



札幌医科大学学術機関リポジトリ *ikor*

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

Title	視覚刺激に対応した目と手の協応課題による不器用さの分析・視覚刺激に対応した目と手の協応課題による不器用さの分析に向けて・
Author(s)	須鎌, 康介; 仙石, 泰仁; 中島, そのみ; 佐々木, 努; 田中, 敏明
Citation	札幌医科大学保健医療学部紀要,第 6 号: 59-67
Issue Date	2003 年
DOI	10.15114/bshs.6.59
Doc URL	http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/6488
Type	Journal Article
Additional Information	
File Information	n13449192659.pdf

- ・コンテンツの著作権は、執筆者、出版社等有します。
- ・利用については、著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲内で行ってください。
- ・著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲を越える利用を行う場合には、著作権者の許諾を得てください。

視覚刺激に対応した目と手の協応課題による不器用さの分析

－視覚刺激に対応した目と手の協応課題による不器用さの分析に向けて－

須鎌 康介¹, 仙石 泰仁¹, 中島そのみ², 佐々木 努¹, 田中 敏明³

札幌医科大学大学院保健医療学研究科理学療法学・作業療法学専攻感覚統合障害学分野¹

札幌医科大学保健医療学部作業療法学科²

札幌医科大学保健医療学部理学療法学科³

要 旨

学習障害児や注意欠陥多動性障害児などの軽度発達障害児はそれぞれの主症状とともに、巧緻動作の未熟さなど不器用さが主訴としてあげられることが多く、姿勢調節や目と手の協応性の問題などの影響が指摘されている。今回、視覚刺激に誘導された運動制御を測定する機器の開発を行った。測定課題は水平方向へ移動する光点に合わせて左右のつまみ力を調整するものであり光点の動きとの時間的なずれと力の調節の相違を分析した。その結果、運動開始のタイミングは片手に比べ両手で行ったときに向上することが明らかになり、つまみ力の調整でも片手での試行に比べ両手での試行がより光点の動きに合わせる事が可能であることが明らかになった。今回の視覚刺激－運動協応課題の結果が目と手の協応性を評価する机上検査に影響を与える可能性が示唆された。さらに、固有受容覚や触覚からの情報と視覚的情報の関与の度合いがタイミングや力の調節能に影響を与える可能性が示唆された。

<用語>不器用、目と手の協応、学習障害、注意欠陥多動性障害、巧緻動作

はじめに

学習障害や注意欠陥多動性障害ではその主症状とともに「不器用さ」が日常生活やプレ学習の段階から指摘されることが多い。この「不器用さ」は、授業中に机座位姿勢を維持できない、跳び箱をうまく跳び越せないといった姿勢保持や粗大運動で指摘される場合や、はさみでまっすぐに切れない、折り紙がうまく折れないといった巧緻動作で問題視されるなど様々な場面で認められる。また、「不器用さ」が教科学習の獲得の障害となったり、課題へ集中して取り組むことを阻害してしまうことや二次的に生じる情緒的な問題に結びついていくことも指摘され適切な評価と治療的対応の確立が求められている^{1) 2) 3)}。

不器用さは姿勢調節や目と手の協応性、運動方略、課題への集中性などが関わるとされ、主症状とともに中枢神経系の機能障害の影響が考えられている。現在、臨床場面で行われている評価は、線引き課題や物品操作など

の机上検査や模倣動作などを通じてその運動結果から実施されることが多い。これらの評価は採用した運動の正確性や速度から不器用さの性質を明らかにすることはできるものの運動遂行中の特性や遂行結果に関わる要因を明らかにすることには限界がある。

本研究では運動遂行過程における制御能の特性とそれに関わる要因を明らかにすることを目的とした測定装置の開発を行った。開発した測定装置は水平に移動する光点に従ってつまみ力を制御する視覚刺激－運動反応課題を設定し、運動のタイミングと力の制御のふたつの視点から視覚－運動系の脳内処理過程の統合メカニズムを単純なモデルとして評価できるように設定した。本論文では健常成人を対象とし測定装置の信頼性と妥当性を検討を行った。更に健常成人の利き側と非利き側の器用さの差異を既存の評価方法と我々が開発した測定装置を用いた評価との間で比較し、その器用さの差異に影響している要因と測定装置の臨床的有用性について検討した。

研究方法

1. 測定装置

測定装置は小型圧縮型ロードセルLM-5KA（定格容量50N、定格出力ひずみ $2050\mu\epsilon$ 、固有振動数約32.6kHz）、計装用増幅器WGA-650A、バーゲージをそれぞれ2台（以上、共和電業製）、A/D変換器ADN-1400（カノーブス製）、ノート型パソコンPC9821NX、ニスタモグラフEN1100、指標追跡装置3G31が1台（以上、日本電気製）であった。

測定装置の構成は指標追跡装置に投影する指標をニスタモグラフが制御し同時に電圧変化をA/D変換器へ出力した。ロードセルのダイアグラムには荷重が均一に加わるようにアルミニウム製のカバーを取り付けた。つまみ動作で発生するロードセルの電圧信号は増幅器へ送られ、リアルタイムにkgfに変換され増幅器のモニタに表示されるとともに視覚的にバーゲージにも表示した。つまみ力の信号はさらに増幅器からA/D変換器へ出力しニスタモグラフからの信号とともにパソコンへ取り込み、SAPIC MASTER（カノーブス製）にて $1\text{kgf}=1\text{V}$ 、サンプリング周波数100Hzで収録した。

2. 測定方法

測定は指標追跡装置を用い視覚刺激を行い左右の等尺性収縮によるつまみ力（側腹つまみ（中節部）、図1）を運動反応として行った。視覚刺激-運動協応課題は水平方向へ移動する光点に合わせてつまみ力の制御を行うものとした。対象者は椅子座位にて顎固定器を使用し前方60cmにある指標とバーゲージを参考にしながら左右手にそれぞれ保持しているロードセルをつまむように指示された。その際、対象者には指標とバーゲージ以外の視覚刺激を与えないようにした。

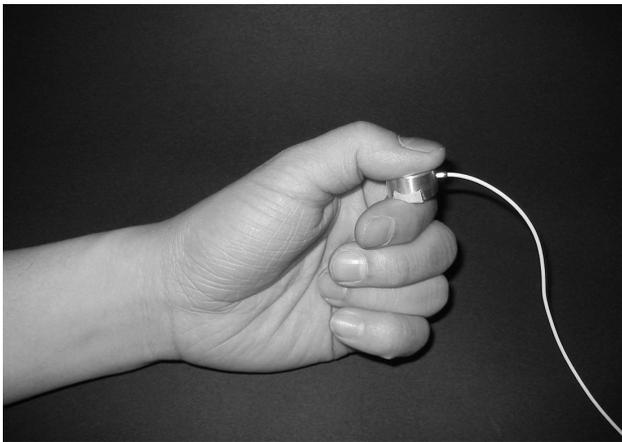


図1 つまみ型（側腹つまみ（中節部））とロードセル

測定課題の視覚呈示刺激は滑動性追跡眼球運動の限界速度（視覚 $50\sim 100^\circ/\text{秒}$ ）^{4) 5)}を参考に視角 30° の範囲を7秒周期（平均約 $8.6^\circ/\text{秒}$ ）の水平往復運動を行う正弦波とした。運動反応は光点が正中線から左右

どちらかの方向に移動するに従って同側に保持したロードセルに対してつまみを行い、光点が正中に戻るに従いつまみの力を抜き、光点が反対側に移動すると反対側のつまみを行うものとした。光点の移動範囲の正中はスクリーン上に常に呈示された。

測定は①片手・右、②片手・左、③両手の順番で行い1試行の測定時間を50秒として各条件とも12回の視覚刺激-運動協応課題を測定した。

また、今回開発した装置による評価と比較を行うために、書字機能や手指の巧緻的な動作の指標として従来から標準化されている南カリフォルニア感覚統合検査における運動正確度検査（MAC-R）と厚生労働省編一般職業適性検査の組み合わせ検査を右利き用と左利き用を標準的な検査法に準じて実施した。

3. 対象

測定装置および測定条件の信頼性を確認したのち視力及び手指機能に問題のない19-25歳の右利き健常成人女性11名を対象に測定を行った。視力は測定装置の光点をはっきりと見ることができると確認し、手指機能は筆記動作や物品操作の観察と本人への確認を行い判定した。利き手の判定は利き手判定質問紙⁶⁾と観察にて行った。

結果

1. 測定データ

片手条件・両手条件とも左右それぞれ12回の視覚刺激-運動協応課題を測定した。光点指標が正中線を越えた時を「①運動開始」、左右どちらかの端に到達した時を「②つまみ力最大」、端から正中に戻り始めた時を「③つまみ力減少」開始、再び正中を越える瞬間を「④立ち下がり」とし、それぞれの段階における運動の追従性を、光点指標とつまみ力変化との時間差（タイミングのずれ）として算出した。また、立ち上がりから最大つまみ力発揮までを「⑤増加期」、減少

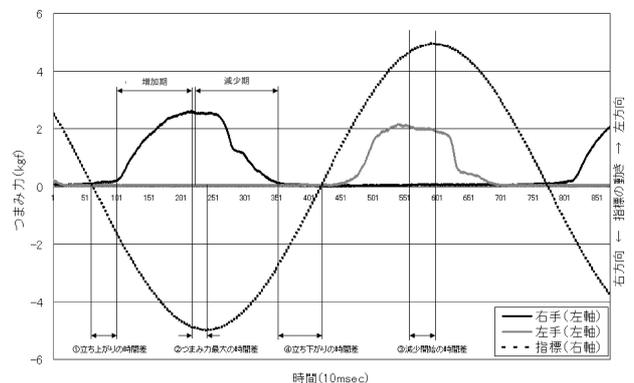


図2 指標の動きとつまみ力の推移（抜粋）

縦軸（左）がつまみ力を縦軸（右）が指標の動きを表し横軸が時間経過を表す。

開始から立ち下がりまでを「⑥減少期」とし、それぞれのつまみ力の変化を歪度と尖度を用いて分析を行った。(図2)

2. 測定装置の信頼性

3.0kgfの重錘を用いた15秒間の測定を3回行い、変動係数を用いて検討した結果、変動係数は0~0.073%と誤差範囲内にありロードセルへの負荷量を測定するという本測定装置の信頼性が確認された。

3. 測定条件における信頼性

測定条件における信頼性を3名の対象者(A、B、C)に対して5日以上の間をあげ同一条件で計測を行いデータの再現性を検討した。図3は両手条件における対象者1名の2回の計測データ(計24試行)を重ねたものであるが、各試行でほぼ同様の波形が得られた。更に対象者3名の2回の計測における右手の運動開始のタイミングの平均値を図4に示した。運動開始が指標の動きに対して先行した場合は「-」、遅延した場合は「+」となる。対象者「A」は1回目が 220 ± 80 msec、2回目が 170 ± 150 msec、以下同様に「B」は 250 ± 130 msec、 130 ± 170 msec、「C」は 20 ± 110 msec、 100 ± 80 msecとなった。また、増加期の右手の歪度の平均値(図5・A)では、対象者「A」は1回目が -0.73 ± 0.18 、2回目が -0.91 ± 0.41 、以下同様

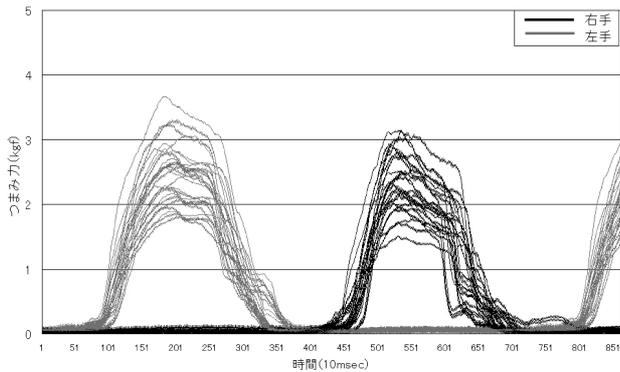


図3 両手条件における右手と左手のつまみ力の推移

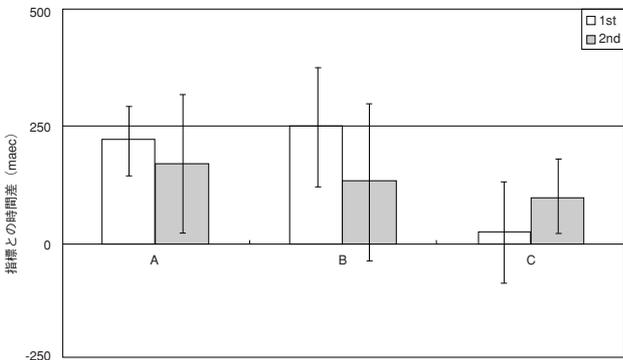


図4 3名の対象者(A・B・C)の両手・右の運動開始のタイミング

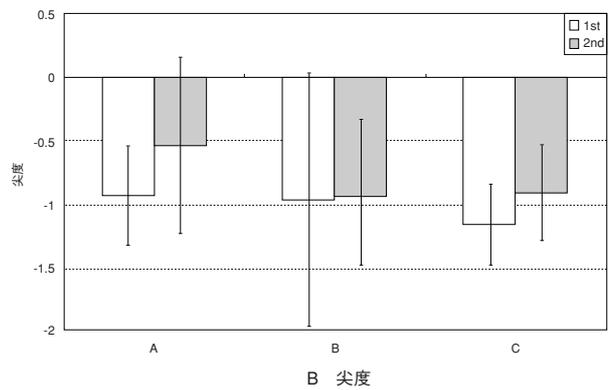
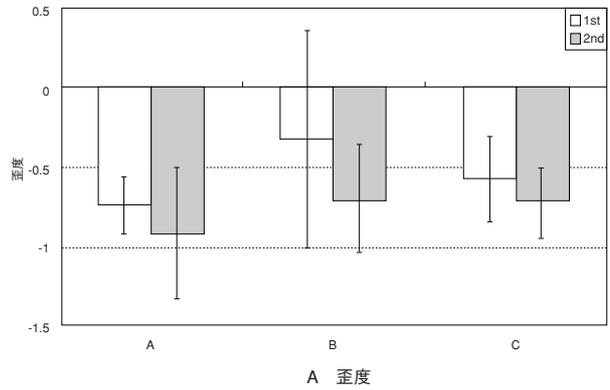


図5 3名の対象者(A・B・C)の両手・右の増加期の歪度と尖度

に「B」は -0.31 ± 0.69 、 -0.69 ± 0.34 、「C」は -0.56 ± 0.27 、 -0.71 ± 0.23 となった。増加期の右手の尖度の平均値(図5・B)は、対象者「A」は1回目が -0.93 ± 0.39 、2回目が -0.54 ± 0.69 、以下同様に「B」は -0.97 ± 1.00 、 -0.94 ± 0.54 、「C」は -1.16 ± 0.32 、 -0.91 ± 0.38 となった。図6は対象者3名の右手の最大つまみ力発揮の前50msec間のつまみ力について変動係数を用いて分析を行った結果を示しており、対象者「A」は1回目が3.58%、2回目が5.06%、以下同様に「B」は12.96%、5.48%、「C」は5.40%、2.68%

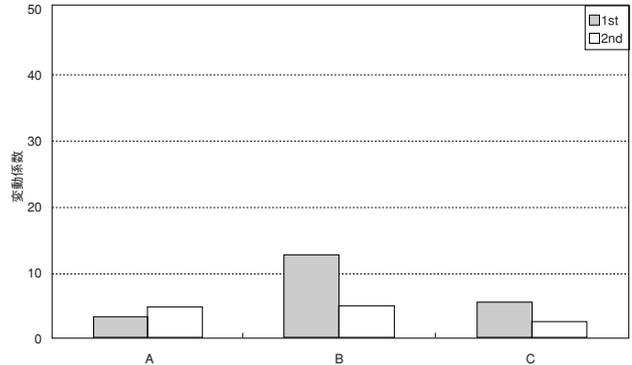


図6 3名の対象者(A・B・C)の最大つまみ力発揮前50msec間の変動係数

となった。

以上に示した対象者3名で行った2回の計測を比較すると、タイミング、歪度、尖度ともに1回目と2回目の値に差は生じるものの、互いに±1標準偏差以内に収まり、最大つまみ力発揮前50msec間の変動係数が15%以下となり個人内、個人間におけるデータの再現性が認められた。

4. つまみ力発揮のタイミングの分析

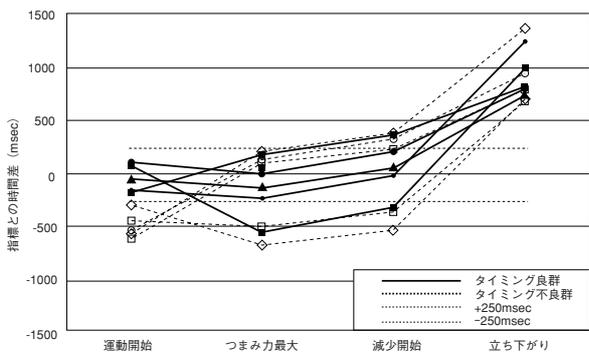
1) 片手・右と片手・左の運動開始のタイミング

片手・右と左のつまみ力発揮のタイミングのずれを求め図7に示した。片手・右(図7・A)では対象者11名の内、運動開始時に遅延する者は2名と少なく、多くは指標に先行していた。その後、つまみ力最大時、つまみ力減少開始時には指標に対して遅延する者が増加し、立ち下がり時には対象者全員が遅延するという結果であった。本研究ではタイミングのずれの程度の基準を単純反応時間に関する先行研究⁷⁾を参考に運動開始時のタイミングが指標に対して±250msecの範囲に収まるもの(5名)をタイミング・良群、±250msecの範囲から外れるもの(6名)をタイミング・不良群と便宜的に分類した。タイミング・良群はつまみ力最大時でも4/5名が±250msec以内に指標に対して反応できていたが、減少開始時では2名が250msec以上先行もしくは

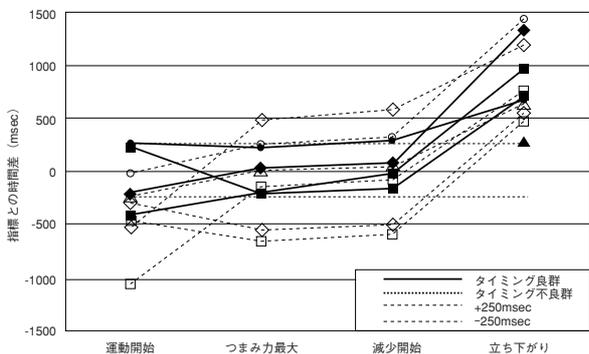
は遅延し、立ち下がり時では全員が500msec以上遅延し、徐々に指標に対して適切に反応できなくなってくる状況であった。一方、タイミング・不良群はつまみ力最大時では4/6名が±250msecの範囲内で反応し時間的なずれの修正がなされていたが、減少開始時では全員が250msec以上遅延もしくは先行し、立ち下がり時には更に500msec以上遅延するという結果であった。一方、左手の結果は対象者11名の内、運動開始時に遅延する者は4名、指標に先行した者は7名であった(図7・B)。その後、片手条件・右と同じようにつまみ力最大時、減少開始時には指標に対して遅延する者が増加し、立ち下がり時には対象者全員が遅延するという結果であった。タイミング・良群は、立ち上がり時に4/5名が±250msec以内で反応していた。つまみ力最大時では全員が±250msec以内で指標に対して反応できていたが、減少開始では1名が250msec以上遅延、立ち下がり時では全員が250msec以上の遅延、うち4名が500msec以上の遅延となり徐々に指標に対して適切に反応できなくなってくる状況であった。タイミング・不良群では運動開始時に2/6名が±250msec、4名が250msec以上先行して指標へ反応していた。先行して運動開始をした者のうち1名は1000msec以上の先行であった。つまみ力最大時では3名が±250msec以内、3名が250msec以上の先行もしくは遅延し、減少開始時では2名が±250msec以内、4名が250msec以上先行もしくは遅延(2名は500msec以上先行もしくは遅延)であった。立ち下がり時では全員が250msec以上遅延をし、その中で5名が500msec以上遅延する結果となり、運動開始時から指標に対して適切に対応できない状況であった。

2) 片手・右と片手・左の運動開始のタイミングの比較

個人内における片手・右と左の運動開始タイミングの比較を左手のタイミングを右手のタイミングで除して求めた相対値を用いて検討した(図8)。左



A 片手・右のタイミング



B 片手・左のタイミング

図7 対象者(11名)ごとのつまみ力発揮のタイミングの推移

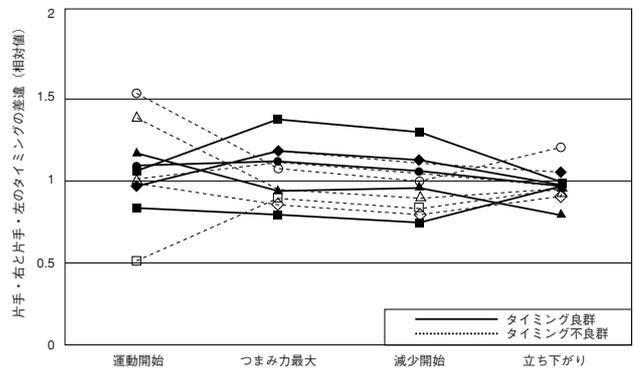


図8 対象者(11名)ごとの片手・右と片手・左のタイミングの比較(相対値)

手のタイミングが右手に比べ遅い場合は1以上となり右手に比べタイミングが早い場合は1以下となる。右手のタイミングと左手のタイミングが一致している場合は1となる。

タイミング・良群、タイミング・不良群ともに左手の運動開始のタイミングが遅れるものが多い結果であったがタイミング・不良ではより左右差が大きくなる傾向にあった。

3) 片手と両手の運動開始のタイミングの比較

片手条件と両手条件それぞれにおける右手の運動開始のタイミングについて検討を行った(図9)。

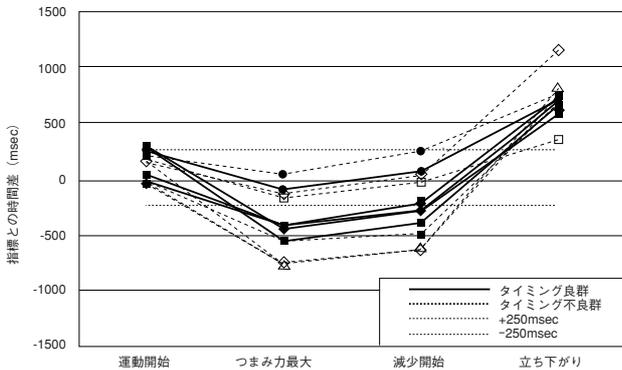
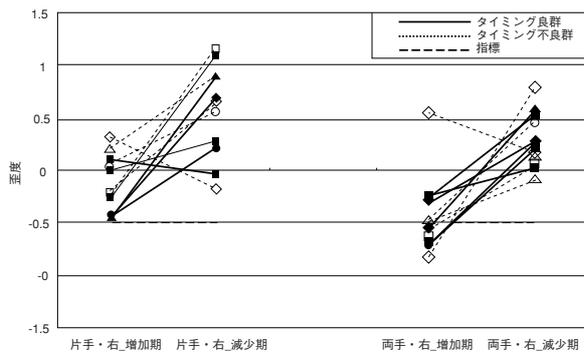
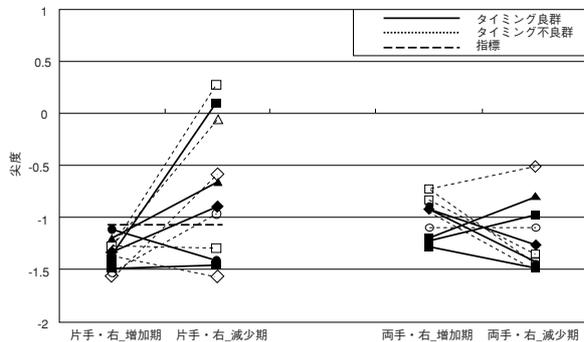


図9 対象者(11名)ごとの両手・右のつまみ力発揮のタイミングの推移



A 歪度



B 尖度

図10 対象者(11名)ごとの右手の力の調節能

片手・右と比較すると片手ではタイミング・良群とタイミング・不良群には明らかな運動開始のタイミングの傾向に違いが認められたが、両手では片手での運動開始のタイミングによる違いは認められず、タイミング不良群も指標の動きに対して±250msec以内に運動開始をしており両手動作時に運動開始のタイミングが向上する傾向が伺われた。また、左手における両条件でも同様の傾向を示した。

5. 力の制御能の分析

今回の研究に採用した視覚刺激-運動協応課題は、光点の動きにあわせてつまみ力を制御することが対象者には求められた。光点の軌跡が理想的なつまみ力の推移であり、その軌跡に近い力の発揮をした場合ほど、光点の動きに適応した運動制御が逐次なされているとみなすことができる。光点の動きに対応した波形では歪度が-0.50、尖度が-1.07であり、実際に発揮されたつまみ力の歪度・尖度の値が光点のそれに近いほど視覚刺激-運動協応課題に対する適応がよいといえる。

1) 片手と両手の力の制御能の比較(歪度)

右手の力の制御能を歪度を用いて分析したものが図10・Aである。縦軸が歪度を示し、横軸は左側が片手、右側が両手となり、それぞれつまみ力増加とつまみ力減少を表している。片手・右での歪度ではタイミング・良群(5名)と不良群(6名)の間には増加期と減少期ともに明確な差異は認められなかった。増加期と減少期の比較では明らかに減少期で歪度が大きく、指標に対応した力の発揮難しくなるという結果であった。一方、両手・右ではタイミング・良、不良の歪度の差異は明確ではなかった。増加期では不器用群の1名が0.5以上と突出した値を示したものの、他10名は0.5前後の値であった。減少期では10名が0以上(うち4名が0.5以上)の値を示し指標に比べ歪みが大きくなった。両手・右では、増加期に比べ減少期の歪みが大きくなる傾向が認められたが、片手・右に比較すると増加期・減少期ともに歪みが小さく、指標に近い力の発揮がなされているという結果であった。

2) 片手と両手の力の制御能の比較(尖度)

右手の制御能を尖度を用いて分析したものを図10・Bに示した。縦軸が尖度を示し、横軸は左側が片手、右側が両手となり、それぞれつまみ力増加とつまみ力減少を表している。

片手・右での尖度ではタイミング・良群(5名)と不良群(6名)の間には、増加期と減少期ともに明確な差異は認められなかった。増加期と減少期の比較では、減少期で力の発揮がばらつく傾向が認められた。一方、両手・右の尖度にはタイミング良群、不良群の差異は明確ではなかった。増加期では11名

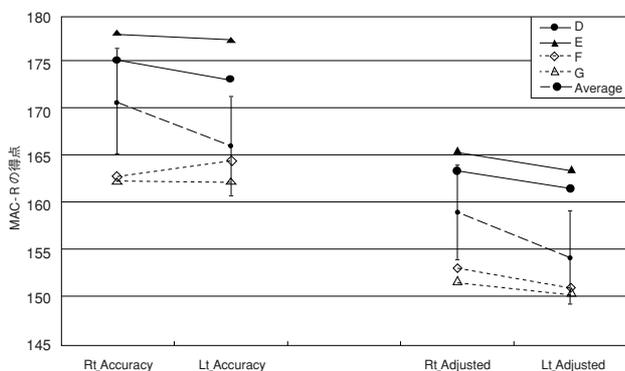


図11 代表例（4名）のMAC-Rの得点

全員が-0.5から-1.5の範囲内に値をとり、減少期でも10名が-0.5から-1.5の範囲内に収まり突出した値をとるものは見られず、両手では片手に比べ、両群ともにより指標の動きに合わせた力の制御ができていた。両手・右では、増加期に比べ減少期に力の発揮がばらつく傾向が認められたが、片手・右に比較すると増加期の力の発揮がより指標に合わせた制御ができているという結果であった。

6. 視覚刺激-運動協応課題と机上検査の結果

本測定装置による測定結果と比較するために運動遂行中に手指の力の微細な調整を必要とする机上検査として片手動作との比較には線引き課題であるMAC-Rを、両手動作には組み合わせ検査を実施した。その結果、視覚刺激-運動協応課題との間では有意な相関は認められなかった。そこで、グループ間の特徴をより明確化するために、特徴的な対象者をそれぞれ抽出し分析を行った。

タイミング・良群（D、E）と不良群（F、G）のMAC-Rの得点を図11に示した。MAC-Rでは指標の動きに±250msecの範囲内で反応していたタイミング・良群の得点が、250msec以上先行してしまうタイミング・不良群の得点よりも高い結果であった。また、線引き課題の正確性を示すAccuracy Scoreに時間的要因を加味したAdjusted Scoreの得点も同様の傾向を示した。片手条件における右手と左手のタイミングの制御能には違いがないことから、Accuracy ScoreとAdjusted Scoreともに運動開始のタイミングと、左右手それぞれの片手動作の関わりが認められた。一方、組み合わせ検査ではタイミング・良群、不良群の差異は明確ではなく、片手・右のタイミングと両手での左右手のタイミングに違いがないことから、今回の視覚刺激-運動協応課題におけるタイミングと両手動作との関わりはないことが明らかになった。

視覚刺激-運動協応課題と机上検査の関連を検討した結果、運動開始のタイミングと机上検査、力の制御と机上検査ともに明確な関連を見いだすことはできな

かったものの、片手・右の運動開始のタイミング良い対象者と不良対象者を個別に検討すると、運動開始のタイミングとMAC-Rの得点の間に一定の関連が推定される結果が得られた。

考 察

1. 測定装置の信頼性と妥当性

今回開発した測定装置は重錘を用いた測定データの変動係数が誤差範囲内に収まったことから測定精度に関する信頼性が確認された。また、対象者に対して行った各条件設定での測定からタイミング、歪度、尖度ともに再検査信頼性が認められ、最大つまみ力発揮前50msec間のつまみ力変動係数分析から健常者では個体間差の影響も受けにくいことが示されたことより、今回開発した測定装置は評価機器として一定の信頼性があると考えられる。妥当性に関しては本測定装置が運動経過中の制御能を評価するという特性を持つので、運動結果からの評価である既存の評価方法との明確な関連は認められないことが予測された。実際の測定結果からも視覚刺激-運動協応課題との間では有意な相関は認められなかったものの健常者の間でも運動開始のタイミングと運動遂行中の力の制御に一定の差異があると視覚刺激-運動協応課題結果にも影響をおよぼしている可能性が認められた。このことは、今後「不器用さ」を示す発達障害児を評価していく上で本測定装置による評価が実際の運動結果として表れる「不器用さ」の程度を予測できる可能性（予測妥当性）を示しているとともに、運動開始のタイミングと運動遂行中の力の制御というパラメータが「不器用さ」を生じさせている要因を解明する上で有用であることが示唆された結果と考える。

2. 利き側-非利き側、片手-両手における器用さに関わる要因について

1) 時間的要因

片手・右の運動開始のタイミングがその他の条件における運動制御に関連が深いことが認められた。特に片手条件の非利き側が利き側に比べ運動開始のタイミングの変動量が大きく、利き側と非利き側の運動制御における相違の重要な要素のひとつとして反応性の低下（タイミングの悪さ）が推定されることが考えられる結果であった。これは、個々の対象者で比較した場合に机上検査の一つであるMAC-Rの得点が低い対象者ほど、運動開始時の時間的なずれが大きいという結果にも結びついていた。MAC-Rは目と手の協応性を評価し左右差や利き手の解釈に有用であることが指摘されているが⁸⁾、協応性の要素としては視覚的に制御された微細な上肢機能の制御という要素が主要な評価内容であるとされている。本研究で用いた視覚刺激-運動協応課題

でも移動する光点が一定の位置に来たときに運動を開始することが求められており、視覚に誘導された運動の発現という要因が利き側と非利き側の器用さに関与している可能性が考えられる。しかし両手になるとタイミングそのものの反応性は片手に比べ向上し非利き側の特徴は認められなくなった。これは左右手が協同して小さいものを素早く正確かつ巧みに扱う能力を評価する⁹⁾ 組み合わせ検査の得点が利き側と非利き側で差がなくなったことにも認められた。これらに共通した運動要素は運動制御が片手条件やMAC-Rのように視覚による運動制御とは異なり、課題遂行において左右手がそれぞれ何らかの運動に関与し、反対側からの運動情報がより関わっていることが考えられる。特に両手での巧緻動作では、視覚的注意配分が片手動作時よりも少なくなり、より固有受容覚や触覚がその運動制御に深く関与すること¹⁰⁾ を示す結果であると考えられた。この固有受容覚や触覚の機能障害は学習障害児などでは発達性行為障害などの不器用さを示す症候群の原因の一つとして関与していることも指摘されている。本研究では健常若年者を対象にしたため結果としては両手動作時により適正化されていたが、今後不器用さを症状として示す発達障害児では重要な指標となる可能性が考えられる結果といえる。

2) 力の制御能に関する要因

運動の制御能の別の側面である力の発揮の制御能を表す歪度と尖度では、片手の利き側と非利き側の間には差異はなく両手でもつまみ力減少で力の制御能が低下していることが認められた。これは荷重を増加させることに比べ、荷重を減少(脱力)させることが利き側と非利き側それぞれ共通して困難であることを示している。運動抑制には前補足運動野や補足運動野が関与し高度な運動制御とされる運動の順序制御との関連も指摘されている^{11) 12) 13)}。このような高次の運動制御機能においては利き側と非利き側に生じる器用さの差異とは異なる運動制御機能を評価していける可能性が考えられる結果であった。一方、一般に力の発揮は運動単位の数や筋組成に依存する¹⁴⁾ とされているものの今回の測定では利き側と非利き側ともに両手動作時に力の発揮が向上していた。これは運動制御の時間的要因と同様に力の発揮にも固有受容覚や視覚からの情報が関与している可能性が示されたものと考えられる。

以上述べてきたように、健常成人の利き側と非利き側の器用さの相違は、視覚が運動制御にどの程度関与するかによって生じることが推察される結果となった。また、片手と両手の相違からは固有受容覚や触覚の関与が運動制御に関わるタイミングや力の制御いずれをも向上させる可能性が考えられた。タ

ッピング動作を用いた研究¹⁵⁾ では、タッピング数では両手交互が最も成績がよくなり、左手のみの場合に最も悪い成績を示し、巧みな者ほど歩調取りのためにタッピング以外の動作が加わる傾向があることが報告されている。また、猪飼¹⁶⁾ は運動の巧みさは筋活動の時間配列 (timing)、運動単位の独立した活動 (spacing)、強さの調節 (grading) の3要素のバランスに依るとしている。これらは両手動作時の一側の運動が他側の運動に対して互いに影響しあうことで、タイミングや力の発揮の制御が向上するという考察を支持するものといえる。一方、前述のタッピング研究¹⁵⁾ の中でも日常生活ではあまり行われることのない打叩間隔の規則性に関しては左右交互の切替時がもっとも不規則になることが述べられており、日常生活で慣れ親しんでいる動作やものの操作の程度が巧緻性に影響を与えることを推察する報告¹⁷⁾ とともに測定に使用する動作はその新奇性に注意しなければならないことが重要と考える。今回採用した側腹つまみは日常生活の中でも頻回に使用する肢位¹⁸⁾ であり動作としての新奇性は低く日常生活場面での物品操作時の片手動作と両手動作時の運動制御に関わるメカニズムを解明できるものと考えられる。さらに手指の力の発揮の制御能に関する研究は、最大つまみ力の測定や歪み計や筋電を用いた研究が散見されるが、用いる運動反応が示指の外転¹⁹⁾ や指腹つまみ²⁰⁾ を用いることが多く日常生活との関わりは明確ではないものもある。今回の測定法は簡便かつ非侵襲的な方法を採用したため、運動単位の働きを細かく同定することには限界があるが、日常生活場面で何気なく行われている物品操作時の運動制御能を測定できるという点で有意義なものになると考える。また、若年健常者と学習障害児に共通して側腹つまみ(中節部)のつまみ力が他のつまみ力に比べ大きく発揮されること²¹⁾ からも、今後の研究における比較検討も容易かつ意味のあるものになると考える。

2. 今後の課題

今後は健常者の測定データを増やし、健常成人の利き側と非利き側の器用さの差異に関わるメカニズムの明確化を目指したい。また、不器用さが認められる学習障害児や軽度発達障害児、整形疾患既往者、中枢神経系疾患既往者に対象者を拡げ、日常的に生じている不器用という症状を視覚、固有受容覚、触覚などの様々な感覚間の統合に障害のある感覚統合障害と捉え²²⁾、今回開発した装置による測定を通して症例研究を行っていく。さらに、測定方法に用いる巧緻課題を力だけではなく、相同的な動きや等張性の運動を含むような手指の移動距離と視覚の協応を設定した課題を加え、力の量と運動範囲のそれぞれの視点から評価が行

える機器の開発を目指していきたい。

謝 辞

本研究を進めるにあたり日々ご指導をいただきながらも、研究成果を待たずして急逝された佐藤剛教授には深謝するとともに痛惜の念に堪えません。また、様々な場面でご指導、ご協力をいただいた多くの方々に感謝します。なお、本研究は平成13年度文部科学省科学研究費補助金（奨励研究A；課題番号13770400）の助成を受けた研究の一部である。

参考文献

- 1) 辻井政次：普通学級においてみられる不器用さとその指導 1節 教室内・家庭学習での指導. 辻井政次, 宮原資英編著. 子供の不器用さ-その影響と発達の援助-. 東京, プレイン出版, 1999, p197-202
- 2) 花井忠征：普通学級においてみられる不器用さとその指導 2節 体育科での指導. 辻井政次, 宮原資英編著. 子供の不器用さ-その影響と発達の援助-. 東京, プレイン出版, 1999, p202-213
- 3) 堀美和子：特別な配慮が必要な不器用な子供たちへの指導 1節 学習障害への指導. 辻井政次, 宮原資英編著. 子供の不器用さ-その影響と発達の援助-. 東京, プレイン出版, 1999, p216-227
- 4) 松江克彦, 布施裕二, 姉齒秀平：その他の精神生理学的指標. 最新臨床脳波. 東京, 朝倉書店, 1997, p305-311
- 5) 松江克彦, 前田泰弘, 丹羽真一ほか：追跡眼球運動とサッケード機能検査のための眼球運動解析システムの開発. 脳と精神の医学11: 127-139, 2000
- 6) 萱村俊哉：健常児（人）におけるLaterality. 発達の神経心理学的評価-学習障害・MBDの診断のために. 東京, 多賀出版, 1997, p21-74
- 7) 東京都立大学体育学研究室：単純反応時間（光または音）. 日本人の体力標準値第4版. 東京, 不昧堂出版, 1989, p186-190
- 8) 土田玲子：感覚統合障害の評価：南カリフォルニア感覚統合検査, 南カリフォルニア回転後眼振検査について. 感覚統合研究<第1集>. 東京, 協同医書出版社, 1984, p153-193
- 9) 厚生労働省職業安定局：厚生労働省編一般職業適性検査手引. 東京, 雇用問題研究会, 1995
- 10) Ann G. Fisher: Vestibular-proprioceptive processing and bilateral integration and sequencing deficits. Ann G. Fischer, Elizabeth A. Murray, Anita C. Bundy. Sensory integration: Theory and practice. Philadelphia, F. A. Davis, 1991, p71-107
- 11) 虫明元：前補足運動野と手の運動のプランニング. 神経研究の進歩42: 39-48, 1998
- 12) 松波謙一：補足運動野. 最新運動と脳-体を動かす脳のメカニズム-ライブラリ脳の世紀:心のメカニズムを探る5. 東京, サイエンス社, 2000, p45-63
- 13) 丹治順：運動の順序制御に関与する運動領野. 丹治順, 吉澤修治. 脳の高次機能. 東京, 朝倉書店, 2001, p83-93
- 14) 森谷敏夫：運動様式と神経適合. 宮本省三, 沖田一彦. セラピストのための基礎研究論文集(1). 東京, 協同医書, 1997, p297-326
- 15) 大道等, 八木尚江, 森下はるみ：幼児タッピング動作の観察. 体育の科学33: p240-247, 1983
- 16) 猪飼道夫：体力の要素としての敏捷性. 猪飼道夫. 身体運動の生理学. 東京, 杏林書院, 1973, p84-95
- 17) 辻井政次, 花井忠征, 北澤純子：日本の子どもの不器用さ -ムーブメントABCを用いて 5節 日本の子どもの不器用さの実態 -ムーブメントABCによる日米の子どもの協調運動能力の比較から. 辻井政次, 宮原資英編著. 子供の不器用さ-その影響と発達の援助-. 東京, プレイン出版, 1999, p133-142
- 18) 鎌倉矩子, 中田真由美, 山崎せつ子：手の運動の基本パターン. 神経研究の進歩42: p7-17, 1998
- 19) 根本悟子, 澤田雄二, 若菜幸一：力に対応するEMG解析の方法. 作業療法21特別号: 423, 2002
- 20) 斉藤和夫, 石村祐美子, 柴善崇ほか：手指筋力測定に関する研究-つまみ力測定における指間距離について-. 作業療法13: 218-223, 1994
- 21) 須鎌康介, 仙石泰仁, 中島そのみほか：学習障害児の評価としてのつまみ力-つまみ力の発達の特徴との比較-. 北海道作業療法第18巻特別号: 57, 2001
- 22) A. Jean Ayres：感覚統合障害. 佐藤剛監訳. 子どもの発達と感覚統合. 東京, 協同医書出版社, 1982, p75-202

A new device for measuring motor control ability by a visual stimulus

– Toward the analysis of clumsiness for eye-hand coordination task corresponding to a visual target –

Kosuke SUGAMA¹, Yasuhito SENGOKU¹, Sonomi NAKAJIMA²,

Tsutomu SASAKI¹, Toshiaki TANAKA³

¹ Program of Physical Therapy and Occupational Therapy, Graduate School of Health Sciences, Sapporo Medical University

² Department of Occupational Therapy, School of Health Sciences, Sapporo Medical University

³ Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, Sapporo Medical University

Abstract

Awkward motor activities in children having mild developmental disorders may be related to a variety of factors. We developed an instrument for assessing disturbances of eye-hand coordination which may lead to awkward motor activities. The instrument consisted of a visual stimulation program where the subject tracks a light spot on a monitor with the use of a pinch-meter. The subject had to adjust their pinch forces in order to track the light spot as a visual target. Three experimental procedures were carried out using the right hand, the left hand, and finally both hands in all right-handed subjects. These experimental procedures analyzed two variables, one being the time lag between the moving target and the time of change in the pinch-force. The results showed that the time lag was reduced in the case of the right hand, the left hand, and then using both hands. Results showed that coordination of pinch-force with both hands were superior to the one hand alone. Some subjects who received a low score in the traditional motor accuracy test also had a rather large time lag. Our results suggested that the functional difference of eye-hand coordination between the right and the left hands might be influenced by visio-motor central ability. Furthermore, our results seem to indicate that the information of proprioceptional and tactile sensation may be improved in the areas of timing and the processing of visual stimulation.

Key words: Clumsiness, Eye-hand coordination, Learning disability, Attention deficit hyperactivity disorder, Fine motor control