

[研究助成 (A)]

高齢者のバランス能力を改善させる ハイブリッド型リハビリ支援システムの開発

Development of a hybrid rehabilitation support system
to improve the balance ability of elderly people

2211023



研究代表者

京都橋大学
健康科学部理学療法学科

准教授

中野 英樹

共同研究者

京都橋大学
健康科学部理学療法学科

教授

村田 伸

[研究の目的]

世界で類を見ない超高齢社会を迎えた日本において、高齢者の健康寿命を延伸させ、医療費・介護給付費を抑制するための転倒予防対策の構築は喫緊の学術的・社会的課題である。

高齢者の転倒予防に効果的な介入として、バランス訓練、抵抗運動を含む機能的エクササイズ、太極拳があげられる (Sherrington C. Cochrane Database Syst Rev. 2019)。これらは高齢者の転倒要因である筋力、歩行能力、バランス能力などの運動機能 (米国・英国老年医学会。J Am Geriatr Soc. 2011) の改善に着目した介入である。一方、我々は転倒リスクの高い高齢者では、脳内の運動イメージ能力が低下すること明らかにし (Nakano H. Aging Clin Exp Res. 2018; Brain Sci. 2020)、運動機能と脳機能を融合させた転倒予防介入の重要性を提案してきた。過去の研究により、運動イメージトレーニングは高齢者のバランス能力の改善に効果的であることが報告されている (Nicholson V. J Physiother. 2019)。しかし、運動イメージトレーニングは、実施している運動イメージの良否が対象者にフィードバックされないため (Bai O. NeuroRehabilitation. 2014)、トレーニングで得られる効果には個人差が生じることが指摘されている (van der Meulen M. Hum Brain Mapp. 2014)。この問題を解決できれば、

トレーニングで得られる効果の個人差が解消され、運動イメージ効果を最大限に促進できる可能性がある。

そこで本研究では、運動イメージ中の脳活動をフィードバックするリハビリ支援システムを開発し、それを用いたトレーニングが立位姿勢制御能力に及ぼす効果を検証することを目的とした。なお、本研究は高齢者を対象とする前の基礎的研究として、健常者を対象として実施した。

[研究の内容、成果]

【対象】

対象は、本研究に参加の同意を得た健常者 16 名 (平均年齢 20.94±0.93 歳) とした。対象者は、運動イメージ単独群 (以下、単独群) 8 名と運動イメージとニューロフィードバックの併用群 (以下、併用群) 8 名にランダム割り付けした。

【方法】

本研究は、トレーニング前評価、トレーニング、トレーニング後評価で構成された (図 1)。全ての対象者は、トレーニング期間中に立位にて不安定板を水平に保持するバランス課題を実施した (図 2)。不安定板は左右方向のみに傾斜する設定とし、対象者は 1.5 m 前方の注視点

を見ながら課題を実施した。バランス課題は1試行30秒とし、試行間に30秒の休憩を設け、計10試行実施した。

30秒の休憩の間、単独群は先ほど実施したバランス課題を脳内で想起する運動イメージ課題を実施した。一方、併用群は運動イメージ課題に加え、運動イメージ中の脳波活動を測定し、聴覚刺激にて運動イメージの良否をフィードバックした。

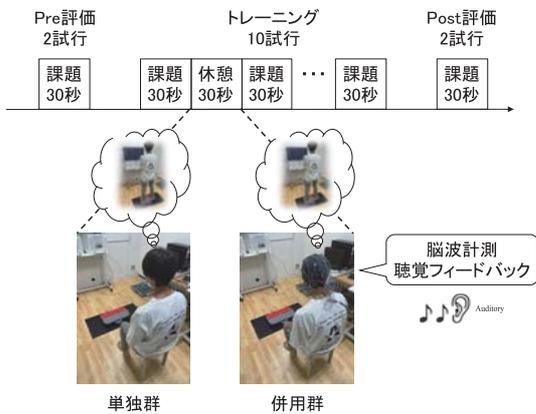


図1 研究プロトコル



図2 バランス課題

脳波の測定には脳波計 (MP6100, ミユキ技研社) とアクティブ電極システム (ミユキ技研社) を用いた。測定は国際 10-20 法に準じた 19 ch, サンプルング周波数 1,000 Hz で測定した。リファレンス電極は右耳朶に装着した。脳波の解析には, Microsoft Visual Studio (Microsoft 社) と MATLAB (MathWorks 社) を使用した。周波数解析を用いて, 運動イメー

ジに関連する感覚運動領域 (Cz) の μ 帯域 (8-13 Hz) における事象関連脱同期 (event-related desynchronization) を対象者に聴覚刺激にてリアルタイムにフィードバックした (図3)。

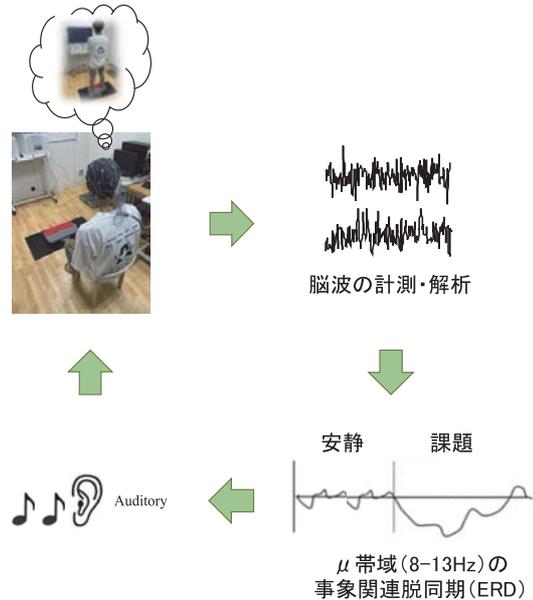
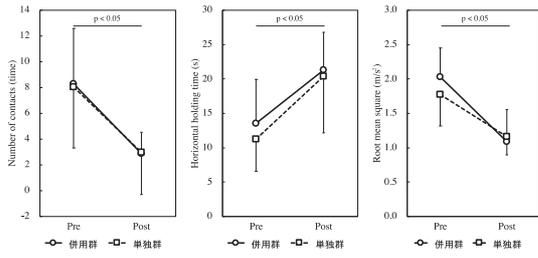


図3 ニューロフィードバックシステム

トレーニングの効果判定として, 全ての対象者はトレーニング前後にバランス課題を実施し, その際の不安定板の床への接触回数, 最大水平保持時間, 動揺性を測定した。床への接触回数と最大水平保持時間は不安定板に設置した圧センサーから算出した。動揺性は, 不安定板に設置した加速度センサーから Root Mean Square (以下, RMS) を算出した。測定は2回実施し, 各測定項目の平均値をデータ分析に用いた。

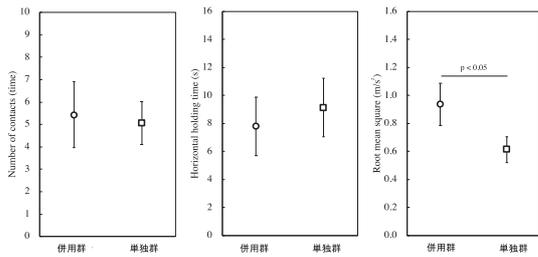
【結果】

床への接触回数, 最大水平保持時間, RMS は両群ともに介入後に有意な向上を示した ($F=35.60, p<0.05; F=33.16, p<0.01; F=76.41, p<0.01$) (図4)。各測定項目の変化量は RMS のみに群間の有意差を認め, 併用群で高値を示した ($p<0.05$) (図5)。



(左：床への接触回数，中間：最大水平保持時間，右：RMS)

図4 トレーニング前後の各測定項目の比較



(左：床への接触回数，中間：最大水平保持時間，右：RMS)

図5 各測定項目の変化量の比較

[今後の研究の方向，課題]

本研究は，運動イメージ中の脳活動をフィードバックするリハビリ支援システムを開発し，それを用いたトレーニングが立位姿勢制御能力に及ぼす効果を検証した。その結果，床への接触回数，最大水平保持時間，RMSはトレーニング後に両群ともに有意な向上を示した。また，

トレーニング前後の変化量はRMSのみに群間の有意差を認め，併用群で高値を示した。以上のことから，本研究で開発したニューロフィードバック装置と脳内運動イメージトレーニングを併用したハイブリッド型リハビリ支援システムは，立位姿勢制御能力を向上させることが明らかにされた。今後は高齢者を対象として，本研究で開発したリハビリ支援システムの効果を検証すると同時に，健常者と高齢者における姿勢制御戦略の差異についても明らかにする予定である。

[成果の発表，論文等]

- [1] 中野英樹，木下美優，仲田至織，橋瑞希，藤田菜緒，島圭介. ニューロフィードバックを用いた運動イメージトレーニングと経頭蓋直流電気刺激の併用が健常者の運動イメージ想起能力に及ぼす効果. 第26回日本基礎理学療法学会学術大会. 2021.
- [2] 藤川翔也，大角知央，牛尾龍，田村宏佑，澤井舜，甲斐義浩，村田伸，島圭介，中野英樹. 運動イメージとニューロフィードバックの併用は立位姿勢制御能力を向上させる. 第27回日本基礎理学療法学会学術大会. 2022.
- [3] 中野英樹. 脳卒中者の機能回復訓練を支援するニューロフィードバック技術の開発. 地域ケアリング. 2021, 23(11): 60-62.