成人	高齢者
年齢(歳)	5.7±0.5	26.1±2.1	76.9±3.8
症例数(人)	10	10	10
返し動作の操作パターン			
前腕・指先のみ(人)	0	6	7
肩関節運動を伴う(人)	10	4	3

図4 「返し動作」の操作パターンのグループ別の人数

以上から、小児では高齢者とともにペグの操作時間は成人に比較して長かった。小児では成人と異なり「返し動作」の「触れる-傾ける」「傾ける-入れる」において成人に比べ時間が長かった。また、「返し動作」で成人や高齢者にみられ、より巧緻性を求められる指先を中心とした前腕・指先のみを用いる運動パターンがみられず、巧緻性を比較的必要としない肩関節運動を伴う運動パターンのみを全例で用いていた。このことから、小児では成人や高齢者と異なり、手指で操作する巧緻性の低さがペグの操作時間が長くなったことに影響していると推察された。

#### 4. 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6件)

1) 坪井章雄、村木敏明、岩崎信明、他：IPU 巧緻動作検査の信頼性の検討。作業療法、28:80-90, 2009

2) 坪井章雄、岩崎信明：IPU 巧緻動作検査における妥当性の検討—作業療法ジャーナル 44:975-983, 2010

3) Tanaka R, Iwasaki N, Hayashi M, et al.: Abnormal brain MRI signal in 18q-syndrome not due to dysmyelination. Brain Dev. 2012;34:234-7.

4) Hikishima K, Yagi K, Numano T, et al.: Volumetric q-space imaging by 3D diffusion-weighted MRI. Magn Reson Imaging. 2008;26:437-45.

5) Kono T, Moriyama N, Tanaka R, Iwasaki N, et al.: Tigroid pattern of the white matter: a previously unrecognized MR finding in lissencephaly with cerebellar hypoplasia. Pediatr Radiol. 2008;38:1105-8

6) 沼野智一, 本間一弘, 岩崎信明, 他：水励起高速三次元拡散強調 MRI パルスシーケンスの開発とラット骨盤部への生体応用 日本磁気共鳴医学会雑誌 2008; 28: 185-95.

[学会発表] (計8件)

1) 山根知子、坪井章雄、相木敏明、岩崎信明、山川百合子：ペグボードを用いた手指巧緻性評価法(三段階ペグテスト)の開発・検討—年代・性別・利き手によるペグ操作速度の比較—、第42回日本作業療法学会、2008. 長崎

2) 坪井章雄、相木敏明、岩崎信明、大賀優、山根知子：IPU 巧緻動作検査における基準関連妥当性の検討、第43回日本作業療法学会：2009. 福島。

3) 山根知子、坪井章雄、村木敏明、岩崎信明、大賀優：グボードを用いた手指巧緻性評価法(IPU 巧緻動作検査)の開発・検討(第2報)—STEF との比較における信頼性の検討—、第43回日本作業療法学会：2009. 福島。

4) 大串陽子、坪井章雄、中村洋一：ペグボードを利用した手指の巧緻動作における指標の検討、第19回日本健康医学会総会：2009. 東京

5) 坪井章雄、岩崎信明：IPU 巧緻動作検査の妥当性の検討、第44回日本作業療法学会：2010. 仙台

6) 沼野智一, 畑純一, 鷺尾利克, 他: 簡易的 MR Elastography パルスシーケンスによる弾性率画像表示。第 67 回日本放射線技術学会総会学術大会 2011 Web 開催

7) 沼野智一, 川畑義彦: 次世代型 MRI 対応加振動装置の開発と性能評価。第 67 回日本放射線技術学会総会学術大会 2011 Web 開催

8) 沼野智一, 川畑義彦, 鷺尾利克, 他: 次世代型 MRI 対応加振動装置による MR Elastography。第 67 回日本放射線技術学会総会学術大会 2011 Web 開催

〔産業財産権〕

○取得状況 (計 1 件)

名称: 「手指の巧緻動作機能を検査するシステム、方法及びプログラム」

発明者: 坪井章雄

権利者: 茨城県

種類: 職務発明

番号: 第 4431729

出願年月日: 平成 21 年 6 月 11 日

国内外の別: 国内

## 5. 研究組織

### (1) 研究代表者

岩崎 信明 (IWASAKI NOBUAKI)

茨城県立医療大学・保健医療学部・教授

研究者番号: 70251006

### (2) 研究分担者

坪井 章雄 (TSUBOI AKIO)

茨城県立医療大学・保健医療学部・准教授

研究者番号: 80448646

大戸 達之 (OHTO TATSUYUKI)

筑波大学大学院・人間総合科学研究科・  
講師

研究者番号: 60344892

沼野 智一 (NUMANO TOMOKAZU)

首都東京大学・人間健康科学研究科・  
助教

研究者番号: 10399511