

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：32413

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K17761

研究課題名（和文）変形性膝関節症における下肢捻じれストレス新指標の開発

研究課題名（英文）Development of a new indicator of torsional stress in lower extremity in osteoarthritis of knee

研究代表者

大川 孝浩（Ohkawa, Takahiro）

学校法人文京学院 文京学院大学・保健医療技術学部・助教

研究者番号：30649827

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：歩行中、下肢には捻じれストレスが生じている。変形性膝関節症患者の特徴として脛骨の生理的捻転角度の減少が報告されており、下肢の捻じれストレスの指標としてFree momentに着目した。変形性膝関節症患者の歩行時のFree momentと脛骨の捻転角度との関係を明らかにする事が、変形性膝関節症の原因解明に対する新たな知見の獲得、新たな臨床応用へ一助をもたらすと考えた。変形性膝関節症群と健常者群とで比較するとFree momentの値に有意な差はないものの、脛骨捻転角度とFMとの関係に違いがあること、変形性膝関節症群の中でも対象者によって波形が明らかに異なることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Free momentについては報告数が極めて少なく、未だ明らかになっていないことが多い。変形性膝関節症患者の特徴である脛骨の変形とFree momentとの関係について明らかにすることで、変形性膝関節症に対する予防やリハビリテーションの一助になることを目的とした。

本研究によって、Free momentが健常者と変形性膝関節症患者とでは脛骨の形状との関係が異なること、また同じ変形性膝関節症であってもFree momentの波形は対象者間で大きく異なる場合があることが明らかになり、今後さらなる研究によって変形性膝関節症に関する新たな知見を得る可能性があることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：During walking, the lower extremities are under torsional stress. A decrease in the physiological torsion angle of the tibia has been reported as a characteristic of patients with knee osteoarthritis, and This study focused on the free moment as an index of torsional stress in the lower extremity. Clarifying the relationship between the free moment during walking and the tibial torsion angle will help us acquire new knowledge for elucidating the cause of knee osteoarthritis and contribute to new clinical applications. Comparing the knee osteoarthritis group and the healthy subject group, there was no significant difference in the free moment value, but there was a difference in the relationship between the tibia torsion angle and FM. It was found that the waveforms are different.

研究分野：バイオメカニクス

キーワード：Free moment 変形性膝関節症 歩行 摩擦

1. 研究開始当初の背景

(1) 捻じれストレスとしての Free moment

二足歩行において足底には床面との間に摩擦が生じている。また、摩擦によって固定されているはずの足部は歩行立脚期の前半では内転方向、後半では外転方向に絶えず回旋運動をする傾向があり[1]、結果として下肢には捻じれストレスが生じる。この捻じれストレスを定量的に評価する指標として、床反力計によって計測可能な Free moment (以下、FM) があげられる。FM は足圧中心周りのトルクと定義され、長距離ランナーの脛骨疲労骨折[2] や歩行時の脛骨捻じれ変形[3]との関係が報告されており、運動器疾患の原因になりうる事が報告[4-6]されている。一方で、FM に関する研究は同様に床反力計によって計測可能な床反力と比較して報告数は極めて少ない。

(2) 変形性膝関節症を特徴づける歩行パラメータ

変形性膝関節症(以下、膝 OA)は女性中高年者が多く罹患しており、日常における活動量を制限し、生活の質(QOL: Quality Of Life)を著しく低下させるため、健康寿命延長の阻害因子と位置づけられる。邦において最も多く、既存の障害や先天的な骨の形態異常がない内側型膝 OA の場合、歩行や階段昇降といった動作中に生じる膝関節への過度なメカニカルストレス(外部膝関節内反モーメント)が疾患の原因とされている。膝 OA の歩行は三次元動作解析装置を用いて病因および病態に関する研究が国内外問わず多くなされているものの、膝関節へのメカニカルストレスの増減に関する指標として立脚初期に見られる急激な膝関節の外側への動揺や骨盤や体幹の側方傾斜といった前額面での動態を解析したものが多く、一方、膝 OA 患者の下肢骨は形態学的研究では前額面上での変形である脛骨内弯変形に加え、健常者では約 20°外捻しているとされる脛骨捻転角(Tibial Torsion Angle: 以下、TTA)が減少しているという横断面に関する変形の報告もなされている。

以上のことから、膝 OA の病態像を明らかにするためには前額面からだけの分析では不十分であると考えられる。

2. 研究の目的

(1)

従来軽視されてきた FM に着目し、歩行時の FM が膝 OA 患者の特徴を反映する新たな指標となりうるかを検討するため、膝 OA 群と健常者群の FM に差があるか、FM と TTA との関係、FM と膝 OA の重症度との関係を明らかにすることを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

(1) 対象と計測機器

膝 OA 群 11 名(男性 1 名/女性 10 名)と条件を合わせた健常者群 10 名(男性 1 名/女性 9 名)を対象に三次元動作解析装置ならびに床反力計を用いて自由歩行を計測した。歩行速度と FM の最大値および FM 積分値(絶対値化した FM を積分した値を算出した。あわせて、角度計を用いて TTA を計測した(図 1))

(2) 統計的手法

- a) 各パラメータは 3 回計測し、平均値を代表値として求めた。マンホイットニーの U 検定を用いて両群の各パラメータを比較した。
  - b) 歩行速度を共変量として、両群の FM に差があるかを共分散分析によって検討した。
  - c) FM の最大値および積分値と TTA との関係についてスピアマンの順位相関係数を用いて検討した。
  - d) 膝 OA 群に対して、重症度の指標である Kellgren-Lawrence grade と FM 最大値および積分値との関係を b) と同様に検討した。
- すべての検定において有意水準は 5%とした。

表 1 両群における各パラメータ

	歩行速度 [m/sec]	FM最大値 [Nm/体重]	FM積分値 [Nm/体重]	TTA [°]
膝OA群	0.83 ± 0.15	0.14 ± 0.06	4.59 ± 1.27	8.36 ± 5.28
健常者群	1.03 ± 0.09	0.15 ± 0.06	4.96 ± 2.43	17.70 ± 3.20

± : 1標準偏差

#### 4. 研究の成果

(1) 三次元動作解析装置および床反力計によって得られた各パラメータを表1に示す。

- 膝 OA 群は健常者群に対して歩行速度は遅く、TTA は小さかった ( $p < 0.05$ )。FM に関するパラメータには両群で有意な差は認められなかった。
- 共分散分析の結果においても両群に有意な差は認められなかった。
- FM と TTA の関係について、膝 OA 群では FM 最大値と TTA に負の相関 ( $r_s = -0.73$ )、健常者群では正の相関 ( $r_s = 0.71$ ) が認められた (図1)。
- 膝 OA 群において、Kellgren-Lawrence grade と FM との間に有意な関係は確認されなかった。

(2) 本研究の結果から、明確に FM が膝 OA を特徴づける指標であることは示すことが出来なかった。一方で、累積されたメカニカルストレスを反映すると考えられる脛骨の形状を示す TTA と FM 最大値の関係が健常者と膝 OA 患者では異なることが確認された。

行速度の影響を考慮しても健常者群と膝 OA 群とで FM に差は確認されなかったものの、TTA の減少が歩行に及ぼす影響については未だ明らかにされておらず、

TTA の減少が FM の増減に何らかの影響を与えている可能性について考慮する必要性が本研究により示唆された。また、健常者の FM の波形では既に報告があるような立脚期前半で足部内転に抵抗する向きの FM が生じ、立脚期後半では足部外転に抵抗する向きの FM が生じるが、膝 OA 群の FM 波形では健常者と同様の波形を示す者、真逆の波形を示す者、立脚期を通して常に足部外転に抵抗する向きの波形を示す者といった個人間のバラつきが大きいことが明らかとなった。

膝 OA 群における TTA の減少は、メカニカルストレスの大きさだけでなく、頻度や期間に加え、日常的な活動量や骨密度といった個人因子が大きく影響を及ぼすことが推測される。また、同じ膝 OA という診断であっても、いくつかのサブグループが存在するとの報告もあり、今後より対象者を増やし、これらを考慮した縦断的研究が求められる。本研究によって Free moment は直接的に膝 OA の歩行を特徴付けるパラメータではないものの、疾患の歩容や骨形状に影響を及ぼし、今後のさらなる研究で疾患の特徴を反映しうるパラメータのひとつになりうるということが明らかとなった。

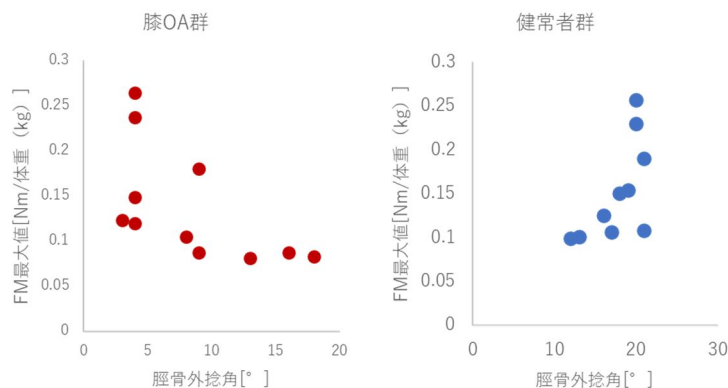


図1 TTA と FM の関係

#### 引用文献

- [1] K.R. Kaufman, D.H. Sutherland, kinematics of Normal Human Walking, in: J. Rose, J.G. Gamble (Eds.), Human Walking, 3rd ed., Lippincott & Wilkins, Philadelphia, 2006: pp. 33–51. <https://doi.org/978-0-7817-5954-0>.
- [2] C.E. Milner, I.S. Davis, J. Hamill, Free moment as a predictor of tibial stress fracture in distance runners, J Biomech. 39 (2006) 2819–25. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2005.09.022>.
- [3] P.-F. Yang, M. Sanno, B. Ganse, T. Koy, G.-P. Brüggemann, L.P. Müller, J. Rittweger, Torsion and antero-posterior bending in the in vivo human tibia loading regimes during walking and running., PLoS One. 9 (2014) e94525. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094525>.
- [4] S.K. Lynn, T. Kajaks, P.A. Costigan, The effect of internal and external foot rotation on the adduction moment and lateral-medial shear force at the knee during gait., Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia. 11 (2008) 444–451.

<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.03.004>.

- [5] C.J. Barton, P. Levinger, K.M. Crossley, K.E. Webster, H.B. Menz, The relationship between rearfoot, tibial and hip kinematics in individuals with patellofemoral pain syndrome, *Clinical Biomechanics*. 27 (2012) 702–705. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2012.02.007>.
- [6] C.M. Powers, P.-Y. Chen, S.F. Reischl, J. Perry, Comparison of foot pronation and lower extremity rotation in persons with and without patellofemoral pain, *Foot Ankle Int*. 23 (2002) 634–640. <https://doi.org/10.1177/107110070202300709>.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ohkawa Takahiro, Atomi Tomoaki, Shimizu Miho, Atomi Yoriko	4. 巻 77
2. 論文標題 Relationship of Lower Extremity Kinematics in the Sagittal Plane with Free Moment during Walking	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Fiber Science and Technology	6. 最初と最後の頁 250 ~ 257
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2115/fiberst.2021-0027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Takahiro Ohkawa, Tsutomu Fukui
2. 発表標題 FREE MOMENT REFLECTS DECREASED TIBIAL TORSION ANGLE IN MEDIAL KNEE OSTEOARTHRITIS
3. 学会等名 World Confederation for Physical Therapy Congress 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------