

氏 名 菅原 翔

学位(専攻分野) 博士(理学)

学位記番号 総研大甲第 1617 号

学位授与の日付 平成25年3月22日

学位授与の要件 生命科学研究科 生理科学専攻
学位規則第6条第1項該当

学位論文題目 Enhancements of the offline improvement in human motor skill

論文審査委員 主 査 教授 伊佐 正
教授 定藤 規弘
教授 柿木 隆介
准教授 田邊 宏樹 名古屋大学

論文内容の要旨

People acquire a lot of motor skills in life, and acquired skills are frequently used in everyday. Many people probably hope to learn the skills as fast and easy as possible. Motor skills are initially acquired across the training, and then are sophisticated over time. The term of consolidation is described as the process that converts newly acquired fragile memory into more robust and stable forms. Consolidation has a critical role in long-term skill retention. Specifically, for procedural skill, offline improvement refers to the skill improvements that occur between practice sessions without physical practices, and is thought to be a form of skill consolidation. Therefore, the goal of current project was to clarify the enhancement factors for the offline performance improvements in human motor skill. To accomplish this goal, the author focused sleep and social rewards as potential enhancing factors, and conducted two independent behavioral studies to determine the effect of these factors in offline skill improvements.

First, sleep is necessary for certain skill consolidation in adults. On the other hand, it remains debatable whether skill consolidation benefits from sleep in children as well as in adults. In Study 1, he focused on the offline improvement, which is one type of skill consolidation and has been known to depend on the sleep in adults. Here, he investigated whether in children, sleep duration after motor training was correlated with the rate of offline improvement. On first day, 9 ($n = 14$) and 11 year-old children ($n = 10$) trained a sequential finger tapping skill. Their parents observed and recorded their children's sleep duration after this training. On the next day, to assess the rate of offline improvement, all children performed a surprise retest session for previously trained sequence. My present data indicated that in both 9 and 11 years-old children, skill performance significantly improved at first retest session relative to that at the end of training on previous day ($p < .0001$), confirming that offline performance improvement took place, and the rate of this improvement was significantly correlated with the sleep duration during the night after the training ($\beta = 0.60, p < .01$). Consequently, he conclude that in children as well as adults, sleep is associated with a type of skill consolidation.

Second, praise, a social reward, is thought to boost motor skill learning by increasing motivation, which leads to increased practice. However, the effect of praise on consolidation is unknown. In Study 2, he tested the hypothesis that praise following

motor training directly facilitates skill consolidation. Forty-eight healthy participants were trained on a sequential finger-tapping task. Immediately after training, participants were divided into three groups according to whether they received praise for their own training performance (Self group, $n = 17$), praise for another participant's performance (Other group, $n = 15$), or no praise (No-praise group, $n = 16$). Participants who received praise for their own performance showed a significantly higher rate of offline improvement ($19.95 \pm 1.85\%$) relative to other participants (Other: $13.14 \pm 1.82\%$, $p < .05$; No-praise: $13.14 \pm 1.82\%$, $p < .05$) when performing a surprise recall test of the learned sequence. On the other hand, the average performance of the novel sequence and randomly-ordered tapping did not differ between the three experimental groups ($p > 0.60$). These results are the first to indicate that praise-related improvements in motor skill memory are not due to a feedback-incentive mechanism, but instead involve direct effects on the offline consolidation process.

In conclusion, he found two important factors that benefit the skill consolidation. In Study 1, post-training sleep durations were positively correlated to the rate of offline performance improvement in children, suggesting that sleep is the important in children as well as in adults. In Study 2, he found that social rewards directly enhance skill consolidation in humans, suggesting that they have a novel functional effect on the human motor memory system. The current general conclusion is that praise for skill performance and subsequent nocturnal sleep could enhance the rate of offline skill consolidation in at least one type of motor skill such as sequential finger-tapping. These present findings might contribute to develop protocols to improve motor skills in educational and rehabilitative contexts.

我々は日常生活で多くの運動技能を獲得し、日々これらの技能を頻繁に用いている。運動技能は練習を通して獲得され、その後時間の経過とともに洗練されていく。固定化とは、新規に獲得された脆い記憶がより頑健で安定した状態へと変換する過程であり、運動技能の長期的保存において重要な役割を担っている。特に、手続き記憶において、新規に獲得された運動技能は付加的な練習をしなくともパフォーマンスが改善する事が知られており、このようなオフラインで起こるパフォーマンス改善 (offline improvement) は技能の固定化の一つの形態であると考えられている。菅原氏は、ヒトの運動技能における offline improvement を促進する要因を明らかとする事を目的として、睡眠と社会的報酬 (褒められる事) に着目した実験を行った。

睡眠は成人において技能の固定化に資する事が多くの研究で示されている一方で、子どもにおいては睡眠と技能固定化の関連は未だ議論の余地があることから、練習後の睡眠時間と offline improvement との相関関係を子どもにおいて検討した。24名の小学生 (9-11歳) が2日間連続した実験に参加し、1日目に sequential finger-tapping の練習を行った。その後、保護者に協力してもらい練習後の睡眠時間を観察によって記録した。翌日、再び実験室にて前日練習した運動技能を再生してもらったところ、練習終了時に比べ再生時の成績が有意に高く ($p < .0001$)、小学生でも offline improvement が起こることが示唆された。さらに、練習後の睡眠時間と offline improvement の程度には有意な正の相関関係があることが示された。これらの結果から、子どもにおいても練習後の睡眠はある種の運動技能の固定化と関連することが明らかとなった。

これまで褒めることは動機づけを高めることによって練習機会を増加させ、運動技能の学習を促進すると考えられてきたが、褒めることの固定化における効果は全く調べられてこなかった。菅原氏は練習の直後に褒めることは技能の固定化を促進するという仮説を行動学的に検証した。48名の健常成人が実験に参加し、sequential finger-tapping を練習した後、評価方法の異なる3つの群に参加者を無作為に割り当てた。3つの群はそれぞれ、自分の成績に対して褒められる映像を見る群 (Self group, $n = 17$)、同一の褒め映像を他者の成績に対して褒める映像を見る群 (Other group, $n = 15$)、映像を見せられない群 (No-praise group, $n = 16$)とした。翌日練習した系列運動を再生させたところ、自分の成績を褒められた群の参加者は ($19.95 \pm 1.85\%$)、他の群の参加者に比べて有意に高い offline improvement を示した (Other: $13.14 \pm 1.82\%$, $p < .05$; No-praise: $13.14 \pm 1.82\%$, $p < .05$)。一方で、練習していない系列運動とランダムなタッピングでは群間に有意な違いは認められなかった ($ps > 0.60$)。これらの結果は、褒められるという社会的報酬が動機づけの上昇を介してではなく、運動技能の固定化を直接促進することを示している。

以上2つの実験により、菅原氏は運動技能の固定化に関与する2つの重要な要因を明らかとした。実験1では、練習後の睡眠時間が子どもの offline improvement と正の相関を示すことから、睡眠が子どもでも重要であること、実験2では、褒めることが技能固定化を直接促進することを示し、運動記憶における社会的報酬の新しい機能的役割を示唆した。故に、本研究では、練習後に褒めてその後眠ることが、特定の運動技能の固定化を促進すると結論づけた。本研究によって得た成果は、教育やリハビリテーション等の領域で、運動

技能を改善する新しいプログラムの開発に寄与すると考えられる。

上記の成果は、運動学習の新しい側面に先進的に取り組み、その基盤となる知見を与えるものであり、新規性が高く、研究としての完成度も高い。従って本論文は学位に値すると認める。