

2024年8月2日

報道関係者各位

国立大学法人筑波大学
藤田医科大学

回復期脳卒中リハビリにおけるメタ学習能力が運動能力の改善に影響する

リハビリテーション病棟に入院中の回復期脳卒中片麻痺患者について、運動学習能力を調整する能力（メタ学習能力）を計測したところ、入院中の日常生活活動能力の向上、すなわち運動能力の改善の程度と関係していることを見いだしました。

私たちは、意志決定や学習といった認知機能を内的に観測し、環境や文脈に応じて適切に調整するメタ認知機構を持っています。特に、学習能力を客観的に評価しプランニングを行うメタ学習能力は、教育学においても重要な研究対象です。最近、本研究グループでは、運動の学習に関しても、学習能力を適切に調整するメタ学習能力が存在することを明らかにしています。

さらに今回、この運動のメタ学習能力が、脳卒中後のリハビリテーション介入の効果量にも大きな影響を与えている可能性を発見しました。実験では、藤田医科大学病院のリハビリテーション病棟に入院している回復期脳卒中片麻痺患者を対象に、触覚を利用したハプティックインターフェイス装置を用いた短期のメタ学習実験を実施し、個々のメタ学習能力を計測しました。また、入院時と退院時に日常生活活動の自立度を評価し、その差を運動能力の改善の程度を表す指標として線形回帰分析を行ったところ、メタ学習効果と改善の指標に有意な相関があることが分かりました。これは、自らの学習能力を見つめプランニングするメタ学習能力が、リハビリテーションにとって重要な要素であることを示唆しています。本研究成果は、今後、個々のメタ学習能力を向上させることで運動能力の改善効率を高めるような、テーラーメイド・リハビリテーション治療の開発につながると期待されます。

研究代表者

筑波大学システム情報系

井澤 淳 准教授

藤田医科大学リハビリテーション医学

大高 洋平 教授

研究の背景

私たちは、意思決定や学習などの認知機能を内的に監視し、その機能を環境や文脈に応じて適切に調整するメタ認知機能を有しています。特に、学習方法を学習する能力である「メタ学習」は、自らの学習能力を客観的に見極め、学習への取り組みをプランニングする機能として、教育学においても重要な研究対象とされています。最近、本研究グループは、運動学習に関しても脳がメタ学習能力を有していることを発見しました (Nature Communications, 2023)。

リハビリテーションにおいて、自らの回復を客観的に見極め、学習能力を調整していく能力は、日常生活の自立を目指したリハビリテーションにとっても重要な要素であり、上述の運動学習のメタ学習能力は、運動学習に基づく脳卒中後の運動リハビリテーションに応用できる可能性があります。そこで、運動のメタ学習とリハビリテーションへの介入効果との関係を、実験的に明らかにすることを試みました。

研究内容と成果

本研究では、藤田医科大学病院のリハビリテーション病棟に入院している脳卒中片麻痺^{注1)}患者 29 名 (35~88 歳) を対象に、大型のハプティックインターフェイス装置^{注2)} (Robotic Manipulandum) を用いた 300 運動試行 (30 分程度) のメタ学習実験を通じた運動学習の加速の程度、ならびに機能的自立度評価 (Functional Independence Measure; FIM) の測定を実施しました。FIM は日常生活活動 (Activities of Daily Living; ADL) の自立度を表す指標の一つで、入院時と退院時の FIM スコアの差 (FIM effectiveness) は、臨床においてリハビリテーションの介入効果を表す指標として使用されることからメタ学習能力が、FIM effectiveness に与える影響を調べました (参考図)。

短期的なメタ学習実験は、本研究グループがこれまでに開発したメタ学習タスク (報酬情報を学習の達成度に応じてフィードバックする) に基づいて行いました。この実験では、個人が元来有する学習能力と、メタ学習能力を区別して計測することが可能です。実験参加者は、非麻痺側上肢を用いて、提示された運動目標に手を伸ばす到達運動課題を行い、続いて学習試行において運動学習の程度を評価し、この学習量に基づいたスコアをフィードバックします。実験参加者は提示されたスコアの総和が最終的に最大になるようにメタ学習を行います。このメタ学習タスクは 30 分程度で終了し、すぐに忘却する程度の運動効果しかありませんが、個人が持つメタ学習能力を定量的に計測することが可能です。得られたデータについて、線形回帰分析を用いて、メタ学習効果と FIM effectiveness との関係性を解析しました。

その結果、FIM effectiveness は、メタ学習能力と正の相関を示しましたが、年齢が高くなるにつれて、この関連が弱まることも分かりました。一方、個人が元来有する運動学習能力とは関連が見られませんでした。このことは、学習能力を加速するメタ学習能力が高い人は、ADL の改善がより見込まれることを示唆しており、メタ学習能力が効率的な運動能力の改善にとって重要であることが明らかになりました。

今後の展開

運動学習がリハビリテーションの基盤となることや、同様のリハビリテーション訓練を行っても、その効果が人によって異なることは、古くから知られていましたが、今回、自分の学習能力を見つめ、学習をプランニングするメタ学習能力が、運動能力の改善の要因になっていることが明らかになりました。本研究結果は、低いメタ学習能力を示す個人に対しても、メタ学習の訓練によって効率よく運動能力が改善できるような、テーラーメイド・リハビリテーション治療の開発につながると期待されます。

参考図

大型ハプティックインターフェイス (ロボティック・マニピュラダム)



到達運動課題

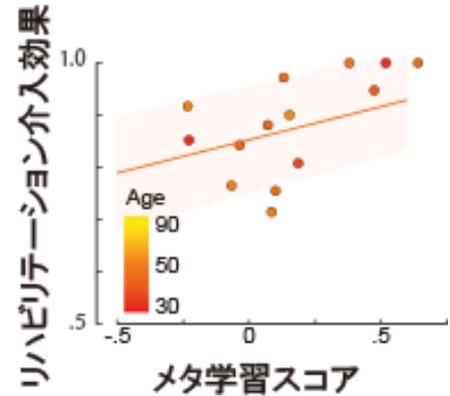
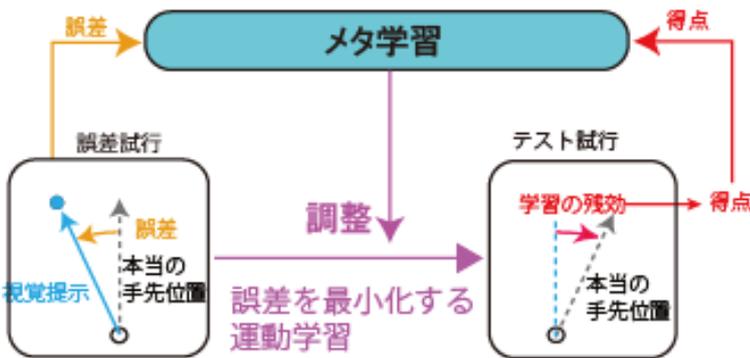


図 本研究で行った実験の概要図

大型ハプティックインターフェイス（左上）を用いて、到達目標に向かって素早く手を動かすタスク（到達運動課題、右上）中に、視覚刺激で提示された手先位置と実際の手先位置の間の誤差を提示する。この際、脳は感じた誤差を最小化するように運動を学習することが知られている。次の実験で、この学習量の残効を計測し、これに応じた得点を実験参加者にフィードバックする（左下）。このメタ学習実験で計測したメタ学習スコアが、入院時から退院時までのリハビリテーション介入効果の予測因子となっていることが明らかになった（右下）。

用語解説

注1) 脳卒中片麻痺

脳へ血液を送る血管が詰まる脳梗塞や、脳の中で細い血管が破れる脳出血などによって、脳の働きの一部が突然失われたため、身体の左右のうちどちらかに麻痺（自由に動かなくなる）が生じている症状。

注2) 大型ハプティックインターフェイス装置（Robotic Manipulandum）

ロボットの種類で、人とロボットとのインタラクションによって、人の感覚に任意の力学的環境（例えば水の中を通っているような感覚や、物体に触れるような環境など）を提示することができる。本研究では外骨格型のインターフェイスを使用し、手先と視覚との間に外乱（外部からの干渉）を導入することで、適応能力を計測した。

研究資金

本研究は、科研費による研究プロジェクト（18H03135, 19H04977, 19J20366, 19H05729, 22H00498）の一環として実施されました。

掲載論文

【題 名】 Learning-to-learn as a metacognitive correlate of functional outcomes after stroke: a cohort study.

(脳卒中後の機能的成果に関連するメタ認知の相関としての学習力学習：コホート研究)

【著者名】 Taisei Sugiyama, Shintaro Uehara, Akiko Yuasa, Kazuki Ushizawa, Jun Izawa, Yohei Otaka

【掲載誌】 *European journal of physical and rehabilitation medicine*

【掲載日】 2024年7月29日

【DOI】 10.23736/S1973-9087.24.08446-6

問い合わせ先

【研究に関すること】

井澤 淳 (いざわ じゅん)

筑波大学 システム情報系 准教授

URL: <https://hebbs.emp.tsukuba.ac.jp/Teams.html>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp

藤田学園 法人本部広報部

TEL: 0562-93-2492

E-mail: koho-pr@fujita-hu.ac.jp