

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：34448

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26440265

研究課題名(和文)立位位置が上肢運動時の予測的姿勢制御および注意・予測に関わる脳電位におよぼす影響

研究課題名(英文) Effects of standing position on anticipatory postural control and brain potential associated with bilateral arm movement

研究代表者

前田 薫 (Maeda, Kaoru)

森ノ宮医療大学・保健医療学部・准教授

研究者番号：00454687

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：立位での急速な上肢運動を行うとき、上肢運動の主動筋に先行する姿勢筋活動は、20-42歳の成人において、初期立位位置が安静立位位置よりも前方となるにつれ、下腿三頭筋に認められるようになった。そのような姿勢制御の変化と一致して、準備および注意を反映する脳電位は、姿勢制御の準備時間の比較的早期から高い値を示すようになった。一方、58-75歳の成人では、若年成人で認められた姿勢筋活動と脳活動の変化が認められなかった。以上のことから、立位姿勢の平衡が前方へ乱れやすい状況に対応するための姿勢制御様式と準備および注意に関する脳活動が若年者と高齢者で異なることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Activation of postural muscles that precede a prime mover of arm movement became evident for the triceps surae when initial standing position was located more forward than quiet standing position in 20-42 year old subjects. Corresponding to the muscle activity a brain potential that reflects preparation and attention for postural control showed larger peak amplitude from the earlier point of preparation period. In contrast, 58-75 year old subjects exhibited no initial position-related change in the triceps surae and the brain potential. It was suggested that both modality of postural control and brain activity related to preparation and attention are different between younger and senior adults.

研究分野：理学療法学

キーワード：立位姿勢制御 予測的姿勢制御 準備 注意 脳活動

1. 研究開始当初の背景

立位において上肢を随意的に挙上するとき、上肢運動の主動筋(局所筋)に先行して、体幹および下肢の筋活動が起こることが知られている(Belen'kii et al., 1967)。この姿勢筋の先行活動は、あらかじめ選択された運動プログラムによって制御されており、上肢運動による姿勢と平衡への外乱を緩和するためのものと考えられている(Cordo and Nashner, 1982)。前方への上肢運動課題において、姿勢筋の活動が局所筋のそれに先行する程度は、上肢運動開始前の立位位置(初期立位位置)が安静立位の範囲から前方へ逸脱するほど大きくなることがFujiwara et al. (2003)によって報告された。これは、上肢運動によって身体が安定限界を超えて前傾すると予想される場合には、より早期から姿勢制御を行う必要性が高まるためであると考えられる。一方、初期立位位置が後方のときには、姿勢筋の先行活動は認められ難くなる。これは、上肢の前方挙上にもなって、立位位置が安静立位位置付近となり、予測的に姿勢制御を行う必要性が低下するためと考えられる。以上のことから、脳における注意および準備状態が、初期立位位置によって異なることが十分予想される。しかし、このことを脳活動の直接的な指標をもとに検討した研究は行われていない。

上肢運動開始前の予測的注意および運動準備に関する脳活動の状態が、脳波の随伴陰性変動(contingent negative variation; CNV)をもとに検討され(Maeda and Fujiwara, 2007)、反応のタイミングが予測しやすい場合にその脳活動が高まることが示唆された。CNVは、警告刺激(S1)の数秒後に反応刺激(S2)を提示し、それに対して被験者が運動反応を行うというS1-S2課題において、頭皮上から記録される脳波を加算平均して得られる陰性電位であり(Walter et al., 1964) S2に対する予測的注意および運動準備を反映するものと考えられている(Brunia and van Boxtel, 2001)。その発生源は、主に前頭葉(前頭前野、補足運動野、運動前野、一次運動野)であり、その他に、感覚野、帯状回、側頭領域、基底核が関係することが報告されている(Hamano et al., 1997; Ikeda et al., 1997; Nagai et al., 2004)。このMaeda and Fujiwara(2007)の研究と同様な課題を、種々の初期立位位置にて行うことで、上肢運動前の立位位置が注意および運動準備に関する脳活動へ及ぼす影響を検討できると考えられる。Fujiwara, Kiyota, and Maeda (2011)は、初期立位位置の違いが後方への一過性の床移動に対する姿勢制御、および注意と運動準備状態へおよぼす影響を検討した。その研究では、S1-S2課題のS2として、一過性の後方への床移動が負荷された。立位位置は、踵点からの足長に対する足圧中心位置の相対距離(%FL)で表された。そして、後方から順に、最後傾+10%FL、安静立位位置、

最前傾-20%FL、最前傾-10%FLと定められた。その結果、被験者の初期立位位置がより前方になるほど、多くの注意が早期から感覚情報に向けられ、姿勢制御の準備も早期に開始されることが明らかとなった。これと同様な結果が、S2への反応動作として前方への上肢運動を行った場合にも認められるかどうかは、興味深いことである。ただし、最後傾姿勢およびその付近では、姿勢保持の困難度が高まり、それよりも前傾である場合とは脳活動の様相が異なるものと推察される。すなわち、上肢運動によって姿勢保持の状態から解放されるため、その時点に向けての期待を反映する脳電位の成分が認められると予想される。

2. 研究の目的

本研究では、(1)上肢運動開始前の立位位置が安静立位の範囲内から、前方、または後方へ逸脱することに伴い、姿勢筋活動、および予測的注意と運動準備を反映する脳電位(随伴陰性変動; CNV)がどのように変化するか、(2)その変化の様相は、安静立位位置が、前方、中間、後方の被験者群の間で、どのように異なるか、そして、(3)その差異が、加齢および予測に関する前頭葉機能の低下によってどのように変化するかを検討した。

3. 研究の方法

本研究は3つの異なる被験者群を対象とした実験から成る。

3.1. 実験1

3.1.1. 被験者

被験者は20-42歳の成人14名であった。

3.1.2. 装置

被験者は、床反力計上で立位を保持した。両上肢は体側に下垂位とした。被験者の手関節部に加速度計を取り付けた。加速度計は上肢運動の開始の検出に用いた。前方3mの壁に固視点を貼りそれを被験者に注視させた。信号発生器を用いて、警告刺激(S1)と反応刺激(S2)を提示する。いずれも音刺激とした。S1とS2の間隔は2.0秒とした(Rohrbaugh et al., 1976; Maeda and Fujiwara, 2007)。脳波の記録は、国際10-20法のFz、Cz、Pzに電極を配置して行われた。筋電図を以下の筋から記録した:三角筋前部線維(AD)腹直筋(RA)傍脊柱筋(ES)大腿直筋(RF)大腿二頭筋(BF)前脛骨筋(TA)腓腹筋(GcM)ヒラメ筋(Sol)母趾外転筋(AH)。脳波および脳波と筋電図の電気信号は、生体アンプによって増幅され、A/D変換された後、分析用のコンピューターに保存された。

3.1.3. 手順

被験者は、安静立位を床反力計上で10秒

間保持する。その間の足圧中心の平均位置が算出された。立位位置は、踵点からの足長に対する足圧中心位置の相対距離(%FL)で表される。これを5試行実施し、その平均値を、被験者の安静立位位置(QSP)と定めた。初期立位位置は、QSP、20%FL、30%FL、40%FL、50%FL、60%FL、70%FL、80%FLと設定された。定められた初期立位位置を3秒間保持した。その後、S1とS2が提示される。反応刺激に対する遅れが最小限となるよう、かつ可能な限り速く、両側上肢を水平位まで挙上し、その状態を3秒間保持した。S1の500ms前からS2までの間、瞬目や眼球運動を行わないよう、被験者に指示した。各立位位置において、脳波にアーチファクトの混入の無い試行が12試行に達するとその位置での試行を終了し、他の位置での試行に移った。

3.1.4. データ分析

姿勢筋から導出された筋電図(EMG)は、S1の前500ms間の平均値をベースラインとし、5-500Hzのバンドパスフィルタに通した後に全波整流された。姿勢筋のバースト活動開始時点は、その姿勢筋が、三角筋前部線維(AD)(肩関節屈曲の主動筋)の活動開始時点の300ms前から150msの間における姿勢筋EMGの平均振幅+2SDを最初に超えた時点とした。そして、その時点とADの活動開始時点の時間差を算出し、姿勢筋バースト活動の開始潜時とした。脳活動については、立位位置毎に、脳波を、S1提示時点を基準として整列させ、S1の前500ms間の平均値をベースラインとして加算平均した。これによって、随伴陰性変動(CNV)を得た。S1提示後の500~2000msの区間におけるCNVピークについて、振幅とS2提示時点からの潜時を算出した。また、CNVの100ms毎の平均振幅を算出した。上述した値について、立位位置による各データの変化、および脳波のデータとその他のデータ間の相関関係を検討した。

3.2. 実験2

実験2は58-75歳の成人13名を対象として若年成人を対象としたものと同様の手順で実施された。ただし、疲労の要因を軽減するために、初期立位位置をQSP、30%、60%、70%FLと設定した。

3.3. 実験3

実験3は、前頭葉機能に低下が認められる60歳以上の成人を対象として実施する予定であったが、そのような被験者を確保することが困難となったため、実施できなかった。

4. 研究成果

4.1. 実験1

ADに先行する活動が、ESでは全ての立位位置で認められ、BFでは40%FLから前方、GcMでは50%FLから前方、AHでは70%FLから前方で認められた。CNVのベースラインからの有

意な増大の持続は、70%FLと80%FLにおいて他の位置よりも著明に早期から認められた(20-60%FL:S2の前700-1000msの範囲、70%FLおよび80%FL:S2の前1600-1700msの範囲)。S2の前1000-1100msの平均値に対してそれ以降にCNV振幅の有意な増大がみとめられた立位位置は50%FL、60%FL、80%FLであった(50%FL:S2の前300-0msの範囲、60%FL:S2の前200-0msの範囲、80%FL:S2の前300-0msの範囲)。

4.2. 実験2

ADに先行する活動が、ESでは全ての初期立位位置で認められ、BFでは60%FL、GcMでは70%FLから前方でのみ認められた。CNVのピークは70%FLで最も早期に認められた。CNVピーク振幅はQSPにて最も高く、70%FLで最も低かった。

4.3. 結論

高齢者と若年者の間では、安静立位よりも前方の位置での姿勢制御において、予測的注意および運動準備の過程が異なることが示唆された。すなわち、若年者では初期立位位置が前傾となるにつれて足関節回りの姿勢筋活動による制御が行われるようになるが、高齢者ではそのような変化が認められ難かった。これは、高齢者における準備脳活動のピークの増大が前傾にともなって生じなかったことと関係しているものと推察された。

5. 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0件)

[学会発表](計1件)

Maeda K, Fujiwara K. Effects of initial standing position on postural control associated with arm movement and contingent negative variation. Society for Neuroscience 46th Annual Meeting (San Diego), 2016年

[図書](計 件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前田 薫 (MAEDA, Kaoru)
森ノ宮医療大学・保健医療学部・准教授
研究者番号：00454687

(2) 研究分担者

藤原 勝夫 (Fujiwara, Katsuo)
金沢学院大学・人間健康学部・教授
研究者番号：60190089