

大学バスケットボールプレーヤーにおけるトレーニング前後の認知機能, 主観的疲労感, 主観的運動強度, およびフリースロー成功率の関係

石原暢¹⁾, 黒田裕太^{1, 2)}, 小松鴻佑³⁾, 水野眞佐夫⁴⁾

¹⁾ 北海道大学大学院教育学院

²⁾ 北翔大学生涯スポーツ学部

³⁾ 北海道大学教育学部

⁴⁾ 北海道大学大学院教育学研究院

キーワード: 高次認知機能; 抑制機能; スループカラーワードテスト

【要 旨】

本研究は, 大学バスケットボールプレーヤーを対象に, トレーニング前後の認知機能, 主観的疲労感, 主観的運動強度, およびフリースローパフォーマンスとの関係を明らかとすることを目的とした. 対象はバスケットボール選手 10 名とした. 全ての対象者に対し 1 時間のバスケットボールのトレーニングの前後でフリースローパフォーマンス, 抑制機能と主観的疲労感の評価を実施した. トレーニング終了直後に主観的運動強度を測定した. 認知機能の指標として, スループカラーワードテストを用いて抑制機能を評価した. その結果, トレーニング前後でフリースローの成功率に変化は認められなかった. トレーニング前後で抑制機能は促進され, 主観的疲労感が増大した. 抑制機能の変化と主観的疲労感の変化および主観的運動強度の間に負の相関関係が認められ, また, 抑制機能の変化とフリースロー成功率の変化の間に正の相関関係が認められた. 本研究により, バスケットボールトレーニング前後で抑制機能が促進される一方で, 主観的運動強度が高く, 主観的疲労が増大した者は抑制機能促進が軽減されることが明らかとなった. フリースローの正確性の維持・向上には抑制機能が重要な役割を担い, 主観的疲労, 主観的運動強度はフリースローの正確性に与える影響が比較的小さいことが示された. プレーに伴う抑制機能の維持・促進を図ることでフリースローパフォーマンスの維持・向上に寄与することが提言された.

スポーツパフォーマンス研究, 8, 239-251, 2016 年, 受付日: 2016 年 1 月 7 日, 受理日: 2016 年 6 月 6 日

責任著者: 石原暢 〒060-0811 北海道札幌市北区北 11 条西 7 丁目

E-mail: t.isihara@edu.hokudai.ac.jp

* * * * *

**Effects of cognitive function, subjective fatigue, and ratings of
perceived exertion on the free throw performance of university
basketball players**

Toru Ishihara¹⁾, Yuta Kuroda^{1, 2)}, Kosuke Komatsu³⁾, Masao Mizuno⁴⁾

¹⁾ Graduate School of Education, Hokkaido University

²⁾ School of Lifelong Sport, Hokusho University

³⁾ Undergraduate School of Education, Hokkaido University

⁴⁾ Faculty of Education, Hokkaido University

Key words: high-order cognitive function, inhibitory control,
Stroop Color and Word Test

[Abstract]

The present study aimed at evaluating relations between cognitive function, subjective fatigue, ratings of perceived exertion (RPE), and the free throw performance of university basketball players. Participants, ten basketball players (age range: 18 – 23 years), underwent evaluation of their free throw performance, inhibitory control, and subjective fatigue before and after a 60-min basketball practice session. Inhibitory control as an index for cognitive function was evaluated by the Stroop Color and Word Test. The results indicated that the players' free-throw performance was maintained, their inhibitory control facilitated, and subjective fatigue increased after the practice. A relative change in inhibitory control was inversely correlated with subjective fatigue and the participants' ratings of perceived exertion. Relative changes in inhibitory control were also inversely correlated with the relative changes in their free throw performance. In conclusion, inhibitory control increased after the basketball practice session. However, an increment in fatigue was associated with a decline in inhibitory control. Free throw performance might be coupled with inhibitory control; subjective fatigue and ratings of perceived exertion appeared not to mediate free throw performance. Maintaining inhibitory control during matches might be important for players' free throw performance.

I. 問題提起

スポーツ選手における競技パフォーマンスと体力・身体要素および認知機能に関する研究成果は数多く報告されている(Kuroda et al., 2015; Ostojic et al., 2006; Tsunawake et al., 2003; Verburgh et al., 2014; Voss et al., 2010). アスリートや運動習慣者は認知機能が高い水準であることが示されており(石原ほか, 2015a; 石原ほか, 2015b; Voss et al., 2010), 球技において競技レベルの高い者は安静時の認知機能も高いことが報告されている(Verburgh et al., 2014; Voss et al., 2010). Verburgh et al. (2014)はサッカー競技者において, 高い競技パフォーマンスレベルを有する者は一般プレーヤーと比較して高い認知機能を有していることを示しており, とりわけ高次な認知機能(抑制機能)で顕著な差が認められたことを報告している.

Voss et al. (2010)はアスリートと非鍛錬者における安静時の認知機能をメタ解析を用いて比較した. その結果, アスリートは認知処理速度が優れており, とりわけインターセプティブスポーツ(すなわち, 選手の身体やその一部, 持っている道具の間での協調が求められるスポーツ; 例えば, テニス, フェンシング)とストラテジックスポート(すなわち, フィールドやボールの位置に関する情報を同時に処理し, 多様な状況を含むスポーツ; 例えば, バasketボール, サッカー)でその傾向が強いことを報告している. 以上から, ストラテジックスポートに分類されるBasketボールにおいては認知機能が競技パフォーマンスを決定する要因の1つであることが予想される.

Basketボール競技におけるフリースローのパフォーマンスにとって重要な認知機能として抑制機能が挙げられる. 抑制機能は内部または外部の不必要な情報を抑制し, 重要な情報に選択的に注意を向けるために注意, 行動, 思考, 感情をコントロールする能力である(Diamond, 2013). Jacobson and Matthaeus (2014)は短時間での高い集中力を要するスポーツ経験者(例えば, ゴルフ)は抑制機能が高いことを報告しており, 観客や周りのプレーヤーへの不必要な注意を抑制し, リングだけに注意を向ける必要があるフリースローの成功には抑制機能が重要な役割を担うと考えられる. Basketボールの試合において, フリースローによる得点取得は10%以上にのぼることが報告されている(倉島ほか, 2011). これらのことから, Basketボール競技中の抑制機能の維持・促進がフリースローパフォーマンスに与える効果を検討することで, 競技パフォーマンスの向上を目的とした取組に新たな知見を提供することが期待できる.

認知機能と競技パフォーマンスの関連を明らかにした研究の多数は, 実験室で行った熟練者, 未熟練者の安静時における認知機能の比較研究である(Verburgh et al., 2014; Voss et al., 2010). 抑制機能は一過性の運動に伴い変化することが示されており(Chang et al., 2012), 安静時のみならずプレーに伴う抑制機能の変化が競技パフォーマンスに与える影響を検討することは重要な課題である. 抑制機能は一過性の運動により促進されること(Hillman et al., 2009; Pontifex et al., 2009), 変化しないこと(Stroth et al., 2009), 低下することが報告されている(Labelle et al., 2013). 一貫した結果が得られていない原因として, 一過性の運動に対する抑制機能の応答は運動強度(Kamijo et al., 2004), 運動の強弱変化(石原ほか, 2013), 運動時に要求される認知活動(Best, 2010)に依存することが挙げられる. 石原ほか(2013)は大学生Basketボールプレーヤーを対象に, 自転車エルゴメーターを用い, Basketボールの運動率に合わせた間欠的運動と, 仕事量を合わせた連続的運動を実施させ, その前後での抑制機能の変化を検討した. その結果, 間欠的運動によって抑制機能が促進される一方で, 連続

的運動では変化が認められないことを明らかにした。石原ほか(2013)は研究の限界として、バスケットボールを実際に行った際に要求される予測や判断といった精神作業が含まれなかったことを挙げており、より実践に近い形で検討することを課題としている。さらに、その抑制機能の変化が競技パフォーマンス(すなわち、フリースロー)に与える影響を明らかとすることが課題である。

運動による認知機能の変化は運動中の主観的運動強度や主観的疲労感に影響を受けるため(石原ほか, 2013; Kamijo et al., 2004), プレーに伴う抑制機能の変化と競技パフォーマンスの影響を検討するには主観的運動強度や主観的疲労感を同時に測定する必要がある。Kamijo et al. (2004) は主観的運動強度と認知機能の関連を検討し、主観的運動強度と認知機能の間に逆 U 字の関係があることを示している。また、石原ほか(2013)は一過性の自転車運動後の主観的疲労感が高かった者ほど認知処理速度が促進される一方で、注意シフトが要求される課題の誤答率が上昇したことを報告している。競技中の主観的運動強度および主観的疲労感の増大に伴う認知機能の変化が競技パフォーマンスに与える影響を検討することは競技パフォーマンスの向上を目的とした取り組みの提案に貢献すると考えられるが、競技を問わず十分に検討されていないのが現状である。

II. 目的

競技パフォーマンスと認知機能の関連を検討した研究は熟練者と未熟練者の比較を中心とした実験室研究が多数を占め(Verburgh et al., 2014; Voss et al., 2010), 実際の競技パフォーマンスとの直接的な関係を検討するには至っていない。本研究は、バスケットボール競技プレー時の主観的運動強度および主観的疲労感が抑制機能に与える効果を検討し、さらに抑制機能の変化とフリースローパフォーマンスと抑制機能の関連を明らかとすることで、競技プレー時のフリースローパフォーマンスの維持・向上に対する抑制機能の役割を明らかとすることを目的とした。

III. 方法

1. 対象者

大学男子バスケットボール部に所属する男子学生 10 名を研究の対象とした(年齢 20 ± 2 歳, 身長 174.4 ± 5.5 cm, 体重 68.5 ± 5.6 kg, 競技歴 8.0 ± 2.9 年)。各対象者は定期的にバスケットボールのトレーニングを実施している者であった(週 5 回, 1 回 3 時間程度)。実験前日は飲酒, 刺激物の摂取を控えるよう指示した。本研究は本学大学院倫理委員会の承認を得て, すべての対象者に対して実験の趣旨, 方法と本実験に関わる安全性について十分な説明を行い, 文書にて同意を得た上で実施した。

2. プロトコル

対象者は5分間のウォーミングアップ(ジョギングとストレッチ)を行った後に主観的疲労感, 抑制機能の測定を行った。測定終了後, フリースローパフォーマンステストを実施した。その後, 通常の部活動と同様のトレーニングを実施した。トレーニングの実施時間は実際の試合(インターバルを含む 54 分)と同等の時間となるように 60 分とした。トレーニング内容はウォーミングアップ(ジョギング, ダイナミックストレッチ), 1on1, ドライブからのシュート練習を各 20 分間実施した。トレーニング終了後, 主観的運動強

度, 主観的疲労感, 抑制機能の測定を行い, 最後にフリースローパフォーマンステストを実施した. トレーニング後の測定は, トレーニング終了直後に実施し, 最後のトレーニングメニューを終了した者から順に 6 名の検者により測定した. 本研究ではフリースローパフォーマンステストとして 20 本のフリースローを打たせ, その成功率をフリースローパフォーマンスの指標とした.

3. 抑制機能

抑制機能の指標として, スト룹カラーワードテストを用いた (Stroop, 1935). 本研究では A4 サイズの用紙に 4 種類の色のカラーパッチを 48 個配列し (縦 8 × 横 6), 対象者にその色名を左上から右に向かって順番に発音させた (統制条件) (図 1A). その後, 色名と表記の色の異なる語 (例えば, 青色で書かれた「あか」など) を 48 語配列し, その色名を発音させた (不一致条件) (図 1B). 対象者には, できるだけ速く読むよう教示を行った. 課題に対する慣れを防ぐため, 本実験に先行して 24 個/語の刺激からなる練習試行を実施した. また, 学習効果を防ぐために, 3 種類の色の配置の異なる用紙を用いてトレーニング前後で異なる用紙を無作為に用いた. 統制条件は単純な色読み課題であり, 情報処理の速度や正確性が要求される. 不一致条件では文字を読もうとする反応による葛藤が生じ, 葛藤を抑制して発音する必要がある. 回答はボイスレコーダーで録音し, 48 個/語から構成された統制条件と不一致条件の発音開始から終了までの回答にかかった時間と正答率をそれぞれ測定した. 統制条件回答時間と正答率を色知覚 (対象の色を理解する機能) や認知処理速度 (知覚した色に対して反応する速度) といった認知機能の指標として用いた. 色知覚や認知処理速度に加えて抑制機能が要求される不一致条件回答時間と正答率, および干渉量 (回答時間: 不一致条件回答時間 - 統制条件回答時間, 正答率: 統制条件正答率 - 不一致条件正答率) を抑制機能の指標として用いた.

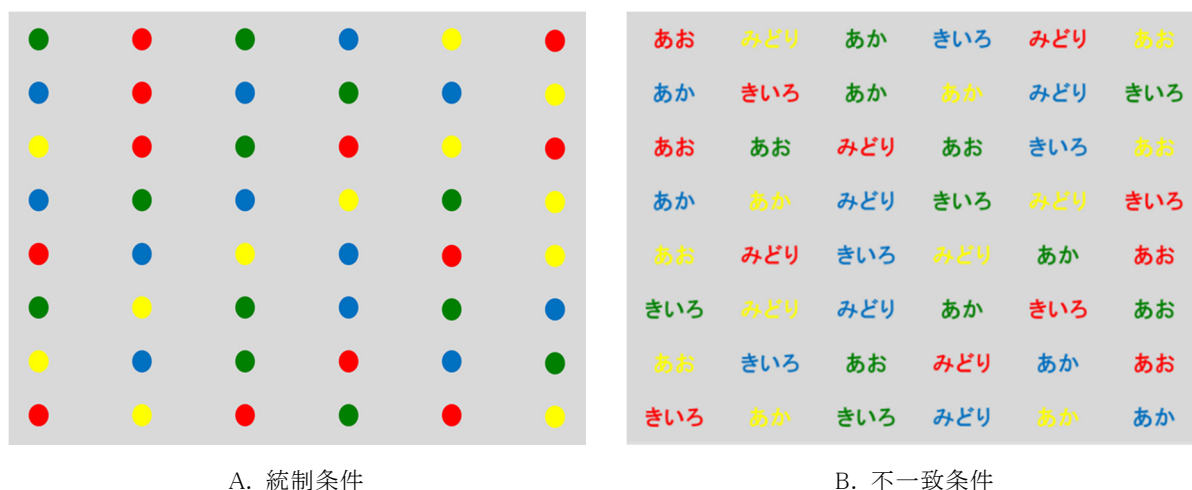


図 1 スト룹カラーワードテストの例

4. 主観的疲労感, 主観的運動強度

主観的疲労感は, Visual Analog Scale (VAS法) を用いて測定した (Hewlett et al., 2011). 直線 10cm の左端を「全く疲労のない状態」, 右端を「(想定できる範囲の) 最大の疲労状態」の疲労感の連続体と

して、そのときの全身の疲労度を直線上にチェックを入れることで評定させた。主観的疲労感は、左端からの長さを測定することで評価した。

主観的運動強度は、ボルグスケールを用いトレーニング終了直後に6から20までの15段階で対象者に評価させた (Borg, 1982)。

5. 統計処理

各測定値に対して Kolmogorov-Smirnov 検定を実施し、正規性が確認された項目についてはパラメトリック検定、正規性が確認されなかった項目についてはノンパラメトリック検定を実施した。トレーニング前後の比較に対応のある t 検定または Wilcoxon の符号順位和検定を用いた。Pearson の積率相関係数もしくは Spearman の順位相関係数を用い、トレーニング前の認知機能とフリースローパフォーマンスの関係および各指標の変化または主観的運動強度の関係を検討した。また、フリースローの技術によって認知機能とフリースローパフォーマンスの関係が異なる可能性を検討するために、トレーニング前のフリースローパフォーマンスの上位 5 名、下位 5 名に分けた場合についても順位相関係数を用いた相関分析を行った。有意水準は 10%未満とした。

各項目の変化率を以下の式にて算出した。

$$\text{変化率} = (\text{トレーニング後} - \text{トレーニング前}) / \text{トレーニング前} \times 100$$

測定値として 0 を含む項目 (スループカラーワードテスト正答率における干渉量, VAS) は変化率を算出できないため変化量を用いた。

IV. 結果

1. 各指標の正規性検定

Kolmogorov-Smirnov 検定の結果、スループカラーワードテスト正答率、主観的疲労感 (VAS)、主観的運動強度 (RPE) は正規分布から逸脱していた。その他の測定項目は正規分布に従っていた。

2. フリースロー課題成績、主観的疲労感の経時変化および主観的運動強度

トレーニング前後のフリースロー課題成績、主観的疲労感、トレーニング直後の主観的運動強度を表 1 に示した。フリースロー課題の成功率はトレーニング前後で有意な変化は認められなかった ($t(9) = 0.27, p = 0.79, d = 0.13$)。主観的疲労感はトレーニング前後で有意に増大した ($z(9) = 2.96, p < 0.01, r = 0.66$)。トレーニングの主観的運動強度は平均 13 (ややきつい) であり、もっとも低い者で 12 (「楽である」から「ややきつい」の間)、最も高い者で 17 (かなりきつい) を示した。

3. トレーニング前後でのスループカラーワードテスト課題成績の変化

回答時間について、統制条件、不一致条件、干渉量の全てがトレーニング後に短縮した (統制条件: $t(9) = 3.32, p < 0.01, d = 0.66$, 不一致条件: $t(9) = 6.05, p < 0.01, d = 1.76$, 干渉量: $t(9) = 3.89, p < 0.01, d = 1.36$) (表 1)。正答率についてはいずれの項目についても有意な変化は認められなかった ($z(9) < 1.55, p > 0.12, r < 0.35$) (表 1)。

表 1 トレーニング前後のフリースローパフォーマンス, 主観的疲労感, 主観的運動強度およびストループカラーワードテスト課題成績 (mean ± SD [range])

	トレーニング前	トレーニング後
フリースロー (%)	65.50 ± 14.23 (50.00-90.00)	67.00 ± 10.59 (50.00-80.00)
主観的疲労感 (cm)	1.1 ± 1.3 (0.0-4.0)	4.2 ± 1.5 ** (2.2-7.7)
主観的運動強度	-	13 ± 2 (12-17)
ストループカラーワードテスト		
統制条件回答時間 (秒)	22.20 ± 2.29 (19.29-26.48)	20.37 ± 3.72 ** (14.76-26.60)
不一致条件回答時間 (秒)	32.03 ± 2.36 (27.58-36.04)	27.59 ± 3.20 ** (22.88-32.79)
回答時間における干渉量 (秒)	9.83 ± 2.12 (7.05-13.70)	7.23 ± 2.14 ** (5.01-12.58)
統制条件正答率 (%)	97.08 ± 2.45 (93.75-100.00)	98.33 ± 2.15 (93.75-100.00)
不一致条件正答率 (%)	95.21 ± 2.95 (89.58-100.00)	97.29 ± 2.21 (97.67-100.00)
正答率における干渉量 (%)	1.88 ± 2.49 (-4.17-4.17)	1.04 ± 3.29 (-4.17-8.33)

** : vs トレーニング前, $p < 0.01$

4. トレーニング前の認知機能とフリースローパフォーマンスの関係

安静時の認知機能(個人差)によってフリースローパフォーマンスが異なるかを検討するために、トレーニング前の認知機能とトレーニング前のフリースローパフォーマンスについて相関分析を行った。その結果、トレーニング前の統制条件回答時間とトレーニング前のフリースローパフォーマンスの間に有意な負の相関関係が認められた ($r = 0.72$, $p = 0.02$)。その他の項目間には有意な相関関係は認められなかった(表 2)。

フリースローの技術によって安静時の認知機能とフリースローパフォーマンスの関連が異なるかを検討するために、トレーニング前におけるフリースローパフォーマンス上位群と下位群に分けて分析を行った。その結果、有意な相関関係は認められなかった。

表 2 トレーニング前の認知機能とフリースローパフォーマンスの相関関係

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ストループカラーワードテスト						
(1) 統制条件回答時間	-					
(2) 不一致条件回答時間	0.58 #	-				
(3) 回答時間における干渉量	-0.43	0.48	-			
(4) 統制条件正答率	-0.19	-0.09	0.19	-		
(5) 不一致条件正答率	-0.57 #	-0.51	0.12	0.63 *	-	
(6) 正答率における干渉量	0.39	0.54	0.19	0.26	-0.46	-
フリースローパフォーマンス						
(7) トレーニング前	0.72 *	0.47	-0.26	-0.11	-0.43	0.29

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$, #: $p < 0.10$

5. トレーニング前後における各測定項目の変化の関係

トレーニングに伴う認知機能の低下, 促進といった変化がフリースローパフォーマンスの低下, 向上と関連するかを検討するために, トレーニング前後における各測定項目の変化間について相関分析を行った(表 3). その結果, フリースロー課題における成功率とスループカラーワードテスト不一致条件回答時間の変化率に負の相関関係が認められた($r = -0.56, p = 0.09$) (図 2). その他の有意な相関関係は認められなかった.

トレーニング前後での主観的疲労感の増大が認知機能の低下を誘導するか, また主観的運動強度が高い者は認知機能が低下するかを検討するために, トレーニング前後での主観的疲労感の変化, 主観的運動強度とスループカラーワードテスト課題成績の変化の関係を検討した. その結果, 主観的疲労感の変化量とスループカラーワードテスト干渉量の変化量に有意な正の相関関係が認められた($\rho = 0.63, p = 0.05$) (図 3). 主観的運動強度とスループカラーワードテスト不一致条件正答率, 正答率における干渉量の変化の間に有意な相関関係が認められた(不一致条件正答率: $\rho = -0.56, p = 0.09$, 干渉量: $\rho = 0.73, p = 0.02$) (図 3). その他の項目間には有意な相関関係は認められなかった.

フリースローの技術によって認知機能の変化とフリースローパフォーマンスの変化間の関連が異なるかを検討するために, トレーニング前におけるフリースローパフォーマンス上位群と下位群に分けて分析を行った結果, 下位群で不一致条件回答時間の変化とフリースローパフォーマンスの変化の間に有意な負の相関関係が認められた($\rho = -0.90, p = 0.04$). 上位群においては, 回答時間における干渉量の変化および統制条件正答率の変化とフリースローパフォーマンスの変化の間に有意な負の相関関係が認められた(干渉量: $\rho = -0.90, p = 0.04$, 統制条件正答率: $\rho = -0.84, p = 0.09$). その他の項目間には有意な相関関係は認められなかった.

表 3 トレーニング前後の各測定項目の変化間の相関関係

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
スループカラーワードテスト								
(1) 統制条件回答時間	-							
(2) 不一致条件回答時間	0.54	-						
(3) 回答時間における干渉量	-0.34	0.61 #	-					
(4) 統制条件正答率	-0.25	-0.31	-0.31	-				
(5) 不一致条件正答率	0.52	0.27	-0.31	0.13	-			
(6) 正答率における干渉量	-0.76 *	-0.51	0.03	0.64 *	-0.60 #	-		
(7) 主観的疲労感	-0.47	-0.15	-0.10	0.43	-0.18	0.63 *	-	
(8) 主観的運動強度	-0.40	-0.35	0.04	0.39	-0.56 #	0.73 *	0.74 *	-
(9) フリースローパフォーマンス	-0.50	-0.56 #	-0.15	0.08	-0.49	0.53	0.41	0.28

*: $p < 0.05$, #: $p < 0.10$

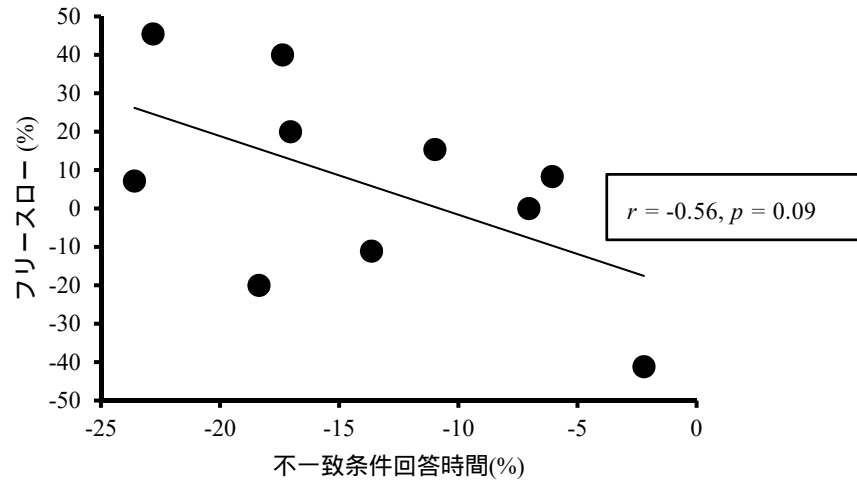


図2 トレーニング前後でのスループカラーワードテスト不一致条件回答時間の変化とフリースローパフォーマンスの変化の関係

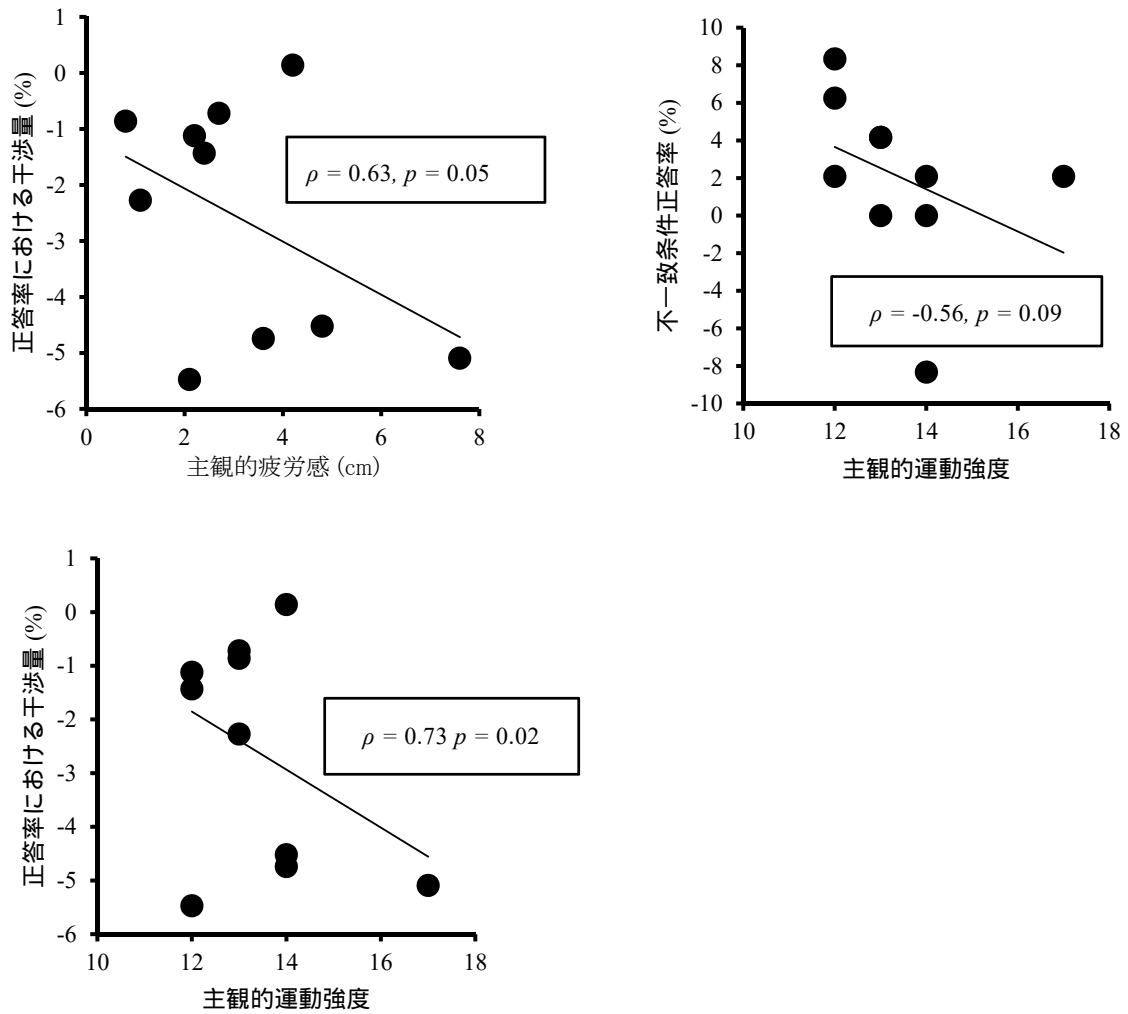


図3 トレーニング前後の主観的疲労感の変化, 主観的運動強度, およびトレーニング前後のスループカラーワードテスト課題成績の変化の関係

V. 考察

本研究の結果, 1 時間のバスケットボールのトレーニング前後で抑制機能の促進が認められた. バスケットボールトレーニングにより抑制機能が平均的に高まる一方で, 主観的疲労度が増大した者, 主観的な運動強度が高かった者は抑制機能の促進が軽減された. フリースローパフォーマンスは主観的疲労感や主観的運動強度, 認知処理速度と比較して抑制機能に依存し, 主観的疲労感や主観的運動強度の増大に伴う抑制機能の低下を予防することでフリースローパフォーマンスの維持・向上に寄与することが示唆された.

1. トレーニング前後での抑制機能の変化

1 時間のバスケットボールトレーニングにより抑制機能は促進された. ストループカラーワードテスト回答時間における干渉量はトレーニング前後で短縮したが, 正答率における干渉量に変化は認められなかった. これらの結果は, トレーニング前後で抑制機能が促進されたことを意味する. 本研究で実施したトレーニングは運動強度, 運動様式において抑制機能の促進に効果的な運動であったと考えられる. 本研究のトレーニング強度は RPE で平均 13 を示した. Kamiyo et al. (2004) は低強度, 中等度, 高強度による平均 18 分間の自転車漕ぎ運動の前後の抑制機能の変化を比較した. その結果, 中等度運動 (RPE: 12-14) により他の強度と比較して認知機能が促進されたことを報告している. 石原ら (2013) はバスケットボールに類似させたエルゴメーターによる間欠的運動前後で抑制機能が高まり, 仕事量を統一した連続的な運動では変化が認められないことを示した. 本研究により, 実際にバスケットボール競技を実施した際も抑制機能が促進することが示された. 部活動のトレーニングと実際の試合は運動強度や要求される認知活動が異なる可能性があるため, より実戦に近づけた環境下での研究が今後の課題である.

2. 主観的疲労感および主観的運動強度と抑制機能の関係

主観的疲労感, 主観的運動強度の増大は抑制機能の低下を誘導する. 主観的疲労感が増大した者, 主観的な運動強度が高い者ほどストループカラーワードテスト不一致条件正答率が低下し, 正答率における干渉量が増大したが, 主観的疲労感, 主観的運動強度と統制条件の課題成績には関連が認められなかった. これらの結果は, 主観的疲労感の増加や主観的な運動強度の上昇が抑制機能の低下を引き起こすこと, 認知処理速度やその正確性は抑制機能と比較して疲労や運動強度の影響を受けにくいことを示唆している. 石原ら (2013) はバスケットボールに類似させた間欠的運動前後でストループカラーワードテストを用いて測定した抑制機能と主観的疲労感および主観的運動強度の関係を検討したが, ストループカラーワードテストにおいて正答率を評価していなかったため, 本研究で得られた関連性は認められなかった. 本研究は回答時間のみならず正答率も評価した結果, 疲労感や運動強度の増加が抑制機能の低下を引き起こすことが明らかとなった.

3. フリースローパフォーマンスに影響を与える要因

本研究により, フリースローの成功率は主観的な疲労感や主観的運動強度, 認知処理速度と比較して, 抑制機能の変化に依存することが示された. トレーニング前後でフリースローパフォーマンスに有意

な変化は認められなかったが、ストループカラーワードテスト不一致条件回答時間の短縮が大きかった者ほどフリースローパフォーマンスが向上する傾向が示された。また、トレーニング前のフリースローパフォーマンス上位群と下位群に分けた分析において、両群で抑制機能が促進された者ほどフリースローパフォーマンスも向上する関係性が認められた。一方、主観的疲労感、主観的運動強度、ストループカラーワードテスト統制条件の課題成績とフリースローの正確性には関連性は認められなかった。以上から、トレーニングに伴う主観的疲労感や主観的運動強度の増加に伴う抑制機能の低下を予防することでフリースローパフォーマンスの向上に寄与し、その関係は技術レベルに関わらず認められることが示唆された。

トレーニング前後の抑制機能の変化とフリースローパフォーマンスの変化に相関関係が認められた一方で、トレーニング前の認知機能とフリースローパフォーマンスの間に有意な相関関係は認められなかった。この結果は、安静時の抑制機能と比較してトレーニングに伴う抑制機能の変化がフリースローパフォーマンスに与える影響が強いことを意味している。また、トレーニング前の統制条件回答時間が短い者ほどフリースローパフォーマンスが低い結果を得た。これらの結果から、認知処理速度や色知覚といった認知機能よりも、トレーニング中の抑制機能の維持・増進がフリースローパフォーマンスの向上に重要な役割を担うことが示唆された。

本研究の結果から抑制機能が維持・増進された者ほどフリースローパフォーマンスが維持・向上したメカニズムに言及することはできないが、抑制機能を担う前頭前野の活動がフリースローパフォーマンスに影響を与えたと推察される。先行研究において、ストループカラーワードテスト実行中に前帯状回が賦活し(Leung et al., 2000)、反応時間が短い者ほど課題遂行中の前頭前野における脳血流量が多いことが示されている(León-Carrion et al., 2008)。フリースロー課題時における脳波の変化を検討したChuang et al.(2013)は、フリースローの成功時に前頭前野の活動が高い水準を示したことを報告している。本研究で得られた結果はこれらの先行研究を支持する結果であると考えられる。トレーニング前後の認知機能の変化とパフォーマンスの変化を検討した研究は数少なく、本研究によりフリースローパフォーマンスの維持・向上には安静時の抑制機能の促進よりもトレーニングに伴う抑制機能の維持・促進が重要であることが提言された。さらに、本研究で対象とした者の競技レベルの範囲においては、フリースローの技術レベルに関わらず運動に伴う抑制機能の維持・増進はフリースローパフォーマンスの維持・向上に寄与することが示唆された。

VI. まとめと今後の課題

本研究は、大学生バスケットボールプレーヤーを対象に、トレーニング前後の抑制機能の変化、主観的疲労感の変化、主観的運動強度、およびフリースローパフォーマンスの関連を検討した。その結果、1時間のバスケットボールトレーニングにより抑制機能が促進される一方で、主観的な疲労感や運動強度の増大が抑制機能の亢進の軽減または低下を誘導することが明らかとなった。抑制機能が促進された者ほどフリースローパフォーマンスが向上する関連が認められた一方で、トレーニング前の抑制機能とフリースローパフォーマンスの間に関連は認められなかった。主観的な疲労感や運動強度の増大を予防し、抑制機能を維持・促進することでフリースローパフォーマンスの向上に寄与することが示された。バスケットボール競技中の抑制機能の維持・増進に向けた取り組みの提案(例えば、栄養介入、

認知トレーニング), およびその評価が今後の課題である。

VII. 謝辞

本研究の対象となってくださった本学バスケットボール部員の皆様に厚く御礼申し上げます。

VIII. 参考文献

- Best, J. R. (2010) Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Dev. Rev.*, 30(4): 331-351.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14(5), 377-381.
- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., & Etnier, J. L. (2012) The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. *Brain res.*, 1453: 87-101.
- Chuang, L. Y., Huang, C. J., and Hung, T. M. (2013) The differences in frontal midline theta power between successful and unsuccessful basketball free throws of elite basketball players. *Int. J. Psychophysiol.*, 90(3), 321-328.
- Diamond, A. (2013) Executive functions. *Annu. Rev. Psychol.*, 64: 135-168.
- Hewlett, S., Dures, E., Almeida, C. (2011) Measures of fatigue: Bristol Rheumatoid Arthritis Fatigue Multi-Dimensional Questionnaire (BRAFMQ), Bristol Rheumatoid Arthritis Fatigue Numerical Rating Scales (BRAFNRS) for severity, effect, and coping, Chalder Fatigue Questionnaire (CFQ), Checklist Individual Strength (CIS20R and CIS8R), Fatigue Severity Scale (FSS), Functional Assessment Chronic Illness Therapy (Fatigue) (FACIT-F), Multi-Dimensional Assessment of Fatigue (MAF), Multi-Dimensional Fatigue Inventory (MFI), Pediatric Quality Of Life (PedsQL) Multi-Dimensional Fatigue Scale, Profile of Fatigue (ProF), Short Form 36 Vitality Subscale (SF-36 VT), and Visual Analog Scales (VAS). *Arthritis Care Res. (Hoboken)*, 63(S11): S263-86.
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., and Kramer, A. F. (2009) The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, 159(3): 1044-1054.
- 石原暢, 森本晃大, 山田優二, 竹谷隆司, 河西哲子, 水野眞佐夫 (2013) 連続的運動と間欠的運動が認知機能に及ぼす影響の比較. *北海道体育学研究*, 48: 17-23.
- 石原暢, 篠原翠, 苫米地伸泰, 水野眞佐夫 (2015a) 大学生における運動習慣が抑制機能とワーキングメモリーに与える効果. *北海道体育学研究*, 50: 1-12.
- 石原暢, 唐家楽, 瀧澤一騎, 水野眞佐夫 (2015b) 中高齢者における異なる種目の運動習慣が遂行機能とメンタルヘルスに与える効果—低強度運動と中高強度運動の比較—. *日本生理人類学会誌*, 20(3): 127-133.
- Jacobson, J., and Matthaeus, L. (2014) Athletics and executive functioning: How athletic participation and sport type correlate with cognitive performance. *Psychol. Sport Exerc.* 15(5): 521-527.

- Kamijo, K., Nishihira, Y., Hatta, A., Kaneda, T., Wasaka, T., Kida, T., and Kuroiwa, K. (2004) Differential influences of exercise intensity on information processing in the central nervous system. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 92(3): 305-311.
- 倉島武徳, 佐久本智. (2011) 北海道における大学バスケットボールリーグ戦についての一考察. 札幌大学総合論業, 31: 115 - 130.
- Kuroda, Y., Suzuki, N., Dei, A., Umebayashi, K., Takizawa, K., and Mizuno, M.. (2015) A comparison of the physical fitness, athletic performance, and competitive achievements of junior and senior tennis players. *Movement, Health & Exercise*, 4(1): 39-50.
- Labelle, V., Bosquet, L., Mekary, S., and Bherer, L. (2013) Decline in executive control during acute bouts of exercise as a function of exercise intensity and fitness level. *Brain Cogn.* 81(1): 10-17.
- León-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. (2008) 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(2): 248-256.
- Leung, H.C., Skudlarski, P., Gatenby, J.C., Peterson, B.S., and Gore, J.C. (2000) An event-related functional MRI study of the Stroop color word interference task. *Cereb. Cortex.*, 10(6): 552-560.
- Ostojic, S. M., Mazic, S., and Dikic, N. (2006) Profiling in basketball: physical and physiological characteristics of elite players. *J. Strength. Cond. Res.*, 20(4): 740-744.
- Pontifex, M., Hillman, C., Fernhall, B. O., Thompson, K., and Valentini, T. (2009) The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 41(4): 927-934.
- Stroop, J. R. (1935) Studies of interference in serial verbal reactions. *J. Experiment. Psychol.*, 28: 643-662.
- Stroth, S., Kubesch, S., Dieterle, K., Ruchow, M., Heim, R., and Kiefer, M. (2009) Physical fitness, but not acute exercise modulates event-related potential indices for executive control in healthy adolescents. *Brain Res.*, 1269, 114-124.
- Tsunawake, N., Tahara, Y., Moji, K., Muraki, S., Minowa, K., and Yukawa, K. (2003) Body composition and physical fitness of female volleyball and basketball players of the Japan inter-high school championship teams. *J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.*, 22(4): 195-201.
- Verburch, L., Scherder, E. J., van Lange, P. A., and Oosterlaan, J. (2014) Executive functioning in highly talented soccer players. *PloS one*, 9(3): e91254.
- Voss, M. W., Kramer, A. F., Basak, C., Prakash, R. S., and Roberts, B. (2010) Are expert athletes 'expert' in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Appl. Cogn. Psychol.*, 24(6): 812-826.