

氏名	中西 貴江
<p>論文題目（欧文の場合、和訳を付すこと） Rapid changes in arousal states of healthy volunteers during robot-assisted gait training: A quantitative time-series electroencephalography study （健常者におけるロボット支援歩行訓練中の覚醒状態の急激な変化：定量的経時的脳波記録法による研究）</p> <p>論文要旨</p> <p>背景・目的：ロボット支援歩行訓練（robot-assisted gait training：以下 RAGT）は、歩行障害患者への効果的なリハビリテーション介入として期待されているが、RAGT の方法や効果に関しては一致した見解は得られていない。RAGT では、ロボットによる単調な歩行パターンが、患者の眠気を誘発し歩行訓練の成果に負の影響を与えている可能性もある。この研究の目的は、定量的経時的脳波記録法（electroencephalography：以下 EEG）により健常者において RAGT 中の早い時期に覚醒状態の変化を生じるか、さらに、覚醒状態は口頭刺激により影響を受け、非口頭刺激よりも口頭刺激が効果的であるか否かを明らかにすることである。</p> <p>方法：被験者は健常男性 12 名であり、歩行支援ロボット（Gait-Assistance Robot：以下 GAR）に合わせて聴覚刺激の 3 条件下でそれぞれ 6 分間の歩行を実施した。この 3 条件は、サイン波音刺激（SS）、口頭音刺激（VS）、そして音刺激なし（NS）であり、刺激タイミングは RAGT 開始 4 分（ST1）、4 分 20 秒（ST2）、4 分 40 秒（ST3）と 5 分（ST4）の 4 回で、SS と VS の音刺激が同等となるように調整（82dBA、2 s）した。3 施行の順序は無作為とし、前の条件による影響がないように、施行の間には十分な休憩を取った。</p> <p>被験者には、International 10-20 法に基づいて頭中心部 1 か所（Cz）と後頭部 2 か所（O1、O2）に閉電極を、両側耳朶に不閉電極を貼付し EEG を連続的に記録した。RAGT 開始前の閉眼時（eyes-closed）と開眼時（eyes-open）のそれぞれ中央時点、RAGT 開始直後（baseline）、音刺激直前（before ST1）、各 ST1、ST2、ST3、ST4 の刺激直後のそれぞれ 4 秒間の EEG データを抽出し、フーリエ変換（Hamming 窓関数）をして、theta 波（4.0-7.9 Hz）、alpha 1 波（8.0-9.9 Hz）、alpha 2 波（10.0-12.9 Hz）の絶対パワー値（μV^2）を求めた。</p> <p>結果：すべての被験者において、閉眼時に alpha 律動（alpha-rhythm）、開眼時に alpha 減衰（alpha-attenuation）が観察された。alpha 波（8.0-12.9 Hz）の絶対パワー値、相対パワー値（%）は、閉眼から開眼によって有意に減少した。</p> <p>NS では、theta、alpha 1、2 とも絶対パワー値は音刺激前には増加し、ST4 直後まで高い水準を維持した。theta 波では baseline と比較して音刺激前（中心部と後頭部、$P < .015$）と ST3 直後（中心部、$P < .01$）は有意な増加であった。SS と VS では、音刺激前（中心部と後頭部、$P < .001$）に増加したが、音刺激直後に急激に減少し、ST4 直後まで低い水準に維持された。SS と VS の間に有意差はなかった。</p> <p>結論：健常者では短時間の RAGT で脳波上覚醒状態に変化を生じるが、音の種類に関わらず間欠的な注意を喚起する音刺激によりが回復し維持されることが明らかとなった。今後、脳卒中による歩行障害患者でも同様の現象が観察されるのか、また、最も効果的な激励方法は何かを明らかにする必要がある。</p>	

学位論文審査結果要旨

氏 名	中西 貴江							
論文審査委員	主査	所属	環境・産業生態系	環境適応医学	部門	足立 弘明	◎	
	副査	所属	生体適応系	生体構造	部門	菊田 彰夫	◎	
			生体情報系	病態情報	部門	西澤 茂	◎	
			系		部門		◎	
			系		部門		◎	

論文題目

**Rapid changes in arousal states of healthy volunteers during robot-assisted gait training:
A quantitative time-series electroencephalography study.**

(健常者におけるロボット支援歩行訓練中の覚醒状態の急激な変化：定量的経時的脳波記録法による研究)

学位論文審査結果要旨

本研究は、歩行障害患者への効果的なりハビリテーション介入として期待されているロボット支援歩行訓練 (robot-assisted gait training : 以下 RAGT) が、ロボットによる単調な歩行パターンの繰り返しであることによって誘発される患者の眠気によって歩行訓練の成果に負の影響を与えている可能性を検討した。検討された点は、まず健常者において定量的経時的脳波記録法 (electroencephalography : 以下 EEG) により RAGT 中、特に早い時期に覚醒状態の変化を生じるか、さらに、覚醒状態は口頭刺激により影響を受け、非口頭刺激よりも口頭刺激が効果的であるか否か、であった。

被験者は健常男性のみ 12 名であり、歩行支援ロボット (Gait-Assistance Robot : 以下 GAR) に合わせて聴覚刺激の 3 条件下でそれぞれ 6 分間歩行した。実際の臨床における RAGT の実施時間は 20-30 分程度である。聴覚刺激は、サイン波音刺激 (SS)、口頭音刺激 (VS)、音刺激なし (NS) で、刺激タイミングは RAGT 開始 4 分 (ST1)、4 分 20 秒 (ST2)、4 分 40 秒 (ST3) と 5 分 (ST4) の 4 回であった。被験者には、International 10-20 法に基づいて頭中心部 1 か所 (Cz) と後頭部 2 か所 (O1、O2) に関電極が、両側耳朶に不関電極が貼付され、EEG が連続的に記録された。RAGT 開始前の閉眼時 (eyes-closed) と開眼時 (eyes-open) のそれぞれ中央時点、RAGT 開始直後 (baseline)、音刺激直前 (before ST1)、各 ST1、ST2、ST3、ST4 の刺激直後のそれぞれ 4 秒間の EEG データが抽出され、フーリエ変換 (Hamming 窓関数) で、theta 波 (4.0-7.9 Hz)、alpha 1 波 (8.0-9.9 Hz)、alpha 2 波 (10.0-12.9 Hz) の絶対パワー値 (μV^2) が算出された。

NS では、theta、alpha 1、2 とも絶対パワー値は音刺激前には増加し、ST4 直後まで高い水準を維持した。theta 波では baseline と比較して音刺激前 (中心部と後頭部、 $P < .015$) と ST3 直後 (中心部、 $P < .01$) は有意な増加であった。SS と VS では、音刺激前 (中心部と後頭部、 $P < .001$) に増加したが、音刺激直後に急激に減少し、ST4 直後まで低い水準に維持された。SS と VS の間に有意差はなかった。

以上の結果により、健常者では短時間の RAGT で睡眠状態に陥ることが客観的に示され、それは音の種類に関わらず間欠的な注意を喚起する音刺激により抑止できることが明らかになった。本研究は男性健常者のみで施行されたが、最終的なアウトプットは患者の運動機能回復効果であり、RAGT がそこに結び付くかが重要である。事前の予備実験の有無、Cz、O1、O2 の 3 か所のみでの脳波測定の妥当性、傾眠での被験者の RAGT の動きの違い、RAGT の他の歩行モードの有効性、他に脳卒中のリハビリテーションに有効な機器はないか、男女の脳卒中患者でも RAGT で睡眠が誘発されるか、トレッドミル歩行など他の方法はどうか、など複数の問題点が考えられるが、本研究では健常者のみではあるが音刺激で覚醒状態の維持が可能なが示され、今後の脳卒中による歩行障害患者での同様の睡眠抑制効果と、最終的なゴールである脳卒中患者への RAGT によるリハビリテーションの応用が期待され、本学の学位論文として適格であると判断した。

平成 26 年 9 月 2 日