高位脛骨骨切り術を施行した変形性膝関節症患者における三軸加速度計を用いた入院中と退院後の身体活動および座位行動の実態調査：記述的分析

A survey of physical activity and sedentary behavior during hospitalization and after discharge from hospital with a triaxial accelerometer in knee osteoarthritis patients undergoing high tibial osteotomy: a descriptive analysis

出口 直樹¹⁾²⁾, 平川 善之¹⁾, 鴛渕 亮一³⁾, 高橋 慶悟³⁾
石田 敦己³⁾, 花田 弘文³⁾, 藤原 明¹⁾

Naoki Deguchi, RPT, PhD¹⁾²⁾, Yoshiyuki Hirakawa, RPT, PhD¹⁾, Ryouiti Oshibuti, RPT¹⁾, Keigo Takahashi, RPT¹⁾
Atuki Isida, RPT¹⁾, Hirofumi Hanada, MD, PhD³⁾, Akira Fujiwara, MD, PhD¹⁾

要旨：本研究の目的は、高位脛骨骨切り術（High Tibial Osteotomy；HTO）を施行した患者の強度別の身体活動（Physical Activity；PA）を入院中と退院後に客観的に測定し、退院後にどのように変化するかを調査することである。対象は、変形性膝関節症によりHTOを施行し、プロトコル通り退院に至った17名（平均66.8歳、女性88.2%）とした。三軸加速度計を用いて術後5週（以下、入院中）と術後8週（以下、退院後）にPAを測定した。METsに基づきPAを強度別に座位行動、低、中、高強度の4つに分類し、1日のPAの時間および総装着時間から除した割合を算出し比較した。調査した結果、退院後の座位行動（中央値）は、546分、低強度PAは397分、中強度PAは36分、高強度PAは観察されなかった。PAの割合は、入院中よりも退院後の方が中強度PAは有意に増加したが、座位行動および低強度PAは変化しなかった。HTOを施行した患者では退院後も座位行動の割合は変化せず多くの時間座っていた。

キーワード：変形性膝関節症、身体活動強度、座位時間

Abstract: The purpose of this study was to objectively measure physical activity (PA), by intensity, in patients who underwent high tibial osteotomy (HTO) during hospitalization and after discharge, and to investigate how it changes after discharge. The subjects included 17 patients (mean age 66.8 years, 88.2% female) who underwent HTO for knee osteoarthritis and who were discharged according to the protocol. PA was measured using a triaxial accelerometer 5 weeks post-operatively (during hospitalization) and 8 weeks post-discharge (post-discharge), and data were classified into four categories: "sedentary", "low", "medium", and "high intensity." The percentage was then divided by daily time, and total wearing time was calculated and compared. The results of the study showed that the median spend times after being discharged was 546 min for sedentary behavior, 397 min for low-intensity PA, 36 min for medium-intensity PA, with no high-intensity PA observed. The percentage during hospitalization and after discharge showed that medium-intensity PA increased significantly after discharge, but the sedentary behavior and low-intensity PA did not. These results suggest that patients who underwent HTO remained seated for a large amount of time after discharge, with no change in sedentary behavior.

Key words: knee osteoarthritis, physical activity intensity, sedentary time

受付日：2021年1月6日、採択日：2021年1月28日

¹⁾ 福岡リハビリテーション病院 〒819-8551 福岡県福岡市西区野方7丁目770

Phone：(092) 812-1555, Fax：(092) 811-0330

e-mail：deguna0722@yahoo.co.jp

Fukuoka Rehabilitation Hospital

²⁾ 東京都健康長寿医療センター研究所

Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology

³⁾ 福岡リハ整形外科クリニック

Fukuoka Reha Orthopedics Clinic

I. はじめに

高位脛骨骨切り術 (high tibial osteotomy : HTO) は、変形性膝関節症 (以下、膝 OA) に対し施行される観血的療法で、疼痛や日常生活機能を改善させる¹⁾。近年、内側型膝 OA を呈する若い活動的な患者の有病率の高さ、ロッキングプレートの開発、軟骨修復術の発展により HTO に対する関心がさらに高まっている¹⁾。

HTO およびその後のリハビリテーションは、日常生活動作の自立を主眼とした機能回復と、職業やスポーツの復帰等の高いレベルにおける活動への参加を目的としている^{1,2)}。機能回復には、身体活動 (Physical activity : PA) の種類、強度、頻度が関係しており³⁾、整形外科領域では加速度計を用いた METs に基づく分類が注目されている⁴⁾。PA は強度別に 1.5METs 未満の座位行動、1.6–2.9METs の低強度 PA、3.0METs 以上の中・高強度 PA に分類可能で三軸加速度計による強度別の PA 量の評価は妥当性が証明されている^{4–6)}。

膝 OA 患者では中強度 PA を増加させると、疼痛および日常生活の改善や慢性疾患の予防効果がある。このことから、週150分以上の中強度 PA が推奨されている⁷⁾。加えて、膝 OA 患者の座位行動は、減少すると下肢筋力や歩行速度を改善させ⁸⁾、増加すると術後 6 ヶ月後の症状、患者満足度、機能的活動に悪影響を及ぼす⁹⁾。また、膝 OA 患者における低強度 PA の増加は、日常生活障害の発生や悪化に対するリスクを減らすことが示されている¹⁰⁾。すなわち、術後を含めた膝 OA 患者の疼痛、日常生活機能および運動機能を維持および向上していくには、週150分以上の中強度 PA に加えて座位行動を可能な限り減少させることが求められる。

これまでの先行研究¹¹⁾において、人工膝関節置換術を施行した膝 OA 患者では、術前後で座位行動に変化はなく、退院後も座位行動が多いことが指摘されている。しかしながら、HTO を施行した膝 OA 患者の PA は、職業やスポーツの復帰に対する調査のみで^{12,13)}、強度別 PA に関する実態は不明である。HTO を施行した患者における PA 量を強度別に把握することは、PA の目標設定や患者指導に有益な情報となりうる⁴⁾。

本研究では、HTO を施行した膝 OA 患者における入院中と退院後の座位行動、低強度 PA、中強度 PA、高強度 PA の実態と退院後の変化を把握することで、退院後のリハビリテーションにおける PA の介入の必

要性を検討することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対 象

2017年2月～2018年2月の間に HTO を施行した膝 OA 患者で、当院の術後プロトコルから逸脱せずに退院し、退院後に外来リハビリテーションが処方された17例を対象とした。一般的に軟骨修復術であるマイクロフラクチャー法は HTO と併用して施行され、長期的に患者の満足度を高めることが示されている¹⁴⁾。当院でも適応する患者に施行しており、これらの患者も対象に含めた。

除外基準は以下の対象者とした；1) 術前の歩行にて介助を要する、2) 三軸加速度計の装着に同意を得ない、3) 精神科疾患を有する、4) 神経学的疾患を有する、5) 口頭指示による理解が困難、とした。

対象には趣旨を説明し、理解したうえで書面にて同意を得た。また、得られたデータは個人が特定されないように ID 化した。なお、本研究は、福岡リハビリテーション病院／福岡リハ整形外科クリニックの倫理委員会の承認 (受理番号 FRH2016-R-020) を得て実施した。

2. 方 法

術式は、open wedge high tibial osteotomy 法であった。必要に応じて関節鏡にて滑膜切除、軟骨修復術、半月板の処置を行った。脛骨近位部の二面骨切り後、開大部に矯正角度に応じて吸収性人工骨を移植し、プレートで固定した。矯正角度は、下肢機能軸が内側から60～65%通過した位置を目標とした。

当院における術後療法プロトコルは術後翌日から NSAIDs およびリハビリテーションを開始するものである。NSAIDs は1日3回処方され、術後3週より疼痛に応じて内服量を減らしていった。リハビリテーション介入は、個別化されたもので、対象の状態や時期に応じ物理療法、徒手療法、関節可動域練習、経皮的電気刺激を用いた筋力強化を中心に1日40分、週6回実施した。術後1週目より疼痛の理解および管理を主眼においた集団形式の疼痛管理教育¹⁵⁾を行った。1回の時間は60分で、内容の異なる5つのセッションを退院スケジュールに応じ、週に1～2回行った。術側の荷重は、軟骨修復術を施行した場合は術後2週まで免荷、施行しない場合は術後1週まで免荷とし、その後荷重時痛に応じて全荷重を許可した。退院は術後5

～6週を目標とした。

3. 評価項目

客観的なPAの調査は、三軸加速度計(Active style Pro HJA-750C, オムロンヘルスケア, 日本)を退院日まで約1週間以内の術後5週(以下, 入院中)と術後8週目(以下, 退院後)に測定した。測定期間は入院中と退院後で異なり, 入院中は朝から翌朝までの24時間¹⁶⁾とし, 退院後は7日間とした。睡眠時と入浴など水を使った活動時を除いて腰に装着するように指示した。加速度信号が60分以上連続して検出されない場合を「非着用」と定義し, 装着時間が1日に10時間以上のデータを使用した¹⁷⁾。装着期間は入院中で1日, 退院後で4日以上満たした者を分析対象者とした。PAは, METsに基づいて座位行動(≤ 1.5 METs), 低強度PA(1.6～2.9 METs), 中強度PA(3.0～5.9 METs), 高強度PA(≥ 6.0 METs)の4つの強度カテゴリーに分類した^{5,6)}。得られた入院中と退院後の強度別PAにおける1日あたりの時間を分数に換算し, 総装着時間で除した割合を比較データに用いた。また, 退院後の中高強度PAおよび座位行動に関しては, PAガイドラインに示されている週150分以上の中高強度PA⁷⁾を達成した割合を算出した。

患者特性は, 電子カルテから年齢, 性別, body mass index, 高血圧および糖尿病の罹患, Kellgren-Lawrence分類による関節重症度, 反対側の手術の有無, 免荷期間, 入院期間の情報を得た。また入院中の三軸性加速度計の測定日にNumerical Rating Scale(NRS; 0～10)を用いた安静時痛および歩行時痛, 疼痛の破局的思考はPain Catastrophizing scale 日本語版(0～52), 自己効力感はPain Self-Efficacy Questionnaire 日本語版(0～60)を用いて調査した。測定は, 筋力として徒手筋力計(ANIMA社製, μ -tas MT-1)を用いた座位での等尺性膝伸展筋力を膝関節90°からの最大力出力(kgf)を体重で除したものを採用した。Timed up and go testは, 椅子から立ち上がり3m先の白線まで歩行し, 方向転換し, 元の椅子まで戻る時間を3回測定し, 最速値を計測した。10m歩行時間は好みの速さで歩き, 2回実施された最も短い時間を記録した。その他に, 電子カルテから退院時の歩行形態を確認した。

4. 統計学的分析

入院中と退院後における強度別PAの割合を

Shapiro-Wilkにて正規性を確認後に対応のあるt検定を実施した。その後, マイクロフラクチャーにおける免荷時期の違いは, 退院前および退院後早期の強度別のPAに影響を及ぼす可能性があるため, マイクロフラクチャーの有無を共変量とした一般線形モデルにて分析した。すべての分析には, IBM SPSS Statistics for Windows, version 26(IBM株式会社, Armonk, N.Y, USA)を用い, 有意水準を5%に設定した。

III. 結 果

患者背景および入院中の各アウトカムにおける値を表1に示す。年齢の平均は66.8歳で女性が88.2%を占めており, マイクロフラクチャー法の併用により免荷期間が2週であった対象は66.5%存在した。退院時の

表1. 対象の特性*

n=17		
年齢, 歳	66.8	±6.1
女性, 名(%)	15	(88.2)
body mass index, kg/m ²	24.1	±2.7
高血圧の罹患, 名(%)	4	(23.5)
糖尿病の罹患, 名(%)	2	(11.8)
術前の関節重症度 [†] , 名(%)		
II	7	(41.2)
III	7	(41.2)
IV	3	(17.6)
非術側の関節重症度 [†] , 名(%)		
なし	10	(58.8)
III	1	(5.8)
術後	6	(35.3)
免荷期間, 名(%)		
1週	4	(23.5)
2週	13	(66.5)
退院前の歩行形態, 名(%)		
独歩	12	(70.6)
T字杖	5	(29.4)
退院前アウトカム値		
安静時痛(NRS), 点	0.5	±0.9
歩行時痛(NRS), 点	1.4	±1.1
疼痛の破局的尺度, 点	13.2	±10.7
疼痛の自己効力感, 点	44.9	±8.7
膝伸展筋力, kgf/kg	0.24	±0.10
Timed up and go test, 秒	8.7	±1.7
10m歩行時間, 秒	8.1	±1.5
在院期間, 日	41	(39～46)

量的変数は平均値±標準偏差, カテゴリー変数は人数(%), 在院期間は中央値(四分位範囲)で示した。NRS; numerical rating scale

*術後5週, [†]Kellgren-Lawrence分類

歩行形態は独歩が70.6%，歩行時痛のNRSは平均1.4点，破局的思考尺度は平均13.2点，10m歩行時間は平均8.1秒だった。在院期間における中央値（四分位範囲）は41日（39～46）であった。

三軸加速度計の測定において分析対象者の基準から外れる者はいなかった。全症例における入院中と退院後の座位行動，低強度PA，中強度PAの時間および総装着時間に占める割合を表2に示す。全症例の解析における退院後の座位行動は，平均533分，中強度PAは36分でガイドラインを満たしたのは23.5%であった。高強度PAは観察されなかった。

入院中と退院後の強度別PAの変化割合は，座位行動において調整前には有意な減少を認めなかったが，調整後は有意な減少を認めた（ $p=0.034$ ）。中強度PAは調整後も有意な増加を示した（表3）。

IV. 考 察

本研究では三軸加速度計を用いてHTOを施行した膝OA患者の強度別のPAを調査し，入院中と退院後におけるPA時間とその変化率を検討した。入院中と比較し退院後の中強度PAの割合は増加したが，ガイ

ドラインの基準⁷⁾を満たしたのは23.5%であり，退院後の座位行動の時間は9.1時間を観察した。

本研究の対象は，プロトコル通りに経過し，退院する約1週間前である術後5週地点における歩行時痛は1.4点，10m歩行速度は8.1秒で問題なく経過した症例と考えられた。したがって，プロトコル通り経過したHTOを施行した膝OA患者においても退院後にガイドラインを満たした割合が少なく，多くの時間座っていたという結果は，リハビリテーションにおいて座位行動および中強度PAに対する介入の必要性を示唆するものである。

Kolkら¹⁸⁾は，歩行が自立した入院中の高齢者の歩数は，退院後翌日に増加し，入院中の活動量は過小評価されていることを示唆した。また，退院後早期に活動量が向上するか否かは，退院時に歩行が自立しているかが影響する可能性があるとして述べている。本研究の対象者全員で歩行が自立していた。したがって，本研究のような歩行が自立している対象の入院中の中強度PAは過小評価される可能性があり，今後の検討が必要である。

興味深いことに，強度別PAのなかで座位行動は，

表2. 入院中と退院後における強度別PAの時間および総装着時間にしめる割合

	全対象 (n=17)		マイクロフラクチャー			
	入院中	退院後	非併用 (n=4)		併用 (n=13)	
			入院中	退院後	入院中	退院後
時間 (分/日)						
総装着時間	895 ± 127	959 ± 107	945 ± 86	899 ± 107	879 ± 137	982 ± 105
座位行動	553 ± 121	533 ± 133	565 ± 94	567 ± 147	549 ± 132	525 ± 132
低強度PA	327 ± 85	390 ± 109	365 ± 76	304 ± 74	315 ± 86	419 ± 105
中強度PA	15 ± 13	36 ± 30	15 ± 6	28 ± 14	15 ± 14	39 ± 34
割合 (%)*						
座位行動	61.6 ± 8.7	55.6 ± 11.7	59.6 ± 7.6	62.5 ± 11.5	62.2 ± 9.2	53.4 ± 11.4
低強度PA	36.6 ± 8.4	40.8 ± 10.3	38.8 ± 8.2	34.4 ± 11.0	36.0 ± 8.7	42.7 ± 9.7
中強度PA	1.7 ± 1.5	3.7 ± 2.8	1.6 ± 0.7	3.0 ± 1.3	1.8 ± 1.6	3.9 ± 3.1

平均値±標準偏差で示した。入院中は術後5週，退院後は術後8週であった。

PA: physical activity, *総到着時間に占める割合: 各項目の時間/総装着時間

表3. 強度別PAにおける入院中と退院後の変化割合

(%)	未調整			調整後*		
	変化割合	95%信頼区間	p	変化割合	95%信頼区間	p
座位行動	-6.0	(-12.2, 0.2)	0.056	-6.7	(-12.9, -1.0)	0.034
低強度PA	4.1	(-1.5, 9.8)	0.140	5.1	(-0.5, 10.8)	0.073
中強度PA	1.9	(0.3, 3.5)	0.026	1.6	(0.2, 2.9)	0.028

変化割合は退院後から入院中を引いた値である。PA: physical activity

*調整: マイクロフラクチャーの有無

マイクロフラクチャーの有無の調整前において有意な変化割合を示さなかったが、調整後には有意に減少した。また、マイクロフラクチャーを併用した対象で退院前62.2%から退院後53.4%に変化した一方で、併用していない対象では59.6%から62.5%と逆の変化を示した。これは、マイクロフラクチャー法を併用することが退院後の座位行動にいい影響を与える可能性を示唆するものであり、手術における対象者特性、荷重時期、手術自体の影響など、どのような要因が関連するか明らかにしたいと考える。

本研究の限界は、プロトコルから外れる者は包括基準に加えておらず、これらの患者に対する結果は不明である。観血的治療後の膝OAに対する入院中の加速度計の妥当性に関する報告がなく、脳卒中片麻痺患者での先行研究¹⁶⁾を参考に、入院中の装着時間を24時間と設定した。近年、入院中の高齢者を対象に三軸加速度計の装着時間に関して48時間が妥当との報告もある¹⁹⁾。本研究の対象者の特性を考えると片麻痺患者¹⁶⁾より高齢者¹⁹⁾の対象に近く、入院中における加速度計の妥当性は低い可能性がある。

本研究の退院後のPAは術後8週の地点であった。Webberら²⁰⁾は、術後1年経過した人工関節置換術患者における座位行動は平均9.7時間、中強度PA13.9分で術前の膝OA患者の集団と類似していたとしている。本研究の中強度PAは36分で、先行研究と比較し約2倍の時間を示したが測定時期が異なるため比較はできない。今後、術後1年地点の強度別PAを測定することは、術式の違いや手術の有無による強度別PAの影響を示唆できる可能性があり、調査していきたいと考える。

引用文献

- 1) Wright JM, Crockett HC, Slawski DP, et al.: High tibial osteotomy. *J Am Acad Orthop Surg*, 2005, 13(4): 279-289.
- 2) Aalderink KJ, Shaffer M, Amendola A: Rehabilitation following high tibial osteotomy. *Clin Sports Med*, 2010, 29(2): 291-301.
- 3) Terwee CB, Bouwmeester W, van Elsland SL, et al.: Instruments to assess physical activity in patients with osteoarthritis of the hip or knee: a systematic review of measurement properties. *Osteoarthritis Cartilage*, 2011, 19(6): 620-633.
- 4) Sliepen M, Lipperts M, Tjur M, et al.: Use of accelerometer-based activity monitoring in orthopaedics: benefits, impact, and practical considerations. *EFORT Open Rev*, 2020, 4(12): 678-685.
- 5) Evenson KR, Goto MM, Furberg RD: Systematic review of the validity and reliability of consumer-wearable activity trackers. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2015, 18(12): 159.
- 6) Bijmens WA, Aarts J, Stevens A, et al.: Optimization and validation of an adjustable activity classification algorithm for assessment of physical behavior in elderly. *Sensors*, 2019, 19(24): 5344.
- 7) Centers for Disease Control and Prevention. Physical Activity for Arthritis. <https://www.cdc.gov/arthritis/basics/physical-activity-overview.html> (閲覧日：2020年10月23日)
- 8) Lee J, Chang RW, Ehrlich-Jones L, et al.: Sedentary behavior and physical function: objective evidence from the Osteoarthritis Initiative. *Arthritis Care Res (Hoboken)*, 2015, 67(3): 366-373.
- 9) Oka T, Ono R, Tsuboi Y, et al.: Effect of preoperative sedentary behavior on clinical recovery after total knee arthroplasty: a prospective cohort study. *Clin Rheumatol*, 2020, 39(3): 891-898.
- 10) Dunlop DD, Song J, Semanik PA, et al.: Relation of physical activity time to incident disability in community dwelling adults with or at risk of knee arthritis: prospective cohort study. *BMJ*, 2014, 348: g2472.
- 11) Frimpong E, McVeigh JA, Meiring RM: Sedentary behavior in patients with knee osteoarthritis before and after total knee arthroplasty: a systematic review. *J Aging Phys Act*, 2018, 26(4): 671-681.
- 12) W-Dahl A, Toksvig-Larsen S, Lindstrand A: Ten-year results of physical activity after high tibial osteotomy in patients with knee osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2017, 25(3): 902-909.
- 13) Belsey J, Yassen SK, Jobson S, et al.: Return to physical activity after high tibial osteotomy or unicompartmental knee arthroplasty: A systematic review and Pooling Data Analysis. *Am J Sports Med*, 2020, 22: 363546520948861.
- 14) Pascale W, Luraghi S, Perico L, et al.: Do microfractures improve high tibial osteotomy outcome? *Orthopedics*, 2011, 34(7): 251-255.
- 15) Deguchi N, Hirakawa Y, Izawa S, et al.: Effects of pain neuroscience education in hospitalized patients with high tibial osteotomy: a quasi-experimental study using propensity score matching. *BMC Musculoskelet Disord*, 2019, 20(1): 516.
- 16) Lee JY, Kwon S, Kim WS, et al.: Feasibility, reliability, and validity of using accelerometers to measure physical activities of patients with stroke during inpatient rehabilitation. *PLoS One*, 2018, 13(12): e0209607.
- 17) Tudor-Locke C, Camhi SM, Troiano RP: A catalog of rules, variables, and definitions applied to accelerometer data in the National Health and nutrition examination survey, 2003-2006. *Prev Chronic Dis*, 2012, 9: E 113.
- 18) Kolk D, Aarden JJ, MacNeil-Vroomen JL, et al.: Factors associated with step numbers in acutely hospitalized older adults: The hospital-activities of daily living study. *J Am Med Dir Assoc*, 2020, 23: S 1525-8610(20)30538-7.
- 19) Hartley P, Keevil VL, Westgate K, et al.: Using Accelerometers to Measure Physical Activity in Older Patients Admit-

ted to Hospital. *Curr Gerontol Geriatr Res*, 2018; 3280240.

- 20) Webber SC, Strachan SM, Pachu NS: Sedentary behavior, Cadence, and physical activity outcomes after knee arthroplasty. *Med Sci Sports Exerc*, 2017, 49(6):1057-1065.