

[研究助成 (A)]

運転能力の低下した高齢者を選別する 新しい生理学的評価システムの開発

Development of a new assessment system for driving performance of the elderly

2191036



研究代表者 広島大学大学院 医系科学研究科 助教 渡邊 龍 憲

[研究の目的]

超高齢社会に突入した本邦において、高齢者対策は非常に重要な課題である。特に、高齢ドライバーによる交通事故は、近年大きな社会問題となっており、早急な対応を必要としている。しかしながら、官民一体となって様々な対策が講じられているものの、高齢ドライバーによる交通死亡事故は減っていない。

高齢ドライバーによる事故を未然に防ぐためには、運転技能の低下した高齢者を早期に発見し、運転講習や免許の自主返納を勧めることが重要となる。現在、自動車教習所や運転免許試験場等では、認知機能検査により高齢者の運転技能を判断しているが、この机上の検査では、加齢による運転技能への影響を十分に捉えることができていない可能性がある。

運転時には、視界から得られる情報を用いて、ハンドルやアクセルなどを操作する。そして、ハンドルやアクセルの操作には、発揮する力の精確な調整が必要となる。本研究では、この発揮筋力を精確に調整する能力が加齢により低下する生理学的機序の一端を解明することで、運転能力の低下した高齢者を選別する新しい生理学的評価システムの開発に有用なデータを提供することを目的とした。

[研究の内容、成果]

(1) 背景

発揮する筋力を一定に保持する際には、大脳皮質運動野と収縮筋の活動が β 帯 (15-30 Hz) の律動で同期しており、遠心性と求心性の神経活動の交互作用を反映すると考えられている。また、この β 帯の律動の同期は収縮筋間でも確認されている。さらに、発揮筋力の安定性とも関連することが報告されている。本研究では、発揮筋力を調整する際に用いる視覚情報の量と加齢がこの同期的な律動に与える影響を明らかにすることを目的とした。

(2) 方法

1. 対象

健康若年者と健康高齢者が本研究に参加した。参加者には実験内容を説明し、同意が得られた場合のみ実験を行った。また、本研究は所属機関の倫理審査委員会の承認を経て実施した。

2. 実験課題

被験者は、力センサーを右手の示指と母指で摘まみ、摘まむ力(発揮筋力)を30秒間調整する課題を行った(図1)。被験者の前方に設置したPCモニターには、被験者自身が発揮している筋力の値を示す線(青色)と発揮筋力を調整して合わせるターゲット線(赤色)を呈示した。被験者には、ターゲット線にできるだけ精確に合わせるように教示した。

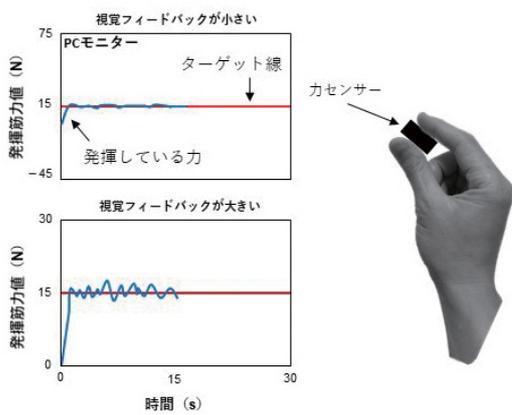


図1 実験概要

発揮筋力値の視覚フィードバックの大きさを変えることで2種類の条件を用意した：1) 視覚フィードバックが小さい条件，2) 視覚フィードバックが大きい条件（図1）。視覚フィードバックが大きい方が，より高度な制御を必要とする。

3. 計測

右第一背側骨間筋（first dorsal interosseous: FDI），右短母指外転筋（abductor pollicis brevis: APB）より筋電図（electromyogram: EMG）を取得した。筋電図は，力センサーから得られる発揮筋力値と共に，1000 Hzで記録した後，A/D変換機を介してPCに取り込んだ。また，64チャンネル脳波形を用いて脳波（electroencephalogram: EEG）を1000 Hzで記録した。

4. 解析

解析には，発揮筋力が安定している後半20秒のデータを用いた。筋電図データは，5 Hzのハイパスフィルタに通した後，整流した。脳波は，EEGLAB (<https://sccn.ucsd.edu/eeglab/>)を用いて前処理を行った。具体的には，1-100 Hzのバンドパスフィルタに通した後，ノイズの大きいチャンネルを処理し，全チャンネルの平均でre-referenceした。そして，独立成分分析を用いて，眼球運動等に関わるアーチファクトを除去した。

左一次運動野上の脳波と FDI, APB, それ

ぞれから得られた筋電図データを用いて脳波筋電図間のコヒーレンスを評価した（EEG-FDIコヒーレンスと EEG-APBコヒーレンス）。

また，FDIとAPBから得られた筋電図データを用いて筋電図間コヒーレンスを評価した（EMG-EMGコヒーレンス）。

脳波筋電図間コヒーレンスと筋電図間コヒーレンスは， β 帯について評価した。

発揮筋力値については，得られたデータを10 Hzのローパスフィルタに通した後，標準偏差とターゲットからの距離の平均値（平均エラー）を算出した。

(2) 結果

1. 脳波筋電図間コヒーレンス

図2に若年者の代表的なコヒーレンスを，図3に高齢者の代表的なコヒーレンスを示す。

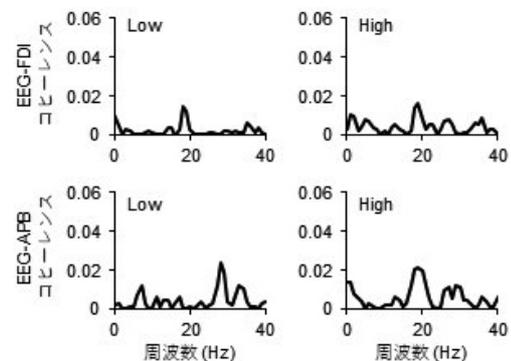


図2 若年者の代表的な脳波筋電図間コヒーレンス（Low：視覚フィードバックが小さい，High：視覚フィードバックが大きい）

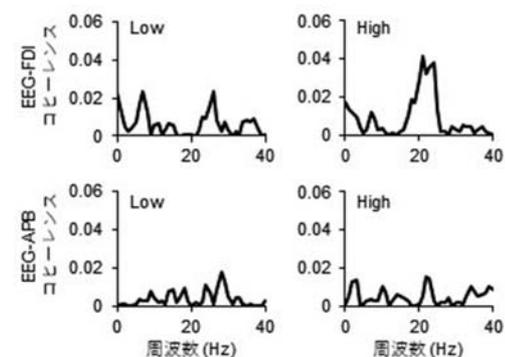


図3 高齢者の代表的な脳波筋電図間コヒーレンス（Low：視覚フィードバックが小さい，High：視覚フィードバックが大きい）

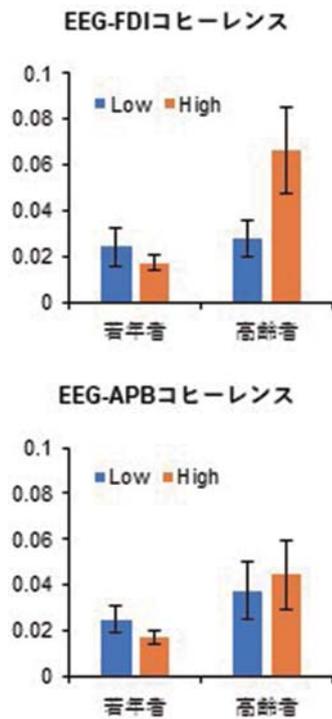


図4 脳波筋電図間コヒーレンスの比較 (Low: 視覚フィードバックが小さい, High: 視覚フィードバックが大きい)

EEG-FDI コヒーレンスに関して、若年者では、視覚フィードバックの大きさによる影響はなかった。一方、高齢者では、視覚フィードバックが大きくなることで、EEG-FDI コヒーレンスが增大した。また、EEG-FDI コヒーレンスは、視覚フィードバックが大きい場合に、若年者と比較して高齢者の方が大きかった (図4)。EEG-APB コヒーレンスに関しては、視覚フィードバックの大きさと加齢による影響はみられなかった。

2. 筋電図間コヒーレンス

図5に若年者と高齢者の代表的なコヒーレンスを示す。若年者と高齢者において、視覚フィードバックが小さい場合より大きい場合の方が、コヒーレンスが小さかった。また、両条件において、若年者と比較して、高齢者の方が大きかった (図6)。

3. 発揮筋力値

発揮筋力値の標準偏差は、若年者において、視覚フィードバックが小さい場合より大きい場合に小さかった (図7)。また、平均エラーは、

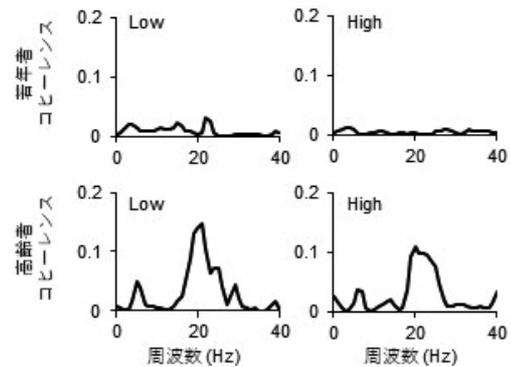


図5 若年者と高齢者の代表的なコヒーレンス (Low: 視覚フィードバックが小さい, High: 視覚フィードバックが大きい)

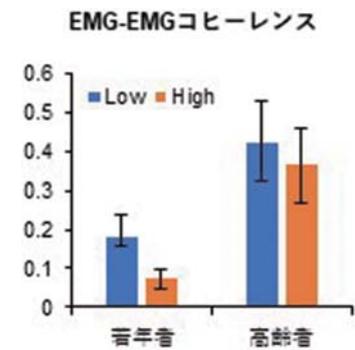


図6 筋電図間コヒーレンスの比較 (Low: 視覚フィードバックが小さい, High: 視覚フィードバックが大きい)

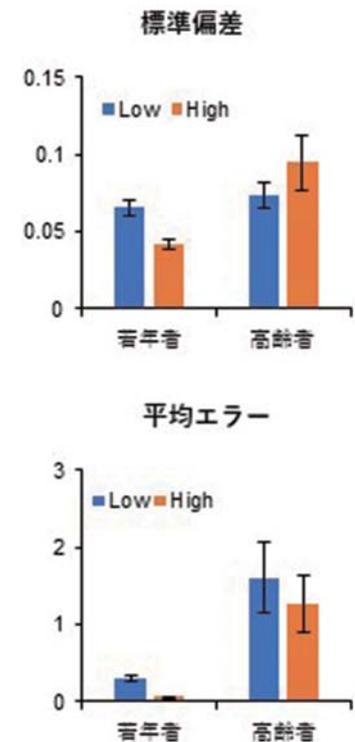


図7 標準偏差と平均エラーの比較 (Low: 視覚フィードバックが小さい, High: 視覚フィードバックが大きい)

若年者に比べて高齢者の方が大きく、また、若年者と高齢者において、視覚フィードバックが小さい場合より大きい場合に小さかった(図7)。

(3) 結論

視覚フィードバックの大きさにかかわらず、脳波筋電図間コヒーレンスと筋電図間コヒーレンスを確認した。また、若年者と高齢者において、一側手指の筋群を用いて発揮筋力を精確に調整する場合、視覚フィードバックが大きくなると筋群の同期的な律動が減弱することが明らかとなった。さらに、高齢者においては、視覚フィードバックが大きくなると、発揮筋力の調整に重要な筋と一次運動野の β 帯の同期的な律動が増強することが明らかとなった。

[今後の研究の方向, 課題]

視覚情報を用いた身体動作の制御には、一次運動野のみならず、前頭前野や頭頂連合野、視

覚野など、多くの脳領域が関わり、それらの領域内、領域間で様々な情報処理が行われている。今後は、これらの情報処理過程がどのように加齢により影響を受け、運転技能に影響を及ぼすかを検証していきたいと考えている。

また、加齢による身体動作への影響は個人差が大きいため、様々な身体状態の被験者を対象とした大規模な実験を行っていきたいと考えている。そして、構築されたデータを用いて、簡易脳波計や筋電計を活用した生理学的評価システムの開発を進めていきたいと思う。

[成果の発表, 論文等]

1. T Watanabe et al.: Greater amount of visual information increases corticomuscular coherence in elderly but not in young adults. To be presented at FENS 2020.
2. T Watanabe et al.: Changes in corticomuscular and intermuscular coherences associated with visuomotor control. To be presented at CME 2020.