

令和元年6月20日現在

機関番号：32206

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K16520

研究課題名(和文) 注意分散の加齢的变化における視覚情報処理モデルの構築

研究課題名(英文) Development of visual information processing model with aging by the divided attention

研究代表者

池田 拓郎 (Ikeda, Takuro)

国際医療福祉大学・福岡保健医療学部・講師

研究者番号：20611792

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：低次視覚情報処理を詳細に検討できる格子縞パターン反転刺激を用いて、健常若年者、健常高齢者と認知機能低下高齢者群に対し、視覚情報に注視した状態で暗算を負荷させた時の脳賦活に及ぼす影響を検討することを目的とした。その結果、健常高齢者、認知機能低下高齢者と健常者とは異なる脳賦活変化を示し、低次視覚情報処理段階における視覚認知機能の改善に向けたプログラム開発の必要性を提案できることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトの脳内視覚情報処理の中で全体の25%以上を占める視覚機能と注意機能は、年齢が増加することで低下し、高齢者の運転パフォーマンスを低下させる因子となる。そのため、高齢者の自動車運転死亡者数を減らすためには、その骨幹となる高齢者の視覚的注意の脳内情報処理ネットワークを明らかにする必要がある。本研究成果は、低次の視覚情報処理段階における視覚認知機能の改善に向けたプログラム開発の必要性を提言するものである。

研究成果の概要(英文)：Several Neurophysiological studies had indicated that visual information processing was influenced by the attention. However, the relationship between aging, cognitive function decline and visual attention were still unknown. The aim of this study was to investigate the spatiotemporal brain activities during a mental arithmetic task using pattern-reversal stimulation in healthy adults and elderly adults, elderly adults of cognitive function decline. At the results, the neural activity of primary visual cortex changed in elderly adults and elderly adults of cognitive function decline during the mental arithmetic task. Therefore, our results suggest that the need program development for improvement of visual cognition on the first stage visual information processing system.

研究分野：神経生理学

キーワード：視覚情報処理 注意分散 視覚誘発電位 加齢 認知機能低下

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 2015 年で 4 人にひとりが 65 歳以上の高齢者となる超高齢社会の到来を控えたわが国では、自動車運転を希望する高齢者の割合が今後ますます増加することが予測される。その中で、ヒトの脳内視覚情報処理の中で全体の 25% 以上を占めるとされる視覚機能と注意機能は、年齢が増加することで低下をし、外界情報の取得と高齢者の運転パフォーマンスとを低下させる因子となる。このことから、高齢者の自動車運転死者数を減らすためには、その骨幹となる視覚的注意の脳内情報処理ネットワークを明らかにし、視覚認知機能改善プログラムの開発に向けての基盤を構築する必要がある。

(2) 視覚機能は、視覚誘発電位 (visual evoked potentials ; VEPs) を用いて非侵襲的かつ定量的に評価することができる。VEPs は視覚刺激が網膜、外側膝状体を經由し、大脳皮質視覚野へと投射した時の電気反応を表している。一般的に、格子縞パターン反転刺激を用いて 3 Hz 未満の頻度で視覚的に刺激すると、Transient 型視覚誘発電位 (transient VEPs; TR-VEPs) を視覚野で記録でき、主成分の潜時と振幅を指標とする。一方、3.5 Hz 以上の刺激頻度で反復刺激を行うと、視覚野の神経細胞の反応は定常状態に達し、刺激に対する反応が重畳して一定の振幅と周波数を持つ定常状態型視覚誘発電位 (steady-state VEPs; SS-VEPs) を記録することができる。この SS - VEPs は、刺激頻度に同期した成分 (first harmonic; 1F) や刺激頻度の 2 倍周波数の成分 (second harmonic; 2F) の振幅と位相を高速フーリエ解析 (fast fourier transform ; FFT) によって定量的に検討することができる。SS-VEPs の利点として、TR-VEPs に比べて波形の個人差や試行ごとの変動が少ないと考えられている。よって、SS-VEPs は、低次視覚情報処理を可視化するための有用な指標であるとされている。

(3) “注意” を集中することは、ヒトが日常生活を営む上で重要な認知機能のひとつである。一方、視覚情報に注視した状態で内因性に思考すると、脳内では 2 つの情報処理が競合し、注意の分散を引き起こすと考えられ、この時の健常成人の初期視覚情報処理は抑制することがわかっている。一方、加齢や認知機能の低下がある場合の脳内神経基盤は解明されていない現状にある。

2. 研究の目的

高齢者の自動車運転死者数の理由の一つである加齢による注意の分散の機能低下を視覚の情報処理メカニズムの観点から検討できれば、将来の予防事業の展開やリハビリテーションのプログラム開発に発展できる。よって、本研究の目的は内因性思考負荷が視覚刺激による後頭葉の活動応答に影響を及ぼすのかどうかを検討し、加齢や認知機能の低下によって脳内視覚情報処理の反応特性に違いがあるのかどうかを検討することである。実験 1 では、健常若年者に対して暗算負荷時の刺激頻度特性の変化を検討し、実験 2 では実験 1 を踏まえ、健常高齢者と認知機能低下高齢者の応答反応の変化を明らかにする。

3. 研究の方法

対象は、健常若年者 (平均年齢 21.0 歳、12 名) と高齢者 (平均年齢 75.5 歳、17 名) とした。被検者は、過去に神経疾患の既往はなく、日常生活を遂行する上での認知機能に問題はない者とした。また、被検者は極端な視力低下 (矯正レンズによって 1.0 以上に矯正できない) や視野欠損などの視覚機能に障害がなく、過去に同様の実験に参加したことがない者とした。全ての被検者には実験内容を説明し、本人の同意を得た。研究の実施については、所属機関の倫理審査委員会の承認を得た後に行った。

方法として、被検者の肢位はリクライニングチェア上の座位とした。被検者には左あるいは右半側視野 (視角 7.5 度) に白黒格子縞パターン反転刺激 (チェックサイズ 60 分、平均輝度 60.5cd/m²、コントラスト 99%) を、実験 1 では 4Hz と 8Hz で、実験 2 では 4Hz の刺激頻度で提示した (図 1)。被検者には中央の固視点を利き目のみで注視させ、一桁の暗算課題 (連続減算) を負荷した時としない時での定常状態型視覚誘発電位

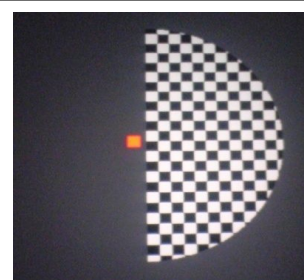


図 1 白黒格子縞パターン反転刺激

(steady-state visual evoked potentials ; SS - VEPs) を記録した。記録計は脳波計 (日本光電社, neurofax EEG1100) を使用し、サンプリング周波数は 1,000Hz、バンドパスフィルタ処理は通過地域 (0.5-30Hz) とした。記録電極として、脳波キャップを用いて 20 極を全頭部に設置し、基準電極は鼻尖部とした (国際 10-20 法) (図 2)。電極皮膚抵抗は 5 kΩ 以下とした。記録した SS-VEPs の加算回数は 100 回とし、SS-VEPs は off-line で高速フーリエ変換させ、各条件間での power 値の変化を指標に検討した。認知機能低下の判定として、全ての高齢者に対しては

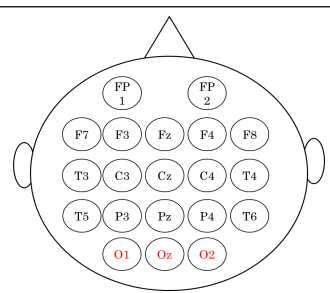


図 2 電極位置 (20 極)

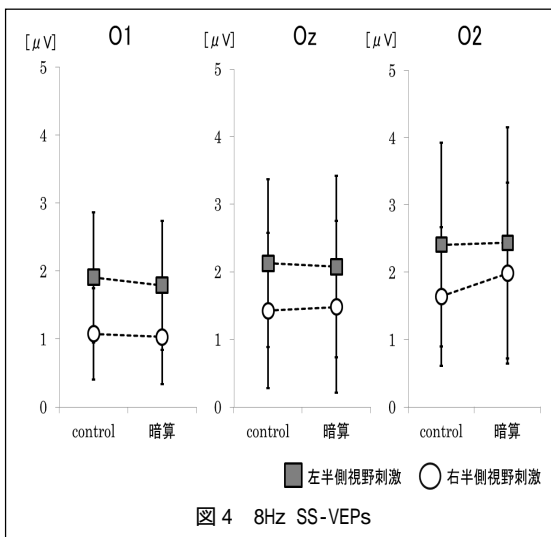
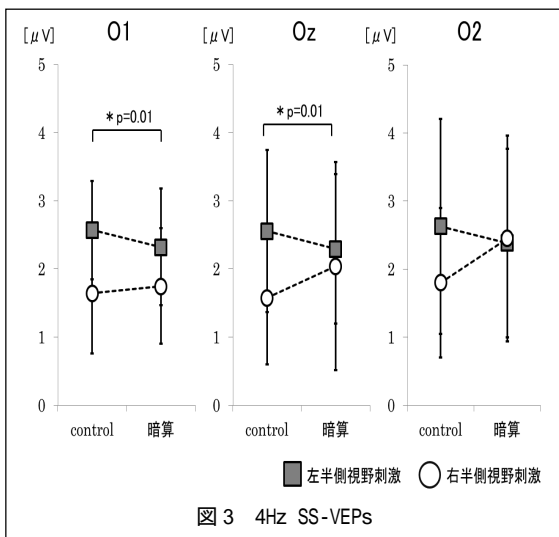
Instruction manual of Japanese version of Montreal Cognitive Assessment (MoCA-J) を実施した。MoCA-J とは、視空間・遂行機能、命名、記憶、注意力、復唱、語想起、抽象概念、遅延再生、見当識からなり、軽度認知障害 (Mild Cognitive Impairment; MCI) のスクリーニングに有用な神経心理学的検査

であるとされている。

4. 研究成果

実験：健常若年者における暗算負荷が定常状態型視覚誘発電位 (SS-VEPs) に及ぼす影響 - 刺激頻度 4Hz と 8Hz による検討 -

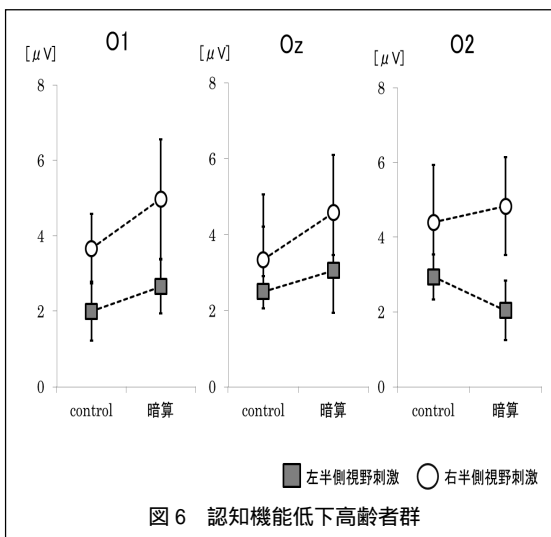
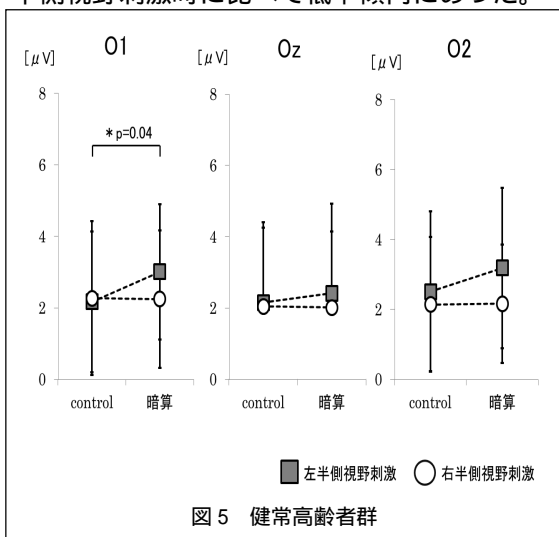
健常若年者 (12 名) に対して視覚刺激を提示すると、最大振幅の SS-VEPs が刺激頻度と暗算課題の有無に関係なく、後頭部上 (Ch;O1、Ch;Oz、Ch;O2) で記録できた。刺激頻度 4Hz では、Ch;O1 と Ch;O2 における第 2 調和成分の power 値が左半側視野刺激時の暗算によって有意に低下した (図 3)。一方、右半側視野刺激時は、暗算負荷による変化はなかった。刺激頻度 8Hz の左と右の半側視野刺激時では、暗算負荷による変化はなかった (図 4)。



実験

健常高齢者と認知機能低下高齢者における暗算負荷が定常状態型視覚誘発電位 (SS-VEPs) に及ぼす影響

高齢者 (17 名) に対して 4Hz の刺激頻度を使用して視覚刺激を提示すると、最大振幅の SS-VEPs が暗算課題の有無に関係なく、後頭部上 (Ch;O1、Ch;Oz、Ch;O2) で記録できた。MoCA-J の結果、25 点以下が 8 名いることがわかったことから、健常高齢者群と認知機能低下高齢者群とに分けて暗算による SS-VEP を検討した。健常高齢者では、Ch;O1 における第 2 調和成分の power 値が左半側視野刺激時の暗算によって有意に上昇した (図 5)。一方、右半側視野刺激時は、暗算負荷による変化はなかった。認知機能低下高齢者群では、左もしくは右半側視野刺激時に暗算による変化はなかった (図 6)。また、暗算の有無に関係なく、右半側視野刺激時の反応は左半側視野刺激時に比べて低下傾向にあった。



本研究結果より、暗算と視覚情報処理とを同時に行うと健常若年者では注意分散を引き起こすことで定常状態時の一次視覚野の神経活動は低下し、健常高齢者では選択的に視覚情報に注意を向けるために上昇したと推察する。一方、認知機能低下高齢者では暗算と視覚情報処理とを同時に遂行できないため、暗算による変化はなかったと考えられる。つまり、加齢や認知機能が低下すると、健常若年者とは異なる脳内情報処理が行われている可能性が示唆された。本研究結果は、低次の視覚情報処理段階における視覚認知機能の改善に向けたプログラム開発の必

要性を提言できる可能性を示唆した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

池田 拓郎, 岡 真一郎, 中原 雅美, 松田 憲亮, 秋吉 賢和, 小野 陽平, 川原 亜実, 高橋 侑希
希注意分散が体性感覚の初期反応に与える影響 - 体性感覚誘発電位による検討 - . 理学療法科学, 31(5), 697-700, 2016

池田 拓郎, 水野 健太郎, 後藤 和彦, 後藤 純信. 暗算と語想起による注意分散が視覚誘発脳磁界に及ぼす影響. 臨床神経生理学, 45(3), 713-719, 2017

池田 拓郎, 後藤 和彦, 岡 真一郎, 杉 剛直, 福田 裕樹, 後藤 純信. 閃光刺激による定常状態型視覚誘発電位の定量解析: 刺激頻度変化による反応特性の検討. 理学療法科学 34(1): 41-45, 2019

〔学会発表〕(計15件)

池田 拓郎, 中原 雅美, 岡 真一郎, 永井 良治, 松田 憲亮. 注意分散が体性感覚の初期反応に与える影響 - 体性感覚誘発電位による検討 - . 第25回福岡県理学療法士学会, 2016

森田 梨花, 池田 拓郎, 後藤 純信. 暗算による注意分散が体性感覚誘発電位に及ぼす影響. 第84回理学療法科学学会学術大会, 2016

後藤 和彦, 杉剛 直剛, 池田 拓郎, 山崎 貴男, 飛松 省三, 後藤純信. 運動刺激の違いが奥行き知覚に与える影響の視覚誘発電位を用いた解析. 第46回日本臨床神経生理学会学術大会, 2016

Ikeda T, Goto K, Oka S, Takashima M, Oba T, Goto Y, Effects of steady-state visual evoked potentials during a mental arithmetic task of serial subtraction. 21th International Meeting of Physical Therapy Science in Beijing, 2017

倉増 千枝, 井上 さやか, 宮本 奈菜, 古川 智敬, 中原 雅美, 池田 拓郎. 注視条件時の暗算負荷が初期の視覚情報処理に与える影響. 九州理学療法士・作業療法士合同学会 2017 in 宮崎, 2017

Goto Y, Ikeda T. Difference of visual evoked magnetic fields with mental arithmetic tasks and verbal fluency task. 2017 Annual Meeting of Society for Neuroscience, 2017

池田 拓郎, 後藤 和彦, 岡 真一郎, 大庭 尚之, 杉 剛直, 後藤 純信. 暗算負荷による定常視覚誘発電位の変化 - 刺激頻度 4Hz と 8Hz による検討 - . 第47回日本臨床神経生理学会学術大会, 2017

後藤 和彦, 杉 剛直, 池田 拓郎, 山崎 貴男, 飛松 省三, 後藤 純信. 奥行運動刺激に対する視覚誘発電位の特徴解析. 第47回日本臨床神経生理学会学術大会, 2017

大庭 尚之, 後藤 和彦, 杉 剛直, 松田 吉隆, 後藤 聡, 池田 拓郎, 山崎 貴男, 飛松 省三, 後藤 純信. 組み合わせに関する上下半視野パターン反転刺激時の視覚誘発電位特徴解析, 第47回日本臨床神経生理学会学術大会, 2017

T Ikeda, K Goto, S Oka, T Sugi, Y Goto. Advanced researches using various bioelectrical signals: Spatiotemporal changes in steady-state visual evoked potentials during the mental arithmetic task. The 12th ICME International Conference on Complex Medical Engineering, 2017

Yamaguchi S, Goto K, Sugi T, Matsuda Y, Goto S, Ikeda T, Yamasaki T, Tobimatsu S Goto Y. Cutting-edge technologies for clinical neuroscience: Development of new assistant system for VEP recordings. The 12th ICME International Conference on Complex Medical Engineering, 2017

石川 諒, 池田 拓郎. 視条件時の暗算と語想起負荷が一次視覚野の神経活動に与える影響. 九州理学療法士・作業療法士合同学会 2018 in 沖縄, 2018

池田 拓郎, 後藤 純信. 視覚情報処理の最前線: 注意分散と視覚情報処理. 第48回日本臨床神経生理学会学術大会(シンポジウム), 2018

後藤 和彦, 杉 剛直, 池田 拓郎, 山崎 貴男, 飛松 省三, 後藤 純信. 奥行運動刺激に対する視覚誘発電位の定量解析: 運動と立体の相互作用. 第48回日本臨床神経生理学会学術大会, 2018

Ikeda T. The effects of divided attention on visual information processing in healthy elderly using visual evoked potentials. Asian Confederation for Physical Therapy congress 2018, 2018

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

特筆なし

6. 研究組織

(1) 研究分担者

特筆なし

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：後藤 純信、後藤 和彦、岡 真一郎

ローマ字氏名：Yoshinobu Goto, Goto Kazuhiko, Shinichiro Oka