

研究

# 健常成人男性における表面に凹凸を施した下敷きを用いた 運筆活動における正確性と筋活動の変化の特性

奥田 歩<sup>1)</sup> 中島そのみ<sup>2)</sup>  
中村 裕二<sup>2)</sup> 鴨下 賢一<sup>3)</sup> 仙石 泰仁<sup>2)</sup>

## 要旨：

本研究は、健常成人男性を対象に表面に凹凸を施した下敷き（以下、ざらざら下敷き）の使用で生じる運筆の正確性と体幹、肩甲帯周囲筋の筋活動の変化の特徴を明らかにすることを目的とした。ざらざら下敷きと普通の下敷きの2条件で横線・斜線・円の描画を行い、罫線からはみ出した線の距離と体幹、肩甲帯周囲筋の筋電図を測定した。その結果、横線と斜線描画においてざらざら下敷き条件ではみ出し距離が有意に短かった。また、斜線描画における腹直筋と円描画における僧帽筋中部の%MVCがざらざら下敷き条件で有意に高かった。本研究は、ざらざら下敷きの使用で直線描画時に運筆の正確性が改善し、上肢操作や姿勢の安定性ために筋活動が促進される可能性を示した。

キーワード：ざらざら下敷き、運筆動作、表面筋電図

## はじめに

自閉症スペクトラム症や注意欠如多動症、発達性協調運動症などの発達障害児では、その主症状とともに「不器用さ」と表現される様々な運動のぎこちなさや手先の不器用さを呈することが報告されている<sup>1)</sup>。また、この「不器用さ」は日常生活に支障をきたすことも指摘されている<sup>2)</sup>。

運筆活動は幼児期や学童期に日常生活や学習活動で必ず行う活動の一つである。手先の不器用さ

を呈する児では、描画や書字といった筆記具を用いた運筆に何らかの問題を抱えることが多く<sup>3)</sup>、作業療法の支援が求められているが、具体的な支援方法については統一した見解は得られていない。これは、姿勢や上肢操作の未熟さを呈する原因が多様でかつ、複雑に絡み合っていること<sup>4)</sup>がその一因であると考えられる。これまで運筆に問題を呈する児への作業療法介入では、運動トレーニングの介入<sup>5)6)</sup>、視覚、固有感覚のフィードバック等の身体認識向上にむけた介入<sup>7)8)</sup>など様々な報告がある。一方、直接描画や書字に関わる補助具に関しては、多くの物品が市販されているがその有効性について十分な検討が行われている状況にはない。

1) 札幌医科大学大学院保健医療学研究科

2) 札幌医科大学保健医療学部作業療法学科

3) 株式会社児童発達支援協会リハビリ発達支援ルーム  
かもん

近年、下敷きに細かいドットを施し、書字や描画時に固有感覚のフィードバックを生じさせ運筆の正確性を改善させることを目的とした道具（株式会社オフィスサニー できるびより：魔法のザラザラ下じき、以下；ざらざら下敷き）が開発されている<sup>9)</sup>。このざらざら下敷きは、表面のドットが筆記・描画時の運筆動作の抵抗となり、上肢運動による作用が増加し、身体支持部の反作用が生じると考えられる。先行研究<sup>10)11)</sup>でも上肢操作で一定の負荷が掛かることで、肩甲帯周囲筋や体幹筋の筋活動が増加することが示唆されている。また、運筆に関する作業療法の先行研究では、末梢部の動作を促すための前段階として体幹、肩甲帯の筋活動促進による身体の中枢部安定を図る介入<sup>5)</sup>や、筋に対する抵抗トレーニングは神経筋活性化の増加を促し、神経適応と運動の協調を改善することも報告されている<sup>12)</sup>。これらの報告から、姿勢調整能力の向上や上肢操作の基盤である体幹、肩甲帯周囲筋の適切な筋活動が運筆機能の向上に有益であることが推測される。

ざらざら下敷きを用いた活動は、運筆の正確性の改善や体幹、肩甲帯周囲筋の筋活動の増加を促し、発達障害児の描画、書字に対する支援に繋がる可能性がある。しかし、その効果については十分な検討が行われていない。本研究では運筆のために開発されたざらざら下敷きの臨床的効果を明らかにする基礎的な研究として、ざらざら下敷きを用いた際の運筆の正確性と筋活動の変化を明らかにしていくことを目的とする。

## 方 法

### 1. 研究対象

対象は、運筆動作が成熟しており、かつ性差による交絡因子を除外するために健常成人男性とした。また、運筆動作が右利きである者のみとした。サンプルサイズは、有意水準を0.05、検出力を0.8、効果量を0.5に設定しG-powerで計算したところ、34名となった。なお算出には対応のある

t検定を使用した。神経学的疾患、眼科的疾患、動作を行うのに困難な整形学的疾患を有する者は除外した。被験者の募集には募集用ポスターを掲示して協力者を募った。

## 2. 本実験手続き

### 1) 環境設定

被験者の肢位は椅子座位とし、股関節、膝関節約90度位、足関節を底背屈中間位で、足底が床に接触する高さに椅子を調整した。机の高さは机に手を置き、上腕部分を床に対して垂直に下ろしたとき、肘関節屈曲90度となるように調整した。課題用紙はざらざら下敷きまたは通常の下敷きを敷いて固定し、筆記具はHBの鉛筆を使用した。描画中の姿勢は非利き手の前腕は机に接地させてその他の身体部位は任意の姿勢とした。

描画時に用いる下敷きは、ざらざら下敷き（材質：再生ポリエステル、サイズ：幅210mm×高さ310mm×厚さ0.55mm、0.6mmのドット）と通常の下敷き（材質：ポリプロピレン、サイズ：幅210mm×高さ310mm×厚さ0.06mm）の2種類とした。下敷きはA4サイズのを4枚用意し、角が直角になるように縁の部分を裁断し、その後、縦2枚×横2枚（約縦602mm×横428mm）になるように並べて、テープで固定した。なお、継ぎ目については描画時に段差を感じられないことを確認し使用した。

### 2) 課題内容

描画課題はA3サイズ用の紙（縦297mm×横420mm）に描かれた横線・斜線・円の3種類とした（図1）。横線と斜線は、横40cmの罫線（罫線間3mm）とその罫線間の両端に点を記載し、斜線は右上りとした。円は直径28cmの円と同心内側の円（2つ円の罫線間は3mm）で、被験者から最も近い罫線間に点を記載した。横線は、左側の罫線の間の一点から描画を開始し、斜線は右上側の罫線の間の一点から描画を開始して動作を止めることなく往復するように指示した。円では罫線間の一点を

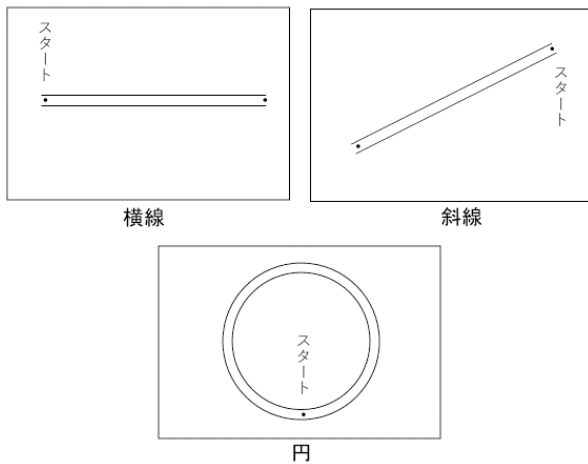


図1 描画課題

スタート地点とし、時計周りに1周描画するように求めた、横線と斜線は1往復、円は1周を1回の描画とした。被験者には各下敷き条件で5回ずつ描画を行ってもらい、描画ごとに新しい課題用紙を用意した。被験者への教示は「なるべく線からはみ出さないように、正確に描いてください。描いている途中で鉛筆を紙から離さないでください。」とした。

### 3) 実験手順

課題実施前に筋電図測定のために電極を被験者に貼付し、描画課題中の表面筋電図を測定した。次に被験者は横線描画の練習を行い、運筆動作に慣れて、筋電図の波形が施行毎に極端な差が出ないことを確認後、課題を実施した。ざらざら下敷き条件と通常の下敷き条件の順番は被験者間でランダムとした。提示した条件で5回の描画終了後に数分間休憩をはさんでから別の下敷き条件で実験を実施した。その後、斜線課題、円課題の順番で課題を呈示し、課題の間で休憩と描画練習をする時間をそれぞれ設けた。実験時間はおよそ1時間程度であった。

## 3. 評価方法

### 1) はみ出し距離

描画の正確性の評価として、罫線からはみ出した距離（以下、はみ出し距離）を測定した。はみ

出し距離は、用紙に描画された罫線内で罫線に触れた部分、または罫線からはみ出した部分をはみ出し線とみなした。計測はマップメジャーを（東京磁石工業 MM-1）使用して実施した。

### 2) 筋活動

表面筋電図は、テレマイオDTS EM-801（ノラクソン社）を使用し、導出筋に送信機（EMGプローブ）を装着し、サンプリング周波数1000Hz、フィルタ特性15～500Hzの設定で測定した。電極は銀素材のもので、電極間距離は2cmとした。筋活動の測定部位をアルコールにて消毒し、皮膚全処理剤を用いて皮膚抵抗を落とし、電極をシールで身体に付着した。導出筋は、右側僧帽筋上部・中部、両側脊柱起立筋腰部、両側腹直筋、右側三角筋前部・中部とし、電極付着部位は先行研究<sup>13)</sup>を参考に貼付した。電極貼付後、最大随意収縮（Maximal Voluntary Contraction；MVC）の測定として、Danielらの徒手筋力法<sup>14)</sup>に従い、各筋に該当する等尺性収縮において最大収縮を5秒間行った際の筋活動を計測した。MVCはマイオマッスルマスター（ノラクソン社）を用いて最大収縮中の最大振幅を含む1秒間の平均振幅を算出し100%MVCとした。

## 4. 分析方法

### 1) はみ出し距離

各条件で最初と最後の描画のはみ出し距離を除いた3試行の平均値を算出した。

各課題で下敷き条件間の描画のはみだし距離に有意な差があるかどうか調べるために、対応のあるt検定を行った。

### 2) 筋活動

運筆動作の筋活動の開始点と終了点を定めるために、テレマイオDTS EM-801から得られた右側僧帽筋上部のデータを用いた。各課題で運筆を開始する際に、運筆開始姿勢を10秒間保持してもらい、その姿勢時の平均振幅をベースラインとした。先行研究<sup>15)</sup>を参考に筋活動がベースラインの3SD

以上で25ms以上持続した時を運筆開始と定めた。また、ベースラインの3SD以内の筋活動が25ms以上持続した時を運筆終了と定めた。得られた波形は全波整流し、MVCで正規化し、単位時間当たりの積分値を算出した。

データ分析では、各課題、運筆動作を5回実施し最初と最後の描画の運筆動作を除いた3回分の波形で積分値を算出し、その平均値を採用した。

統計解析にはIBM SPSS statistics V26 (IBM社)を用い、対応のあるt検定を行った。有意水準は5%とした。

## 5. 倫理的配慮

倫理的配慮として、被験者に対し、研究内容および研究参加と個人情報に関する説明を行い、同意を得て研究を実施した。なお本研究は、著者の所属先の倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号24-2-33)。

## 結 果

募集用ポスターで協力者を募ったところ、医科大学生19名(平均年齢:  $22.3 \pm 2.2$ )、医療従事者15名(平均年齢:  $24.1 \pm 2.2$ )の計34名が対象になった。

### 1. はみ出し距離について

横線描画、斜線描画、円描画の各下敷き条件における34名の被験者ののはみ出し距離(cm)の平均値は、横線描画の通常の下敷き条件で  $5.7 \pm 5.7$ cm、ざらざら下敷き条件で  $3.9 \pm 4.6$ cmであった。斜線描画では  $10.3 \pm 7.3$ cmと  $8.4 \pm 7.7$ cm、円描画では  $16.3 \pm 8.5$ cmと  $15.6 \pm 7$ cmであった。各描画における下敷き条件間のはみ出し距離の有意差を調べるために対応のあるt検定を行ったところ、横線描画と斜線描画で有意差がみられ、ざらざら下敷き条件で有意にはみ出し距離が少なかった(横線:  $t(33) = 5.01$   $p < .001$ , 斜線:  $t(33) = 2.61$   $p = 0.007$ )。円描画では有意差がみられなかった(図2)。

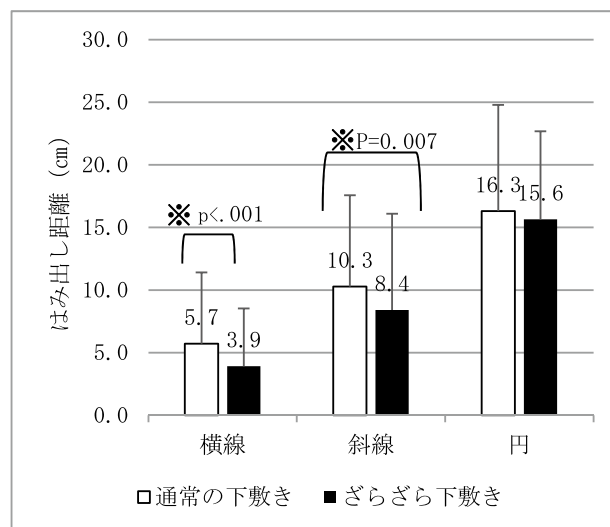


図2 各描画における下敷き条件間のはみ出し距離

### 2. 筋活動について

横線描画、斜線描画、円描画の各下敷き条件における34名の被験者の各測定筋の%MVCの平均値を算出した。下敷き条件間での%MVCの有意差を調べるために対応のあるt検定を行ったところ、横線描画では各測定筋の%MVCが下敷き条件間で有意な差はみられなかった(図3)。斜線描画では右側腹直筋の%MVCがざらざら下敷き条件で有意に高かった( $t(33) = 2.19$ ,  $p = 0.017$ ) (図4)。また、円描画では右側僧帽筋中部の%MVCがざらざら下敷き条件で有意に高かった( $t(33) = 2.11$ ,  $p = 0.02$ ) (図5)。

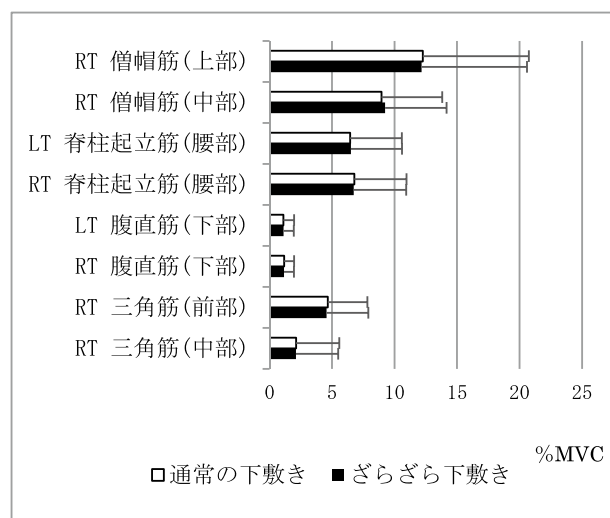


図3 横線描画における下敷き条件間の%MVC

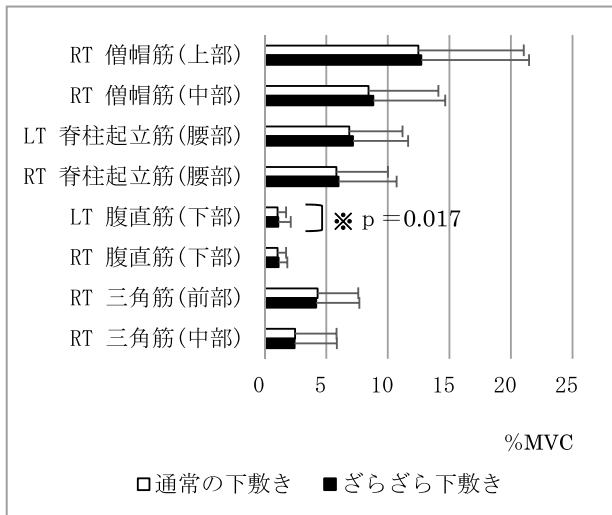


図4 斜線描画における下敷き条件間の%MVC

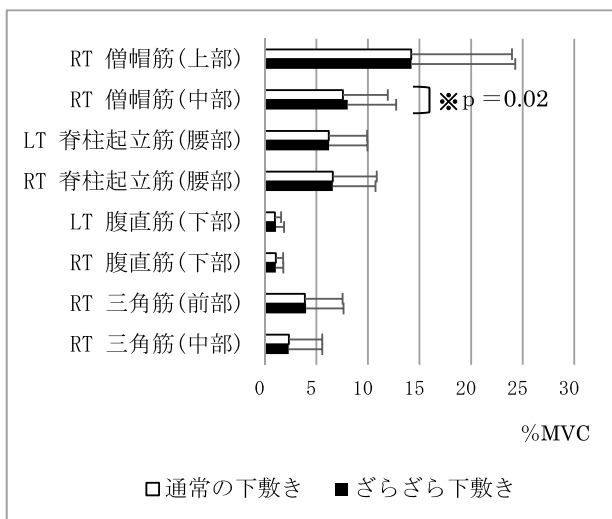


図5 円描画における下敷き条件間の%MVC

## 考 察

### 1. ざらざら下敷き使用による運筆の正確性への効果について

本研究は健常成人を対象としてざらざら下敷きによる運筆活動の正確性の変化に関して検討を行った。その結果、はみ出し距離において、横線描画と斜線描画でざらざら下敷きの使用によってはみ出し距離が有意に減少した。この結果からは、ざらざら下敷きが運筆の運動制御に一定の効果をもたらす可能性が考えられる。この運動制御能を向上させた要因としては、ざらざら下敷きの表面

にある細かいドットが、通常の下敷きを使用した運筆よりも運筆動作に抵抗を加えたことが考えられる。新庄ら<sup>7)</sup>の研究では紙面上の抵抗を増大させることで運筆の正確性が改善されることを報告されており、運筆の正確性には特に固有感覚は運筆のコントロールに重要な役割を果たしていることを考察している。また、Macalusoら<sup>16)</sup>はfMRIを用いて、視覚刺激単独で呈示される条件と視覚刺激が呈示される同側の手に体性感覚刺激も呈示される条件の条件間で視覚野の脳神経活動を比較したところ、視覚刺激と体性感覚刺激が提示された条件で、視覚野の脳神経活動が増大したと報告している。これらの先行研究から、運筆時に紙面上から受ける抵抗がざらざら下敷きの使用によって増加し、視覚情報を処理する大脳皮質の活動が増加し空間的認識を向上させ運筆の正確性が向上したことも原因の一つと推察される。課題図形による違いでは、今回の結果では直線的な運筆である描画で改善が認められているが、これは運筆方向が変化しないため固有感覚フィードバックが動作に反映させやすくなり、運筆の正確性向上の結果に繋がったと予測される。一方で、円描画では運筆方向が逐次変化するため手指と手関節の協調運動が必要となり、上肢操作や固有感覚以外の体性感覚などの運筆の正確性に関わる要因<sup>17)</sup>が増えて、ざらざら下敷きの影響だけでは有意な差が生じなかったと考えられる。

### 2. ざらざら下敷き使用時の筋活動について

本研究では、各測定筋で被験者34名分の平均値を算出し条件間で比較したところ、円描画において右側僧帽筋中部の%MVCがざらざら下敷き条件で有意に高かった。書字動作中の僧帽筋の筋活動について西山ら<sup>18)</sup>の研究では、単に作業肢位・姿勢保持を行っているときよりも書字作業を行うことで僧帽筋の筋活動が増加することが報告されている。また、僧帽筋中部は上腕が前方に上がった状態での水平面の動きで筋活動が作用する<sup>19)</sup>。

本研究の円描画は比較的に大きな円の描画を行うため、被験者は上肢を空間に保持しながら運筆を行っていた。また、その運筆動作は肩甲骨を内転させながら上肢の水平外転を伴う動きであった。これらのことから、ざらざら下敷きの表面の凹凸によって固有感覚からのフィードバックが促進され、運筆の運動方向がより意識されやすくなり、僧帽筋中部の筋活動が促進した可能性も考えられる。

僧帽筋中部以外では斜線描画において右側腹直筋がざらざら下敷き条件で有意に高くなっていた。三浦ら<sup>20)</sup>の研究では、座位姿勢で上肢を前方に空間保持させることで腹直筋の筋活動が増加することを報告している。これは、上肢を前方空間に保持するために肩甲骨が上方回旋、外転し、体幹の同側回旋が生じないようにするため運動側外腹斜筋が体幹同側回旋を制動するためと考えられている。本結果でも斜線描画のために上肢を斜め前方にリーチし反対側下方へ引き寄せる必要があり、右側腹直筋が姿勢保持のために作用すると推測される。上述したようにざらざら下敷きを使用することで運筆の運動方向が意識されやすくなった可能性があり、斜線描画の前方リーチに伴う身体重心の変化から姿勢を安定させるために右側腹直筋の筋活動が増加したことが予測される。

本研究の被験者は運筆時にざらざら下敷きの使用で、描画課題の動作や運動方向に連動して僧帽筋中部と腹直筋の筋活動が促進された。しかし、そのほかの各描画での測定筋は下敷き条件間で有意な差はみられなかった。今回の被験者は健常成人男性であることから、ざらざら下敷きの抵抗に対して肩甲帯周囲筋・体幹の筋活動を増加させるという戦略ではなく、手内筋や手関節筋など中枢よりも末梢の筋活動で対応している可能性も考えられ<sup>21)</sup>、本研究で測定した筋以外の筋の活動や不器用さを示す発達障害をもつ児童のような安定した上肢操作が困難な対象者への影響についても分析を行う必要性が示唆された。

### 3. まとめ

本研究の結果から、ざらざら下敷きを使用することで直線描画時にはみ出し距離が減少し、運筆の正確性が改善されることが明らかになった。その理由としてざらざら下敷きは固有感覚フィードバックの促進や運動方向がより意識されやすくなる可能性が考えられる。さらに、僧帽筋中部や腹直筋に対して運筆時の筋活動が増加したことから、描画課題による筋の働きや動作方向によっては上肢操作や姿勢の安定性のための体幹、肩甲帯周囲筋の筋活動が促進される可能性があることが示唆された。これらのことは、運筆活動を開始し始める幼児や運筆に不器用さがみられる児への環境的な支援方法の一つになる。

### 研究限界

本研究では健常成人男性を被験者としているため、発達障害や中枢性の運動機能障害をもつ者や選定対象ではなかった女性に対してざらざら下敷きの影響をそのまま適応できない可能性がある。

また、学習効果による影響をより少なくするためには1回の描画ごとに下敷きの種類を変えることが望ましかったが、今回は被験者の実験時間による負担を考慮して各課題の条件間で下敷きの種類を変更した。そのため、潜在的な効果修飾因子を十分に除外することには限界があった。

### 引用文献

- 1) 宮本信也：発達障害の概要，治療90．東京，南山堂，2259-2264，2008
- 2) Van der Linde BW, Van Netten JJ, Otten B, et al. : Activities of Daily Living in Children With Developmental Coordination Disorder : Performance, Learning, and Participation. Phys Ther 95 (11) : 1496-1506, 2015
- 3) 池田千紗，中島そのみ，大柳俊夫，他：児童における描画特徴，書字の読みやすさ および運筆動作に影響する運動機能の特性．作業

- 療法35 (2) : 138-148, 2016
- 4) 尾崎康子：幼児の筆記具操作と描画行動の発達. 東京, 風間書房, 2008
  - 5) 小林隆司：児童の不器用を改善するための運動プログラムの開発. 吉備国際大学保健福祉研究所研究紀要 (11) : 11-15, 2010
  - 6) Feder KP, Majnemer A : Handwriting development, competency, and intervention. *Dev Med Child Neurol* 49 (4) : 312-317, 2021
  - 7) 新庄真帆, 加藤寿宏, 松島佳苗 : 学童期の書字動作に感覚FBが及ぼす影響. *Japanese J Learn Disabil* 28 (2) : 241-248, 2019
  - 8) 齊藤幸太, 宍戸辰如, 小田嶋訓子, 他 : 書字動作の運動制御についての実験的研究－視覚的外乱による速度プロフィールの変化. *東北作業療法学会誌* 2 : 298-98, 2012
  - 9) 株式会社オフィスサニー, できるびより : 魔法のザラザラ下じき. (オンライン), (2021-12-15). 入手先 <<https://dekirubiyori.com/products/shitajiki/>>.
  - 10) 國枝秀樹, 村尾邦彦, 石濱崇史 : 毛筆動作により座位姿勢の安定性向上が得られたパーキンソン病の一症例. *関西理学療法* 12 : 69-79, 2012
  - 11) 三浦雄一郎 : 筋電図学的研究に基づいた上肢ハンドリングテクニック. *関西理学療法学* 19 : 12-16, 2019
  - 12) Ramsay J A, Blimkie C J, Smith K, et al. : Strength training effects in prepubescent boys. *Med Sci Sports Exerc* 22 (5) : 605-614, 1990
  - 13) 下野俊哉 : 表面筋電図マニュアル基礎編EM-TS1. 東京, 酒井医療, 2004
  - 14) Hislop HJ, Avers D, Brown M (津山直一, 中村耕三・訳) : 徒手筋力検査法 第9版.
  - 15) Dean C, Shepherd R, Adams R : Sitting balance I : trunk-arm coordination and the contribution of the lower limbs during self-paced reaching in sitting. *Gait and Posture* 10 : 135-146, 1999.
  - 16) Macaluso E, Frith CD, Driver J : Modulation of human visual cortex by crossmodal spatial attention. *Science* 289 : 1206-1208, 2000
  - 17) Cornhill H, Case-Smith J : Factors that relate to good and poor handwriting. *Am J Occup Ther* 50 : 732-739, 1996
  - 18) 西山勝夫, 中迫勝, 細川汀 : OCRカード記入と自由筆記における筆運動作と筋的負担の比較. *日本衛生学雑誌* 44 : 1128-1136, 1990
  - 19) 三浦雄一郎, 福島秀晃, 布谷美樹, 他 : 上肢空間保持における肩甲帯周囲筋の筋活動－肩関節平内転角度の変化に着目して－. *理学療法学Supplement* 35 : 498, 2008
  - 20) 三浦雄一郎, 福島秀晃, 森原徹, 他 : 上肢挙上時の運動側外腹斜筋による体幹安定化メカニズム. *関西理学療法学* 12 : 29-34, 2012
  - 21) 尾崎康子 : 筆記具操作における上肢運動機能の発達的变化. *教育心理学研究* 48 : 145-153, 2000

# The characteristics of changes in handwriting accuracy and muscle activities of using underlay with uneven surface in healthy adult males

Ayumu Okuda <sup>1)</sup> Sonomi Nakjima <sup>2)</sup>

Yuji Nakamura <sup>2)</sup> Kenichi Kamoshita <sup>3)</sup> Yasuhito Sengoku <sup>2)</sup>

1) Ayumu Okuda, Sapporo Medical University Graduate School of Health Sciences

2) Sonomi Nakjima, Yuji Nakamura, Yasuhito Sengoku, Department of Occupational Therapy, School of Health Sciences, Sapporo Medical University

3) Kenichi Kamoshita, Rehabilitation and Development Support Room Kamon, Child Development Support Association, Inc

## Abstract

The purpose of this study is to clarify the characteristics of changes in handwriting accuracy and the activities of the trunk and periscapular muscles of the shoulder girdle in healthy adult males when drawing with a rough underlay. Participants were asked to draw horizontal lines, oblique lines, and circles using two types of underlay: rough underlay and regular underlay. The distance of drawings that deviated from the ruled lines and the electromyograms of the trunk and periscapular muscles were measured. The results indicated that the overhang distance was significantly shorter in the rough underlay condition for the horizontal and diagonal line drawings. The % MVC of the rectus abdominis muscle in the diagonal drawing and the middle trapezius muscle in the circle drawing was significantly higher in the rough underlay condition. This study suggests the use of a rough underlay improved stroke accuracy when drawing straight lines and may stimulate muscle activity for upper limb manipulation and postural stability.

**Key words** : rough underlay , handwriting , surface electromyography