

学位論文

人工股関節全置換術後 12 ヶ月時の
股関節外転筋力と膝関節伸展筋力を規定する因子

DM17017 関田 惇也

指導教授

高平 尚伸 教授

北里大学大学院 医療系研究科 医学専攻博士課程

感覚・運動統御医科学群 リハビリテーション科学

2022 年度

著者の宣言

本学位論文は、著者の責任において研究を遂行し、得られた真実の結果に基づいて正確に作成されたものに相違ないことをここに宣言する。

要旨

【背景】

人工股関節全置換術（THA）術後の筋力の回復状況に着目すると、術後 12 ヶ月時を経過しても術側股関節外転筋のみならず、膝関節伸展筋にも筋力低下が残存している可能性がある。術後の理学療法において、筋力回復が乏しい患者の特定は欠かせない要素であり、そのためには正確に術後筋力を予測することが重要となる。

術前筋力は術後筋力を独立して規定する強い因子である。しかし、術後筋力に対する術前筋力の効果は他の因子に依存している可能性があり、交互作用項を含めた予測モデルを作成することによって、精度の高いモデルを開発することが可能だが、そのような先行研究はない。本研究の目的は、術後筋力の正確な予測モデルを開発するために、交互作用項を用いて THA 術後 12 ヶ月時の膝関節伸展筋力と股関節外転筋力を規定する因子を明らかにすることとした。

【方法】

研究デザインは 12 ヶ月時の縦断的観察研究とした。対象は初回片側 THA を施行した変形性股関節症を呈した女性とした。術式は低侵襲前側方侵入法によるセメントレス THA に限定された。除外基準を同意のない者、非手術側の THA、精神疾患や神経筋疾患、下肢や脊椎の手術歴、股関節以外の有痛性の整形疾患、非術側の末期変形性股関節症、そして術後の合併症とした。片側 THA を施行した連続症例 527 名のうち、82 名（THA 群）とした。比較対象は 50 名の地域在住健常女性（41-78 歳）とした。背景因子および手術情報として、年齢、身長、体重、BMI、罹患期間、入院期間、手術時間、出血量、脚延長量、およびオフセットを調査した。筋力測定項目は股関節外転と膝関節伸展筋力（Nm）とし、筋力は Hand held dynamometer（ μ Tas F-1; Anima）を用いて測定し、項目は股関節外転ならびに膝関節伸展筋力とした。股関節外転は背臥位で内外転 0°、屈曲 0° とし、膝関節伸展筋力は座位で膝関節屈曲 90° の肢位として測定を行った。測定された値はレバーアームを用いてトルク値（Nm）に変換された。その他の測定項目は、JOA スコア、Timed up and go test（TUG）、および身体活動量とした。測定は術前、術後 6 ヶ月時、そして 12 ヶ月時に行われた。身体活動量は歩数計を用いて術後 5 ヶ月時の一日の歩数を測定した。

統計解析には術後筋力を健常者と比較するために、調整変数を体重とした一般線形モデルを用いた。術後筋力を規定する因子を明らかにするため、目的変数を術後 12 ヶ月時の筋力とした一般化線形モデルを用いた。Step 1 は説明変数を術前筋力のみとした単変量解析を行った。Step 2 は術前筋力、年齢、体重、身長、罹患期間、身体活動量および脚延長量を説明変数とした多変量解析を行った。Step 3 は Step 2 の説明変数に加えて、術前筋力と年齢との間、罹患期間、身体活動量、および脚延長量の積をそれぞれ交互作用項として作成し、そのいずれかを説明変数に追加して、再度モデルを作成した。交互作用項が有意であった場合には単純傾斜分析を行った。変数選択は強制投入法とした。

【結果】

術後 12 ヶ月時の股関節外転筋力 (55.0Nm) は健常者の値 (69.1Nm) と比較して有意に低値であったが、術後 12 ヶ月時の膝関節伸展筋力 (68.5Nm) は健常者の値 (71.1Nm) と比較して有意差を認めなかった。術前筋力、年齢、体重、および身体活動量は両方の術後筋力を規定する独立した因子として抽出された。罹患期間は膝関節伸展筋力のみを、脚延長量は股関節外転筋力のみを規定する因子として抽出された。膝関節伸展筋力を目的変数としたモデルにおいて、術前筋力と年齢による交互作用項は有意であった。単純傾斜分析を行った結果、年齢を+1 SD (高齢者) としたときの術前膝関節伸展筋力と術後 12 ヶ月時の膝関節伸展筋力による単純傾斜は統計的に有意であったが、-1 SD (壮年者) としたときには有意ではなかった。

【考察】

本研究は、術後 12 ヶ月時の股関節外転筋力と膝関節伸展筋力の交互作用項を有する予測モデルを検討した最初の報告である。股関節外転筋力と膝関節伸展筋力を規定する共通する因子として、術前筋力、年齢、体重、そして身体活動量が抽出された。本研究における最大の知見は、術後 12 ヶ月時の膝関節伸展筋力に対する術前筋力の効果は一定ではなく、年齢に依存している可能性が示されたことである。壮年者の術後 12 ヶ月時の膝関節伸展筋力は、術前の筋力に関係なく良好な回復を示すが、術前筋力が低値の高齢者は十分な回復には至らないことが示唆された。術前筋力が低値な高齢患者に対する術前介入の必要性が示唆されたが、その具体的な方法論については将来的な課題である。一方で、股関節外転筋力の予測モデルの結果において、術前筋力と有意な交互作用を持つ因子はなかった。術後筋力に対する術前筋力の効果が他の因子に依存しているかどうかは筋力によって異なった。精度の高いモデルを検討するためには、術前筋力との交互作用をもつ因子を明らかにしていくことが重要である。

【結論】

術前筋力、年齢、体重、そして身体活動量はどちらの筋力も規定する因子であり、罹患期間は膝関節伸展筋力のみを、脚延長量は股関節外転筋力のみを規定する独立した因子として規定された。さらに、膝関節伸展筋力を規定するモデルにおいて、術前筋力と年齢との間に交互作用があり、術後筋力に対する術前筋力の効果は年齢に依存していた。そして、壮年者は術前の筋力に関係なく術後の筋力回復は良好であったが、術前筋力が低下している高齢者は術後筋力の回復は乏しいことが示唆された。壮年者は術前の筋力に関係なく術後の筋力回復は良好であったが、高齢者は術前筋力が術後筋力の回復に影響を与えることが示唆された。

目次

	頁
1. 緒言	1
1-1. 研究背景	1
1-2. 研究目的	3
2. 対象と方法	4
2-1. 対象	4
2-2. 研究プロトコール	6
2-3. 術後リハビリテーション	6
2-4. 調査ならびに測定項目	7
2-4-1. 背景因子	7
2-4-2. 手術情報	8
2-4-3. 身体機能	8
2-5. 統計解析方法	11
2-6. 安全管理ならびに倫理的配慮	13
3. 結果	14
3-1. 対象者の背景因子	14
3-2. 手術情報	14
3-3. THA 術後の身体機能の変化	14
3-3-1. JOA スコア	14
3-3-2. TUG	15
3-3-3. 身体活動量	16
3-3-4. 下肢筋力	16
3-3-5. THA 術後 12 ヶ月時の筋力の予測モデル	17
3-3-5-1. 相関行列	17
3-3-5-2. 股関節外転筋力	17

3-3-5-3. 膝関節伸展筋力	18
4. 考察	19
4-1. THA 術後 12 ヶ月時の筋力と歩行能力	19
4-2. THA 術後 12 ヶ月時の筋力の予測モデル	20
4-3. 臨床的示唆	25
4-4. 研究の限界	25
5. 結語	27
6. 謝辞	28
7. 引用文献	29
8. 図表	37

1. 緒言

1-1. 研究背景

変形性股関節症は疼痛を主症状とし、可動域制限ならびに日常生活活動（ADL）の障害を引き起こすことが知られている [1]。単純X線診断によるわが国の有病率は1.0 ～ 4.3 % であり、男性では0 ～ 2.0 %、女性では2.0 ～ 7.5 % と男性に比べて女性の有病率が高いことが示されている [2-5]。本邦において変形性股関節症に対して行われる人工股関節全置換術（THA）は症状や関節機能の改善を目的に行われる治療法であり [6]、片側THAを施行した患者の多くが術前と比較して疼痛の軽減、ADL、および健康関連QOLの改善を認めることが報告されており、THA術後の治療成績は概ね良好である [7-9]。一方で、術後の歩行能力を健常者と比較すると、THA術後12ヵ月時を経過しても健常者のレベルには達しておらず、その到達度は健常者の80%であることが報告されている [10]。また、術側の股関節外転筋力は術後6ヵ月時以降になっても健常者のレベルに達しないことや [11,12]、膝関節伸展筋力は術後6ヵ月時から1年を経過しても健常者のレベルに達していないことが報告されている [11,13]。下肢筋力は歩行能力に影響し [14,15]、ADLを遂行するために重要な要素である [16]。そしてスポーツのような負荷量の多い活動を遂行するために重要な機能的因子である [17]。さらに、THA術後の股関節外転筋力や膝関節伸展筋力の不足は転倒リスクに繋がる可能性があり、臨床的に問題視すべきである [18,19]。以上

から、THA術後12ヵ月時の歩行能力や筋力は必ずしも正常ではなく、特に股関節外転筋力のみならず、膝関節周囲筋力についても筋力低下を認め、それに伴って歩行能力低下といった問題が残存している可能性がある。THA術後の理学療法において、下肢筋力の回復促進を目的とした治療戦略を検討することは極めて重要である。したがって、術前から術後筋力を正確に予測し、術後早期からの適切な介入が求められる [14]。

術後の身体機能や筋力は、年齢、性別、BMI、罹患期間、および手術方法といった因子によって規定される [20-24]。特に、最も強く影響する因子の一つは術前の身体機能や筋力であることが報告されている [20-24]。したがって、年齢、体重、および罹患期間といった他の因子の影響を考慮しても、術後の股関節外転筋力と膝関節伸展筋力には術前筋力が強く影響することが予測される。さらに、術後の身体活動量や脚延長も筋力と関連する可能性がある [25,26]。一方で、術後筋力に対する術前筋力の効果は一定とは限らない。これらの因子の中でも年齢、術後の身体活動量、脚延長量、または罹患期間に依存している可能性がある。年齢に関して言えば、術前の筋力低下は高齢者に強く、若年層には弱い影響を与える可能性がある。つまり、術前筋力が低値の高齢者は手術後 12 ヶ月時の筋力の十分な回復を示さないが、若い患者は術前筋力に関係なく良好な回復を達成する可能性があるという仮説が立てられた。同様の傾向は他の要因にも存在する可能性がある。このような関係性がある場合、多変量解析のガイドラインにおいて、交互作用項を投入して分析を行うことが推奨されており

[27]、術前筋力と各因子との交互作用を考慮することで、正確な予測モデルを開発することが出来ると考えられる。しかしながら、我々が調査した限り、この問題を考慮して調査された先行研究は未だ無い。術後筋力を正確に予測することは、筋力回復が乏しい部位を推測することによって術後に効果的な介入を行えるだけでなく、患者教育の一環として自主トレーニングの動機づけになるため、極めて重要な臨床的手段である。以上から、術後筋力の正確な予測モデルの開発において、術後筋力に対して術前筋力と交互作用を有する因子が存在するかどうか明らかでない、また、その因子が特定できていないなどの課題があり、その解決には交互作用項を用いて予測モデルを検討する必要がある。

1-2. 研究目的

本研究の目的は、術後筋力の正確な予測モデルを開発するために、交互作用項を用いて THA 術後 12 ヶ月時の股関節外転筋力と膝関節伸展筋力を規定する因子を明らかにすることとした。

2. 対象と方法

2-1. 対象

対象者のフローを図 1 に示す。対象は 2015 年 12 月から 2017 年 9 月までの間に海老名総合病院もしくは座間総合病院人工関節・リウマチセンターにおいて変形性股関節症の診断を受け、片側 THA を施行した連続症例 527 名のうち、82 名（THA 群）とした。

包含基準は（1）低侵襲前側方進入法によるセメントレス THA が施行されたもの、（2）変形性股関節症、（3）術中の体位は半側臥位であり、切開部位は大腿筋膜張筋と中殿筋前方線維の境界であるもの、（4）手術中にナビゲーションシステムを使用していないもの、（5）女性、（6）研究に対して同意が得られたものとした

除外基準は（1）研究の趣旨に同意が得られなかったもの、（2）非術側に THA を施行した者、（3）上下肢に明らかな運動麻痺を認める者、（4）神経筋疾患、精神疾患、および認知症と診断された者、（5）上下肢ならびに脊柱に骨折もしくは手術の既往がある者、（6）変形性膝関節症などの有痛性の整形外科的疾患と診断された者、（7）非術側の末期変形性股関節症、（8）術中に骨折または脱臼を認めた者、THA 術後に再手術を受けた者、および術後に神経麻痺や感染などの合併症を発症した者とした。さらに、シルバー人材センターに登録されており、体力測定への参加に同意が得られた同年代の地域在住健常女性 50 名（健常者群）をコントロールとして採用した。なお、健常者群の除外基準は肢関節痛を伴う者とした。

手術を執刀する医師は経験豊富な術者 4 人に統一し、術式はインプラントの種類に関係なく、低侵襲前側方進入法によるセメントレス THA に限定した。また、術中の体位は半側臥位（骨盤が術側下肢に対して 60 度傾いている状態）であり、切開部位は大腿筋膜張筋と中殿筋前方線維の境界であるものに限定した [28,29]。大腿筋膜張筋の後縁から 0.5mm 後方で大腿筋膜を切開した後、筋を損傷させることなく中殿筋と大腿筋膜張筋との間から関節に進入した。前腸骨大腿靭帯、関節包の前部、および共同筋腱は温存された。内層まで寛骨臼をリーミングすることによって、解剖学的股関節中心に類似した股関節中心が作成された [30]。正確な解剖学的位置に股関節の中心を作ることで、筋肉は正常に機能することが可能となる [30]。コンポーネントのステム部分は主に SL-Plus (Smith & Nephew 社、使用割合：74.4%)、Short Modular Femoral hip system (Smith & Nephew 社、使用割合：8.5%)、Global Tissue Sparing (Zimmer Biomet 社、使用割合：11.0%)、および Bicontact (B.Braun Aesculap 社、使用割合：3.7%) のセメントレスステムが使用された。寛骨臼コンポーネント部分は主に R3 Acetabular System (Smith & Nephew 社、使用割合：56.1%)、Continuum Acetabular System (Zimmer Biomet 社、使用割合：32.9%)、G7 Acetabular System (Zimmer Biomet 社、使用割合：6.1%)、および Plasmfit (B.Braun Aesculap 社、使用割合：3.7%) が使用された。ライナーの材質にはセラミック（使用割合：92.7%）とクロスリンクポリエチレン（使用割合：7.3%）が使用された。ヘッ

ドの材質には、セラミック（使用割合：92.7%）とオキシニウム（Smith & Nephew 社、使用割合：7.3%）が使用された。これらのコンポーネントは、患者の年齢やレントゲン画像を用いて評価された骨形態に関する情報を基に、執刀医によって決定された。

2-2. 研究プロトコール

研究プロトコールを図 2 に示す。本研究は前向きを観察研究とした。術前を観察開始時点とし、術前、術後 6 ヶ月時および 12 ヶ月時に評価をおこなった。入院期間以外の背景因子は術前に調査を行った。入院期間は手術日から退院日までとして調査を行った。JOA スコア、歩行能力および下肢筋力は全ての時期において評価した。身体活動量は術後 2 ヶ月時に評価をおこなった。なお、術後 5 ヶ月間は、入院中ならびに退院後の外来において術後のリハビリテーションを実施した。健常者は下肢筋力の測定、歩行能力、および身体活動量を測定した。

2-3. 術後リハビリテーション

術後のリハビリテーションは海老名総合病院ならびに座間総合病院の THA 術後のクリニカルパスに沿って実施した。このクリニカルパスは、術後翌日から運動療法を開始するものである。術後の荷重制限は設けず、術後離床時から疼痛自制内での全荷重を許可した。入院中における術後の運動療法プログラムとして、術後翌日は車椅子乗車までを中心に行い、術後 2 日目より歩行トレーニング、他動的可動域ト

レーニング、およびレジスタンストレーニングを開始した。歩行トレーニングは、開始初期は平行棒を使用し、術後1週目を経過した時点から松葉杖、もしくは歩行器を使用した歩行トレーニングを開始し、歩行機能の改善度合いに合わせてT字杖を使用した歩行トレーニングを適宜実施した。関節可動域トレーニングは股関節屈曲、伸展、外転、および内転の運動方向を主に実施し、レジスタンストレーニングはパテラセッティング、背臥位での股関節伸展筋を利用したブリッジ運動、バランスボールを使用した股関節屈曲運動、および背臥位での股関節外転運動などを適用し、機能改善度合いに合わせて負荷量を増加させた。なお、入院期間は最大3週間とした。また、退院後は原則として1週間に1回程度の外来リハビリテーションを術後5ヵ月時間継続した。

2-4. 調査ならびに測定項目

2-4-1. 背景因子

対象者の基本的情報として、年齢、身長、体重、Body mass index (BMI)、罹患期間(年)、術側股関節のKellgren-Laurence分類(KL分類)、入院期間(日)をカルテ上から調査した。罹患期間は疼痛発症から手術までの期間とし、先行研究の方法と同様に、患者によって専用の用紙に記入された[21,31]。

2-4-2. 手術情報

手術時の情報として、手術時間（分）ならびに出血量（ml）をカルテ上から調査し、脚延長量（mm）とオフセット（mm）は先行研究で提示された方法を用いて、一人の研究者によって計測された [32]。

2-4-3. 身体機能

身体機能の評価として、①日本整形外科学会股関節機能判定基準（JOA スコア）、②Timed up and go test（TUG）、③術側膝関節伸展筋力と股関節外転筋力、および④身体活動量を測定した。

①JOA スコア

股関節機能評価として JOA スコアを採用した。評価方法は日本整形外科学会で定められた方法に準じた [33]。評価項目は疼痛、関節可動域、歩行能力、および ADL の 4 つの下位項目から構成されている。疼痛は 0 点から 40 点までの 6 段階評価となり、歩行能力は 0 点から 20 点までの 6 段階評価となっている。関節可動域は股関節屈曲可動域（12 点）ならびに股関節外転可動域（8 点）の 2 項目で構成され、合計点を算出し、関節可動域の点数とする。ADL は座位、立位、しゃがみこみ、階段、および車の乗り降りの 5 項目で構成され、それぞれが容易（4 点）、困難（2 点）、および不可（0 点）の 3 段階評価となっており、その合計点を算出し、ADL の点数とする。

以上の項目を術側股関節について調査し、それぞれの点数を加算し、その合計点として JOA スコア（100 点）を算出した。

②TUG

歩行能力の指標としてTUGを採用した。TUGの計測前の条件は、開始肢位は背もたれに軽くもたれかけ、手は大腿部の上に置いた姿勢をとることとした。椅子から立ち上がり、3m先の目印を回って、再び椅子に戻るまでの時間を測定した。0m地点は椅子の前脚とし、3m地点は目印の中心とした。測定者の掛け声に従い、最大歩行速度で2回測定した。測定者は、掛け声を掛けた時点から、臀部が椅子に接地するまでの時間を計測した。目印の回り方は被験者の自由とした。計測時に歩行補助具の使用の有無は問わないこととした。測定回数は2回とし、2回のうち最小値(秒)をTUGの解析値とした。

③下肢筋力

下肢筋力として、等尺性収縮による術側の股関節外転筋力と膝関節伸展筋力を測定した。測定機器はHand Held Dynamometer (HHD; μ Tas F-1, ANIMA, Tokyo, Japan)を使用した。測定方法は先行研究で提示された方法を参考にした[11]。股関節外転筋力は背臥位で測定し、股関節の角度は内外転 0° 、屈曲 0° とした。センサーパッドは大腿遠位外側に設置し、ベルトで固定した。膝関節伸展筋力は座位で測定し、膝関節の角度は屈曲 90° とし、床に足底面が接地しないようにした。センサーパッドは下腿遠位に設置し、ベルトで固定した。2回の練習を行った後、測定として最大努力で5秒間の運動を行わせた。計測中には検者による十分な声掛けを行った。測定回数

は 2 回とし、同一筋群の測定の間には 30 秒間の休息時間を設けた。計測した 2 回の値のうち最大値をレバーアームで乗じた値（トルク値）（Nm）を解析値とした。なお、股関節外転筋力のレバーアームは大転子からセンサー中央部（大腿遠位端）までの距離とし [34]、膝関節伸展筋力のレバーアームは膝関節裂隙からセンサー中央部（下腿遠位部）までの距離とした。膝関節伸展筋力はどの研究でも採用されている標準的方法であるため、信頼性は担保されている。一方で、股関節外転筋力については研究毎に異なる方法が採用されているため [11-14]、検者間相関係数 {ICC (2,1)} を算出して計測の信頼性を検討した。健常者 10 名を対象として、2 人の検者によって同一日に測定を行ったところ、股関節外転筋力の測定時における検者間相関係数 ICC (2,1) は 0.85 であり、Landis らによる基準として almost perfect に相当した [35]。

体格が異なる対象者を比較する場合には筋力値を体重で除した値を用いることがある。しかしながら、筋力は体重よりも骨格筋量との関連が強く、さらに、体重と筋力の関係性については様々な要因によって調整される。本研究においても、体重と膝関節伸展筋力ならびに股関節外転筋力の相関係数 r は 0.3-0.4 と中等度の相関を認める程度であった。そこで、本研究ではトルク体重比ではなくトルクを使用し、体重を統計的に調整するモデルを選択することとした。

④身体活動量

身体活動量の指標として歩数を採用した。歩数の測定には 3 軸加速

度センサーを用いたデジタル歩数計（TH-400, YAMASA, Tokyo, Japan）を使用した。このデバイスは測定の妥当性ならびに信頼性がすでに証明されているデバイス（EX-510, YAMAX, Tokyo, Japan）と同じ会社で製作されており、かつ同じアルゴリズムを使用しているものであるため、妥当性ならびに信頼性は担保されている [36]。対象者には、デジタル歩数計を入浴時と就寝時を除いた 24 時間、身体に装着するよう指導した。装着する部位は着用する服装に合わせて自由としたが、ストラップを使用して吊り下げることのみ禁止とした。未装着の時間があった場合には、別紙にその時間を記入することを指示した。先行研究では装着時間が 12 時間以下の場合には除外対象にすべきであることを示唆している [37]。睡眠時間を 8 時間とみなした上で、4 時間以上の未装着があった場合には欠損値として扱った。身体活動量が術後の筋力に及ぼす影響を明らかにするために、筋力が回復する以前に計測を行う必要がある。術直後の身体活動量は極端に低下している可能性があるため、術後 2 ヶ月時を計測時期として設定することとし、未装着日の歩数を除いた術後 31 日目から術後 60 日目までの歩数（歩／日）を解析対象とした。

2-5. 統計解析方法

全ての値は平均値（標準偏差）あるいは中央値（第 1 四分位数 to 第 3 四分位数）で記載した。THA 患者と健常者の背景因子と TUG を比較するために、2 標本 t 検定またはマンホイットニーの U 検定を用いた。術後の JOA スコア、TUG、そして膝関節伸展筋力と股関節外

転筋力を術前の値と比較するために、対応のある t 検定か Wilcoxon の符号付順位和検定を用いた。術後 12 ヶ月時の筋力を健常者の値と比較するために、体重を調整因子として投入した一般線形モデルを用いた。

術後 12 ヶ月時の股関節外転筋力ならびに膝関節伸展筋力を規定する因子を明らかにするために一般化線形モデルを用いた。一般化線形モデルは線形モデルを拡張した手法であり、誤差構造に任意の指数分布族の確率分布を選択できる。本研究では、誤差構造として正規分布とガンマ分布を選択した。ガンマ分布を選択した場合、リンク関数は逆関数を選択した $\{f(x) = 1/(a+x), a = \text{定数}\}$ 。まず、目的変数を術後 12 ヶ月時の股関節外転筋力ならびに膝関節伸展筋力とし、説明変数は術前筋力のみとしたモデルを作成した (Step 1: 単変量分析)。その後、術前筋力、年齢、体重、身長、罹患期間、身体活動量、および脚延長を説明変数として全投入法を用いてモデルを作成した (Step 2: 多変量分析)。また、説明変数については相関行列を算出した。そのすべての説明変数を中心化した後に、術前筋力と年齢、罹患期間、身体活動量、および脚延長量の積をそれぞれ交互作用項として作成し、そのいずれかを説明変数に追加して、再度モデルを作成した (Step 3: 交互作用項を伴う多変量解析)。交互作用項が有意であり、Step 2 と Step 3 の誤差が有意に減少しているかどうか、 χ^2 乗検定を用いて検討した。そして、有意な減少を示した場合には単純傾斜分析を Cohen & Cohen による方法を用いて行った [38]。条件は平均値 ± 1 SD を採用した。モデルの選択基準には赤池の情報量規準

(AIC) を用い、AIC が最も低値であるモデルを最終モデルとして解析に使用した。線形モデルのための計算方法 ($\alpha = 0.05$, $1-\beta = 0.95$, エフェクトサイズ 0.3, 投入説明変数 8) を用いて、サンプルサイズは 84 人必要であると算出した。THA 術後 12 ヶ月時までの縦断研究において 20~30% のドロップアウト率が想定されたのに対して、実際には 5~39% であったと報告されていることから [9,13]、25% のドロップアウトを想定して、ベースラインの測定として 115 人を採用することとした。全ての統計解析には R version 3.1.2 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) を使用した。

2-6. 安全管理ならびに倫理的配慮

本研究は、海老名総合病院倫理委員会 (第 207 号) と座間総合病院倫理委員会の承諾を得てから、対象者に対し測定時の注意事項を十分に説明し、同意を得た後に実施した。

3. 結果

3-1. 対象者の背景因子

表 1 に対象者の背景因子を示す。年齢 {THA 群 : 62.9 ± 7.9 歳、健常者群 : 66.0 (52.3 to 72.3) 歳}、身長 {THA 群 : 154.1 (5.2) cm、健常者群 : 155.4 (6.5) cm}、体重 {THA 群 : 54.8 (49.4 to 59.8) kg、健常者群 : 52.7 (47.2 to 59.3) kg}、および BMI {THA 群 : 22.8 (21.4 to 25.4)、健常者群 : 21.9 (20.4 to 24.1)} は、THA 群と健常者群との間で有意な差は認めなかった。なお、THA 群の罹患期間は 5.0 (2.6 to 10.0) 年、入院期間は 19.5 (17.0 to 23.0) 日であった。

3-2. 手術情報

手術時間は 71.0 (62.3 to 81.8) 分、術中出血は 205 (150 to 300) mm、脚延長量は 8.6 (4.5 to 12.7) mm、そしてオフセットは 39.6 (4.9) mm であった。

3-3. THA 術後の身体機能の変化

3-3-1. JOA スコア

表 2 に術前、術後 6 ヶ月時、および術後 12 ヶ月時での術側の JOA スコアを示す。

術前、術後 6 ヶ月時、および術後 12 ヶ月時の疼痛はそれぞれ 15.0

(10.0 to 20.0) 点、40.0 (35.0 to 40.0) 点、および 40.0 (40.0 to 40.0) 点であり、術後 12 ヶ月時の疼痛は術前ならびに術後 6 ヶ月時と比較して有意に高値を示した ($p<0.01$)。関節可動域はそれぞれ 12.5 (11.0 to 15.0) 点、16.0 (15.0 to 17.0) 点、および 16.0 (15.0 to 18.0) 点であり、術後 12 ヶ月時の関節可動域は術前ならびに術後 6 ヶ月時と比較して有意に高値を示した ($p<0.01$)。歩行能力はそれぞれ 10.0 (10.0 to 15.0) 点、20.0 (18.0 to 20.0) 点、および 20.0 (20.0 to 20.0) 点であり、術後 12 ヶ月時の歩行能力は術前ならびに術後 6 ヶ月時と比較して有意に高値を示した ($p<0.01$)。ADL はそれぞれ 14.0 (12.0 to 14.0) 点、18.0 (16.0 to 20.0) 点、および 20.0 (18.0 to 20.0) 点であり、術後 12 ヶ月時の歩行能力は術前ならびに術後 6 ヶ月時と比較して有意に高値を示した ($p<0.01$)。合計点はそれぞれ 54.0 (45.0 to 63.0) 点、91.0 (87.0 to 95.0) 点、および 95.0 (92.0 to 96.0) 点であり、術後 12 ヶ月時の歩行能力は術前ならびに術後 6 ヶ月時と比較して有意に高値を示した ($p<0.01$)。

3-3-2. TUG

表 2 に THA 群における術前から術後 6 ヶ月時、12 ヶ月時の TUG の変化と健常者群の値を示す。

術前、術後 6 ヶ月時、および術後 12 ヶ月時の TUG はそれぞれ、8.4 (1.8) 秒、6.9 (1.1) 秒、そして 6.7 (0.9) 秒 であり、術後 12 ヶ月時の TUG は術前ならびに術後 6 ヶ月時と比較して有意に低値

を示した ($p<0.01$)。健常者群の TUG は 5.7 (0.6) 秒であった。全ての時期において、健常者群と比較して、THA 群の TUG は有意に高値を示した ($p<0.01$)。

3-3-3. 身体活動量

表 1 に身体活動量の結果として平均歩数を示す。THA 術後 31 日目から術後 60 日目までの平均歩数は 3581 (2392 to 4972) 歩であった。

3-3-4. 下肢筋力

表 2 および図 3 に術前、術後 6 ヶ月時、術後 12 ヶ月時および健常者群の筋力を示す。

術前、術後 6 ヶ月時、および術後 12 ヶ月時の股関節外転筋力はそれぞれ、40.7 (10.8) Nm、51.1 (12.0) Nm、および 55.0 (12.3) Nm であり、術後 12 ヶ月時の股関節外転筋力は術前ならびに術後 6 ヶ月時と比較して有意に高値を示した ($p<0.01$)。なお、健常者群の股関節外転筋力は 69.1 (13.7) Nm であり、術前、術後 6 ヶ月時、および術後 12 ヶ月時の股関節外転筋力はすべて健常者と比較して有意に低値であった ($p<0.01$)。

術前、術後 6 ヶ月時、および術後 12 ヶ月時の膝関節伸展筋力はそれぞれ、53.8 (16.1) Nm、62.3 (16.0) Nm、および 68.5 (16.4) Nm であり、術後 12 ヶ月時の膝関節伸展筋力は術前ならびに術後 6

ヵ月時と比較して有意に高値を示した ($p<0.01$)。なお、健常者群の膝関節伸展筋力は 71.1 (21.0) Nm であり、術前、術後 6 ヶ月時の膝関節伸展筋力は健常者と比較して有意に低値であった ($p<0.01$) が、術後 12 ヶ月時の値には有意差を認めなかった。

3-3-5. THA 術後 12 ヶ月時の筋力の予測モデル

3-3-5-1. 相関行列

表 3 に相関行列の結果を示した。術後 12 ヶ月時の股関節外転筋力と膝関節伸展筋力は年齢と負の有意な相関を示し ($p<0.05$)、身長と体重と有意な正の相関を示した ($p<0.05$) が、脚延長量と罹患期間とは有意な相関を認めなかった。術前の股関節外転筋力は術前の膝関節伸展筋力と有意な相関を示し ($p<0.01$)、術後の股関節外転筋力は術後の膝関節伸展筋力と有意な相関を示した ($p<0.01$)。

3-3-5-2. 股関節外転筋力

表 4 と 5 に一般化線形モデルの結果を示した。股関節外転筋力において、正規分布を仮定したモデルの AIC はガンマ分布を仮定したモデルの値と比較して低値であった。そして、交互作用項を考慮しない多変量解析 (Step 2) の AIC (607.05) が最も低値であり、これを股関節外転筋力の最終モデルとした。その結果、術後 12 ヶ月時の股関節外転筋力を有意に規定する因子として、術前筋力、年齢、体重、身体活動量、および脚延長量が抽出された。VIF は 10 以下で多重共線性は認められなかった。

3-3-5-3. 膝関節伸展筋力

膝関節伸展筋力において、ガンマ分布を仮定したモデルの AIC は正規分布を仮定したモデルの値と比較して低値であった。そして、術前筋力と年齢による交互作用項を考慮した多変量解析である Step 3 の AIC (639.76) が全ての Step の中で最も低値であった。そして、Step 3 の誤差は Step 2 と比較して有意に減少していた ($p < 0.05$)。したがって、交互作用項を含む Step 3 を最終モデルとした。なお、交互作用項を投入したモデルを検討したところ、膝関節伸展筋力のモデルにおける術前筋力と年齢との間の交互作用は有意であったが、他の因子については有意な交互作用を認めなかった。膝関節伸展筋力の Step 3 において、術後 12 ヶ月時の筋力を有意に規定する因子として、術前筋力、年齢、体重、身体活動量、罹患期間、および術前筋力と年齢による交互作用項が抽出された。VIF は 10 以下で多重共線性は認められなかった。下位検定として単純傾斜分析を行った結果 (図 4)、年齢を +1 SD (高齢患者) としたときの、術前膝関節伸展筋力と術後 12 ヶ月時の膝関節伸展筋力による単純傾斜は統計的に有意であったが、-1 SD (壮年患者) としたときには有意ではなかった。壮年患者は術前の筋力には関係なく、健常者群と同等のレベル (71.7Nm) まで筋力は回復したと推定された。一方で、術前の筋力が低い高齢者の術後筋力は健常者群と比較して低値であり、術前の筋力が健常者群と同等の対象者に限ってコントロールのレベルまで回復することが推定された。

4. 考察

本研究は、交互作用項を用いて術後12ヵ月時の股関節外転筋力と膝関節伸展筋力を規定する因子を検討した最初の報告である。本研究における最大の知見は、術後12ヵ月時の膝関節伸展筋力に対して、術前筋力と年齢による交互作用項が有意な説明変数であったことから、術前の膝関節伸展筋力の効果は一定ではなく、年齢に依存している可能性が示されたことである。壮年者の術後12ヵ月時の膝関節伸展筋力は、術前の筋力に関係なく良好な回復を示すが、術前筋力が低値の高齢者は十分な回復には至らないことが示唆された。

4-1. THA術後12ヵ月時の筋力と歩行能力

本研究における歩行能力の経過に着目すると、TUGは健常者と比較して有意に遅かった（時間換算で117%、速度換算で85%）。この値は先行研究におけるTHA術後の歩行能力（TUG）の健常者比（速度換算で80-90%）とほぼ一致した [10,13]。次に筋力の経過に着目すると、術後6ヵ月時の外転筋力と膝関節伸展筋力を健常者と比較するとそれぞれ74%と87%であり、どちらの筋力も健常者と比較して有意に低値であった。これらの結果を本研究と背景因子が類似している先行研究と比較すると、THA術後6ヵ月時の外転筋力と膝関節伸展筋力はともに健常者の75%と有意に低値であったと報告されており、両筋の筋力低下が残存している可能性が示された [11]。一方で、術後12ヵ月時の結果に着目すると、膝関節伸展筋力は健常者の

レベルまで達したが、外転筋力は健常者のレベルよりも有意に低値であった。したがって、少なくとも術後12ヵ月以降も下肢筋力には問題が残存していることが示唆された。しかしながら、先行研究において、股関節外転筋力は健常者と同等レベルまで回復したが、膝関節伸展筋力は健常者と比較して有意に低値であったと報告されており

[13]、いずれの結果も本研究と先行研究は一致しなかった。この不一致には筋力測定方法の違いだけでなく、患者や健常者群の背景因子、手術方法、そして術後プロトコールも影響を及ぼしている可能性がある。THA術後の下肢筋力を調査し、健常者と比較した報告は未だ少なく、術後12ヵ月時の下肢筋力の回復状況には未だ不明な点が多いことから、多施設共同研究を行うなど、今後の詳細な研究が必要となる。

4-2. THA術後12ヵ月時の筋力の予測モデル

本研究において、術後筋力を規定する因子を明らかにするための統計的予測モデルを作成した。多変量解析において、目的変数に対する説明変数の影響は他の因子がどのような値であっても一定になることが仮定されている。言い換えると、術後筋力に対する術前筋力の効果はどの患者においても等しいことになるが、この仮定は臨床的な経験と一致しない。例えば、加齢に伴って骨格筋量ならび筋力は低下することが知られており [39,40]、THA術後12ヵ月時までの縦断調査においても、高齢者の筋力回復は壮年者と比較して乏しいことが予想される。さらに、長い罹患期間による筋萎縮 [41] や、過度な脚延長

による筋へのダメージ、術後の活動低下 [42] は術後の筋力の回復を阻害する可能性がある。術前の筋力と特定の要因による交互作用項を含めることで、術前の筋力の偏回帰係数が他の要因に依存しているかどうかを評価することが出来る。特定の因子との交互作用が有意であり、術前筋力の偏回帰係数が変化する場合、術前筋力が低い被験者の術後筋力の期待値はさらに低くなる可能性がある。したがって、交互作用項を含めることで、予測モデルの精度が向上するだけでなく、術後の筋力が低下する可能性が高い被験者を特定することが出来ると考えられた。

術後の機能を予測する研究の多くは誤差構造に正規分布を仮定する重回帰分析を用いているが [21,23]、術前の筋力と術後の筋力の関係性は必ずしも線形関係にあるとは限らない。交互作用項が有意な場合には術前筋力の影響が異なる複数の群が存在する可能性があり、その際に線形関係を仮定することは当てはまりの低下をきたす可能性がある。そこで、正規分布だけでなく、曲線を推定することが可能であるガンマ分布も誤差構造に仮定して分析を行い、当てはまりの良いモデルを選択することとした。

股関節外転筋力におけるAICが最も小さいモデルは正規分布を仮定したStep 2であり、膝関節伸展筋力におけるAICが最も小さいモデルはガンマ分布を仮定したStep 3であったことから、これらを最終モデルとした。膝関節伸展筋力のモデルのリンク関数は逆関数であるため、回帰係数が負であった場合には、術前筋力の増加に伴って術後筋力の改善度合いが高まることを推定している。股関節外転筋力と膝

関節伸展筋力を規定する共通する因子として術前筋力（膝関節伸展筋力は主効果に加えて術前筋力と年齢による交互作用項も有意）、年齢、体重、そして身体活動量が抽出された。術前筋力、年齢および体重は一般的に筋力に関連する因子であることから、このモデルの結果は妥当であり、これらの因子は術後筋力を規定するものであると考えられた。一方で、THA術後早期の身体活動量が術後12ヵ月時の筋力を独立して規定する因子であることは本研究によって初めて示された。身体活動量と筋力の因果関係については様々な報告がある

[25,26,43,44]。筋力が高いものが身体活動量を高く維持できる可能性があり、必ずしも活動量を高く維持することが筋力の改善に寄与するかどうかは明らかではなかった。したがって、筋力が十分に回復されていない時期として、術後2ヵ月時の身体活動量を代表値として採用し、術後12ヵ月時の筋力を規定するかどうかを検討した。その結果、THA術後31日目から60日目の平均歩数は術前筋力やその他の因子と独立して術後12ヵ月時の筋力を規定する因子として抽出された。さらに、相関行列の結果から、身体活動量は術前筋力との相関は有意ではなく、筋力が高いものが身体活動量を高く維持できたという可能性は低いと考えられた。したがって、術後12ヵ月時の筋力を予測する際に術後早期の身体活動量は有用である可能性が示された。さらに、術後早期に歩数を増加させることが筋力の改善を促進させる可能性もあるが、因果関係を示すためには介入研究などの詳細な研究が必要になると考えられる。

次に交互作用項を導入したモデルの結果に着目する。膝関節伸展筋

力について、術前筋力と年齢との間に有意な交互作用を認めた。その後の単純傾斜分析において、壮年者は術前の筋力に関係なくほぼ正常レベルに至り、高齢者でも術前の筋力が高いものは正常レベルまで達する見込みがあることが示された。一方で、術前の筋力が低値である高齢者の術後12ヵ月時の筋力の期待値は十分ではなかった。本研究において、55歳と70歳を基準にそれぞれ群分けを行った。一般的な年齢による体力の影響を考慮した場合、70歳から80歳にかけて体力の低下をきたし易いことが報告されていることから、妥当な基準になると言える [39,40]。膝関節伸展筋力は股関節の変形による直接的な影響は受けないが、変形性股関節症により筋力低下や筋萎縮をきたす可能性がある [41,42]。長い罹患期間は膝関節伸展筋自体の萎縮を進行させ、術後の筋力の回復を妨げる可能性があることから、説明変数として罹患期間も採用した。高齢である場合には罹患期間が長いことが予測できるが、年齢と罹患期間の関係性については有意な相関を認めておらず、年齢による術後筋力への影響は罹患期間とは独立して存在すると言える。膝関節伸展筋力は短期的には改善しにくいことが指摘されているものの [11,13]、OAによる直接的な影響はなく、前外側進入法による術中の侵襲もないことから、長期的には改善しやすい筋群の一つであると考えられる。一方で、高齢者の筋力低下は局所的な状態ではなく、骨格筋量減少、栄養状態低下、そして活動低下を伴った廃用症候群を呈している可能性があり [43-45]、このような状態にある高齢者の筋力の改善はとくに乏しいと考えられる。そのため、高齢者は特に術前筋力の影響を強く受けたのではないかと考え

られた。つまり、高齢かつ術前筋力が乏しい患者は術後の筋力回復が乏しいと考えられた。以上から、術後12ヵ月時の膝関節伸展筋力を予測する際には、術前筋力と年齢との間の交互作用を考慮する必要があることが示唆された。次に外転筋力について考察する。多くの二次性変形性股関節症患者は外転筋の短縮や筋萎縮を強く認めることが報告されている [40]。また、最小侵襲手術であっても術後に外転筋の損傷を認めるという報告もある [47]。このようにTHA術後の外転筋は構造的問題を呈していることが多く、術後の外転筋力の回復は阻害されやすいと考えられる。術後の筋力を規定する因子として脚延長量が抽出されたが、この結果は術前からの脚短縮に伴う外転筋の変性と、脚延長に伴う筋損傷は筋力の回復を阻害する因子であることを示唆するものである。一方で術前外転筋力と有意な交互作用を認める項目はなかった。この結果は術前筋力が低値である場合には他の因子と独立して術後筋力の回復が乏しくなることを示しており、外転筋の構造的問題は極めて重要であると考えられる。

以上から、術後筋力に対する術前筋力の効果が他の因子に依存しているかどうかは筋力によって異なる結果となった。本研究では股関節外転筋力と膝関節伸展筋力のみ対象としたが、他の股関節周囲筋力についても術前筋力と交互作用を有する因子がある可能性がある。正確な予測モデルを検討するためには、術前筋力との交互作用をもつ因子を明らかにしていくことが重要であると考えられるため、今後の更なる研究を要する。

本研究において、術前の股関節外転筋力と術前の膝関節伸展筋力、

そして、術後の股関節外転筋力と術後の膝関節伸展筋力の間に関連性があった。先行研究において、変形性股関節症患者の膝関節伸展筋力の低下と変形性膝関節症患者の股関節外転筋力の低下が報告されており [40,48]、影響を受けた関節以外の関節でも筋力低下が生じる可能性がある。影響を受けた関節以外の関節の筋力回復のプロセスは、術後の全体的な筋力回復のプロセスに影響を与える可能性があるが、詳細は明らかではなく、更なる研究が必要であると考えられる。

4-3. 臨床的示唆

交互作用項を投入したモデルの結果から、高齢かつ術前筋力が乏しい患者については、術後 12 ヶ月時点で十分な改善を認めなかったことから、術前からの積極的なトレーニングを行う必要性が示唆された。膝関節伸展トレーニングはスクワットやパテラセッティングなどに代表されるが、いずれも低リスクかつ簡便に行える方法であり、手術までの待機期間に自主トレーニングとして指導することにより、術後の経過を改善することが期待される。

4-4. 研究の限界

本研究にはいくつかの限界がある。第一に Drop out 数が多かったことが挙げられる。12 ヶ月時間の長期的な調査を完遂できず除外された患者は、想定の内だが、全体の 28.7%であった。それによって、リハビリテーションに対して積極的な患者が残ってしまうなど

の選択的バイアスの存在が否定できない。しかしながら、追加分析によって Drop out した患者の術前の股関節外転筋力と膝関節伸展筋力を分析対象と比較したところ、両群に有意差を認めなかったことから、最も影響力のある主効果に対する選択的バイアスは避けられたと考えられる。第二に、変形性股関節症以外の整形外科的合併症を有する患者を除外対象としたため、平均的な THA 術後患者と比較して経過良好な患者のみが解析対象となった可能性がある。

5. 結語

交互作用項を用いて THA 術後 12 ヶ月時の股関節外転筋力と膝関節伸展筋力を規定する因子を検討した。術前筋力、年齢、体重、そして身体活動量はどちらの筋力も規定する因子であり、罹患期間は膝関節伸展筋力のみを、脚延長量は股関節外転筋力のみを規定する独立した因子であった。さらに、膝関節伸展筋力を規定するモデルにおいて、術前筋力と年齢との間に交互作用があり、術後筋力に対する術前筋力の効果は年齢に依存していた。そして、壮年者は術前の筋力に関係なく術後の筋力回復は良好であったが、術前筋力が低下している高齢者は術後筋力の回復は乏しいことが示唆された。

6. 謝辞

本研究の遂行にあたり、指導教官として北里大学医療衛生学部の高平尚伸教授には終始多大なご指導を賜りました。また、同学部の渡邊裕之准教授にも大変お世話になりました。ここに深謝の意を表します。

データ収集のために協力してもらった海老名総合病院と座間総合病院リハビリテーション科のスタッフ、統計手法についてご指導いただきました生物科学研究所の井口豊博士に深く感謝します。

7. 引用文献

1. Lane NE. Clinical practice. Osteoarthritis of the hip. *N Engl J Med* 2007; 357: 1413-21.
2. 変形性股関節症診療ガイドライン, 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会変形性股関節症ガイドライン策定委員会編, 南江堂, 東京2008.
3. Yoshimura N, Campbell L, Hashimoto T, Kinoshita H, Okayasu T, Wilman C, et al. Acetabular dysplasia and hip osteoarthritis in Britain and Japan. *Br J Rheumatol* 1998; 37: 1193-7.
4. Inoue K, Wicart P, Kawasaki T, Huang J, Ushiyama T, Hukuda S, et al. Prevalence of hip osteoarthritis and acetabular dysplasia in French and Japanese adults. *Rheumatology (Oxford)* 2000; 39: 745-8.
5. 齋藤 昭, 菊地 臣一: 変形性股関節症の疫学—1601例の病院受診者に対する調査. *臨整外* 2000; 35: 47-51.
6. Siopack JS, Jergesen HE. Total hip arthroplasty. *West J Med* 1995; 162: 243-9.
7. Rat AC, Guillemin F, Osnowycz G, Delagoutte JP, Cuny C, Mainard D, Baumann C. Total hip or knee replacement for osteoarthritis: mid- and long-term quality of life. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2010; 62: 54-62.
8. Jones CA, Voaklander DC, Johnston DW, Suarez-Almazor ME. Health related quality of life outcomes after total hip and

- knee arthroplasties in a community-based population. *J Rheumatol.* 2000; 27: 1745-52.
9. Fujita K, Makimoto K, Tanaka R, Mawatari M, Hotokebuchi T. Prospective study of physical activity and quality of life in Japanese women undergoing total hip arthroplasty. *J Orthop Sci.* 2013; 18: 45-53.
10. Vissers MM, Bussmann JB, Verhaar JA, Arends LR, Furlan AD, Reijman M. Recovery of physical functioning after total hip arthroplasty: systematic review and meta-analysis of the literature. *Phys Ther.* 2011; 91: 615-29.
11. Fukumoto Y, Ohata K, Tsukagoshi R, Kawanabe K, Akiyama H, Mata T, et al. Changes in hip and knee muscle strength in patients following total hip arthroplasty. *J Jpn Phys Ther Assoc.* 2013; 16(1): 22-7.
12. Rasch A, Dalen N, Berg HE. Muscle strength, gait, and balance in 20 patients with hip osteoarthritis followed for 2 years after THA. *Acta Orthop.* 2010; 81: 183-8.
13. Judd DL, Dennis DA, Thomas AC, Wolfe P, Dayton MR, Stevens-Lapsley JE. Muscle strength and functional recovery during the first year after THA. *Clin Orthop Relat Res* 2014; 472(2): 654-64.
14. Nankaku M, Tsuboyama T, Aoyama T, Kuroda Y, Ikeguchi R, Matsuda S. Preoperative gluteus medius muscle atrophy as a

- predictor of walking ability after total hip arthroplasty. *Phys Ther Res*; 2016; 19: 8-12.
15. Bean JF, Kiely DK, Leveille SG, Mizer K, Frontera WR, Fielding RA. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J Am Geriatr Soc* 2002; 50: 461-7.
16. Hernandez ME, Goldberg A, Alexander NB. Decreased muscle strength relates to self-reported stooping, crouching, or kneeling difficulty in older adults. *Phys Ther*. 2010; 90(1): 67-74.
17. Takahashi Y, Takahira N, Uchiyama K, Fukushima K, Moriya M, Shibuya M. Sports activity participation and subjective health status of patients after total hip arthroplasty via the anterolateral-supine approach: a case series study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022; 23(1): 943.
18. Sturnieks DL, Tiedemann A, Chapman K, Munro B, Murray SM, Lord SR. Physiological risk factors for falls in older people with lower limb arthritis. *J Rheumatol*. 2004; 31: 2272-79
19. Ninomiya K, Takahira N, Ikeda T, Suzuki K, Sato R, Hirakawa K. Predictors of falls in patients during the first year after total hip arthroplasty: A prospective cohort study. *Health Sci Rep*. 2020; 3(3): e184.

20. Fortin PR, Clarke AE, Joseph L, Liang MH, Tanzer M, Ferland D, et al. Outcomes of total hip and knee replacement: preoperative functional status predicts outcomes at six months after surgery. *Arthritis Rheum.* 1999; 42(8): 1722-8
21. Ikeda T, Jinno T, Aizawa J, Masuda T, Hirakawa K, Ninomiya K, et al. Effects of perioperative factors and hip geometry on hip abductor muscle strength during the first 6 months after anterolateral total hip arthroplasty. *J Phys Ther Sci.* 2017; 29(2): 295-300.
22. Slaven EJ: Prediction of functional outcome at six months following total hip arthroplasty. *Phys Ther,* 2012; 92: 1386–94.
23. Nankaku M, Tsuboyama T, Akiyama H, Kakinoki R, Fujita Y, Nishimura J, et al. Preoperative prediction of ambulatory status at 6 months after total hip arthroplasty. *Phys Ther.* 2013; 93(1): 88-93.
24. Buirs LD, Van Beers LW, Scholtes VA, Pastoors T, Sprague S, Poolman RW. Predictors of physical functioning after total hip arthroplasty: a systematic review. *BMJ Open.* 2016; 6(9): e010725.
25. Nemoto K, Gen-no H, Masuki S, Okazaki K, Nose H. Effects of high-intensity interval walking training on physical fitness and blood pressure in middle-aged and older people. *Mayo Clin Proc.* 2007; 82(7): 803-11.

26. Hollmann W, Strüder HK, Tagarakis CV, King G. Physical activity and the elderly. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2007; 14(6): 730-9.
27. Lang T. Documenting research in scientific articles: Guidelines for authors: 3. reporting multivariate analyses. *Chest.* 2007; 131(2): 628-32.
28. Rottinger H. Minimally invasive anterolateral surgical approach for total hip arthroplasty: early clinical results. *Hip Int.* 2006; 16 Suppl 4: 42-7.
29. Kusaba A, Asahi M, Hirano M, Sunami H, Kondo S. Ceramic on ceramic bearings for dysplastic hips: analysis of uncemented 2,861 THAs. *J Long Term Eff Med Implants.* 2020; 30(4): 275-82.
30. Fukushi JI, Kawano I, Motomura G, Hamai S, Kawaguchi KI, Nakashima Y. Does hip center location affect the recovery of abductor moment after total hip arthroplasty? *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018; 104(8): 1149-53.
31. van Baar ME, Dekker J, Lemmens JA, Oostendorp RA, Bijlsma JW. Pain and disability in patients with osteoarthritis of hip or knee: the relationship with articular, kinesiological, and psychological characteristics. *J Rheumatol,* 1998; 25(1): 125-33.
32. Flecher X, Ollivier M, Argenson JN. Lower limb length and

- offset in total hip arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016; 102(1 Suppl): S9-20.
33. Kuribayashi M, Takahashi KA, Fujioka M, Ueshima K, Inoue S, Kubo T: Reliability and validity of the Japanese Orthopaedic Association hip score. *J Orthop Sci.* 2010; 15: 452-8
34. Awwad DH, Buckley JD, Thomson RL, O'Connor M, Carbone TA, Chehade MJ. Testing the hip abductor muscle strength of older persons using a handheld dynamometer. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2017; 8(3): 166-72.
35. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977; 33: 159-74.
36. Crouter SE, Schneider PL, Karabulut M, Bassett DR Jr. Validity of 10 electronic pedometers for measuring steps, distance, and energy cost. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35: 1455-60.
37. Masse LC, Fuemmeler BF, Anderson CB, Matthews CE, Trost SG, Catellier DJ, Treuth M. Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37(11 Suppl): S544-54.
38. Cohen J, Cohen P. *Applied multiple regression / correlation analysis for the behavioral sciences.* 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum; 1983.

39. Janssen I, Heymsfield SB, Wang ZM, Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J Appl Physiol.* 2000; 89(1): 81-8.
40. Young A, Stokes M, Crowe M, Size and strength of the quadriceps muscles of old and young women. *Eur J Clin Invest.* 1984; 14(4): 282-7.
41. Loureiro A, Mills PM, Barrett RS. Muscle weakness in hip osteoarthritis: a systematic review. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2013; 65(3): 340-52.
42. Suetta C, Aagaard P, Magnusson SP, Andersen LL, Sipilä S, Rosted A, et al. Muscle size, neuromuscular activation, and rapid force characteristics in elderly men and women: effects of unilateral long-term disuse due to hip-osteoarthritis. *J Appl Physiol.* 2007; 102(3): 942-8.
43. Park H, Park S, Shephard RJ, Aoyagi Y. Yearlong physical activity and sarcopenia in older adults: the Nakanajo Study. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 109(5): 953-61.
44. Cooper A, Lamb M, Sharp SJ, Simmons RK, Griffin SJ. Bidirectional association between physical activity and muscular strength in older adults: results from the UK Biobank study. *Int J Epidemiol.* 2017; 46(1): 141-8.
45. Larsson L, Degens H, Li M, Salviati L, Lee YI, Thompson W, Kirkland JL, Sandri M. Sarcopenia: aging-related loss of

- muscle mass and function. *Physiol Rev.* 2019; 99(1): 427-511.
46. Liu R, Wen X, Tong Z, Wang K, Wang C. Changes of gluteus medius muscle in the adult patients with unilateral developmental dysplasia of the hip. *BMC Musculoskelet Disord.* 2012; 13: 101.
47. Meneghini RM, Pagnano MW, Trousdale RT, Hozack WJ. Muscle damage during MIS total hip arthroplasty: Smith-Petersen versus posterior approach. *Clin Orthop Relat Res.* 2006; 453: 293-8.
48. Hinman RS, Hunt MA, Creaby MW, Wrigley TV, McManus FJ, Bennell KL. Hip muscle weakness in individuals with medial knee osteoarthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2010; 62(8): 1190-3.

8. 図表

図 1 : 対象者のフロー

図 2 : 研究プロトコール

図 3 : 術前、術後 6、12 ヶ月時股関節外転、膝関節伸展筋力

図 4 : 膝関節伸展筋力回帰曲線

表 1 : 対象者の背景因子、手術情報、身体活動量

表 2 : JOA スコア、筋力、TUG

表 3 : 相関行列

表 4 : 一般化線形モデルの各ステップにおける AIC

表 5 : 単変量解析および多変量解析結果

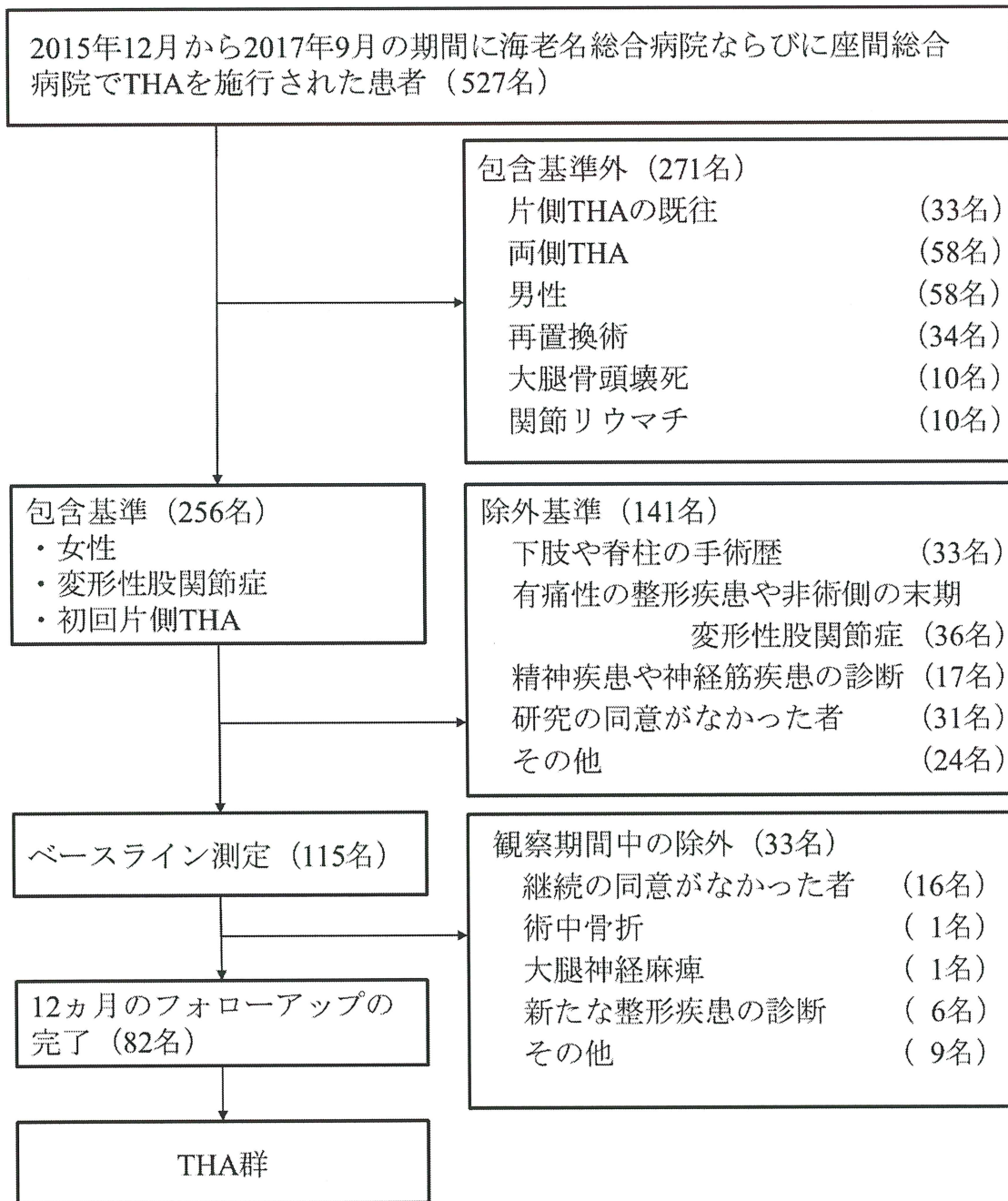


図 1: 対象者のフロー

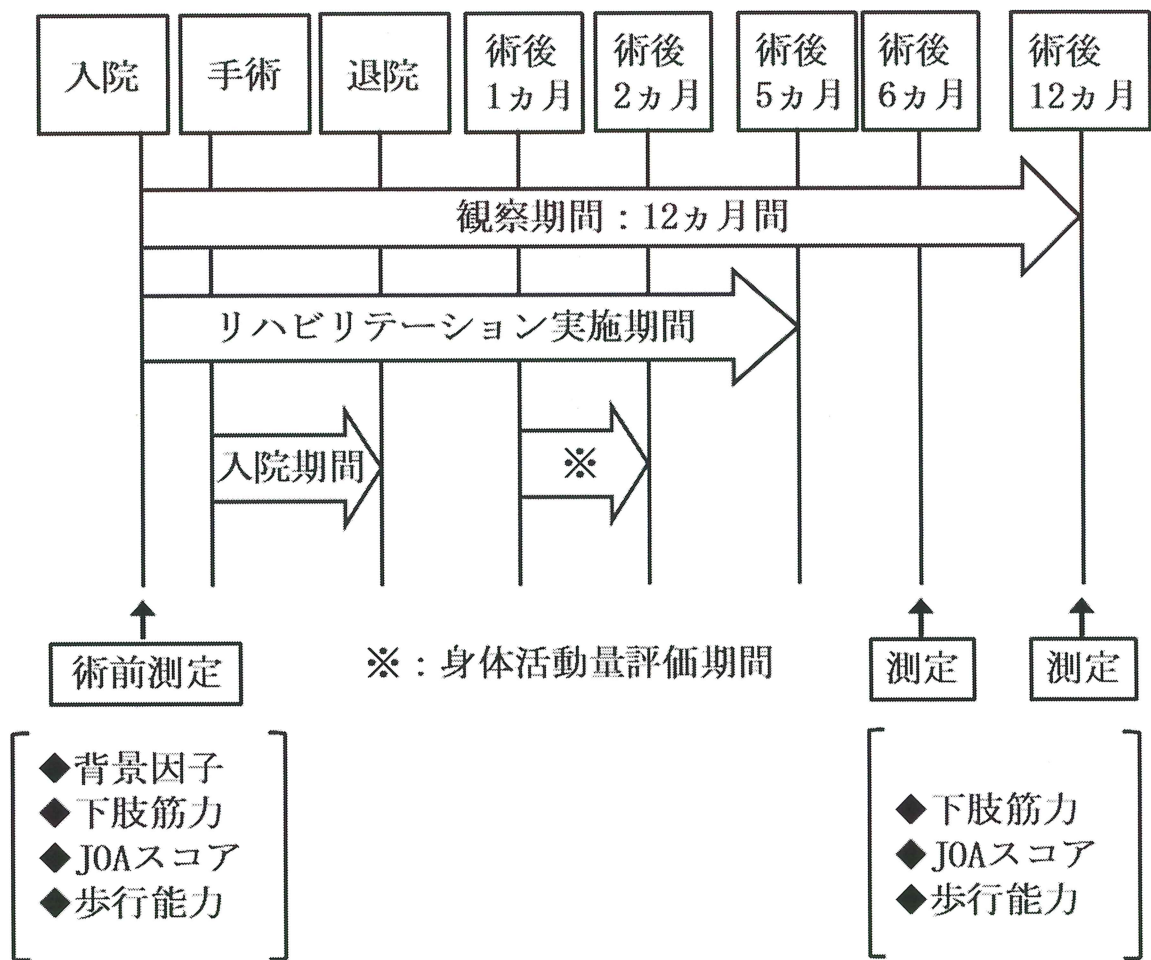


図 2: 研究プロトコール

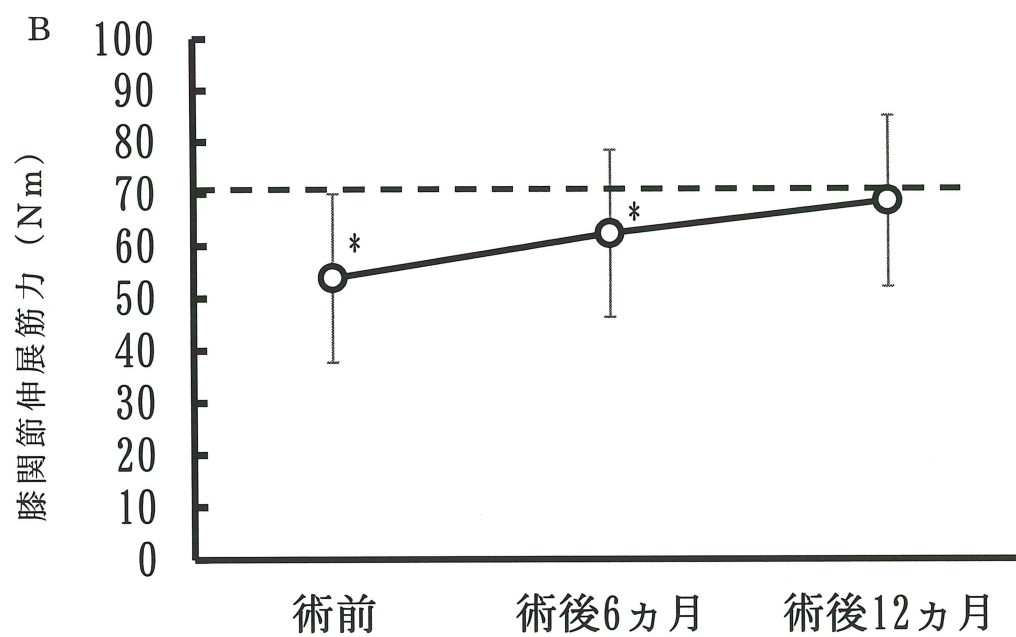
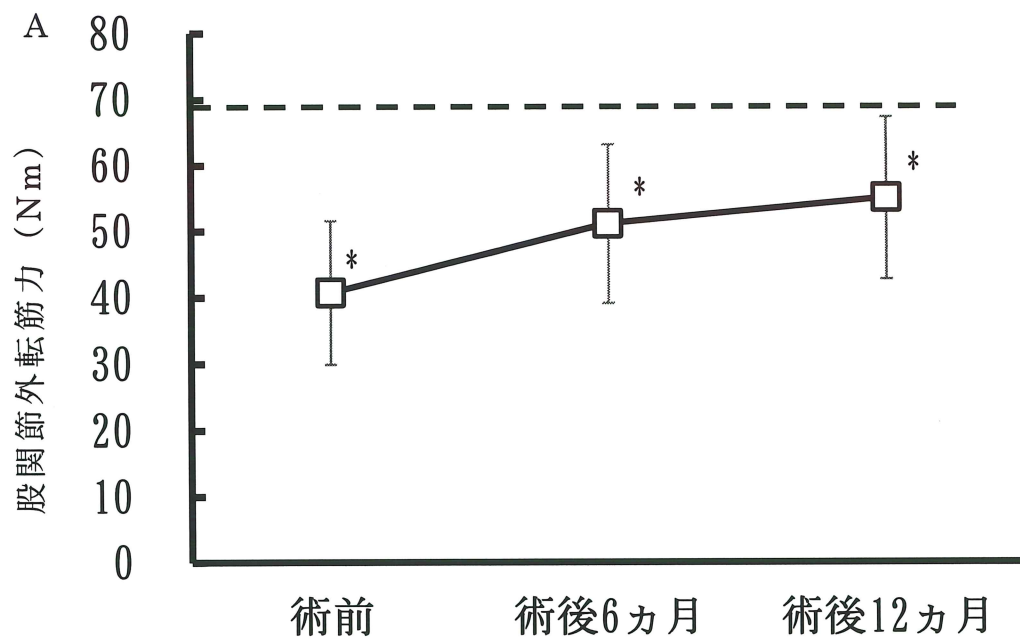


図 3 : 術前、術後 6、12 ヲ月時股関節外転、膝関節伸展筋力

A : 股関節外転筋力 (□)

B : 膝関節伸展筋力 (○)

* : $p < 0.05$ 、点線 : 健常者筋力

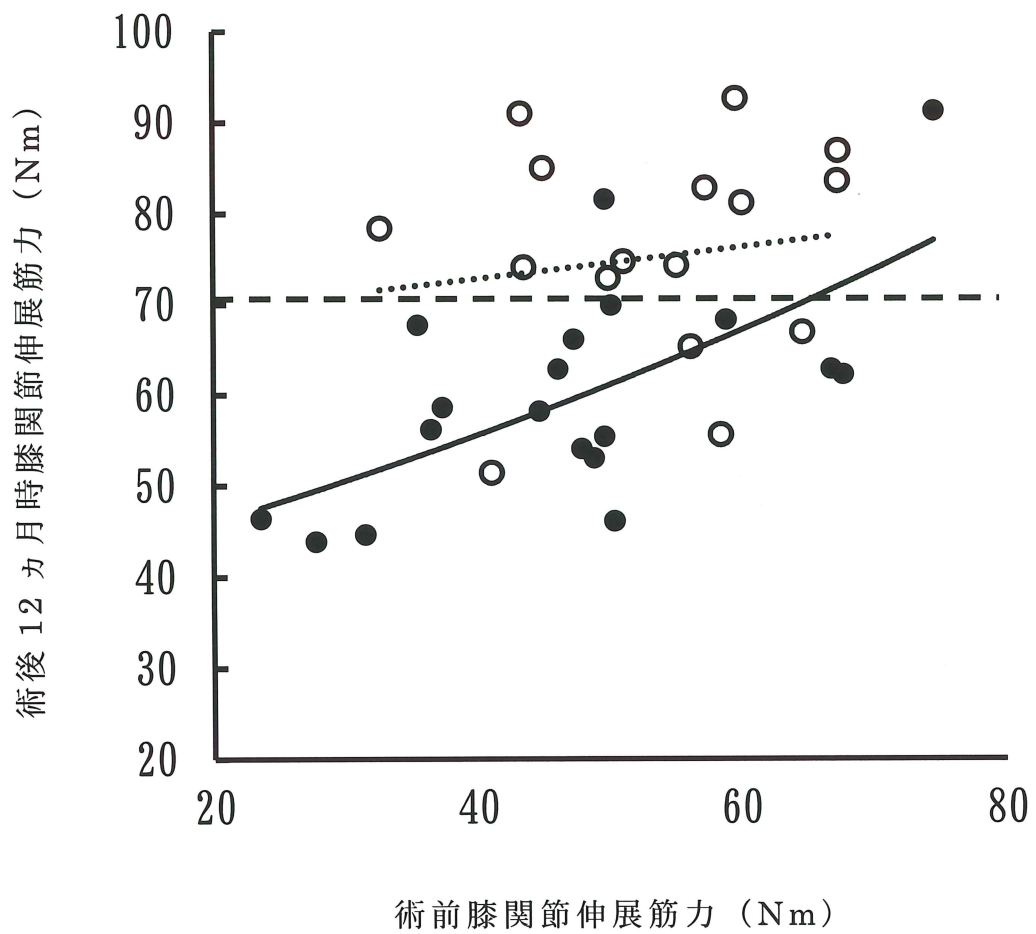


図 4：膝関節伸展筋力回帰曲線

●、実線：高齢者 (70 歳以上) $p < 0.05$

○、破線：壮年 (55 歳以下) n.s.

点線：健常者 (71.7Nm)

表 1：対象者の背景因子、手術情報、身体活動量

	THA患者	健常者	p値	95%信頼区間
背景因子				
年齢	62.9 (7.9)	66.0 (52.3 to 72.3)	0.771	-3.246 to 4.359
身長 (cm)	154.1 (5.2)	155.4 (6.5)	0.156	-3.898 to 0.633
体重 (kg)	54.8 (49.4 to 59.8)	52.7 (47.2 to 59.3)	0.198	-1.200 to 5.000
BMI	22.8 (21.4 to 25.4)	21.9 (20.4 to 24.1)	0.057	-0.025 to 2.280
入院期間 (日)	19.5 (17.0 to 23.0)			
罹患期間 (年)	5.0 (2.6 to 10.0)			
手術情報				
手術時間 (分)	71 (62.3 to 81.8)			
術中出血 (ml)	205 (150 to 300)			
脚延長量 (mm)	8.6 (4.5 to 12.7)			
オフセット (mm)	39.6 (4.9)			
身体活動量				
歩数 (歩/日)	3581 (2392 to 4972)			

平均(標準偏差)、中央値(第 1 四分位 to 第 3 四分位)

表 2 : JOA スコア、筋力、TUG

	術前		6ヵ月		12ヵ月		p値 (vs 12ヵ月)		健康者	p値 (vs 健康者)	
	術前	6ヵ月	6ヵ月	12ヵ月	術前	6ヵ月	6ヵ月	12ヵ月			
JOAスコア											
疼痛	15.0 (10.0 to 20.0)	40.0 (35.0 to 40.0)	40.0 (40.0 to 40.0)	40.0 (40.0 to 40.0)	<0.001 ^b	<0.001 ^b	<0.001 ^b	<0.001 ^b			
可動域	12.5 (11.0 to 15.0)	16.0 (15.0 to 17.0)	16.0 (15.0 to 18.0)	16.0 (15.0 to 18.0)	<0.001 ^b	<0.001 ^b	<0.001 ^b	<0.001 ^b			
歩行能力	10.0 (10.0 to 15.0)	20.0 (18.0 to 20.0)	20.0 (20.0 to 20.0)	20.0 (20.0 to 20.0)	<0.001 ^b	<0.001 ^b	<0.001 ^b	<0.001 ^b			
ADL	14.0 (12.0 to 14.0)	18.0 (16.0 to 20.0)	20.0 (18.0 to 20.0)	20.0 (18.0 to 20.0)	<0.001 ^b	<0.001 ^b	<0.001 ^b	<0.001 ^b			
合計	54.0 (45.0 to 63.0)	91.0 (87.0 to 95.0)	95.0 (92.0 to 96.0)	95.0 (92.0 to 96.0)	<0.001 ^b	<0.001 ^b	<0.001 ^b	<0.001 ^b			
TUG (秒)	8.4 (1.8)	6.9 (1.1)	6.7 (0.9)	6.7 (0.9)	<0.001 ^a	<0.001 ^a	<0.001 ^a	<0.001 ^a	5.7 (0.6)	<0.001 ^c	<0.001 ^c
筋力 (Nm)											
股関節外転筋力	40.7 (10.8)	51.1 (12.0)	55.0 (12.3)	55.0 (12.3)	<0.001 ^a	<0.001 ^a	<0.001 ^a	<0.001 ^a	69.1 (13.7)	<0.001 ^d	<0.001 ^d
膝関節伸展筋力	53.8 (16.1)	62.3 (16.0)	68.5 (16.4)	68.5 (16.4)	<0.001 ^a	<0.001 ^a	<0.001 ^a	<0.001 ^a	71.1 (21.0)	<0.001 ^d	0.133 ^d

^a : 対応のある *t* 検定

^b : Wilcoxonの符号付順位和検定

^c : 2標本 *t* 検定

^d : 一般線形モデル (体重を調整)

平均 (標準偏差)、中央値 (第1四分位 to 第3四分位)

TUGは欠損値あり (n=81)

表 3: 相関行列

	術前		術後12ヵ月		年齢	身長	体重	身体活動量	脚延長量	罹患期間
	股関節外転筋力	膝関節伸展筋力	股関節外転筋力	膝関節伸展筋力						
術前										
股関節外転筋力		0.550*	0.528*	0.328*	-0.129	0.304*	0.191	0.060	-0.094	-0.036
膝関節伸展筋力			0.452*	0.588*	-0.224*	0.323*	0.404*	-0.023	0.064	-0.009
術後12ヵ月										
股関節外転筋力				0.518*	-0.315*	0.362*	0.365*	0.317*	-0.098	0.037
膝関節伸展筋力					-0.383*	0.322*	0.358*	0.148	-0.030	-0.202
年齢						-0.330*	-0.127	-0.169	-0.176	-0.043
身長							0.515*	-0.016	-0.088	0.038
体重								-0.089	0.101	0.025
身体活動量									0.112	0.185
脚延長量										0.124
罹患期間										

* : p<0.05

表 4：一般化線形モデルの各ステップにおける AIC

	股関節外転筋力				膝関節伸展筋力			
	ガングマ分布		正規分布		ガングマ分布		正規分布	
	AIC	p値	AIC	p値	AIC	p値	AIC	p値
Step 1	623.35		622.11		659.25		661.22	
Step 2	610.32		607.05 #		642.34		647.29	
Step 3								
術前筋力×年齢	611.73		609.00	0.829	639.76 #	0.046*	648.49	
術前筋力×身体活動量	612.32		608.44	0.462	644.23	0.755	649.28	
術前筋力×罹患期間	610.77		607.82	0.296	643.44	0.376	649.28	
術前筋力×脚延長量	608.87		607.11	0.190	643.10	0.299	648.27	

* : p<0.05

: 最終モデル

表 5：単変量および多変量解析結果

	Step 1			Step 2			Step 3		
	R	p値	95%信頼区間	B	p値	95%信頼区間	B	p値	95%信頼区間
股関節外転筋力									
術前筋力	6.02×10^{-1}	<0.001*	3.86×10^{-1} to 8.17×10^{-1}	4.58×10^{-1}	<0.001*	-1.14×10^{-4} to -7.74×10^{-6}			
年齢				-3.10×10^{-1}	0.033*	-5.90×10^{-1} to -3.04×10^{-2}			
身長				1.08×10^{-1}	0.672	-3.90×10^{-1} to 6.06×10^{-1}			
体重				3.29×10^{-1}	0.009*	8.71×10^{-2} to 5.71×10^{-1}			
身体活動量				1.50×10^{-3}	0.005*	4.79×10^{-4} to 2.58×10^{-3}			
脚延長量				-3.18×10^{-1}	0.017*	5.74×10^{-1} to 6.32×10^{-2}			
罹患期間				-2.67×10^{-2}	0.853	-3.10×10^{-1} to 2.56×10^{-1}			
膝関節伸展筋力									
術前筋力	-1.12×10^{-4}	<0.001*	-1.14×10^{-4} to -7.74×10^{-6}	-8.50×10^{-5}	<0.001*	-1.14×10^{-4} to -7.74×10^{-6}	-8.97×10^{-5}	<0.001*	-1.24×10^{-4} to -5.44×10^{-6}
年齢				1.06×10^{-4}	0.010*	2.78×10^{-5} to 1.83×10^{-4}	1.04×10^{-4}	0.009*	2.87×10^{-5} to 1.80×10^{-4}
身長				-6.21×10^{-5}	0.348	-1.91×10^{-4} to 6.67×10^{-5}	-3.17×10^{-5}	0.635	-1.61×10^{-4} to 9.86×10^{-5}
体重				-5.86×10^{-5}	0.071	-1.21×10^{-4} to 4.49×10^{-6}	-6.51×10^{-5}	0.043*	-1.26×10^{-4} to -2.78×10^{-6}
身体活動量				-3.31×10^{-7}	0.019*	-5.97×10^{-7} to -5.77×10^{-8}	-2.80×10^{-7}	0.043*	-5.44×10^{-7} to -1.12×10^{-8}
脚延長量				1.43×10^{-5}	0.704	-5.78×10^{-5} to 8.94×10^{-5}	1.70×10^{-5}	0.647	-5.39×10^{-5} to 9.06×10^{-5}
罹患期間				1.27×10^{-4}	0.004*	4.49×10^{-5} to 2.11×10^{-4}	1.31×10^{-4}	0.002*	5.08×10^{-5} to 2.14×10^{-4}
年齢×術前筋力							-5.90×10^{-6}	0.046*	-1.16×10^{-5} to -2.26×10^{-7}

* : $p < 0.05$

R : 単回帰係数

B : 偏回帰係数

股関節外転筋力 : 正規分布を使用. Step2が最終モデル

膝関節伸展筋力 : ガンマ分布を使用. Step3が最終モデル