



Title	変形性膝関節症症例における日常生活活動および生活の質と動的姿勢制御との関連性の検討
Author(s)	佐橋, 健人
Citation	北海道大学. 博士(保健科学) 甲第14671号
Issue Date	2021-09-24
DOI	10.14943/doctoral.k14671
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/82969">http://hdl.handle.net/2115/82969</a>
Type	theses (doctoral)
File Information	Kento_Sabashi.pdf



[Instructions for use](#)

学位論文

変形性膝関節症症例における日常生活活動および生活の質と  
動的姿勢制御との関連性の検討

佐橋 健人

北海道大学大学院保健科学院

保健科学専攻保健科学コース

2021年度

# 目次

要約.....	1
<b>1. 緒言.....</b>	<b>3</b>
1.1. 変形性膝関節症の疫学と機能障害 .....	3
1.1.1. 変形性膝関節症の疫学.....	3
1.1.2. 変形性膝関節症の機能障害 .....	4
1.2. 変形性膝関節症症例の日常生活活動と生活の質 .....	5
1.2.1. 変形性膝関節症が日常生活活動と生活の質に与える影響.....	5
1.2.2. 変形性膝関節症の日常生活活動制限と生活の質低下に対する保存療法.....	5
1.3. 変形性膝関節症症例の姿勢制御 .....	6
1.3.1. 姿勢制御 .....	6
1.3.2. 変形性膝関節症が姿勢制御に与える影響 .....	8
1.4. 変形性膝関節症症例の姿勢制御と日常生活活動および生活の質の関連 .....	10
1.5. 本研究の目的 .....	10
<b>2. 対象と方法.....</b>	<b>11</b>
2.1. 対象 .....	11
2.2. X線画像評価.....	11
2.3. 動的姿勢制御評価 .....	13
2.4. 患者立脚型評価 .....	15
2.5. 統計学的解析 .....	15
<b>3. 結果.....</b>	<b>16</b>
3.1. 対象者属性 .....	16
3.2. 片脚立位移動動作中の動的姿勢制御 .....	16
3.3. 片脚立位移動動作中の動的姿勢制御と日常生活活動および生活の質との相 関性 .....	16
3.4. 重回帰分析 .....	19
3.5. 典型データ .....	19

4. 考察.....	21
4.1. 変形性膝関節症症例の片脚立位移行中の動的姿勢制御と日常生活活動および生活の質との関連性 .....	21
4.2. 変形性膝関節症症例の片脚立位移行中の動的姿勢制御に影響する要因 .....	22
4.3. 変形性膝関節症症例の動的姿勢制御トレーニング .....	23
4.4. 臨床的意義 .....	24
4.5. 本研究の限界と今後の展望 .....	24
5. 結論.....	25
6. 謝辞.....	26
7. 文献.....	27
8. 付録.....	32
9. 業績リスト.....	36

## 要約

### 1. 緒言

変形性関節症（osteoarthritis, OA）は膝関節で発症率が高く、加齢に伴い有病率が増加することから、膝 OA は高齢者における一般的な整形外科的疾患とされている。膝 OA は膝痛や筋力低下、関節可動域制限、固有感覚低下、姿勢制御能力低下といった様々な機能障害を呈する。その結果、膝 OA 症例では日常生活活動（activities of daily living, ADL）の制限や、生活の質（quality of life, QOL）の低下を引き起こすことが知られている。

姿勢制御は、身体質量中心（center of mass, COM）の随意的な変位を伴わない状態での姿勢保持である静的姿勢制御と、COM の随意的な変位を伴う運動における姿勢保持である動的姿勢制御の 2 種類に分類できる。これまでの研究において、膝 OA 症例は健常群と比較し、静的および動的姿勢制御能力が低下していることが明らかとなっている。姿勢制御は ADL を行う上で重要な基本的機能であり、膝 OA 症例の ADL 制限や QOL 低下に関与している可能性がある。これまで膝 OA 症例の静的姿勢制御と ADL および QOL との関連性を報告している研究が報告されてきたが、弱い関連もしくは有意な関連を認めず、極めて限定的であった。ADL では歩行や階段昇降のように動的な姿勢制御を必要とされる場面が多く、静的姿勢制御のような固定された支持基底面（base of support, BOS）で COM を安定させる姿勢制御では膝 OA 症例の ADL や QOL の状態を十分に反映できていなかった可能性がある。しかしながら、膝 OA 症例の動的姿勢制御と ADL および QOL の関連性を調査した研究はなく、不明であった。したがって、本研究の目的は膝 OA 症例の動的姿勢制御と ADL および QOL の関連性を検討することとした。

### 2. 対象と方法

対象は膝 OA 症例 36 例、平均年齢 72.2 歳、男性 7 例、女性 29 例である。動的姿勢制御評価には、両脚立位から片脚立位への移行動作を用いた。床反力計にて足圧中心（center of pressure, COP）を算出した。両脚立位から片脚立位への移行動作は、左右方向の動きが中心であるため、左右方向の COP のみを解析した。得られた COP データから、はじめに遊脚側方向へ変位する予測的姿勢制御（anticipatory postural adjustments, APA）相、その後遊脚側下肢が地面から離れるとともに立脚側方向へ COP が変位する移行相を定義した。各相における COP 最大変位、COP ピーク速度を算出した。それぞれ立脚側方向を正と定義したため、APA 相の COP 最大変位、COP ピーク速度は負、移行相の COP 最大変位、COP ピーク速度は正となった。膝 OA 症例の ADL・QOL の評価に Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score（KOOS）の ADL および QOL の下位尺度を用いた。また、疼痛の下位尺度から立位時の疼痛の項目から、疼痛の有無を評価した。X 線画像評価で、Kellgren-Lawrence（KL）grade を用いて膝 OA の重症度を評価し、大腿脛骨角（femorotibial angle, FTA）を用いて膝関節のアライメントを評価した。統計学的解析では、片脚立位移行動作中の動的姿勢制御変数と KOOS-ADL および KOOS-QOL との相関性を検討するために Pearson の積率相関係数を算出した。さらに KOOS-ADL および KOOS-QOL を予測するためにステップワイズ法による重回帰分析を行った。全ての統計学的有意水準は  $P < 0.05$  とした。

### 3. 結果

KOOS-ADL の平均点数は 64.5, KOOS-QOL の平均点数は 32.7 であった。

APA 相において, COP 最大変位は KOOS-ADL ( $r = -0.353, P = 0.035$ ) および KOOS-QOL ( $r = -0.379, P = 0.023$ ) と有意な負の相関を示した。移行相において, COP 最大変位およびピーク速度は KOOS-ADL (最大変位:  $r = 0.352, P = 0.035$ ; ピーク速度:  $r = 0.438, P = 0.008$ ) および KOOS-QOL (最大変位:  $r = 0.357, P = 0.032$ ; ピーク速度:  $r = 0.343, P = 0.040$ ) と有意な負の相関を示した。

重回帰分析の結果, 移行相の COP ピーク速度 ( $\beta = 0.310, P = 0.040$ ), 年齢 ( $\beta = -0.331, P = 0.032$ ), 立位時の膝痛 ( $\beta = -0.471, P = 0.001$ ) が, KOOS-ADL の有意な予測変数であった ( $R^2 = 0.446, P < 0.001$ )。また, APA 相の COP 最大変位 ( $\beta = -0.431, P = 0.005$ ), KL grade ( $\beta = -0.308, P = 0.037$ ), 立位時の膝痛 ( $\beta = -0.377, P = 0.012$ ) が, KOOS-QOL の有意な予測変数であった ( $R^2 = 0.366, P = 0.002$ )。

### 4. 考察

APA 相における大きな COP 変位, 移行相における大きくかつ速い COP 変位は良好な KOOS-ADL および KOOS-QOL スコアと相関することが明らかとなった。さらに, 重回帰分析の結果, 良好な KOOS-ADL スコアは年齢と立位時の膝痛の有無のほかに, 移行相の速い COP 変位によって予測された。また良好な KOOS-QOL スコアは, OA の重症度と立位時の膝痛のほかに, APA 相での大きな COP 変位によって予測された。APA 相での小さく遅い COP 変位は, COM に対する慣性力が低下し, 立脚相へ COM を変位させるだけの推進力が不十分となる。また, 移行相での小さく遅い COP 変位は, 立脚側の新しい BOS へ十分に COM を変位させることができず, 片脚立位保持が困難となる。それゆえ, APA 相および移行相における大きくかつ速い COP 変位は, 一般的に動的姿勢制御能力が良好であることを意味する。本研究結果は, 膝 OA 症例における APA 相および移行相の良好な動的姿勢制御が, ADL および QOL の良好なスコアと関連することを示した。

静的姿勢制御は, 固定された BOS で COM を安定させる能力であり, ADL で必要とされる場面は少ない。一方で, 両脚立位から片脚立位への移行動作は, BOS を変化させながら COM を随意的に変位させる動作であり, 歩行や階段昇降といった ADL に含まれる基本的動作である。それゆえ, 片脚立位への移行動作のような動的姿勢制御は膝 OA 症例の ADL や QOL を予測する上で, 静的姿勢制御よりも有用な評価である可能性が考えられた。膝 OA 症例の転倒リスク評価で片脚立位保持時間が臨床で広く用いられているが, ADL や QOL の観点から両脚立位から片脚立位への移行中の姿勢制御にも着目する必要があると考えられた。

## 1. 緒言

### 1.1. 変形性膝関節症の疫学と機能障害

#### 1.1.1. 変形性膝関節症の疫学

変形性関節症 (osteoarthritis, OA) は関節軟骨の変性・摩耗と、関節辺縁や軟骨下骨における骨増殖性変化が主病態の疾患である<sup>1</sup>。OA は全身の関節で見られるが、膝関節で発症率が最も高いことが知られている。アメリカで行われた13万人を対象とした大規模な疫学調査において、1年間における10万人当たりのOA発症率は、手関節で100人、股関節で88人、膝関節で240人であり、膝関節が最も発症率が高いことが明らかとなっている<sup>2</sup>。

膝関節は脛骨大腿関節内側および外側、膝蓋大腿関節という3つのコンパートメントから構成され、脛骨大腿関節内側でOA有病率が高いことが知られている。Stoddartらは<sup>3</sup>、膝OA症例における3つのコンパートメントの有病率の分布を調査し、脛骨大腿関節内側のみが27%、脛骨大腿関節内側+膝蓋大腿関節が23%、膝蓋大腿関節のみが18%、脛骨大腿関節内側+脛骨大腿関節外側+膝蓋大腿関節が17%、その他(脛骨大腿関節外側+膝蓋大腿関節;脛骨大腿関節内側+脛骨大腿関節外側;脛骨大腿関節外側のみ)が15%であることを報告している。膝OAの重症度は一般的にKellgren-Lawrence (KL) gradeを用いて評価される<sup>4</sup>。X線立位正面画像を用いて、骨棘と関節裂隙狭小化の程度から、重症度を0から4までの5段階で評価し、重症度の増加とともに骨棘形成および関節裂隙の狭小化が進む。KL grade 2は軽度、grade 3は中等度、grade 4は重度と評価され、一般的にKL grade 2以上がX線画像上の膝OAと定義される。さらにX線画像上の膝OA症例のうち、膝痛を有する場合には、症候性の膝OAと定義される。60歳以上の日本人を対象とした大規模な疫学調査において<sup>5</sup>、X線画像上の膝OAは61.9%であったが、症候性の膝OAは26.1%であることを報告しており、無症候性の膝OA症例も多く存在することが知られている。

膝OAのリスクファクターとしては、加齢、肥満、膝外傷の既往、女性といった要因が考えられている。Prieto-Alhambraら<sup>6</sup>はスペインにおける膝OA発症率を調査し、75歳まで加齢とともに発症率は増加していくことを明らかにしている。また、日本における大規模な疫学調査では、膝OAの有病率は加齢に伴い増加していくことが明らかにされている<sup>5,7</sup>。さらに、Silverwoodら<sup>8</sup>は、膝OA発症のリスクファクターについてのsystematic reviewとmeta-analysisを報告しており、肥満のオッズ比は2.10 (95% confidence interval [CI] : 1.82 – 2.42)、膝外傷の既往のオッズ比は2.83

(95% CI : 1.91 – 4.19)、女性のオッズ比は1.68 (95% CI : 1.37 – 2.07)であったと報告している。膝OAの発症には様々な要因が関与していると考えられている。

### 1.1.2. 変形性膝関節症の機能障害

膝 OA 症例の機能障害に関して、これまで膝関節周囲に関する検討が多く行われてきた。Dieppe ら<sup>9</sup>は膝 OA 症例の膝痛の長期的な経過を調査し、時間経過とともに膝痛が増悪していくことを報告している。また、Slemenda ら<sup>10</sup>は X 線画像上の膝 OA 症例は、健常群と比較し、膝関節伸展筋力が低下していたことを報告している。Ersoz と Ergun<sup>11</sup>、および Hilfiker ら<sup>12</sup>は膝 OA の重症度と膝関節可動域の関連を調査し、重症度の増悪に伴い膝関節可動域は減少していくことを明らかにしている。さらに、Knoop ら<sup>13</sup>は膝 OA 症例の固有感覚についての narrative review を報告し、膝 OA 症例では健常群と比較し膝関節の固有感覚が低下している可能性を示唆している。Mills ら<sup>14</sup>は平地歩行時の膝関節周囲の筋活動についての systematic review と meta-analysis を報告しており、膝 OA 症例は健常群と比較し、大腿直筋・外側広筋・大腿二頭筋の筋活動が大きく、外側広筋と大腿二頭筋の共同収縮も大きいことを明らかにしている。以上より、膝 OA 症例では膝関節の疼痛をはじめ、筋力低下、関節可動域制限、固有感覚低下、神経筋制御変化といった膝関節の機能障害を呈することがこれまで明らかにされてきた。

近年では、膝 OA 症例の膝関節以外の他の下肢関節機能および心理的機能にも注目が集まっている。Vårbakken ら<sup>15</sup>は膝 OA 症例の下肢筋力を健常群と比較し、膝関節伸展に加えて、股関節内旋・外旋、足関節背屈、足関節内がえし・外がえしにおいても有意に低下していたことを報告している。また、Mani ら<sup>16</sup>は KL grade 2 の軽度膝 OA を対象に下肢の固有感覚を調査し、健常群に比し、股関節屈曲・股関節内旋の位置覚、足関節背屈・外がえしの運動覚が低下していたことを報告している。さらに、Cabral ら<sup>17</sup>は、片脚スクワット中の下肢筋活動について検討しており、膝 OA 症例は健常群と比較し、中殿筋・前脛骨筋・腓腹筋外側頭の筋活動が有意に大きかったと報告している。Gunn ら<sup>18</sup>は、症候性膝 OA の運動恐怖を Brief Fear of Movement を用いて評価しており、77%が少なからず運動恐怖を感じており、加えて 36%が強い運動恐怖を感じていることを報告している。以上のことから、膝 OA は膝関節だけでなく、その他の関節機能および心理的機能にも障害を呈する疾患である。



## 1.2. 変形性膝関節症症例の日常生活活動と生活の質

### 1.2.1. 変形性膝関節症が日常生活活動と生活の質に与える影響

膝 OA 症例は日常生活活動 (activities of daily living, ADL) の制限や生活の質 (quality of life, QOL) が低下することが知られている<sup>19,20</sup>。Guccione ら<sup>19</sup>は、膝 OA の有無による ADL 制限のオッズ比について調査し、階段昇降では 1.91 (95% CI : 1.14-3.43), 1 マイルの歩行では 1.91 (95% CI : 1.38-2.63), 家事では 2.09 (95% CI : 1.29-3.39) であったと報告している。また、Muraki ら<sup>20</sup>は日本での大規模な疫学調査で膝 OA の重症度である KL grade と QOL の関連性について報告している。QOL は SF-8 から身体的健康のサマリースコアを用いて評価しており、健常群に比し、中等度から重度膝 OA で QOL が有意に低値であったと報告している。以上のことから、膝 OA 症例は ADL および QOL が低下しており、効果的な治療方法の発展が国際的に期待されている。

### 1.2.2. 変形性膝関節症の日常生活活動制限と生活の質低下に対する保存療法

Osteoarthritis Research Society International (OARSI) が 2019 年に発表したガイドラインでは、膝 OA 症例の保存療法で有効な保存療法について述べられている<sup>21</sup>。運動療法プログラムは ADL および QOL の改善 (ADL : 標準化平均差 0.45, QOL : 標準化平均差 0.34), 太極拳やヨガなどの心身運動は ADL の改善 (標準化平均差 0.65) に有効であり、エビデンス質としては moderate の治療であるとしている。また、水中運動 (標準化平均差 0.37), マッサージ (標準化平均差 0.58), モビライゼーションやマニピュレーション (標準化平均差 0.80) も ADL の改善に有効であるが、エビデンスの質としては low の治療であるとしている。さらに、温熱療法は QOL の改善 (標準化平均差 0.49), 膝サポーターの着用は ADL の改善 (標準化平均差 0.71), 杖の使用は ADL の改善 (標準化平均差 1.03), レーザー治療は ADL の改善 (標準化平均差 0.71), platelet rich plasma 療法は ADL の改善 (標準化平均差 2.28), 関節内幹細胞治療は ADL の改善 (標準化平均差 5.05) に有効であるが、エビデンスの質としては very low の治療であるとしている。このガイドラインでは、運動療法プログラムおよび太極拳やヨガなどの心身運動は安全で効果的な保存療法であり、core となる治療であると述べている。

### 1.3. 変形性膝関節症症例の姿勢制御

#### 1.3.1. 姿勢制御

姿勢制御は、身体質量中心（center of mass, COM）の随意的変位を伴わない状態での姿勢保持である静的姿勢制御と、COMの随意的変位を伴う運動における姿勢保持である動的姿勢制御の2種類に分類できる<sup>22,23</sup>。静的姿勢制御は静止立位、動的姿勢制御は歩行や階段昇降などに必要とされる姿勢制御である。姿勢制御は一般的に足圧中心（center of pressure, COP）やCOMを算出することによって評価される（図1）。COMの周りではCOPが連動するように変位しており、COPによってCOMは制御されていると考えられている（図1）<sup>24</sup>。COPの算出には床反力計、COMの算出には三次元動作解析が必要である。三次元動作解析は高価であり、解析に多くの時間を要するため、COMの算出は一般的に研究室レベルで行われることが多い。一方でCOPは床反力計のみで比較的簡便に計測でき、臨床現場で広く使用されている。

これまでの研究において、前後方向・左右方向の姿勢制御には、足関節・股関節による制御が行われていると考えられている<sup>25,26</sup>。Winterら<sup>25</sup>は、立位姿勢の違いが姿勢制御戦略に与える影響を報告し、通常立位姿勢の際には前後方向は足関節、左右方向は股関節によって制御されるが、継ぎ足の姿勢であるタンデム肢位では前後方向は股関節、左右方向は足関節によって制御されることを示唆している。Madiganら<sup>26</sup>は、静止立位時のCOMと下肢関節kinematicsとの関連を調査し、前後方向のCOM動揺には足関節が強く関与しており、股関節の関与は小さかったと報告している。一方、近年では、股関節・足関節以外に、膝関節の制御も重要である可能性が示唆されている<sup>27</sup>。Yamamotoら<sup>27</sup>は、静止立位中の下肢関節角加速度を調査し、足関節、膝関節、股関節の順に角加速度が大きいことを報告した。また、各関節の角加速度によりCOM加速度を推定するモデルに代入すると、膝関節なしでは誤差が大きくなると報告している。以上のことから、姿勢制御を行う上で、下肢関節は重要な役割を担っていると見える。

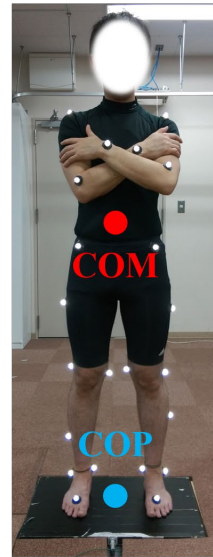
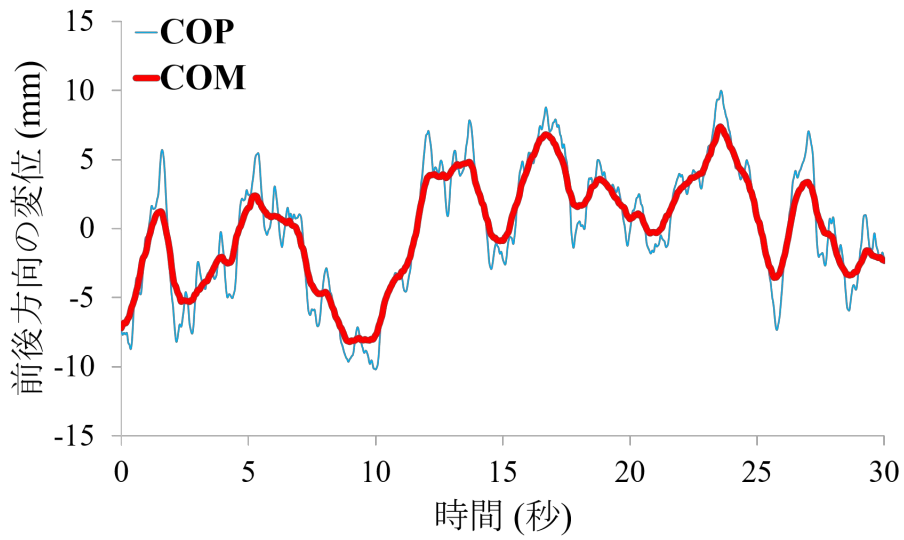
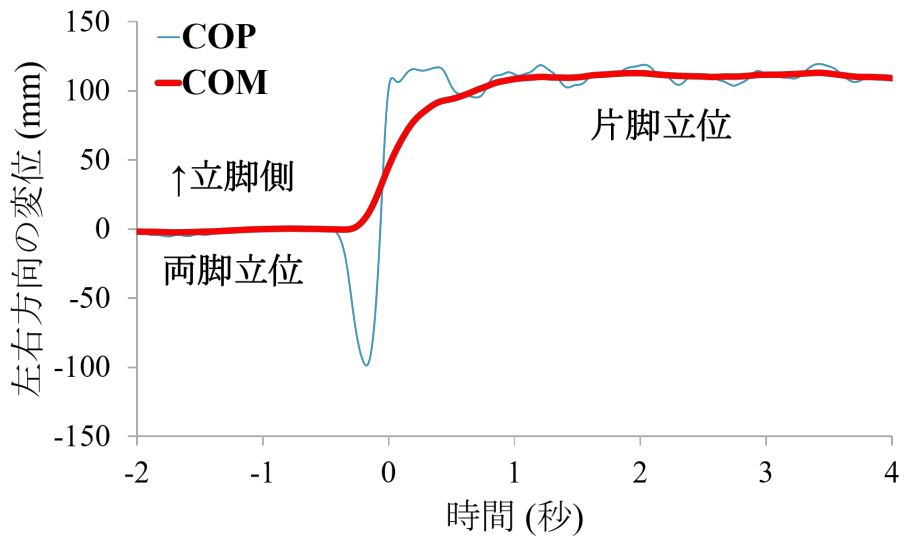
**a****b**

図 1. 片脚立位 COP と COM の関係性. (a) 静止立位時, (b) 両脚立位から片脚立位への移行動作を示す. 青色の実線は COP, 赤色の実線は COM を示す. 横軸は時間を示し, 縦軸は COP および COM の変位を示す.

### 1.3.2. 変形性膝関節症が姿勢制御に与える影響

これまで膝 OA 症例の姿勢制御については COP を用いた静的姿勢制御について多く報告されている<sup>28</sup>。静的姿勢制御時の COP 動揺は小さいほど、一般的に姿勢制御が良好と解釈される (図 2)<sup>29</sup>。Masui ら<sup>30</sup>は地域在住高齢者を対象に、KL grade 2 から 4 の膝 OA 症例と健常群の静止立位時の COP 動揺を比較し、COP 動揺速度が膝 OA 症例で有意に大きいことを報告している。また、Taglietti ら<sup>31</sup>の報告においても KL grade 1 から 4 の膝 OA 症例は健常群に比し、静止立位時の COP の総軌跡長・動揺速度・動揺面積が大きいことが明らかとなっている。さらに、Vahtrik ら<sup>32</sup>は、KL grade 3 から 4 の重症な膝 OA 症例でも同様に、健常群と比較し、有意に COP 動揺速度が大きかったと報告している。以上のことから、膝 OA 症例では COP 動揺が増加しており、静的姿勢制御能力が低下しているといえる。

動的姿勢制御は歩行開始動作や、両脚立位から片脚立位への移行動作中の COP の挙動を用いて評価されることが多い。歩行開始は、COP が初めに遊脚側方向かつ後方へ変位する予測的姿勢制御 (anticipatory postural adjustments, APA) 相、その後遊脚側下肢が地面から離れるとともに立脚側方向へ COP が変位する移行相、最終的に立脚側下肢が地面から離れるまで COP が前方へ変位していく移動相に相分けされる (図 3a)<sup>33</sup>。両脚立位から片脚立位への移行動作では、COP は初めに遊脚側方向へ変位する APA 相、その後遊脚側下肢が地面から離れるとともに立脚側方向へ COP が変位する移行相、立脚側方向への変位終了後に片脚立位となる保持相に相分けできる (図 3b)。APA 相は立脚側へ向かって COM を変位させるための推進力を発生させる相である<sup>34,35</sup>。COM に対して COP が変位することにより、身体に慣性力が発生する<sup>36</sup>。小さな COP 変位や COP 速度は立脚側方向への推進力が小さいことを示唆する。移行相は立脚側方向へ実際に変位する相であり<sup>33</sup>、小さな COP 変位や COP 速度は立脚側の支持基底面 (base of support, BOS) への COM 変位が不十分となり、歩行開始や片脚立位保持ができなくなってしまう。それゆえ、歩行開始時や両脚立位から片脚立位への移行動作中の COP 挙動は速く大きな変位を一般的に動的姿勢制御が良好と解釈する。

近年では、膝 OA 症例の動的姿勢制御についての報告も散見されている。Katoh ら<sup>37</sup>は、膝 OA 症例と健常高齢者の歩行開始時の COP 変位の違いを検討し、KL grade 3 から 4 の膝 OA 症例では APA 相での後方変位の減少、移動相での前方変位の減少を呈することを報告している。また、da Silva Soares ら<sup>38</sup>は、歩行開始時の COP に関して、膝 OA 症例の重症度毎に健常群と比較し、軽度膝 OA では有意な差を認めないが、中等度および重度 OA において、APA 相・移行相の COP 速度減少・COP 変位減少を呈することを明らかにした。以上のことから、膝 OA 症例では健常群に比し、動的姿勢制御能力も低下しているといえる。

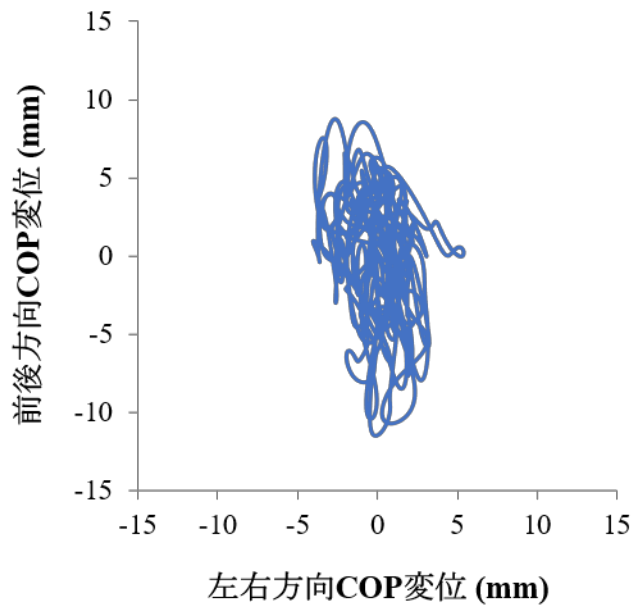


図 2. 静止立位時の COP 動揺の例. 縦軸は前後方向の COP 変位, 横軸は左右方向の COP 変位を示す.

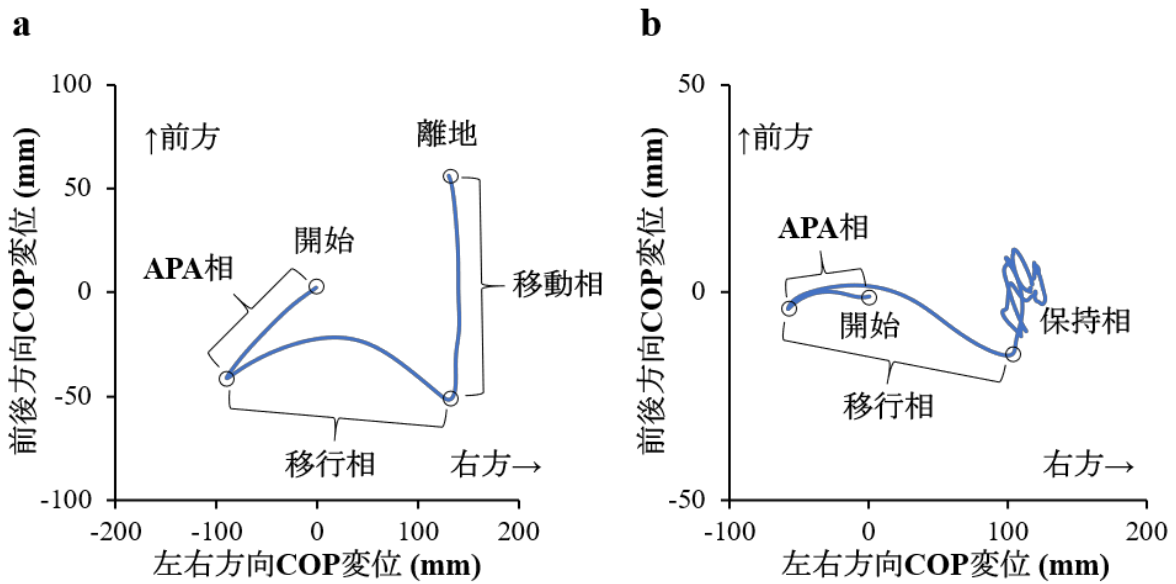


図 3. (a) 歩行開始時, (b) 両脚立位から片脚立位への移行動作時の COP 変位の例. 歩行開始時は左脚から踏み出した場合の COP 変位, 片脚立位への移行動作は右脚での片脚立位保持した場合の COP 変位を示す. 縦軸は前後方向の COP 変位, 横軸は左右方向の COP 変位を示す.

## 1.4. 変形性膝関節症症例の姿勢制御と日常生活活動および生活の質の関連

姿勢制御は ADL を行う上で重要な基本的機能であり、膝 OA 症例においても姿勢制御と ADL・QOL の関連性が調査されてきた。Truszczyńska-Baszak ら<sup>39</sup>は、重度膝 OA 症例の静止立位時の COP 動揺と Knee Society Score (KSS) を用いて ADL との関連を調査し、COP 動揺の増加と ADL 制限の増悪は有意な弱い相関を認めたと報告している ( $r = -0.227 - -0.279$ )。一方で、Hinman ら<sup>40</sup>は静止立位中の COM 動揺と Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index (WOMAC) の function 項目を用いて ADL との関連を調査したが、有意な相関は得られなかったと報告している。さらに Pua ら<sup>41</sup>は、SF-36 を用いて QOL を評価し、静止立位中の COP 動揺との関連性を調査したが、COP 動揺単独では QOL との有意な関連を認めなかったと報告している。以上より、膝 OA 症例の静的姿勢制御は、ADL 制限および QOL 低下との関連性において、弱い関連もしくは有意な関連を認めず、極めて限定的であった。ADL では歩行や階段昇降といった動的な姿勢制御を必要とされる場面が多く<sup>42</sup>、静的姿勢制御のような固定された BOS で COM を安定させる姿勢制御ではあまり反映できていなかった可能性がある。しかしながら、膝 OA 症例の動的姿勢制御と ADL および QOL との関連性を調査した研究はなく、不明であった。

## 1.5. 本研究の目的

膝 OA 症例の動的姿勢制御と ADL および QOL の関連性を明らかにすることは、膝 OA 症例の保存療法のさらなる発展に寄与できる可能性がある。本研究の目的は膝 OA 症例の動的姿勢制御と ADL および QOL の関連性を調査することである。本研究の仮説は、(1) 膝 OA 症例の動的姿勢制御能力低下は、ADL 制限や QOL 低下と有意に相関する、(2) 膝 OA 症例の動的姿勢制御能力は、ADL および QOL の有意な予測変数であるとした。

## 2. 対象と方法

### 2.1. 対象

本研究には KL grade 3 もしくは 4 の全人工膝関節置換術前の膝 OA 症例 36 名が参加した (表 1). G\*Power 3.1.9.2 (Kiel University, Kiel, Germany) を用いてサンプルサイズ計算を行った. 最初の 14 名における動的姿勢制御変数と Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) の相関係数は  $r = 0.45$  であった.  $\alpha$  level を 0.05, パワー ( $1-\beta$ ) を 0.80 と設定したところ, 本研究に必要なサンプルサイズは 36 名となった. 包含基準は, 50 歳以上の KL grade 3 もしくは 4 の内側型膝 OA 症例とした. 除外基準は, 人工関節置換手術の既往を有する者, 脊椎手術の既往を有する者, 姿勢制御に影響するほどの神経学的疾患を有する者, 動作課題を安全に実施できない者とした. 本研究は北海道大学大学院保健科学研究院倫理審査委員会で承認され (承認番号: 18-16), ヘルシンキ宣言に従って実施された. また, 各被験者は研究内容について文書及び口頭による十分な説明を行い, 研究対象者の自由意思による同意を文書で取得した.

### 2.2. X 線画像評価

膝 OA の重症度は, 立位時の正面 X 線画像を用いて KL grade を評価した (図 4a). KL grade は 0 から 4 の 5 段階で評価され, KL grade 0 は正常, KL grade 1 は骨棘形成の疑い, KL grade 2 は明らかな骨棘形成および関節裂隙狭小化の疑い, KL grade 3 は中等度の骨棘形成および明らかな関節裂隙の狭小化, KL grade 4 は大きな骨棘形成および著しい関節裂隙の狭小化と定義される<sup>4</sup>. また, アライメントを大腿脛骨角 (femorotibial angle, FTA) により評価した. FTA は立位時の正面 X 線画像上の大腿骨軸と脛骨軸のなす角度と定義され, 解剖学的なアライメントを評価している. FTA の値が大きいほど膝関節が内反であることを示す.

表 1 対象者属性

年齢, 歳	72.2 (8.0)
身長, cm	153.6 (8.5)
体重, kg	64.3 (11.2)
BMI, kg/m <sup>2</sup>	27.2 (3.9)
性別, 女性/男性	29/7
FTA, °	185.6 (6.4)
KL grade, n (%)	
Grade 3	15 (41.7%)
Grade 4	21 (58.3%)
立位時の膝痛の有無, n (%)	33 (91.7%)
KOOS	
ADL	64.5 (15.1)
QOL	32.7 (17.9)

BMI: body mass index, FTA: femorotibial angle, KL: Kellgren-Lawrence, KOOS: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score, ADL: activities of daily living, QOL: quality of life. データは平均 (標準偏差) を示す.



### 2.3. 動的姿勢制御評価

動的姿勢制御評価には、両脚立位から片脚立位への移行動作を用いた（図 4）<sup>36,42-45</sup>。動作開始時、各被験者に 1 枚の床反力計（SS-FP40AO-SY; スポーツセンシング, 福岡, 日本）の上に肩幅で左右均等荷重で立ち、正面を向き、両上肢は胸の前で組むように指示した。COP 位置が安定したことを確認したのち、口頭で合図を与え、できる限り素早く片脚立位となり、最低でも 5 秒間できる限り安定して保持するよう指示した。片側膝 OA 症例の場合には罹患側、両側膝 OA 症例の場合には症状の強い方で片脚立位保持させた。少なくとも 3 回の練習を行い、動作に慣れてからデータ収集を開始した。また、床反力データはサンプリングレート 1000Hz で収集した。成功 3 施行を解析対象とした。なお、片脚立位時間が 1 秒間保持できていない施行は失敗施行として除外した。

データ解析には Matlab (version R2014a; MathWorks, Natick, MA, USA) を用いて行った。COP データは 4 次の Butterworth low-pass filter を用いて、10Hz にてフィルタリング処理を行った<sup>45</sup>。片脚立位移行動作は前後方向の動きが少なく、左右方向への動きが中心であるため、左右方向の COP 挙動のみを解析対象とした<sup>36</sup>。左右方向の COP 挙動を APA 相と移行相の 2 相に相分けを行い、解析を実施した（図 5）。APA 相の開始は、COP 速度がベースラインの 3 標準偏差を下回り 100ms 間持続した初めての時点とした。APA 相の終了は遊脚側方向に最大変位した時点と定義した<sup>33</sup>。移行相は APA 相の終了から、COP 位置が立脚側方向へ第 1 ピークとなった時点までとした<sup>33</sup>。COP 位置の第 1 ピークは、COP 速度が 0 となった時点として特定した。これらの時点の特定には Matlab プログラムを作成し実施した。本研究では、COP 最大変位、COP ピーク速度を APA 相、移行相それぞれで算出し、成功 3 施行の平均値を代表値とした。COP 位置、COP 速度は、立脚側方向を正と定義しているため、APA 相の COP 最大変位、COP ピーク速度は負、移行相の COP 最大変位、COP ピーク速度は正となる。

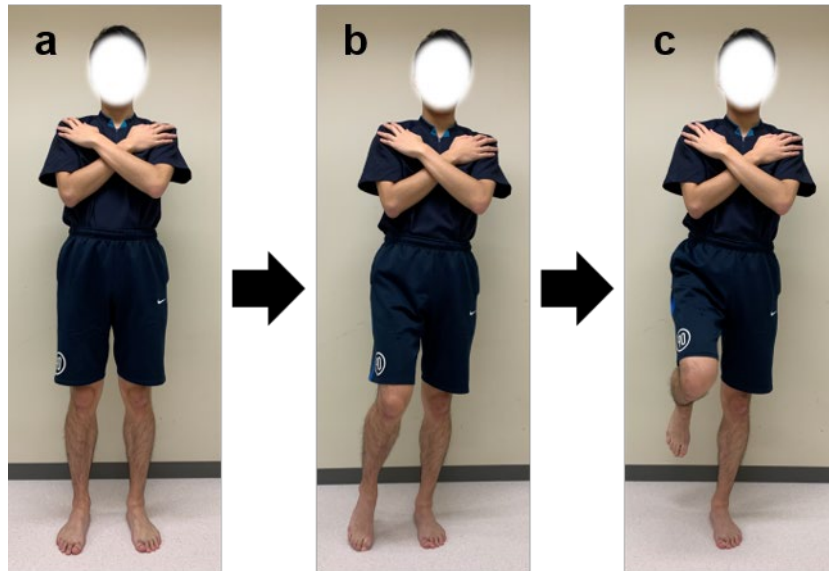


図 4. 両脚立位から片脚立位への移行動作. (a) 両脚立位, (b) 片脚立位への移行動作, (c) 片脚立位保持を示す.

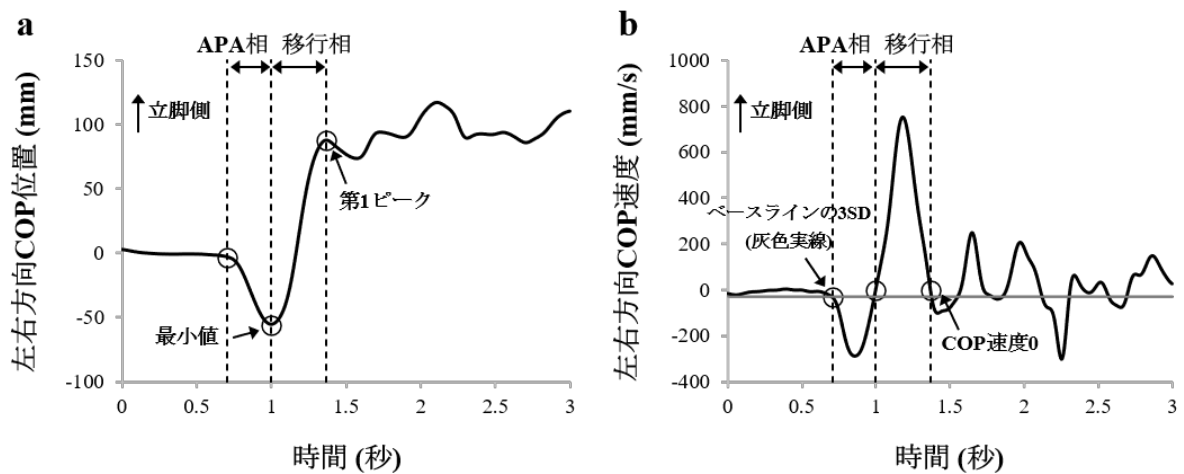


図 5. 左右方向の COP データの典型的な時系列データ. (a) COP 位置と (b) COP 速度は立脚側方向を正と定義した.

## 2.4. 患者立脚型評価

患者立脚型評価には、KOOSを用いた（付録）。KOOSは主にOAやスポーツ障害の膝疾患を対象とし、膝関節に関連する問題に対する患者の考えを評価するための質問紙である<sup>46</sup>。無料で使用でき、現時点で48言語に翻訳され、世界的に利用されている<sup>47</sup>。KOOSは疼痛・症状・機能（ADL）・機能（スポーツおよびレクリエーション活動）・QOLという5つの下位尺度、42項目の質問から構成されている。各項目は0～4点の5段階で回答を行い（None：0，Mild：1，Moderate：2，Severe：3，Extreme：4），最終的に各下位尺度のスコアは下記の式で100点満点に換算される。下位尺度のスコアが高いほど、その下位尺度の状態がよいことを意味する。KOOSは数多くの言語で翻訳され、日本語版も存在している。日本語版のKOOSは、日本人の膝OA症例においても十分な信頼性および妥当性を有することが報告されている<sup>48</sup>。

$$\text{下位尺度のスコア} = 100 - \frac{\text{平均点} \times 100}{4}$$

本研究ではKOOSのADLおよびQOLの2つの下位尺度を用いた。KOOS-ADLは17項目、KOOS-QOLは4項目の質問で構成されている。また、立位時の疼痛評価を行うために、疼痛の下位尺度の項目9を用い、「まったくいたくない」を疼痛なし、「すこしいたい」・「あるていどいたい」・「すごくいたい」・「ものすごくいたい」を疼痛ありの2群に分類した<sup>49</sup>。

## 2.5. 統計学的解析

片脚立位移行動作中のAPA相・移行相のCOP最大変位・ピーク速度とKOOS-ADLおよびKOOS-QOLとの相関性を検討するためにPearsonの積率相関係数、および95%CIを算出した。さらに、KOOS-ADLおよびKOOS-QOLを予測するためにステップワイズ法による重回帰分析を行った。KOOS-ADLおよびKOOS-QOLを従属変数、片脚立位移行動作中のAPA相・移行相のCOP最大変位・ピーク速度、年齢、身長、体重、body mass index、性別（男性：0，女性：1）、FTA、KL grade（KL grade 3：0，KL grade 4：1）、立位時の疼痛（疼痛なし：0，疼痛あり：1）を独立変数とした。変数の追加を $P \leq 0.05$ 、変数の除去を $P \geq 0.10$ と設定した。また、各変数の非標準化係数および95%CI、標準化係数、 $R^2$ を算出した。全ての統計学的有意水準は $P < 0.05$ とした。全ての統計学的解析はIBM SPSS Statistics version 26.0（IBM, Armonk, NY, USA）を用いて行った。

### 3. 結果

#### 3.1. 対象者属性

対象の平均年齢は 72.2 歳で、女性 29 例、男性 7 例であった。対象側の膝 OA の重症度は KL grade 3 が 15 例、grade 4 が 21 例で、平均 FTA は  $185.6^{\circ}$  であった。対象の 91.7% が立位時の疼痛を自覚していた。KOOS-ADL の平均点数は 64.5、KOOS-QOL の平均点数は 32.7 であった (表 1)。

#### 3.2. 片脚立位移行動作中の動的姿勢制御

APA 相での COP 最大変位は  $-37.7 (16.3)$  mm, COP ピーク速度は  $-247.5 (111.8)$  mm/s, 移行相での COP 最大変位は  $123.1 (34.5)$  mm, COP ピーク速度は  $512.2 (212.6)$  mm/s であった。

#### 3.3. 片脚立位移行動作中の動的姿勢制御と日常生活活動および生活の質との相関性

APA 相において、COP 最大変位は KOOS-ADL ( $r = -0.353$ , 95% CI =  $-0.611$  -  $-0.027$ ,  $P = 0.035$ ) および KOOS-QOL ( $r = -0.379$ , 95% CI =  $-0.629$  -  $-0.057$ ,  $P = 0.023$ ) と有意な負の相関を示した (図 6a, b)。APA 相での遊脚側方向への大きな COP 変位は、KOOS-ADL および KOOS-QOL の高い点数と相関していた。一方で、APA 相での COP ピーク速度は KOOS-ADL ( $r = -0.313$ , 95% CI =  $-0.582$  -  $-0.017$ ,  $P = 0.063$ ) および KOOS-QOL ( $r = -0.316$ , 95% CI =  $-0.584$  -  $-0.014$ ,  $P = 0.061$ ) と有意な相関関係は示さなかった (図 6c, d)。

移行相において、COP 最大変位およびピーク速度は KOOS-ADL (最大変位 :  $r = 0.352$ , 95% CI =  $0.026$  -  $0.610$ ,  $P = 0.035$  ; ピーク速度 :  $r = 0.438$ , 95% CI =  $0.127$  -  $0.670$ ,  $P = 0.008$ ) および KOOS-QOL (最大変位 :  $r = 0.357$ , 95% CI =  $0.033$  -  $0.614$ ,  $P = 0.032$  ; ピーク速度 :  $r = 0.343$ , 95% CI =  $0.017$  -  $0.604$ ,  $P = 0.040$ ) と有意な負の相関を示した (図 7)。移行相における大きくかつ速い COP 変位は、KOOS-ADL および KOOS-QOL の高い点数と相関していた。

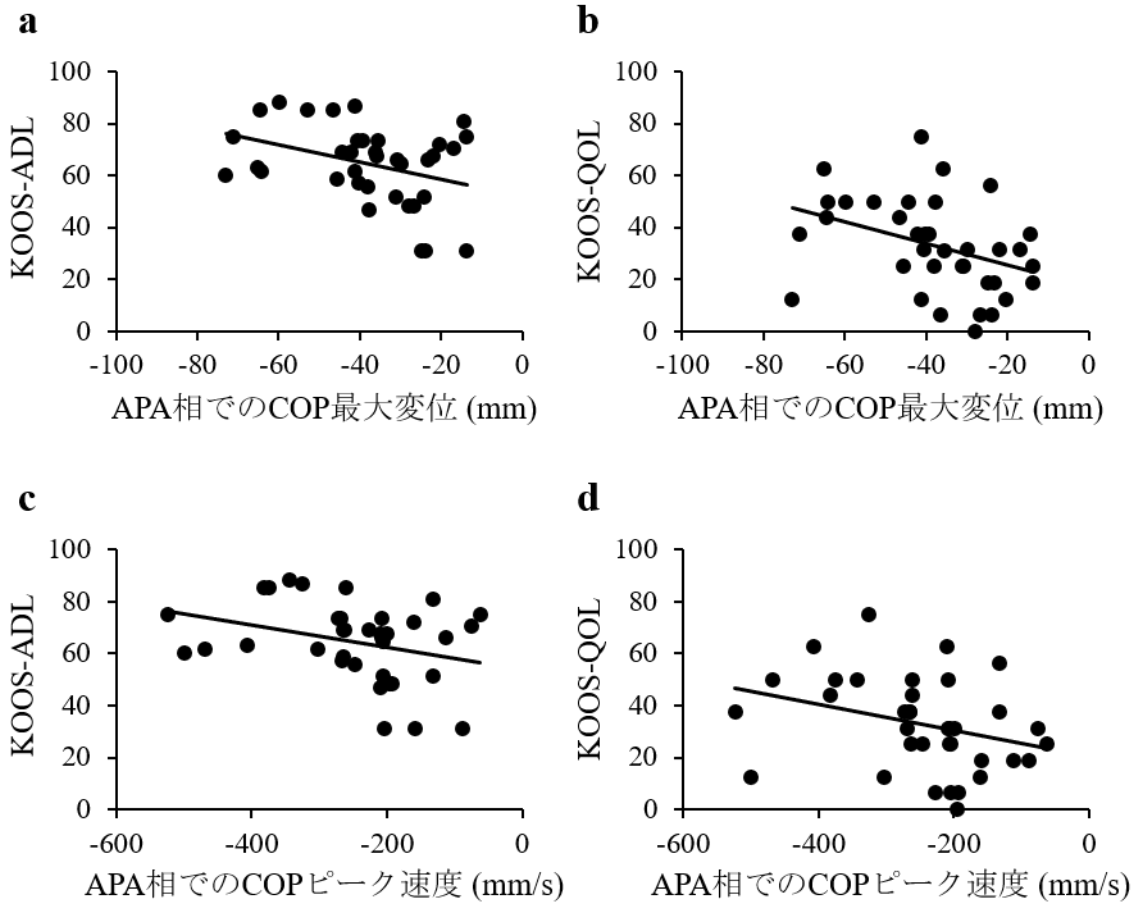


図 6. APA 相の COP 最大変位・ピーク速度と KOOS-ADL・KOOS-QOL との相関性. 縦軸は KOOS-ADL および KOOS-QOL を示す. 横軸は APA 相での COP 最大変位および COP ピーク速度を示し, 立脚側方向を正と定義した.

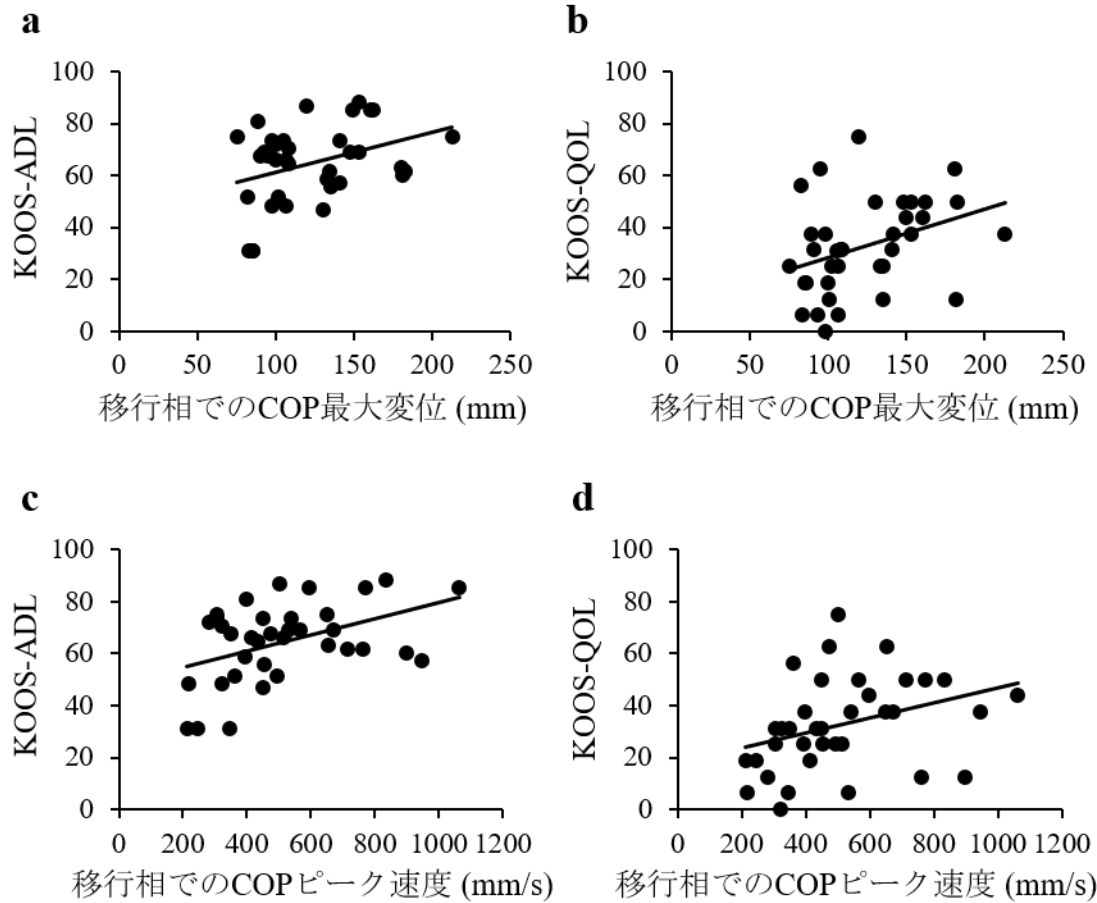


図 7. 移行相の COP 最大変位・ピーク速度と KOOS-ADL・KOOS-QOL との相関性. 縦軸は KOOS-ADL および KOOS-QOL を示す. 横軸は移行相での COP 最大変位および COP ピーク速度を示し, 立脚側方向を正と定義した.

### 3.4. 重回帰分析

KOOS-ADL の予測変数としては、移行相の COP ピーク速度 ( $\beta = 0.310$ ,  $P = 0.040$ ), 年齢 ( $\beta = -0.331$ ,  $P = 0.032$ ), 立位時の膝痛 ( $\beta = -0.471$ ,  $P = 0.001$ ) が採択された ( $R^2 = 0.446$ ,  $P < 0.001$ ) (表 2). また, KOOS-QOL の予測変数には, APA 相の COP 最大変位 ( $\beta = -0.431$ ,  $P = 0.005$ ), KL grade ( $\beta = -0.308$ ,  $P = 0.037$ ), 立位時の膝痛 ( $\beta = -0.377$ ,  $P = 0.012$ ) が採択された ( $R^2 = 0.366$ ,  $P = 0.002$ ) (表 2). KOOS-ADL および KOOS-QOL の回帰式は以下の通りであった.

$$\text{KOOS-ADL} = 121.5 + 0.022 * \text{移行相の COP ピーク速度} - 0.62 * \text{年齢} \\ - 25.4 * \text{立位時の膝痛}$$

$$\text{KOOS-QOL} = 43.3 - 0.474 * \text{APA 相の COP 最大変位} - 11.0 * \text{KL grade} \\ - 24.1 * \text{立位時の疼痛}$$

### 3.5. 典型データ

KOOS-ADL および KOOS-QOL が良好であった一例と不良であった一例の典型的なデータを図 7 に示す. 良好例は KOOS-ADL が 86.8, KOOS-QOL が 75.0 であり, 不良例は KOOS-ADL が 48.5, KOOS-QOL が 0 であった. COP 位置に関しては, 良好例と比較し不良例で, APA 終了時の遊脚測方向への COP 変位が減少していることが観察できる. また, COP 速度に関しては, 良好例と比較し不良例で, 移行時の COP ピーク速度が明らかに遅いことが観察できる (図 8).

表2 KOOS-ADL および KOOS-QOL の重回帰モデル

モデル	非標準化係数 (95% CI)	標準化係数 ( $\beta$ )	P
<b>KOOS-ADL</b>			
移行相における COP ピーク速度 (mm/s)	0.022 (0.001 – 0.043)	0.310	0.040
年齢 (歳)	-0.62 (-1.19 – -0.06)	-0.331	0.032
立位時の膝痛 (疼痛なし: 0,疼痛あり: 1)	-25.4 (-40.2 – -10.6)	-0.471	0.001
<b>KOOS-QOL</b>			
APA 相における COP 最大変位 (mm)	-0.474 (-0.791 – -0.156)	-0.431	0.005
KL grade (grade 3: 0, grade 4: 1)	-11.0 (-21.4 – -0.7)	-0.308	0.037
立位時の膝痛 (疼痛なし: 0,疼痛あり: 1)	-24.1 (-42.5 – -5.7)	-0.377	0.012

KOOS-ADL のモデル:  $R^2 = 0.446$ ,  $P < 0.001$ .

KOOS-QOL のモデル:  $R^2 = 0.366$ ,  $P = 0.002$ .

KOOS: Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score, ADL: activities of daily living, QOL: quality of life, CI: confidence interval, COP: center of pressure, APA: anticipatory postural adjustments, KL: Kellgren-Lawrence.

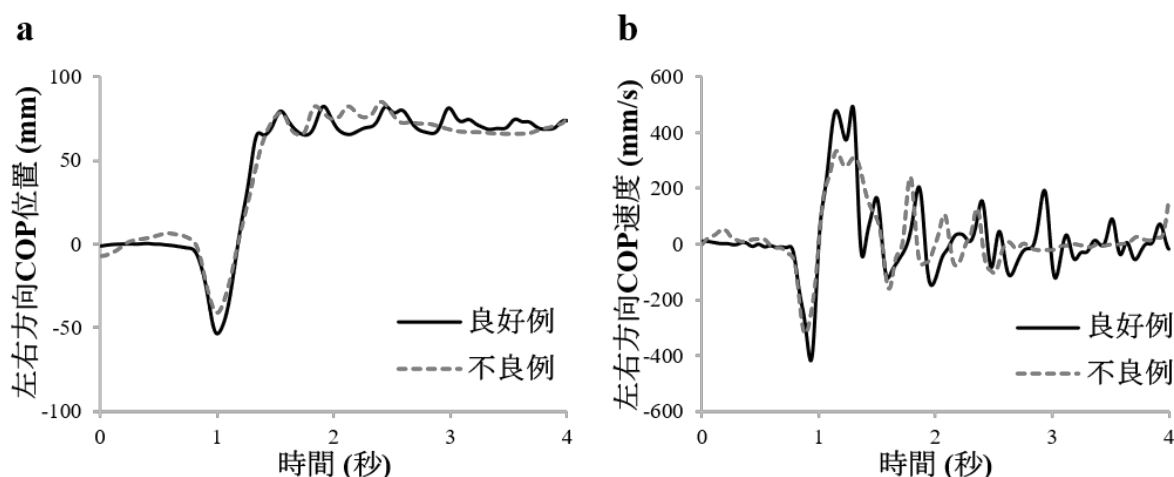


図8. KOOS-ADL および KOOS-QOL 良好例と不良例の典型的な COP データ. 黒色の実線は良好例, 灰色の破線は不良例を示す. (a) COP 位置と (b) COP 速度は立脚側方向を正と定義した.



## 4. 考察

本研究は、内側型膝 OA 症例における両脚立位から片脚立位への移行動作中の COP 挙動と KOOS-ADL および KOOS-QOL の関連性を検討した。APA 相における大きな COP 変位、移行相における大きくかつ速い COP 変位が良好な KOOS-ADL および KOOS-QOL と相関することが明らかとなった。さらに、重回帰分析の結果、KOOS-ADL の予測変数は、年齢と立位時の膝痛の有無のほかに、移行相の速い COP 変位が採択された。また KOOS-QOL の予測変数は、膝 OA の重症度と立位時の膝痛のほかに、APA 相での大きな COP 変位が採択された。

### 4.1. 変形性膝関節症症例の片脚立位移行中の動的姿勢制御と日常生活活動および生活の質との関連性

APA 相は立脚相へ COM を変位させるための推進力を発生させるフェーズである<sup>34,35</sup>。APA 相では COM に対して COP が変位することにより、身体に慣性力が発生する<sup>36</sup>。それゆえ、APA 相での小さく遅い COP 変位は、結果的に立脚相へ変位させるだけの推進力が不十分となる。また、移行相は実際に立脚側の新しい BOS へ COM を変位させていくフェーズである<sup>33</sup>。それゆえ、移行相での小さく遅い COP 変位は、立脚側の新しい BOS へ十分に COM を変位させることができず、片脚立位保持が困難となる。以上のことから、APA 相および移行相における大きくかつ速い COP 変位は、一般的に動的姿勢制御能力が良好であることを意味する。本研究結果は、膝 OA 症例における APA 相および移行相の良好な動的姿勢制御が、良好な ADL および QOL と相関していることを示した。

これまで膝 OA の ADL 制限や QOL 低下に関連する要因について様々な報告がある。Kito らは<sup>50</sup>、Japanese Knee Osteoarthritis Measure (JKOM) の下位項目である「日常生活の状態」を用いた ADL の評価は、疼痛および歩行速度と関連したことを報告している。また、Muraki らは<sup>20</sup>、女性において膝 OA の重症度が、SF-8 の身体的健康・精神的健康のサマリースコアおよび WOMAC の function と関連したことを報告している。さらに、Nikolic らは<sup>51</sup>、年齢が WOMAC の function および EQ-5D と相関すること、疼痛が EQ-5D と相関することを報告している。本研究では、膝 OA 症例の ADL・QOL には年齢、疼痛、膝 OA の重症度が関連しており、先行研究の結果を支持する結果であった。さらに、本研究結果は、膝 OA 症例の ADL 制限および QOL 低下には、新たに動的姿勢制御も関連する一因であることを示唆した。

先行研究において、膝 OA 症例の静的姿勢制御は、ADL 制限および QOL 低下との関連性において、弱い関連もしくは有意な関連を認めず、極めて限定的であった<sup>39-41</sup>。静的姿勢制御は、固定された BOS で COM を安定させる能力であり、ADL で必要とされる場面は少ない<sup>42</sup>。一方で、両脚立位から片脚立位への移行動作は、BOS を変化させながら COM を随意的に変位させる動作であり、動的姿勢制御を反映し、歩行や階段昇降といった ADL に含まれる基本的動作である<sup>42</sup>。さらに、片脚立位中の動的姿勢制御は、歩行中のバイオメカニクスとも関連することも示されている<sup>52</sup>。以上より、片脚立位への移行動作のような動的姿勢制御は膝 OA 症例の ADL や QOL を予測する上で、静的姿勢制御より有用である可能性が示唆された。

## 4.2. 変形性膝関節症症例の片脚立位移行中の動的姿勢制御に影響する要因

これまで膝 OA 症例の動的姿勢制御低下に影響する要因についていくつか考察されている。da Silva Soares らは<sup>38</sup>、運動恐怖・疼痛・片脚立位の不安定性が影響している可能性を指摘している。Gunn らは<sup>18</sup>、症候性膝 OA の 77%が少なからず運動恐怖を抱えていることを報告している。また、膝 OA 症例の疼痛に関連すると考えられている外的膝関節内反モーメントが<sup>50</sup>、片脚立位移行中にも観察される<sup>52</sup>。さらに、膝 OA 症例は、健常群と比較し片脚立位保持可能時間が短く、片脚立位の不安定性が示唆されている<sup>53,54</sup>。運動恐怖・疼痛・片脚立位の不安定性に対する戦略として、膝 OA 症例は APA 相での推進力や移行相での COM 挙動の調整を行っている可能性が考えられている<sup>38</sup>。その他に、Rogers と Pai は<sup>55</sup>、両脚立位から片脚立位への移行動作は中殿筋の神経筋制御が重要であることを報告している。COM を立脚側方向へ推進させていく際に、中殿筋の予測的な筋活動が必要とされる。また、立脚側へ変位してきた COM を停止させる際には、中殿筋の筋活動が必要とされる<sup>55</sup>。膝 OA 症例では、一般的に膝関節周囲の筋活動の異常が知られているが<sup>14</sup>、中殿筋の筋活動にも異常が観察されることが報告されている<sup>17</sup>。それゆえ、膝 OA 症例の異常な中殿筋の筋活動も動的姿勢制御に影響している可能性がある。以上のことから、膝 OA 症例の片脚立位移行中の COP 挙動には様々な要因が関連する可能性が考えられ、より効果的なトレーニングの開発には関連する要因について詳細な検討が今後必要である。

### 4.3. 変形性膝関節症症例の動的姿勢制御トレーニング

膝 OA 症例における KOOS の最小可検変化量 (minimal detectable change, MDC) は、ADL で 15.4, QOL で 21.1 であることが報告されている<sup>56</sup>。本研究で得られた重回帰式を用いると、KOOS の MDC を得るために必要な動的姿勢制御の改善を推定できる。KOOS-ADL の MDC を得るためには、移行相の COP ピーク速度が 700m/s 増加する必要がある。また、KOOS-QOL の MDC を得るためには、APA 相の COP 最大変位が 44.5mm 増加する必要がある。本研究の結果を参考にすると、移行相の COP ピーク速度は約 137%改善する必要があり、APA 相の COP 最大変位は約 118%改善する必要がある。Hass らは<sup>57</sup>、高齢者を対象に太極拳による介入後に、歩行開始時の APA 相の COP 後方変位は約 12%改善したことを報告している。これまでに膝 OA 症例において、トレーニング前後の動的姿勢制御変化については報告がなく不明であるが、静的姿勢制御に関する報告は存在する。Bennell らは<sup>58</sup>、膝 OA 症例に対する神経筋制御エクササイズ後に片脚立位保持時間の改善は約 36%であったことを報告している (エクササイズ前: 平均 15.2 秒, エクササイズ後 20.7 秒)。また、Sun らは<sup>54</sup>、膝 OA 症例に対する関節内のヒアルロン酸注射後に片脚立位時間は約 59%であったことを報告している (注射前: 平均 23.9 秒, 注射後 38.1 秒)。過去の報告を参考にすると、KOS-ADL および KOOS-QOL 改善には動的姿勢制御単独では不十分となる可能性がある。

本研究では KOOS-ADL の予測変数には、移行相の速い COP 変位、年齢、膝痛が採択された。また KOOS-QOL の予測変数には、APA 相での大きな COP 変位、膝 OA の重症度、膝痛が採択された。年齢および膝 OA の重症度は修正不可能な因子であるが、膝痛は修正可能な因子である。OARSI ガイドラインでは、運動療法プログラムおよび太極拳やヨガなどの心身運動を core となる治療としており、疼痛軽減に有用であると報告している<sup>21</sup>。以上のことから、運動療法プログラムおよび太極拳やヨガなどの心身運動に加えて、動的姿勢制御を改善するトレーニングを行うことにより、膝 OA 症例の KOOS-ADL や KOOS-QOL はさらなる改善を得られる可能性がある。これまで膝 OA 症例の動的姿勢制御には様々な要因が関連していることが考察されているが、効果的なトレーニングについては明らかとなっておらず、今後さらなる研究が必要である。

#### 4.4. 臨床的意義

片脚立位保持時間は転倒リスクの評価として有用であることが示唆されており<sup>59</sup>，膝 OA 症例は健常群と比較し片脚立位保持可能時間が短いことから<sup>53,54</sup>，臨床では片脚立位の保持に着目されることが多い．特に日本においては，変形性膝関節症などの高齢化にともなって運動機能低下をきたす運動器疾患により，バランス能力および移動歩行能力の低下が生じ，閉じこもり，転倒リスクが高まった状態を運動器不安定症と定義し，その診断基準の中に片脚立位時間が含まれ，臨床で片脚立位保持の評価が広く行われている<sup>1</sup>．

しかしながら，膝 OA 症例においては，片脚立位保持時間は ADL 制限や QOL 低下を十分に反映できていないことが報告されている<sup>60</sup>．片脚立位保持時間は，固定された BOS で COM を安定させる能力であり，静的姿勢制御を反映していることが影響している可能性がある．本研究では，片脚立位移行中の動的姿勢制御が膝 OA 症例の ADL や QOL の状態と関連することを示しており，膝 OA 症例の評価では片脚立位保持時間だけでなく，片脚立位への移行中の姿勢制御にも着目する必要があることを示唆した．

#### 4.5. 本研究の限界と今後の展望

本研究にはいくつかの限界がある．まず一つ目に，本研究に参加した膝 OA 症例の重症度は中等度から重度であり，本研究結果を早期の膝 OA にも一般化できるかは不明である．今後は早期膝 OA も含めた検討が必要である．二つ目に，本研究参加者は女性が多く，性別に不均衡があった点が挙げられる．しかしながら，膝 OA は男性よりも女性で多いことから<sup>5,7</sup>，本研究結果は許容できるものと考えられる．三つ目に，片脚立位移行動作中の疼痛を調査していなかった点が挙げられる．動作中の膝痛が膝 OA 症例の COP 挙動と ADL および QOL 低の関連性に影響した可能性がある．四つ目に，床反力計のみの計測となっており，開始時の両脚立位の左右均等荷重の確認ができない点が挙げられる．COP の最大変位やピーク速度に影響した可能性があるが，計測開始時にはリアルタイムで検者が COP を確認しており，影響は限定的であると考えられる．五つ目に，本研究の動作課題に左右方向への動きが中心である片脚立位移行動作を用いた点が挙げられる．前後方向の動きを含む歩行開始も有用である可能性があり，今後さらなる検討が必要である．最後に，本研究は横断研究にて行われた点が挙げられる．片脚立位移行中の動的姿勢制御の改善が膝 OA 症例の ADL 制限や QOL 低下を改善するかさらなる研究が必要である．

## 5. 結論

本研究の目的は、片脚立位移行中の動的姿勢制御が膝 OA 症例の ADL や QOL と関連するかを検討することであった。本研究より以下の結論を得た。

- (1) 片脚立位移行中の APA 相では、COP 最大変位が KOOS-ADL および KOOS-QOL と有意な相関を示した。移行相においては、COP 最大変位および COP ピーク速度が KOOS-ADL および KOOS-QOL と有意に相関していた。
- (2) 膝 OA 症例の KOOS-ADL は、年齢と立位時の疼痛のほか、片脚立位移行中の移行相での COP ピーク速度によって予測された。また、KOOS-QOL は、KL grade と立位時の疼痛のほか、片脚立位移行中の APA 相での COP 最大変位によって予測された。

## 6. 謝辞

本研究は筆者が北海道大学大学院保健科学院博士後期課程在学中に、同大学院保健科学研究所リハビリテーション科学分野、遠山晴一教授に御指導頂き行われたものです。本論文を終えるに当たり、遠山晴一教授には研究計画の立案、国内外の学会発表、論文作成に渡って多大なる御指導や御支援を賜りました。心より敬意と感謝の意を表します。

北海道大学大学院保健科学研究所リハビリテーション科学分野、浅賀忠義教授には、ご多忙の中、本論文の主査として親身な御指導、御指摘を賜り心より感謝致します。

北海道千歳リハビリテーション大学健康科学部リハビリテーション学科、山中正紀教授には保健学科の学生の時より御指導頂くとともに、本研究を実施する上で多大な援助を賜りました。心より感謝申し上げます。

北海道大学大学院保健科学研究所リハビリテーション科学分野、寒川美奈准教授、笠原敏史助教には、専門的な視点からいつも貴重なご意見やご指導を賜りましたこと深謝いたします。

北海道大学大学院保健科学研究所リハビリテーション科学分野、石田知也助教には、本研究の実施やデータ収集・解析、論文作成に渡る全ての局面で幾多の御指導を賜りました。深く感謝申し上げます。

社会医療法人朋仁会整形外科北新病院、青木喜満会長、松本尚理学療法士、三上兼太郎理学療法士はじめ、同病院に所属する医師、理学療法士の方々には、本研究のデータ収集・データ解析において、多大なる御支援を賜りました。心より感謝申し上げます。

北海道大学病院リハビリテーション科、生駒一憲教授、リハビリテーション部、大澤恵留美技師長、由利真副技師長、千葉健副技師長、堀弘明主任をはじめ、同病院に所属する医師、理学療法士の方々には社会人学生として御理解、御協力頂きましたこと重ねて深謝申し上げます。また、生駒一憲教授には、ご多忙の中、本論文の副査として親身な御指導、御指摘を賜り心より感謝致します。千葉健副技師長には、保健学科から博士後期課程に至るまで、これまで多大な御指導を賜り、深く感謝申し上げます。

本研究を進めるに当たり、多大なる御協力や御支援を賜り、公私にわたって支えて頂いた北海道大学大学院保健科学研究所運動器障害学研究室の関係者皆様には深く感謝致します。

最後に、長期間に渡る学生生活を最後まで支えてくれた家族に、この場を借りて心から感謝の意を表します。

## 7. 文献

1. 井樋栄二, 吉川秀樹, 津村弘, 田中栄, 高木理彰. 標準整形外科学 第14版. 医学書院; 2020.
2. Oliveria SA, Felson DT, Reed JI, Cirillo PA, Walker AM. Incidence of symptomatic hand, hip, and knee osteoarthritis among patients in a health maintenance organization. *Arthritis Rheum.* 1995;38(8):1134-1141.
3. Stoddart JC, Dandridge O, Garner A, Cobb J, van Arkel RJ. The compartmental distribution of knee osteoarthritis - a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthr Cartil.* 2021;29(4):445-455.
4. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthrosis. *Ann Rheum Dis.* 1957;16(4):494-502.
5. Muraki S, Oka H, Akune T, Mabuchi A, En-yo Y, Yoshida M, Saika A, Suzuki T, Yoshida H, Ishibashi H, Yamamoto S, Nakamura K, Kawaguchi H, Yoshimura N. Prevalence of radiographic knee osteoarthritis and its association with knee pain in the elderly of Japanese population-based cohorts: the ROAD study. *Osteoarthr Cartil.* 2009;17(9):1137-1143.
6. Prieto-Alhambra D, Judge A, Javaid MK, Cooper C, Diez-Perez A, Arden NK. Incidence and risk factors for clinically diagnosed knee, hip and hand osteoarthritis: influences of age, gender and osteoarthritis affecting other joints. *Ann Rheum Dis.* 2014;73(9):1659-1664.
7. Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Mabuchi A, En-Yo Y, Yoshida M, Saika A, Yoshida H, Suzuki T, Yamamoto S, Ishibashi H, Kawaguchi H, Nakamura K, Akune T. Prevalence of knee osteoarthritis, lumbar spondylosis, and osteoporosis in Japanese men and women: the research on osteoarthritis/osteoporosis against disability study. *J Bone Miner Metab.* 2009;27(5):620-628.
8. Silverwood V, Blagojevic-Bucknall M, Jinks C, Jordan JL, Protheroe J, Jordan KP. Current evidence on risk factors for knee osteoarthritis in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthr Cartil.* 2015;23(4):507-515.
9. Dieppe P, Cushnaghan J, Tucker M, Browning S, Shepstone L. The Bristol 'OA500 study': progression and impact of the disease after 8 years. *Osteoarthr Cartil.* 2000;8(2):63-68.
10. Slemenda C, Brandt KD, Heilman DK, Mazzuca S, Braunstein EM, Katz BP, Wolinsky FD. Quadriceps weakness and osteoarthritis of the knee. *Ann Intern Med.* 1997;127(2):97-104.
11. Ersoz M, Ergun S. Relationship between knee range of motion and Kellgren-Lawrence radiographic scores in knee osteoarthritis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2003;82(2):110-115.
12. Hilfiker R, Jüni P, Nüesch E, Dieppe PA, Reichenbach S. Association of radiographic osteoarthritis, pain on passive movement and knee range of motion: a cross-sectional study. *Man Ther.* 2015;20(2):361-365.

13. Knoop J, Steultjens MP, van der Leeden M, van der Esch M, Thorstensson CA, Roorda LD, Lems WF, Dekker J. Proprioception in knee osteoarthritis: a narrative review. *Osteoarthr Cartil.* 2011;19(4):381-388.
14. Mills K, Hunt MA, Leigh R, Ferber R. A systematic review and meta-analysis of lower limb neuromuscular alterations associated with knee osteoarthritis during level walking. *Clin Biomech.* 2013;28(7):713-724.
15. Vårbakken K, Lorås H, Nilsson KG, Engdal M, Stensdotter AK. Relative difference in muscle strength between patients with knee osteoarthritis and healthy controls when tested bilaterally and joint-inclusive: an exploratory cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20(1):593.
16. Mani E, Tüzün EH, Angın E, Eker L. Lower extremity proprioceptive sensation in patients with early stage knee osteoarthritis: a comparative study. *Knee.* 2020;27(2):356-362.
17. Cabral ALCES, Jorge JG, Dionisio VC. Biomechanical analysis during single-leg squat in individuals with knee osteoarthritis. *Knee.* 2021;28:362-370.
18. Gunn AH, Schwartz TA, Arbeeva LS, Callahan LF, Golightly Y, Goode A, Hill CH, Huffman K, Iversen MD, Pathak A, Taylor SS, Allen KD. Fear of movement and associated factors among adults with symptomatic knee osteoarthritis. *Arthritis Care Res.* 2017;69(12):1826-1833.
19. Guccione AA, Felson DT, Anderson JJ, Anthony JM, Zhang Y, Wilson PW, Kelly-Hayes M, Wolf PA, Kreger BE, Kannel WB. The effects of specific medical conditions on the functional limitations of elders in the Framingham Study. *Am J Public Health.* 1994;84(3):351-358.
20. Muraki S, Akune T, Oka H, En-yo Y, Yoshida M, Saika A, Suzuki T, Yoshida H, Ishibashi H, Tokimura F, Yamamoto S, Nakamura K, Kawaguchi H, Yoshimura N. Association of radiographic and symptomatic knee osteoarthritis with health-related quality of life in a population-based cohort study in Japan: the ROAD study. *Osteoarthr Cartil.* 2010;18(9):1227-1234.
21. Bannuru RR, Osani MC, Vaysbrot EE, Arden NK, Bennell K, Bierma-Zeinstra SMA, Kraus VB, Lohmander LS, Abbott JH, Bhandari M, Blanco FJ, Espinosa R, Haugen IK, Lin J, Mandl LA, Moilanen E, Nakamura N, Snyder-Mackler L, Trojian T, Underwood M, McAlindon TE. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis. *Osteoarthr Cartil.* 2019;27(11):1578-1589.
22. 中村隆一, 齋藤宏, 長崎浩. 基礎運動学 第6版. 医歯薬出版; 2007.
23. 浅賀忠義, 吉田直樹. 運動制御と臨床応用 運動・姿勢のメカニズムと協調性の理論と実践. 文光堂; 2020.
24. Lafond D, Duarte M, Prince F. Comparison of three methods to estimate the center of mass during balance assessment. *J Biomech.* 2004;37(9):1421-1426.
25. Winter DA, Prince F, Frank JS, Powell C, Zabjek KF. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *J Neurophysiol.* 1996;75(6):2334-2343.



26. Madigan ML, Davidson BS, Nussbaum MA. Postural sway and joint kinematics during quiet standing are affected by lumbar extensor fatigue. *Hum Mov Sci.* 2006;25(6):788-799.
27. Yamamoto A, Sasagawa S, Oba N, Nakazawa K. Behavioral effect of knee joint motion on body's center of mass during human quiet standing. *Gait Posture.* 2015;41(1):291-294.
28. Lawson T, Morrison A, Blaxland S, Wenman M, Schmidt CG, Hunt MA. Laboratory-based measurement of standing balance in individuals with knee osteoarthritis: a systematic review. *Clin Biomech.* 2015;30(4):330-342.
29. Prieto TE, Myklebust JB, Hoffmann RG, Lovett EG, Myklebust BM. Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1996;43(9):956-966.
30. Masui T, Hasegawa Y, Yamaguchi J, Kanoh T, Ishiguro N, Suzuki S. Increasing postural sway in rural-community-dwelling elderly persons with knee osteoarthritis. *J Orthop Sci.* 2006;11(4):353-358.
31. Taglietti M, Dela Bela LF, Dias JM, Pelegrinelli ARM, Nogueira JF, Batista Júnior JP, Carvalho RGDS, McVeigh JG, Facci LM, Moura FA, Cardoso JR. Postural sway, balance confidence, and fear of falling in women with knee osteoarthritis in comparison to matched controls. *PM&R.* 2017;9(8):774-780.
32. Vahtrik D, Ereline J, Gapeyeva H, Pääsuke M. Postural stability in relation to anthropometric and functional characteristics in women with knee osteoarthritis following total knee arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2014;134(5):685-692.
33. Buckley TA, Oldham JR, Munkasy BA, Evans KM. Decreased anticipatory postural adjustments during gait initiation acutely postconcussion. *Arch Phys Med Rehabil.* 2017;98(10):1962-1968.
34. Yiou E, Deroche T, Do MC, Woodman T. Influence of fear of falling on anticipatory postural control of medio-lateral stability during rapid leg flexion. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(4):611-620.
35. Esfandiari E, Sanjari MA, Jamshidi AA, Kamyab M, Yazdi HR. Gait initiation and lateral wedge insole for individuals with early knee osteoarthritis. *Clin Biomech.* 2020;80:105163.
36. Mani H, Hsiao SF, Takeda K, Hasegawa N, Tozuka M, Tsuda A, Ohashi T, Suwahara T, Ito K, Asaka T. Age-related changes in distance from center of mass to center of pressure during one-leg standing. *J Mot Behav.* 2015;47(4):282-290.
37. Katoh H. Effect of lateral-wedge insole on the center of foot pressure and lower extremity muscle activity at gait initiation in patients with medial knee osteoarthritis. *J Phys Ther Sci.* 2019;31(10):776-779.
38. da Silva Soares F, Moreira VMPS, Alves LV, Dionisio VC. What is the influence of severity levels of knee osteoarthritis on gait initiation? *Clin Biomech.* 2020;74:51-57.
39. Truszczyńska-Baszak A, Dadura E, Drzał-Grabiec J, Tarnowski A. Static balance assessment in patients with severe osteoarthritis of the knee. *Knee.* 2020;27(5):1349-1356.

40. Hinman RS, Bennell KL, Metcalf BR, Crossley KM. Balance impairments in individuals with symptomatic knee osteoarthritis: a comparison with matched controls using clinical tests. *Rheumatology*. 2002;41(12):1388-1394.
41. Pua YH, Liang Z, Ong PH, Bryant AL, Lo NN, Clark RA. Associations of knee extensor strength and standing balance with physical function in knee osteoarthritis. *Arthritis Care Res*. 2011;63(12):1706-1714.
42. Jonsson E, Seiger A, Hirschfeld H. One-leg stance in healthy young and elderly adults: a measure of postural steadiness? *Clin Biomech*. 2004;19(7):688-694.
43. Dingenen B, Staes FF, Janssens L. A new method to analyze postural stability during a transition task from double-leg stance to single-leg stance. *J Biomech*. 2013;46(13):2213-2219.
44. Dingenen B, Janssens L, Luyckx T, Claes S, Bellemans J, Staes FF. Postural stability during the transition from double-leg stance to single-leg stance in anterior cruciate ligament injured subjects. *Clin Biomech*. 2015;30(3):283-289.
45. Wiesław Błaszczyk J, Fredyk A, Mikołaj Błaszczyk P. Transition from double-leg to single-leg stance in the assessment of postural stability. *J Biomech*. 2020;110:109982.
46. Roos EM, Lohmander LS. The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): from joint injury to osteoarthritis. *Health Qual Life Outcomes*. 2003;1:64.
47. Lyman S, Omori G, Nakamura N, Takahashi T, Tohyama H, Fukui N, Ikeda H, Sasho T, Saito T, Hayashi Y, Deie M. Development and validation of a culturally relevant Japanese KOOS. *J Orthop Sci*. 2019;24(3):514-520.
48. Nakamura N, Takeuchi R, Sawaguchi T, Ishikawa H, Saito T, Goldhahn S. Cross-cultural adaptation and validation of the Japanese Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS). *J Orthop Sci*. 2011;16(5):516-523.
49. Suzuki Y, Iijima H, Shimoura K, Tsuboyama T, Aoyama T. Patients with early-stage knee osteoarthritis and knee pain have decreased hip abductor muscle strength while descending stairs. *Clin Rheumatol*. 2019;38(8):2249-2254.
50. Kito N, Shinkoda K, Yamasaki T, Kanemura N, Anan M, Okanishi N, Ozawa J, Moriyama H. Contribution of knee adduction moment impulse to pain and disability in Japanese women with medial knee osteoarthritis. *Clin Biomech*. 2010;25(9):914-919.
51. Nikolic G, Nedeljkovic B, Trajkovic G, Rasic D, Mirkovic Z, Pajovic S, Grbic R, Sipetic S, Vujcic I. Pain, physical function, radiographic features, and quality of life in knee osteoarthritis agricultural workers living in rural population. *Pain Res Manag*. 2019;2019:7684762.
52. Chiba T, Yamanaka M, Samukawa M, Saito H, Sabashi K, Tohyama H. The relationship between the load on the knee joint during walking and the biomechanical characteristics of single-leg standing. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(8):2199-2203.
53. Pandya NK, Draganich LF, Mauer A, Piotrowski GA, Pottenger L. Osteoarthritis of the knees increases the propensity to trip on an obstacle. *Clin Orthop Relat Res*. 2005;431:150-156.

54. Sun SF, Hsu CW, Hwang CW, Hsu PT, Wang JL, Tsai SL, Chou YJ, Hsu YW, Huang CM, Wang YL. Hyaluronate improves pain, physical function and balance in the geriatric osteoarthritic knee: a 6-month follow-up study using clinical tests. *Osteoarthr Cartil.* 2006;14(7):696-701.
55. Rogers MW, Pai YC. Patterns of muscle activation accompanying transitions in stance during rapid leg flexion. *J Electromyogr Kinesiol.* 1993;3(3):149-156.
56. Collins NJ, Misra D, Felson DT, Crossley KM, Roos EM. Measures of knee function: International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Evaluation Form, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Physical Function Short Form (KOOS-PS), Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale (KOS-ADL), Lysholm Knee Scoring Scale, Oxford Knee Score (OKS), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Activity Rating Scale (ARS), and Tegner Activity Score (TAS). *Arthritis Care Res.* 2011;63(S11):S208-S228.
57. Hass CJ, Gregor RJ, Waddell DE, Oliver A, Smith DW, Fleming RP, Wolf SL. The influence of Tai Chi training on the center of pressure trajectory during gait initiation in older adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(10):1593-1598.
58. Bennell KL, Kyriakides M, Metcalf B, Egerton T, Wrigley TV, Hodges PW, Hunt MA, Roos EM, Forbes A, Ageberg E, Hinman RS. Neuromuscular versus quadriceps strengthening exercise in patients with medial knee osteoarthritis and varus malalignment: a randomized controlled trial. *Arthritis Rheumatol.* 2014;66(4):950-959.
59. Michikawa T, Nishiwaki Y, Takebayashi T, Toyama Y. One-leg standing test for elderly populations. *J Orthop Sci.* 2009;14(5):675-685.
60. Sanchez-Ramirez DC, van der Leeden M, Knol DL, van der Esch M, Roorda LD, Verschueren S, van Dieën J, Lems WF, Dekker J. Association of postural control with muscle strength, proprioception, self-reported knee instability and activity limitations in patients with knee osteoarthritis. *J Rehabil Med.* 2013;45(2):192-197.

## 8. 付録

### Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)

Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Japanese version LK1.0

1

#### 膝外傷と変形性関節症評価点数 - KOOS

記入日: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ 生年月日: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

苗字: \_\_\_\_\_ 名: \_\_\_\_\_

#### 説明:

この調査では、あなたの膝の状態についてお尋ねします。この情報は、あなたが膝の状態をどのように感じるか、そしてどの

程度日常生活をおこなえるかについて、経過を見るのに役立ちます。

全ての質問に答えて四角のマス(□)にチェックを入れてください。どの質問についても、最も当てはまる項目を1つだけ選び、チエツクを入れてください。答えに迷う場合は、最も近いと思うものをお選びいただくよう、お願いします。

#### 症状:

これらの質問では、ここ1週間の膝の症状についてお答えください。

#### S1. 膝に腫れ(はれ)がありますか?

まったくない  まれにある  ときどきある  ひんばんにある  いつもある

#### S2. 膝を動かしたとき、軋み(きしみ)を感じたり、ひっかかる音が聞こえたり、その他の雑音が聞こえたりしますか?

まったくない  まれにある  ときどきある  ひんばんにある  いつもある

#### S3. 動いている最中に膝が引っかかったり、動かなくなったりしますか?

まったくない  まれにある  ときどきある  ひんばんにある  いつもある

#### S4. 膝を完全に伸ばすことができますか?

いつもできる  たいていできる  ときどきできる  ほとんどできない  まったくできない

#### S5. 膝を完全に曲げることができますか?

いつもできる  たいていできる  ときどきできる  ほとんどできない  まったくできない

#### こわばり:

以下の質問はここ1週間のあなたの膝のこわばりについての質問です。こわばりとは膝を動かした時に制限を感じたり、ゆっくりとしが動かさない状態です。

#### S6. 朝起きた時にどの程度の膝のこわばりがありますか?

まったくない  すこしある  あるていどある  かなりある  ひどい

#### S7. 午後や夕方、座ったり、横になったり、休んだ後にどの程度の膝のこわばりがありますか?

まったくない  すこしある  あるていどある  かなりある  ひどい

## 痛み:

## P1. 膝の痛みの頻度はどのくらいですか?

まったくくない  月に1,2回  週に1,2回  日に1,2回  いつも

ここ1週間に、以下の動作をした時にどの程度の膝の痛みがありましたか?

## P2. 膝をひねったり回したりする時

まったくいたくない  すこしいたい  あるていどいたい  すごくいたい  ものすごくいたい

## P3. 膝を完全に伸ばす時

まったくいたくない  すこしいたい  あるていどいたい  すごくいたい  ものすごくいたい

## P4. 膝を完全に曲げる時

まったくいたくない  すこしいたい  あるていどいたい  すごくいたい  ものすごくいたい

## P5. 平らな場所を歩く時

まったくいたくない  すこしいたい  あるていどいたい  すごくいたい  ものすごくいたい

## P6. 階段を上り下りする時

まったくいたくない  すこしいたい  あるていどいたい  すごくいたい  ものすごくいたい

## P7. 夜、寝ている時

まったくいたくない  すこしいたい  あるていどいたい  すごくいたい  ものすごくいたい

## P8. 座っている時や、横になっている時

まったくいたくない  すこしいたい  あるていどいたい  すごくいたい  ものすごくいたい

## P9. まっすぐ立っている時

まったくいたくない  すこしいたい  あるていどいたい  すごくいたい  ものすごくいたい

## 機能

## 日常生活:

以下の質問では、あなたの身体機能についてお尋ねします。これは、あなたの動作や身の回りのことを行う能力のことを指します。

以下のそれぞれの活動について、ここ1週間、あなたの膝が原因で感じた困難の程度をお答えください。

## A1. 階段を下りる時

まったく不自由を感じない  すこし困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない

## A2. 階段を上る時

まったく不自由を感じない  すこし困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない

- A3. 座った状態から立ち上がる時**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない
- A4. 立っている時**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない
- A5. 身をかがめて、床に落ちたものを拾う時**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない
- A6. 平らな場所を歩く時**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない
- A7. 車の乗り降り**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない
- A8. 買い物に行く時**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない
- A9. 靴下やストッキングをはく時**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない
- A10. ベッドから起き上がる時**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない
- A11. 靴下やストッキングを脱ぐ時**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない
- A12. ベッドに横たわっている時(寝返りをうつなど)**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない
- A13. 浴槽に入る/浴槽から出る時**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない
- A14. イスに座っている時**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない
- A15. 洋式トイレを使う時**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない
- A16. 大変な家事を行う時(重い箱を動かす、床を拭くなど)**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない
- A17. 簡単な家事を行う時(料理、ちりやほこりを払うなど)**  
 まったく不自由を感じない  少し困難である  ある程度困難である  とても困難である  ほとんどできない

## 機能

スポーツおよびレクリエーション活動:

以下の質問では、より高いレベルでの活動を行った際のあなたの身体機能についてお尋ねします。以下のそれぞれの活動について、ここ1週間、あなたの膝が原因で感じた困難の程度をお答えください。

## SP1. しやがむ時

まったく不自由を感じない	すこし困難である	ある程度困難である	とても困難である	ほとんどできない
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## SP2. 走る時

まったく不自由を感じない	すこし困難である	ある程度困難である	とても困難である	ほとんどできない
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## SP3. ジャンプする時

まったく不自由を感じない	すこし困難である	ある程度困難である	とても困難である	ほとんどできない
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## SP4. 悪い方の膝をひねったり、回したりする時

まったく不自由を感じない	すこし困難である	ある程度困難である	とても困難である	ほとんどできない
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## SP5. ひざまずく時

まったく不自由を感じない	すこし困難である	ある程度困難である	とても困難である	ほとんどできない
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 生活の質

## Q1. どのくらいの頻度で自分の膝の問題を自覚しますか？

まったくくない	月に1, 2回	週に1, 2回	日に1, 2回	いつも
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Q2. 膝によくない行動を避けるために、生活様式を変えましたか？

まったく変えていない	すこし変えた	ある程度変えた	かなり変えた	完全に変えた
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Q3. 膝に自信を持ってないことで、どの程度困っていますか？

まったく困っていない	すこし困っている	ある程度困っている	かなり困っている	非常に困っている
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Q4. 全体的に、どのくらい膝について困難を感じますか？

まったくくない	すこし困難である	ある程度困難である	かなり困難である	非常に困難である
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

質問にお答えいただきありがとうございました。

## 9. 業績リスト

本論文の一部は以下の論文に発表した。

1. **Sabashi K**, Ishida T, Matsumoto H, Mikami K, Chiba T, Yamanaka M, Aoki Y, Tohyama H. Dynamic postural control correlates with activities of daily living and quality of life in patients with knee osteoarthritis.. BMC Musculoskelet Disord. 2021;22(1):287.

本論文の一部は以下の学会に発表した。

1. **佐橋健人**, 石田知也, 松本尚, 三上兼太郎, 千葉健, 山中正紀, 青木喜満, 遠山晴一. 変形性膝関節症症例における片脚立位動作時の姿勢制御と患者立脚型機能評価 (KOOS) の関連性. 第7回日本運動器理学療法学会学術大会, 2019年10月5日-6日 (岡山コンベンションセンター/岡山県医師会館/岡山国際交流センター).
2. **Sabashi K**, Ishida T, Matsumoto H, Mikami K, Chiba T, Yamanaka M, Aoki Y, Tohyama H. Relationship between dynamic postural control during the transition from two-leg to one-leg standing and functional disability in subjects with knee osteoarthritis. XXIII ISEK Congress 2020, July 12-14, 2020 (Virtual Congress).

その他の業績リスト

論文発表

1. **Sabashi K**, Kasahara S, Tohyama H, Chiba T, Koshino Y, Ishida T, Samukawa M, Yamanaka M. Changes in postural control strategy during quiet standing in individuals with knee osteoarthritis. J Back Musculoskelet Rehabil (in press).
2. Chiba T, Yamanaka M, Samukawa M, Saito H, **Sabashi K**, Tohyama H. The relationship between the load on the knee joint during walking and the biomechanical characteristics of single-leg standing. J Phys Ther Sci. 2016;28(8):2199-2203.
3. 堀弘明, 千葉健, **佐橋健人**. 変形性股関節症患者の腹部筋輝度と骨盤傾斜角との関連性. 北海道理学療法. 2018;35:11-16.
4. 堀弘明, 千葉健, **佐橋健人**, 阿部隆宏, 由利真. 等速性筋力測定による非心不全患者と心不全患者の筋力の比較. 北海道理学療法. 2020;37: 57-62.
5. 水野歩, 井野拓実, **佐橋健人**, 千葉健, 越野裕太, 寒川美奈, 遠山晴一, 山中正紀. 前方および後方からの降段動作が両側膝関節内側負荷に与える影響. 理学療法ジャーナル. 2020;54(10):1225-1230.

学会発表

1. 奥貫拓実, 越野裕太, 遠山晴一, 堤香織, 生田亮平, **佐橋健人**, 横山美翔, 江沢侑也, 寒川美奈, 齊藤展士, 山中正紀. Medial tibial stress syndrome 症例における走行時の後・前足部 kinematics および内側縦アーチの動態の検討. 第51回日本理学療法学会学術大会. 2016年5月27日-29日 (札幌コンベンションセンター/札幌市産業振興センター).
2. **佐橋健人**, 山中正紀, 千葉健, 遠山晴一. Knee sleeve 着用が静止立位における変形性膝関節症症例の重心保持機能に与える影響. 第28回日本運動器科学会, 2016年7月9日-10日 (会津若松ワシントンホテル).



3. **佐橋健人**, 千葉 健, 原田裕子, 由利 真, 松尾雄一郎, 池田 聡, 生駒一憲. 延髄内側梗塞を発症した患者に対し反重力トレッドミルを使用した一例. 第 34 回日本リハビリテーション医学会北海道地方会, 2016 年 10 月 22 日 (北海道大学医学部臨床大講堂).
4. 水野歩, 山中正紀, **佐橋健人**, 千葉健, 佐々木駿, 遠山晴一. 階段昇降動作中の体幹側方傾斜が外的膝関節内反モーメントに与える影響. 第 67 回北海道理学療法士学会. 2016 年 11 月 5 日-6 日 (函館市民会館/函館アリーナ).
5. Chiba T, Yamanaka M, **Sabashi K**, Samukawa M, Saitoh H, Kobayashi T, Toyama H. Comparison of trunk and pelvic kinematics during single-leg standing between individuals with knee osteoarthritis and healthy subjects. Osteoarthritis Research Society International World Congress 2017. Apr 27-30, 2017 (Caesar's Palace Las Vegas, Las Vegas, USA).
6. **Sabashi K**, Yamanaka M, Chiba T, Samukawa M, Saitoh H, Yuri M, Hori H, Tohyama H. Association of functional reach test with quality of life in patients with knee osteoarthritis. Osteoarthritis Research Society International World Congress 2017. Apr 27-30, 2017 (Caesar's Palace Las Vegas, Las Vegas, USA).
7. 由利真, 梶本泰志, 堀弘明, **佐橋健人**, 千葉健. 骨盤傾斜の違いによる腹部引き込み運動時の側腹筋厚の変化. 第 52 回日本理学療法学会, 2017 年 5 月 12 日-14 日 (幕張メッセ/東京ベイ幕張ホール).
8. 千葉健, 山中正紀, 寒川美奈, 齊藤展士, 由利真, 堀弘明, **佐橋健人**, 遠山晴一. 歩行中の外的膝内転モーメントと片脚立位移動動作での生体力学的指標との関連. 第 52 回日本理学療法学会, 2017 年 5 月 12 日-14 日 (幕張メッセ/東京ベイ幕張ホール).
9. 堀弘明, 由利真, 千葉健, **佐橋健人**. 変形性股関節症患者と健常人における腹部筋の筋輝度の比較. 第 52 回日本理学療法学会, 2017 年 5 月 12 日-14 日 (幕張メッセ/東京ベイ幕張ホール).
10. **佐橋健人**, 山中正紀, 千葉健, 寒川美奈, 齊藤展士, 由利真, 堀弘明, 遠山晴一. 変形性膝関節症症例における Functional Reach Test と QOL との相関性の検討. 第 52 回日本理学療法学会, 2017 年 5 月 12 日-14 日 (幕張メッセ/東京ベイ幕張ホール).
11. 横山美翔, 寒川美奈, 宮崎未来, 石田優子, 鈴木雄貴, 生田亮平, 奥貫拓実, **佐橋健人**, 齊藤展士, 遠山晴一, 山中正紀. 月経前症候群に対するストレッチ介入効果の検討. 第 52 回日本理学療法学会, 2017 年 5 月 12 日-14 日 (幕張メッセ/東京ベイ幕張ホール).
12. **Sabashi K**, Yamanaka M, Chiba T, Samukawa M, Saito H, Sasaki S, Mizuno A, Tohyama H. Correlation between Functional Reach Test and Quality of Life in Patients with Knee Osteoarthritis. The 3rd FHS International Conference, July 7, 2017 (Faculty of Health Sciences, Hokkaido University, Sapporo, Japan).
13. 千葉健, 山中正紀, **佐橋健人**, 佐々木駿, 水野歩, 寒川美奈, 齊藤展士, 由利真, 堀弘明, 小林巧, 遠山晴一. 変形性膝関節症患者と健常高齢者の片脚立位課題における骨盤・体幹の運動学的挙動の比較. 第 5 回日本運動器理学療法学会学術集会, 2017 年 9 月 23 日-24 日 (札幌市教育文化会館).

14. **佐橋健人**, 山中正紀, 千葉健, 佐々木駿, 水野歩, 寒川美奈, 齋藤展士, 由利真, 遠山晴一. 歩行時の外的股関節内転モーメントには前額面レバーアームが関連する. 第5回日本運動器理学療法学会学術集会, 2017年9月23日-24日 (札幌市教育文化会館).
15. 水野歩, 山中正紀, **佐橋健人**, 千葉健, 佐々木駿, 寒川美奈, 齋藤展士, 遠山晴一. 昇段動作中の体幹側方傾斜が外的膝関節内反モーメントに与える影響~2つのピーク値に分けた検討. 第5回日本運動器理学療法学会学術集会, 2017年9月23日-24日 (札幌市教育文化会館).
16. **佐橋健人**, 山中正紀, 千葉健, 石田知也, 越野裕太, 遠山晴一. 変形性膝関節症症例における静止立位時の姿勢制御の特徴. 第69回北海道理学療法士学術大会, 2018年7月28日-29日 (札幌コンベンションセンター).
17. 千葉健, 山中正紀, **佐橋健人**, 由利真, 堀弘明, 喜澤史弥, 小林巧, 遠山晴一. 片脚立位課題中の外的膝内転モーメントおよび重心位置の検討 - 変形性膝関節症患者と健常高齢者との比較 -. 第6回日本運動器理学療法学会学術大会, 2018年12月15日-16日 (福岡国際会議場).
18. 堀弘明, 千葉健, **佐橋健人**, 喜澤史弥, 由利真. 変形性股関節症患者における下肢拳上保持中の腹部筋厚について. 第6回日本運動器理学療法学会学術大会, 2018年12月15日-16日 (福岡国際会議場).
19. **佐橋健人**, 千葉健, 石田知也, 山中正紀, 堀弘明, 由利真, 遠山晴一. 変形性膝関節症症例における片脚立位動作時の姿勢制御の特徴. 第6回日本運動器理学療法学会学術大会, 2018年12月15日-16日 (福岡国際会議場).
20. 佐々木駿, **佐橋健人**, 千葉健, 山中正紀, 遠山晴一. 外側ウェッジインソールが膝関節内反モーメントに与える効果の検討 - 足部アライメントに着目して -. 第6回日本運動器理学療法学会学術大会, 2018年12月15日-16日 (福岡国際会議場).
21. 水野歩, 井野拓実, **佐橋健人**, 千葉健, 越野裕太, 山中正紀, 寒川美奈, 遠山晴一. 後方からの降段動作が膝関節内側負荷に与える影響. 第6回日本運動器理学療法学会学術大会, 2018年12月15日-16日 (福岡国際会議場).
22. Chiba T, Yamanaka M, **Sabashi K**, Kobayashi T, Toyama H. Comparison of the internal hip abduction moment and the pelvic kinematics during single-leg standing between people with knee osteoarthritis and healthy elderly people. Osteoarthritis Research Society International World Congress 2019. May 2-5, 2019 (Sheraton Centre Toronto Hotel, Toronto, Canada).
23. **Sabashi K**, Yamanaka M, Chiba T, Ishida T, Tohyama H. Characteristics of the distance between the center of pressure and the center of mass during quiet standing in patients with knee osteoarthritis. Osteoarthritis Research Society International World Congress 2019. May 2-5, 2019 (Sheraton Centre Toronto Hotel, Toronto, Canada).
24. **Sabashi K**, Koganemaru S, Wang Y, Tanaka S, Iguchi H, Tobisawa Y, Mima T, Chiba T, Yuri M, Ikeda S, Ikoma K. Improvement of movement smoothness during gait after paired transcranial magnetic stimulation in a patient with spinocerebellar degeneration: A case report. 13th International Society of Physical and Rehabilitation Medicine World Congress. June 9-13, 2019 (Kobe Portopia Hotel/Kobe International Conference Center/Kobe International Exhibition Hall, Kobe, Japan).

25. 千葉健, 山中正紀, 佐橋健人, 由利真, 堀弘明, 小林巧, 遠山晴一. 変形性膝関節症患者と健常高齢者における外的膝内転モーメントおよび外的膝屈曲モーメントの検討. 第7回日本運動器理学療法学会学術大会, 2019年10月5日-6日 (岡山コンベンションセンター/岡山県医師会館/岡山国際交流センター).
26. 三上兼太郎, 佐橋健人, 松本尚, 石田知也, 山中正紀, 遠山晴一, 青木喜満. 人工膝関節全置換術前後における片脚立位移行動作時の姿勢制御変化. 第7回日本運動器理学療法学会学術大会, 2019年10月5日-6日 (岡山コンベンションセンター/岡山県医師会館/岡山国際交流センター).
27. Ishida T, Samukawa M, Ino T, Watanabe K, Sabashi K, Hori T, Koshino Y, Tohyama H. Association between lower-limb joint loading pattern and center of pressure during squat exercise in subjects with anterior cruciate ligament reconstruction. XXIII ISEK Congress 2020, July 12-14, 2020 (Virtual Congress).
28. Matsumoto H, Sabashi K, Mikami K, Ishida T, Yamanaka M, Tohyama H, Aoki Y. Postural control during quiet standing before and after total knee arthroplasty. XXIII ISEK Congress 2020, July 12-14, 2020 (Virtual Congress).
29. 佐橋健人, 岩崎浩司, 千葉健, 小野寺智洋, 近藤英司, 岩崎倫政, 遠山晴一. 変形性膝関節症症例におけるウェアラブルセンサーを用いた歩行評価時の最適なセンサー貼付位置の検討. 第139回北海道整形災害外科学会学術集会, 2021年1月30日-31日 (Live-Web開催).
30. 堀弘明, 千葉健, 藤内宏典, 大須賀聡, 佐橋健人, 斉藤仁志, 森本裕二. Tilt Tableの傾斜角度変化と呼吸機能との関連性. 第48回日本集中治療医学会学術集会. 2021年2月12日-14日 (Web).
31. 佐橋健人, 千葉健, 山中正紀, 遠山晴一, 生駒一憲. Toe-out歩行がdynamic knee joint stiffnessに与える影響. 第46回日本運動療法学会学術集会, 2021年6月19日 (Web).
32. 千葉健, 山中正紀, 佐橋健人, 堀弘明, 小林巧, 遠山晴一. 片脚立位動作中の変形性膝関節症患者と健常高齢者における内部股関節外転モーメントおよび前額面上骨盤傾斜角度の比較. 第9回日本運動器理学療法学会学術大会, 2021年9月11日-12日 (Web).