

大学アメリカンフットボール選手の脳振盪既往歴と 頭頸部画像異常所見との関係について

Medical History of Mild Concussion in American Football College Athletes and Abnormal Findings in Head and Neck MRIs

西 村 忍

1. はじめに
 2. 方法
 - 2.1 対象者について
 - 2.2 脳振盪既往歴調査について
 - 2.3 メディカルチェックの頭頸部 MRI 画像所見について
 - 2.4 統計処理について
 3. 結果
 4. 考察
 - 4.1 脳振盪の発生状況について
 - 4.2 脳振盪のメカニズムについて
 - 4.3 脳振盪後症候群とセカンドインパクト症候群について
 5. まとめ
- 謝辞
参考文献

1. はじめに

フルコンタクトスポーツ又はコリジョンスポーツのひとつとして知られているアメリカンフットボール（以下アメフト）の現場では、頭部外傷の発生頻度が必然的に高い傾向にある。重症頭部外傷は、生命予後にかかわるだけに、ニュースや新聞等により取り扱われるケースが多い（平川 2002）。死亡事故や重篤な後遺症が残る事例、又は後遺障害により社会的制約を余儀なくされる事例などがある（田口・関野 2002）。

しかしながら、幸いにも頭部外傷の多くは軽症であり、その軽症例として、最も多く発生しているのが、脳振盪である（荻野 2005；田口・関野 2002；平川 2002）。誰もが一度は脳振盪という外傷名を聞いたことがあると思われるが、その実際の認識と対応は非常に多くのスポーツ現場で働くドクターやトレーナーが難しいと感じているのが現状である（平川 2002）。

医学的に脳振盪という病態は、外傷後の意識消失の時間が 6 時間未満のものを脳振盪と定義している（平川 2002；Gennarelli, Spielman, Langfitt, Gildenberg, Harrington, Jane, Marshall, Miller and Pitts 1982）。また 6 時間を越える意識消失を、昏睡と定義されているが、スポーツの現場において、6 時間経過して初めて昏睡か脳振盪かの区別ができるということは、実用的ではない（平川 2002）。現場で発生する脳振盪は、数時間もの長い意識障害を呈する重症例は稀であり、意識消失を伴わ

ない軽症脳振盪 (Mild Concussion 又は Subconcussion) が多数を占める (川又・片山 2008)。

スポーツ現場に適した脳振盪の認識基準や対応策の必要性の観点から、米国神経学アカデミー (American Academy of Neurology) 小委員会は、1996 年の Annual meeting にて、現場における脳振盪を「外傷により引き起こされる精神活動レベル (Mental Status) の変容であり、意識消失を伴う場合と、そうでない場合がある。症状は、頭部への衝撃の直後に生じることもあれば数分後に発生することもある」と定義した。

また、脳振盪の程度による分類法 (図表 1) についても報告を行い、意識喪失の有無、精神活動の混乱、混乱の持続時間の 3 項目によって程度を分類することが出来るようになった。簡便で非常に分かりやすく、ドクターが現場にいない状態であっても、トレーナー、コーチなどによる評価が可能となり、現場での迅速な対応が出来る目安となった。今日においても非常に有用な判断基準となっている。

図表 1. 脳振盪の程度による分類

	第 1 度 (Grade 1)	第 2 度 (Grade 2)	第 3 度 (Grade 3)
意識喪失	なし	なし	あり
精神活動の混乱	一過性	一過性	(秒ないし分単位)
混乱の持続時間	15 分以内	15 分以上	

(出所) 米国神経学アカデミー小委員会作成によるもの

脳振盪の特徴については、2004 年プラハで開催された第 2 回国際スポーツ脳振盪学会で以下のように解説している (谷・MrCrory・川又・荻野・森 2006 ; McCrory, Johnston, Meeuwisse, Aubry, Cantu, Dvorak, Graf-Baumann, Kelly, Lovell and Schamasch 2005)。

- ① 頭部への直接外力に加えて、頭部へ伝播する顔面、頸部、あるいは身体のどの部分に対する外力でも生じることがある。
- ② 典型的な脳振盪では、受傷直後に神経機能が障害され、短時間のうちに回復する。
- ③ 神経病理学的変化 (器質的脳損傷) を生じている可能性は否定できないが、急性期の臨床症状は可逆的であり、機能的な傷害を反映している。
- ④ 意識消失を伴う場合、伴わない場合など、種々の重症度があるが、臨床症状、認知機能障害は時間とともに改善する。
- ⑤ 通常、画像診断では異常を示さない。

以上のように、脳振盪は様々な外力が加わることにより引き起こされ、特徴的である神経機能障害、混乱 (Confusion) と健忘 (Amnesia) がみられることが多い。その症状は、一過性で完全に受傷前の状態にまで回復するが、意識消失があるとは限らないため、受傷後は経過を観察する必要がある。Computed Tomography (以下 CT) や Magnetic Resonance Imaging (以下 MRI) による画像所見に形態異常が見られない一過性の脳振盪には、受傷した選手自身さえも気付かない軽症例から、頭痛や立ち

くらみ、吐き気等の自覚症状がはっきりとわかるものまで様々である（図表 2）。

図表 2. 運動選手が訴える脳振盪の症状

早期（数分から数時間）の症状	後期（数日から数週）の症状
・頭痛 ・立ちくらみ、めまい感 ・周囲の状況に対する認識の欠如 ・嘔気、嘔吐	・持続する軽度の頭痛 ・頭がふらふらした感じ ・注意力散漫と集中力の低下 ・記憶力の低下 ・疲れやすい ・欲求不満に陥りやすい ・いらいらして、刺激に対して過敏である ・明るい光に耐えがたい、焦点が合わない ・大きな物音に耐えがたい、耳鳴りがする ・不安感や、気分の落ち込み ・眠れない、 など

（出所）米国神経学アカデミー小委員会作成によるもの

米国神経学アカデミーが行った 1996 年の報告を機に、2000 年以降世界的にスポーツ現場での脳振盪に関する研究が非常に多くの研究者によって報告されるようになった（川又・片山 2010）。脳振盪の事例報告、発生要因、対処法、メカニズムなど多岐にわたる研究が行われているが、脳振盪と脳またはその脳をつなぐ頸髄に関する先天性器質的形態異常との関連性については、ほとんど報告されていないのが現状である。よって、本研究では、頭部外傷である脳振盪に注目し、大学アメフト選手が競技中に受傷した脳振盪について既往歴調査を行い、入部時に義務化しているメディカルチェック（以下 MC）の頭頸部 MRI 画像との関係について調査することを目的とした。さらに、学術雑誌等に掲載された論文より、脳振盪の発生状況、メカニズム、脳振盪後症候群やセカンドインパクト症候群に注目し、検討を加えた。

2. 方法

2.1 対象者について

対象者は、2006 年度 K 大学体育会アメフト部に所属する学生のうち、アメフト競技歴が 1 年以上である選手 84 名（年齢 20.24 ± 1.24 歳、アメフト競技歴 3.30 ± 2.08 年、身長 174.86 ± 4.42 cm、体重 79.02 ± 10.07 kg）とした。

2.2 脳振盪既往歴調査について

脳振盪に関する既往歴調査は、対象者全員と直接面談形式にて行った。このときに脳振盪とは、アメフト競技中に発生した頭部外傷のうち、米国神経学アカデミーが定義した“スポーツによる脳振盪”の分類基準（図表 1）や症状（図表 2）に従い、第 1 度から第 3 度までと分類可能であった症例について全て脳振盪として扱った。またチーム内で学生トレーナーが記録・管理を行っている外傷障害記録表とも照らし合わせ

て、確認を行った。その調査結果より、①脳振盪なし群と脳振盪あり群、②脳振盪 2 回以上なし群と脳振盪 2 回以上あり群に分類を行った。

2.3 メディカルチェックの頭頸部 MRI 画像所見について

MC は、1992 年度よりチームドクターの所属する病院にて新入生と 4 年生は必ず行うことになっている。アメフトやラグビーのフルコンタクトスポーツ現場でのチームドクター経験を数多く有するドクターによる頭頸部 MRI 画像診断の所見より、くも膜嚢胞、透明中隔、脊髄空洞症など先天性器質の形態異常がみられたものを“異常所見あり”として扱った。その診断結果より、③異常所見なし群と異常所見あり群に分類を行った。

2.4 統計処理について

脳振盪既往歴調査結果と画像診断による異常所見について、以下のとおり統計処理を行った。分類された①脳振盪なし群とあり群×③異常所見なし群とあり群、②脳振盪 2 回以上なし群とあり群×③異常所見なし群とあり群のそれぞれに対し、対応のある 2 群間にてノンパラメトリック検定である McNemar χ^2 test を統計学的手法として用いた。統計学的有意差は、危険率 5%未満とした。

3. 結果

脳振盪既往歴調査結果より、脳振盪を受傷した選手が 84 名中 38 名 (45.2%) いたことが分かった。それにより、①脳振盪なし群 46 名とあり群 38 名とした。さらに、脳振盪を 2 回以上受傷していた選手は、84 名中 25 名 (29.8%) であった。②脳振盪 2 回以上なし群 59 名とあり群 22 名と分類した。

頭頸部 MRI 画像より、“異常所見あり”として診断された選手は、84 名中 7 名 (8.3%) いたことが分かった。それにより、③異常所見なし群 77 名とあり群 7 名と分類した。

統計処理の結果、①脳振盪なし群 46 名とあり群 38 名×③異常所見なし群 77 名とあり群 7 名では、脳振盪は、異常所見なし群 34 名/77 名 (44.2%) に比べ、異常所見あり群 4 名/7 名 (57.1%) が有意に多かった ($p < 0.01$) (図表 3)。また、②脳振盪 2 回以上なし群 59 名とあり群 25 名×③異常所見なし群 77 名とあり群 7 名では、脳振盪 2 回以上は、異常所見なし群 22 名/77 名 (28.6%) に比べ、異常所見あり群 3 名/7 名 (42.9%) が有意に多かった ($p < 0.01$) (図表 4)。

図表 3. 脳振盪と頭頸部 MRI 画像形態異常所見との関係

		脳振盪	
		なし群 (46 名)	あり群 (38 名)
形態異常所見	なし群 (77 名)	43	34
	あり群 (7 名)	3	4

$p < 0.01$ in McNemar χ^2 test

図表 4. 脳振盪（2 回以上）と頭頸部 MRI 画像形態異常所見との関係

形態異常所見		脳振盪	
		2 回以上なし群 (59 名)	2 回以上あり群 (25 名)
	なし群 (77 名)	55	22
	あり群 (7 名)	4	3

p<0.01 in McNemar χ^2 test

4. 考察

本研究に参加した対象者は、アメフト競技歴が 1 年以上である K 大学アメフト選手 84 名である。競技レベルとしては、関東学生アメフト連盟 1 部リーグに所属する強豪校の一つである。そのうち、面談形式によって集計された脳振盪既往歴調査と入部時に実施される MC の項目の一つである頭頸部 MRI 画像によって見つかった先天性器質的形態異常所見との関係について行った調査結果と学術論文より脳振盪の発生状況、メカニズム、脳振盪後症候群やセカンドインパクト症候群に注目した結果、形態異常所見との関連性について以下のことが分かった。

4.1 脳振盪の発生状況について

頭部外傷の軽症例として本研究で取り上げた脳振盪に関する報告は非常に多く、米国ではアメフト競技人口 100 万人に対して、年間 4 万人が脳振盪を受傷すると言われている (Powell and Barber-Foss 1999)。また、大学生より高校生の脳振盪受傷率は、さらに高くなり、4,000 人の選手が 1 試合もしくは 1 回の練習で脳振盪が 1 回発生すると統計的に報告されている (Kelly and Rosenberg 1997)。一方、日本の 13 年間による大学アメフト現場における調査報告 (藤谷ら 2006) によると、脳振盪は 235 件発生しており、また 1 試合あたりの発生件数でみると、0.9-1.0 件であった (安部ら 1998 ; 荻野・阿部 1998)。下級生に多くみられ、また試合の後半に発生頻度が高くなっていた (荻野・阿部 1998 ; 藤谷ら 2006)。基本動作であるタックル・ブロックの適切な技術が十分にまだ身についていない、基礎体力や頸部筋力を含めた筋力が不足している等の要因により、下級生に脳振盪が多いと報告されていた。

以上のように、アメフト競技中に発生する脳振盪の頻度や選手自身の技術的な問題や体格・筋力に関する報告がほとんどであるが、本研究では、MC によって得ることが出来た頭頸部 MRI 画像より、プレイする前に未然に脳振盪を防ぐ可能性について検討するものである。アメフト部へ入部したことにより MC を受け、初めて形態異常である、くも膜嚢胞、透明中隔、頸髄空洞症の存在を知った選手がほとんどであった。今日まで何ら支障のない日常生活を過ごしていた者ばかりである。一般的な形態異常の出現率は、0.1-0.3%という報告 (野地 2008) や 5-10%前後 (阿部 1995 ; 鈴木 1985) など様々であるが、そのほとんどが無症徴性である (田村・松谷・清水 2002)。近年の CT や MRI などの画像診断法の普及により、偶然に発見される機会が増加した結果である。本研究では、アメフト競技歴が 1 年以上である選手 84 名のうち、形態異常がある選手は 7 名 (出現率 8.3%) であった。そのうち、脳振盪既往のある選手 4 名 (57.1%)、2 回以上の脳振盪既往のある選手 3 名 (42.9%) であった。脳振盪につ

いて、形態異常所見を持つ選手が、受傷回数に関係なく、アメフト競技中に脳振盪を受傷する確率が、形態異常所見のない選手と比較して、有意に高いことが分かった ($p<0.01$)。頭頸部における先天性器質的形態異常は、脳振盪を引き起こす要因のひとつである可能性について示唆された。

4.2 脳振盪のメカニズムについて

頭部へ衝撃が直接加えられた直達外力だけでなく、例えば右側方からの頭部への衝撃により、左方向へ頭部が加速度を受ける時に、頭部内の髄液に浮かぶように存在する脳は、頭部の移動方向とは反対となる右方向へ回転加速度が引き起こされる。その結果、脳組織内の広い範囲に伸展や圧縮などのひずみ、剪断力が生じる(平川 2002 ; 谷 2007)。それによって脳機能障害が呈することを脳振盪と称している(谷 2007)。このメカニズムは、アメフト現場で死亡事故につながる症例として最も多い重症頭部外傷の急性硬膜下血腫と同じである(荻野・阿部 1998 ; 日野・平川・久保・水野 1987)。急性硬膜下血腫とは、頭蓋骨の内側と脳表間にある脳膜(内側から軟膜、くも膜、硬膜の3層構造)を貫通し、橋渡しのような状態で存在する架橋静脈が、剪断力により架橋静脈が破綻(断裂)し、脳を覆う硬膜の内側(下)に出血が停留し、血腫が発生することである(太田・松谷 2004 ; 野地 2008)。

脳振盪が引き起こされた時は、その剪断力により脳血流の自動調整能(Autoregeneration)が障害されていることが確認されている(成相・平川 1999)。さらに、脳の深部である脳幹部に剪断力が集中し大きくなることが有限要素法による解析やシミュレーションでは明らかにされており(村上・中村・西本・阿部 1999 ; 谷 2007)、結果として神経線維の連絡などが引き伸ばされ、神経細胞による正常な神経伝達機能を維持することが困難になることが実験的にも確認されている(川又・片山・吉野 1992 ; Kawamata, Katayama, Hovda, Yoshino, and Becker 1992)。また、脳振盪症状でみられる記憶の混乱は、記憶を司る海馬が、脳深部に位置することにより、何らかの影響を受けていることが考えられる(平川 2002)。

形態異常である、くも膜嚢胞は軽度の衝撃で出血を合併しうることが報告されている(荻野 2005)。くも膜嚢胞とは、髄液と同一性状の液体が入った嚢胞の被膜が、くも膜からなるもので、脳表のくも膜下腔に位置する(野地 2008)。そして、その被膜に接するように浮遊している血管が存在し、病理学的に硬膜下血腫のリスクファクターとして考えられているからである(野地 2008)。ボクシング競技では、脳内出血した後、救命し得た選手十数名のうち、70%に透明中隔をはじめとした形態異常を認めた(鈴木 1985)と報告されている。本研究で取り上げたアメフト競技においては、形態異常を持つ選手の脳振盪発生頻度が有意に高いメカニズムについて、コンタクト時に頭部に発生するエネルギーの脳への伝達経路に対し、くも膜嚢胞や透明中隔が通常とは異なる変化を与えたり、回転加速度の異常を生じたり、何らかの障害を引き起こす可能性があることが考えられる。また、脳の奇形や水頭症などの合併が多いため、髄液の還流障害を生じる可能性についても考えられる。脊髓空洞症の場合は、潜在的なものを含め、脳振盪後の脳の代謝障害や脳圧の亢進状態などを生じる可能性がある。よって、頭頸部の形態異常を持つアメフト選手は、競技中に脳震盪を受傷する確率が

有意に高いと思われる。

4.3 脳振盪後症候群とセカンドインパクト症候群について

脳振盪は、軽症例の頭部外傷として扱うのではなく、十分な知識をもって管理しなければならない（平川 2002）。脳振盪を受傷した後、1 ヶ月間は、集中力と情報処理能力を必要とするテストで反応が遅く、その状態がさらに数週間続き、完全に回復するまで3 ヶ月かかったという報告（Hugenholtz, Stuss, Stethem and Richard 1988）もある。筋緊張型の頭痛、めまい、吐き気、聴力障害、手足の震えなど症状は様々であるが、1 週間程度脳振盪後に症状が続くものを脳振盪後症候群（Post-concussion Syndrome）と呼ばれており、受傷した患者の 23-90%が経験している（川又・片山 2002；谷 2007）。また、脳振盪の既往歴のある選手は、再び脳振盪を受傷する割合が、既往歴のない選手と比較して、4-6 倍高くなる（Kelly and Rosenberg 1997；Zemper 2003）といわれている。脳振盪を慢性的に繰り返すと、脳の委縮により、パンチドランカーと呼ばれる永続的な認知機能の障害などを引き起こす可能性についても指摘されている（Gronwall and Wrightson 1975；Jordan 2000）。脳振盪は、受傷直後より経過観察を必要とし、またその症状が直後に見られないものや見られるもの、数日以上続くものなどがあることを理解し、その後の管理について慎重に判断していく必要がある。

また近年ではアメフト現場において、脳振盪の症状が完全に消失しないうちに2 度目の脳振盪を受傷し、不可逆的な脳損傷が引き起こされ、重篤な状態に陥るセカンドインパクト症候群（Second Impact Syndrome）に関する報告が多い（荻野 2005；川又・片山 2002；Cantu 1998；McCrary and Berkovic 1998；Nowinski 2007；Saunders and Harbaugh 1984）。2 度目の脳振盪も軽度なものが多く、選手はしばらく競技を続けた後、急激に昏睡状態となる（McCrary and Berkovic 1998；Saunders and Harbaugh 1984）といわれている。予後は、不良である（川又・片山 2002）。発生頻度としては低く、アメフトの統計では、全米で年間10 人以下（川又・片山 2002）であるが、若年者に多い外傷である。メカニズムとしてまだ不明な点が多いとされているが、1 回目の脳振盪時に脳血流の自動調整能が障害されている状態に、2 回目の衝撃が加わることによって、頭蓋内の血管が怒張し脳循環障害が高度に進み、急激な脳腫脹が引き起こされた結果、生命にかかわる危険な状態になると推測されている（荻野 2005；川又・片山 2002；Cantu 1998）。受傷した選手達は、セカンドインパクト症候群が発生する直前に頭痛やめまい等のなんらかの異常を自覚していたと報告されている（Nowinski 2007）。特にここで気を付けなければならないことは、形態異常を持ちながらアメフト競技を行っている選手は、頭痛既往が多いと報告（阿部 1995）されていることである。

アメフト競技を安全に楽しむためにも、MC 後に形態異常所見のあった選手だけでなく、その家族、コーチングスタッフ、ドクターとトレーナーを含む医科学サポートスタッフ間で情報を共有することが未然に脳振盪だけでなく、重症頭部外傷の予防となる一番重要な方法である。そのためチーム内でしっかりと軽症例とされる第1 度の脳振盪が発生した時でも、コーチに申告できる体制を整えなければならない。被害を

受けるのは、選手であり、その家族である。1 回目の脳振盪時に対して管理がしっかりとできていれば、セカンドインパクト症候群を含め死亡事故につながる重症頭部外傷を未然に防ぐ可能性が高くなる。脳振盪を繰り返す環境は、圧倒的にスポーツ現場に多く発生している (川又・片山 2002) ため、ドクター、トレーナー、コーチは選手達の不審と思われる言動には注意を払わなければならない。

5. まとめ

本研究では、K 大学アメフト部員 84 名を対象に、アメフト競技中に受傷した脳振盪について既往歴調査と入部時に義務化している MC の頭頸部 MRI 画像との関係について調査を行い、以下のことが分かった。

- 1) 脳振盪を受傷した選手は、84 名中 38 名 (45.2%) であった。
- 2) 脳振盪を 2 回以上受傷していた選手は、84 名中 25 名 (29.8%) であった。
- 3) 先天性器質的異常所見ありと診断された選手は、84 名中 7 名 (8.3%) であった。
- 4) ①脳振盪なし群 46 名とあり群 38 名×③異常所見なし群 77 名とあり群 7 名では、脳振盪は、異常所見なし群 34 名/77 名 (44.2%) に比べ、異常所見あり群 4 名/7 名 (57.1%) が有意に多かった ($p<0.01$)。
- 5) ②脳振盪 2 回以上なし群 59 名とあり群 25 名×③異常所見なし群 77 名とあり群 7 名では、脳振盪 2 回以上は、異常所見なし群 22 名/77 名 (28.6%) に比べ、異常所見あり群 3 名/7 名 (42.9%) が有意に多かった ($p<0.01$)。

以上の結果から、頭頸部における先天性器質的形態異常は、脳振盪を引き起こす要因のひとつである可能性について示唆された。形態異常により、脳振盪発生時に発生するエネルギーの伝達経路や髄液の還流障害、脳圧の亢進状態などを引き起こす可能性があることが、その要因の一つとして考えられた。

今後においても、脳振盪の危険因子として考えられる、くも膜嚢胞、透明中隔、脊髄空洞症について継続的にデータ収集を行い、脳振盪への関与について検討していく必要がある。

【謝辞】

本稿を作成するにたり、北里研究所病院スポーツクリニックの阿部均先生、月村泰規先生から貴重なご助言を頂戴しました。この場を借りてお礼申し上げます。

【参考文献】

- 安部総一郎・中嶋寛之・川原貴・下條仁士・阿部均 (1998) 「アメリカンフットボール試合時における外傷について—5 年間の検討—」『臨床スポーツ医学』第 15 巻, 日本臨床スポーツ医学会, pp. 547-551.
- 阿部均 (1995) 「アメリカンフットボールの事故と予防対策 アメリカンフットボール選手の頭部 CT 像とその検討」『臨床スポーツ医学』第 12 巻, 日本臨床スポーツ医学会, pp.5-11.
- 太田富雄・松谷雅生 (2004) 「脳神経外科」改訂 9 版, 金芳堂.
- 荻野雅宏 (2005) 「スポーツと頭部外傷—頭部外傷 10 か条の提言—」『日本臨床スポーツ医学会誌』第 13 巻, 日本臨床スポーツ医学会, pp.164-173.

- 荻野雅宏・阿部均（1998）「アメリカンフットボールによる頭頸部外傷—関東大学アメリカンフットボール連盟の記録から—」『神経外傷』第 21 巻，日本脳神経外傷学会，pp.101-105.
- 川又達朗・片山容一（2002）「スポーツによる脳振盪 脳震盪を繰り返すとどうなるのか—いつ復帰できるか—」『臨床スポーツ医学』第 19 巻，日本臨床スポーツ医学会，pp.637-643.
- 川又達朗・片山容一（2008）「各種外傷とその初期診断・対応と復帰のガイドライン：脳振盪」『臨床スポーツ医学』第 25 巻，日本臨床スポーツ医学会，pp.331-338.
- 川又達朗・片山容一（2010）「脳振盪をめぐるスポーツ現場での対策—予防・再発防止に向けた具体的な取り組み—：脳振盪とは」『臨床スポーツ医学』第 27 巻，日本臨床スポーツ医学会，pp.253-261.
- 田口芳雄・関野宏明（2002）「スポーツによる脳振盪 脳震盪と診断するのはどんなときか」『臨床スポーツ医学』第 19 巻，日本臨床スポーツ医学会，pp.609-613.
- 川又達朗・片山容一・吉野篤緒（1992）「頭部外傷急性期における脳糖代謝の変化とその機序：興奮性アミノ酸イオンチャンネルを介したイオン移動による脳内ブドウ糖利用率および乳酸濃度の上昇」『神経外傷』第 15 巻，日本脳神経外傷学会，pp.85-91.
- 鈴木敬（1985）「ボクシングでの頭部外傷と安全対策」『臨床スポーツ医学』第 2 巻，日本臨床スポーツ医学会，pp.252-258.
- 谷諭（2007）「脳震盪」『財団法人日本体育協会公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト 3：スポーツ外傷・障害の基礎知識』，pp.163-166.
- 谷諭・MrCrory P・川又達朗・荻野雅宏・森照明（2006）「スポーツにおける脳振盪 国際会議の同意声明の要約」『神経外傷』第 29 巻，日本脳神経外傷学会，pp.62-67.
- 田口芳雄・関野宏明（2002）「スポーツによる脳振盪 脳震盪と診断するのはどんなときか」『臨床スポーツ医学』第 19 巻，日本臨床スポーツ医学会，pp.609-613.
- 田村晃・松谷雅生・清水輝夫（2002）「EBM に基づく脳神経疾患の基本治療指針」メジカルビュー社，pp.181-183.
- 成相直・平川公義（1999）「軽症頭部外傷における局所脳血流異常—とくにスポーツ外傷時の一過性記憶障害のメカニズムに関して—」『臨床スポーツ医学』第 16 巻，日本臨床スポーツ医学会，pp.81-84.
- 野地雅人（2008）「各種外傷とその初期診断・対応と復帰のガイドライン：脳損傷」『臨床スポーツ医学』第 25 巻，日本臨床スポーツ医学会，pp.319-329.
- 日野明彦・平川公義・久保哲・水野弥一（1987）「アメリカンフットボールによる頭部外傷」『臨床スポーツ医学』第 4 巻，日本臨床スポーツ医学会，pp.793-798.
- 平川公義（2002）「スポーツによる脳振盪 スポーツにおける「脳震盪」の新しい考え方」『臨床スポーツ医学』第 19 巻，日本臨床スポーツ医学会，pp.601-607.
- 村上成之・中村紀夫・西本哲夫・阿部俊昭（1999）「側頭部衝撃におけるびまん性脳損傷の発生機序についての一考察—二次元有限要素法を用いた脳内応用分布の検討から—」『神経外傷』第 22 巻，日本脳神経外傷学会，pp.110-116.
- 藤谷博人・中嶋寛之・黒澤尚・川原貴・阿部均・川又達朗（2006）「関東大学アメリカンフットボール秋季公式戦における過去 13 年間の脳振盪の発生状況」『日本臨床スポーツ医学会誌』第 14 巻，日本臨床スポーツ医学会，pp.311-315.
- American Academy of Neurology：Report of the quality standard subcommittee（1997）“practice

- parameters: the management of concussion in sports (summary statement)." *Neurology*, Vol.48, pp.581-585.
- Cantu, RC (1998) "Second-impact syndrome," *Clinics in sports medicine*, Vol.17, pp.37-44.
- Gennarelli, TA., Spielman, GM., Langfitt, TW., Gildenberg, PL., Harrington, T., Jane, JA., Marshall, LF, Miller, JD and LH. Pitts (1982) "Influence of the type of intracranial lesion of outcome from severe head injury : A multicenter study using a new classification system," *Journal of Neurosurgery*, Vol.56, pp.26-32.
- Gronwall, D and P. Wrightson (1975) "Cumulative effect of concussion," *Lancet*, Vol.2, pp.995-997.
- Hugenholtz, H., Stuss, DT., Stethem, LL and MT. Richard (1988) "How long does it take to recover from a mild concussion?" *Neurosurgery*, Vol.22, pp.853-858.
- Jordan, BD (2000) "Chronic traumatic brain injury associated with boxing," *Seminars in Neurology*, Vol.20, pp.179-185.
- Kawamata, T., Katayama, Y., Hovda, DA., Yoshino, A and DP. Becker (1992) "Administration of excitatory amino acid antagonists via microdialysis attenuates the increase in glucose utilization seen following concussive brain injury," *Journal of cerebral blood flow and metabolism : official journal of the International Society of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, Vol.12, pp.12-24.
- Kelly, JP and JH. Rosenberg (1997) "Diagnosis and management of concussion in sports," *Neurology*, Vol.48, pp.575-580.
- McCrory, PR and SF. Berkovic (1998) "Second Impact Syndrome," *Neurology*, Vol.50, pp. 677-683.
- McCrory, PR., Johnston, K., Meeuwisse, W., Aubry, M., Cantu, R., Dvorak, J., Graf-Baumann, T., Kelly, J., Lovell, M and P. Schamasch (2005) "Summary and agreement statement of the second international conference on concussion in sports, Prague 2004," *British Journal of Sports Medicine*, Vol.39(suppl.), pp.i78-i86.
- Nowinski, C (2007) "Head games- football's concussion crisis," *Drummond publishing group*, pp.49-70.
- Powell, JW and KD. Barber-Foss (1999) "Traumatic brain injury in high school athletes," *JAMA*, Vol.282, pp.958-963.
- Saunders, RL and RE. Harbaugh (1984) "The second impact in catastrophic contact sports head trauma," *JAMA*, Vol.252, pp.538-539.
- Zemper, ED (2003) "Two-year prospective study of relative risk of a second cerebral concussion," *American journal of physical medicine & rehabilitation*, Vol.82, pp.653-659.

(2013年1月7日受理)