

大学サッカー選手における技術と認知機能の関係

黒岩 一雄, 木宮 敬信, 柳瀬 慶子,
村本 宗太郎, 東浦 拓郎*

The Relationship Between Technical Skill and Cognitive Function
in University Soccer Players

KUROIWA Kazuo, KIMIYA Takanobu, YANASE Keiko,
MURAMOTO Sotaro, HIGASHIURA Takuro*

2022年11月4日受理

抄 録

本研究は、地区レベルの非エリート・大学サッカー選手を対象に、競技レベルと認知機能の関係を明らかにすることを目的とした。本研究は、実験参加者を実験実施年度の地区リーグ戦出場機会をもとにスターティングメンバー群とサブメンバー群を分け、2群に対して、単純反応時間 (simple reaction time:SRT) 課題、ストループ課題、Trail Making Test (TMT)、フランクカー課題を実施し、実行機能の中でも「抑制」や「認知的柔軟性」を含む認知機能について検討した。

本研究では全ての課題において群間に有意な差は認められず、地区レベルの非エリート・成人サッカー選手については、技能の優劣と認知機能（実行機能）との間に有意な関係性、関連性が認められなかった。本研究では技能テストとして、体力テスト、スキルテスト等を実施しておらず、今後の検討の余地が残される結果となった。

キーワード：サッカー、認知機能、フランクカー課題、ストループ課題、TMT

I 緒言

スポーツ競技者は、優れたパフォーマンスを発揮するために筋力や持久力の他に敏捷性やスキル（巧緻性）などが求められる。さらに、サッカーやバスケットボールといったオープンスキル種目は、相手や味方の状況が刻一刻と変化し、それに応じて動作を実行あるいは抑制するなどの状況判断力が必要となる。周囲の環境や生体内から

* 亜細亜大学 国際関係学部

入力される多種多様な感覚情報を短時間に効率よく判断し処理することは、運動パフォーマンスを高めるうえで極めて重要なことである。周囲の状況を認知し、意思決定する一連のプロセスは認知機能と称され、スポーツ選手を対象とした研究が進められてきた。

スポーツ競技者の認知機能に関する研究は、古くは単純反応時間 (simple reaction time:SRT) や 2 種の弁別反応課題など単純な認知課題が用いられてきた。鶴岡ら (1965) は球技種目の競技者と非競技者に選択反応課題を行わせ、非競技者は刺激弁別能力が劣っていることを示した。その後の研究では脳内情報処理過程を反映するとされる誘発電位や事象関連電位など、いわば客観的な電気生理学的指標を用いて研究が進められてきた。Delpont et al. (1991) は、ラケット競技者の視覚誘発電位の P100 潜時が非競技者より早いことから、ラケット競技者の視覚 - 空間処理能力の優位性を報告した。また秋山ら (2000) と Iwadate et al. (2005) は、スポーツ競技者と非競技者を対象に 2 種弁別課題を行った結果、スポーツ競技者は刺激の認知に関わる神経活動の亢進や刺激処理速度に優れていることを示した。スポーツ競技者の認知機能には種目特性や競技レベル、認知課題など様々な要因が関係することが報告されている (Mann et al. 2007 ; Kuroiwa et al. 2020)。さらに、近年のスポーツ競技者と認知機能の研究では、より認知処理要求の高い認知課題が用いられ、特に認知機能の中でもより高次な機能とされる「実行機能」の評価がなされている。この実行機能とは、目標志向的な、思考、行動、情動の制御とされ (森口 2015)、複雑な課題を遂行しようとする際に、脳からトップダウン的な指令により思考や行動を制御するプロセスである。また、この実行機能は、「抑制」(いらない情報を排除して注意を維持する機能、もしくは優勢である誤反応を止める機能)、「作業記憶」(情報を一時的に保持してその情報を利用する機能)、「認知的柔軟性」(状況が変化した時に柔軟に対応する機能) といった下位機能が含まれるとされている (Diamond 2013)。

Vestberg et al. (2012) はスウェーデンのプロサッカーリーグのトップカテゴリーと下位カテゴリーに所属する選手の実行機能を比較した。その結果、トップカテゴリーに所属する選手は下位カテゴリーに所属する選手に比べて、抑制を評価するストループ課題、認知的柔軟性を評価する Design Fluency Test と Trail Making Test (TMT) の成績が有意に高かったことを報告している。さらに Scharfen & Memmert (2019) は、ドイツサッカー協会のタレント育成プログラムに参加したエリートユース選手を対象に、実行機能を含む様々な認知機能と体力テスト及びサッカースキルテストとの関係性を調査した。その結果、注意機能はドリブルのパフォーマンスと有意な正の相関関係を有し、作業記憶はボールコントロールスキルと有意な正の相関関係が認められたと報告している。これらのことから、実行機能を含む認知機能は、サッカーのパフォーマンスを支える重要な要素であることが考えられ、サッカーの技能向上やタレント発掘に影響を及ぼす指標になる可能性が考えられる。しかしながら、先行研究はエリート選手を対象としたものが多く (Vestberg et al. 2012; Scharfen & Memmert 2019)、非エリート選手を対象にした研究 (東浦・多賀 2019) はごくわずかである。

東浦・多賀（2019）は、非エリート・ユースサッカー選手を対象に認知機能と体力テスト及びドリブルの関係性を調査した。その結果、非エリートユース選手であっても20m走タイムが反映するスピードやYo-Yo Intermittent Recovery Test (Yo-Yo IRT) が反映する有酸素能と認知機能との間にポジティブな相関関係がみられたことを報告している。トップレベルの技能を有していなくとも体力やスキルと認知機能には何らかの影響が認められたということである。ただ、ユース年代は発育発達期にある年代であり、体力に個人差が大きくその点が結果に表れている可能性も考えられ、成人を被検者にした研究も必要である。しかしながら非エリートレベルでの成人を対象とした研究はなされていない。

そこで本研究は、地区レベルの非エリート・大学サッカー選手を対象に、競技レベルと認知機能の関係を明らかにすることを目的とした。本研究は、ストループ課題、TMT、フランカー課題を用いることで、実行機能の中でも「抑制」や「認知的柔軟性」を含む認知機能について検討した。これらの実行機能の下位機能はオープンスkill種目であるサッカーにおいて重要な機能であり、パフォーマンスに大きく影響することが考えられる。

II 方法

1. 参加者

参加者は地区リーグII部の私立大学サッカー部に所属する男子大学生20名であった。本研究では実験実施年度の地区リーグ戦試合先発出場の割合からスターティングメンバー群（以後スタメン群）11名とサブメンバー群（以後サブメン群）9名に分け、データ分析を行った。20名の参加者の身体的特徴は表1に示した。参加者の健康状態は良好であり、神経疾患や精神疾患の既往歴のある者はいなかった。すべての参加者に対して、事前に実験の目的、方法などを詳細に口頭と書面で説明し、実験参加の同意を得た。また、本実験は亜細亜大学：人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て実施された。

表1 参加者の身体的特徴

	スタメン群 (n=11)	サブメン群 (n=9)
年齢 (歳)	19.8 ± 0.6	20.0 ± 0.5
身長 (cm)	175.3 ± 5.3	171.1 ± 6.1
体重 (kg)	68.5 ± 5.5*	61.9 ± 6.8
体脂肪 (%)	15.1 ± 2.3	12.2 ± 4.4
競技歴 (年)	10.6 ± 2.0	9.1 ± 3.5
平均±標準偏差		*p < 0.05; vs サブメン群

2. 手順

本研究の認知機能テストは、ストループ課題、TMT、SRT 課題とフランカー課題を実施した。ストループ課題は文字条件、色条件、不一致条件の3条件で構成した(図1)。文字条件は黒インクで書かれた4色名(あか、あお、きいろ、みどり)を読み上げるものであった。色条件は、4色(あか、あお、きいろ、みどり)のインクで書かれた無意味な文字列「XXX」の色を読み上げるものであった。不一致条件は、色名とインク色が一致しない文字(例:赤インクで書かれた「あお」)のインク色を読み上げるものであった。いずれの条件においても文字列はA4用紙に120個(20個×6行)提示され、参加者は45秒間でできるだけ速く、正確に読み上げるように教示された。なお、参加者が45秒以内にすべての文字を読み終えた場合は、1行目に戻って読み上げるように指示した。練習試行は6行目の20個の読み上げとし、いずれの条件の前にも練習試行を設けた。3条件の実施順序は参加者間でランダムとした。ストループ課題のパフォーマンスは、各条件において読み上げられた文字数(個)で評価された。

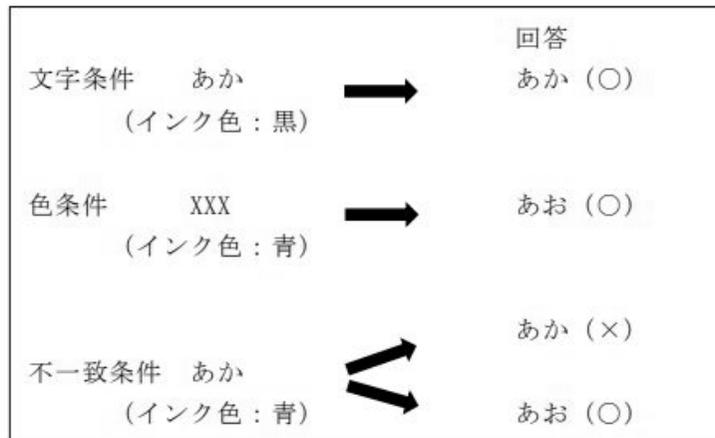


図1 ストループ課題の3条件における回答の正誤例

TMTはPart A (TMT-A)とPart B (TMT-B)の2つの条件で構成した(図2)。TMT-Aは、A4用紙(横向き)に1から26までの数字がランダムに記載されており、1から順番に線で結ぶテストであった。TMT-Bは、同様の用紙に1から13までの数字と「あ」から「し」までの平仮名がランダムに記載されており、数字と平仮名を交互に順番に線で結ぶ(1-あ-2-い-3-う-...)のものであった。参加者にはできるだけ速く、正確に行うように教示し、課題遂行時間をストップウォッチで計測した。なお、ストループ課題、TMTはクラブハウス内で全員一斉に実施した。

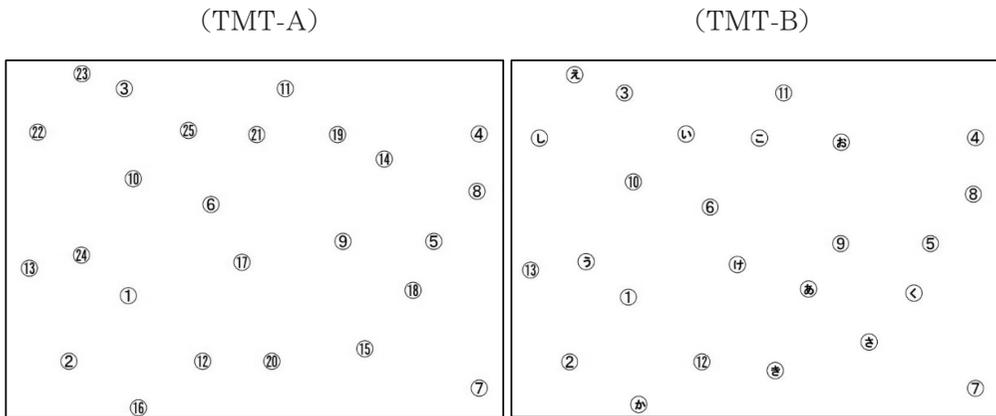


図2 TMTの検査用紙(例)

SRT課題とフランカー課題は、参加者の眼前80cmに設置された19インチのパソコン用モニター(背景色:黒色)に白色の不等号で配置された視覚刺激がランダム順に提示された。視覚刺激は中央に標的刺激、その両隣に妨害刺激が配列され、標的刺激と妨害刺激が一致している一致試行(<<<<<、>>>>>)と一致していない不一致試行(<<><<、>><>>)で構成された。視覚刺激の提示時間は500ms、刺激間隔は2000ms~4000msでランダムとした。

SRT課題では、参加者は提示された標的刺激の向きに関わらず、できるだけ早くかつ正確にボタン押し反応をするように指示した。参加者は10試行の練習を実施した後、右手で右ボタン15試行、左手で左ボタン15試行のSRT課題を行った。

フランカー課題では、参加者は提示された標的刺激の向きに応じた手(「<」は左手、「>」右手)で、できるだけ早くかつ正確にボタン押し反応をするように指示した。参加者は10試行の練習を実施した後、60試行のフランカー課題を行った。フランカー課題の一致試行と不一致試行の提示確率は50%ずつであった。SRT課題とフランカー課題における行動指標としてRTが計測された。またフランカー課題においてはエラー率も計測した。なお、SRT課題では一致試行と不一致試行を区別せずに行動指標を分析するのに対し、フランカー課題では、一致試行と不一致試行で課題の性質が異なるため、試行ごとの行動指標の分析が行われた。RT及びエラー率は左右の平均を算出しデータとした。なお、SRT課題とフランカー課題は、1人ずつ実験室で実施し、実施順序は参加者でランダムに行った。またSRT課題とフランカー課題は、ストループ課題とTMT実施日とは異なる日かつ3週間以内の日に実施した。

3. 統計処理

各変数の測定結果は、平均±標準偏差で示した。参加者の特徴、SRT課題のRTに対しては、群間において対応のないt検定を行った。また、ストループ課題については、群と条件(文字条件、色条件、不一致条件)の2要因による分散分析を行った。

主効果が認められた時には、群の要因についてはt検定を、試行の要因については多重比較を実施することとした。TMTについても群と課題（TMT-A、TMT-B）の2要因による分散分析を行った。主効果が認められた時には、群の要因については対応のないt検定を、課題の要因については対応のあるt検定を実施することとした。フロンカー課題のエラー率及びRTについても群と試行（一致試行、不一致試行）の2要因による分散分析を行った。主効果が認められた時には、群の要因については対応のないt検定を、試行の要因については対応のあるt検定を実施することとした。分散分析に際し、モークリーの球面性検定を行い、球面性が棄却された時には、Greenhouse-Geisserのイプシロン（ ϵ ）を用いて自由度、有意確率を再計算することとした。有意水準は5%未満に設定した。統計処理にはIBM SPSS Statistics Ver.21.0を用いた。

III 結果

1. ストループ課題

ストループ課題の結果を表2に示した。ストループ課題については、群と条件（文字条件、色条件、不一致条件）の2要因による分散分析を行った結果、条件 [F (2,36) =128.60, p<0.001] にのみ主効果が認められた。条件に関して多重比較を行った結果、文字条件の成績は、色条件及び不一致条件に比べて有意に高かった。さらに色条件の成績も不一致条件に比べて有意に高かった。

表2 ストループ課題の成績

	文字条件 (個)	色条件 (個)	不一致条件 (個)
スタメン群 (n=11)	140.5 ± 14.1	119.5 ± 8.8	101.8 ± 11.7
サブメン群 (n=9)	142.1 ± 19.8	123.1 ± 14.7	99.1 ± 16.9
合計 (n=20)	141.2 ± 16.5 ^{#, †}	121.1 ± 11.6 [†]	100.6 ± 13.9

平均±標準偏差

[#]p < 0.001 ; vs. 色条件、[†]p < 0.001 ; vs. 不一致群

2. TMT

TMTの結果を表3に示した。TMTについては、群と条件（TMT-A、TMT-B）の2要因による分散分析を行った結果、課題 [F (1,18) =27.42, p<0.001] にのみ主効果が認められた。課題に関して対応のあるt検定を行った結果、TMT-Aの成績は、TMT-Bに比べて有意に速かった。

表3 TMTの成績

	TMT-A(S)	TMT-B(S)
スタメン群 (n=11)	43.2 ± 7.5	59.7 ± 15.5
サブメン群 (n=9)	47.5 ± 16.2	67.1 ± 21.4
合計 (n=20)	45.1 ± 12.0 [#]	63.0 ± 18.3
平均±標準偏差		[#] p < 0.001 ; vs.TMT-B

3. SRT 課題における RT

SRT 課題における RT については、スタメン群 204.6 ± 21.8ms、サブメン群 208.0 ± 16.4ms であった。群間において対応のない t 検定を行った結果、群間に有意な差は認められなかった。

4. フランカー課題におけるエラー率と RT

各群におけるフランカー課題の一致試行及び不一致試行のエラー率、RT は表 4 に示した。エラー率について群と試行（一致試行、不一致試行）の 2 要因による分散分析を行った結果、試行 [F (1,18) =114.83, p<0.001] にのみ主効果が認められた。試行に関して対応のある t 検定を行った結果、一致試行のエラー率は、不一致試行に比べて有意に少なかった。

RT については、群と試行（一致試行、不一致試行）の 2 要因による分散分析を行った結果、試行 [F (1,18) =79.56, p<0.001] にのみ主効果が認められた。試行に関して対応のある t 検定を行った結果、一致試行の RT は、不一致試行に比べて有意に速かった。

表4 フランカー課題の結果

	エラー率 (%)		RT (ms)	
	一致試行	不一致試行	一致試行	不一致試行
スタメン群 (n=11)	1.8 ± 3.1	15.5 ± 8.2	304.6 ± 21.2	364.1 ± 27.0
サブメン群 (n=9)	1.1 ± 1.7	17.0 ± 6.5	318.7 ± 32.0	377.9 ± 47.1
合計 (n=20)	1.5 ± 2.5 [#]	16.2 ± 7.4	311.0 ± 26.8 [#]	370.3 ± 37.0
平均±標準偏差				[#] p < 0.001 ; vs. 不一致試行

IV 考察

本研究は、競技レベルの違いが実行機能を含む認知機能に及ぼす影響を明らかにす

るため、地区リーグに所属する大学サッカー部のスタメン群とサブメン群を対象に SRT 課題、ストループ課題、TMT、フランカー課題を実施し比較した。

本研究における各課題には条件、試行間には主効果が見られた。ストループ課題では文字条件<色条件<不一致条件の順序で課題の難易度の違いが示唆された。また TMT では TMT-B が TMT-A に比べて難易度が高いことが示唆された。さらにフランカー課題では、不一致条件が一致条件に比べて難易度が高いことが示唆された。これらの結果は先行研究通りであり、実行機能を評価する内容の課題として問題のない内容であったと考えられる。

SRT 課題における RT には、群間に有意差は認められなかった。東浦 (2019) はスポーツ競技者、非競技者、脱競技者を対象に SRT 課題を行った結果、いずれの群においても RT に違いがみられないことを報告した。これは、長期運動トレーニングは認知処理要求度の低い SRT 課題のパフォーマンスに影響を及ぼさないことを示唆しているものである。また、Nakamoto & Mori (2008) も野球競技者と陸上競技者・体操競技者を対象に SRT 課題を行った結果、両群に RT の差がみられないことを報告した。本研究結果もそれらを支持するものである。本研究においては両群ともサッカー競技者であり、競技歴に大きな差が認められないため、長期運動トレーニングの影響にも大きな影響が認められず、先行研究と同様の結果となったことが推察される。

ストループ課題における文字条件、色条件、不一致条件のいずれにも群間に有意差は認められなかった。ストループ課題の文字条件と色条件は、それぞれ文字と色に関する刺激弁別課題であり、認知処理要求度の低い認知機能を反映する。一方、不一致条件は、優勢反応である文字の読みと劣勢反応であるインク色の色名との間に干渉が生じる。したがって正確に速く読み上げるためには、その干渉を抑制する必要がある、不一致条件は文字条件及び色条件に比べて抑制の要求度が高く、実行機能の抑制を反映する。本研究においては、認知処理要求度が低い条件、実行機能の抑制を反映する条件、すべてに群間差が認められず、技能レベルの違いはそれらに影響しない結果となった。Arito & Oguri (1990) は、陸上競技者（短距離・投擲）と非競技者を対象に、「抑制」の要求度が低い S1（予告刺激）-S2（反応刺激）パラダイムによる単純反応課題と選択反応課題を実施した。その結果、陸上競技者群は非競技者群に比べてすべての課題で RT が有意に速かった。したがって、陸上短距離選手や投擲選手のようにスピードやパワーを高めるトレーニングを繰り返し行うことは、比較的単純で認知要求度の低い認知課題のパフォーマンスを高める可能性は考えられる。また東浦(2019)は、非エリート・ユースサッカー選手において、体力テスト・スキルテスト・認知テストを実施した結果、20m 走タイムとストループ課題の色条件の成績に有意な負の相関関係が認められ、文字条件の成績とは負の相関傾向があることを報告した。また、サッカーの有酸素能の指標とされる Yo-Yo IRT の成績とストループ課題の色条件・不一致条件の成績に有意な正の相関関係があることも報告している。有酸素能と実行機能の抑制との関係については、児童を対象とした研究がなされており、有酸素能の高い児童は、低い児童に比べて認知機能の抑制が優れていることが示されている

(Chaddock et al. 2010)。これらのことから、認知機能の比較をする際には、ある程度の体力水準を考慮する必要があると考える。しかしながら、本研究の実験では、体力テストを実施しておらず、スタメン群とサブメン群の体力水準については明らかでない。また、参加者は成人男性であり、有酸素能と認知機能の関係性については、さらなる検討が必要である。

TMTにおけるTMT-AとTMT-Bのいずれにも群間に有意差は認められなかった。TMTは、Army individual test batteryの一部で注意の選択機能や転換性を評価する尺度として用いられており、注意機能の検査法として確立している(Lezak 1995; Tombaugh TN 2004)。TMTは運動速度に加え、視覚探索や注意、作業記憶、認知的柔軟性など、認知機能を構成する複数の下位機能に関連することが知られている(Laere et al. 2018)。その中でもTMT-Aは視覚探索や注意、作業記憶に関する視覚情報処理速度を(Laere et al. 2018)、TMT-Bは認知的柔軟性を反映することが報告されている(Kortte et al. 2002)。永田ら(2021)は運動系部活動に所属する児童と非運動系部活動に所属する児童にTMTを実施した結果、TMT-A及びTMT-Bにおいて運動系部活動群が非運動系部活動群比べて回答時間が有意に短いことを報告した。また、小垣ら(2020)も身体活動量が多い児童と少ない児童に対してTMTを実施した結果、女兒において身体活動量とTMTが示す認知的柔軟性との間に有意な関連が認められたことを報告している。運動、身体活動量が認知的柔軟性に何らかの影響を及ぼす可能性は認められているということである。本研究におけるスタメン群、サブメン群は日々一緒に部活動を実施しており、部活動における活動内容には大きな差は認められない。しかしながら有酸素能力等には個人差があり、運動量・身体活動量には差が認められる可能性は考えられるが、本実験では測定をしていない。本結果に有意な差が得られなかったことについてはやはり有酸素能力の違いによる身体活動量の影響も考えられるため、今後のさらなる検討が必要である。

フランカー課題におけるエラー率並びにRTは、一致試行及び不一致試行で群間に有意な差は認められなかった。フランカー課題の不一致試行は、中央の標的刺激の両隣に妨害刺激がある(>><>>、>><>>)。不一致試行に対して正確かつ速く反応するためには、妨害刺激によって生じる干渉を抑制しなければならず、実行機能の「抑制」(いらぬ情報を排除して注意を維持すること)が要求される。東浦(2019)はスポーツ競技者、非競技者、脱競技者を対象にフランカー課題を行った結果、正反応率には群間差はみられなかったが、RTにおいては、一致試行及び不一致試行の両方で、競技者群及び脱トレーニング群が非競技者群に比べて有意に短いことを報告した。このことより10年以上にわたる長期運動トレーニングは実行機能の「抑制」を向上させることが示唆された。さらに一致試行に有意な差がみられたことから長期運動トレーニングによるポジティブな効果は、実行機能の「抑制」に対してだけでなく、不等号の向きを弁別する比較的単純な認知機能にもみられると推察した。本研究のスタメン群、サブメン群は、両群とも競技歴が10年ほどであり、長期運動トレーニングの影響が同様に出たために、有意な差が出なかったことが考えられる。また、

Chaddock et al. (2010) はフランカー課題を用いて児童の有酸素能と実行機能の「抑制」の関係性を調査した。その結果、有酸素能が高い児童は低い児童に比べて「抑制」が優れていることが示唆された。さらにこの研究では、核磁気共鳴画像法を利用して大脳基底核の体積を計測し、有酸素能の高い児童の方が大脳基底核の背側・腹側線条体の体積が大きいことも報告している。大脳基底核の背側線条体は実行機能の中心的役割を担う前頭前野 (Miller & Cohen 2001) との線維連絡を有し、この線維連絡は「抑制」を含む実行機能と関連していることが示唆されている (Vink et al. 2014)。また背側線条体はフランカー課題や本研究で用いたストループ課題の遂行に必要な反応の準備、開始、切り替えに重要な役割を果たしていると考えられている (Aron et al. 2009)。本研究における実験参加者は成人男性であり、両群ともに長期の運動トレーニングで大脳基底核の背側・腹側線条体が器質的に大きくなっている可能性があり、そのため群間差は認められないことは推察される。また有酸素能については本実験では計測していないため、言及することができない。

本研究では全ての課題において群間に有意な差は認められなかった。これは本研究では地区レベルの非エリート・成人サッカー選手においては、運動技能と認知機能（実行機能）の間には関係性、関連性が認められなかったということである。先行研究では瞬発的な体力や有酸素能が認知機能に影響を及ぼしている可能性を示唆しているものが複数あり、体力要素を一緒に検討する必要性が求められる。しかしながら、本研究では体力テスト、スキルテストを実施しておらず、その点については本研究の限界点である。またスタメン群、サブメン群の群分けは実験実施年度の出場実績で分類したが、サッカーにおいてはポジション特性や戦術特性により選手の選択が異なり、身長・体重といった形態も相まって、スタメン、サブメンの構成は大きく変わる可能性も十分考えられる。本実験の参加者はほとんどが長期にわたってサッカーのトレーニングを継続してきたものであるため、すべての参加者に長期運動トレーニングの影響が加わっていることが考えられるが、体力面、スキル面への影響と認知機能への影響がどのように関連するかについては不明であり、今後の課題であると考えられる。

V まとめ

本研究は、地区レベルの非エリート・大学サッカー選手を対象に、競技レベルと認知機能の関係を明らかにすることを目的とした。本研究は、ストループ課題、TMT、フランカー課題を用いることで、実行機能の中でも「抑制」や「認知的柔軟性」を含む認知機能について検討した。これらの実行機能の下位機能はオープンスキル種目であるサッカーにおいて重要な機能であり、パフォーマンスに大きく影響することが考えられる。

- ① SRT 課題における RT は、群間に有意な差は認められなかった。
- ② ストループ課題における文字条件、色条件、不一致条件のいずれにも群間に有意差は認められなかった。
- ③ TMT における TMT-A と TMT-B のいずれにも群間に有意差は認められなかった。

④フロンカー課題におけるエラー率並びに RT は、一致試行及び不一致試行で群間に有意な差は認められなかった。

本研究では全ての課題において群間に有意な差は認められなかった。これは地区レベルの非エリート・成人サッカー選手においては、運動技能と認知機能（実行機能）との間には関係性、関連性が認められなかったということである。先行研究では瞬発的な体力や有酸素能が認知機能に影響を及ぼしている可能性を示唆しているものが複数あり、体力要素を一緒に検討する必要性が求められる。しかしながら、本研究では体力テスト、スキルテストを実施しておらず、実験参加者をスタメン群、サブメン群に分けることで技能レベルの差を見出している。このスタメン群、サブメン群の群分けは実験実施年度の出場実績で分類したが、サッカーにおいてはポジション特性や戦術特性により選手の選択が異なり、身長・体重といった形態も相まって、スタメン、サブメンの構成は大きく変わる可能性も十分考えられる。本実験の参加者はほとんどが長期にわたってサッカーのトレーニングを継続してきたものであるため、すべての参加者に長期運動トレーニングの影響が加わっていることが考えられるが、体力面、スキル面への影響と認知機能への影響がどのように関連するかについては不明のままであり、今後の課題である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP21K11404 の助成を受けて行われた。

《参考文献》

- 秋山幸代、西平賀昭、八田有洋、麓正樹、金田健史、時任真一郎、下田政博. 長期的な運動経験が事象関連電位に及ぼす影響. 体力科学 49(2):267-276,2000.
- Arito H, Oguri M. Contingent negative variation and reaction time of physically-trained subjects in simple and discriminative tasks. *Ind Health* 28(2):97-106,1990.
- Aron AR, Poldrack RA, Wise SP. Cognition: basal ganglia role. In Squire LR (ed.): *Encyclopedia of Neuroscience* (pp 1069-1077) vol 2, Oxford: Academic Press, 2009.
- Chaddock L, Erickson KI, Prakash RS, VanPatter M, Voss MW, Pontifex MB, Raine L B, Hillman CH, Kramer AF. Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Dev Neurosci* 32(3):249-256,2010.
- Delpont E, Dolisi C, Suisse G, Bodino G, Gastaud M. Visual evoked potentials:differences related to physical activity. *International Journal of Sports Medicine* 12:293-298,1991.
- Diamond A. Executive functions. *Annu Rev Psychol* 64:135-168,2013.

- doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750.
- 東浦拓郎、多賀健. 非エリート・ユースサッカー選手における認知機能と体力・ドリブル技術の関係. 亜細亜大学学術文化紀要 36:81-94,2019.
- 東浦拓郎. 長期運動トレーニングと脱トレーニングが実行機能に及ぼす影響. 亜細亜大学学術文化紀要 35:113-128,2019.
- Iwadate M, Mori A, Ashizuka T, Takayose M, Ozawa T. Long-term physical exercise and somatosensory event-related potentials. *Exp Brain Res* 160(4):528-337,2005.
- 小垣匡史、伊佐常紀、村田峻輔、坪井大和、奥村真帆、松田直佳、河原田里果、内田一彰、中塚清将、堀邊佳奈、小野玲. 児童期後期における外遊びと遂行機能の関連. *運動疫学研究* 22 (1):5-12,2020.
- Kortte KB, Horner MD, Windham WK. The trail making test, part B: cognitive flexibility or ability to maintain set? *Appl Neuropsychol* 9(2):109-109,2002.
doi: 10.1207/S15324826AN0902_5.
- Kuroiwa K, Okabe S, Nishihira Y, Sakemoto N, Fukumoto H. Characteristics of event-related potentials during focusing on somatosensory stimulation in athletes. *Advances in Exercise and Sports Physiology* 26(1): 7-14, 2020.
- Laere E, Tee SF, Tang PY. Assessment of cognition in schizophrenia using Trail Making Test: A Meta-Analysis. *Psychiatry Investig* 15(10):945-955,2018.
doi: 10.30773/pi.2018.07.22.
- Lezak MD. *Neuropsychological Assessment, Third Edition*. Oxford University Press New York. 381-384,1995.
- Mann DT, Williams AM, Ward P, Janelle CM. Perceptual-cognitive expertise in sport : a meta-analysis. *J Sport Exerc Psychol* 29(4):457-478,2007.
- Miller EK, Cohen JD. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annu Rev Neurosci* 24:167-202,2001.
- Nakamoto H, Mori S. Effects of stimulus-response compatibility in mediating expert performance in baseball players. *Brain Res* 1189:179-188,2008.
- 森口祐介. 実行機能の初期発達、脳内機構及びその支援. *心理学評論* 58(1),2015.
- 永田康喜、具志堅武、酒本勝太、鈴川一宏. 運動系部活動への参加が遂行機能に与える影響：A 小学校の4年生からの検討. *運動とスポーツの科学* 26 (2):103-110,2021.
- Scharfen HE & Memmert D. The relationship between cognitive functions and sport-specific motor skills in elite youth soccer players. *Front Psychol* 10: 817, 2019.
doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00817.
- Tombaugh TN. Trail Making Test A and B: normative data stratified by age and education. *Archives of Clinical Neuropsychology* 19(2):203-214,2004.
doi: 10.1016/S0887-6177(03)00039-8.

鶴岡英吉、笠井恵雄、多和健雄、岩田敦. 選択刺激による反応動作の分析的研究. 体育学研究 8:49-54,1965.

Vestberg T, Gustafson R, Maurex L, Ingvar M, Petrovic P. Executive functions predict the success of top-soccer players. PLoS One 7(4): e34731(1-5),2012.
doi: 10.1371/journal.pone.0034731. Epub 2012 Apr 4.

Vink M, Zandbelt BB, Gladwin T, Hillegers M, Hoogendam JM, van den Wildenberg WP, Du Plessis S, Kahn RS. Frontostriatal activity and connectivity increase during proactive inhibition across adolescence and early adulthood. Hum Brain Mapp 35(9):4415-27,2014.
doi: 10.1002/hbm.22483.

