

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 3 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23300200

研究課題名(和文)変形性関節症患者における障害タイプ別理学療法システムの開発

研究課題名(英文)Development of a type specific physical therapy approach for osteoarthritis of the hip and knee

研究代表者

市橋 則明 (ICHIHASHI, NORIAKI)

京都大学・医学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50203104

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,300,000円

研究成果の概要(和文)：変形性関節症患者の歩行分析により、1)歩行時の膝関節や股関節の運動により関節にかかる動的負荷が異なること、2)動的負荷に関連する筋力などの身体機能も歩容により異なっていることが明らかになった。これらの結果から、歩行の特徴ごとに介入を行うことが変形性関節症患者の治療に効果的である可能性が示唆された。また、不安定靴での歩行練習やスピードを速くした筋力トレーニングが変形性関節症患者に有効であることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Gait analysis for osteoarthritis patients revealed that 1) variation in knee and hip motion during gait leads to different dynamic load, and that 2) difference in gait characteristics correlates with physical function such as muscle strength which is related to dynamic load. These results suggests that type specific physical therapy approach depending on gait characteristics may be useful for treatment of osteoarthritis. Our results also indicated that the use of unstable shoes for gait training, and high velocity resistance training may be effective for osteoarthritis patients.

研究分野：理学療法学

キーワード：変形性関節症 トレーニング 理学療法

1. 研究開始当初の背景

変形性関節症は、軟骨マトリクスの変性に代表される生物学的要因、身体的特徴や運動時の姿勢などの力学的要因、遺伝学的要因の三要因が大きく影響していると考えられている。その中でも、力学的要因が与える影響が最も大きいとされ、関節軟骨の代謝には適度な力学的ストレスが必要であるが、これが過剰になると逆に軟骨変性を引き起こす要因になる。例えば、変形性膝関節症患者に対しては、日常的に膝にかかる力学的ストレスが数多くの歩行解析により明らかになっており、外的膝関節内反モーメントやモーメントの力積などが、変形性膝関節症の重症度と関連することが分かっている。

膝にかかる力学的ストレスに最も大きな影響を与える要因は、膝関節の静的なアライメントであるが、近年、変形性膝関節症患者における歩行時膝関節モーメントに影響する要因として、歩行時の体幹傾斜が重要であると報告がなされた。すなわち、静的な膝関節の内反変形が同程度であっても、骨盤・脊柱の歩行時の姿勢によっては、膝にかかるストレスが増減する可能性がある。その他、肥満や膝屈曲拘縮の程度なども内反モーメントに影響を与えられられる。このように、膝への過剰な力学的ストレスは多因子によって引き起こされる現象であり、実際に、重症度が低い患者においては、静的な膝内反変形と歩行時の力学的ストレスとは必ずしも関連しないことも報告されている。

変形性股関節症については、臼蓋形成不全などに起因する二次性の関節症が多いが、同程度の骨変形を有していても症状の進行程度には個人で差があり、変形性膝関節症と同様に、当該関節の病変以外の要因からも影響を受けていることが推測される。

2. 研究の目的

- (1) 変形性関節症患者の歩容に影響を与える因子を明らかにすること。
 - (2) 変形性関節症患者の歩行分析の結果からタイプ別に分類すること。
 - (3) どのようなトレーニングが変形性関節症患者に効果的かを明らかにすること。
- の3つの目的で研究を行った。

3. 研究の方法

- (1) 膝 OA 患者の歩行時の膝関節屈伸運動に着目し、矢状面での歩容の違いが力学的負荷の様態や、負荷の大きさに関連する因子に与える影響を検討することを目的に以下の研究を実施した。

地域在住の膝 OA 患者 13 名を対象とし、歩行分析を行った。立脚初期における矢状面での膝関節運動（接地時の膝関節角度、最大膝関節屈曲角度及び接地時からの角度変化量）と力学的負荷の指標として用いられる変数（外的膝関節屈曲モーメント、内反モーメント、及び膝関節伸筋と屈曲筋の同時活動

指数）の関連を検討した。

THA 術後患者の歩行時股関節パワーに影響を与える要因を明らかにすることを目的として以下の研究を実施した。

対象は、変形性股関節症に対して前外側アプローチで THA を施行され術後 6 ヶ月以上が経過した 24 名とした。自然歩行時の矢状面における股関節パワー (W/kg) とともに下肢関節角度、骨盤前傾角度、および立脚中期以降における動的股関節スティフネス（関節角度変化に対する関節モーメント変化の割合）を算出した。また、他動的関節可動域および下肢筋力も測定した。歩行時の股関節パワーと他の要因（関節可動域、筋力、歩行時関節角度）との相関分析（歩行変数間は歩行速度と歩幅で制御した偏相関分析）を行った。

方向転換歩行を詳細に分析することにより股 OA 患者の動作特性を明らかにすることを目的に以下の研究を実施した。

対象は、股 OA の女性患者 14 名と健常女性 13 名とした。課題は、直線歩行と直線歩行の途中で左 45° および右 45° へ方向転換を行う歩行の 3 種類とした。各動作時の歩行速度、および股屈伸・内外転、膝屈伸、足底背屈の関節角度と内的関節モーメントを算出した。

- (2) 変形性関節症患者の歩行分析の結果からタイプ別に分類することを目的に以下の研究を実施した。

地域在住の膝 OA 患者 30 名を対象とし、歩行分析を行った。また、患者の運動機能として膝関節の他動関節可動域や屈伸の筋力、脊柱アライメント、X 線画像上での変形の程度を計測した。歩行分析で得られた膝関節屈伸角度データを変数とする階層的クラスタ分析を行い、対象者の歩容を 3 つのパターンに類型化した。また、類型化されたそれぞれの群において、力学的負荷の代表値の 1 つである外的膝関節内反モーメントの大きさと計測した運動機能との関連を検討した。

- (3) 膝 OA 患者を対象として、不安定靴 (MBT 靴) による歩行時膝関節モーメントの即時的变化を調べることを目的に以下の研究を行った。

対象は、内側型の膝 OA 女性患者 17 名とした。MBT 靴 (Masai Marketing & Trading, Switzerland) とコントロール靴 (あゆみ; 徳武産業社製) の 2 条件で歩行分析を実施した。MBT 靴での正しい歩行を習得するために、経験のあるインストラクターに指導を受け、約 20 分の練習を行った。その後、MBT 靴での歩行を記録した。歩行速度、ストライド長、床反力、膝関節角度、体幹傾斜角度、外的膝関節屈曲および内反モーメントを算出した。

THA 患者の運動能力、下肢筋力および筋厚に対する荷重位エクササイズと非荷重位エクササイズの効果을明らかにすることを目的に以下の研究を実施した。

片側 THA を施行後 6 ヶ月以上経過した女性 65 名を研究対象とした。対象者を、荷重位エクササイズ(スクワット、片脚立位など)を実施する荷重位群 22 名、非荷重位エクササイズ(下肢伸展挙上運動、股関節伸展・外転運動など)を実施する非荷重位群 21 名およびエクササイズを行わない対照群 22 名に無作為に分けた。介入期間は 8 週間、頻度は毎日とした。効果測定として、運動パフォーマンス、Harris hip score、股関節・膝関節の等尺性筋力および筋厚を介入前後に測定した。

股 OA 患者に対する高速度筋力トレーニング(HV トレーニング)の効果을、低速度筋力トレーニング(LV トレーニング)との比較により明らかにすることを目的に以下の研究を行った。

対象は地域在住の股 OA 女性患者 46 名とし、HV 群 23 名と LV 群 23 名に無作為に群分けした。両群とも在宅にて 8 週間毎日、両側の股関節外転・伸展・屈曲および膝関節伸展の 4 種類の筋力トレーニングを実施した。トレーニング速度として HV 群では求心相ではなるべく素早く、遠心相では 3 秒かけて行い、LV 群では求心相・遠心相ともに 3 秒かけて行った。

介入前後に、股・膝関節筋力、下肢パワー、運動能力、股関節機能臨床評価、股関節痛、および股・膝関節筋の超音波筋厚・筋エコー輝度を評価した。各測定項目の介入前後の変化量を算出し、群間比較した。

4. 研究成果

1) 立脚初期における膝関節屈曲角度の増加は矢状面での膝関節への力学的負荷(外的膝関節屈曲モーメント)を増加させ、対して膝屈曲角度の減少は前額面での関節へのストレス(外的膝関節内反モーメント)を増加させると考えられた。膝 OA 患者の矢状面での歩容によって着目すべき動的負荷は異なる可能性が示唆された。

股関節パワーに対して、他動的関節可動域と下肢筋力はいずれも有意な関連を認めなかった。歩行時の股屈曲角度は股伸筋パワー、歩行時の股伸展角度は股屈筋パワーと有意に関連した($r = 0.48$, $r = 0.58$)。動的スティフネスと股屈筋パワーとの間に有意な負の相関を認めた($r = -0.47$)。骨盤前傾の増大が股屈筋パワーの減少と関連する傾向にあったが有意ではなかった($r = -0.36$)。なお、屈曲可動域と歩行時股屈曲角度は関連したが、伸展可動域と歩行時股伸展角度については関連を認めなかった。すなわち、術後ある一定期間が経過した THA 術後患者におい

ては、関節可動域や下肢筋力よりも、歩行動作における関節角度などを改善するためのアプローチが重要であると考えられた。

直線歩行では、股屈曲・伸展・内転角度、膝屈曲角度と股伸展・屈曲モーメント、膝屈曲モーメントが、健常者よりも患者で有意に低値を示した。足関節の角度、モーメントには差を認めなかった。ステップでは、股屈曲・伸展・外転角度、股屈曲モーメント、膝屈曲モーメントが患者で有意に低値を示した。また、足底屈モーメント(前半)は患者で高い傾向を示したが有意ではなかった($p = 0.07$)。クロスでは、股屈曲・伸展・内転角度、膝屈曲角度と股外転モーメント、膝伸展モーメントが患者で有意に低値を示したが、足底屈モーメント(前半)は患者で有意に高値(25%増)を示した(図 1)。

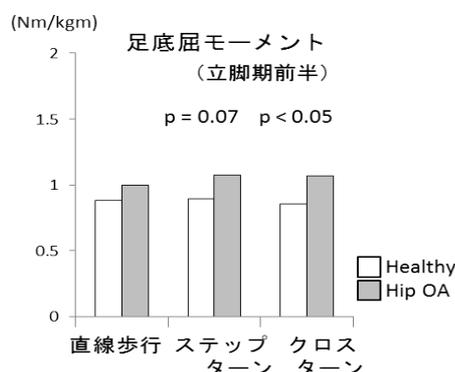


図1 歩行転換動作時の足底屈モーメント

すなわち、方向転換歩行では、股関節での機能低下を認めるとともに立脚期前半からの足底屈筋による力発揮が健常者よりも強くなる傾向にあることが確認され、方向転換歩行では股関節よりも相対的に足底屈筋へ依存した制御が行われることが明らかとなった。

(2) クラスタ分析の結果、膝 OA 患者の歩容を歩行時の膝関節屈伸運動の少ない群、比較的膝関節の屈伸運動の十分な群、接地時より膝関節が屈曲し、膝関節伸展角度が少ない群の 3 群に分類することができた。また、3 群では、歩行時の外的膝関節内反モーメントの大きさに関連する運動機能が異なることが示された。以上の結果より、膝 OA 患者において、同一の動的負荷の指標についても、矢状面での歩容の異なる患者では、その負荷の大きさに関連する、改善すべき身体機能が異なっていることが示唆された。

(3) 結果を表 1 に示す。床反力には両条件間で差を認めなかった。また、膝関節角度にも有意差を認めなかったものの、体幹角度には差を認め、MBT 靴条件の方が体幹がより伸展方向に変位していた。一方、膝関節モーメントに関しては、MBT 靴条件において外的膝関節屈曲モーメント(立脚期前半)の

表1 コントロール靴とMBT靴との比較

	コントロール靴 (Mean ± SD)	MBT靴 (Mean ± SD)	P値
歩行速度 (m/s)			
快適速度	1.26 ± 0.15	1.14 ± 0.14	< 0.001
調整後	1.17 ± 0.15	1.14 ± 0.14	0.153
ストライド長 (m)			
快適速度	1.30 ± 0.11	1.27 ± 0.09	0.058
調整後	1.28 ± 0.13	1.27 ± 0.09	0.629
床反力 (N/kg)			
鉛直方向 (前半)	11.37 ± 0.86	11.23 ± 0.89	0.348
鉛直方向 (後半)	10.79 ± 0.58	10.64 ± 0.76	0.342
後方 (前半)	1.96 ± 0.29	2.01 ± 0.33	0.514
前方 (後半)	1.95 ± 0.37	1.93 ± 0.35	0.806
内側	0.51 ± 0.11	0.57 ± 0.10	0.053
膝関節角度 (°)			
屈曲	19.7 ± 7.6	19.4 ± 7.1	0.906
内反	7.2 ± 6.2	7.1 ± 5.4	0.777
体幹角度 (°)			
支持側傾斜	1.2 ± 2.6	1.2 ± 2.7	0.731
前傾	-0.1 ± 4.7	-1.6 ± 4.3	< 0.001
膝関節モーメント (Nm/kgm)			
内反 (前半)	0.45 ± 0.08	0.44 ± 0.09	0.549
内反 (後半)	0.33 ± 0.09	0.35 ± 0.08	0.056
内反モーメント	0.17 ± 0.05	0.18 ± 0.05	0.075
積分値 (Nms/kgm)			
屈曲 (前半)	0.30 ± 0.19	0.25 ± 0.14	0.047
伸展	0.01 ± 0.08	0.01 ± 0.06	0.906
屈曲 (後半)	0.23 ± 0.09	0.22 ± 0.10	0.367

意な減少を認めた。すなわち、MBT靴を着用することにより、体幹の前傾を増加させることなく立脚期前半の矢状面における膝関節への負荷を減少させることができる可能性が示された。

重回帰分析の結果、コントロール靴での歩行時に外的膝屈曲モーメントが増大している患者ほど、MBT靴による膝屈曲モーメントが減少しやすいことが分かった(調整済み R² = 0.44, P < 0.01)。

運動パフォーマンス項目の介入前後の変化量において、両介入群とも立ち座り、TUG、階段および歩行速度は対照群に比べて有意に高い変化量を示した。さらに、荷重位群は

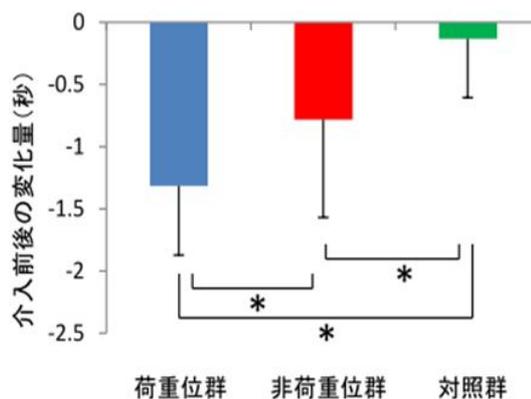


図2 立ち座り所要時間

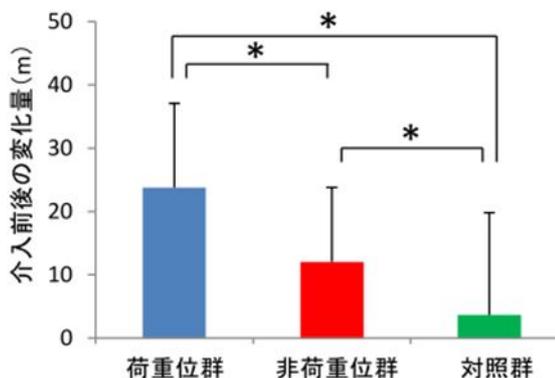


図3 3分間歩行距離

非荷重位群と比較して立ち座りと3分間歩行において有意に高い変化量を示した(図2、図3)。介入前後のHarris hip scoreの変化量における3群間の比較では、荷重位群のみ対照群に比べて高い変化量を示した。等尺性筋力において、股関節筋力・膝関節筋力ともに両介入群とも対照群に比べて介入による有意に高い変化を示した。一方、荷重位群と非荷重位群の変化量には有意な差はなかった。筋厚の変化量においては、大腿四頭筋のみ荷重位群のほうが対照群に比べて有意に高い変化量を示した。本研究の結果から、荷重位エクササイズはADL上重要な立ち座り能力と歩行持久性に対して非荷重位エクササイズよりも効果的であり、術後数ヶ月を経過した患者に対しては荷重位エクササイズを推奨すべきであると考えられた。

HV群ではLV群と比べ、TUGの時間短縮が大きく、大殿筋エコー輝度の低下が大きかった。一方、他の測定項目では群間の違いがなかった(表2)。本研究より、股OAに対するHVトレーニングはLVトレーニングと比べ、部分的ではあるが運動能力の向上や筋の質的改善に効果的であるということが明らかとなった。HVトレーニングはLVトレーニングよりも短時間で可能であることから、股OA患者の機能改善のためのより効果的な運動療法となりうるということが考えられる。

表2 介入による変化量(標準偏差)の比較
*p<0.05

	HV群	LV群	F値
筋力(Nm/kg)			
股関節外転	0.16 (0.14)	0.19 (0.18)	0.264
股関節伸展	0.19 (0.19)	0.22 (0.18)	0.673
股関節屈曲	0.13 (0.16)	0.12 (0.15)	0.181
膝関節伸展	0.15 (0.18)	0.29 (0.25)	3.475
筋パワー(W/kg)	0.25 (0.24)	0.12 (0.38)	0.72
10m歩行速度(m/s)	0.07 (0.16)	0.07 (0.16)	0.058
TUG(s)	-0.46 (0.27)	-0.23 (0.39)	6.638 *
3分間歩行距離(m)	16.4 (26.7)	11.6 (22.6)	0.069
Harris Hip Score	4.6 (10.5)	5.0 (11.2)	0.081
股関節痛	-7.3 (21.7)	-7.2 (20.3)	0.528
筋厚(cm)			
大殿筋	0.20 (0.37)	0.08 (0.23)	0.978
中殿筋	0.13 (0.30)	0.06 (0.48)	1.104
大腿四頭筋	0.10 (0.18)	0.05 (0.28)	0.214
筋エコー輝度			
大殿筋	-6.8 (9.0)	-1.0 (7.5)	5.264 *
中殿筋	-6.7 (6.6)	-2.4 (9.2)	2.54
大腿四頭筋	-3.5 (8.9)	-2.0 (8.0)	0.108

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 11 件)

Tateuchi H, Tsukagoshi R, Fukumoto Y, Akiyama H, So K, Yutaka Kuroda, Ichihashi N: Compensatory turning strategies while walking in patients with hip osteoarthritis. Gait Posture. 39(4):1133-7, 2014. doi:10.1016/j.gaitpost.2014.01.021. 査読有

Tateuchi H, Taniguchi M, Takagi Y, Goto Y, Otsuka N, Koyama Y, Kobayashi M, Ichihashi N: Immediate effect of Masai Barefoot Technology shoes on knee joint moments in women with knee osteoarthritis. Gait Posture. 40(1):204-8 2014. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.03.190. 査読有

Tsukagoshi R, Tateuchi H, Fukumoto Y, Ibuki S, Akiyama H, So K, Kuroda Y, Okumura H, Ichihashi N: Functional performance of female patients more than 6 months after total hip arthroplasty shows greater improvement with weight-bearing exercise than with non-weight-bearing exercise: a randomized controlled trial. European J Phys Med Rehabil Med. ;50(6):665-75, 2014.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25051209>. 査読有

Okita Y, Tatematsu N, Nagai K, Nakayama T, Nakamata T, Okamoto T, Toguchida J, Ichihashi N, Matsuda S, Tsuboyama T. The effect of walking speed on gait kinematics and kinetics after endoprosthetic knee replacement following bone tumor resection. Gait Posture, 40(4): 622-7, 2014. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.07.012. 査読有

Fukumoto Y, Tateuchi H, Ikezoe T, Tsukagoshi R, Akiyama H, So K, Kuroda Y, Ichihashi N. Effects of High-Velocity Resistance Training on Muscle Function, Muscle Property and Physical Performance in Individuals with Hip Osteoarthritis: a Randomized Controlled Trial. Clin Rehabil. 28(1):48-58, 2014. doi: 10.1177/0269215513492161. 査読有

Tateuchi H, Tsukagoshi R, Fukumoto Y, Akiyama H, So K, Kuroda Y, Ichihashi N. Pelvic instability and trunk and hip muscle recruitment patterns in patients with total hip arthroplasty. J Electromyogr Kinesiol 2013; 23(1):151-8. doi: 10.1016/j.jelekin.2012.08.005. 査読有

Fukumoto Y, Ohata K, Tsukagoshi R, Kawanabe K, Akiyama H, Mata T, Kimura M, Ichihashi N. Changes in Hip and Knee Muscle Strength in Patients following Total Hip Arthroplasty. J Jpn Phys Ther Assoc, 2013; 16:22-27. doi: 10.1298/jjpta. 査読有

Fukumoto Y, Ikezoe T, Tateuchi H, Tsukagoshi R, Akiyama H, So K, Kuroda Y, Yoneyama T, Ichihashi N. Muscle mass and composition of the hip, thigh and abdominal muscles in women with and without hip osteoarthritis. Ultrasound Med Biol. 2012;38(9):1540-5. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2012.04.016. 査読有

Tateuchi H, Tsukagoshi R, Fukumoto Y, Oda S, Ichihashi N. Dynamic hip joint stiffness in individuals with total hip arthroplasty: relationships between hip impairments and dynamics of the other joints. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2011 Jul;26(6):598-604. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2011.01.014. 査読有

Tateuchi H, Tsukagoshi R, Fukumoto Y, Oda S, Ichihashi N. Immediate effects of different ankle pushoff instructions during

walking exercise on hip kinematics and kinetics in individuals with total hip arthroplasty. *Gait Posture*. 2011 Apr;33(4): 609-14. doi: 10.1016/j.gaitpost. 2011.01.018. 査読有

Tsukagoshi R, Tateuchi H, Fukumoto Y, Okumura H, Ichihashi N. Stepping exercises improve muscle strength in the early postoperative phase after total hip arthroplasty: a retrospective study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2012;91(1):43-52. doi: 10.1097/PHM.0b013e31823c7433. 査読有

〔学会発表〕(計 24 件)

Koyama Y, Tateuchi H, Saida K, Ji X, Umegaki H, Nishimura R, Kobayashi M, Ichihashi N: Relationship between knee joint load and muscle activity of the lower Extremity in patients with medial knee osteoarthritis. The XX ISEK Conference. 2014. July. 15-18, Rome, Italy.

建内 宏重, 塚越 累, 福元 喜啓, 黒田 隆, 宗 和隆, 秋山 治彦, 市橋 則明: 変形性股関節症患者の歩行時股関節モーメントの推定に有用な運動学的変数は何か? 第 49 回日本理学療法学会大会 2014. 5.30-6.1, 横浜.

Koyama Y, Tateuchi H, Goto Y, Otsuka N, Kobayashi M, Ichihashi N: Factors related to knee adduction moment during gait differ with gait patterns in patients with knee osteoarthritis. 18th Annual Congress of the European College of Sport Science, 2013. June 27-30, Barcelona, Spain

Takagi Y, Tateuchi H, Goto Y, Otsuka N, Kobayashi M, Sato K, Ichihashi N: Gait parameters and knee adduction moment during walking in subjects with knee osteoarthritis. 2nd Joint World Congress of the International Society for Posture & Gait Reseach(ISPGR) and Gait & Mental Function.2013. June 22-26, Akita.

小山優美子, 建内宏重, 後藤優育, 大塚直輝, 小林政史, 市橋則明: 変形性膝関節症患者における歩行パターン分類の試み クラスタ分析による検討. 第 48 回日本理学療法学会大会, 2013. 5.24-26, 愛知.

Tateuchi H, Tsukagoshi R, Fukumoto Y, Oda S, Ichihashi N. Hip joint stiffness during walking in individuals with total hip arthroplasty. The 16th international WCPT congress 2011.6.20-23, Amsterdam, Netherlands.

Tsukagoshi R, Tateuchi H, Fukumoto Y, Okumura H, Ichihashi N. Stepping exercise improves muscle strength in the early postoperative phase after total hip arthroplasty. A clinical controlled trial. The 16th international WCPT congress 2011.6.20-23, Amsterdam, Netherlands.

建内宏重, 塚越 累, 福元 喜啓, 沖田 祐介, 市橋則明, 坪山 直生, 黒田 隆, 宗 和隆, 秋山 治彦. 人工股関節全置換術後患者における歩行時の下肢筋張力の推定. - 患者個別筋骨格モデルシミュレーション解析による予備的研究 -. 第 38 回日本股関節学会, 2011.10.7-8, 鹿児島.

他 16 件

6 . 研究組織

(1)研究代表者

市橋 則明 (ICHIHASHI, Noriaki)

京都大学・医学研究科・教授

研究者番号 : 50203104

(2)研究分担者

建内 宏重 (TATEUCHI, Hiroshige)

京都大学・医学研究科・助教

研究者番号 : 60432316

池添 冬芽 (IKEZOE, Tome)

京都大学・医学研究科・講師

研究者番号 : 10263146

(3)連携研究者

坪山 直生 (TSUBOYAMA, Tadao)

京都大学・医学研究科・教授

研究者番号 : 90261221