

## 博士学位論文審査報告書

大学名 早稲田大学  
研究科名 スポーツ科学研究科  
申請者氏名 熊崎 昌  
学位の種類 博士（スポーツ科学）  
論文題目 繰り返しの脳震盪がもたらす認知機能への影響  
Influence of multiple concussion histories on the cognitive function

論文審査員 主査 早稲田大学 教授 広瀬 統一 博士（学術）（東京大学）  
副査 早稲田大学 教授 福林 徹 博士（医学）（筑波大学）  
副査 早稲田大学 教授 正木 宏明 博士（人間科学）（早稲田大学）

本博士学位論文は、衝突系競技中に脳震盪を反復受傷することで生じる認知機能変化について、一連の研究成果を纏めたものである。脳震盪は衝突系競技に好発する頭部傷害であり、頭部への衝撃によってもたらされ、器質的な傷害ではなく機能的な傷害である。また悪心、めまい、意識消失、認知機能の低下などの症状は自然に、かつ短期的に回復するものと考えられている（Giza et al., 2001, 2014; McCrory et al., 2013）。このような傷害の特徴が影響し、スポーツ現場では脳挫傷などの重篤な頭部外傷に対して脳震盪が軽い傷害であると認識され、十分な評価およびリハビリテーション期間を経ずに早期に競技復帰する状況が散見されてきた。しかしながら近年、脳震盪を繰り返すことで症状がより重篤化することや（Iverson et al., 2004; Covassin et al., 2013）、さらにはプロボクサーやNFL（National Football League）を引退した選手において、認知機能低下やアルツハイマー病の発症率と脳震盪受傷歴との関連が報告されたことを契機とし（Sollomon et al., 2011; Guskiewicz et al., 2005, 2007）、脳震盪の評価およびその後の競技復帰過程の厳格化がなされるようになった。一方、脳震盪の症状や、認知機能の評価は現在、SCAT3あるいはstandard assessment of concussion（SAC）といった質問紙を用いて行われている。しかしながら、このような質問紙による認知機能の評価では、学習効果の影響（Macciocchi et al., 1996; Makdissi et al., 2001）や評価感度の低さ（Broglio et al., 2007）が指摘されており、認知機能のより詳細な評価指標としてCogSportと呼ばれるパーソナルコンピュータを用いた認知機能評価方法が開発され運用されつつある。しかしながら現役選手における脳震盪と本法で評価する認知機能の関係、そして脳震盪受傷後の認知機能の回復過程の詳細についての情報が極めて少ない。

また、脳震盪受傷後の短期的な認知機能低下の生理学的メカニズムとして、これまでに脳血流量の低下が示唆されている（Maugans et al., 2012）。さらにはchronic traumatic brain injury（CTBI）と診断された30歳代のボクサーにおいて、同年代の運動愛好者と比べて認知機能とともに血圧自動調節能（autoregulation）の障害を明らかにしており、慢性化した脳震盪症状の原因の一つとして報告されている（Bailey et al., 2013）。このように脳震盪後の中・長期的な認知機能の低下と脳血流あるいは血圧自動調節機能との関係を示唆する報

告はあるものの、現役アスリートの脳震盪およびそれに由来する認知機能低下と血圧自動調節機能との関係については明らかにされていない。

以上を背景とし、本論文では大学生現役ラグビー選手を対象とし、第二章でSACとCogSportによる認知機能評価値の相違、第三章では脳震盪既往歴とCogSportによる認知機能評価値の関係、第四章では脳震盪受傷後から競技復帰までの認知機能の変化、そして第五章では既往歴による認知機能の差と血圧自動調節機能の関係について検討を行い、大学生ラグビー選手の脳震盪受傷後の適切な機能評価指標の確立と、中期的な認知機能低下メカニズムの解明を試みた。

まず第二章において397名の大学ラグビー選手を対象に、シーズン前と受傷後のSCATとCogSportの値を比較し、両者の相違点について検討した。その結果、SCATの中でも主に認知機能を示すSACの値とCogSportにおける単純反応時間 (simple reaction time: SRT)、選択反応時間 (choice reaction time: CRT)、continuous learning (CL)、one-back (OB) いずれにおいても有意な中程度以上の相関が得られず、両者は異なる機能を評価していることが示された。本研究結果は、脳震盪受傷後の認知機能変化を、従来よりも多角的に検討すべきことを示す結果として、臨床的に意義深いものである。

次に第三章において448名の大学ラグビー選手を対象として質問紙を用いて既往歴を調査し、4回以上、1-3回、0回の各群でシーズン前のCogSport値を比較した。その結果、4回以上の既往を有する選手のSRT、CRT、CL、OBは1-3回の既往を有する選手よりも低値を示した。この結果は、若年現役選手においても複数回の脳震盪既往を有する選手は、すでに認知機能のベースラインが低下している、もしくはこのような特徴を有する選手が脳震盪を頻回する可能性を示すものと推察している。

そして第四章において26名の大学生ラグビー選手を脳震盪頻回群 (4回以上; 8名) と4回未満群 (18名) に群分けし、脳震盪受傷後から競技復帰、そしてシーズン終了後のCogSportによる認知機能評価とSCAT2による自覚症状の評価を縦断的に行い、その回復過程を比較した。その結果、脳震盪の既往数に関わらず受傷2日後にはSRT、CRT、OBがベースラインよりも低値を示し、SRT、CRT、CLは競技復帰直前 (受傷後約5日) においてもベースラインよりも低値を示していた。また、既往数が4回以上の選手は競技復帰までの日数が $7.8 \pm 2.2$ 日であったのに対し、既往数が4回未満の選手は $10.7 \pm 4.7$ 日であった。SCAT2における症状は両群で差が無いことから、4回以上の既往数をもつ選手は症状の改善を早期に訴えていることが示された。これらの結果は主観的な症状が改善していても認知機能は必ずしもベースラインまで回復しておらず、競技復帰にあたっては認知機能も詳細に評価しなければならないことを示すものとして、臨床的および学術的にも意義深いデータである。

さらに第五章においては、認知機能に影響を及ぼすと考えられる脳血流自動調節能に着目したうえで、4回以上の脳震盪既往歴を有する大学生ラグビー選手 (9名) と脳震盪受傷歴1回以下 (9名) の選手を対象としてCogSportによる認知機能と血圧自動調節機能の関係について検討した。血圧自動調節機能はWillie et al. (2011) のbilateral thigh-cuff release techniqueに準じ、大腿部における血流制限前後の血圧と中大脳動脈の血流速度を経頭蓋ドップラ (transcranial Doppler: TCD) を用いて測定し、脳血流速度 (MCAv) の回復状態から評価した (rate of regulation: RoR)。その結果、4回以上の脳震盪既往を有する選手はOB課題において4回未満の選手よりも有意に反応時間が遅延していたが、RoRには群間差を認めなかった。このことは、長期的な認知機能の低下をもたらす要因のひとつであると考えられている血圧自動調節機能の変化によって、大学生現役ラグビー選手に見られる繰り返

返しの脳震盪による認知機能の低下は説明されない可能性を示唆する。この結果は、fMRIなどを用いた局所の脳血流動態をより詳細に検討する必要性を示すとともに、血流などの機能面だけでなく、組織の微細損傷なども繰り返しの脳震盪後に生じる認知機能低下に影響している可能性を示唆するものとして、学術的にも意義深いと考えられる。

これらの一連の研究から、大学生ラグビー選手の脳震盪受傷後の競技復帰においては、従来の SCAT や自覚症状のみでは認知機能の回復過程を鋭敏に評価できているとは考え難く、これらの指標のみを用いて競技復帰時期を判断するには不十分であることが提言できる。近年問題視されている衝突系スポーツ引退後に生じる認知および精神機能低下を防ぐためにも、今後は CogSport が例となるような客観的指標を用いて、アスリートの認知機能の回復を詳細にそして多角的に評価していく必要がある。一方で、本研究の限界として大学生年代のラグビー選手という、年代および競技が限定されている事が挙げられる。今後、本研究結果を一般化するためにも、さらに幅広い年代と競技を対象に研究を進める必要がある。また本論文では認知機能低下を脳血流自動調節能では説明できず、脳震盪を繰り返すことによって生じる中・長期的な認知機能低下のメカニズムが明らかにできていない。今後さらに局所の脳血流量の変化などを通じて、より詳細に検討することが必要である。このような限界はあるものの、本論文は複数回の脳震盪既往が現役の若年ラグビー選手においても認知機能の低下をもたらしている可能性を示唆し、このような機能低下を CogSport といった客観的評価指標を用いて評価することの重要性を明確に示した点で臨床的にも、学術的にも意義深いものと考えられる。

本研究は申請者が主体的に行った研究である。また 12 月 14 日の公開審査会では今後の更なる研究の必要性も指摘されたが、全体としての研究内容は脳震盪からの適切な競技復帰のための指標構築に貢献できる研究として基礎的そして臨床的研究として価値があり、高い評価を得た。したがって審査委員は全員一致で申請者熊崎昌氏が、博士（スポーツ科学）の学位を授与するに十分値するものと認める。

#### 学会誌掲載論文

熊崎昌・星川精豪・太田千尋・福林徹・広瀬統一（2015）. 大学ラグビー選手の頭部衝撃既往は認知機能に影響を及ぼしているか？ 日本臨床スポーツ医学会誌，23(1)，66-73.

以 上