

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 3 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650308

研究課題名(和文)リハビリテーションにおけるやる気の効果 ～神経科学的検証～

研究課題名(英文)Effects of motivation on rehabilitation outcome -a neurophysiological study-

研究代表者

中澤 公孝(Nakazawa, Kimitaka)

東京大学・総合文化研究科・教授

研究者番号：90360677

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：リハビリテーションにおける患者のやる気が帰結に与える効果を明らかにするために、伸張反射学習過程における課題成功時の指導者による言葉かけや金銭的報酬が中枢神経の可塑的变化を促進するの否かを検証することを目標とした。やる気を増大させる新たなニューロモジュレーション手法(tDCs)を取り入れ、脊髄反射減少学習課題を行った。その結果、10日間のトレーニングによりH反射振幅の平均値は減少した。そして、tDCsによりやる気にかかわる脳内部位を刺激した群の方でこの傾向が顕著な傾向があった。本研究の結果は、やる気にかかわる脳部位の活動を高めることで、脊髄の運動学習が促進することを示唆するものであった。

研究成果の概要(英文)：The final goal of this study was to examine the effect of motivation on rehabilitation outcome. To approach this goal the spinal reflex conditioning paradigm was applied to evaluate quantitatively the effect of motivation on efficacy of the conditioning. The subjects were asked to try to reduce their spinal reflex sizes (down conditioning) after application of the transcranial direct electrical stimulation (tDCs) or sham stimulation. The results showed that the average spinal reflex sizes of all subjects tended to reduce during about 10 days conditioning, which meant that they learned the skill needed to reduce spinal reflexes. There was a tendency that the tDCs group showed larger reduction in the spinal reflex sizes. It was suggested, therefore that the spinal motor learning was facilitated more with the neuromodulation that aimed to enhance the subject's motivation level.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：動機づけ リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

リハビリテーションの臨床現場において、患者のやる気が帰結に大きく影響することは経験として知られている。しかしこの点は長い間、科学的に検証されることがなかった。しかし近年、ロボット技術がリハビリテーションに導入されるようになり、リハビリテーションがより機械的になるに至って、療法士とのリハビリでは自然に行われていた言葉かけや結果の知識のフィードバックの重要性が再認識されるようになった。本研究は褒め言葉によって活性化されると予想される報酬系が運動系の可塑性に与える影響を神経科学的に明らかにしようとする初めての試みである。この研究の成果は、情動系を効率的に刺激し、リハビリ効果を高める新しい中枢神経損傷のニューロリハビリテーションの開発につながることを期待される。

2. 研究の目的

本研究の最終的な目的は、リハビリテーションにおける患者のやる気を高める言葉かけが帰結に与える効果とその脳神経科学的機序を明らかにすることである。この目的に迫るために、本申請課題では運動課題学習過程における課題成功時の指導者による言葉かけ（賞賛）や金銭的報酬が中枢神経の可塑的变化を促進するのか否かを検証することを目標とする。

3. 研究の方法

本研究は、運動課題学習過程における課題成功時の指導者による言葉かけ（賞賛）や金銭的報酬が中枢神経の可塑的变化を促進するのか否かを検証するために、既に先行研究によって確立された脊髄反射学習課題を用い、脊髄反射回路の興奮性が言葉や金銭的報酬による動機づけの有無に影響されるのか否かを、神経科学的手法を用いて検証する。初年度は健康者2名を対象とした8週間のヒラメ筋伸張反射増減トレーニングを行った（実験1）。さらに2名の被験者でMRI装置内でのH反射増減課題遂行中の脳活動を記録した（実験2）。いずれの実験も1名が反射増大、他の1名は反射減少を要求された。次年度および繰り越した最終年度では、経頭蓋直流刺激（tDCs）を前頭にあて電気刺激による報酬系の促進を試みた。これを言葉かけの代わりに用いることで、伸張反射学習が促進するのかを調べた。トレーニング課題はヒラメ筋に誘発される脊髄反射（H-反射）を減少させるトレーニングである。被験者を二つのグループ、tDCS群とSham刺激群に分け、両群ともに脊髄反射を目標方向（増大または減少）に変調できた時に金銭報酬を与えた。トレーニングは2週間で1週間に3日、計6回のトレーニングセッションが行われた。

4. 研究成果

ヒラメ筋伸張反射増減トレーニング

この実験では、機械的刺激、すなわち足関節の急激な背屈（角速度 100deg/s, 変位 10deg）によってヒラメ筋に伸張反射を誘発

した。電気刺激によって誘発されるH反射については既に先行研究において確立された方法があるが、この実験では同様な現象が機械的に誘発される伸張反射においても生じるのかを確認した。その結果、1日3セッションのトレーニング中には伸張反射振幅が要求された方向に変化させることが可能であった。しかし、数週間のトレーニングに伴う長期の増大および減少は生じなかった。

fMRI 実験

この実験ではMRI撮影装置内にて後脛骨神経に電気刺激を与えH反射を誘発しながらのfMRI記録に成功した。その結果の一例を図1に示す。H反射誘発時には安静時と比べて、視覚野や頭頂葉に活動が見られた。また、運動を伴わずにH反射を大きくするように努力する条件では、安静でH反射を誘発する条件より、視覚野や補足運動野に共通して活動が見られた。これらの部位がH反射を見ながら反射を大きくするように努力することに関与している可能性が示唆される。H反射を大きくするためのストラテジー等が個人間で異なる可能性があるため、今後は個人間のストラテジーも踏まえつつ脳活動との関係を検討していく必要がある。

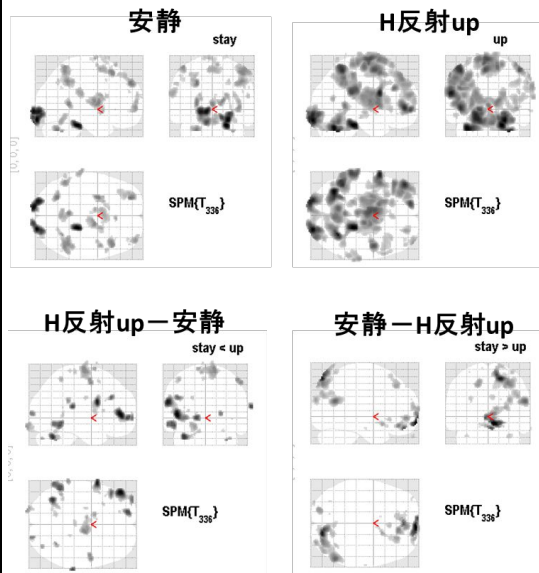


図1 H反射を増大させようとしている時の脳活動（典型例）

伸張反射学習実験

今回、言葉かけなどによる動機づけを行わずに tDCS による報酬系の賦活が脊髄の運動学習に与える効果を調べた。このような試みはこれまで報告者が知る限りなされておらず、人間の報酬系活動の変調を目的とした新たなニューロモジュレーションへの突破口を開く試みと位置付けたい。

今回は3名に tDCS を与え、残りの3名には Sham 刺激として電気刺激を与えなかった。いずれの被験者も自分がどちらのグループか

知ることが無かった。この実験の結果を図 2 に示した。

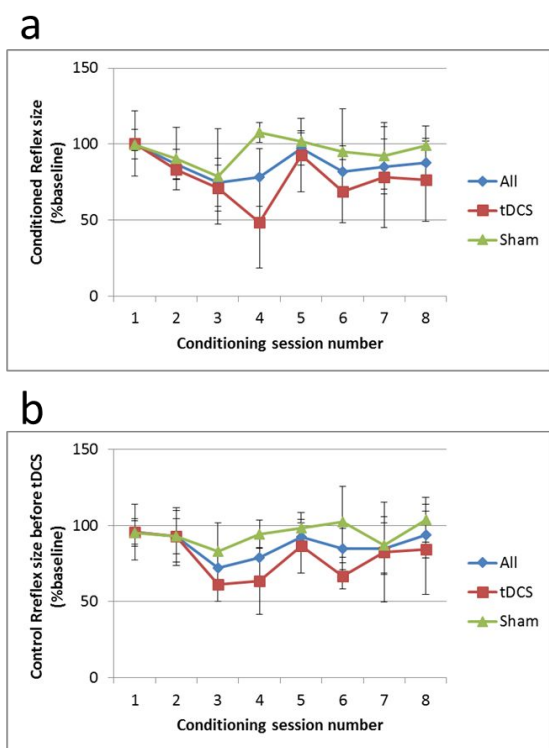


図2 H反射減少トレーニングの結果 (n=6) a: 条件付け時のH反射振幅の結果。B: 条件付け後のH反射振幅の結果。

図中、conditioned reflex size とは条件付け中の H 反射サイズであり、control reflex size とは、条件付け後の H 反射サイズであって、学習が定着した後の反射サイズとみなすことができる。2 週間のトレーニングにより、全体として、H 反射の減少が起こっており、脊髄反射の学習が生じたといえる。しかし被験者によっては明らかな H 反射振幅の減少が生じた被験者とほとんど生じない被験者がいた。tDCS の効果は今回の実験で統計的に検定することはできないが、tDCS 群の方が Sham 群に比べて、学習効果が顕著である傾向があった。今後、さらに被験者数を増やすとともに、トレーニング期間も延長し、その効果を検証する必要がある。

本研究では、やる気 (motivation) が運動学習を促進するかを検証することを目的として、やる気を高める新たなニューロモジュレーション法を導入し、その効果を調べた。その結果、やる気の増強が期待される経頭蓋直流電気刺激により、運動学習が促進する傾向が観察された。今後この面の研究を更に進めることで、患者のやる気を高め、リハビリテーションの効果を増強する新たなニューロリハビリテーションの構築につながるこ

とが予想される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 8 件)

Masugi Y, Kitamura T, Kamibayashi K, Ogawa T, Ogata T, Kawashima N, Nakazawa K. Velocity-dependent suppression of the soleus H-reflex during robot-assisted passive stepping. *Neurosci Lett*. 2015 Jan 1;584:337-41. doi: 10.1016/j.neulet.2014.10.044 (査読有)

Ogawa T, Sato T, Ogata T, Yamamoto S, Nakazawa K, Kawashima N. Rhythmic arm swing enhances patterned locomotor-like muscle activity in passively moved lower extremities. *Physiol Rep*. 2015 Mar;3(3). pii: e12317. doi: 10.14814/phy2.12317 (査読有)

Ogawa T, Kawashima N, Obata H, Kanosue K, Nakazawa K. Distinct motor strategies underlying split-belt adaptation in human walking and running. *PLoS One*. 2015 Mar 16;10(3):e0121951. doi: 10.1371/journal.pone.0121951 (査読有)

Yaeshima K, Negishi D, Yamamoto S, Ogata T, Nakazawa K, Kawashima N. Mechanical and neural changes in plantar-flexor muscles after spinal cord injury in humans. *Spinal Cord*. 2015 Feb 10. doi: 10.1038/sc.2015.9 (査読有)

中澤公孝、一寸木洋平、歩行と脊髄制御、pp.1-8, Annual Review 神経 2014 (招待論文)

山本暁生、中澤公孝、姿勢制御と発育・発達、バイオメカニクス研究 18-1, 23-30, 2014 (招待論文)

横山 光、中澤公孝、ロコモーションパターンの形成と遷移を司る神経制御機構、バイオメカニクス研究 18-2, 40-52, 2014 (招待論文)

横山 光、中澤公孝、脳神経機能のトレーニングとディトレーニング-運動記憶の忘却に打ち勝つための神経メカニズム-、体育の科学 64, 673-679, 2014 (招待論文)

[学会発表](計 4 件)

中澤公孝、スポーツの認知神経科学 ー身体運動、知覚、そして時間ー、時間学セミナー in 慶應、2014 年 8 月 11 日、神奈川県横浜市慶應義塾大学日吉キャンパス

中澤公孝、歩行ニューロリハビリテーションの可能性 最新の研究動向から、脳神経科学研究会、2014年4月19日、大阪府大阪市大阪保健福祉専門学校
中澤公孝、歩行ニューロリハビリテーションの最先端とスポーツの可能性 最新の研究動向から、脳神経科学研究会、2014年8月30日、長野県東御市鹿教湯リハビリテーション病院
Nakazawa K. Locomotor Neurorehabilitation -Past and future direction-, International symposium on Hybrid Organs of the future, The Center for Advanced Medical Engineering and Informatics, Osaka University, March 3, 2015, Osaka, Japan、大阪府吹田市大阪大学臨床工学研究センター

研究者番号：

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中澤公孝 (NAKAZAWA Kimitaka)
東京大学・大学院総合文化研究科・教授
研究者番号：90360677

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()