

走、跳、投捕運動の相違が認知課題成績に及ぼす影響

中野裕史¹⁾ 構美咲²⁾ 川本沙也加³⁾ 城戸佐智子^{4) 5)}

The Effect of Difference Between Running, Jumping and Playing Catch on Cognitive Task Performance

Hiroshi Nakano¹⁾ Misaki Kamae²⁾ Sayaka Kawamoto³⁾ Sachiko Kido^{4) 5)}
(2013年11月27日受理)

諸言

認知とは、外界にある対象を知覚し、経験、知識、記憶、概念に基づいて思考し、推論し、考察し、それを知る、判断する、解釈する、理解する一連の知的活動を指す。これを可能にするシステムとしてBaddeley (1986)は、視空間スケッチパッド、エピソードバッファー、音韻ループの3つの一時的記憶貯蔵庫とそれらを制御する中央実行系から構成されるワーキングメモリーモデルを提唱した。中央実行系による精神機能は実行機能または認知的制御と呼ばれ、その構成要素として更新、切り替え、抑制が考えられている。ワーキングメモリーは、認知課題を用いた行動指標により評価されており、課題遂行中の脳画像研究により、前頭前野がワーキングメモリーに関与することが明らかとなっている (Ehlsら, 2005; Kawashimら, 2004; Lairdら, 2005; Léon-Carrionら, 2008; Schroeterら, 2002; Watanabeら, 2002)。

ストループ課題 (Stroop, 1935) は抑制機能を測定するためによく用いられており、この課題で評価した抑制機能は、持久力が高い者で優れていること (Buckら, 2008; 城戸と中野, 2013) や50%VO₂max強度で10分間の自転車運動後に向上すること (Yanagisawら, 2010) が報告されている。他にも計算機能や記憶機能と運動の関係なども検討されており、総じて60分以内の中強度の有酸素運動が認知機能の向上に効果的であると考えられている (Tomprowski, 2003)。

このように認知機能は運動後に向上することが知られているが、先行研究での運動様式の多くは走運動や自転車運動であり、どのような運動様式が効果

的かについてはよくわかっていない。本研究では、認知機能に及ぼす運動様式の相違について検討するため、走運動と同様に基本的な運動として位置づけられる跳運動と投捕運動に着目し、15分間の中強度の走、跳、投捕運動前後における認知課題の変化を比較した。

方法

1. 対象者

対象者は、測定への同意を得た健康な女子大学生59名 (19.1±0.04歳) であり、走運動群18名、跳運動群22名、投捕運動群19名に分類した。

2. 運動

走運動群は80mのコースを周回し、跳運動群は短縄での前回し跳びを行い、投捕運動群は距離9mにてキャッチボール (ソフトボール3号) を実施した。いずれの運動も室内にて実施し、日本語版の主観的運動強度 (小野寺と宮下, 1976) が11 (楽である) ~13 (ややきつい) になるように運動強度を調節しながら15分間実施した。

3. 認知課題

認知課題は、運動前後にストループ課題、計算課題、記憶課題の順で実施した。いずれの課題も紙媒体を用いた。また、運動前後で課題内容を変更したが、課題の難易度に差がないことを事前に確認している。

ストループ課題では、WR (Word Reading)、CN (Color Naming)、ICN (Incongruent Color Naming) の3つの課題を順に実施した。WR課題

別刷請求先：中野裕史，中村学園大学教育学部，〒814-0198 福岡市城南区別府5-7-1

E-mail：nakahi@nakamura-u.ac.jp

1) 中村学園大学教育学部 2) 大牟田市立天領小学校 3) あかいとり幼稚園

4) 中村学園大学大学院人間発達学研究科 5) 東九州短期大学幼児教育学科

では、黒字で書かれた「あか」「あお」「きいろ」「みどり」の4種のひらがなを100個使用した。CN課題では、赤、青、黄、緑の4色で彩色されている+記号を100個使用した。ICN課題では、「あか」「あお」「きいろ」「みどり」の100個のひらがなが赤、青、黄、緑の4色のいずれかで彩色されており、文字の読みと色が不一致であった。WR課題は文字の読みを、CN課題は+記号の色を、ICN課題は文字の色を45秒間で出来る限り早く口頭で答えさせ、答えた数を得点とした。なお、間違えた場合は正しく言い直させた。抑制機能の評価指標として、ストループ干渉率を算出した(干渉率(%) = (CN課題得点 - ICN課題得点) ÷ CN課題得点 × 100)。この数値が低いほど、抑制機能が優れている。

計算課題は、一桁または二桁の足し算、引き算、掛け算を含んだ100個の問題を1分間で出来る限り早く筆記で解答させ、正答数を得点とした。

記憶課題は、ひらがな3文字からなる単語30個を2分間で覚えさせ、その後2分間で、覚えた単語

を出来るだけ多く筆記で解答させ、正答数を得点とした。

4. 統計処理

各認知課題において、運動前後と運動様式を要因とする二元配置分散分析を行った。また、運動前後の変化量における運動様式の比較には一元配置分散分析を用いた。統計量は平均値と標準誤差で示し、有意水準は $p < 0.05$ とした。

結 果

図1にストループ課題の結果を示した。WR課題において有意な主効果および交互作用は認められなかった。CN課題では運動前後の主効果のみ有意であり ($F(1, 56) = 25.7, p < 0.001$)、運動後に得点が増加した。ICN課題では運動前後の主効果のみ有意であり ($F(1, 56) = 61.5, p < 0.001$)、運動後に得点が増加した。ストループ干渉率では運動前後の主効果のみ有意であり ($F(1, 56) = 24.9, p <$

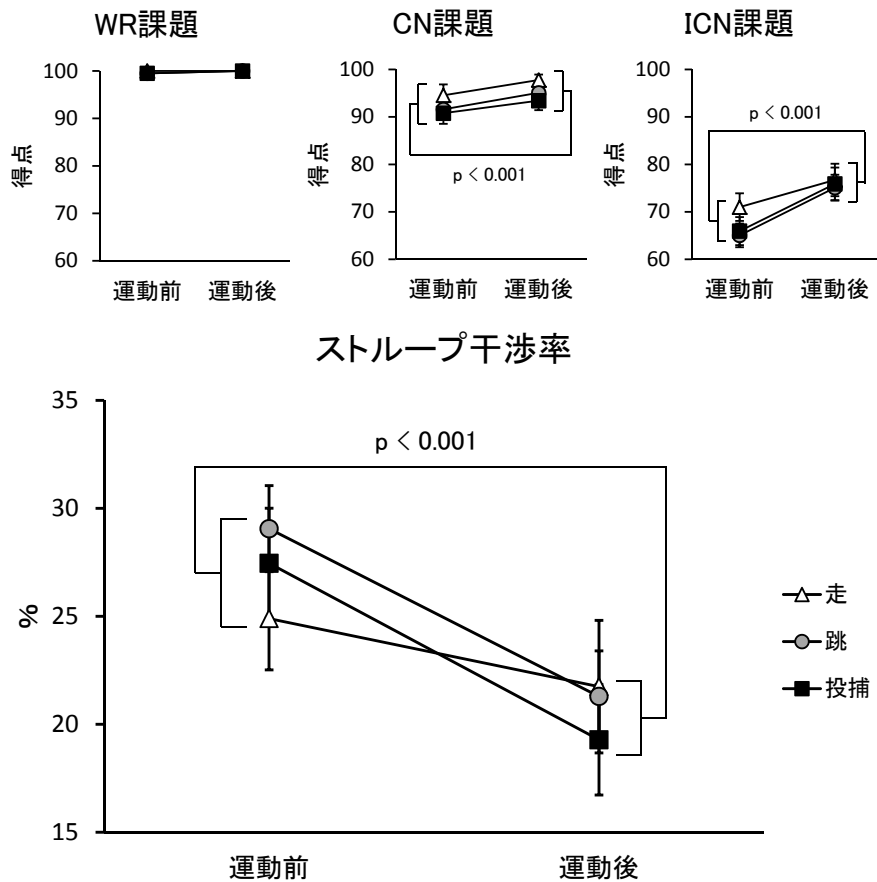


図1 ストループ課題

0.001), 運動後に低下した。

図2に計算課題の結果を示した。運動前後の主効果 ($F(1, 56) = 13.5, p < 0.005$) と交互作用 ($F(2, 56) = 3.9, p < 0.05$) が有意であり, 下位検定の結果, 投捕運動において運動後に得点が有意に増加した ($p < 0.001$)。

図3に記憶課題の結果を示した。運動前後の主効果 ($F(1, 56) = 56.6, p < 0.001$) と交互作用 ($F(2, 56) = 3.3, p < 0.05$) が有意であり, 下位検定の結果, 走運動 ($p < 0.001$), 跳運動 ($p < 0.001$), 投捕運動 ($p < 0.01$) の全てで運動後に得点が有意に増加した。また, 運動前において投捕運動が跳運動よりも得点が有意に高かった (Bonferroni, $p < 0.05$)。

図4に各課題における運動前後の変化量を示した。ストループ干渉率の変化量では運動様式間に有意差が認められなかった。計算課題の変化量では運動様式間に有意差が認められ ($F(2, 56) = 3.9, p < 0.05$), 投捕運動が跳運動よりも有意に大きかった (Tukey HSD, $p < 0.05$)。記憶課題の変化量でも運動様式間に有意差が認められ ($F(2, 56) = 3.3, p < 0.05$), 走運動が投捕運動よりも有意に大きかった (Tukey HSD, $p < 0.05$)。

考 察

本研究では, 認知機能に及ぼす運動様式の相違について検討するため, 15分間の中強度の走, 跳,

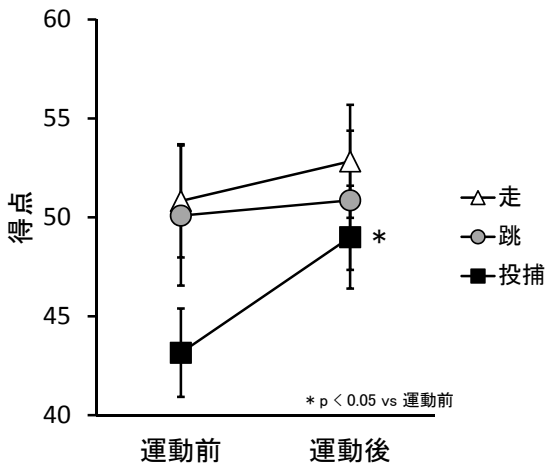


図2 計算課題

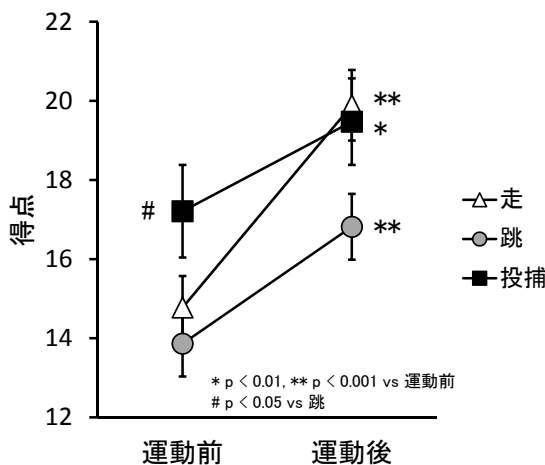


図3 記憶課題

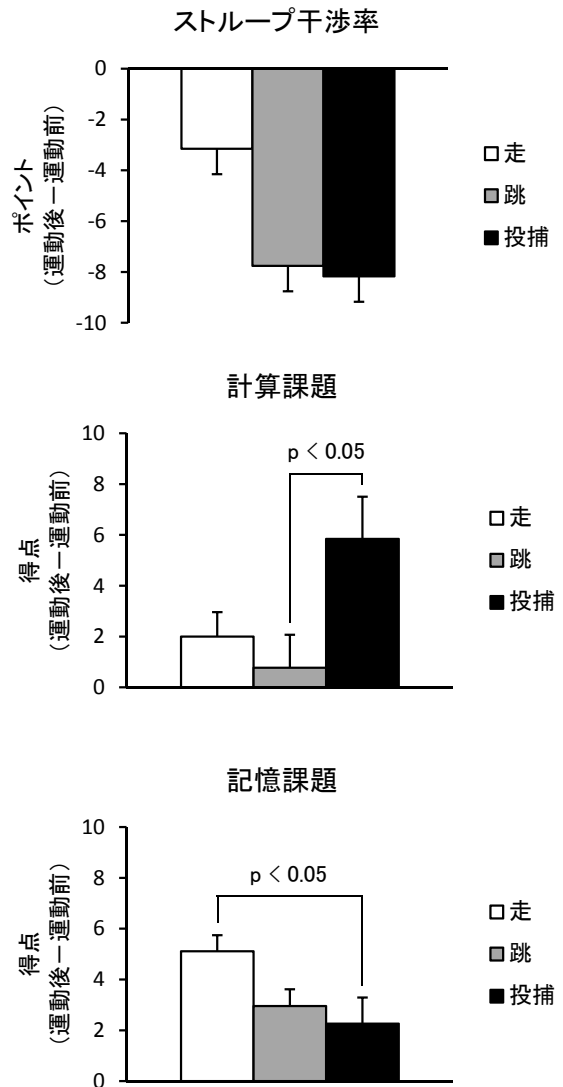


図4 各課題における運動前後の変化量

投捕運動前後における認知課題の変化を比較した結果、運動後の認知機能の向上は走、跳、投捕の運動様式により異なることが明らかとなった。

ストループ課題におけるWR課題では走、跳、投捕運動の全てで運動前後の得点に差がなく、文字の認知機能は変化しなかった。CN課題では走、跳、投捕運動の全てで運動後に得点が増加しており、色の認知機能が向上した。ICN課題でも走、跳、投捕運動の全てで運動後に得点が増加したが、この増加はCN課題で示された色の認知機能の向上によるものかもしれないため、色の認知機能を補正したストループ干渉率を算出して抑制機能を評価した。その結果、ストループ干渉率は走、跳、投捕運動の全てで運動後に低下し（つまり、色認識が文字認識に干渉されなくなり）、抑制機能が向上することが示された。記憶課題においても、走、跳、投捕運動の全てで運動後に得点が増加し、記憶機能が向上した。機能的近赤外分光法（Functional Near-infrared Spectroscopy, fNIRS）を用いた研究では、運動により前頭前野の酸素化ヘモグロビン（oxy-Hb）が増加することが報告されており（Yanagisawaら、2010）、特に中強度運動で最も増加することがメタ分析により示されている（Rooksら、2010）。また、動物実験では、運動により記憶に関連する海馬の血流が増加することも報告されており（Nakajimaら、2003；NishijimaとSoya、2006）、本研究における中強度運動後の抑制機能と記憶機能の向上は、前頭前野や海馬の血流増加による脳の活性化に起因するものと考えられる。

運動前後の変化量を用いて抑制機能の向上の程度を比較したところ、走、跳、投捕運動で相違が認められなかったことから、抑制機能に必要な脳部位の活性化が全ての運動で同程度に引き起こされたものと推察される。一方、記憶機能の向上の程度は走運動で最も高かったことから、記憶機能に必要な脳部位が走運動で最も活性化されたのかもしれない。

興味深いことに、計算機能では投捕運動でのみ運動後に成績が向上し、走、跳運動では変化しなかった。この理由の1つとして、スキルの相違による可能性が考えられる。Poulton（1957）は、外的状況が変化し予測不可能な条件下での動作をオープンスキル、外的状況が不変で予測可能な条件下での動作をクローズドスキルと呼んだ。本研究での走、跳運動はクローズドスキルに当てはまり、投捕運動はオープンスキルに当てはまるため、走、跳運動と投捕運動では認知的制御が異なり、投捕運動でのみ計算機能に必要な脳部位の活性化が引き起こされたのかもしれない。

以上のように、15分間の中強度運動により認知機能が向上するが、計算機能の向上には投捕運動が、記憶機能の向上には走運動が最も効果的であったことから、認知機能の向上に際しては、各認知課題に適した効果的な運動様式があると考えられる。

今回は運動様式の相違を比較することが目的だったため、運動を実施しない統制群は設定しなかった。今後は、統制群を設定するとともに、fNIRSなどを用いて各運動様式における脳血流の相違を観察する必要がある。

文 献

- Baddeley, A.: Working Memory. Oxford Univ Press, Oxford, 1986.
- Buck, S.M., Hillman, C.H. and Castelli, D.M.: The relation of aerobic fitness to Stroop task performance in preadolescent children. *Med Sci Sports Exerc*, 40:166-172, 2008.
- Ehllis, A.C., Herrmann, M.J., Wagener, A. and Fallgatter, A.J.: Multi-channel near-infrared spectroscopy detects specific inferior-frontal activation during incongruent Stroop trials. *Biol Psychol*, 69:315-331, 2005.
- Kawashima, R., Taira, M., Okita, K., Inoue, K., Tajima, N., Yoshida, H., Sasaki, T., Sugiura, M., Watanabe, J. and Fukuda, H.: A functional MRI study of simple arithmetic—a comparison between children and adults. *Brain Res Cogn Brain Res*, 18:227-233, 2004.
- 城戸佐智子, 中野裕史: 保育系女子大学生における体力とストループ課題の関係. 中村学園大学発達支援センター研究紀要, 4: 13-17, 2013.
- Laird, A.R., McMillan, K.M., Lancaster, J.L., Kochunov, P., Turkeltaub, P.E., Pardo, J.V. and Fox, P.T.: A comparison of label-based review and ALE meta-analysis in the Stroop task. *Human Brain Mapp*, 2:6-21, 2005.
- Léon-Carrion, J., Damas-López, J., Martín-Rodríguez, J.F., Domínguez-Roldán, J.M., Murillo-Cabezas, F., Barroso Y Martín, J.M. and Domínguez-Morales, M.R.: The hemodynamics of cognitive control: The level of concentration of oxygenated hemoglobin in the superior prefrontal cortex varies as a function of performance in a modified Stroop task. *Behav Brain Res*, 193:248-256, 2008.
- Nakajima, K., Uchida, S., Suzuki, A., Hotta, H. and Aikawa, Y.: The effect of walking on regional blood flow and acetylcholine in the hippocampus in conscious rats. *Auton Neurosci*, 103:83-92, 2003.
- Nishijima, T. and Soya, H.: Evidence of functional

- hyperemia in the rat hippocampus during mild treadmill running. *Neurosci Res*, 54:186-191, 2006.
- 小野寺孝一, 宮下充正: 全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性—Rating of perceived exertion の観点から—. *体育学研究*, 21:191-203, 1976.
- Poulton, E.C.: On prediction in skilled movements. *Psychol Bull*. 54:467-478, 1957.
- Rooks, C.R., Thom, N.J., McCully, K.K. and Dishman, R.K.: Effects of incremental exercise on cerebral oxygenation measured by near-infrared spectroscopy: a systematic review. *Prog Neurobiol*, 92:134-50, 2010.
- Schroeter, M.L., Zysset, S., Kupka, T., Kruggel, F. and von Cramon, D.Y.: Near-infrared spectroscopy can detect brain activity during a color-word matching Stroop task in an event-related design. *Human Brain Mapp*, 17:61-71, 2002.
- Stroop, J.R.: Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol*, 18:643-661, 1935.
- Tomporowski, P.D.: Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychol*, 112:297-324, 2003.
- Watanabe, J., Sugiura, M., Sato, K., Sato, Y., Maeda, Y., Matsue, Y., Fukuda, H. and Kawashima, R.: The human prefrontal and parietal association cortices are involved in NO-GO performances: an event-related fMRI study. *NeuroImage*, 17:1207-1216, 2002.
- Yanagisawa, H., Dan, I., Tsuzuki, D., Kato, M., Okamoto, M., Kyutoku, Y. and Soya, H.: Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with Stroop test. *NeuroImage*, 50:1702-1710, 2010.