

噛みしめの有無が投球動作中の 肘内反トルクに与える影響

原 著

Effect of clenching on elbow varus torque during pitching motion

田村将希*^{1,7}, 芳賀秀郷*^{1,2,8}, 船登雅彦*¹
新田雅一*^{1,3}, 阿蘇卓也*^{1,7}, 野口 悠*⁵
古屋貫治*^{1,4}, 三邊武幸*¹, 西中直也*^{1,4,5,6}

キー・ワード : clenching, elbow varus torque, throwing motion
噛みしめ, 肘内反トルク, 投球動作

〔要旨〕 単関節での最大筋力発揮時やスポーツ動作時に噛みしめが生じることが知られている。ピッチャーの投球動作時には様々な下顎位を示すことが観察される。近年ではマウスガードを使用する選手もいることから、投球動作と噛みしめとの関連を調査することは投球障害を予防する上で重要であると考える。投球障害を予防するためには、肘内反トルクを増大させないことが重要であるが、投球動作と噛みしめとの関係を調査した報告はない。本研究の目的は、投球動作と噛みしめの関係性を調査することである。

対象は健常大学生7名とした。10m先の防球ネットに向かって5球の全力投球を通常条件と噛みしめ条件の2条件で行った。投球動作の計測はウェアラブルセンサーを用いて肘内反トルクの計測を行った。また、後方から投球動作を撮影し、最大外旋位での体幹側方傾斜角と骨盤側方傾斜角を画像解析ソフトを用いて計測した。統計学的解析には対応のあるt検定とWilcoxonの符号付順位検定を用いて、肘内反トルク、体幹側方傾斜角、骨盤側方傾斜角を通常条件と噛みしめ条件で比較した。有意水準は5%とした。

その結果、噛みしめ条件において肘内反トルク ($p=0.01$) と体幹側方傾斜角 ($p=0.01$) が有意に増大した。

噛みしめにより頸部の動きが制限され、頸部の運動性の変化により体幹側方傾斜角が増大し、肘内反トルクの増大につながったと考える。

緒 言

噛みしめ動作は背筋力測定時¹⁾や最大膝伸展筋

力発揮時²⁾に生じるといったことが報告されている。また、噛みしめを行うと肩関節内転筋力値の増大を認める³⁾ことや、マウスガードの仕様により膝関節伸展筋力の発揮が向上する⁴⁾といったことなど、単関節筋力に関する報告は多い。スポーツ活動における噛みしめ動作は、ゴルフでのスイング動作時⁵⁾や重量挙げ⁶⁾の場面などで生じることが報告されている。一方で、プロ野球中継などでピッチャーの投球動作中の下顎位を観察すると、必ずしも噛みしめているわけではなく、選手ごとに様々な下顎位を示していることが多い。近年では、スポーツマウスガードを使用しながらプレーを行っている選手も散見される。また、心理的な緊張状態や疲労などによって、十分なコンディショ

*1 昭和大学スポーツ運動科学研究所

*2 昭和大学歯学部歯科矯正学講座

*3 昭和大学小児成育歯科学講座

*4 昭和大学藤が丘病院整形外科

*5 昭和大学保健医療学部リハビリテーション学科理学療法専攻

*6 昭和大学大学院保健医療学研究科

*7 昭和大学藤が丘リハビリテーション病院リハビリテーションセンター

*8 昭和大学歯科病院スポーツ歯科外来

Corresponding author : 西中直也 (nissieflor@med.showa-u.ac.jp)

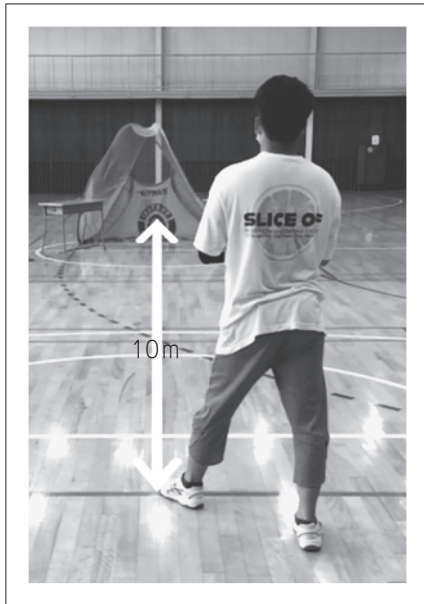


図1 投球動作環境
10m先の防球ネットに向かって5球の全力投球を行った。その際、後方から投球動作を撮影した。

ニングがとれていない状態では、無意識に顎関節や頸部に力が入ってしまう可能性がある。投球動作と噛みしめの状態を検討することはパフォーマンス向上と障害予防の観点から重要であると考えられる。

投球障害の予防や治療を行うためには、投球動作中に生じる力学的負荷を軽減させる必要がある。投球動作中に肘関節に生じる肘内反トルクは約64Nm⁷⁾とされており、このトルクの大きさは肘関節内側副靭帯の破断強度⁸⁾を超えるほどである。しかし、股関節、骨盤、胸郭、肩甲帯、肩甲上腕関節、肘関節等が協調的に連動し運動することで、1か所に過剰な負荷が生じることを防いでいる肘内反トルクを増大させる要因として、非投球側への過剰な体幹側屈^{9,10)}や非投球側足部の足部接地での体幹早期回旋^{11,12)}などが報告されている。さらに、強い噛みしめを行った状態では頸部の筋活動が過剰になり、頸部の運動性が変化する可能性が指摘されている。そのため、投球動作中に強い噛みしめが生じると、頸部から波及して体幹上部の運動性が変化し過剰な非投球側への側屈や、体幹早期回旋が生じる可能性がある。しかし、投球動作と噛みしめの関係を検討した報告は、われわれが渉猟し得た限りでは存在しない。

本研究では噛みしめと投球動作の関係性を検討

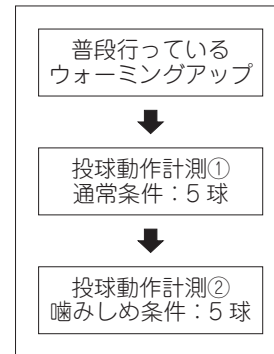


図2 実験手順
十分なウォーミングアップ後に通常条件、噛みしめ条件の順で投球動作計測を実施した。

するために、通常の投球条件と噛みしめを行う条件で投球動作を行い、噛みしめと肘内反トルクの関係性を検討することを目的とする。仮説としては、噛みしめ条件では肘内反トルクが増大するとした。

対象および方法

医学系リーグに所属する男性大学野球選手7名を対象とした。年齢21.0±0.81歳、身長169.6±4.6cm、体重71.4±13.2kg、野球歴12.1±1.3年、投球側は右投げ：5名、左投げ：2名、オーバースロー：7名であった。測定時に肩関節や肘関節に疼痛を有する者はいなかった。また、顎関節に異常を訴えるものもおらず、3横指未満の開口障害を有する者もいなかった。なお、本研究は昭和大学藤が丘病院臨床試験審査委員会の承認を得て実施した(承認番号：F2019C108)。

投球動作課題は、屋内環境下において10m先の防球ネットに向かって、5球の全力投球とした(図1)。投球プロトコルは、普段行っているウォーミングアップを十分に行ってもらった後、電極を貼付した。電極を貼付した状態でキャッチボールを実施し、電極を貼付したことによる影響をできるだけ低減できるように配慮した。その後、通常の状態での投球動作を行う条件(以下、通常条件)で投球動作を行った。さらに、通常条件後に随意的な噛みしめを行った状態で投球動作を行う条件(以下、噛みしめ条件)での投球動作を実施した(図2)。なお、噛みしめ条件では随意最大噛みしめを維持した状態で投球するよう指示した。投球動作



図3 体幹側方傾斜角・骨盤傾斜角計測方法
 a: 体幹側方傾斜角. 両肩を結んだ線と水平線のなす角.
 b: 骨盤傾斜角. 両後上腸骨棘と水平線のなす角.

作の解析は、ウェアラブルセンサー pulse throw (DRIVELINE BASEBALL. CO, 米国)を用いて肘内反トルク、アームスロット（床面と平行な水平面と前腕のなす角度）、アームスピード（投球腕を振るスピード）の計測を行った。計測した5試技の平均値を解析に用いた。

また同時に、通常条件と噛みしめ条件における非投球側への体幹側屈の程度を評価するために、投球動作を後方からタブレット端末 iPad air (apple 社, 米国)のスロー撮影モード(240Hz)で撮影した。後方から撮影した動画から、肩最大外旋位の画像を抽出した。最大外旋位を後方から観察すると、肉眼上では前腕が最も短く観察することができる肢位である。このため、目視上で、前腕が最も短く観察できた瞬間を最大外旋位と定義した。画像解析ソフト Kinovea (オープンソース, ver. 0.8.15)を用いて最大外旋位での体幹側方傾斜角と骨盤側方傾斜角を計測した。体幹側方傾斜は両肩を結んだ線と鉛直線に垂直な水平線（以下、水平線）とのなす角とし、骨盤側方傾斜角は両後上腸骨棘を結んだ線と水平線のなす角とした¹³⁾(図3)。体幹側方傾斜角と骨盤側方傾斜角に関しても5試技の平均値を解析に用いた。

さらに、噛みしめ条件において咬筋の活動が生じているかどうかを確認するために、両側の咬筋

の筋電図測定も同時に行った。筋活動の測定には、表面筋電計 TS-myoe(トランクソリューション社, 日本, サンプリング周波数: 1000Hz)を用いて実施した。解析区間は非投球側足部の足部接地からボールリリースまでとした。データ処理には50~450Hzまでのバンドパスフィルターを用い、Root mean square の処理を実施し整流平滑化を行った。随意最大噛みしめ時の筋活動を100%として咬筋の%MVC(maximum voluntary contraction)を算出した。

測定終了後に噛みしめ条件での投球動作に関して、自覚的にどのような印象だったかどうかを調査するために、簡単なアンケート調査を行った。アンケートの回答項目は、1. 投げにくい、2. 変りない、3. 投げやすい、の選択形式とした。

統計学的解析には統計ソフト JMP pro.16.0.0 (SAS, 米国)を用いて行った。まず、Shapiro-wilk 検定を実施し、正規性の検討を行った。正規分布を仮定する場合は対応のある t 検定を用い、正規分布を仮定しない場合は Wilcoxon の符号付順位和検定を用いた。そして、通常条件と噛みしめ条件での肘内反トルク、アームスロット、アームスピード、体幹側方傾斜角、骨盤側方傾斜角、両側咬筋%MVC の比較を行った。有意水準は $p < 0.05$ を有意差ありとした。

結 果

肘内反トルクと体幹側方傾斜角の平均値または中央値に関しては、通常条件と比べて噛みしめ条件では有意に増加した(肘内反トルク: $p=0.01$, 体幹側方傾斜角: $p=0.01$, 表1)。7例を個別に比較した場合でも、全例で通常条件と比べて噛みしめ条件において、肘内反トルクと体幹側方傾斜角は増加および微増傾向を示した(表2)。筋活動に関しても、噛みしめ条件で両側の咬筋の活動が有意に高値だった(投球側: $p=0.02$, 非投球側: $p=0.04$, 表1)。その他の項目に有意な差はなかった(表1)。

アンケートの結果は、投げにくいが5名(71.4%)、違和感なしが2名(28.6%)、投げやすいが0名(0%)だった。

考 察

本研究は投球動作中の噛みしめと肘内反トルクとの関係性を検討することを目的に実施した。そ

表 1 投球動作測定結果 (7名の平均値)

	通常条件	噛みしめ条件	p 値
肘内反トルク (Nm)	34.7 ± 8.5	38.7 ± 13.0	0.01
アームスロット (°)	43.5 ± 12.5	44.8 ± 10.8	0.37
アームスピード (RPM)	824.1 ± 130.9	832.7 ± 120.0	0.18
体幹側方傾斜角 (°)	24.5 ± 8.8	27.2 ± 7.9	0.01
骨盤側方傾斜角 (°)	13.7 ± 5.7	16.0 ± 6.2	0.15
投球側咬筋筋活動 (%)	73.7 ± 61.1	161.3 ± 82.7	0.02
非投球側咬筋筋活動 (%)	66.7 ± 50.0	105.3 ± 35.0	0.04

表 2 投球動作測定結果 (対象者別)

	肘内反トルク (Nm)		アームスロット (°)		アームスピード (RPM)		体幹側方傾斜角 (°)		骨盤傾斜角 (°)	
	通常条件	噛みしめ条件	通常条件	噛みしめ条件	通常条件	噛みしめ条件	通常条件	噛みしめ条件	通常条件	噛みしめ条件
case1	41.6	52.6	34.2	38.0	733.6	745.4	28.8	29.8	19.4	23.2
case2	48.4	59.2	24.0	25.4	692.4	713.4	10.8	13.2	7.2	9.2
case3	32.6	33.8	50.6	52.4	848.4	850.2	31.8	33.2	16.4	19.8
case4	30.0	30.2	59.4	57.0	869.4	876.6	30.8	32.6	21.6	22.0
case5	21.8	22.0	36.2	42.6	868.0	909.6	15.2	23.0	9.8	18.0
case6	32.6	34.4	46.2	45.8	1061.2	1031.0	32.6	35.8	13.8	10.2
case7	36.0	38.4	53.8	52.6	695.6	702.6	21.2	23.0	7.6	9.6

の結果、噛みしめ条件で肘内反トルクと体幹側方傾斜角が有意に増大した。

まず、体幹側方傾斜角が増大した要因について考察する。Siu ら¹⁴⁾は顎関節症患者を対象に頸部と肩甲帯の筋電図を測定し、不良な下顎位では僧帽筋上部や後頸筋群の活動が高まることを報告した。また、Hirabayashi ら¹⁵⁾は強い噛みしめは拮抗筋の活動を高め関節固定のために作用するとしている。これらの報告を踏まえると、本研究での噛みしめ条件でも頸部筋群や僧帽筋の活動を高め、頸部周囲が固定するような運動性に变化した可能性がある。具体的には、非投球側足部の足部接地から肩最大外旋位までに、頸部や体幹に生じる運動は回旋運動がメインとなる。頸部の運動が阻害されることで、頭頸部と上部体幹が一体となって運動し、体幹の早期回旋につながったと考える。結果的に、肩最大外旋位における体幹側方傾斜角が増大したものとする。また、強い随意的な噛みしめは握力や前腕筋活動を増加させるといった報告も存在する¹⁶⁾。噛みしめ条件では前腕の筋活動が増加することで力みにつながり、上肢・肩甲帯・体幹の協調した運動が損なわれた結果として、体幹側方傾斜角が増大した可能性もありさら

なる検討が必要である。

次に、肘内反トルクが増大したことについて、Oyama ら⁹⁾や Solomito ら¹⁰⁾は、体幹の非投球側への過剰な側方傾斜は肩関節や肘関節への力学的負荷を増大させると報告している。また、Aguinaldo ら^{10,11)}や Lin ら¹⁷⁾は非投球側足部の足部接地での骨盤の早期回旋は肘関節への力学的負荷を増大させるとしている。つまり、噛みしめの結果生じた体幹側方傾斜の増大により、非投球側への過剰な側方傾斜や体幹の早期回旋につながったと考えられ、肩関節には肩外転角の低下や内旋運動の増大が生じた可能性がある。これらの結果として、投球動作中の噛みしめにより肘内反トルクが増大したと考察する。競技は異なるが、陸上競技の砲丸投げで随意的な噛みしめを行った状態では投擲距離が減少したという報告¹⁸⁾があり、パフォーマンスへの影響も指摘されている。以上から、投球動作中に生じる過剰な噛みしめは、投球動作を変化させ力学的負荷に関して悪影響を与える可能性が示唆された。7名中5名(71.4%)の選手が噛みしめ条件では投げにくいと回答したことからも、投球動作にとって過剰な噛みしめ状態は好ましくない状態を示すものとする。

本研究には、三つの限界点が存在する。一つ目は対象数が少ないことである。本研究と同様のデザインであれば、34名程度のサンプルサイズは必要となる、しかし本研究はパイロットスタディとしての側面もあるため7名のサンプルサイズとなった。二つ目は動作解析が2次元での解析となっていることである。投球動作中の体幹や骨盤の動きは3次元的に運動する。しかし、今回の検討では一平面での投影角での検討となるため、実際の運動時に生じている角度とは異なる可能性がある。三つ目として、噛みしめは咬合や歯列の影響を受ける¹⁹⁾が今回の検討では評価できていないことが挙げられる。これらのような限界点があるものの、投球動作中の随意的な噛みしめの有無と肘内反トルクとの関係を検討できたことはパイロットスタディとして、意義のある事であると考えられる。今後、顎関節や口腔内の詳細な評価と3次元での動作解析を実施した検討を実施していく必要がある。

結 語

健康大学生7名を対象に、噛みしめの有無と投球動作中の肘内反トルクとの関連性を検討した。その結果、噛みしめ条件では全例で肘内反トルクと体幹側方傾斜角が増大した。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、ご協力いただいた選手の皆様に感謝いたします。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

著者貢献

田村将希：Conceptualization (概念化), Data curation (データ管理), Formal analysis (正式な分析), Investigation (調査), Methodology (方法論), Projectadministration (プロジェクト管理), Software (ソフトウェア), Validation (検証), Writingoriginal draft (草稿の執筆), Writingreview & editing (原稿の見直しとエディティング)。

芳賀秀郷：Conceptualization (概念化), Formal analysis (正式な分析), Methodology (方法論), Writingreview & editing (原稿の見直しとエディティング)。

船登雅彦：Formal analysis (正式な分析), Methodology (方法論), Writingreview & editing (原稿の見直しとエディティング)。

新田雅一：Formal analysis (正式な分析), Methodology

(方法論)

阿蘇卓也：Conceptualization (概念化), Formal analysis (正式な分析), Methodology (方法論), Investigation (調査), Writingreview & editing (原稿の見直しとエディティング)。

野口悠：Resources (リソース提供), Methodology (方法論)

古屋貫治：Resources (リソース提供), Methodology (方法論)

三邊武幸：Projectadministration (プロジェクト管理), Writingreview & editing (原稿の見直しとエディティング)。

西中直也：Projectadministration (プロジェクト管理), Resources (リソース提供), Writingreview & editing (原稿の見直しとエディティング)。

文 献

- 1) 浅野 隆, 川良美佐雄, 鈴木浩司, 他. 背筋力発揮時における咀嚼筋活動について. 補綴誌. 2006; 50: 45-53.
- 2) 隅田陽介, 上野俊明, 大山喬史. 最大膝関節伸展運動に関連した咬筋の筋電図活動. スポーツ歯学. 2004; 7: 43-51.
- 3) 上野俊明. 噛みしめと上肢等尺性運動の関連性に関する研究. 口病誌. 1995; 62: 212-253.
- 4) 稲水 惇. マウスガードが筋力発揮に及ぼす影響に関する研究. 広大保健ジャーナル. 2004; 4: 14-19.
- 5) 佐藤文宏. ゴルフスイングに及ぼす噛みしめの影響. 鶴見歯学. 2003; 29: 269-279.
- 6) Sugihara D, Kawara M, Suzuki H, et al. Mandibular jaw movement and masticatory muscle activity during dynamic trunk exercise. Dent J (Basel). 2020; 8: 132 doi: 10.3390/dj8040132.
- 7) Fleisig GS, Andrews JR, Dillman CJ, et al. Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. Am J Sports Med. 1995; 23: 233-239 doi: 10.1177/036354659502300218.
- 8) Regan WD, Korinek SL, Morrey BF, et al. Biomechanical study of ligaments around the elbow joint. Clin Orthop Relat Res. 1991; 271: 170-179.
- 9) Oyama S, Yu B, Blackburn JT, et al. Effect of excessive contralateral trunk tilt on pitching biomechanics and performance in high school baseball pitchers. Am J Sports Med. 2013; 41: 2430-2488 doi: 10.1177/0363546513496547.

- 10) Solomito MJ, Garibay EJ, Woods JR, et al. Lateral trunk lean in pitchers affects both ball velocity and upper extremity joint moments. *Am J Sports Med.* 2015; 43: 1235-1240 doi: 10.1177/0363546515574060.
- 11) Aguinaldo AL, Buttermoer J, Chambers H. Effects of upper trunk rotation on shoulder joint torque among baseball pitchers of various levels. *J Appl Biomech.* 2007; 23: 42-51.
- 12) Aguinaldo AL, Chambers H. Correlation of throwing mechanics with elbow valgus load in adult baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2009; 37: 2043-2048.
- 13) Endo Y, Sakamoto M. Analysis of lower extremity side-reaching motion in junior high school baseball players. *J Phys Ther Sci.* 2019; 31: 931-934.
- 14) Siu WS, Shih YF, Lee SY, et al. Alterations in kinematics of temporomandibular joint associated with chronic neck pain. *J Oral Rehabil.* 2022; 49: 860-871 doi: 10.1111/joor.13347.
- 15) Hirabayashi R, Edama M, Saito A, et al. Effects of clenching strength on exercise performance: verification using spinal function assessments. *Sports Health.* 2022; 14: 404-414 doi: 10.1177/19417381211014836.
- 16) Kondo D, Inoko Y, Watanabe F. Relationship between occlusion and activities of jaw and neck and flexor carpi radialis muscles during exertion of grip strength in healthy young men. *International Journal of Sports Dentistry.* 2015; 8: 27-36.
- 17) Lin YC, Lin HT, Lu CC, et al. Is early trunk rotation really hazardous for shoulder biomechanics in baseball throwing. *J Shoulder Elbow Surg.* 2022; 31: 1282-1293 doi: 10.1016/j.jse.2021.12.042.
- 18) 高梨雄太. 噛みしめが投擲競技者の運動能力に及ぼす影響. *スポーツ歯学.* 2010; 13: 75-80.
- 19) 岡田大蔵. 噛みしめの強さの違いによる歯の変位と咬合接触—咬頭嵌合位—. *補綴誌.* 1998; 42: 1013-1023.

(受付：2024年4月5日，受理：2024年10月10日)

Effect of clenching on elbow varus torque during pitching motion

Tamura, M.^{*1,7}, Haga, S.^{*1,2,8}, Funato, M.^{*1}
Nitta, M.^{*1,3}, Aso, T.^{*1,7}, Noguchi, Y.^{*5}
Furuya, K.^{*1,4}, Sambe, T.^{*1}, Nishinaka, N.^{*1,4,5,6}

^{*1} Showa University Research Institute for Sport and Exercise Sciences

^{*2} Department of Orthodontics, Showa University School of Dentistry

^{*3} Department of Pediatric Dentistry, Showa University School of Dentistry

^{*4} Department of Orthopaedic Surgery, Showa University Fujigaoka Hospital

^{*5} Department of Rehabilitation, Showa University School of Nursing and Rehabilitation Sciences

^{*6} Showa University Graduate School of Health Sciences

^{*7} Department of Rehabilitation, Showa University Fujigaoka Rehabilitation Hospital

^{*8} Clinic of Sport Dentistry, Showa University Dental Hospital

Key words: clenching, elbow varus torque, throwing motion

[Abstract] Clenching occurs when the maximum muscle strength is exerted or during sports movements. Pitchers exhibit various mandibular positions during throwing motions. To prevent throwing disorders, it is important to avoid increasing elbow varus torque; however, there is no study on the relationship between pitching motion and mandibular position. Therefore, this study aimed to investigate this relationship.

Seven healthy individuals participated in this study. Participants threw five pitches each toward a 10-m away under two conditions: normal and clenching. Throwing motion was evaluated using wearable sensors to measure elbow varus torque. Trunk lateral and pelvis tilt angles in the maximum external rotation position were also measured using image analysis software. Elbow varus torque, trunk lateral tilt angle, and pelvic tilt angle were compared between normal and clenching conditions using paired t-tests and Wilcoxon's signed-rank sum test, with a significance level set at 5%.

Elbow varus torque ($p = 0.01$) and trunk lateral tilt angle ($p = 0.01$) significantly increased in the clenching condition.

An increase in the lateral trunk tilt angle corresponded to an increase in the elbow varus torque.