課題に対する回答の確信度が随意筋収縮前後の表面筋電位変化に及ぼす影響

○高橋 雄三（広島市立大学大学院情報科学研究科）

Effects of cognitive confidence on EMG signal shifting during voluntary muscle contraction

Yuzo TAKAHASHI (Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University)

1. はじめに

力、巧緻性、持続力をアシストする装置において、装着者の意図の推定はシステムの根幹をなす重要な機能である。人間の意図は脳において生成されるが、装置の操作という単純な動作の場合、脳における意図情報は複雑であり、装置に対するコマンド成分の抽出は、抽出アルゴリズムの複雑さだけでなく、使用者に認知的な訓練を必要とする。そこで、意図の最終形である動作の直近で意図に関する命令を抽出し、人間の潜時の間にシステムが動作できれば、生体から得られるコマンドは単純な動作命令のみで済むと考えられる。

著者はパワーアシスト装置の動作スイッチとして筋電位信号を利用したシステムの開発を行っている¹⁾。しかし、顕著な筋電位変化には随意成分と不随意成分の両方が存在するが、筋電位成分から随意筋収縮とそれ以外とを区別することは難しい。そこで本研究では、学習が容易な刺激に対する上腕二頭筋の随意筋収縮と学習が困難な刺激に対する随意筋収縮を測定し、単純筋電位変化の中に含まれる随意筋収縮にともなう特徴量について実験的に検討することを目的とする。

2. 方法

2. 1 被験者

被験者は両腕部の動作に支障ない健康な大学生・大学院生8名（男女各4名）とした。実験室入室後、被験者には実験開始前に実験概要を十分説明し、書面でインフォームドコンセントを書面で確立した上で実験を開始した。

2. 2 装置

被験者に提示する刺激（矢印）は19 inch画面（FlexScan S1901-B, iiyama）上に提示した。視覚刺激の提示と同時に1 Vの矩形波をDA変換器CSI-360112（Interface）を用いて出力した。上腕二頭筋の筋電位は生体電極SX-230-1000

（Biometrics）に接続したEMG アンプ（PTS-137, DKH 並びにK800, Biometrics）を用いて増幅し、刺激トリガと同期させて TRIAS System（DKH）を用いてサンプリング間隔1 msで測定した。

2. 3 実験課題

実験では、共有画面上に矢印を提示し、挙上すべき腕をできるだけ速く挙上するよう被験者に求めた。顕著な筋電位信号を計測するため、被験者には両腕に250 gのダンベルを持たせた。刺激に対する反応を強化するため、刺激に対する反応（右腕挙上 or 左腕を挙上）を十分に強化する学習ステージと、学習ステージで獲得した反応から、各被験者の判断で挙上する腕を決めて反応させる実験ステージの2系の実験を行わせた。

（1）学習ステージ：本ステージでは3段階の刺激提示を行った。第1段階では画面に[→]が提示されたら右腕を、[←]が提示されたら左腕を挙上させた。第2段階では画面に[↑]が提示された時は右腕を、[↓]が提示されたら左腕を挙上させた。第3段階では前二段階での学習内容を応用し、右上（第1象限）に矢印が提示されたら右腕を、左下（第3象限）に矢印が提示されたら左腕を挙上させた。全ての被験者が同じ順序で学習ステージを進み、各段階での各腕の挙上回数は40回（左右各20回）行わせた。各段階での矢印の提示系列は被験者毎ランダムとした。

（2）実験ステージ：本ステージでは画面上に左上（第2象限）または右下（第4象限）に矢印を提示した。実験ステージでは挙上すべき腕を教示せず、被験者が自分の判断で挙げるべき腕を挙上させた。また、刺激の強度（矢羽の網膜状の大きさ）の影響を検討するため、学習ステージで用いた刺激の矢羽の長さと同じ刺激（1倍）と長さ2倍、長さ3倍の矢羽を提示した。実験は刺激強度ごとに実施し、各実験での繰り返し回数ではでの80回（各方向40回）とした。各刺激強度の実験順序、と提示方向の提示系列は被験者毎ランダムとした。

2. 4 解析

被験者が挙上すべき腕を決定し、動作が開始する前におこる主導筋の伸長反射²⁾が起こった推定される時刻(挙上動作準備開始時刻)を試行ごとに求めた。具体的には、矢印が提示されてから50 ms 毎128 点の筋電位データに対してFFT 処理を施し、50 ms毎の中心周波数を求めた。前の区間の中心周波数と現区間の中心周波数との差が閾値7.9 Hz³⁾を超えた最初の時刻を挙上動作準備開始時刻と定義した。挙上動作開始時刻は、2,550 ms の区間の筋電図を整流した後に累積加算波形を導出し、50 ms毎の差分値を求めた。前の区間の差分値と現区間の差分値が2.0倍を超えた時刻の最小値を挙上動作開始時刻と定義した。

3. 結果

図1には学習ステージでは矢印の提示方向ごと、実験ステージでは刺激の強度(矢羽の長さ)ごとにみた挙上動作準備時の中心周波数の増加量を示す。学習ステージでは学習の難易度が高くなるに従って中心周波数は増加する傾向が観察された。また、実験ステージでは刺激の強度が増すに従って中心周波数は増加する傾向が観察された。

図2には学習ステージでは矢印の提示方向ごと、実験ステージでは刺激の強度(矢羽の長さ)ごとにみた挙上動作開始時刻を示す。学習ステージでは矢印の方向が左右の時に挙上動作開始時刻が早くなる傾向が観察された。一方、実験ステージでは、刺激の強度に起因する顕著な挙上動作開始時刻の変化は観察されなかった。

図3には学習ステージでは矢印の提示方向ごとにみた挙上腕の正答率、実験ステージでは刺激の強度(矢羽の長さ)ごとにみた2名の被験者の挙上腕の一致率を示す。学習ステージでは正答率は98%以上であったのに対し、実験ステージでは一致率は75%程度にまで低下していた。

4. まとめ

本研究で設定した刺激の内、学習が容易で挙上腕の選択に確信が高い条件([→]や[←])では、正答率が高く、挙上動作開始時刻が早くなり、挙上動作準備時の上腕二頭筋の中心周波数も低くなる可能性が示唆された。また、刺激の強度が増加すると中心周波数は高い周波数にシフトする可能性も示唆された。

図1 挙上動作準備時の中心周波数の増加量

図2 挙上動作開始時刻

図3 正答率・一致率

参考文献

- 1) 北居潤, 小寄貴弘, 厚海慶太, 高橋雄三, 小作敏晴: “空気圧式パワーアシストのための筋電位による人の動作予測システム” 日本機械学会 中国四国支部第53 期総会・講演会CD-ROM 論文集, 2pages, 2015.
- 2) 高橋憲一, 福田修, 飯坂英雄, 鈴木重男: “運動準備状態における伸張反射の修飾: 入出力機構について” 北海道大学医療技術短期大学部 紀要, 1, pp. 45-59, 1988.
- 3) 高橋雄三: 課題に対する回答の確信度が回答時の随意筋収縮に及ぼす影響, 信学技報(電子情報通信学会 福祉情報工学会) vol. 115, No. 269, pp. 33-35, 2015.