

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：33938  
研究種目：若手研究(B)  
研究期間：2017～2019  
課題番号：17K13077  
研究課題名（和文）膝蓋骨可動性測定機器開発と膝OA患者の膝屈曲角度改善と活動量向上に向けた臨床研究  
研究課題名（英文）Development of a patellar mobility measuring device and a clinical study for improvement of knee flexion angle and activity in patients with knee OA.  
研究代表者  
大古 拓史（OHKO, HIROSHI）  
星城大学・リハビリテーション学部・助教  
研究者番号：60715126  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：膝のお皿の動き（上下左右方向）を定量的に測定できる装置を開発し、患者応用できることを目指した。変形性膝関節症者において、膝関節の屈曲角度の低下（膝の曲がりにくさ）と膝蓋骨の下方への可動性（膝のお皿の足先への動き）が関連することが明らかとなった。さらには、太ももの膝の周りの軟部組織の硬さ（柔軟性の低下）が膝関節の曲がりにくさに影響を及ぼしている可能性が明らかとなった。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

変形性膝関節症の膝関節の曲がりにくさの原因の1つに、膝蓋骨の足先への動きが関係していることが明らかとなった。また、膝の周りの太ももの硬さも関係していることが分かった。お皿の動きを定量的に測定できることが可能となったことで、変形性膝関節症患者の治療プログラム作成および効果検証ができ、変形性膝関節症患者の日常生活の質の向上が期待できる。

研究成果の概要（英文）：The device which could quantitatively measure the motion (superior, inferior, medial and lateral) of the kneecap was developed, and it aimed at being able to apply to the patient. It became clear that the lowering (difficulty in bending the knee) of the flexion angle of the knee joint and inferior mobility (the movement of the kneecap to the toes) of the patella were related in the knee osteoarthritis inferior. In addition, the possibility in which the hardness (reduced flexibility) of the soft tissue around the thigh knee affected the bending difficulty of the knee joint became clear.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：変形性膝関節症 膝関節屈曲角度 膝蓋骨下方可動性 組織柔軟性

## 1. 研究開始当初の背景

厚生労働省の国民調査では、関節痛などの運動器の慢性痛の訴えは男女ともに過去 10 年間以上にわたり上位を占め続けており、その順位や数に改善の兆しは見られていない。本邦における自覚症状を有する変形性膝関節症(膝 OA)の患者数は約 1,000 万人とされ、潜在的な患者数を含めると約 3,000 万人と推定されている。膝 OA は進行によって、特に膝関節屈曲可動域低下や疼痛が増し、結果として日常生活活動(ADL)の障害を顕著に引き起こすことが古くから報告されている(Laubenthal KN, Phys Ther. 1972.)。さらに、近年では身体機能の低下のみならず、気分の落ち込みなど心理状態にまで負の影響を及ぼすことが報告されており(Keefe FJ, Pain. 2000.)、身体活動量の減少や生活の質(QOL)を低下させ、寝たきりを引き起こす原因となっている。

原疾患の治療として、除痛目的に人工膝関節置換術(TKA)が施行されるが、膝 OA の罹患期間が長いほど膝関節可動域の大きな改善は得にくいこと、除痛されても心理的側面から ADL や QOL の向上に時間を要することが臨床でしばしば経験する。また、大規模研究においても保存療法中の膝関節屈曲可動域の維持が重要であることが指摘されている(Søren T, N Engl J Med. 2015)。したがって、手術適応前の軽度から中等度の膝 OA 患者の膝関節屈曲角度の維持・改善や、身体活動量・心理面の改善は、今後の ADL や QOL 保ち『元気』に活動する上で非常に重要である。

臨床では、膝関節屈曲可動域の低下と膝蓋骨下方可動性の減少の関連については報告されているが(Huseyin S, Knee. 2006. Kim J, JBJS. 2004.)、膝蓋骨下方可動性の再現性の高い定量評価手法が確立されていなかったため、膝蓋骨下方可動性の減少が膝関節屈曲可動域低下の原因因子となりうるか否かの特定には至っていない。そのため、臨床で一般的に行われている膝関節可動域改善目的での膝蓋骨の他動的可動運動の治療効果検証は十分ではない。しかし、近年、再現性と信頼性の高い膝蓋骨の側方可動性測定を可能にした Patellofemoral aethrometer(PFA)が開発され、膝蓋骨側方可動性と膝関節屈曲角度の関連が少しずつ明らかになってきた(Ota S, JOSPT. 2008.)。

これまでの研究報告や臨床知見、申請者の予備研究成果から、膝関節屈曲可動域低下の一因に膝蓋骨下方可動性の減少が関与している可能性が高く、さらに、膝 OA 等の疾患を有する場合は、さらその傾向が強いと推察される。以上から、膝 OA 患者の重症度と膝蓋骨高低位の分類別での膝関節屈曲角度と膝蓋骨下方可動性との関連を明らかにすることで、治療対象となりうる『膝関節屈曲角度の低下』『膝蓋骨下方可動性の減少』を同定することが可能ではないかと考え、本研究の着想に至った。

## 2. 研究の目的

膝蓋骨上下方向の可動性を定量化できる modified PFA を完成させる。

mPFA の測定時の再現性を高めるために、膝蓋骨を他動的に押す力・方向を薄型圧力センサと力覚センサを組み合わせることで定量化できるようにし、リアルタイムにフィードバック出来るシステムを構築する。

保存治療中の変形性膝関節症患者における膝関節屈曲角度と膝蓋骨下方可動性の関連を明らかにし、膝関節屈曲角度と膝蓋骨下方可動性の制限因子を同定する。

## 3. 研究の方法

### 膝蓋骨可動性装置の改良

膝蓋骨可動性測定装置の信頼性向上・定量化測定ため、シートセンサーを用いて膝蓋骨を押す力と方向をリアルタイムにモニタリングしながら測定するシステムを追加し、健常者 30 名を対象に再現性試験を実施した。

検者内信頼性は、異なる 2 日間で測定し、ブラインドで 3 回測定した平均値を解析に使用した。従来の膝蓋骨可動性測定方法と平成 29 年度に実施した膝蓋骨を押す力をリアルタイムにモニタリングした 2 つの方法における、検者内信頼性、平均値の標準誤差(SEM)、最も少ない本来の差(SRD)を比較した。

### 若年健常者と地域在住高齢者の計測

健常若年女性 100 名(平均年齢  $20.6 \pm 2.2$  歳)と地域在住健常高齢女性 128 名(平均年齢  $72.9 \pm 6.7$  歳)の膝関節屈曲角度と膝蓋骨下方可動性を測定した。膝蓋骨下方可動性は、背臥位で Patellofemoral arthrometer を用い、約 80N で徒手的に膝蓋骨を下方に圧排し測定した。計測は 3 回行い、その平均値を解析に使用し比較を行った。

### 変形性膝関節症患者の計測

近隣の整形外科クリニックに外来通院する保存治療中の変形性膝関節症患者 23 名を対象に、整形外科医によるレントゲン写真を用いた重症度分類、膝関節屈曲角度、膝蓋骨下方可動性、大腿遠位部の組織柔軟性を評価した。膝屈曲角度は仰臥位と腹臥位で測定した。膝蓋骨下方可動性は膝蓋骨可動性測定装置を用いて 3 回測定し、身長で補正し、平均値を分析に用いた。

大腿遠位部の組織柔軟性は、評価者内および評価者間信頼性が良好な Myoton Pro (Myoton AS, Estonia) を用いて、大腿直筋筋腹、膝蓋骨基部から近位 4cm、膝蓋骨基部から近位 2cm、のそれぞれ内側と外側 2cm の 5 箇所を計測した(図 1)。測定肢位は、膝関節 0 度と 45 度で測定した。比較対象群として、健常高齢者 17 名、若年健常者 10 名との比較を行った。



図 1. 大腿遠位部の組織柔軟性計測部位

## 4. 研究成果

### 膝蓋骨可動性装置の改良

内側、外側および下方方向の膝蓋骨可動性測定の検者内信頼性は、膝蓋骨圧排をリアルタイムにモニタリングした方法での級内相関係数は 0.993 から 0.998 の範囲であった。平均値の標準誤差は、0.15mm から 0.22mm の範囲であった。これらは、従来の測定方法における級内相関係数、平均値の標準誤差と同等の値であった。しかし、最も少ない本来の差は、0.02 から 0.05mm の範囲となり、従来の測定方法の 0.71mm から 1.15mm に比較し、誤差範囲が縮小した(図 2)。これらから、膝蓋骨可動性測定時にシートセンサーを用いて膝蓋骨圧排力をリアルタイムにモニタリングすることで、従来の方法に比較し、より精度を高めた計測が可能となった。

図 2. フィードバック有無による膝蓋骨可動性測定

膝蓋骨可動性	フィードバックなし (n = 29)					フィードバックあり (n = 20)				
	1回目	2回目	ICC (95% CI)	SEM	SRD	1回目	2回目	ICC (95% CI)	SEM	SRD
内側 (mm)	16.2 ± 3.2	16.2 ± 3.3	0.994 (0.986-0.998)	0.26	0.71	14.2 ± 2.7	14.2 ± 2.6	0.993 (0.984-0.997)	0.22	0.05
外側 (mm)	16.2 ± 4.0	16.5 ± 4.4	0.991 (0.979-0.997)	0.42	1.15	15.5 ± 3.3	15.4 ± 3.4	0.998 (0.994-0.999)	0.15	0.02
下方 (mm)	17.8 ± 2.9	17.9 ± 3.2	0.991 (0.979-0.997)	0.31	0.85	14.1 ± 3.5	14.0 ± 3.4	0.993 (0.983-0.997)	0.29	0.07

### 若年健常者と地域在住高齢者の計測

膝蓋骨下方可動性は、健常若年女性 (15.4 ± 3.7mm) に比較し、健常高齢女性 (7.5 ± 2.8mm) は有意に低値を示した (p < 0.01) (図 3a)。また、健常高齢女性において膝関節屈曲角度が参考可動域以下の 36 名では、膝関節屈曲角度と膝蓋骨下方可動性に有意な高い相関を認めた (r = 0.72, p < 0.01) (図 3b)。膝関節屈曲角度の低下の一因に膝蓋骨下方可動性の減少が関連することが示唆された。さらに、地域在住高齢女性における正座不可能群 (膝深屈曲不可能群) の膝関節屈曲角度と膝蓋骨下方可動性は、強い相関がみられた (r = 0.72, p < 0.01)。

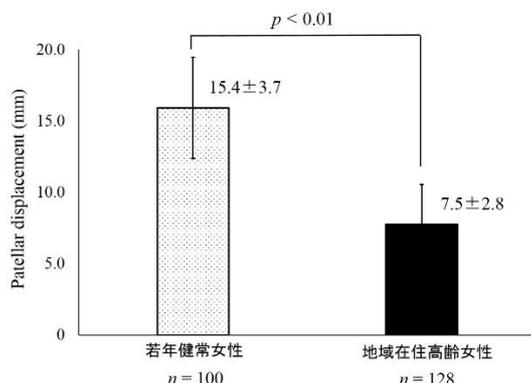


図 3a. 若年健常女性と地域在住高齢女性の膝蓋骨下方可動性比較

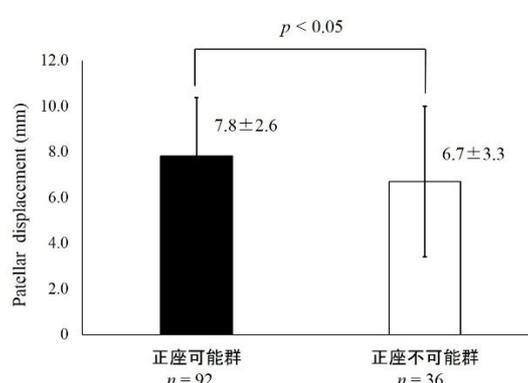


図 3b. 地域在住高齢女性における正座可能群と正座不可能群の膝蓋骨下方可動性比較

## 変形性膝関節症患者の計測

背臥位，腹臥位での膝関節屈曲角度の比較では，変形性膝関節症患者は，健常高齢者，若年健常者に比較し，有意に低い角度であった（図 4a）. 膝蓋骨下方可動性は，変形性膝関節症患者は，健常高齢者，若年健常者に比較し，有意に低い可動性であった（図 4b）. つまり，変形性膝関節症患者は，膝の曲がりが悪く，膝蓋骨の下方への可動性も低下していることが明らかとなり，膝関節屈曲角度と膝蓋骨下方可動性は，有意な相関があった（ $p < 0.01$ ,  $r = 0.72$ ）.

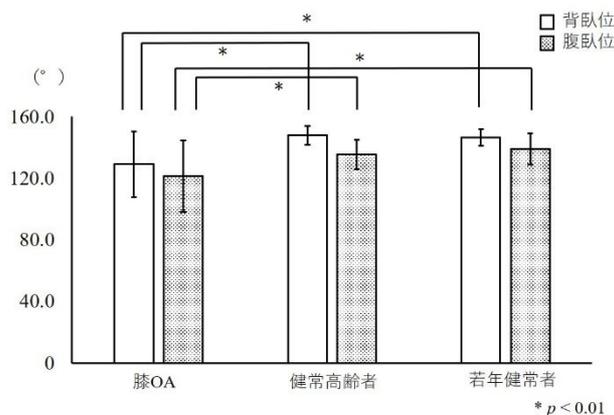


図 4a . 背臥位，腹臥位での膝屈曲角度比較

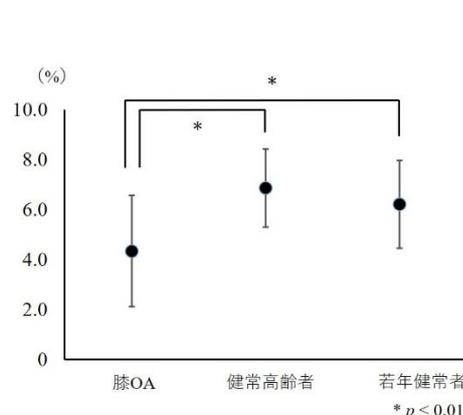


図 3b . 膝蓋骨下方可動性比較(身長補正)

さらに大腿遠位部の組織柔軟性評価において，変形性膝関節症患者では，大腿直筋筋腹以外の大腿遠位部の 4 箇所，常高齢者，若年健常者よりも柔軟性を示すパラメーター（Elasticity，Stiffness，Tone）が有意に高い値を示した（図 5）.

	膝屈曲: 0°			膝屈曲: 45°		
	膝 OA (n = 23)	健常高齢者 (n = 17)	若年健常者 (n = 10)	膝 OA (n = 23)	健常高齢者 (n = 17)	若年健常者 (n = 10)
①大腿直筋筋腹	Elasticity (Hz)	13.7 ± 1.8	13.3 ± 1.4	13.6 ± 0.8	13.5 ± 1.6	13.3 ± 2.0
	Stiffness (N/m)	265.2 ± 26.6	257.3 ± 43.3	238.5 ± 26.7	257.0 ± 25.0	257.6 ± 62.7
	Tone (Hz)	2.1 ± 0.5	1.6 ± 0.4 †	1.4 ± 0.3	2.0 ± 0.4	1.7 ± 0.5 †
②膝蓋骨基部から 近位4cm	Elasticity (Hz)	17.6 ± 2.7 †	16.8 ± 3.7	12.3 ± 0.8	16.4 ± 2.1 †	16.0 ± 2.8
	Stiffness (N/m)	396.7 ± 95.3 †	375.5 ± 146.9	160.9 ± 29.9	311.6 ± 36.1 †	304.3 ± 78.5
	Tone (Hz)	1.5 ± 0.1 †	1.3 ± 0.2	0.7 ± 0.1	2.1 ± 0.4 †	1.6 ± 0.3 †
③膝蓋骨基部から 近位2cm	Elasticity (Hz)	17.5 ± 2.4 †	15.5 ± 2.8	11.9 ± 0.6	17.3 ± 2.4 †	16.0 ± 2.5
	Stiffness (N/m)	385.6 ± 87.1 †	305.7 ± 105.9 †	138.4 ± 26.0	347.5 ± 56.5 †	313.6 ± 80.2
	Tone (Hz)	1.4 ± 0.1 †	1.3 ± 0.2 †	0.7 ± 0.1	1.7 ± 0.2 †	1.4 ± 0.2 †
④③より内側2cm	Elasticity (Hz)	19.5 ± 2.3 †	17.5 ± 3.1	13.0 ± 0.1	17.1 ± 2.1 †	16.1 ± 2.3
	Stiffness (N/m)	396.2 ± 78.7 †	322.8 ± 89.2	174.2 ± 35.6	320.6 ± 53.2 †	294.6 ± 60.0
	Tone (Hz)	1.6 ± 0.2 †	1.5 ± 0.2	0.9 ± 0.1	1.6 ± 0.2 †	1.5 ± 0.2
⑤③より外側2cm	Elasticity (Hz)	16.4 ± 2.3 †	15.0 ± 2.5	11.9 ± 0.6	14.8 ± 2.2 †	14.7 ± 1.9
	Stiffness (N/m)	348.5 ± 84.9 †	293.2 ± 92.1	143.8 ± 22.3	283.5 ± 35.9 †	249.2 ± 59.1
	Tone (Hz)	1.5 ± 0.2 †	1.3 ± 0.2	0.7 ± 0.1	1.9 ± 0.3 †	1.6 ± 0.3 †

\* vs Healthy elderly ( $p < 0.01$ )

† vs Young ( $p < 0.01$ )

図 5 . 膝屈曲 0 度と 45 度における大腿部の組織柔軟性比較

以上の結果より，変形性膝関節症患者において，膝蓋骨の下方可動性の減少と膝関節屈曲角度の減少との関係が明らかとなり，さらに，大腿遠位部の軟部組織柔軟性の低下が膝関節屈曲角に影響を及ぼす可能性が示唆される。

## まとめ

本研究で，臨床応用が可能な膝蓋骨下方可動性装置を開発することが出来た。変形性膝関節症患者では，膝関節屈曲角度の低下と膝蓋骨下方可動性低下は，強く相関することが明らかとなり，その制限因子の 1 つに大腿遠位部（膝周囲）の軟部組織柔軟性の低下が関連することが示唆される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ohko H, Kajihara F, Hayashi T, Ochi A, Kumagawa K, Okawa H.	4. 巻 14
2. 論文標題 Physical activity and daily nutrient intake for prevention of lifestyle-related diseases in individuals with spinal cord injury.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biomedical Journal of Scientific & Technical Research	6. 最初と最後の頁 2495
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.26717/BJSTR.2019.14.002495	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ota Susumu, Ohko Hiroshi	4. 巻 31
2. 論文標題 Sex differences in passive lateral and medial patellar mobility in healthy young adults	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 127 ~ 132
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3233/BMR-169704	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2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Ohko H, Ota S.
2. 発表標題 Reliability assessment of a patellofemoral arthrometer using a feedback device with sheet-type pressure sensors.
3. 学会等名 Osteoarthritis Research Society International（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ohko H, Ota S.
2. 発表標題 Relationship between inferior patellar mobility and knee flexion angle in community dwelling elderly females.
3. 学会等名 Osteoarthritis Research Society International 2017（国際学会）
4. 発表年 2017年～2018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
--	---------------------------	-----------------------	----