

ジュニア年代におけるサッカーと
実行機能の関係性

16N0004 酒本 勝太

Shota SAKAMOTO

ジュニア年代におけるサッカーと
実行機能の関係性

**The relation between soccer and executive
functions in junior age**

2018年11月

16N0004 酒本 勝太

Shota SAKAMOTO

目次

第1章. 序論

- 1.1 研究の背景
- 1.2 実行機能
- 1.3 実行機能とサッカーの関係性
 - 1.3.1 実行機能とサッカーパフォーマンスの関係性
- 1.4 研究目的

第2章. 研究課題 1

サッカーが子どもの実行機能に与える影響

- 2.1 要約
- 2.2 目的
- 2.3 方法
- 2.4 結果
- 2.5 考察
- 2.6 結論

付記

第3章. 研究課題 2

ジュニアサッカー選手における実行機能

- 3.1 要約
- 3.2 目的
- 3.3 方法

- 3.3.1 被験者
- 3.3.2 実行機能テスト
- 3.3.3 統計処理
- 3.4 結果
- 3.5 考察
- 3.6 結論
- 付記

第4章. 研究課題 3

実行機能テストとサッカーパフォーマンスの評価基準との関連

- 4.1 要約
- 4.2 目的
- 4.3 方法
 - 4.3.1 被験者
 - 4.3.2 サッカーパフォーマンスの評価
 - 4.3.3 Core-EFs および Higher-order EFs の評価
 - 4.3.4 アンケート
 - 4.3.5 実行機能の総合指数 (composite score)
 - 4.3.6 実験の手続き
- 4.4 結果
 - 4.4.1 統計分析
 - 4.4.2 Stroop テスト
 - 4.4.3 DFT
 - 4.4.4 アンケート
 - 4.4.5 実行機能の総合指数 (composite score)とアンケートの相関
- 4.5 考察
- 4.6 結論
- 付記

結章

研究成果のまとめ

今後の研究課題および展望

本研究の限界

謝辞

付記

参考文献

第 1 章 序論

1.1 研究の背景

高齢化社会を迎えている現代において、QOL（Quality of Life）の向上は重要な問題である。QOL向上には生活習慣病からの回避が不可欠であり、運動・スポーツがその予防に大きな役割を果たしていることは周知の事実である。また、運動・スポーツの現場では様々な活動を通して、多くの人たちと会話をするようになるため、青少年にとって運動・スポーツはコミュニケーション能力やリーダーシップの育成、さらには臨機応変に物事に対応する柔軟な思考など心身の健全な発達や社会性などを養うことが期待できる。

では、運動・スポーツによって社会性や柔軟な思考を向上させることができるのだろうか。近年、運動・スポーツが呼吸・循環器系や筋・骨格筋系などの身体的な健康の増進のみならず、中枢神経系、特に脳の認知機能に対しても影響を与えることが考えられている。身体運動と認知障害の関係を調査した研究では、習慣的運動が認知障害を遅らせる、もしくは予防することが示唆されている¹⁾。加齢によって脳は萎縮するが、低強度の運動・トレーニングをするだけでも脳の萎縮は抑制され、さらには脳機能が高まることが報告されている。運動習慣のない高齢者を対象にウォーキングを導入させた実験では、脳の中の海馬の体積が大きくなり、記憶力が向上したことが示されている²⁾。

また、運動・スポーツは高齢者のみならず、子どもの脳の認知機能に対しても影響があることが近年の研究から明らかにされつつある。Castelli³⁾は、有酸素能力が高い子どもほど国語や算数の学力テストの点数が高かったことを報告している。また、Kamijo⁴⁾は、小学生を対象に放課後を利用して運動教室を週5日9ヶ月間にわたり実施したところ、体力の向上（有酸素能力向上）が子どもの認知機能を改善させたことを報告している。さらに、Hillman⁵⁾は、運動プログラムに参加した子ども達の方が、認知機能がより向上したことを報告しており、また、運動プログラム参加群の方が実行機能テスト中の脳活動が大きいことを報告している。

これらの先行研究の他にも、習慣的運動と認知機能の関係性についての報告は多くされていることから⁶⁻⁸⁾、運動・スポーツはさまざまな認知機能を改善させることが考えられる。さらに、運動・スポーツが脳の認知機能に与える効果は認知機能の中でも高次認知機能である実行機能に対して顕著であることが明らかにされている^{9,10)}。

1.2 実行機能

「認知」とは、物事を認識すること、生物が対象の知識を得るために外界の情報を能動的に収集し、それを知覚・記憶しさらに推理・判断を加えて処理する過程と定義されている¹¹⁾。その中で実行機能とは、他の認知機能が目的に沿って正しく機能することを監視する司令官的な存在であるといわれている。実行機能については、研究者によってその捉え方が少し異なる場合があるが¹²⁻¹⁴⁾、課題目標に即して思考と行動を管理統制する制御メカニズムであるといわれている。そのため、実行機能は認知機能の中でも上位に位置すると考えられており、遂行機能とも呼ばれることがあるが実行機能と同義であり、どちらの用語も同様に使用することができる。なお、本研究では論文の題目に準じて実行機能に統一する。

大脳皮質は大きく前頭葉、頭頂葉、側頭葉、後頭葉の4つに分けられる。その中でも、実行機能は前頭葉、特に前頭前野に存在する。前頭前野は、大脳の前方を占める前頭葉のうち、運動野と運動前野、補足運動野を除いた部分であり、機能的に情動や動機づけに関わる内側部、底面部と高次な認知情報の処理に関わる外側部に大きく分けられる。その中でも、実行機能は外側部が司る高次認知機能のことを指す。

実行機能は Core Executive Function (以下 Core-EFs と略す) と Higher-order Executive Function (以下 Higher-order EFs と略す) に大きく機能を分類することができるといわれている¹⁴⁾。その中でも、Core-EFs は、「抑制」、「ワーキングメモリー」、「認知的柔軟性」から構成されている (図 1-1)。

「抑制」とは、より適切な思考および行動をするときに自分の注意、行動、思考、感情、誘惑などの妨害を制御する能力のことを指す。私たちの行動や言動は、無意識のうちに習慣や環境の変化に依存することが多いため、「抑制」は、どのように反応し、どのように行動するかを調整する上で重要な能力である。つまり、抑制は衝動的な思考や行動をコントロールする能力といえる。また、抑制は大きく干渉抑制と行動の抑制に分けられる。さらに、干渉抑制は注意・焦点の選択能力と認知的抑制能力が存在する。注意・焦点の選択能力とは、例えば、騒音の中から自分が必要としている情報だけを聞き取る時などに、自分が注意を払うべきものを選択する能力のことを指す。特定の刺激を自発的に選択し、目標や意図に基づいてコントロールする能力である¹⁵⁾。認知的抑制能力とは、過去に起きたことを意図的に忘れることや、事前に取得した情報からの望ましくない考えや思い出に抵抗する能力のことを指す。この能力は他のタイプの抑制能力よりも、ワーキングメモリー

との関係性があると考えられている。さらに、抑制には自己制御能力がある。自己制御能力とはセルフコントロールや規律などと関係しており、自分の感情を制御する能力のことを指す。ある誘惑に対して抵抗し、衝動的に行動しないようにコントロールをする時の能力である。

「ワーキングメモリー」とは、ある情報（知覚的に存在していない）を念頭に置いて、他の作業を行う時の能力である^{16,17)}。ワーキングメモリーは、Verbal（言語）ワーキングメモリーと Nonverbal（視空間）ワーキングメモリーの2つのタイプに分けられる。以前に起こったことを思い起こし、後で起こることと関係性を持たせる上で必要な能力であるため、ものごとの意味を理解し、その意味をさらに発展させていく上で重要である。したがって、文章能力や会話の意図や意味を理解する能力であるともいえる。また、頭の中で暗算をすることや、日中を計画的に行動することや、新たな情報を入れたりする（更新する）、今までの情報や自分のアイデア間に関係性を持たせる時に必要な能力でもある。そのため、ワーキングメモリーの能力が低ければ、ものごとを推論することは難しくなるといえる。

「認知的柔軟性」とは、「抑制」と「ワーキングメモリー」の2つの能力に依存する^{18,19)}。認知的柔軟性において重要な点のひとつは、あるものを別の方向、観点・立場から見る能力である。あるものを見る時の視点を変えるためには、以前に見た視点から見たものの認識を「抑制」し、別の視点からみた情報を「ワーキングメモリー」に取り込む必要がある。したがって、「認知的柔軟性」には「抑制」と「ワーキングメモリー」を必要となるといえる。また、認知的柔軟性には、考え方を変える能力が含まれる。ある問題を解決するとき、以前やろうとしていた解決方法がうまくいかない場合に、新しい方法を考え出さなければいけない。認知的柔軟性はこのような状況において必要な能力であり、変化する要求や優先順位を適応させ、はじめに行おうとしていたことをやめ、予期せぬ突然のことに対応する上で重要である。

さらに、以上の Core-EFs の機能が協働し Higher-order EFs が構成されている。Higher-order EFs には「論理的思考」、「問題解決」や「計画の立案（プランニング）」などの機能を成していると考えられている（図 1-1）。Higher-order EFs は特に流動性知能と関係していることがいわれており²⁰⁾、新しい場面や環境などへの適応に必要な能力といえる（図 1-1）。

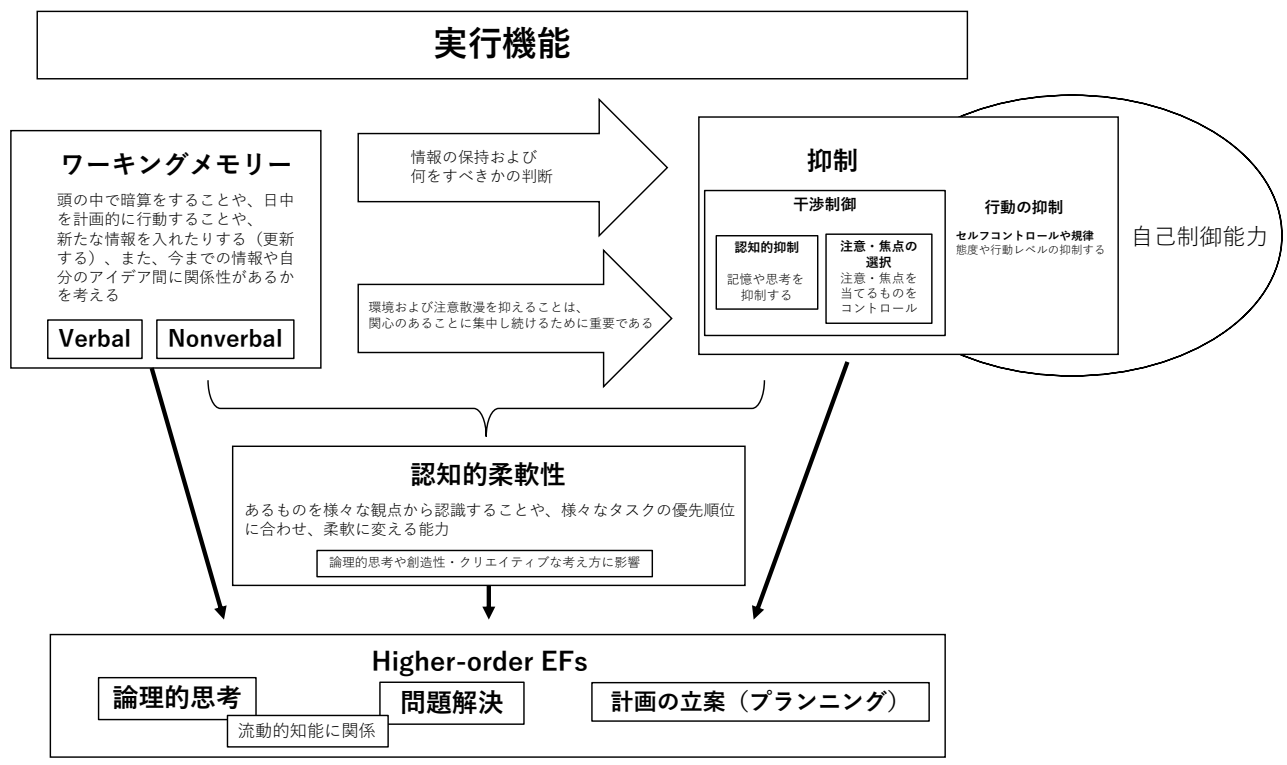


図 1-1 実行機能 (Diamond A. Executive Functions. *Annual Review of Psychology*. 2013;64(1):135-168.をもとに作成)

実行機能は学力との関係²¹⁻²⁴だけでなく、精神的健康²⁵⁻³⁰、薬物依存³¹、仕事や恋愛の成功^{32,33}、過食や肥満^{34,35}、QOL³⁶⁻³⁹など我々の生活に対して重要な役割を果たすことが考えられている（表 1-1）。例えば、幼少期から追跡調査をした研究では⁴⁰、幼少期における自己制御能力が高かった人は、成人（32 歳）になった時の社会的地位、収入、健康状態、犯罪率の程度などにおいて、年収や社会的地位が高く、資産を計画的に運用する傾向があったことを報告している。さらに、自己制御能力が高かった子どもは、健康面においても、循環器系疾患、呼吸系疾患などの疾患や肥満の程度などの点においても優れていたことが報告されている。

これらの知見から、幼少期において実行機能の発達を促進させることは重要であることがいえる。しかし、前頭前野は成熟が最も遅い脳部位の 1 つであるといわれている⁴¹。また、思春期には発達の仕方には性差があるものの⁴²、性的成熟に伴って男女とも前頭葉、特に前頭前野が飛躍的に発達することが示されており、特に、抑制機能とワーキングメモリの能力を著しく向上させることが報告されている^{43,44}。一方、思春期を過ぎると十分に実行機能は機能するようになるものの、加齢と共に前頭前野も老化する。したがって、反応抑制機能などの機能も低下する可能性があり⁴⁵、実行機能の発達を促進させる時期は限られてくることが考えられる。以上のことから、子どもを対象とした運動・スポーツと実行機能の関係性を明らかにすることは極めて重要であるといえる。

表 1-1 実行機能と生活面との関係性

<i>Executive Functions are important in many aspects of life</i>			
Aspect	Relevance	Reference	Definition
Mental health	EFs are impaired in many disorders, including: <ul style="list-style-type: none"> • Addictions • Attention deficit hyperactivity (ADHD) • Conduct disorder • Depression • Obsessive compulsive disorder (OCD) • Schizophrenia 	Baler and Volkow, 2006 Diamond, 2005; Lui and Tannock, 2007 Fairchild et al., 2009 Taylor-Tavares et al., 2007 Penades et al., 2007 Barch, 2005	Self-control : the aspect of inhibitory control that involves resisting temptations and not acting impulsively or prematurely
Physical health	Poor EFs are associated with obesity, overeating, substance abuse, and poor treatment adherence	Crescioni et al., 2011; Riggs et al., 2010	Working memory : holding information in mind and mentally working with it (e.g., relating one thing to another, using information to solve a problem)
Quality of life	People with better EFs enjoy a better quality of life	Brown and Landgraf, 2010; Davis et al., 2010	Cognitive flexibility : changing perspectives or approaches to a problem, flexibility adjusting to new demands, rules, or priorities (as in switching between tasks)
School readiness	EFs are more important for school readiness than are IQ or entry-level reading or math	Blair and Razza, 2007	
School success	EFs predict both math and reading competence throughout the school years	Borella et al., 2010; Duncan et al., 2007; Gathercole et al., 2004	
Job success	Poor EFs lead to poor productivity and difficulty finding and keeping a job	Bailey, 2007	
Marital harmony	A partner with poor EFs can be more difficult to get along with, less dependable, and/or more likely to act on impulse	Eakin et al., 2004	
Public safety	Poor EFs lead to social problems (including crime, reckless behavior, violence, and emotional outbursts)	Broidy et al., 2003; Denson et al., 2011	

EFs=Executive Functions

1.3 実行機能とサッカーの関係性

これまで述べてきたように、運動・スポーツは子どもの体力のみならず実行機能の向上を促進することが示唆されている。しかし、運動・スポーツの種類が異なることで技術的・身体的な要素の影響が異なるように、運動・スポーツの種類によって脳の神経系・認知機能に与える効果が異なることが考えられる。

運動・スポーツには多くの種類が存在するが、スポーツは大きくオープンスキルスポーツとクローズドスキルスポーツの2つに分けられる⁴⁶⁾。オープンスキルスポーツとは、サッカーやラグビーなど、仲間や対戦相手などで状況が絶えず変化し、次に起こることを予測するのが難しいスポーツである。クローズドスキルスポーツとは器械体操や陸上競技のように、環境が安定しており、次に起こることを予測することが可能なスポーツのことを指す⁴⁷⁾。スポーツのパフォーマンスを向上させるためには、身体的・技術的要素、さらには精神的要素など「心技体」の様々な要素を向上させることは知られた事実であるが、スポーツの種類により必要なスキルは異なる。例えば、クローズドスキルスポーツでは練習で身につけた動作を本番でも忠実に再現するための能力が必要である。一方で、オープンスキルスポーツではプレーをしている周りの状況が常に変化するため、変化する状況に合わせて判断を変える認知的要素が必要になる。

様々なスポーツの中で、サッカーは最も人気のあるスポーツの1つである。2006年のFIFAによる大規模調査によると、世界の人口の約4%にあたる2億6500万人がサッカーを経験していることが報告されている⁴⁸⁾。オープンスキルスポーツの一つであるサッカーでは、相手チームやチームメイトが動いているため、適切なタイミングや場所においてドリブルやパス、シュートなどの判断が要求される。そのため、周りの状況を把握し、変化する状況に適した行動をするための認知的要素が必要である。どんなに優れた技術やフィジカル能力があっても、タイミングと場所が適切でなければ有効とはいえない。そのため、サッカーでは、チームの戦術を考えながら動き、時には事前にやろうとしていたプレーをやめ、誰もが予想しないような創造性豊かなプレーをする必要がある。このように、複雑な課題に対して、思考や行動を制御し、柔軟に思考する認知的要素は実行機能が担っていることが考えられるため、サッカーは実行機能の要求が高いスポーツの一つだと考えられる。しかし、運動の種類と実行機能の関係性についての研究は数少なく未だ明らかにされていないのが実情である。

1.3.1 実行機能とサッカーパフォーマンスの関係性

スポーツパフォーマンス向上に関する研究の多くでは、テクニックや戦術理解度などの専門的な能力やフィジカル能力などをトップアスリートとアマチュア選手間で比較検討をした研究が多く行われている。これらの研究結果から、トップアスリート選手の方がテクニックに優れ、スプリント能力や間欠性運動能力などでトップアスリートの方が優れていることが示されている^{49,50)}。しかしながら、近年の研究から、オープンスキルスポーツのパフォーマンスを向上させる上では、これらの要素だけでは十分ではないことが報告されている⁵¹⁾。

オープンスキルスポーツにおけるパフォーマンスの関係性についての研究では、動体視力および眼球運動速度や戦術理解度、パターン認識、状況判断能力などの認知的要素に関する研究が多く行われている。サッカー選手を対象にしたボールの到着位置を予測する課題では、トップアスリートは相手の姿勢や体の向きなどを手がかりに、次に起こることの予測をしていることが報告されており、予測にはスポーツの専門的な保有知識が重要であることがいわれている^{52,53)}。さらに、視覚的認知をメタ分析した研究では、トップアスリートの方がより速く正確に反応することができ、より短時間で手がかりを探索できると同時に長い間視覚を固定できることがいわれている⁵⁴⁾。しかし、これらの研究では、異なるスポーツ選手間、または同じ種類のスポーツの選手においても同一のテストが用いられていないため、選手の認知機能を中立的な基準で評価することは極めて困難である。

近年の研究から実行機能はサッカーのパフォーマンスにも影響することが報告されている。Vestberg⁵⁵⁾ は、スウェーデンのサッカー1部リーグに所属している選手と3部リーグに所属している選手間での実行機能テストの結果を比較したところ、1部リーグに所属している選手の方が有意に優れていたことを報告しており、実行機能が優れている選手はサッカーのパフォーマンスが高いことを報告している。この結果からエリートサッカー選手は、サブエリートの相手よりも実行機能の中でも、抑制、認知的柔軟性に優れていることが示唆される。しかしながら、サッカーのパフォーマンスと実行機能の関係性についての研究はほとんどない。さらには、将来的に世界の舞台で活躍する選手を輩出するためには、若い選手に着目することが重要であることが考えられるが、多くの実行機能とサッカーおよびオープンスキルスポーツのパフォーマンスの関係性についての先行研究では20代以上の成人を対象に調査が行われており、ジュニア年代のサッカー選手の実行機能とパフォーマンスについては検討された報告はほとんどない。また、先行研究の多くは、事前

に分類されたグループ（エリート選手およびエリートではない選手、習慣的に運動をしているかの有無など）間の実行機能を比較したものであり、実行機能とサッカーパフォーマンスの関係性については明らかにはされていない。

1.4 研究目的

これまで述べてきたように、実行機能の発達を促進させることは、認知症のなりにくさ、経済的繁栄、健康度合いといった我々の生活の質と強い関係性があることが明らかにされつつある。また、実行機能の向上はオープンスキルスポーツのパフォーマンスにも影響することが示唆されている。したがって、実行機能の向上を促進させる要因を検討することは、一般の方々の健康のみならず選手のパフォーマンス向上に対して重要な示唆を提供するものと思われる。しかしながら、運動の種類による効果の差異については明らかにされていない。また、ジュニア年代（子ども）を対象とした実行機能とオープンスキルのパフォーマンスの関係性については未だ少ないのが実情である。

以上の背景より、本研究ではオープンスキルが要求され、世界中で広く親しまれているスポーツであるサッカーに着目し、ジュニア年代におけるサッカーと実行機能に関する知見を得ることを目的とした。これらの目的を達成するため、以下の研究課題を実施した。

研究課題 1：サッカーが子どもの実行機能に与える影響

研究課題 2：ジュニアサッカー選手における実行機能

研究課題 3：実行機能テストとサッカーパフォーマンスの評価基準との関連

第2章 研究課題1

サッカーが子どもの実行機能に与える影響

2.1 要約

近年の研究から、身体活動が子どもの脳の認知機能、特に実行機能に影響を及ぼしていることが報告されている。しかし、これらの研究は習慣的運動による有酸素能の向上が認知機能の中の実行機能を改善させることを示しているだけであり、どのような運動が子どもの実行機能の発達促進に効果が高いのかは不明である。サッカーのようなオープンスキルスポーツでは認知的思考が必要となるため、サッカーは認知機能に影響することが考えられるがサッカーが認知機能に与える影響を調べた研究はない。そこで、本研究では習慣的に運動をしていない子ども群とジュニアサッカー選手群を対象に Design Fluency Test (DFT)を実施した。その結果、習慣的に運動をしていない子ども群よりもジュニアサッカー選手の方が有意に高い値を示した。この結果から、サッカーは子どもの実行機能にポジティブな影響を与えることが示唆された。

2.2 目的

近年、身体活動が子供の脳の認知機能、特に実行機能に影響を及ぼしていることが報告されている。しかし、運動の種類と実行機能の関係性については明らかにされていない。サッカーのようなオープンスキルスポーツでは認知的思考が必要となるため、サッカーは実行機能に影響与えることが考えられるがサッカーが実行機能に与える影響を調べた研究は数少ない。そこで、本研究ではジュニアサッカー選手群と習慣的に運動をしていない子ども群を対象に Design Fluency Test (DFT)を用いて、習慣的運動、特にサッカーが実行機能に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2.3 方法

2.3.1 対象者

本研究の対象者は小学生 5-6 年生の男女 197 名であった。そのうち、クラブチームに所属をしているジュニアサッカー選手群(以下 GS) 63 名であった。GS は練習を毎週 2-3 日行っており、週末には試合がある練習スケジュールであった。また、習慣的に運動をしていない子ども群(GN)は 108 名であった。なお、GN は体育の授業などの身体活動はあるものの、放課後などで運動・スポーツを行う機会はあまりない子どもたちであった。

被験対象の健康状態については、聴き取り調査を行い、競技の実施に支障をきたす疾病や障害がないことを確認し、対象者および関係者からインフォームドコンセントを得た上で行った。本測定は日常の練習前に測定し、測定前には対象者に測定の主旨および内容、注意点について説明し、対象者の体調やコンディションを考慮した上で測定の同意を得て実施した。

2.3.2 実行機能テスト

Design Fluency Test (以下 DFT と略す)

DFT とは制限時間内で、異なる形をできるだけ多く作成する課題である^{56,57)}。四角の中にある 5 つの点を 4 本の線で結び、できるだけたくさんの異なる形を作らなければならない。このとき、前に作った形と同じものを作ってはいけないため、前に作った形を覚えながら新しい形を作成することが要求される(図 2-1)。この課題では、実行機能の中の「柔軟性」の高さを強く反映していると考えられている。制限時間は 1 分で行われた。同じ形のものや、線が過不足しているものを除いたもののみを計測した。

2.3.3 アンケート

対象者の習慣的な身体活動量を測定するためアンケートを実施した。アンケートは年齢、身長、体重および Physical Activity Questionnaire (Elementary School)を翻訳したものを用いた⁵⁸⁾。アンケート内容は、子ども達に対して、前週一週間の活動について評価させるものであり、体育の時間、昼休み時間、放課後、帰宅後、週末、前週一週間全体の活動状況などが含まれる。主な活動時間は 1) 体育の時間、2) 授業と授業の間の休み時間、3) 昼休み時間、4) 放課後、5) 帰宅後の 5 つの時間帯に分けられている。それぞれの質問項目

に対する回答は、運動頻度については、(1)していない、(2)1回、(3)2-3回、(4)4-5回、(5)6回以上の5件法であった。また、運動活動の強度については(1)やっていない、(2)ほぼ動いていない、(3)たまに動く、(4)まあまあ激しく、(5)常に激しくの5件法であった。なお、今回の研究でのGNは、体育の時間を除く活動において、運動頻度は週1回の運動以下、運動強度については、ほぼ動いていない子どもをとした。

2.3.4 統計処理

各グループ間のDFTの平均値の差の比較を、対応のないt検定を用いて比較した。なお、有意水準は5%未満とした。

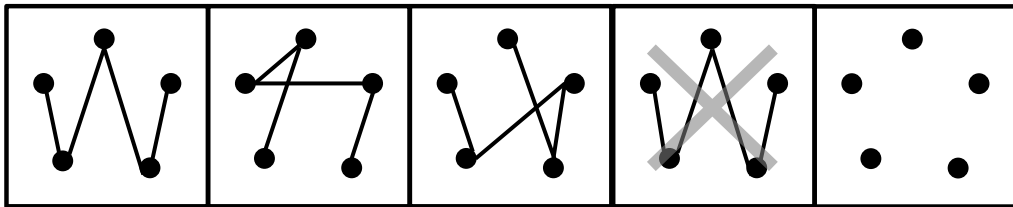
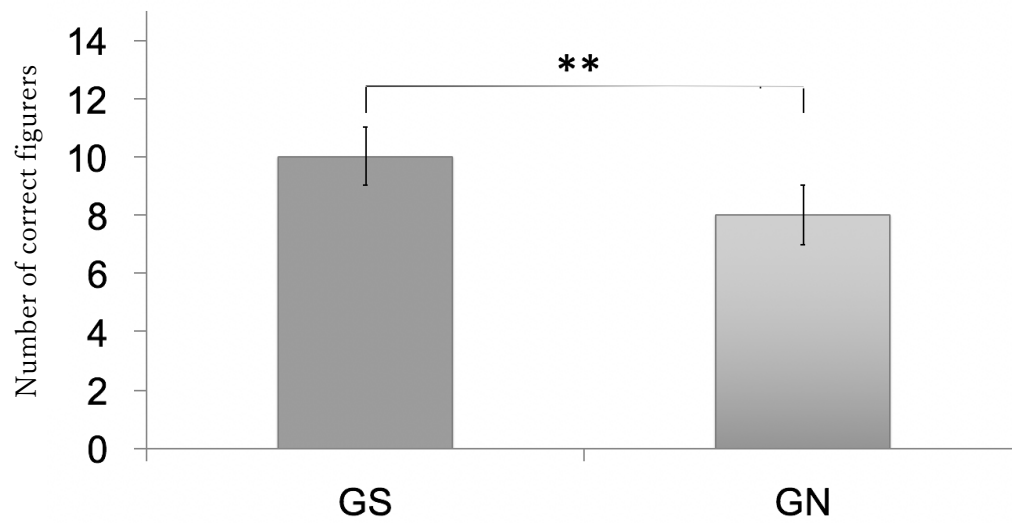


图 2-1 Design Fluency Test (DFT)

2.4 結果

DFTの結果を図2-2に示した。正しい形を作れているデザインの数のカウントしたところ、GSが 10.02 ± 3.37 、GNが 8.00 ± 3.31 であり、GSの方がGNよりも多くの異なるデザインを作ることができていた。また、2つの群間でテスト結果の平均の比較を行ったところ、GSが有意に高い値を示した($t = 3.793, df = 169, p < .001$)。



GS: mean-score: 10.02, SD: 3.37, GN: mean-score: 8.00, SD: 3.31; $t=3.793$, $df=169$, $p<.001$

図 2-2 DFT の結果

2.5 考察

本研究では、サッカーのジュニアサッカー選手（GS）と習慣的に運動をしていない子ども（GN）を対象に実行機能テスト（DFT）を用いて、サッカーのトレーニングが実行機能に影響与えるかどうかを横断的に検討した。その結果、GS 方が GN よりも有意に高い値を示した。本研究で得られた結果は習慣的にサッカーのトレーニングを行なっているジュニアサッカー選手の方が実行機能が優れていたことを示唆するものであり、習慣的運動と実行機能の関係性についての研究と同様の結果となった^{5,59)}。本研究で用いた実行機能テストである DFT は、実行機能の中でも認知的柔軟性、集中、注意力の持続およびワーキングメモリーを測定するものであるが、これらの能力よりも「クリエイティブ・創造性」を測定するものであると言われている^{57,60)}。「クリエイティブ・創造性」は、実行機能の中でも Higher order EFs に含まれる¹⁴⁾。被験者は、DFT 試行中は前に描いた形（古いデータ）から異なる形を制限時間中から考え出すことが要求される。したがって、DFT では Core-EFs よりも Higher order EFs がより要求されるテスト内容になっていると考えられている⁵⁶⁾。以上のことから、本研究の結果から習慣的にサッカーのトレーニングすることで、実行機能の中でも認知的柔軟性および Higher order EFs の向上が促進されることが考えられる。

近年の研究より、一過性の運動後に実行機能が高まることや、中高強度身体活動量、体力・運動能力、スポーツ経験と実行機能の間にポジティブな関係性があること、さらには、長期的な運動の介入が実行機能を向上させることが明らかとなっている。運動が子どもの実行機能に与える効果が無作為比較実験により明らかにした研究において、9ヶ月間の運動介入により子どもの実行機能の Core Executive Functions である抑制、ワーキングメモリー、認知的柔軟性の全てが向上したことが示されている^{4,5)}。しかし、これらの研究では、習慣的運動による有酸素能力の向上が実行機能を改善させることを示したものであるが、どのような運動・スポーツが子どもの実行機能の発達の促進に効果が高いのかは不明であった。Diamond^{61,62)} は、思考を伴わないスポーツ（トレッドミルランニング、エアロバイク、早歩きなど）は高齢者に対しては実行機能にポジティブな影響があるが、子どもに対しては効果が少ないことを報告している。さらに、10歳から13歳の子どもを対象にヨガのトレーニングを行なった研究では、Higher-order EFs の一つである計画性の能力が向上したことを報告している⁶³⁾。これらの知見から有酸素能力を伴う運動・スポ

ーツ活動は必ずしも実行機能の向上を促進するものではないことが考えられる。

運動・スポーツには多くの種類が存在するが、スポーツは大きくオープンスキルスポーツとクローズドスキルスポーツの2つに分けられる⁴⁶⁾。オープンスキルスポーツとは、サッカーやラグビーなど、仲間や対戦相手などで状況が絶えず変化し、次に起こることを予測するのが難しいスポーツである。クローズドスキルスポーツとは器械体操や陸上競技のように、環境が安定しており、次に起こることが予測することが可能なスポーツのことを指す。周知の通り、運動・スポーツの種類が異なれば技術的・身体的な要素は異なってくる。したがって、運動・スポーツの種類が異なることに伴い、技術的・身体的な要素に与える影響が異なるように、運動の種類によって脳の神経系に与える効果も異なってくることは考えられる。オープンスキルスポーツ（テニス選手）とクローズドスキルスポーツ（水泳選手）、習慣的に運動を行わないで群で実行機能（抑制）を比較した研究では、オープンスキルスポーツ選手が他のクローズドスキルスポーツ選手および習慣的に運動を行っていない人群に比べ優れていたことが報告されている⁶⁴⁾。また、Alesi⁶⁵⁾は子どもたち（平均8.8歳）を対象に、6ヶ月のサッカー練習を行う前と、行った後で実行機能とコーディネーション能力がどのように変化しているかを調査した。6カ月後に、サッカーの練習をおこなっていた子どもと特にスポーツ活動をしていなかった子どもたちを比較したところ、サッカーの活動に参加していた子どもは、そうでなかった子どもよりも敏捷性、視空間作業記憶、注意力、計画力、抑制力が向上していたことを報告している。これらの知見から、オープンスキルスポーツであるサッカーは認知的な要素を要求されることが多いスポーツであり、実行機能を促進することが考えられる。

脳トレなどビデオゲームは実行機能向上に影響がないことが報告されている一方⁶⁶⁾、スポーツ活動は楽しみながら認知機能を向上させるものになり得る。実行機能を向上させるための活動は必ずしもサッカーである必要はないが、先行研究および本研究の結果から、環境が絶えず変化し、動きは絶えず適応することを要求されるサッカーは実行機能の発達を促進させることが考えられる。

2.6 結論

本研究課題 1 の成果を以下にまとめる。

- ・ DFT を用いて Higher-order EFs を測定したところ、ジュニアサッカー選手群の方が習慣的に運動をしていない子ども群に比べて有意に優れた値を示した。

- ・ サッカーのようなオープンスキルスポーツを習慣的に行うことで実行機能が向上を促進することが示唆された。

付記

本章の一部は、ACSM American College of Sports Medicine 2017（平成 29 年 5 月）にておいて発表したものであり、本論文の作成にあたり新しい知見を加筆したものである。

第3章 研究課題2

ジュニアサッカー選手における実行機能

3.1 要約

サッカーのようなオープンスキルスポーツでは認知機能が重要とされている。本研究では、Design Fluency Test (DFT)と Trail Making Test (TMT)の2つの実行機能テストを用いて、異なるサッカーパフォーマンスの選手の実行機能を比較検討した。対象者はスペインサッカージュニアリーグ1部（以下 Group 1）と3部（以下 Group 2）に所属するチームの男子サッカー選手29名（年齢： 12.5 ± 0.7 歳）と34名（年齢： 12.5 ± 0.5 歳）とした。DFTでは、Group 1の方がGroup 2に比べ有意に高い値を示していた。一方、TMTではGroup 1の方がGroup 2に比べ有意に低い値を示していた。本研究の結果から、ジュニア年代においてもサッカーのパフォーマンスにCore-EFsおよびHigher-order EFsの実行機能が影響することが示唆された。

3.2 目的

近年の研究より、実行機能が優れている選手はサッカーのパフォーマンスが高いことが示唆されている。しかしながら、サッカーのパフォーマンスと実行機能の関係性についての研究は少ないのが実情である。また、将来的に世界の舞台で活躍する選手を輩出するためには、潜在能力の高い若い選手を見出すことが重要であることが考えられるが、実行機能とパフォーマンスの関係性についての多くの先行研究では 20 代の成人を対象に調査が行われており、ジュニア年代のサッカー選手の実行機能とパフォーマンスについては検討された報告はほとんどない。なお、サッカーはスペインやイタリア、フランスなどのヨーロッパでは人気が高く、また、パフォーマンスのレベルも高いことがいわれている。そこで本研究では、スペインにおけるレベルの異なるカテゴリーに所属する選手たちを対象にして実行機能の特徴を明らかにし、ジュニア年代におけるサッカー選手の実行機能とパフォーマンスの関係性について検討した。

3.3 研究方法

3.3.1 被験者

対象者はスペインサッカージュニアリーグ1部(以下 Group 1)と3部(以下 Group 2)に所属するチームの男子サッカー選手29名(年齢: 12.5 ± 0.7 歳)と34名(年齢: 12.5 ± 0.7 歳)とした(表 3-1)。両チームともに練習は週に2-3日行っており、毎週末に試合がある練習スケジュールであった。

被験対象の健康状態については、聴き取り調査を行い、競技の実施に支障をきたす疾病や障害がないことを確認し、対象者および関係者からインフォームドコンセントを得た上で行った。本測定は日常の練習前に測定し、測定前には対象者に測定の主旨および内容、注意点について説明し、対象者の体調やコンディションを考慮した上で測定の同意を得て実施した。

表 3-1 各グループの選手の特徴

	N	Position – FW/ MF/ DF/GK	Mean age (SD)
Group 1	29	7/6/12/4	12.5 (0.7)
Group 2	34	10/9/12/3	12.3 (0.7)

3.3.2 実行機能テスト

Design fluency test (以下 DFT と略す)

DFT とは制限時間内で、異なる形をできるだけ多く作成する課題である^{56,57)}。四角の中にある5つの点を4本の線で結び、できるだけたくさんの異なる形を作らなければならない。このとき、前に作った形と同じものを作ってはいけないため、前に作った形を覚えながら新しい形を作成することが要求される(図3-1)。この課題では、実行機能の中の「柔軟性」の高さを強く反映していると考えられている。制限時間は1分で行われた。同じ形のものや、線が過不足しているものを除いたもののみを計測した。

Trail Making Test (以下 TMT と略す)

TMT とは高次の注意機能を反映する検査である⁶⁷⁾。TMT では数字やアルファベット(日本語版では平仮名)を昇順にたどることが求められ、数字や文字の認識・精神的柔軟性・注意持続性・視覚的探索力・視覚運動性など様々な能力が必要とされる。TMT は TMT part A (以下 part A) と TMT part B (以下 part B) で構成されている。TMT part A は「1~25」までの数字がランダムに書かれており、被験者は数字をできるだけ速く、間違えないようにつないでいく(図3-2)。part B では、数字とアルファベットがランダムに書かれており「1-A-2-B-3-C」のように数字とアルファベットを交互にできるだけ速く正確につながなくてはならない。なお、part A よりも part B の方がより複雑な認知機能を反映しているので、通常 part B の方が成績の不良な場合が多いことが知られている⁶⁸⁾。本研究では対象者が子どもであることから負担が少ない Part A を採用した。始まりの合図後、番号順に線でつなぎ、つなぎ終わるまで時間を計測した。

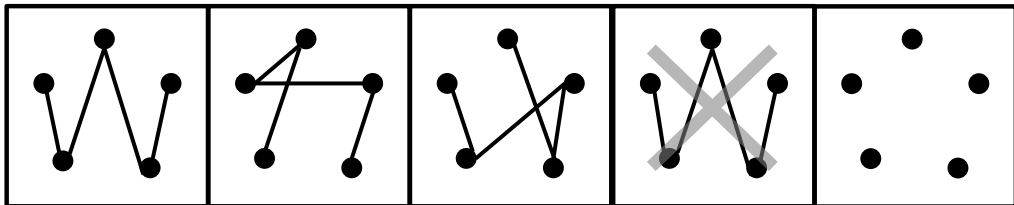


图 3-1 Design Fluency Test (DFT)

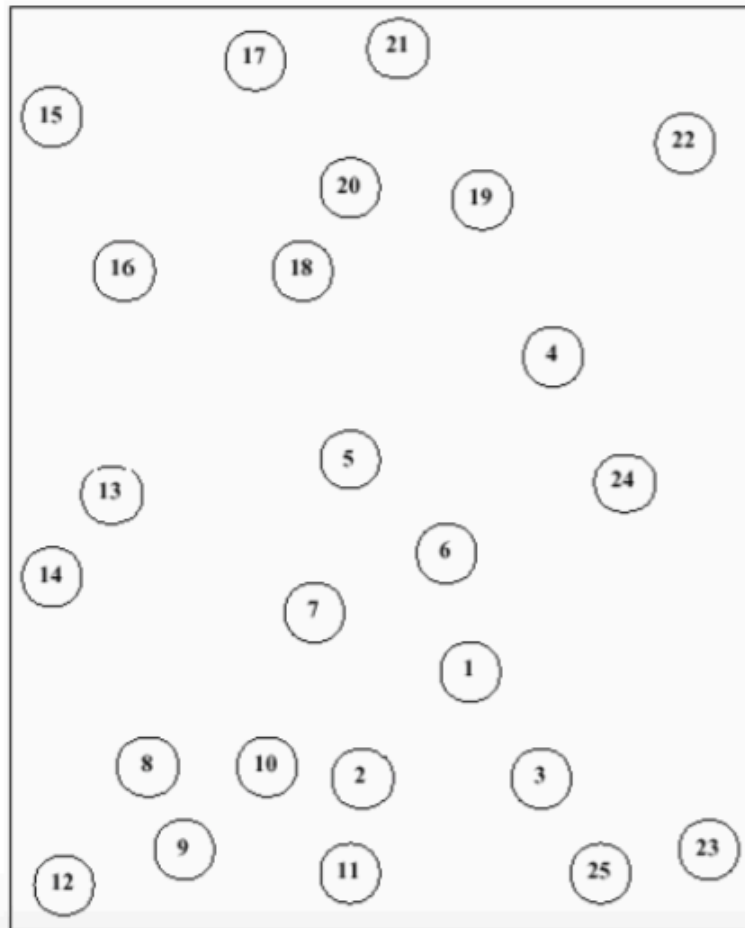


图 3-2 Trail Making Test Part A(TMT)

3.3.3 統計処理

各実行機能テスト間の平均値の差の比較には対応のない t 検定を用いて比較し、効果量 (Cohen's d) を算出した。なお、有意水準は 5%未満とした。

3.4 結果

DFT の結果を図 3-3 に示した。正しい形を作れているデザインの数のカウントしたところ、Group 1 が 11.21 ± 3.51 、Group 2 が 9.00 ± 2.98 であり、Group 1 の方が Group 2 よりも多くの異なるデザインを作ることができていた。また、2 つの群間でテスト結果の平均の比較を行ったところ、Group 1 が有意に高い値を示した ($P < 0.01$)。また、効果量は $d = 0.68$ であった (表 3-2)。

TMT の結果を図 3-4 に示した。TMT では、テストの開始から終了までの時間を計測したところ、Group 1 が 20.14 ± 8.96 (sec)、Group 2 が 29.88 ± 8.60 (sec) であり、Group 1 の方が Group 2 よりも課題を終了する時間が早かった。また、2 群間でテスト結果の平均の比較を行ったところ、Group 1 が有意に低い値を示した ($P < 0.01$)。また、効果量を算出した結果、 $d = 1.11$ であった(表 3-2)。

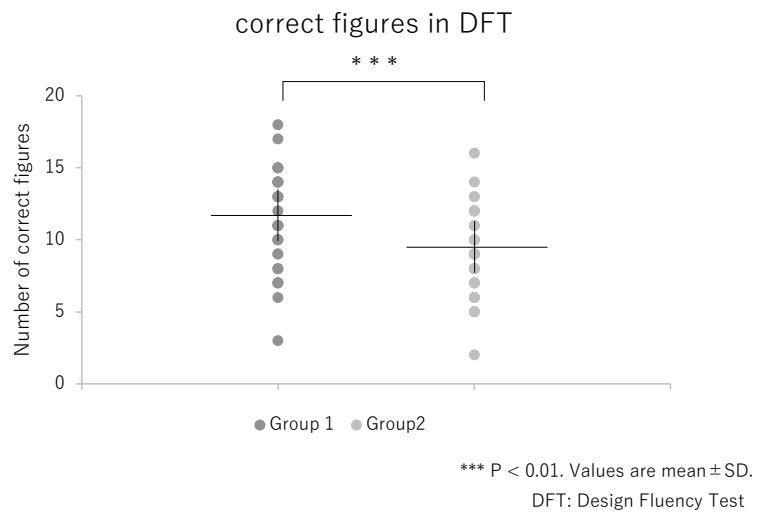


図 3-3 DFT 結果

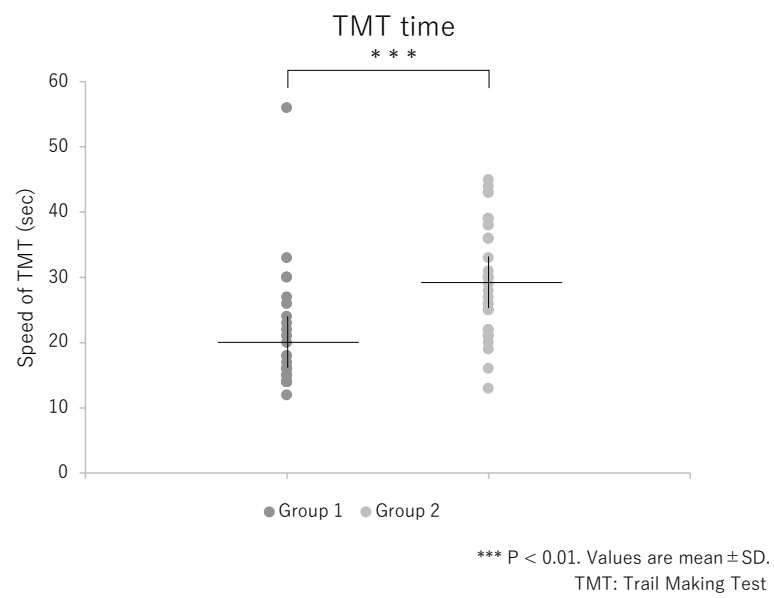


图 3-4 TMT 結果

表 3-2 各グループによる実行機能テストの結果

	Group 1	Group 2		cohen d
DFT	11.21 ± 3.519	9.00 ± 2.985	t(61) = 2.694; ***p = 0.009	0.68
TMT	20.14 ± 8.967	29.88 ± 8.609	t(61) = -4.393; ***p = 0.000	1.11

*** P < 0.01. Values are mean ± SD.

DFT: Design Fluency Test, TMT: Trail Making Test

3.5 考察

本研究では、スペインにおけるレベルの異なるカテゴリーに所属する選手たちの実行機能の特徴を明らかにし、ジュニア年代におけるサッカー選手の実行機能とパフォーマンスの関係性について検討した。2つの実行機能テストを用いてパフォーマンスレベルの異なる Group 1 と Group 2 の比較検討を行った。テストの結果を比較検討したところ、両テストにおいて Group 1 の方が有意に実行機能のテスト結果の値が高かった(図 3-3、図 3-4)。ホッケーやラグビーなどのサッカー以外でのオープンスキルスポーツや、成人を対象にした実行機能とサッカーのパフォーマンスの関係性についての研究結果からも本研究と同様の結果が報告されている^{55,69,70)}。これらの先行研究および本研究の結果から、ジュニア年代においても、サッカーのパフォーマンスが高い選手は実行機能が優れていることが考えられる。

従来、スポーツ心理学の分野では認知機能とパフォーマンスの関係性についての研究が行われている。例えば、トップレベルのプレーヤーとアマチュア選手に対してサッカーの攻撃場面における戦術的局面の判断課題を実施した際、トップレベルのプレーヤーの方がアマチュア選手に比べ、複雑なプレー状況下でより多くの注視対象を広範な情報から視覚探索を行うことができることを報告している⁷¹⁾。また、知覚認知スキルについて検討した研究ではハイレベルの選手の知覚認知的レベルの優位性が報告されている⁵⁴⁾。これらの研究から、パフォーマンスレベルが高い選手は認知機能が優れていることが考えられるが、認知機能そのものを一般的な指標で評価したものではなかった。

サッカーのようなオープンスキルスポーツでは、周りの状況が常に変わり、プレーをしている時は次に起こることが予測することが難しいため、プレー中は常に状況に応じたプレーが要求される。そのため、周りの状況を把握する能力およびワーキングメモリーや抑制などの Core-EFs と認知的柔軟性および創造性の Higher-order EFs を測定することがサッカーのパフォーマンスと実行機能の関係性を明らかにする上で重要と考えられる。そこで本研究では、Core-EFs と Higher-order EFs の両機能を測定するため TMT と DFT を採用した。

本研究で用いた TMT part A は視覚探求性や空間的識別能力・注意を含む右半球大脳皮質機能を計測することができることがいわれており、Weber は、近赤外光イメージング装置 (fNIRS) を用いて TMT part A 施行中の脳機能イメージングについて検討した結果、

両側の前頭連合野の活動が得られたことを報告している⁷²⁾。今回の TMT part A のテスト結果では、Group 1の方が有意に低い値を示していたことから、サッカーのパフォーマンスが高い選手の方がより短い時間で視覚探求ができることが考えられる。

一方、DFTでは認知的柔軟性、ワーキングメモリーなどの Core-EFs を計測することができるともいわれているが⁶⁰⁾、課題では過去のもを覚えながら新しいものをできるだけ速く作成することが要求されるため、認知的柔軟性、ワーキングメモリーなどの Core-EF の認知的柔軟性だけでなく、より高次な認知機能にあたる Higher-order EFs の「創造性」を測ることができるといわれている⁵⁶⁾。したがって、本研究での調査では実行機能の中でも TMT では Core-EFs、DFT では Higher-order EFs の 2つの機能を測定したことが考えられる。本研究の結果では TMT と DFT の両テストの結果において Group1 の値が優れていたことから、Core-EFs および Higher-order EFs の両機能がサッカーのパフォーマンスに影響することを示唆するものである。

3.6 結論

本研究課題3の成果を以下にまとめる。

- ・TMTを用いてCore-EFsを測定したところ、カテゴリーが上のチームに所属している選手たちの方が有意に優れた値を示した。
- ・DFTを用いてHigher-order EFsを測定したところ、カテゴリーが上のチームに所属している選手たちの方が有意に優れた値を示した。
- ・ジュニア年代においても、サッカーのパフォーマンスが高い選手はCore-EFsおよびHigher-order EFsの実行機能が優れていることが示唆された。

付記

本章の一部は、第 23 回日本運動・スポーツ科学学会、(平成 28 年 7 月)において発表し、2018 年 8 月 2 日付で『運動とスポーツの科学』に受理された論文に、新しい知見を加筆したものである。

第4章 研究課題3

実行機能テストとサッカーパフォーマンスの評価基準との関連

4.1 要約

サッカーのようなオープンスキルのスポーツではプレー環境が変化する。したがって、プレーヤーは多くの情報を処理し、短期間で適切なプレーをすることが要求される。サッカーのパフォーマンスを高めるためには、このような思考や行動を調整する実行機能が重要であることが言われている。本研究では、某Jリーグクラブのエリートプログラムへの入団テストに参加するジュニアサッカー選手 497 人（8 歳から 11 歳）を対象に実行機能テストを実施した。入団テストの可否の決定はサッカーの試合時におけるパフォーマンスによって決定されたにもかかわらず、プログラムに合格した選手と不合格選手間で実行機能テスト結果に有意な差が認められた。プログラムに合格した選手は、不合格であった選手よりも実行機能テストで高い値を示した。本研究の結果から、実行機能はサッカーのパフォーマンスに影響することが示唆された。また、実行機能を測定することでパフォーマンスレベル評価できる可能性を示唆した。

4.2 目的

先行研究の多くは、エリート選手およびエリートではない選手、また、ハイレベルのカテゴリのリーグに所属している選手とアマチュアレベルのリーグに所属している選手間など、事前に分類されたグループ間での実行機能を比較したものであった。そのため、実行機能を測定することでパフォーマンスを評価することができるかどうかは明らかにされていなかった。本研究では、8歳から11歳までの某Jリーグクラブのエリートプログラムへの入団テストに参加するジュニアサッカー選手を対象に実行機能テストを実施し、実行機能テストがサッカーのパフォーマンスの指標となるかを検討した。また、実行機能には家庭環境やストレスなどのメンタルヘルスが影響することが言われている。そのため、サッカーのパフォーマンス評価および実行機能テストの他に生活習慣に関するアンケートも実施しこれらの関係性について検討した。

4.3 方法

4.3.1 被験者

表 1 に被験者の特徴を示す。本研究に参加したジュニアサッカー選手の総数は 497 人(6-11 歳)であった。なお、6 歳と 7 歳の選手は、実行機能テストとアンケートの内容を理解するのに十分な言語能力が発達していないことが考えられたため今回の研究からは除外した。したがって、本研究の対象者は 8 歳から 11 歳までの 383 人の男子ジュニアサッカー選手(平均年齢=9.7 歳)を対象とした。対象者はそれぞれの所属チームで数年間のサッカー経験があるものの、サッカーの経験は様々であった。なお研究参加する前には、すべての被験者およびその保護者に対し研究手順について十分に説明を行なった。本研究は日本体育大学倫理委員会の承認を得たものである(承認番号 017-H008)。

表 4-1 被験者の特徴

	all (n = 383)	rejected (n = 187)	approved (n = 196)
	mean ± SD	mean ± SD	mean ± SD
Age (years)	9.7 ± 1.1	9.6 ± 1.1	9.8 ± 1.1
Weight (kg)	30.8 ± 5.4	31.2 ± 5.5	30.4 ± 5.2
Height (cm)	136.9 ± 8.6	137.2 ± 8.8	136.1 ± 8.4
Soccer experience (years)	4.53 ± 1.2	4.4 ± 1.2	4.6 ± 1.3

4.3.2 サッカーパフォーマンスの評価

入団テストに参加した選手の合否は、日本サッカー協会 (JFA) の公式ライセンスを所持している 8 人のコーチがサッカーのパフォーマンスレベルを評価し決定を行った。サッカーのパフォーマンスレベルを評価するために、試合 (50m×30m フィールドサイズ、ゴールキーパーなしで 7 対 7) を行う被験者を観察した。すべての被験者は 10-15 分間の試合を 3 セットプレーした。すべての試合は iPad で記録され、入団テスト後にもパフォーマンスのレベルを確認した。また、合否の決定は 8 人のコーチからの意見の合意によって決定した。なお、実行機能テストとアンケート結果は合否の決定には考慮をせずに決定した。

4.3.3 Core-EFs および Higher-order EFs の評価

Core-EFs

Core-EFs を評価するため、Stroop テストを採用した。Stroop テストは選択的注意力の指標である。Stroop テストでは認知能力の中でも「抑制」と情報処理速度/正確性を測定することが言われている⁷³⁻⁷⁵⁾。Stroop テストでは、ある色とその色名が一致しているか、いないかを被験者に選択させる。例えば、赤色で書かれた「あお」という文字に対して色名を答えさせる課題では、被験者は「あお」という文字の意味に反応しないようにして、「あか」を選択しなければいけない。このように色の命名が不一致の単語情報からの干渉を受ける効果はストループ干渉 (Stroop interference) と呼ばれている。

本研究で用いた Stroop テストは、平仮名で書かれた 5 種類の色名語 (あか、あお、きいろ、みどり、くろ) とそれに対応する 5 色のパッチが使用されており、色 - 単語 (色の意味) 組合せの意味に対応する色のパッチを選択する、もしくは色 - 単語 (色の意味) の組み合わせのインクの色に対応する単語のパッチを選択する課題であった(図 4-1)。課題は全部で 4 つあり、各課題条件の内容と通常の実施条件および方法は次のとおりである。

課題 1 (統制条件) は、黒インクで書かれた文字が意味する色を右側の 5 種の色パッチの中から選び印をつける。課題 2 (逆ストループ条件) は、色・色名不一致語の語が意味する色を右側の 5 種の色パッチの中から選び印をつける。課題 3 (統制条件) は、色パッチのインクの色に対応する色の名語に印をつける。課題 4 (ストループ条件) は、色と色名が不一致語の「インクの色」に対応する色の名語に印をつける。

各課題は、10 問の練習 (10 秒) と 100 問の本テストで構成されている。被験者は、刺激に対応する色または色の単語を、1 分以内にできるだけ迅速かつ正確に印をつけなければいけない。

Higher-order EFs

Higher-order EFs を測定するため、本研究では Design Fluency Test (以下 DFT) を用いた。DFT とは制限時間内で、異なる形をできるだけ多く作成する課題である^{56,57)}。四角の中にある 5 つの点を 4 本の線で結び、できるだけたくさん異なる形を作らなければならない (図 4-2)。このとき、前に作った形と同じものを作ってはいけないため、前に作った形を覚えながら新しい形を作成することが要求される。そのため、この課題では、実行機能の中の「ワーキングメモリー」および「柔軟性」の高さを強く反映していると考えら

れている。制限時間は1分で行われた。同じ形のものや、線が過不足しているものを除いたもののみを計測した。

課題1 統制条件

きいろ					
		✓			

課題2 逆ストロープ条件

みどり					
			✓		

課題3 統制条件

	きいろ ✓	あお	みどり	くろ	あか
--	-------	----	-----	----	----

課題4 ストロープ条件

みどり	みどり	くろ	あか	あお	きいろ ✓
-----	-----	----	----	----	-------

図 4-1 Stroop テスト

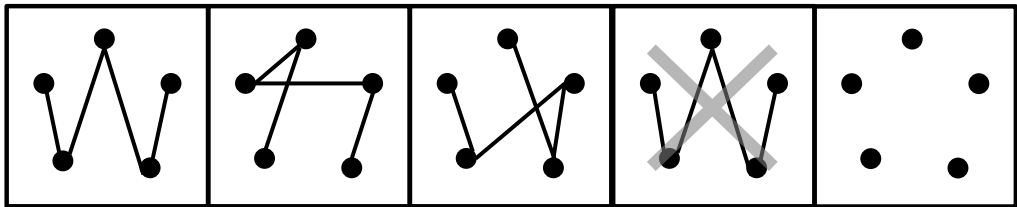


图 4-2 Design Fluency Test (DFT)

4.3.4 アンケート

オンラインアンケートソフトウェア SurveyMonkey を用いて Grit、MSPSS、レジリエンスおよび POMS のアンケートを実施した。

Grit

Grit とは、物事に対する情熱であり、また何かの目的を達成するために、長い時間、継続的に粘り強く努力することによって、物事を最後までやり遂げる力のことを指し、長期目標を達成するための忍耐と情熱と定義されている⁷⁶⁾。そのため、Grit 尺度は Perseverance of Effort (根気：根気強い努力) と Consistency of Interest (一貫性：関心の一貫性) から構成されており^{77,78)}、通常は両者の合計が Grit 尺度得点として使われている。Grit 尺度は、12 項目あり、各質問内容は以下の通りである⁷⁹⁾。1) 頑張り屋である、2) 私は困難にめげない、3) 重要な課題を達成するために困難を克服したことがある、4) 始めたことは何であれやり遂げる、5) 長年の努力を必要とする目標を達成したことがある、6) 勤勉である、7) 毎年新しい事に興味を持つ、8) 何カ月かごとに新しい事に興味をもつようになる、9) いったん目標を決めてから、後になって別の目標に変えることがよくある、10) 終わるまでに何カ月もかかる計画にずっと興味を持ち続けるのは難しい、11) 新しいアイデアや計画を思いつくと、以前の計画から関心がそれる、12) 物事に対して夢中になっても、しばらくするとすぐに飽きてしまう。回答方式は、5 件法 (1=当てはまらない、2=やや当てはまらない、3=どちらとも言えない、4=やや当てはまる、5=当てはまる) とした。Grit 尺度の得点は全 12 項目の平均より算出した。(Cronbach の α 係数= 0.78)。

ソーシャル・サポート尺度 (MSPSS)

日本語版 MSPSS を用いてソーシャルサポートについて評価した⁸⁰⁾。MSPSS の質問項目は以下の通りである。1) 必要なときに、家族は私の心の支えとなるよう手を差し伸べてくれる、2) 私の家族は本当に私を助けてくれる、3) 私は家族と自分の問題について話し合えることができる、4) 私の家族は私が何か決めるときに、喜んで助けてくれる、5) 私は喜びと悲しみを分かちあえる人がいる、6) 私には困ったときにそばにいてくれる人がいる、7) 私には真の慰めの源となるような人がいる、8) 私には私の気持ちについて何かと気づかってくれる人がいる、9) 私には喜びと悲しみを分かちあえる友人がいる、10) 私の友人たちは本当に私を助けてくれようとする、11) 私は自分の問題について友人たちと話すこと

ができる、12) 色々なことがうまくいかない時に、私は友人たちをあてにすることができる。各項目については7件法（1：「全くそう 思わない」～7：「非常にそう思う」）で回答を求めた。（Cronbach の α 係数= 0.87）。

レジリエンス

レジリエンス (resilience) とは、「困難で脅威的な状態にさらされることで一時的に心理的不健康の状態に陥っても、それを乗り越え、精神的病理を示さず、よく適応している」状態のことを指す概念である^{81,82)}。レジリエンススケールは、新奇性追求、感情調整、肯定的な未来志向に分類され、21 の質問項目で構成されていた。質問項目は以下の通りである。1) 色々なことにチャレンジするのが好きだ、2) 自分の感情をコントロールできるほうだ、3) 自分の将来にはきっといいことがあると思う、4) 新しいことや珍しいことが好きだ、5) 気分転換がうまくできないほうだ、6) 将来の見通しは明るいと思う、7) ものごとに対する興味や関心が強い方だ、8) いつも冷静でいられるようにこころがけている、9) 私は色々なことを知りたいと思う、10) 動揺しても、自分を落ち着かせることができる、11) ねばり強い人間だと思う、12) 自分には将来の目標がある、13) 困難があっても、それは人生にとって価値のあるものだと思う、14) 気分転換がうまくできないほうだ、15) 自分の目標のために努力している、16) 慣れないことをするのは好きではない 17) つらい出来事があると耐えられない、18) 新しいことをやり始めるのはめんどろうだ、19) その日の気分によって行動が左右される、20) あきっぽいほうだと思う、21) 怒りを感じるとおさえられなくなる。各項目5段階で評定させた（「1：いいえ」～「5：はい」）（Cronbach の α 係数= 0.84）。

POMS

POMS とは、気分や感情、情緒などを主観的側面からアプローチする質問紙である⁸³⁾。「Tension-Anxiety: T-A（緊張—不安）」 「Depression-Dejection: D-D（抑うつ—落ち込み）」 「Anger-Hostility: A-H（怒り—敵意）」 「Vigor: V（活気）」 「Fatigue: F（疲労）」 「Confusion: C（混乱）」の6つの尺度からなる 65 項目による気分を評価する。（Cronbach の α 係数= 0.77）。

4.3.5 実行機能の総合指数 (composite score)

本研究における被験者の実行機能の標準化したスコアを測定するために、Stroop テストと DFT における正解数の Z-score を算出した⁸⁴⁾。なお、Stroop テストにおける Z-score を算出の際は、有意差のあった課題 2 と課題 4 の正答数の平均点を用いた。

4.3.6 実験の手続き

実行機能テスト (Stroop テストと DFT) とアンケート (Grit、MSPSS、Resilience、および POMS) は、サッカーの入団テスト前に静かな部屋で験者の管理のもと実施した。なお、プログラム入団への合否は、試合中のサッカーのパフォーマンスのみの評価により決定されたため、実行機能テスト (Stroop テストと DFT) およびアンケート結果は、合否には考慮されていない。また、合否を決定したコーチ陣は入団テスト際、どの選手に対してもトレーニングやコーチングなどのアドバイスは行わなかった。本研究は 2017 年 2 月 14 日、15 日、17 日に実施された。

4.4 結果

4.4.1 統計分析

合否に分けられた 2 グループの各実行機能テスト間の平均値の差の比較には対応のない t 検定を用いて比較し、効果量 (Cohen's d) を算出した。なお、有意水準は $p < 0.05$ とした。また、実行機能テスト及びアンケートにおいて欠損値は分析から除外した。実行機能の総合指数算出後、Grit、MSPSS、レジリエンス、および POMS とそれぞれの関係性を検討するため、ピアソンの相関係数を求めた。また、アンケートについては、Cronbach の α 係数を算出した。全ての統計分析は、OriginPro 2016 および SPSS ver.25 を用いた。

4.4.2 Stroop テスト

認知的抑制と情報処理速度/正確性を測定するため正答数の総数を合格群と不合格群間において比較を行なった。課題 1 および課題 3 (統制条件) においては、合格群と不合格群との間に有意差は認められなかった。しかし、課題 2 と課題 4 (ストロープ条件・逆ストロープ条件) においては合格群の方が不合格群に比べて有意に高い値を示していた (表 4-2、図 4-3)。

4.4.3 DFT

正答数および不正答数の合計数を合格群と不合格群間で比較した。合格群の方が不合格群よりも正答数において有意差が認められた。しかし、不正答数においては合格群と不合格群間において有意な差は認められなかった。(表 4-2、図 4-3)。

4.4.4 アンケート

被験者のメンタルヘルスを評価するために、アンケートを (Grit、MSPSS、レジリエンス、POMS) を実施した。Grit、MSPSS、および POMS の合格群と不合格群間に差は認められなかった。しかし、レジリエンスにおいて不合格の方が合格群に比べ高い値を示した (表 4-2、図 4-4)。

4.4.5 実行機能の総合指数 (composite score) とアンケートの相関

実行機能の標準化したスコアを測定するために実行機能の総合指数 (composite score) を求めた。さらに、実行機能の総合指数 (composite score) と Grit、MSPSS、レジリエンス、および POMS の値で相関を求めたが有意な関係性は認められなかった (Grit : $r = -0.08$ 、MSPSS : $r = 0.01$ 、レジリエンス : $r = 0.03$ 、POMS : $r = -0.04$) (図 4-5)。

表 4-2 合格群と不合格群の実行機能テストの結果

		rejected	approved	Statistics	Cohen's <i>d</i>
		mean ± SD	mean ± SD		
Stroop test	task 1	40.9 ± 10.3	42.9 ± 7.3	t(254) = 1.85; p = 0.065	0.23
	task 2	31.3 ± 9.6	34.5 ± 8.6	t(352) = 3.24; **p = 0.001	0.35
	task 3	33.8 ± 6.5	34.6 ± 5.9	t(253) = 1.10; p = 0.269	0.14
	task 4	26.0 ± 7.3	28.2 ± 7.4	t(346) = 2.75; **p = 0.006	0.30
DFT	correct	6.79 ± 3.04	7.72 ± 3.03	t(379) = 3.00; **p = 0.003	0.31
	incorrect	1.49 ± 2.36	1.45 ± 2.48	t(379) = -0.17; p = 0.858	0.143
GRIT		3.92 ± 0.45	3.82 ± 0.45	t(312) = -1.96; p = 0.051	-0.221
Social support		6.36 ± 0.60	6.33 ± 0.52	t(312) = -0.46; p = 0.644	-0.052
Resilience		3.47 ± 0.32	3.38 ± 0.34	t(312) = -2.44; *p = 0.015	-0.275
POMS		-3.33 ± 10.42	-2.37 ± 8.63	t(312) = 0.89; p = 0.376	0.100

DFT = Design Fluency Test. POMS = Profile of Mood States.

* p < 0.05.

** p < 0.01.

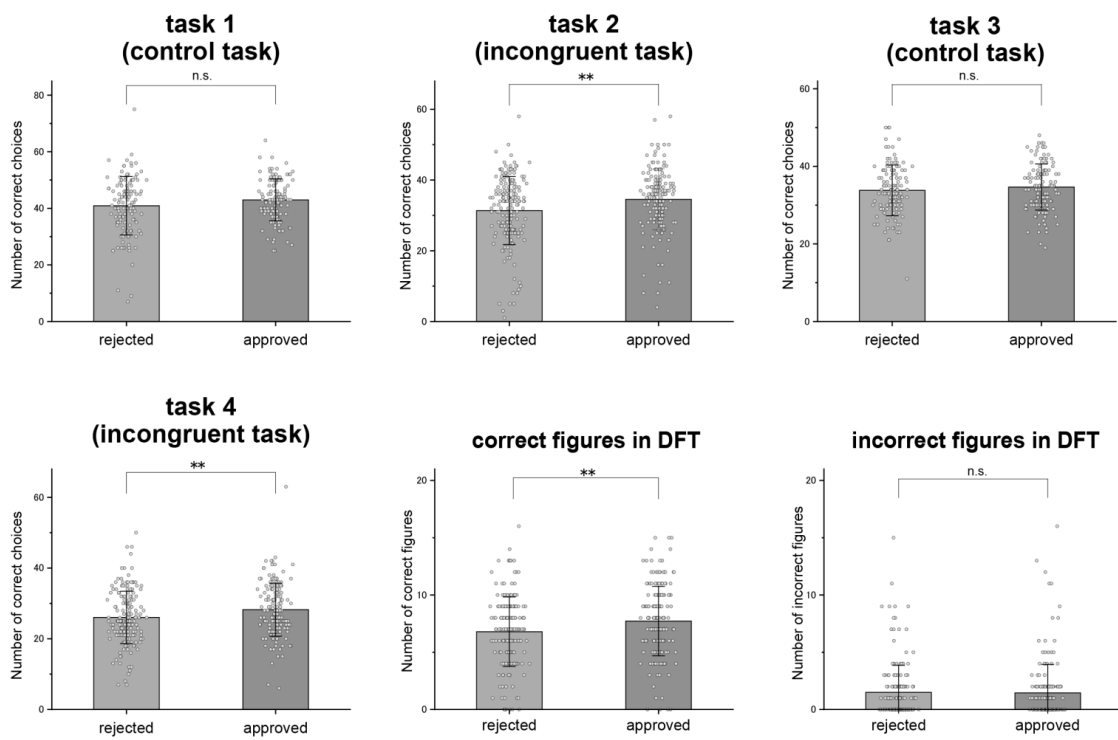


図 4-3 合格群と不合格群の実行機能テストの結果

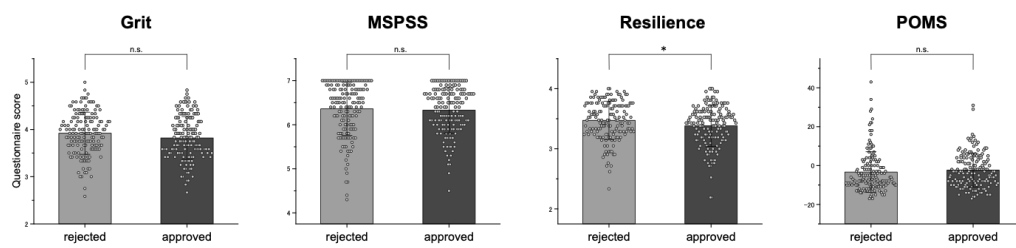


図 4-4 合格群と不合格群のアンケート結果

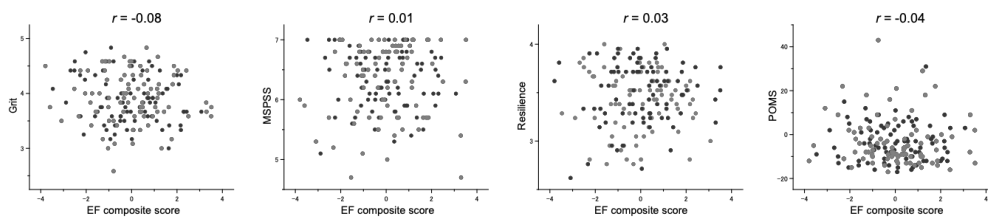


図 4-5 実行機能の総合指数 (composite score)とアンケートの相関結果

4.5 考察

本研究では、Jリーグのエリートプログラムの入団テストを受けるジュニアサッカー選手を対象に認知機能を実施し、合格群と不合格群のテスト結果を比較検討した。エリートプログラム合否の結果は、被験者の試合中におけるサッカーのパフォーマンスによって決定されたが、合格群の方が Stroop テストおよび DFT の両テストにおいて不合格群よりも有意に高い値を示していた。本研究の結果は、ジュニアエリートサッカー選手とそうではないジュニアサッカー選手間で実行機能テストを比較した研究と同様の結果を示した^{55,84,85)}。また、ホッケーやラグビーなどの他のスポーツにおいてもエリート選手とそうではない選手間においてエリート選手の方が有意に実行機能テストの結果が高い値を示したことが報告されている^{69,70)}。そのため、本研究で得られた結果は、認知機能の中でも実行機能がオープンスキルスポーツであるサッカーのパフォーマンスに必要であることを強く示唆するものである。

多くの先行研究では、エリート選手およびエリートではない選手、またハイレベルのカテゴリーのリーグに所属している選手とアマチュアレベルのリーグに所属している選手間など、事前に分類されたグループ間での実行機能を比較したものであった。そのため、本研究ではパフォーマンスのレベルや、所属しているクラブおよびリーグなどの先入観を除くため、某Jリーグのエリートプログラムに入団テストを受けるジュニアサッカー選手に対して実行機能テストを実施し、これらの実行機能テストがパフォーマンスの評価基準として用いることができるかどうかを検討した。上述したように、合格群の方が Stroop テストと DFT の両テストにおいて不合格群よりも有意に高い値を示していた。しかしながら、効果量はさほど大きくはなかった(表4-2)。したがって、入団テストに合格した選手の方が実行機能に優れていることを示唆するものであるが、実行機能テストの結果だけを基にセレクションの入団の合否を判断することは困難である。しかしながら、実行機能テストはフィジカル能力や技術的、戦術的能力で測定することができなかった脳の機能を測定することができる方法の一つであるといえる。さらに、本研究で用いた実行機能テストでは、紙ベースのものであるため簡易的に多くの選手を対象に評価することができる。そのため、本研究の結果は、今後のサッカー選手のパフォーマンス評価をする際に、今までにない客観的な方法を指導者に対して提供できるものであるといえる。

Stroop テストは、実行機能の中でも Core-EFs に属する処理速度と抑制を主に測定する

テストである⁷³⁻⁷⁵⁾。また、DFTは認知的柔軟性、集中、注意力の持続およびワーキングメモリーを測定するものであるが、これらの能力よりも「クリエイティブ・創造性」を測定するものであると言われている^{57,60)}。「クリエイティブ・創造性」は、実行機能の中でもHigher order EFsに含まれる¹⁴⁾。被験者は、DFTの試行中は前に描いた形(古いデータ)から異なる形をプレッシャーの中から考え出すことが要求される。したがって、DFTではCore-EFsよりもHigher order EFsがより要求されるテスト内容になっていると考えられている⁵⁶⁾。

また、本研究では同時にDFTの不正答数の合計の平均数も合格群と不合格群間において対応のないt検定を用いて比較を行なった。不正答となった形は、以前に作成された形を繰り返し作成するパターンが多かったため、不正答の要因はワーキングメモリーに依存することが考えられる。本研究の結果からは、合格群と不合格群において有意な差が認められなかったことから、合格群および不合格群ワーキングメモリーおよび集中力などのレベルは同等のものであったことが考えられる(表4-2)。つまり、本研究の結果から、ワーキングメモリーのようなCore-EFsよりも、「クリエイティブ・創造性」などのHigher-order EFsが合格群の方が高いことが示唆される。しかし、StroopテストおよびDFTの両テストにおいて合格群の方が高い値を示したことは、Core-EFsとHigher-order EFsの両機能がサッカーのパフォーマンスに影響することが考えられる。

実行機能はストレス、孤独感、運動や睡眠の欠如などメンタルヘルスの影響を受ける^{14,18)}。したがって、本研究では被験者のメンタルヘルスについて調査するため実行機能テストの他にGrit、レジリエンス、MSPSSとPOMSのアンケートを実施した。MSPSSとは、家族、友人、またその他からのソーシャル・サポートの認識を評価するためのアンケートになっている。また、POMSは、気分や感情、情緒などを主観的側面からアプローチするアンケートである。本研究では合格群と不合格群においてMSPSSとPOMSで差は認められなかったため、ソーシャルサポートとストレスレベルがパフォーマンスに影響しておらず、実行機能の違いがパフォーマンスに影響したことが示唆される。さらに、これらのアンケート結果と実行機能テストの間には相関関係は認められなかった。したがって、本研究におけるアンケート結果の差異は実行機能に対して十分な影響は与えていないことが考えられる。さらに、これらのメンタルヘルスおよびソーシャルサポートについてのアンケートの他に、Gritとレジリエンスについてのアンケートを実施した。Gritとレジリエンスは将来の成功に影響するといわれている。Gritとは、物事に対する情熱であり、また何かの

目的を達成するために、長い時間、継続的に粘り強く努力することによって、物事を最後までやり遂げる力のことを指し、長期目標を達成するための忍耐と情熱と定義されている。レジリエンスとは困難で脅威的な状態にさらされることが要因で、一時的に心理的不健康の状態に陥っても、それを乗り越え、精神的病理を示さず、よく適応している状態のことを指す。先行研究、合格群の方が不合格群よりも両アンケートにおいて優れた値を示すと予想していたが、レジリエンスでは不合格群の方が高い値を示した（図 4-4 および表 4-2）。さらに、Grit においても、有意な差は認められなかったものの、レジリエンスの結果と同様に不合格群の方が合格群よりも高い値を示していた（図 4-4 および表 4-2）。Grit とレジリエンスには楽観的な思考などが含まれることが考えられる。したがって、本研究において合格群の方が不合格群よりも、ものごとに対して悲観的に考える傾向があり、現状に満足することなく、自分を改善するようになっていたのではないだろうか。

4.6 結論

本研究課題3の成果を以下にまとめる。

- ・ Stroop テストを用いて Core-EFs を測定したところ、プログラムに合格した選手の方が不合格になった選手たちに比べ有意に優れた値を示した。

- ・ DFT を用いて Higher-order EFs を測定したところ、プログラムに合格した選手の方が不合格になった選手たちに比べ方、有意に優れた値を示した。

ジュニア年代においても、サッカーのパフォーマンスが高い選手は Core-EFs および Higher-order EFs の実行機能が優れていることが示された。したがって、実行機能はサッカーのパフォーマンスに影響することが考えられる。また、サッカーのパフォーマンスレベルを実行機能テストを用いることでサッカーのパフォーマンスを客観的な方法で評価することができることが示唆された。

付記

本章の一部は、第 72 回日本体力医学会大会（平成 29 年 9 月）において発表し、2018 年 7 月 21 日付で『PLoS ONE』にて英文名「Possible requirement of executive functions for high performance in soccer」として受理された論文であり、新しい知見を加筆したものである。

結章

本研究成果のまとめ

本研究では、オープンスキルが要求される世界中で広く親しまれているスポーツであるサッカーに着目し、ジュニア年代におけるサッカーと実行機能に関する知見を得ることを目的とし、日本のみならず世界におけるジュニア年代のサッカー選手を対象に3つの研究を実施した。本研究より明らかになった点を以下にまとめる。

研究課題1

・ジュニアサッカー選手と習慣的に運動をしていない子どもを対象に Design Fluency Test を用いて Higher-order EFs を測定したところ、ジュニアサッカー選手の方が有意に優れた値を示した。

以上のことから、サッカーは実行機能の向上に影響することが示唆された。

研究課題2

・TMT を用いて Core-EFs を測定したところ、カテゴリーが上のチームに所属している選手たちの方が有意に優れた値を示した。

・DFT を用いて Higher-order EFs を測定したところ、カテゴリーが上のチームに所属している選手たちの方が有意に優れた値を示した。

以上のことから、ジュニア年代においても、サッカーのパフォーマンスが高い選手は Core-EFs および Higher-order EFs の実行機能が優れていることが示唆された。

研究課題3

・Stroop テストを用いて Core-EFs を測定したところ、プログラムに合格した選手の方が不合格になった選手たちに比べ有意に優れた値を示した。

・DFT を用いて Higher-order EFs を測定したところ、プログラムに合格した選手の方が不合格になった選手たちに比べ有意に優れた値を示した。

以上のことから、サッカーのパフォーマンスが高い選手は Core-EFs および Higher-order

EFs の実行機能が優れていることが示された。したがって、実行機能はサッカーのパフォーマンスに影響することが考えられる。また、実行機能テストを用いて実行機能を測定することで監督、コーチに対してサッカー選手のパフォーマンスレベルを評価する別の客観的な方法を提供することができる可能性を示した。

以上の3つの研究課題の結果から、サッカーのようなオープンスキルが要求されるスポーツは実行機能の発達に促進に効果的であることが示唆され、さらに実行機能はサッカーのパフォーマンスに影響することが考えられる。そのため、実行機能テストを用いて実行機能を測定することでサッカーのパフォーマンスレベルを客観的な方法で評価することができる可能性が示唆された。

今後の研究課題および展望

サッカーのパフォーマンスと脳の実行機能の関係性についての研究は少なく、また、ジュニア世代のサッカー選手の実行機能の特徴については検討された報告はほとんどない。そのため、本研究で得られた知見は、今後のジュニアサッカー選手のトレーニング計画およびトレーニングメニューの改善に寄与するものであるといえる。サッカーのパフォーマンスには、テクニックやフィジカル能力、認知的な要素などの様々な要因が影響する。そのため、サッカーのトレーニング現場ではこれらの要素を向上させるトレーニングがジュニア年代から行われており、日本におけるサッカーのトレーニング内容の多くは反復練習を行う傾向がある。しかし、先行研究および本研究課題1で得られた結果から、単純な運動・スポーツは実行機能を促進しないことが考えられる。つまり、研究課題2の結果で示したように、サッカーのパフォーマンスには実行機能が重要であるにも関わらずクローズドスキルを向上させるトレーニングのみではサッカーのパフォーマンスは向上しないことが考えられる。一方で、認知的な要素を向上させるために戦術理解度向上を目的としたビデオなどを用いたトレーニングなども行われている。しかし、ジュニア年代においてこのようなトレーニング方法を用いる指導者およびコーチ、クラブや部活はあまり行われていないのが実情である。ましてや、これらのトレーニングは脳の認知機能自体に影響を与えていることは考えにくい。そのため、サッカーのトレーニングの種類などに着目をして実行機能との関係性を明らかにすることが必要である。

本研究の限界

本研究での限界についてだが、対象者である選手のパフォーマンスのレベルは所属しているリーグで分けているため、パフォーマンスレベルの客観性を帯びた評価ではない。ゴール数およびアシスト数と実行機能の関係性を評価したものがあるが⁵⁵⁾、ポジションや選手の特徴を考慮すると、サッカーにおけるパフォーマンスはゴールやアシストだけでは評価することが極めて難しい。そのため、他の要素を考慮して選手のパフォーマンスレベルを評価することが今後の研究で必要になる。

次に、今回の研究結果から将来トッププレーヤーで活躍できる選手を予測することは困難である。実行機能は幼少期から青年期にかけて成長が著しいことが報告されている⁸⁶⁾。

さらに、成長には個人差が大きいため、本研究においてのテストの結果が優れていた選手は、今後変化することがないことも予想される。逆にテストの結果が良くなかった選手の実行機能が今後大きく成長することも考えられる。そのため、今回の結果からだけでは将来トッププレーヤーになるかを予測することは難しい。

最後に、本研究は横断的な研究結果であるためサッカーのパフォーマンスと実行機能の因果関係を明らかにしたわけではない。もともと実行機能が高い選手がサッカーをやっていたことも予測できる。また、毎日のトレーニングをしていたことで実行機能に影響し、パフォーマンスが向上したことも考えられる。実行機能は遺伝に依存することがいわれており、一卵性双生児を対象にした縦断研究によると 99%が遺伝に依存することを報告している^{87,88)}。一方で、実行機能は運動・スポーツにより向上することが多くの研究で報告されていることから^{6-8,89)}、練習種目や運動強度などに着目して縦断的に調査を行い、実行機能とサッカーのパフォーマンスの因果関係を明らかにすることが今後の課題であるといえる。

今後は、より質の高い研究デザインを用いて本研究で得られた知見をもとに、サッカーのみならず、運動・スポーツ活動に伴う実行機能の促進が子どもの生活およびパフォーマンスにとってどのような意味を持つかという点に視野を拡大して研究を進めていく。

謝辞

本論文は、日本体育大学大学院体育科学研究科体育科学専攻博士後期課程に在籍中に行った研究の成果をまとめたものである。本論文の執筆にあたり、多くの方々にご指導ご鞭撻を賜りましたことを深く感謝申し上げます。

本研究を進めるにあたり、直接の御指導をいただいた鈴木一宏先生には深く感謝申し上げます。

伊藤雅充先生には貴重なご助言を賜りました。深く感謝申し上げます。

東京大学大学院薬学系研究科竹内春樹先生、伊原尚樹先生、ポリガ先生には多大なご指導ご鞭撻を賜りました。心より感謝申し上げます。

本研究を進める過程で調査の協力、有益なご助言を頂いた大学院の皆様には感謝致します。

最後に私が興味を持つことに対し常に支援をしてくれるる家族に深く感謝申し上げます。

付記

関連論文

(原著論文)

Sakamoto S, Takeuchi H, Ihara N, Ligao B, Suzukawa K (2018) Possible requirement of executive functions for high performance in soccer. *PLoS ONE* 13(8): e0201871. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201871>

酒本 勝太、**鈴木 一宏** (2018) ジュニアサッカー選手における実行機能. *運動とスポーツの科学*. 第 24 巻, 第 1 号.

学会報告

酒本 勝太 ジュニアサッカータレント発掘における実行機能の役割

第 23 回日本運動・スポーツ科学学会、平成 28 年 7 月

酒本勝太、竹内春樹、伊原尚樹、鈴川一宏 サッカーにおける実行機能の役割

第 72 回日本体力医学会大会、平成 29 年 9 月

ポスター発表

Sakamoto S, Ito M, Suzukawa K, What makes guided discovery coaching effective: Qualitative and quantitative analysis of a soccer coach's behavior, 第 2 回 APCOCS アジア太平洋コーチング科学学会学会 平成 28 年 11 月

Sakamoto S, Ito M, Katagiri M, Uematsu Y, Gushiken T, Suzukawa K, Effects of playing soccer on executive functions. 2017 ACSM American College of Sports Medicine. 平成 29 年 5 月

Sakamoto S, Ito Masamitsu, Uematsu Y, Gushiken T, Suzukawa K, The relationship between different method of trainings and executive functions in junior soccer players. 2017 ECSS European College of Sports Science 平成 29 年 7 月

Sakamoto S, Suzukawa K, Habitual technical trainings do not improve executive functions, 2017 ISSP International Society of Sport Psychology. 平成 29 年 7 月

参考文献

1. Scarmeas N, Luchsinger J a, Schupf N, et al. (2010) Effects of Aerobic Exercise on Mild Cognitive Impairment: a controlled trial. *Archives of neurology*. 67(6):71-79. doi:10.1001/archneurol.2009.307.
2. Erickson KI, Prakash RS, Voss MW, et al. (2009) Aerobic Fitness is Associated With Hippocampal Volume in Elderly Humans. *Hippocampus*. 19(10):1030-1039. doi:10.1002/hipo.20547.
3. Castelli DM, Hillman CH, Hirsch J, Hirsch A, Drollette E. (2011) FIT Kids: Time in target heart zone and cognitive performance. *Preventive Medicine*. 52(SUPPL.):1-5. doi:10.1016/j.ypmed.2011.01.019.
4. Kamijo K, Pontifex MB, O'Leary KC, et al. (2011) The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Developmental Science*. 14(5):1046-1058. doi:10.1111/j.1467-7687.2011.01054.x.
5. Hillman CH, Pontifex MB, Castelli DM, et al. (2014) Effects of the FITKids Randomized Controlled Trial on Executive Control and Brain Function. *Pediatrics*. 134(4):e1063-e1071. doi:10.1542/peds.2013-3219.
6. Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF. (2008) Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*. 9:58-65. <http://dx.doi.org/10.1038/nrn2298>.
7. Hillman CH, Castelli DM, Buck SM. (2005) Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 37(11):1967-1974. doi:10.1249/01.mss.0000176680.79702.ce.
8. Kramer AF, Erickson KI. (2007) Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. *Trends in Cognitive Sciences*. 11(8):342-348. doi:10.1016/j.tics.2007.06.009.
9. Kramer AF, Hahn S, Cohen NJ, et al. (1999) Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*. 400:418. <http://dx.doi.org/10.1038/22682>.
10. Colcombe S, Kramer AF. (2003) Fitness Effects on the Cognitive Function of Older Adults: A Meta-Analytic Study. *Psychological Science*. 14:125. doi:10.1111/1467-

9280.t01-1-01430.

11. 福井俊哉. (2010) 遂行（実行）機能をめぐって. *Japanese Journal of Cognitive Neuroscience*. 12:156-164.
12. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager TD. (2000) The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*. 41:49-100. doi:10.1006/cogp.1999.0734.
13. Gilbert S, Burgess P. (2008) Executive function. *Current Biology*. 18(3):R110-4. doi:10.1016/j.cub.2007.12.014.
14. Diamond A. (2013) Executive Functions. *Annual Review of Psychology*. 64(1):135-168. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750.
15. Theeuwes J. (2010) Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychologica*. 135(2):77-99. doi:https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.02.006.
16. Baddeley A. (2010) Working memory. *Current biology: CB*. 20(4):R136-40. doi:10.1016/j.cub.2009.12.014.
17. Baddeley AD, Hitch GJ. (1994) Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*. 8:485-493.
18. Davidson MC, Amso D, Anderson LC, Diamond A. (2006) Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*. 44(11):2037-2078. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006.
19. Garon N, Bryson SE, Smith IM. (2008) Executive Function in Preschoolers: A Review Using an Integrative Framework. *Psychological Bulletin*. 134(1):31-60. doi:10.1037/0033-2909.134.1.31.
20. Cattell RB. (1963) Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of Educational Psychology*. 54(1):1-22. doi:10.1037/h0046743.
21. Blair C, Razza RP. (2007) Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*. 78(2):647-663. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x.
22. Borella E, Carretti B, Pelegrina S. (2010) The Specific Role of Inhibition in Reading

- Comprehension in Good and Poor Comprehenders. *Journal of Learning Disabilities*. 43(6):541-552. doi:10.1177/0022219410371676.
23. Duncan GJ, Dowsett CJ, Claessens A, et al. (2007) School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*. 43(6):1428-1446. doi:10.1037/0012-1649.43.6.1428.
 24. Gathercole SE, Pickering SJ, Knight C, Stegmann Z. (2004) Working memory skills and educational attainment: evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology*. 18(1):1-16. doi:10.1002/acp.934.
 25. Diamond A. (2005) Attention-deficit disorder (attention-deficit/ hyperactivity disorder without hyperactivity): a neurobiologically and behaviorally distinct disorder from attention-deficit/hyperactivity disorder (with hyperactivity). *Development and psychopathology*. 17(3):807-825. doi:10.1017/S0954579405050388.
 26. Lui M, Tannock R. (2007) Working memory and inattentive behaviour in a community sample of children. *Behavioral and Brain Functions*. 3:1-11. doi:10.1186/1744-9081-3-12.
 27. Fairchild G, van Goozen SHM, Stollery SJ, et al. (2007) Decision Making and Executive Function in Male Adolescents with Early-Onset or Adolescence-Onset Conduct Disorder and Control Subjects. *Biological Psychiatry*. 66(2):162-168. doi:10.1016/j.biopsych.2009.02.024.
 28. Taylor Tavares J V, Clark L, Cannon DM, Erickson K, Drevets WC, Sahakian BJ. (2007) Distinct Profiles of Neurocognitive Function in Unmedicated Unipolar Depression and Bipolar II Depression. *Biological Psychiatry*. 62(8):917-924. doi:10.1016/j.biopsych.2007.05.034.
 29. Penadés R, Catalán R, Rubia K, Andrés S, Salamero M, Gastó C. (2007) Impaired response inhibition in obsessive compulsive disorder. *European Psychiatry*. 22(6):404-410. doi:10.1016/j.eurpsy.2006.05.001.
 30. Barch DM. (2005) The Cognitive Neuroscience of Schizophrenia. *Annual Review of Clinical Psychology*. 1(1):321-353. doi:10.1146/annurev.clinpsy.1.102803.143959.
 31. Baler RD, Volkow ND. (2006) Drug addiction: the neurobiology of disrupted self-control. *Trends in Molecular Medicine*. 12(12):559-566.

- doi:10.1016/j.molmed.2006.10.005.
32. Bailey CE. (2007) Cognitive Accuracy and Intelligent Executive Function in the Brain and in Business. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1118(1):122-141. doi:10.1196/annals.1412.011.
 33. Eakin L, Minde K, Hechtman L, et al. (2004) The marital and family functioning of adults with ADHD and their spouses. *Journal of Attention Disorders*. 8(1):1-10. doi:10.1177/108705470400800101.
 34. Will Crescioni A, Ehrlinger J, Alquist JL, et al. (2011) High trait self-control predicts positive health behaviors and success in weight loss. *Journal of Health Psychology*. 16(5):750-759. doi:10.1177/1359105310390247.
 35. Riggs NR, Spruijt-Metz D, Sakuma K-L, Chou C-P, Pentz MA. (2010) Executive cognitive function and food intake in children. *Journal of nutrition education and behavior*. 42(6):398-403. doi:10.1016/j.jneb.2009.11.003.
 36. Brown TE, Landgraf JM. (2010) Improvements in Executive Function Correlate with Enhanced Performance and Functioning and Health-Related Quality of Life: Evidence from 2 Large, Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trials in ADHD. *Postgraduate Medicine*. 122(5):42-51. doi:10.3810/pgm.2010.09.2200.
 37. Davis J. (2010) The independent contribution of executive functions to health related quality of life in older women. *BMC Geriatrics*. 10(1):16. doi:10.1186/1471-2318-10-16.
 38. Broidy LM, Nagin DS, Tremblay RE, et al. (2003) Developmental trajectories of childhood disruptive behaviors and adolescent delinquency: A six-site, cross-national study. *Developmental Psychology*. 39(2):222-245. doi:10.1037/0012-1649.39.2.222.
 39. Denson TF, Pedersen WC, Friese M, Hahm A, Roberts L. (2011) Understanding Impulsive Aggression: Angry Rumination and Reduced Self-Control Capacity Are Mechanisms Underlying the Provocation-Aggression Relationship. *Personality and Social Psychology Bulletin*. 37(6):850-862. doi:10.1177/0146167211401420.
 40. Moffitt TE, Arseneault L, Belsky D, et al. (2011) A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 108(7):2693-2698.

- doi:10.1073/pnas.1010076108.
41. Gogtay N, Giedd JN, Lusk L, et al. (2004) Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 101(21):8174-8179. doi:10.1073/pnas.0402680101.
 42. Lenroot RK. (2010) Sex differences in the adolescent brain. *Brain Cogn*. 72(1):1-19. doi:10.1016/j.bandc.2009.10.008.Sex.
 43. Shaw P, Kabani NJ, Lerch JP, et al. (2008) Neurodevelopmental Trajectories of the Human Cerebral Cortex. *Journal of Neuroscience*. 28(14):3586-3594. doi:10.1523/JNEUROSCI.5309-07.2008.
 44. Giedd JN. (2008) The Teen Brain: Insights from Neuroimaging. *Journal of Adolescent Health*. 42(4):335-343. doi:10.1016/j.jadohealth.2008.01.007.
 45. Milham MP, Erickson KI, Banich MT, et al. (2002) Attentional control in the aging brain: Insights from an fMRI study of the stroop task. *Brain and Cognition*. 49(3):277-296. doi:10.1006/brcg.2001.1501.
 46. Poulton EC. On prediction in skilled movements. (1957) *Psychological Bulletin*. 54(6):467-478.
 47. Di Russo F, Bultrini A, Brunelli S, et al. (2010) Benefits of Sports Participation for Executive Function in Disabled Athletes. *Journal of Neurotrauma*. 27(12):2309-2319. doi:10.1089/neu.2010.1501.
 48. FIFA C. (2007) FIFA Big Count 2006: 270 million people active in football. *FIFA Communications Division, Information Services*. 31:1-12.
 49. Williams A, Reilly T. (2000) Talent identification and development in soccer. *Journal of Sports Sciences*. 18:657-667.
 50. Vaeyens R, Malina RM, Janssens M, et al. (2006) A multidisciplinary selection model for youth soccer: the Ghent Youth Soccer Project. *British Journal of Sports Medicine*. 40(11):928 LP-934. <http://bjsm.bmj.com/content/40/11/928.abstract>.
 51. Meylan C, Cronin J, Oliver J, Hughes M. (2010) Review: Talent Identification in Soccer: The Role of Maturity Status on Physical, Physiological and Technical Characteristics. *International Journal of Sports Science and Coaching*. 5(4):571-592. doi:10.1260/1747-

- 9541.5.4.571.
52. Furley P, Wood G. (2016) Working Memory, Attentional Control, and Expertise in Sports: A Review of Current Literature and Directions for Future Research. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*. 5(4):1-11.
doi:10.1016/j.jarmac.2016.05.001.
 53. Furley P, Memmert D. (2015) Creativity and working memory capacity in sports: Working memory capacity is not a limiting factor in creative decision making amongst skilled performers. *Frontiers in Psychology*. 6(FEB):1-7. doi:10.3389/fpsyg.2015.00115.
 54. Mann DTY, Williams AM, Ward P, Janelle CM. (2007) Perceptual-Cognitive Expertise in Sport : A Meta-Analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*. 29:457-478.
doi:10.1123/jsep.29.4.457.
 55. Vestberg T, Gustafson R, Maurex L, et al. (2012) Executive Functions Predict the Success of Top-Soccer Players. García AV, ed. *PLoS ONE*. 7(4):e34731.
doi:10.1371/journal.pone.0034731.
 56. Suchy Y, Kraybill ML, Gidley Larson JC. (2010) Understanding design fluency: Motor and executive contributions. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 16(1):26-37. doi:10.1017/S1355617709990804.
 57. Baldo J V, Shimamura AP, Delis DC, Kramer J, Kaplan E. (2001) Verbal and design fluency in patients with frontal lobe lesions. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 7:586-596.
 58. Kowalski KC, Crocker PRE, Donen RM, Honours B. (2004) The Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C) and Adolescents (PAQ-A) Manual.
 59. Kamijo K, Takeda Y, Hillman CH. (2011) The relation of physical activity to functional connectivity between brain regions. *Clinical Neurophysiology*. 122(1):81-89.
doi:10.1016/j.clinph.2010.06.007.
 60. Homack S, Lee D, Riccio CA. (2005) Test Review: Delis-Kaplan Executive Function System. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 27:599-609.
doi:10.1080/13803390490918444.
 61. Diamond A. (2015) Effects of Physical Exercise on Executive Functions: Going beyond Simply Moving to Moving with Thought. *Annals of Sports Medicine and Research*.

- 2(1):1011. doi:10.1530/ERC-14-0411.Persistent.
62. Diamond A, Ling DS. (2018) Aerobic-Exercise and resistance-training interventions have been among the least effective ways to improve executive functions of any method tried thus far. *Developmental Cognitive Neuroscience*. (January):1-14. doi:10.1016/j.dcn.2018.05.001.
 63. Manjunath NK, Telles S. (2001) Improved performance in the Tower of London test following yoga. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*. 45(3):351-354.
 64. Wang C-H, Chang C-C, Liang Y-M, et al. (2013) Open vs. Closed Skill Sports and the Modulation of Inhibitory Control. Sinigaglia C, ed. *PLoS ONE*. 8(2):e55773. doi:10.1371/journal.pone.0055773.
 65. Alesi M, Bianco A, Luppina G, Palma A, Pepi A. (2016) Improving Children's Coordinative Skills and Executive Functions: The Effects of a Football Exercise Program. *Perceptual and Motor Skills*. 122(1):27-46. doi:10.1177/0031512515627527.
 66. Owen AM, Hampshire A, Grahn JA, et al. (2010) Putting brain training to the test. *Nature*. 465:775. <http://dx.doi.org/10.1038/nature09042>.
 67. Tombaugh TN. (2004) Trail Making Test A and B: Normative data stratified by age and education. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 19(2):203-214. doi:10.1016/S0887-6177(03)00039-8.
 68. 岩瀬弘明, 村田伸, 日沖義治, 北尾沙友里, 中村純子, 中井 良哉, 村上 貴士, 窓場 勝之. (2013) Trail Making Test と Mini-Mental State Examination との関連 -簡便な認知機能低下の識別方法の検討-. *Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy*. 3 (1):1-4.
 69. Lundgren T, Högman L, Näslund M, Parling T. (2016) Preliminary Investigation of Executive Functions in Elite Ice Hockey Players. *Journal of Clinical Sport Psychology*. 10:324-335. doi:10.1123/jcsp.2015-0030.
 70. Faubert J. (2013) Professional athletes have extraordinary skills for rapidly learning complex and neutral dynamic visual scenes. *Scientific Reports*. 3:1154. <http://dx.doi.org/10.1038/srep01154>.
 71. Vaeyens R, Lenoir M, Williams AM, Mazyn L, Philippaerts RM. (2007) The Effects of Task Constraints on Visual Search Behavior and Decision-Making Skill in Youth Soccer

- Players. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 29(2):147-169.
doi:10.1123/jsep.29.2.147.
72. Weber P, Lütsch J FH. (2004) Attention-induced frontal brain activation measured by near-infrared spectroscopy. *Pediatric neurology*. 31(2):96-100.
doi:10.1016/j.pediatrneurol.2003.12.010.
73. Stroop JR. (1935) Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*. 18(6):643-662.
74. Matsumoto A, Hakoda Y, Watanabe M. (2012) Life-span development of Stroop and reverse-Stroop interference measured using matching responses. *The Japanese Journal of Psychology*. 83(4):337-346. doi:10.4992/jpsy.83.337.
75. Song Y, Hakoda Y. (2011) An asymmetric stroop/reverse-stroop interference phenomenon in ADHD. *Journal of Attention Disorders*. 15(6):499-505.
doi:10.1177/1087054710367607.
76. Duckworth AL, Peterson C, Matthews MD, Kelly DR. (2007) Grit: Perseverance and passion for long-term goals. *Journal of Personality and Social Psychology*. 92(6):1087-1101. doi:10.1037/0022-3514.92.6.1087.
77. Duckworth AL, Kirby TA, Tsukayama E, Berstein H, Ericsson KA. (2011) Deliberate practice spells success: Why grittier competitors triumph at the National Spelling Bee. *Social Psychological and Personality Science*. 2(2):174-181.
doi:10.1177/1948550610385872.
78. Larkin P, O 'connor D, Williams AM. (2016) Does Grit Influence Sport-Specific Engagement and Perceptual-Cognitive Expertise in Elite Youth Soccer? *Journal of Applied Sport Psychology*. 28:129-138. doi:10.1080/10413200.2015.1085922.
79. Duckworth AL, Quinn PD. (2009) Development and validation of the short grit scale (Grit-S). *Journal of Personality Assessment*. 91(2):166-174.
doi:10.1080/00223890802634290.
80. Zimet G. (1991) The Multidimensional Scale of Perceived Social Support : A confirmation study. *Journal of Clinical Psychology*. 47(6):756-761. doi:10.1002/1097-4679(199111)47.
81. Tusaie K. (2004) Resilience : A Historical Review. *Holistic Nursing Practice*. 18:3-8.

82. Oshio A, Kaneko H, Nagamine S, Nakaya M. (2003) Construct validity of the Adolescent Resilience Scale. *Psychological reports*. 93(3 Pt 2):1217-1222.
doi:10.2466/pr0.2003.93.3f.1217.
83. Douglas M. McNair, Maurice Lorr LFD. (1971) Manual for the Profile of Mood States. *Educational and Industrial Testing Service*. (27):1984.
84. Vestberg T, Reinebo G, Maurex L, Ingvar M, Petrovic P. (2017) Core executive functions are associated with success in young elite soccer players. *PLoS ONE*. 12(2):e0170845. doi:10.5061/dryad.4p8k8.Funding.
85. Huijgen BCH, Leemhuis S, Kok NM, et al. (2015) Cognitive Functions in Elite and Sub-Elite Youth Soccer Players Aged 13 to 17 Years. *PLOS ONE*. 10(12):e0144580.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144580>.
86. Huizinga M, Dolan C V., van der Molen MW. (2006) Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*. 44(11):2017-2036. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010.
87. Engelhardt LE, Briley DA, Mann FD, Harden KP, Elliot M. (2015) Genes Unite Executive Functions in Childhood. *Psychological Science*. 26(8):1151-1163.
doi:10.1177/0956797615577209.Genes.
88. Friedman NP, Miyake A, Young SE, Defries JC, Corley RP, Hewitt JK. (2008) Individual Differences in Executive Functions Are Almost Entirely Genetic in Origin. *Journal of Experimental Psychology*. 137(2):201-225. doi:10.1037/0096-3445.137.2.201.Individual.
89. Hillman CH, Erickson KI, Hatfield BD. (2017) Run for Your Life! Childhood Physical Activity Effects on Brain and Cognition. *Kinesiology Review*. 6(1):12-21.
doi:10.1123/kr.2016-0034.