

全身の筋における収縮時の反応時間

身体運動科学研究領域

5018A048-1 田口 徹

研究指導教員：彼末 一之 教授

【緒言】

人が音などの刺激に対して反応し、素早い随意運動を行う際の遅速の評価方法として反応時間の測定が数多く行われてきた。反応時間は複数の要素から構成されており、その中でも、刺激提示から筋活動が生じるまでの時間を前筋運動時間 (Premotor Time: PMT) とし、中枢や神経系における処理過程を表すものとして広く使用されている。これまでの PMT 研究では、様々な部位における動作を実施した際の筋活動から PMT を算出している。しかしながら、これらの関節や動作の違いが PMT の遅速にどのように影響を及ぼすかは明らかになっていない。また、様々なスポーツ競技における脳内の情報処理機能を評価するために、PMT の測定を行っている研究も多く存在する。これらの研究では、競技特異的な脳内の情報処理機能が存在することが示唆されている。しかしながら、これらの研究は、特定の部位の動作のみの PMT を測定しており、ある特定の競技の中での部位特異性に着目した研究はない。競技特異的な脳内の情報処理機能が存在するのであれば、競技に応じて使用頻度の多い部位も異なるため、個々の競技に応じた部位特異性も存在する可能性が考えられる。そこで、本研究の目的は音合図に反応した際の、全身の様々な単関節運動の PMT を定量的に算出し、部位間の違いや競技特性の違いを明らかにする。

【方法】

実験 1：様々な単関節動作の PMT 測定

被験者は右利きの健常な男性 10 名 (一般人群) と男性ショートスプリンター 9 名 (SS 群)、男性

ロングスプリンター 8 名 (LS 群) とした。被験者には 6 つの等尺性の関節運動 (指屈曲、手屈曲、肘屈曲、肩外転、膝屈曲、足背屈) を音合図に反応して素早く行い、それぞれの試技中の主働筋 (指屈曲：第一背側骨間筋 (FDI)、手屈曲：橈側手根屈筋 (FCR)、肘屈曲：上腕二頭筋 (BB)、肩外転：三角筋中部 (DMM)、膝屈曲：大腿二頭筋短頭 (BFS)、足背屈：前脛骨筋 (TA)) の筋活動 (EMG) を取得した。取得した EMG を整流化し、整流化した EMG の音合図前 500ms 間の平均値と標準偏差 (SD) を算出し、算出した平均値 +3SD を PMT 測定の閾値とした。そして、整流化した EMG 信号が設定した閾値を 10ms 間上回り続けた時間を Premotor Time (PMT) とした。それぞれの動作で行った課題 25 回それぞれで PMT を算出し、25 回の平均値を各動作の代表値とした。

実験 2：様々な筋の MEP 潜時測定

刺激に対して随意運動する際の脳情報処理過程の中で、一次運動野 (M1) 以降の処理過程を評価するために、実験 1 に参加した一般人群 (n=9) と SS 群 (n=9) と LS 群 (n=8) を対象に経頭蓋磁気刺激法 (TMS) を用いて、運動誘発電位 (MEP) の潜時を算出した。MEP の潜時については、実験 1 の各動作の主働筋 (FDI, FCR, BB, DMM, BFS, TA) の MEP 波形からそれぞれ算出した。

【結果】

結果 1：部位間の違い

部位間の PMT は、一般人群においては、肩外転動作時が肘屈曲、手屈曲、指屈曲動作時より有意に短くなったが、その他の組合せでは差が見られなかった (図 1)。SS 群と LS 群については部位

間の違いはなかった。被験筋ごとの MEP 潜時については両群ともにすべての筋の組合せにおいて有意な差が認められ、M1 からの距離が長ければ長いほど MEP 潜時は長くなつた(図 2)。また、各動作の PMT と各筋の MEP 潜時の相関関係についてはすべての群で認められなかつた(図 3)。

結果 2：競技特性の違い

PMT については、すべての動作において、SS 群が一般人群と LS 群に比べて有意に短くなつた(図 1)。MEP 潜時についてはすべての筋において一般人群と SS 群と LS 群に差は認められなかつた(図 2)。

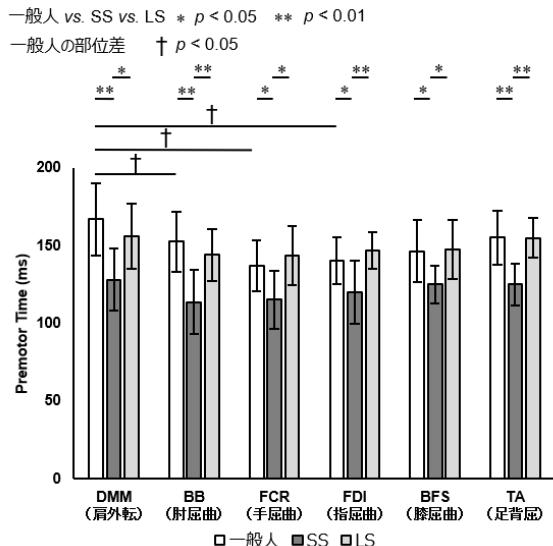


図 1. 全ての動作の被験者群の PMT

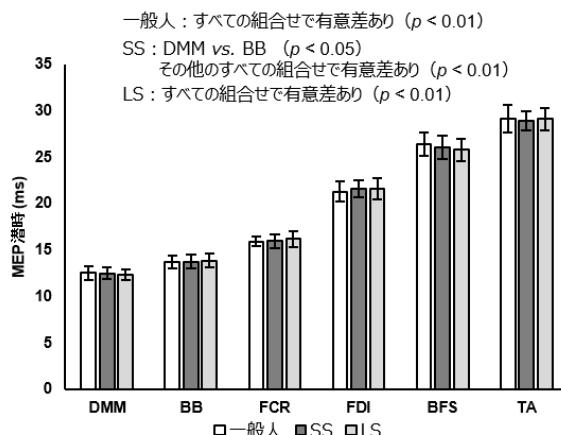


図 2. 全ての筋の被験者群の MEP 潜時

【考察】

考察 1：部位間の違い

本研究から、全身の様々な関節の PMT は M1 からの距離には依存せず、一般人群については肩外

転動作時の PMT が肘屈曲動作、手屈曲動作、指屈曲動作より長くなるが、SS 群と LS 群では部位による違いはないことが明らかとなつた。つまり、音合図に対して素早く随意運動を実行する過程の中では、M1 より上位の処理過程において部位によって異なる処理機能が存在する可能性が考えられる。

考察 2：競技特性の違い

本研究から、すべての動作時において PMT が SS 群は一般人群と LS 群より短くなり、その要因として M1 より上位の処理機能が向上し、PMT が短くなつたことが示唆された。陸上の短距離種目では日常的にスタート局面で音合図に反応して素早く反応する運動を行つており、このトレーニングの影響により M1 より上位の処理機能が向上したと考えられる。

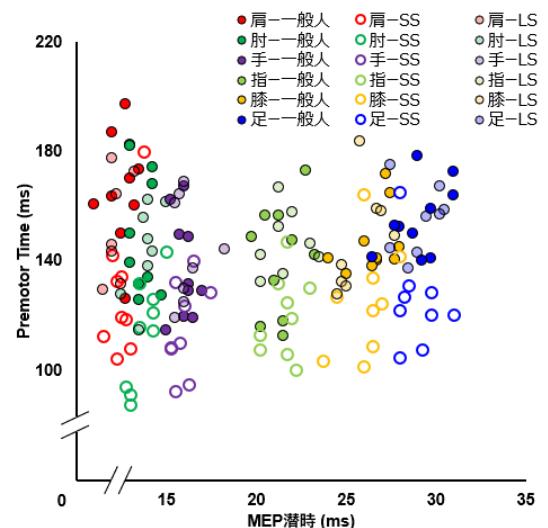


図 3. すべての群の PMT と MEP 潜時の相関

【結論】

音合図に反応した際の、全身の様々な単関節運動時の PMT は、部位間の違いについては、一般人群については肩外転動作が他の上肢の動作に比べて長いが、他の部位では差が見られず、M1 からの距離には依存しないことが明らかとなつた。また、競技特性の違いについては M1 より上位の処理機能の影響によりどの部位においても一般人と LS より SS が短くなることが明らかとなつた。