

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：34533

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K21539

研究課題名(和文) 動作解析・筋活動分析を用いた変形性膝関節症の進行要因の解明

研究課題名(英文) Elucidation of progression factors of knee osteoarthritis using motion and electromyographic analyses

研究代表者

塚越 累 (Tsukagoshi, Rui)

兵庫医療大学・リハビリテーション学部・講師

研究者番号：60724789

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：変形性膝関節症者の動作時における膝関節への力学的負荷や大腿部筋活動および運動能力等を分析し、さらに、膝関節症の進行度に関連する要因について調べた。その結果、膝関節症者は歩行時や階段降段時の膝関節への力学的負荷が高く、大腿部筋活動も高い値を示した。また、膝関節症者は健康者に比べて膝関節筋力や運動能力が10～30%低下していることが明らかとなった。相関分析の結果、歩行時の力学的負荷や大腿部筋活動が膝関節症の進行度と関連する可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

変形性関節症は高齢者の生活機能を低下させる大きな要因の一つであり、本疾患の予防・進行防止は医療・リハビリテーション分野に課せられた非常に重要なテーマである。変形性膝関節症の進行度と関連する因子として、これまで年齢や膝関節疼痛、体重、膝関節への力学的負荷、膝関節アライメント等が挙げられてきた。これらに加えて、本研究により、大腿部筋の筋活動動態が膝関節症の進行度と関連していることが明らかとなった。このことは、膝関節症の治療戦略を考えるうえで有益な知見であると考えられる。

研究成果の概要(英文)： We analyzed the mechanical load on the knee joint, thigh muscle activity, and exercise capacity of the patients with knee osteoarthritis, and investigated the factors related to the degree of progression of the knee osteoarthritis. As a result, those with knee osteoarthritis showed high mechanical load on the knee joint during walking and descending stairs, and showed high thigh muscle activity. In addition, it was revealed that knee joint muscular strength and exercise capacity of people with knee arthritis are 10 to 30% lower than those of healthy people. Correlation analysis suggested that mechanical load during walking and thigh muscle activity might be related to the degree of progression of knee osteoarthritis.

研究分野：健康科学

キーワード：変形性膝関節症 動作分析 筋活動分析

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

変形性関節症は高齢者の生活機能を低下させる大きな要因の一つであり、本疾患の予防・進行防止は医療・リハビリテーション分野に課せられた非常に重要なテーマである。

変形性膝関節症の進行に影響を及ぼす危険要因の1つとして、動作時の膝関節への力学的負荷が挙げられている。人が日常生活動作を行う際、膝関節には外力である関節モーメントと膝関節周囲筋の収縮力による力学的負荷が発生する。一般的に、膝関節内側関節面の圧力を表す指標として膝関節内反モーメントが用いられる。膝関節症者の膝関節内反モーメントは健常者と比較して増大しており、膝関節内反モーメントの増加と関節軟骨の変性や摩耗といった関節病態とが関連することが報告されている。膝関節周囲筋の収縮力は、筋電図分析により筋活動として表される。膝関節症者は健常者に比べて歩行時に高い筋活動を示すことが報告されている。

膝関節症の進行に影響を及ぼす要因としては、関節への力学的負荷の他にも、疼痛や年齢、膝関節伸展筋力、肥満などが膝関節症の進行を助長するといった報告がなされているが、それぞれ単一または少数の要因と関節病態との関連を縦断的に調査したものがほとんどであり、関節への力学的負荷を含めた多要因と関節病態の変化との関連性を調べた研究は少ない。また、膝関節症患者の日常生活動作を分析した研究は少なく、その知見は十分とは言えない。

### 2. 研究の目的

(1) 膝関節症患者の運動機能および日常生活動作を健常者と比較し、両者の違いを明らかにすること。

(2) 膝関節症患者を多角的に評価し、膝関節症の進行度との関連を明らかにすること。

### 3. 研究の方法

#### (1) 対象

膝関節症者 49 名（男性 8 名、女性 41 名；以下、膝関節症群）および膝関節に既往の無い健常中高齢者 41 名（男性 10 名、女性 31 名；以下、健常群）を対象とした。

#### (2) 測定項目・方法

##### ①膝関節症評価

膝関節症の進行度を評価した。両脚立位時のレントゲン画像から、画像解析ソフト Image J を使用して内側の膝関節裂隙幅を評価した。さらに、変形性膝関節症患者機能評価表 (JKOM) を用いて、機能評価を行った。JKOM は 0~100 点で対象者の膝関節機能や生活動作機能を評価するものであり、0 点が最も高機能である。

##### ②疼痛評価

Visual Analog Acale (VAS) を用いて、膝関節症者の安静時、歩行時および階段昇降時の疼痛を評価した。

##### ③膝関節可動域評価

ゴニオメーターを使用して、膝関節屈曲および伸展可動域を測定した。

##### ④動作解析および筋活動分析

歩行、階段昇降、椅子からの起立動作を、三次元動作解析装置 (Vicon、カメラ 8 台、Vicon 社製) と床反力計を用いて分析した。動作解析の対象項目は、股関節、膝関節、足関節の角度および外的モーメントとした。

動作解析と並行して歩行時の筋活動を分析した。表面筋電計 (Delsys、16 チャンネル、Delsys 社製) を用いて膝関節周囲筋活動 (内側広筋、外側広筋、内外側ハムストリングス) を測定し、

各筋の Manual Muscle Test level3 の肢位の筋活動量で正規化した後、歩行立脚期と遊脚期の平均筋活動量を算出した。さらに、膝関節の内側・外側それぞれの伸展筋・屈曲筋の同時活動を同時収縮指数を用いて評価した。

#### ⑤筋機能評価

筋力測定システム (Biodex、Biodex 社製) を使用して、膝関節 60 度屈曲位での等尺性膝関節伸展筋力および屈曲筋力を測定した。

#### ⑥運動能力評価

歩行速度、持久性測定、Timed Up and Go test、立ち座りテストを実施した。

### (3) 統計分析

各測定項目について、膝関節症群と健常群とを比較した。また、膝関節症者について、膝関節症の進行度と年齢、BMI、疼痛、歩行時の膝関節モーメントと筋活動量、同時収縮指数等との関連を調べた。

## 4. 研究成果

### (1) 対象者の属性

膝関節症群は年齢  $70.1 \pm 8.0$  歳、身長  $155.8 \pm 6.8$ cm、体重  $60.1 \pm 9.8$ kg、BMI  $24.7 \pm 3.4$  であり、健常群は年齢  $73.6 \pm 3.8$  歳、身長  $156.0 \pm 10.1$ cm、体重  $54.2 \pm 9.6$ kg、BMI  $22.1 \pm 2.6$  であった。膝関節症群は健常群に比べて有意に年齢が低く、体重と BMI は有意に高かった。

### (2) 膝関節症評価

膝関節症群の膝関節内側裂隙幅は平均  $2.6 \pm 1.6$ mm であった。また、JKOM は平均  $22.5 \pm 12.1$  であった。

### (3) 疼痛評価

100mm の VAS で評価した疼痛は、安静時は平均  $5.0 \pm 9.8$ mm、歩行時は平均  $22.7 \pm 21.8$ mm、階段昇降時は  $36.7 \pm 27.6$ mm であり、階段昇降時に最も強い疼痛を示した。

### (4) 膝関節可動域評価

膝関節屈曲可動域は、膝関節症群  $130.4 \pm 9.6$  度、健常群  $145.9 \pm 4.9$  度であり、膝関節症群のほうが有意に小さかった。膝関節伸展可動域は、膝関節症群  $-5.9 \pm 4.4$  度、健常群  $-0.3 \pm 1.3$  度であり、膝関節症群のほうが有意に小さい値を示した。

### (5) 動作解析および筋活動分析

#### ①歩行動作分析および筋活動分析

通常歩行の動作分析と筋活動分析を行った。その結果、歩行速度は膝関節症群  $1.17 \pm 0.13$ m/s、健常群  $1.28 \pm 0.14$ m/s であり、膝関節症群のほうが有意に遅かった。ケイデンスは、膝関節症群  $119.1 \pm 8.7$ steps/min、健常群  $122.6 \pm 8.2$  steps/min であり、膝関節症群のほうが有意に小さかった。歩幅は、膝関節症群  $58.4 \pm 4.9$ cm、健常群  $62.7 \pm 5.8$ cm であり、膝関節症群のほうが有意に短かった。膝関節角度では、膝関節症群は荷重応答期の屈曲角度が小さく、立脚中期の伸展角度も健常群と比較して小さかった。また、膝関節症群は立脚期の内反角度が健常群よりも大きかった。膝関節モーメントでは、立脚期の屈曲モーメントが膝関節症群のほうが有意に小さかった。内反モーメントの最大値に有意な差はなかったが、内反モーメント積分値は膝関節症群のほうが有意に大きかった (図 1)。

歩行時の外側広筋、内側広筋、外側ハムストリングスおよび内側ハムストリングスの筋活動を分析した結果、立脚期の外側広筋と内側ハムストリングスの平均筋活動には両者に差はなかったが、内側広筋と外側ハムストリングスの平均筋活動は膝関節症群のほうが健常群に

比べて大きかった（図2）。また、外側広筋と外側ハムストリングスとの同時収縮指数は、膝関節症群のほうが健常群に比べて大きな値を示した。

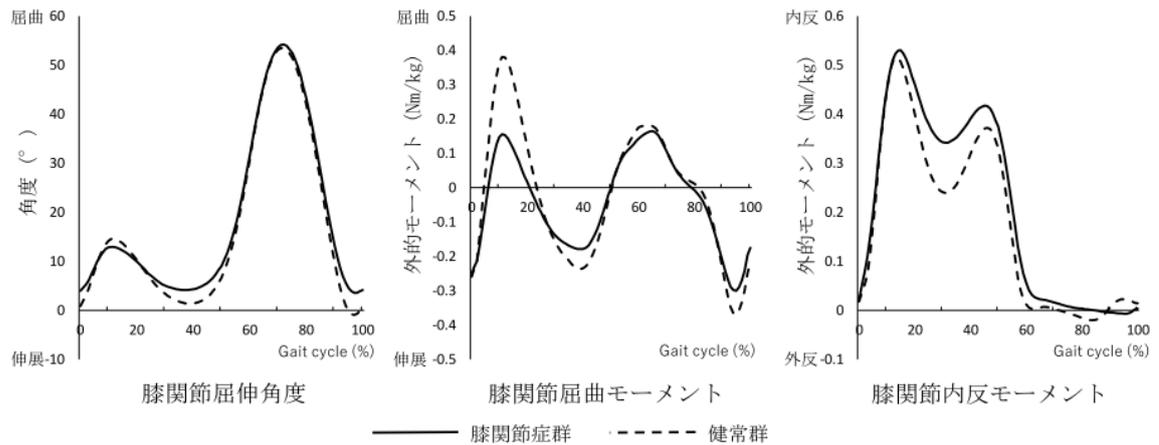


図1 歩行時の膝関節屈伸角度、膝関節屈曲・内反モーメント

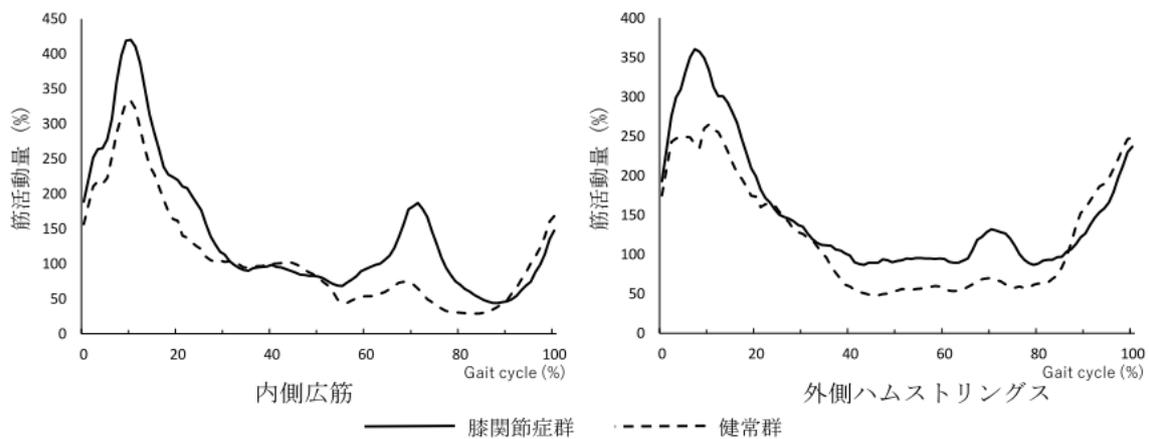


図2 歩行時の内側広筋および外側ハムストリングスの筋活動

膝関節症者は歩行速度が遅いにもかかわらず、膝関節内反モーメント積分値が大きく、膝関節内側への負荷が高いことが明らかとなった。また、外側ハムストリングスの過剰な筋活動は、歩行効率を減少させる要因と考えられた。

## ②階段昇降時の動作分析

膝関節症者が日常生活動作のなかで最も疼痛を訴える階段昇降動作について分析した。2段の階段を使用して、対象肢から昇段し、立脚期である1段目の接地時から離地時までを解析範囲とした。その結果、動作時間は膝関節症群  $1.27 \pm 0.16$  秒、健常群  $1.16 \pm 0.2$  秒であり、膝関節症群のほうが長かった。膝関節屈曲伸張角度変化には両群で有意な差はなかったが、膝関節屈曲モーメントと内反モーメントは健常群のほうが膝関節症群に比べて有意に高い値を示した（図3）。内反モーメント積分値には両群に有意な差はなかった。

降段動作も昇段動作と同様に、対象肢から降段し、立脚期である1段目の接地時から離地時までを解析範囲とした。その結果、動作時間は膝関節症群  $1.09 \pm 0.14$  秒、健常群  $1.10 \pm 0.21$  秒であり、両群に差はなかった。膝関節屈曲伸張角度変化には両群で有意な差はなかったが、膝関節屈曲モーメントは健常群のほうが高い値を示し、内反モーメントおよび内反モーメント積分値は膝関節症群のほうが健常群に比べて有意に高い値を示した（図4）。

膝関節症者は日常生活動作の中でも階段昇降時に強い疼痛を呈し、一般的に昇段時よりも降段時のほうが疼痛が強い。上記の動作分析の結果から、降段は昇段に比べて膝関節屈曲・内反モーメントが高く、膝関節への過剰な負荷が疼痛を引き起こしていることが示唆された。

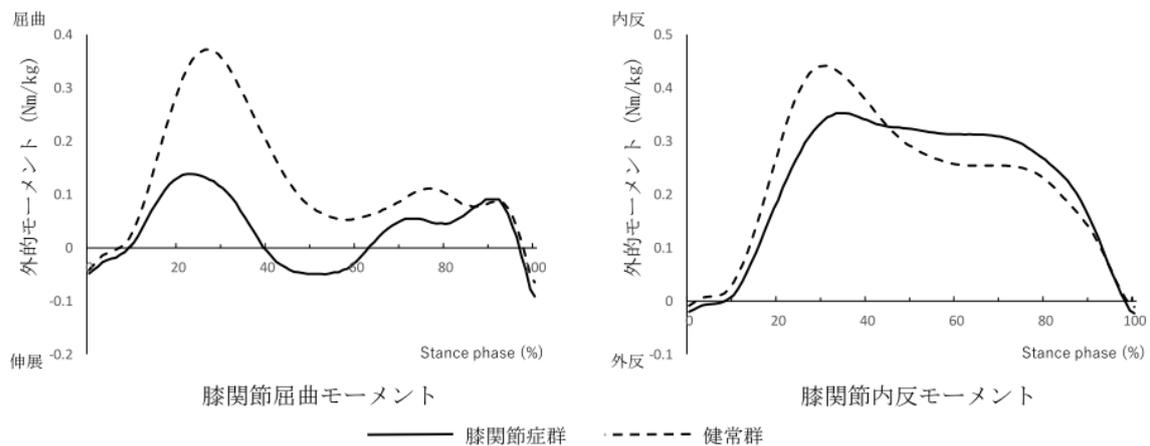


図3 昇段時の膝関節屈曲・内反モーメント

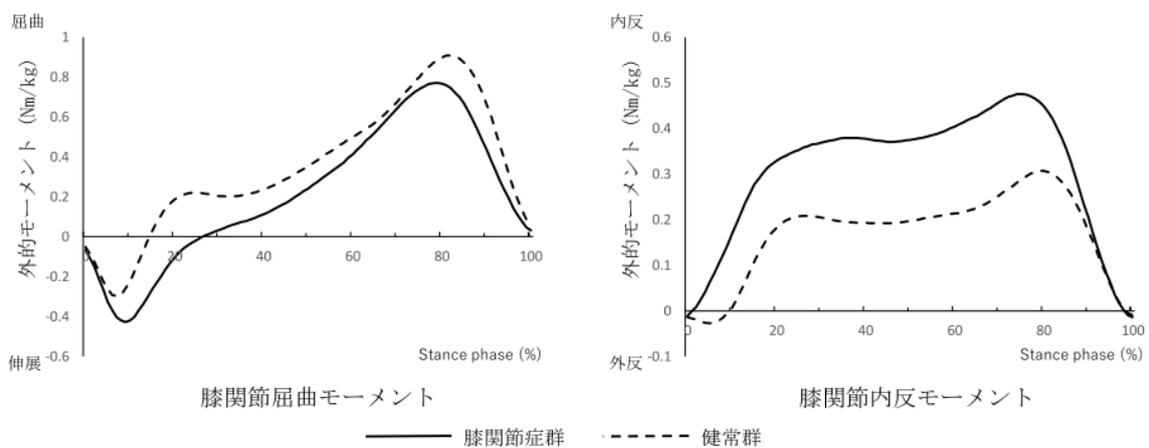


図4 降段時の膝関節屈曲・内反モーメント

(6) 筋機能評価

等尺性膝関節伸展筋力は膝関節症群  $1.13 \pm 0.44 \text{ Nm/kg}$ 、健常群  $1.84 \pm 0.53 \text{ Nm/kg}$ 、等尺性膝関節屈曲筋力は膝関節症群  $0.57 \pm 0.26 \text{ Nm/kg}$ 、健常群  $0.79 \pm 0.28 \text{ Nm/kg}$  であり、膝関節症群の膝伸展筋力は39%、膝屈曲筋力は28%健常群に比べて有意に低かった。

(7) 運動能力評価

最大歩行速度は膝関節症群  $1.70 \pm 0.16 \text{ m/s}$ 、健常群  $1.90 \pm 0.22 \text{ m/s}$ 、3分間歩行距離は膝関節症群  $256 \pm 34 \text{ m}$ 、健常群  $296 \pm 35 \text{ m}$ 、Timed Up and Go test は関節症群  $7.4 \pm 1.2$  秒、健常群  $6.11 \pm 0.97$  秒、5回立ち座り時間は膝関節症群  $9.47 \pm 1.59$  秒、健常群  $6.60 \pm 1.42$  秒であり、膝関節症群の最大歩行速度は11%、3分間歩行距離は14%、Timed Up and Go test は17%、5回立ち座り時間は30%の運動能力低下がみられ、特に立ち座り能力において大きな低下が認められた。

(8) 膝関節症の進行度に関連する要因

膝関節症群において、膝関節裂隙幅と対象者の属性、膝関節筋力、膝関節可動域、歩行時膝関節モーメント、歩行時膝関節周囲筋活動との相関係数を求めた結果、歩行時膝関節内反モーメント ( $r=-0.40$ ) と立脚期外側広筋平均筋活動 ( $r=-0.41$ ) のみ中等度の負の相関を認められた。また、膝関節裂隙幅を従属変数として重回帰分析を行った結果、立脚期外側広筋平均筋活動のみが有意な変数として採用された。このことから、歩行立脚期の外側広筋筋活動は膝関節症の進行に影響を与える要因である可能性が示唆された。

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 Rui Tsukagoshi, Mika Goto, Haruka Senoo, Riho Honda	4. 巻 71
2. 論文標題 Influence of foot progression angle on knee adduction and flexion moment during stair climbing in healthy individuals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Gait & Posture	6. 最初と最後の頁 163-169
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Rui Tsukagoshi, Mika Goto, Haruka Senoo, Riho Honda
2. 発表標題 Influence of foot progression angle on knee adduction and flexion moment during stair climbing in healthy individuals
3. 学会等名 24th Annual Congress of the European College of Sports Science（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塚越累, 藤岡宏幸, 水野清典, 恵美直敦, 村田耕造, 兼森愛, 吉矢晋一
2. 発表標題 昇段動作時の足部方向が変形性膝関節症患者の膝関節内反モーメントに与える影響
3. 学会等名 第10回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会（JOSKAS）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塚越累, 藤岡宏幸, 恵美直敦, 村田耕造, 兼森愛, 諸岡孝俊, 中山寛, 吉矢晋一
2. 発表標題 変形性膝関節症患者の昇段動作における運動学的・筋電図学的特徴
3. 学会等名 第9回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会（JOSKAS）
4. 発表年 2017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
--	---------------------------	-----------------------	----