

平成 30 年 6 月 7 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K10382

研究課題名(和文)人工膝・股関節置換術適用患者の荷重免荷型トレッドミルにおける三次元歩行計測

研究課題名(英文) Three-dimensional gait analysis using Anti-gravity treadmill after total hip replacement

研究代表者

入江 徹 (TOHRU, IRIE)

北海道大学・大学病院・助教

研究者番号：30609839

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：変形性股関節症に対し人工関節置換術を施行された患者の三次元歩行計測を、荷重免荷型トレッドミルを用いて50%荷重、75%荷重、100%荷重条件下で、術前、術後3週、術後6週に行った。

術後3週時、膝関節最大伸展角が50%荷重では100%荷重と比較し有意に増加し、術後6週時は50%荷重では100%荷重と比較し、股関節最大屈曲角が有意に減少し、膝関節最大伸展角が有意に増加した。荷重免荷型トレッドミルを用いてのリハビリテーションは、術前から術後3週で有効性が高く、蹴り出し力低下等の影響が出ないように実施するためには、75%程度までの荷重量を維持して実施した方が有効性が高い可能性があることが示された。

研究成果の概要(英文)：We evaluated the three-dimensional gait analysis of patients who underwent total hip replacement for osteoarthritis under conditions of 50% load, 75% load, 100% load using anti-gravity treadmill. We performed the measurement preoperatively, 3 weeks postoperatively, 6 weeks postoperatively.

At 3 weeks postoperatively, the maximum knee joint extension angle at 50% load significantly increased compared to 100% load. At 6 weeks postoperatively, the maximum hip joint flexion angle at 50% load significantly decreased compared to 100% load and the maximum knee joint extension angle at 50% load significantly increased compared to 100% load.

The current study suggested that the rehabilitation using an anti-gravity treadmill may be effective especially at preoperatively to 3 weeks postoperatively and that this is more effective to maintain the load amount up to 75% load.

研究分野：股関節外科学

キーワード：荷重免荷型トレッドミル 三次元歩行計測 人工関節置換術

1. 研究開始当初の背景

下肢人工関節置換術は終末期変形性関節症において一般的な手術法である。長期的な疼痛緩和や良好な患者満足度、日常生活動作(ADL)の回復が得られる場合が多いが、その臨床成績は術前関節機能に大きく依存し、全ての患者に一樣な利益を供することは困難である。これらの術前因子を改善するための試みの一つとして、リハビリテーションの重要性が指摘されている。バランス感覚や衝撃吸収能力を再獲得するために術後早期から歩行訓練を実施することが特に重要とされる。しかし術後早期は疼痛により、効果的なリハビリテーションを実施することは困難な場合が多い。

人工関節置換術後に残存する障害や機能制限には、術前の非生理的な歩行パターンが術後も残存することが原因の一つと考えられている。しかし人工関節置換術を施行されるような末期変形性関節症患者では、歩行能力等が著しく制限されている場合が多く、安全で確実性の高い歩行動作解析は困難である。また安全かつ有効なリハビリテーションの実施も困難な場合が多く、最適なプログラムや評価方法はいまだ確立されていない。

患部に過剰なストレスをかけずに適切に歩行動作を獲得する方法として、免荷リハビリテーションが行われている。従来、水中で浮力を利用して免荷を行う方法やハーネスにより吊り下げて免荷を行う方法が行われてきた。しかし水中運動を術後早期に行うことは術後感染等のリスクを伴い、実施可能な施設も限られる。ハーネスによる方法は煩雑で高齢患者等で安全に実施することは困難である。またいずれの方法も歩行時キネマティクスの計測が困難であった。

近年、空気圧を用いた荷重免荷型トレッドミル(免荷トレッドミル、米 Alter-G 社製)が開発され、リハビリテーションの現場で使用され始めている。免荷トレッドミルはパック内の空気圧を高めることにより任意に荷重量を調整することが可能であり、従来のハーネス等を用いた方法よりも簡便かつ動作制限なく免荷リハビリテーションが可能である。アキレス腱断裂術後患者や下肢切断患者に対する免荷トレッドミルの有用性の報告は散見される(Saxena A, J Foot Ankle Surg 2011; Mikani Y, Prosthet Orthot Int 2014)が、下肢人工関節置換術後患者の歩行パターンに免荷トレッドミルが与える影響についての科学的知見は乏しく、その免荷リハビリテーション下での歩行キネマティクスは不明であった。



これまで下肢人工関節置換術後患者の歩行パターンに免荷トレッドミルが与える影響に関しての歩行キネマティクスの解析がなされてこなかった背景として、本免荷トレッドミルでは下肢はパック内に封入されていることより、歩行動作の三次元的解析が困難であったことがあげられる。北海道大学では加速度・角速度センサを用いた三次元歩行計測システムを開発し、一連の研究を行ってきた(Takeda R, Sensors (Basel), 2014)。

三次元歩行計測システムは、加速度・角速度センサを用いた非光学的三次元歩行計測システムである。これまでのカメラを用いた光学式三次元歩行計測システムとは異なり、Bluetooth 通信機能付き加速度・角速度センサを用いた信号送信システムにより、安価で短時間に歩行パターンが解析可能である。また、従来の光学的手法を用いた計測手法と異なり、遮蔽物の影響を受けないという利点を有する。本三次元歩行計測システムを用いることにより、荷重免荷型トレッドミル内での歩行を詳細に検討することが可能となった。

2. 研究の目的

本研究の目的としてまず、(1) 荷重免荷型トレッドミル・非光学的三次元歩行計測システムを用いて人工関節置換術前ならびに術後早期に歩行訓練・歩行解析を行い、安全にリハビリテーションと歩行解析が実施可能であるか否かを検証した。さらに(2)末期変形性関節症患者、人工関節置換術後早期患者での歩行機能評価方法を確立した。さらに(3)本システムを用いて各種免荷量毎の歩行キネマティクスを評価することにより人工関節置換術後患者における、安全かつ最適なリハビリテーションプログラムの確立を最終目的とした。

3. 研究の方法

(1) 倫理規定

本研究は北海道大学病院自主臨床研究審査委員会承認(015-0096)のもと実施した。

(2) 対象患者

選択基準： 変形性股関節症を有し、当院で人工股関節置換術の施行が予定されている患者、患者本人により本臨床研究への参加同意を得られた患者、3. 術後 1 週間以内に当院でリハビリテーションの開始が可能と思われる患者、4. 80 歳未満の成人の女性患者を対象とした。

除外基準：上記のうち、免疫抑制または自己免疫不全症を呈する患者、炎症性関節炎(関節リウマチ等)の患者、本臨床研究の対象となる関節の手術既往歴がある患者、4. 局所または全身に感染症が認められる患者、5. 術後のリハビリおよび経過観察が困難である身体または精神的な問題を有する患者、6. ペースメーカーあるいは埋め込み型除細

動器を装着している患者、あるいは Bluetooth 通信機能付き加速度・角速度センサが発する電波による誤作動により不具合が生じる可能性がある患者、7. 妊娠中または研究期間中に妊娠の予定がある患者 8. 労働者災害補償を受給している患者、9. 重篤な疾患（例：パーキンソン病、アルツハイマー病、脳機能障害を有する脳血管障害を有する患者）、10. 症候性脊椎脊髄疾患の患者、は除外した。

(3) 計測方法

下記の手順に従い、術前、術後 3 週、術後 6 週の計測を同一検者のもとで、それぞれ行った。

患者にセンサ装着用タイツをはかせ、加速度・角速度センサを患者の下肢に装着した。

患者に座位姿勢と立位姿勢の二つの姿勢をとってもらい、センサのキャリブレーションを行った。

対象患者に計測の順序や留意点を説明した。

免荷トレッドミルに乗り高さを調節し患者の骨盤帯を機器へ固定した。

安全ストラップをつけた後、最大免荷条件（患者体重の 20%）で 3 分間馴化試行を行った。

1 分間の休息後、6 分間歩行にて本計測をそれぞれの免荷量（100% 荷重、75% 荷重、50% 荷重）で行った。

3 つの免荷条件にて 30 秒間歩行：10 歩を解析に使用するために抽出した。

歩幅および歩行率、股関節（屈曲および伸展の最大値）、膝関節（屈曲の最大値）、足関節（背屈および底屈の最大値）を検討項目とし、post hoc 検定：Bonferroni 法を用いて、有意水準：5%にて比較検討をおこなった。

4. 研究成果

対象患者全例で計測の手順の説明を理解し、協力を得ることが可能であった。術前、術後 3 週、術後 6 週ともに、軽度の介助のみで、安全に荷重免荷型トレッドミルによるリハビリと非光学的三次元歩行計測システムによる歩行キネマティクスの計測が実施可能であった。計測に際し、特に有害事象等は認めなかった。

・対象患者デモグラフィックデータ

性別	女性：8 例
平均年齢（歳）	58.8 ± 11.3
身長 (cm)	152.8 ± 4.1
体重 (kg)	56.4 ± 11.8
術前 HHS	63.0 ± 14.9
術前 JHEQ	36.0 ± 13.0

HHS: Harris hip score

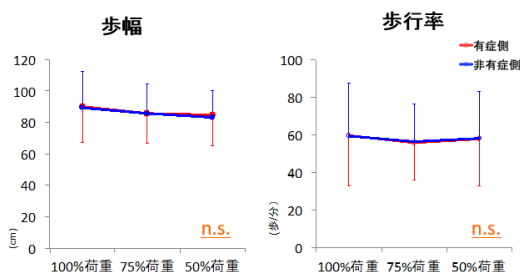
JHEQ: 日本整形外科学会股関節疾患評価質問票

結果

(1) 人工股関節置換術前

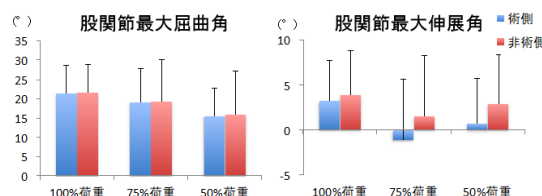
・歩行パラメーター

歩幅、歩行率は術側・非術側間で有意差を認めなかった。また免荷量の違いによる有意差も認めなかった。

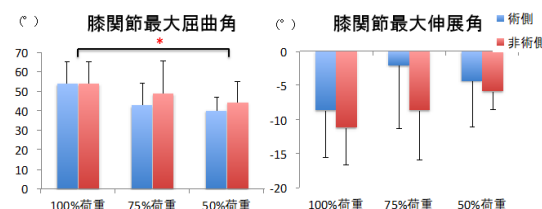


・下肢キネマティクス

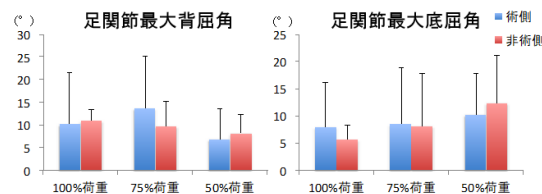
術前股関節最大屈曲角・股関節最大伸展角は、術側・非術側とも免荷量の違いによる有意差は認めず、術側・非術側間での有意差も認めなかった。



術前膝関節最大屈曲角は、術側・非術側とも 50% 荷重時には、100% 荷重時よりも有意に減少した。術側・非術側間での有意差は認めなかった。膝関節最大伸展角は術側・非術側とも免荷量の違いによる有意差は認めず、術側・非術側間での有意差も認めなかった。



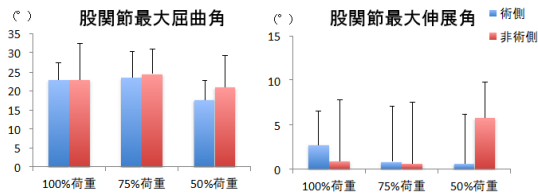
術前足関節最大背屈角・足関節最大底屈角は術側・非術側とも免荷量の違いによる有意差は認めず、術側・非術側間での有意差も認めなかった。



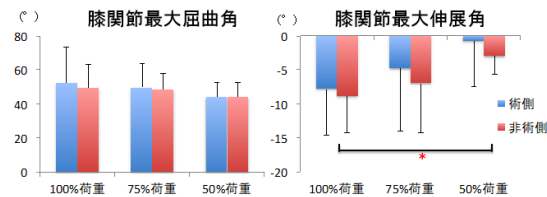
(2) 人工股関節置換術後 3 週

・下肢キネマティクス

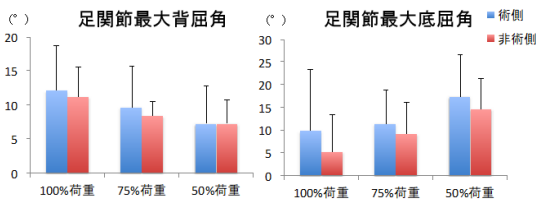
術後 3 週股関節最大屈曲角・股関節最大伸展角は、術側・非術側とも免荷量の違いによる有意差は認めず、術側・非術側間での有意差も認めなかった。



術後3週膝関節最大屈曲角は、術側・非術側とも免荷量の違いによる有意差は認めず、術側・非術側間での有意差も認めなかった。膝関節最大伸展角は、術側・非術側とも50%荷重時には、100%荷重時よりも有意に増加した。術側・非術側間での有意差は認めなかった。

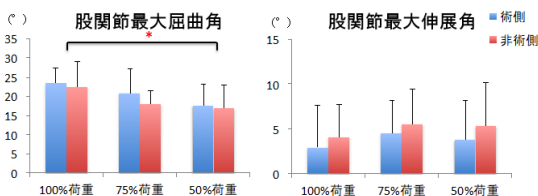


術後3週足関節最大背屈角・足関節最大底屈角は術側・非術側とも免荷量の違いによる有意差は認めず、術側・非術側間での有意差も認めなかった。

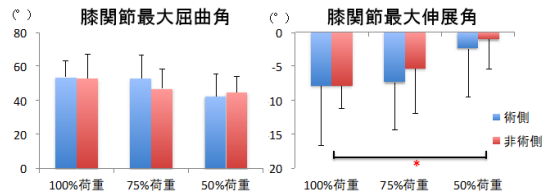


(3)人工股関節置換術術後6週・下肢キネマティクス

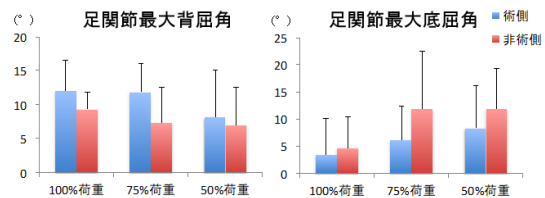
術後6週股関節最大屈曲角は、術側・非術側とも50%荷重時には、100%荷重時よりも有意に減少した。術側・非術側間での有意差は認めなかった。股関節最大伸展角は、術側・非術側とも免荷量の違いによる有意差は認めず、術側・非術側間での有意差も認めなかった。



術後6週膝関節最大屈曲角は、術側・非術側とも免荷量の違いによる有意差は認めず、術側・非術側間での有意差も認めなかった。膝関節最大伸展角は、術側・非術側とも50%荷重時には、100%荷重時よりも有意に増加した。術側・非術側間での優位さは認めなかった。



術後6週足関節最大背屈角・足関節最大底屈角は術側・非術側とも免荷量の違いによる有意差は認めず、術側・非術側間での有意差も認めなかった。



(4)考察

末期股関節症患者人工関節置換術前評価
膝関節最大屈曲角が50%荷重では100%荷重と比較し有意に減少した。一般に免荷量の増加は、疼痛の軽減等の効果が得られやすい反面、床反力が減少し蹴り出し力の減弱をきたしやすい。末期股関節症患者では疼痛等により歩行能力や筋力低下をきたしている場合が多く、免荷量を過度に上昇させることは、蹴り出し力の低下とそれに伴う膝最大屈曲角低下を招く可能性がある。末期関節症患者に対する人工関節置換術前リハビリテーションとして有益な効果を得るためには、75%以上の荷重量内での実施が好ましい可能性が示唆された。

人工関節置換術後3週評価

術後3週では膝関節最大伸展角が50%荷重では100%荷重と比較し有意に増加した。水中運動のような浮力を利用した免荷方法とは異なり、荷重免荷型トレッドミルでは骨盤帯で保持することにより免荷を得るため、構造的に免荷量の増大は骨盤帯の上方への牽引力を生じやすい。このことからこのような結果となった可能性が考えられた。

人工関節置換術後6週評価

術後6週では100%荷重に対し50%荷重では股関節最大屈曲角が有意に減少し、膝関節最大伸展角が有意に増加した。我々は本システムを用いた健常成人における同様の評価にて、免荷量の増大が遊脚期の股関節最大屈曲角を減少させることを報告してきた(Kataoka, ORS, 2017)。今回の研究により術後6週時点で下肢キネマティクスは、健常成人のキネマティクスにかなり近づいていることが示された。このことから術後早期のリハビリテーションとしての有用性は、術後6週以降では低下していく可能性が示唆された。

以上の結果から本プロジェクトによって、末期関節症に対する人工関節置換術患者において、荷重免荷型トレッドミルを用いての術前・術後リハビリテーションは、(1)安全かつ効果的に実施可能であること、(2)術前～術後3週程度での実施が特に有効である可能性が高いこと、(3)蹴り出し力低下等の影響が出ないようにリハビリテーションを実施するために、75%程度までの荷量を維持して実施した方が有効性が高い可能性があること、等が示された。

一方でリハビリテーションの実施に際しては、患者本人のモチベーションがその効果に大きく影響することが知られている。我々は本システムを用いての人工関節置換術患者に対するリハビリテーション効果の検証研究を現在も継続中である。その結果では、75%荷重よりも50%荷重でのリハビリテーションの実施の方が、疼痛軽減効果が高いことが示されつつある。下肢キネマティクスの観点から考えると荷重は75%程度は維持した方が好ましいと考えられる。しかし疼痛軽減効果や患者本人のリハビリテーション継続へのモチベーション維持等の効果を含めると、最適なリハビリテーションプログラムは変わってくる可能性があり、さらなる研究を継続していく予定である。

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0件)

〔学会発表〕(計1件)

片岡 義明, 入江 徹, 浅野 毅, 高橋 大介, 岩崎 倫政, 但野 茂, 武田 量, 山崎 有美, 遠山 晴一: 下肢陽圧式トレッドミルによる免荷が変形性股関節症症例の歩行時における下肢キネマティクスに及ぼす影響, 第134回 北海道整形災害外科学会, 2018年2月3-4日 北海道大学学術交流会館(北海道, 札幌市)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:

発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

入江 徹 (IRIE TOHRU)
北海道大学・北海道大学病院・助教
研究者番号: 30609839

(2) 研究分担者

小野寺 智洋 (ONODERA TOMOHIRO)
北海道大学・北海道大学病院・講師
研究者番号: 70547174

遠山 晴一 (TOHYAMA HARUKAZU)

北海道大学・大学院保健科学研究所・教授
研究者番号: 60301884

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

(4) 研究協力者

()