

論文審査の結果の要旨

論文提出者 広瀬 統一

論文題目 成長期サッカー選手の選択反応の発達と生物学的成熟度の関係

サッカーをはじめとする球技系スポーツでは、外的状況に対して素早く正確に判断する必要がある。試合の中で最高度のスキルを発揮するためには、技術、筋力、持久力等と並んで認知や判断など中枢における情報処理能力が優れている必要がある。このような中枢での情報処理伝達能力を非侵襲的に評価する指標として選択反応時間や事象関連電位(Event-related-potential: ERP)が用いられている。論文提出者の広瀬氏はこの6年間サッカーのジュニア育成の現場にフィジカルコーチとして携わり、レベルの高いジュニア選手の中枢情報処理能力の発達について縦断的に研究する機会を得た。この中枢情報処理能力は成長期に著しく発達することも知られているが、この時期には暦年齢と生物学的成熟度(骨年齢)の発達が一樣でなく、早熟や晩熟が現れる。このような個体差が、様々な生理学的発達に影響を及ぼしているにもかかわらず、中枢での情報処理過程の発達を生物学的成熟度との関係から検討した論文は見られない。そこで本研究ではレベルの高い成長期サッカー児童の中枢情報処理能力の特徴をレベルの低い児童と比較することで明らかにすると共に、反応時間、ERPを詳細に検討することにより中枢情報処理速度と暦年齢、骨年齢との関係を明らかにし、将来の日本サッカー界でのジュニア育成の指標の一助になる事を目的とした。

本研究は大きく4つの実験よりなっている。実験1はTalent-Diagnose-System(TDS)を用いての成長期サッカー児童の異なった競技レベル間での選択反応時間の比較である。10歳から12歳のサッカーレベルの高い児童70名とレベルの低い児童34名の視覚的選択反応時間を手反応時間(HRT)、足反応時間(FRT)、手足同時反応時間(CRT)に分けてTDSを用いて測定した。その結果、レベルの高い児童の10、11、12歳のCRT(864msec、799msec、780msec)はレベルの低い児童(984msec、946msec、876msec)に比して有意に短縮していた。一方FRTは10歳と11歳でレベルの高い児童が有意に優れており、HRTは全ての年齢で両群に有意差が認められなかった。これらの結果は成長期サッカー選手の中枢における情報処理能力に、単に手のみ足のみでなく、瞬間的に全身を協応させて動作するという高いレベルでのサッカーの競技特性が反映されている可能性を示唆するものである。これによりレベルの高い選手の中枢情報処理能力を評価する際は、手足同時の条件で選択反応時間を評価する必要があると考えられた。

実験2は9歳から14歳の競技レベルの高いサッカー児童121名の選択反応時間と生物学的成熟度の関係を見た横断的研究である。生物学的成熟度を検討するため、左手関節のレントゲン写真からTanner-Whitehouse II法を用いて骨成熟度を評価し骨年齢を算出した。選択反応時間測定項目と方法

は実験 1 と同じとした。その結果、レベルの高いサッカー児童の骨年齢の特徴として 10 歳までは骨年齢が暦年齢を下回るもしくは同等であるのに対し、11 歳から 14 歳で骨年齢が暦年齢を上回る傾向が示された。CRT は暦年齢 ($r=-0.49$) だけでなく骨年齢 ($r=-0.52$) と有意に相関し、暦年齢では 9-10 歳群 (892msec) から 11-12 歳群 (786msec) で有意に短縮するのに対し、骨年齢では 11-12 歳群 (821msec) から 13-14 歳群 (748msec) で有意に短縮した。これらの結果から、レベルの高い成長期サッカー児童は 10 歳から急激に骨年齢が成熟し、骨年齢の変化が選択反応時間の変化にも影響を及ぼす可能性が示唆された。

実験 3 は実験 2 で示された CRT の変化に対する骨年齢の影響をより詳細に検討するため、10 歳のレベルの高い成長期サッカー児童 17 名を対象として実験 2 と同様の方法によって得られた CRT と骨年齢の 2 年間の縦断的検討を計 5 年間行った。その結果 CRT は 10 歳 (835msec) から 11 歳 (631msec) にかけて有意に短縮し、11 歳から 12 歳では顕著な変化を示さなかった。一方、10 歳の暦年齢 (10.6 歳) と骨年齢 (10.6 歳) が同程度であるのに対し、11 歳では有意に骨年齢 (12.0 歳) が暦年齢 (11.6 歳) を 0.4 歳上回り、10 歳から 11 歳にかけての骨年齢増加量が 1.4 歳と暦年齢の年間増加量を大幅に上回った。さらに CRT の年間短縮量と骨年齢の年間増加量が $r=-0.45$ と中等度の相関を有した。これらの結果は、横断的検討において示された CRT の変化と骨年齢の関係を縦断的研究からも裏づけるものであった。

実験 4 の研究では、選択反応時間を刺激発生から筋が収縮するまでの時間 (プレモータータイム) と筋収縮から運動が発現するまでの時間 (モータータイム) に分類し検討した。また、ニューロパック (日本光電社製) を用いて大脳皮質での認知と判断に要する時間を事象関連電位 (ERP) の N200 (認知) と P300 (判断) の値より評価し、選択反応時間との関係を検討した。同時にこれらの指標と骨年齢の関係についての相関をみた。対象はレベルの高い成長期サッカー児童 18 名 (11.7 歳) である。反応刺激は視覚刺激とし、課題は標的刺激 2 種類の非標的刺激をランダムにディスプレイ上に表示し、標的刺激にのみ手足同時にボタンを押すオドボール課題とした。また手 (HRT) 足 (FRT) の選択反応時間を測定し、測定中の筋電図を右拇指屈筋 (長拇指屈筋) と右足関節底屈筋 (腓腹筋内側頭) から導出し、プレモータータイムとモータータイムを同時に評価した。その結果 HRT ($r=0.99$) と FRT ($r=0.94$) は手足のプレモータータイムと強い相関を示すものの、モータータイムとは有意な相関を示さなかった。さらに HRT ($r=0.81$) および FRT ($r=0.73$) は共に N200 潜時と相関を持ち、HRT は P300 とも緩やかな相関 ($r=0.57$) を有した。暦年齢、骨年齢別の選択反応時間、プレモータータイム、モータータイム、N200、P300 の横断的变化を検討すると、HRT は暦年齢、骨年齢の増加とともに短縮し ($r=-0.63$, $r=-0.59$)、FRT も暦年齢の増加とともに短縮した ($r=-0.50$) が、骨年齢の方がより強く相関 ($r=-0.62$) した。手足のプレモータータイムは暦年齢、骨年齢の増加とともに短縮したがモータータイムは暦年齢、骨年齢ともに有意に相関しなかった。N200 潜時は暦年齢、骨年齢の増加に伴い短縮した ($r=-0.51$, $r=-0.50$) が、P300 潜時は骨年齢においてのみ年齢依存的に短縮した ($r=-0.50$)。これらの結果から、選択反応時間の変化におい

てはプレモータータイム、その中でも N200 が示す大脳皮質内の刺激弁別に要する時間の変化が大き
いと考えられた。さらにプレモータータイムや N200 および P300 が示す中枢情報処理過程の変化が、骨
年齢の影響を受けることが推測された。さらに選択反応時間の検討により中枢刺激伝達過程と、さら
には大脳皮質内での情報処理過程の成長による変化を知る可能性が示唆された。

本研究で特に特徴的な点は、手足協応させる条件での反応時間の変化は手や足単独での反応時間
と異なる結果が得られたこと。またレベルの高い成長期サッカー児童は 10 歳頃から急激に骨年齢が促
進し、その時期に手足同時の反応時間は顕著に短縮する傾向が示されたことである。この傾向はプレ
モータータイムや ERP においても認められ、中枢での情報処理能力の発達は生物学的成熟度(骨年
齢)の影響を受けることが示唆された。従来から筋の発達などに対しての生物学的成熟度の重要性は
述べられていたが本研究により中枢情報処理能力の発達においてもその重要性が示唆された。本研
究は現在歴年齢のみを参考に行われている JOC などのタレント発掘制度に対して警笛を鳴らすと共
に、改めて骨年齢を初めとする生物学的成熟度のチェックの重要性を中枢情報処理能力の発達
の面から説いた画期的な論文である。よって本研究論文は学位に相応しい内容をもった論文であると審査
委員会は認定した。本論文の各章の研究は申請者が主体的に行ったものでありその貢献度はきわめて
高い。また審査委員会での最終評価の投票でも合格とされた。したがって、本審査委員会は博士(学
術)の学位を授与するにふさわしいものと認定する。