



北海道公立大学法人
札幌医科大学
Sapporo Medical University

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

Title 論文題目	健常高齢者の運動抑制に関連する脳活動の特徴 －健常若年者の脳活動との比較より－
Author(s) 著者	玉, 珍
Degree number 学位記番号	甲第 30 号
Degree name 学位の種類	博士 (作業療法学)
Issue Date 学位取得年月日	2019-03-31
Original Article 原著論文	
Doc URL	
DOI	
Resource Version	

博士論文の内容の要旨

保健医療学研究科 博士課程後期 理学療法学・作業療法学専攻 神経・精神機能学分野	学籍番号 10D006 氏名 玉 珍
論文題名 (日本語) <p style="text-align: center;">健常高齢者の運動抑制に関連する脳活動の特徴 - 健常若年者の脳活動との比較より -</p>	
論文題名 (英語) <p style="text-align: center;">Characteristics of Brain Activity Related to Motor Inhibition in Healthy Elderly Persons - Comparison with a Healthy Young Group -</p>	
<p>【目的】</p> <p>遂行中あるいは準備中の運動を途中で変更する、または中止するという判断がとっさに必要とされるような場面がよくある。このように、何か特定の運動を実行するのを中断することが運動抑制機能の一部である。我々は、高齢者の運動抑制に関わる脳活動にどのような特徴があるか知るために、時間分解能と空間分解能の高い脳磁図 (Magnetoencephalogram) を用いて、短時間反復律動性の反復運動を中断する際の脳内電流源を脳磁図計にて検討した。</p> <p>【方法】</p> <p>高齢者群 10 名 (男性 6 名, 女性 4 名, 平均年齢 72.8±5.4 歳) と若年者群 10 名 (男性 3 名, 女性 7 名, 平均年齢 22.4±2.8 歳) を対象とし、短時間反復律動性刺激への反応運動課題を実施した。Stimulus onset asynchrony (SOA) を 1050ms とする固定時間で 1kHz と 2kHz の 2 種類の tone burst 音をそれぞれ高頻度 (80%), 低頻度 (20%) でランダムに提示する Oddball 系列で両耳に提示した。対照課題では、被験者は音を受動的に聞くのみとし、運動課題では、高頻度刺激に対して右母指を屈曲し、突発的にくる低頻度刺激に対し動かさないように指示した。記録には時空間能の高い脳磁計を用いて脳活動を計測した。得られたデータは複数の電流源推定を行い、活動の時間経過を推定した。</p> <p>【結果】</p> <p>アーチファクト等のため解析除外例があり、高齢者群、若年者群の最終解析はそれぞれ 7 名, 8 名となった。運動課題時の高頻度刺激への平均反応時間は、高齢者群 350.6±41.5ms, 若年者群 293.9±37.3ms であり、低頻度刺激に対する運動中止の誤反応率は高齢者群 24.6±8.9%, 若年者群 7.7±4.1% であった。反応時間は若年者群で有意に短く (P<0.05), 誤反応率は高齢者群で有意に高かった (P<0.05)。</p> <p>運動課題において、高頻度刺激への運動実行に対し、高齢者群では、運動対側の中心部に 6 例反応波形が同定でき (頂点潜時平均 464.4±65.8ms), そのうち 5 例は左一次運動</p>	

野に電流源が同定された。若年者群では、同様に5例で反応波形が同定でき（頂点潜時は平均 386.5 ± 48.8 ms）、すべて左一次運動野に電流源が同定された。

運動課題の低頻度刺激に対する運動中止成功時に対しては、高齢者群では5例同定され（平均 315.3 ± 32.0 ms）、その電流源は4例が左運動前野、1例は左一次運動野、そのほかに2例で右前頭前野に同定された。一方、若年者群では、運動中止には7例で反応波形が同定され（頂点潜時平均 293.5 ± 27.5 ms）、5例が左運動前野、1例が左一次運動野にECDが同定され、そのほかに2例で右前頭前野に電流源が同定された。

【考察】

高齢者群では若年者群より、高頻度刺激に対する運動実行の反応時間が遅く、低頻度刺激に対する運動抑制の誤反応率が高かった。脳活動に対する電流源推定を行ったところ、運動実行の際の脳活動部位は、高齢者群と若年者群ともに左一次運動野であったが、その活動潜時は高齢者群の方が若年者群に比べて有意に遅く、これは運動実行の反応時間の遅れと関連している。一方、低頻度刺激に反応して運動を中止する際には、運動実行に活動する左一次運動野より早い潜時で運動前野付近に活動が見られる。運動中止に関わる機能への年齢の影響は、単純実行系とは異なっていることを示している。高齢者群で誤反応が多いのは、運動中止より運動実行までの間隔が長くなっているのが一因と考えられる。

【結論】

運動実行指令が開始した後の運動を中止する際の抑制反応は、高齢者群、若年者群とも、運動遂行を直接制御するに一次運動野よりも早い潜時で運動前野付近が活動する。この抑制反応の潜時は年齢に依存せず、高齢者群では運動実行までの時間が延長していることにより、早い頂点潜時をもつ運動抑制が収束した後に出現する運動実行については抑制に失敗する可能性がある。

キーワード：運動抑制、高頻度反応課題、脳磁図、運動野、高齢者

【Objective】

There are many occasions when we need to make quick decisions to change or discontinue our movements that are being executed or prepared. Such decision-making activity to discontinue target movements is part of the inhibitory motor function of the brain. To clarify the characteristics of brain activity related to motor inhibition in elderly persons, we examined current sources inside the brain when discontinuing movements in response to short-term repetitive rhythmic stimulation using a magnetoencephalogram with high temporal and spatial resolution.

【Methods】

A motor task was performed by 10 elderly (6 males and 4 females with a mean age of 72.8 ± 5.4 ;

elderly group) and 10 young (3 and 7 with 22.4 ± 2.8 ; young group) participants to examine their responses to short-term repetitive rhythmic stimulation. With the stimulus onset asynchrony (SOA) fixed at 1050 ms, 1- and 2-kHz tone burst signals were presented to both ears randomly at high (80%) and low (20%) frequencies as oddball stimuli. For comparison, the participants also passively listened to these sounds. During the motor task, they were instructed to flex their right hallux only when the high-frequency stimulus was applied, and not to move it in response to the low-frequency stimulus that was unexpectedly presented. Their brain activity was measured using a magnetoencephalogram with high temporal and spatial resolution. The data obtained were analyzed to identify multiple current sources and examine time-course changes in brain activity.

【Results】

Some of the participants were excluded due to artifacts or other causes, and 7 elderly and 8 young group members were finally analyzed. The elderly and young groups' mean response time (RT) to the high-frequency stimulus during the motor task was 350.6 ± 41.5 and 293.9 ± 37.3 ms, respectively. Their erroneous response rates when discontinuing the movement in response to the low-frequency stimulus were 24.6 ± 8.9 and $7.7 \pm 4.1\%$, respectively. The young group had a significantly shorter RT ($P < 0.05$), whereas the elderly group had a significantly higher erroneous response rate ($P < 0.05$).

When flexing the right hallux in response to the high-frequency stimulus during the motor task, a brain response wave (mean interpeak latency: 464.4 ± 65.8 ms) was identified at the center of the contralateral motor area in 6 members of the elderly group. In 5 out of the 6 members, a current source was identified in the left primary motor area. Similarly, a brain response wave (386.5 ± 48.8 ms) was identified in 5 members of the young group, with a current source in the left primary motor area in all.

When successfully discontinuing the movement in response to the low-frequency stimulus during the motor task, a brain response wave (315.3 ± 32.0 ms) was identified in 5 members of the elderly group, with a current source in the left premotor (5), left primary motor (1), right prefrontal (2) area. In the same situation, such a wave (293.5 ± 27.5 ms) was identified in 7 members of the young group, with a current source in the left premotor (5), left primary motor (1), or right prefrontal (2) area.

【Discussion】

Compared with the young group, the elderly group had a longer RT to the high-frequency stimulus as a result of a delay in motor execution. Furthermore, their erroneous response rate for motor inhibition in response to the low-frequency stimulus was higher. On examination of current sources for these brain activities, a current source was identified in the left primary motor area in both groups when executing the movement. However, the elderly group exhibited a markedly longer latency, revealing an association with their delayed motor execution. On the other hand, when discontinuing the movement in response to the low-frequency stimulus, their premotor area was activated with a shorter latency than that in the case of motor execution involving the left primary

motor area. This suggests that the influence of age on brain functions varies between motor inhibition and simple motor execution. The erroneous response rate was higher among elderly participants, possibly due to the longer time they needed for motor execution than for motor inhibition.

【Conclusion】

When discontinuing a movement after the initiation of a motor command, the premotor area is activated in both elderly and young persons, with a shorter latency than that for the primary motor area directly controlling motor execution. The latency for such an inhibitory response does not depend on age, but motor inhibition is more difficult for the elderly due to the longer period needed for motor execution.

Keywords: motor inhibition, high-frequency response task, magnetoencephalogram, motor area, elderly

- 1 論文内容の要旨は、研究目的・研究方法・研究結果・考察・結論等とし、簡潔に日本語で1,500字程度に要約する。併せて英語要旨も日本語要旨と同様に作成すること。
- 2 2枚目からも外枠だけは必ず付ける。

博士論文審査の内容の要旨

報告番号	第 30 号	専攻 理学療法学・作業療法学 教育研究分野 神経・精神機能学 氏名 玉 珍
論文題名	健常高齢者の運動抑制に関連する脳活動の特徴 -健常若年者の脳活動との比較より-	
審査委員	主査 松山 清治 (札幌医科大学) 副主査 小塚 直樹 (札幌医科大学) 副主査 太田 久晶 (札幌医科大学) 審査委員 今井 富裕 (札幌医科大学)	
<p>運動抑制とは遂行中または準備中の運動の実行を途中で中止することであり、本研究では高齢者の運動抑制に関わる脳活動の特徴を明らかにすることを目的とした。実験では、短時間反復律動性の反復運動課題として、刺激間隔 1050ms の固定時間で 1kHz と 2kHz の 2 種類の tone burst 音をそれぞれ高頻度 (80%)、低頻度 (20%) でランダムに提示する Oddball 系列で両耳に提示し、高頻度刺激に対して右母指を屈曲し、低頻度刺激に対し動かさないように指示した。課題実行時の脳活動を時間分解能と空間分解能の高い脳磁図計を用いて、高齢者と若年者各 10 名を対象として計測し、得られたデータから脳活動の電流源や時間経過の推定を行い、それらを両群間で比較することで高齢者の運動抑制に関わる脳活動の特徴を明らかにしようとした。</p> <p>高頻度刺激に対する運動実行の平均反応時間は、若年者群に比べて高齢者群で有意に長く、低頻度刺激に対する運動中止の誤反応率は、高齢者群が若年者群より有意に高かった。高頻度刺激の運動実行に対して、高齢者群 6 例で運動対側の中心部に反応波形が求まり、その中 5 例で左一次運動野に電流源が求まった。若年者群では 5 例で反応波形が求まり、5 例とも左一次運動野に電流源が求まった。運動実行の反応波形の平均頂点潜時は、高齢者群は若年者群より有意に長く、これが高齢者の反応時間の遅れに関連すると考えられた。</p> <p>一方、低頻度刺激に対する運動中止に対して、高齢者群 5 例で反応波形が求まり、その中 4 例で電流源が左運動前野に求まった。若年者群では、運動中止に対して 7 例で反応波形が求まり、その中 5 例で左運動前野に電流源が求まった。運動中止の反応波形の平均頂点潜時は、両群間で有意差はなく、両群ともに運動実行時の一次運動野の反応波形の平均頂点潜時より早かった。</p>		

以上より、運動抑制に関わる運動前野は、運動実行に関わる一次運動野と独立して働く神経機構であることが示唆され、運動実行指令の開始後に運動中止する際の抑制反応では、高齢者群、若年者群ともに運動遂行を直接制御する一次運動野より早い潜時で運動前野付近が活動すると考えられた。また、運動抑制に関わる運動前野は、運動実行に関わる一次運動野より加齢の影響が少なく、脳の部位によって加齢の影響に違いがある可能性も示唆された。

平成30年12月17日に開催された論文審査会において、各審査委員からは、本論文は基礎的研究であるが、運動抑制に関わる神経機序について新たな知見を提出し、高齢者の運動抑制障害の病態を理解する上で重要であるとの評価がなされた。加えて、本論文の内容を充実・補強するための有益な助言や本研究の将来の発展方向を示唆する貴重な意見も出され、これらの助言や意見に沿って論文を修正した結果、審査委員全員から修正内容は適切であり、論文内容も一層充実したとの評価がなされた。

以上より、本審査委員会として、本論文は新規性や発展性に富む優れた内容を包含して学術的にも高い価値を有し、これより研究の独自性や精度の高さに加えて作業療法学の発展に寄与・貢献する可能性も認められたことから、博士課程後期の達成水準を満たして博士（作業療法学）の学位を授与するに相応しいと判断し、合格と判定した。

※報告番号につきましては、事務局が記入します。