

論 文 内 容 要 旨

題目 A study on the diagnostic support system of the repetitive brain concussion based on the reconstruction analysis of the accident

—The accident cases of Judo and American football—

(事故の再現と解析による繰り返し脳震盪の診断支援システムに関する検討)

—柔道とアメリカンフットボールにおける事故を例として—

著者 Shigeru Aomura, Hiromichi Nakadate, Yuelin Zhang, Takahiro Ueno, Akiyoshi Nishimura

2023年2月発行 The Journal of Medical Investigation

第70巻第1・2号に掲載予定

内容要旨

【背景と目的】軽度脳損傷に位置づけられる脳震盪は、コンタクトスポーツを始めとして日常生活でも多く見受けられるが、有効な診断方法が存在せず軽視されがちである。しかし昨今、脳震盪を繰り返すことによる重症化、セカンドインパクトシンドローム(SIS : Second Impact Syndrome)の例が数多く報告され大きな社会問題となっている。さらに軽度脳損傷といえども長期間繰り返すことによる高次脳機能障害発症の例も指摘されており、繰り返しを防ぐためには脳震盪に対する正しい理解と適切な対応が必要である。しかし医療現場ではMRIやCTでも脳損傷の兆候は観察できず、1度目の損傷事故の詳しい状況や脳への負荷が具体的な医療記録として残らず効果的な対応方法がないのが現状である。そこで本研究では多体動力学と有限要素法を用いて「事故の再現と解析による繰り返し脳震盪の診断支援システム」の検討を行った。

【方法】通常の単独の脳震盪事故の再現同様、事故発症時のビデオ記録の画像解析結果を多体動力学による全身マルチボディ解析ソフトウェア(MADYMO, Ver.7.6)に適用し、受傷者の全身挙動を再現して衝突時の頭部の衝突角度と衝突速度を求め、それらを初期条件として3次元ヒト頭部有限要素モデルに与え、衝撃による脳各部の応力や歪み等の負荷を詳細に求め脳震盪の発症を判定した。繰り返し脳震盪においては1度目の衝撃による何らかの脳損傷の痕跡が2度目の衝撃での重症化を招くと考えられ、1度目の事故の解析で得られた脳損傷の

痕跡を何らかの形で2度目の事故の解析に反映させる方法が重要である。本解析では、1度目の衝撃解析の結果に応じて大脳、および脳幹の剪断係数を低下させて2度目の衝撃解析を行って最終結果を得る方法、および1度目の衝撃解析と2度目の衝撃解析を独立に行い、両者の損傷を足し合わせる方法の2つの方法を検証した。検証の例題としてアメリカンフットボールの試合中で発生した2件の脳震盪事故および柔道の全日本選手権で同じく発生した2件の脳震盪事故を対象とし、2件の事故のそれぞれの一件を1度目、2度目の損傷と仮定して衝撃の繰返しによる重症化の検証を行った。脳震盪の発症は、脳の各部位の最大歪みおよび損傷割合（脳の歪みが脳震盪発症の閾値を超えた部位の脳全体に対する体積割合）により評価した。

【結果】2つの方法共に脳の最大歪みおよび損傷割合において、事故の状況に応じた脳震盪の繰返しによる重症化の結果が得られた。柔道では大脳の剪断係数の低下が脳の最大歪みの増加に大きな影響を与えている一方、アメリカンフットボールでは脳幹の剪断係数の低下が最大歪みの増加に大きな影響を与えていた。類似した傾向は、脳損傷割合の増加に於いても観察された。2度目の衝撃による脳の損傷に対する影響のこの注目に値する違いは、柔道では頭部が直接畳から強い衝撃を受けるが、アメリカンフットボールでは堅いヘルメットを通して衝撃を受けている事実起因している可能性がある。

【まとめ】損傷事故のビデオ記録を基に、多体動力学と有限要素法により繰返し脳震盪による事故の再現と脳損傷の重症化がシミュレーション可能であることを示した。現状、2度の衝撃間の時間経過とその間の脳の回復は考慮されておらず、また衝撃による脳の物性変化を表すパラメータも調整が必要であるが、事故の再現画像を含めコンタクトスポーツの現場等への注意喚起には非常に有効であると考えられる。また現在、ビデオを含め検証可能な繰返し脳震盪の発症記録や医療記録は報告されていないが、今後これらの記録を基にさらに検証を行うことが必要である。