

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：33111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K12145

研究課題名(和文) アライメント調整不良が大腿義足歩行に及ぼす影響 - ソケット内転角について -

研究課題名(英文) The Effect of Malalignment on Trans Femoral Prosthesis Gait -Adduction Angle of the Socket

研究代表者

郷 貴博 (Go, Takahiro)

新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・講師

研究者番号：10782675

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)： 大腿義足において、前額面でソケットに設定する角度を「ソケット内転角」と呼び、このソケット内転角の調整不良は歩行に大きな影響を及ぼし、立脚相および遊脚相にて様々な異常歩行とそれに伴う代償動作が現れるとされている。本研究の目的は、大腿義足においてソケット内転角の設定不良が引き起こす異常歩行および代償動作について客観的に分析し、その現象と原因を明らかにすることである。結果として、ソケット内転角が異常な状態を目視で評価することが可能であるが、義足側股関節、骨盤傾斜角度、腰椎側屈といった代償動作が起きていることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究結果により、大腿義足のソケット角度設定が不良な場合、明らかな義足の異常歩行が目視で確認できることがわかった。またそれに伴い、義足側の股関節、骨盤の傾斜、体幹の側屈が引き起こされていることが明らかとなった。すでに大腿切断者は腰痛を発症する頻度が高いとされているが、本研究はそのような大腿切断者の腰痛の原因を明らかにするための新たな知見を得られた。

研究成果の概要(英文)： In trans femoral prostheses, the angle set in the socket at the frontal plane is called the "socket adduction angle." It is considered that maladjustment of the socket adduction angle has a significant effect on gait, resulting in various abnormal gait and compensatory movements in the stance and swing phases. The purpose of this study was to objectively analyze the abnormal gait and compensatory movements caused by the improper setting of the socket adduction angle in the trans femoral prosthesis, and to clarify the phenomena and causes. The results revealed that compensatory movements such as prosthetic side hip joint, pelvic tilt angle, and thorax Lateral bending occurred, although it was possible to visually evaluate the abnormal socket adduction angle.

研究分野：リハビリテーション工学

キーワード：大腿義足 歩行分析 ソケット角度 代償動作 腰痛

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

大腿義足は大腿切断者が「失われた機能および外観」を補うために装着する義足である。特に失われた下肢の機能を補うためには複数の部品を連結する必要がある。基本的には、本来の膝関節の代償を担う「膝継手」、足関節・足部の代償を担う「足継手・足部」、各構成要素を連結する「支持部」、そしてこれらの義足部品と切断端との接合部である「ソケット」から構成されている。大腿義足歩行では、これら各構成要素が高性能であったとしても、それぞれの部品が正しく連結していなければ、その機能を最大限に発揮できないだけでなく、異常歩行やそれに伴う代償動作を誘発する。したがって大腿義足の仮合わせにおいて、これらの角度や方向、位置を対象者の歩行の特徴や姿勢に合わせて調整する必要がある。この工程を義肢装具士は「アライメント調整」と呼び、静止立位および歩行中に前額面および矢状面、水平面においてその取り付け角度や方向を対象者の歩行に適合させる。

特に前額面にてソケットに設定する角度を「ソケット内転角」と呼び、個人の股関節の内転可動域を参考に決定する。この「ソケット内転角」が不適切な場合には様々な異常歩行およびそれに伴う代償動作が誘発され、装着者のエネルギー消費量や転倒の危険性が増加すると考えられている。

しかし、このアライメント調整の評価は、義肢装具士の経験則および使用者の主観によって判断されている。またアライメント調整不良の場合に現れる異常歩行や代償動作については定性的にしか述べられておらず、これを客観的に分析・報告した先行研究はない。より効率的かつ効果的にアライメント調整を行うためには、これらの現象を客観的に提示するとともに、これを踏まえた定量的な評価指標の確立が必要である。

2. 研究の目的

本研究は、大腿義足歩行において「ソケット内転角」のアライメント不良の場合に現れる異常歩行および代償動作を客観的に分析し、その歩行の特徴について報告することである。研究項目は、①アライメント異常の大腿義足歩行を三次元動作解析にて計測し、この場合に現れる異常歩行および代償動作の要因を客観的に解明する。②大腿義足歩行におけるアライメント調整の評価指標を明確化し、臨床評価および教育指導の質の向上を図る。

3. 研究の方法

1) 対象者

日常生活において大腿義足を使用し、大腿義足を装着した平地での自立独歩が可能であり、本研究への参加に同意が得られた大腿切断者 4 名を対象とした。その詳細を表 1 に示す。なお、研究計測に際し、新潟医療福祉大学倫理審査委員会の承認(18184-190621)を得て実施した。

表 1 被験者情報

被験者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	ソケット タイプ	膝継手タイプ	足部タイプ
A	51	167	67	坐骨収納型	バウンシング膝	エネルギー蓄積型
B	60	173	70	坐骨収納型	イールディング膝	エネルギー蓄積型
C	32	164	66	坐骨収納型	イールディング膝	エネルギー蓄積型
D	45	169	65	坐骨収納型	イールディング膝	エネルギー蓄積型

2) 計測方法

赤外線カメラ 12 台を含む三次元動作解析装置 (VICON MX、Oxford Metrics 社) にて計測を行った。全身に 34 個の反射マーカーを貼付し、義足側マーカーは健側のマーカー貼付位置に相当する義足部品の表面に貼付した(図 1)。計測時に装着する義足および靴は、被験者の日常的な歩行を再現するため、本人が日常生活で使用しているものとした。課題動作は、被験者の快適速度にて前後 5m の予備歩行距離を設けた床反力計 (OR6-6-2000、AMTI 社) 上を歩行して頂き、これを各条件で 7 試行の計測を行った。

3) 計測条件

計測時のケーデンスは、義足下腿部の振り出しに影響を及ぼさないように配慮するため、切断者の快適歩行時のケーデンスとし、計測中はメトロノームにて一定に保った。ソケット内転角の設定は、切断者が主観的に最も歩行しやすいと感じると共に、義肢装具士が異常なしと判断した角度を「適切」とした。さらに予備実験にてその適切な角度より、1 度ずつ内転角度を増加し、切断者が明らかに異常と感じた角度を「内転角過大」、同様な方法にて「内転角不足」を設定した。その結果、全被験者とも、適切な角度より内転角を 2 度増加させた条件を「内転角過大」、2 度減少させた条件を「内転角不足」と決定した(図 2)。

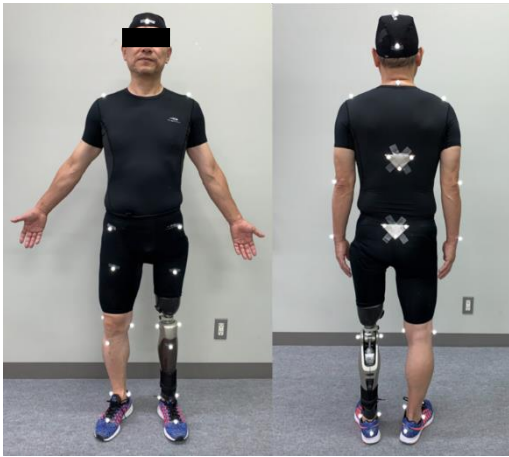


図1 反射マーカの貼付位置

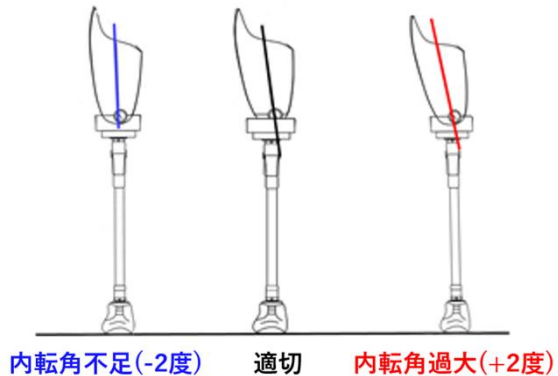


図2 計測条件(ソケット内転角)

4) 分析項目

分析項目は、歩行における時間・距離因子ならびに、義足の前額面アライメントの変化によって影響が及ぶと予想される、膝継手内反/外反角度(Knee Ab/Ad Angle)、義足側股関節内転/外転角度(HIP Ab/Ad Angle)、骨盤傾斜角度(Pelvis Oblique Angle)、胸椎側屈角度(Thorax Lateral bending Angle)とした。

4. 研究成果

1) 各被験者の計測結果

(1) 被験者 A

被験者 A は、断端長の長さが中断端であり活動度は中程度であった。まず、膝継手の内反/外反角度について、適切アライメントと比較し、一歩行周期を通じて内転角不足では内反角度が増加し、内転角過大では外反角度が増加した。さらに股関節内転/外転角度については、まず適切アライメントでは、ほぼ股関節中間位で IC を迎え、その後は立脚相を通して徐々に内転し、遊脚相に移行した後に急激に外転した。これに対して内転角不足の場合は、立脚相を通して適切アライメントよりも股関節外転角度が増加する傾向にあった。同様に内転角過大の場合は、立脚相を通して適切アライメントよりも股関節内転角度が増加する傾向にあった。

骨盤傾斜角度については、まず適切アライメントでは IC を迎えた際には義足側に傾斜しており、MS_t までその角度が増加していた。そして TS_t 以降から徐々に義足側への傾斜角度が減少し、IS_w から MS_w にかけて義足側および健側の骨盤傾斜角度が水平となった。MS_w 以降では、再び義足側へ骨盤が傾斜していた。これに対し、内転角不足では、一歩行周期を通じて義足側への骨盤傾斜角度が減少した。一方、内転角過大では、一歩行周期を通じて義足側への骨盤傾斜角度が増加した。さらに胸椎側屈角度について、適切アライメントでは IC を迎えた際には義足側に側屈しており、遊脚相では側屈角が減少し中間位の状態であった。これに対し、内転角不足では、立脚相で義足側への胸椎側屈角度が増加した。同様に内転角過大では、立脚相後期以降で義足側への胸椎側屈角度が増加した。

(2) 被験者 B

被験者 B は、断端長の長さが長断端であり活動度は高活動であった。まず、膝継手の内反/外反角度について、適切アライメントと比較し、被験者 A と同様に一歩行周期を通じて内転角不足では内反角度が増加し、内転角過大では外反角度が増加した。さらに股関節内転/外転角度については、まず適切アライメントでは、被験者 A と同様の傾向を示し、ほぼ股関節中間位で IC を迎え、その後は徐々に内転し、遊脚相に移行した後に急激に外転した。これに対して内転角不足ならびに内転角過大の場合は、特に立脚相を通して適切アライメントよりも股関節外転角度が増加する傾向にあった。また内転角不足の方がその増加角度が大きかった。

骨盤傾斜角度については、まず適切アライメントでは IC を迎えた際には義足側に傾斜していたが、LR にかけて健側に傾斜し、MS_t から TS_t にかけて再び義足側へ傾斜しており、遊脚相も同様に義足側へ傾斜していた。これに対し、内転角不足では適切アライメントと同様な結果を示したが、内転角過大では一歩行周期を通じて義足側への骨盤傾斜角度が増加した。さらに胸椎側屈角度について、適切アライメントでは IC を迎えた際には中間位となっていたが、立脚相では義足側への側屈がみられた。これに対し、内転角不足ならびに内転角過大では、立脚相相において義足側への胸椎側屈角度が増加し、特に内転角過大にてその傾向が大きかった。

(3) 被験者 C

被験者 C は、断端長の長さが短断端であり活動度は高活動であった。まず、膝継手の内反/外反角度について、適切アライメントと比較し、他の被験者同様に一歩行周期を通じて内転角不足

では内反角度が増加し、内転角過大では外反角度が増加した。股関節内転/外転角度については、まず適切アライメントでは、一歩行周期を通じて外転位を示し MSw 付近で最も外転角度が増加した。これに対して内転角不足ならびに内転角過大の場合は、被験者 B と同様に、適切アライメントよりも股関節外転角度が増加する傾向にあった。また内転角不足の方が、遊脚相においてその増加角度が大きかった。

骨盤傾斜角度については、まず適切アライメントでは IC を迎えた際には義足側に傾斜していたが、TSt で一度健側へ傾斜した。その後、遊脚相では常に義足側へ傾斜していた。これに対し、内転角不足では立脚相において適切アライメントと同様な結果を示したが、遊脚相において義足側への傾斜角度が減少した。また内転角過大では、立脚相において適切アライメントよりも義足側への傾斜角度が増加した。さらに胸椎側屈角度について、適切アライメントでは立脚相を通じて義足側への側屈が見られ、遊脚相では水平位を保っていた。内転角不足ならびに内転角過大の場合、大きな変化は見られなかったものの、立脚相では内転角不足で義足側への側屈角度が微増し、遊脚相では 2 条件ともに健側への側屈角度が微増した。

(4) 被験者 D

被験者 D は、断端長の長さが中斷端であり活動度は高活動であった。まず、膝継手の内反/外反角度について、適切アライメントと比較し、他の被験者同様に一歩行周期を通じて内転角不足では内反角度が増加し、内転角過大では外反角度が増加した。股関節内転/外転角度については、まず適切アライメントでは、被験者 A・B と同様の傾向を示した。これに対して被験者 A 同様に内転角不足の場合は、立脚相を通して適切アライメントよりも股関節外転角度が増加する傾向にあった。

骨盤傾斜角度については、まず適切アライメントでは被験者 C と同様な結果を示し、立脚相後半以外には義足側に傾斜していた。これに対し、内転角不足では LR で義足側への傾斜角度が減少した。一方、内転角過大では一歩行周期を通じて義足側への傾斜角度が増加する傾向にあった。さらに胸椎側屈角度について、適切アライメントでは立脚相を通じて概ね水平位を保っており、遊脚相では義足側への側屈角度が増加した。内転角不足ならびに内転角過大の場合、大きな変化は見られなかったものの、立脚相では 2 条件とも健側への側屈角度が増加し、遊脚相では義足側への側屈角度が増加する傾向を示した。

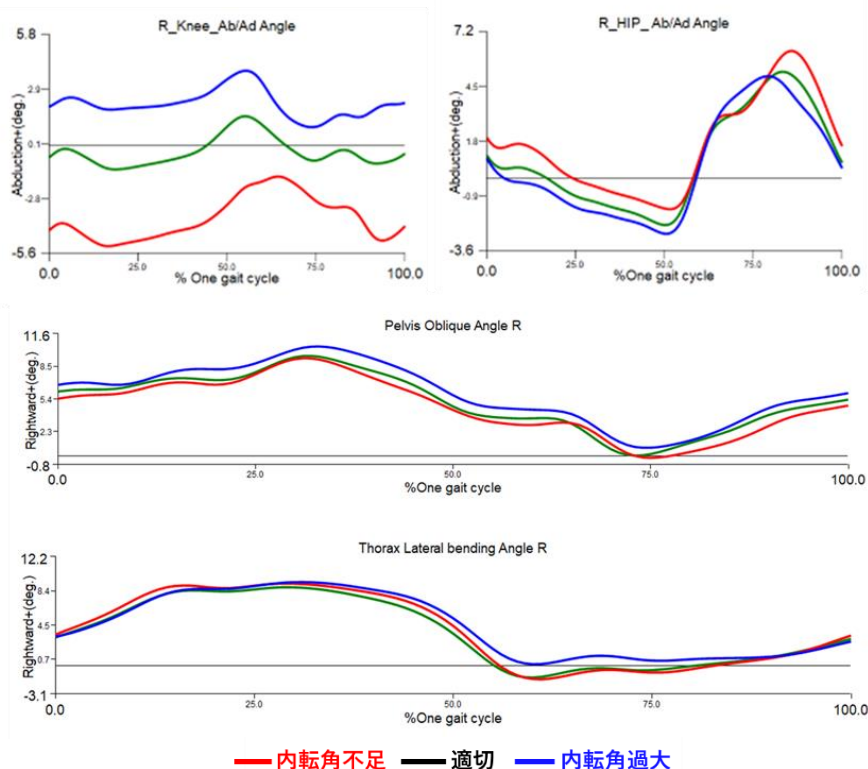


図3 被験者 A の結果

2) 考察

(1) 膝継手の内反/外反角度

全被験者ともに、適切アライメントと比較して、内転角不足では膝継手の内反角度が増加し、内転角過大では外反角度が増加した。これは、義肢装具士が義足歩行評価において、事前にアライメントが不適切に組み立てられた義足を想定して、これを装着した際に現れる異常歩行について分析する「アライメントシミュレーション」の結果と一致した。今回の結果より、内転角不足では膝継手の内反角度が増加したが、従来のアライメントシミュレーションでは「パイロンの

外倒れ」と同義であり、同時に「足部が外側のみ接地」している状況であると考えられる。したがって、大腿義足歩行においてソケット内転角の不一致により様々な異常歩行、代償動作が現れるものの、臨床現場において最も先行していると考えられる目視評価においては、アライメントシミュレーションに従った①パイロンの傾き、②足底の接地状況によってその判断が可能であることが示唆された。

(2) ソケット内転角の不一致による代償動作

上述の通り、ソケット内転角の不一致に伴う異常歩行として、膝継手の内反/外反が顕著であり、義肢装具士におけるアライメントシミュレーションの概念を踏まえ、「パイロンの傾き」によって目視評価が可能であった。しかし本結果より、それ以外にも義足側股関節や骨盤、体幹においてアライメント異常による代償動作が見られることが明らかとなった。

まず、股関節の内転/外転角度について、全被験者ともに内転角不足では適切アライメントと比較して股関節外転位で歩行していることがわかった。まず、内転角不足の場合はアライメントシミュレーションで図示できるように、膝継手以下の構成要素(主にパイロン)が外倒れし、それに伴い義足足部が通常よりも内側に移動した結果、支持基底面が狭くなるとともに義足側の床反力作用線が義足のアライメント基準線の内側を通りやすくなり、主観として外側(義足側)へ不安定となる。これは本結果の膝継手内反/外反の角度変化からも説明ができる。そこで切断者は、反射的に外側への不安定性を緩和しようとし、アライメント不良によって内側に移動した足部を通常的位置に近づけるために、股関節を外転させることで足部を外側へ移動させようとしているものと推察される。この股関節の代償動作によって、「パイロンの傾き」ならびに「足底の接地状況」は適切アライメントの状態へと近づくものと考えられる。

骨盤傾斜角度については、まず適切アライメントの段階で義足側に傾斜していることがわかった。これは一般的な大腿義足の場合、義足側遊脚相におけるトウクリアランスの確保を目的として、義足長を健側よりも1~2cmほど短く設定することが原因であると予想される。これにより健側との脚長差が生じ、一歩行周期を通じて義足側へ骨盤が傾斜していたものと考えられる。また今回の結果より、内転角過大では義足側への骨盤傾斜角度が増加する傾向にあることがわかった。これは、上述の内転角不足にて股関節外転角度が増加した場合と相対する現象が起きていると予想される。内転角過大の場合、内転角不足と同様にアライメントシミュレーションで図示できるように、膝継手以下の構成要素(主にパイロン)が内倒れし、それに伴い義足足部が通常よりも外側に移動した結果、支持基底面が広くなるとともに義足側の床反力作用線が義足のアライメント基準線の外側を通りやすくなり、主観として内側(健側)へ不安定となる。内転角不足では、アライメント異常に伴う構成要素の位置関係を股関節の外転運動で代償しようとした。これを内転角過大の場合で考えると、各構成要素の位置関係を代償するためには股関節を内転すれば良いことになるが、大腿切断者においては股関節外転拘縮が生じやすく、また坐骨結節周辺を覆っているソケットの形状的特徴により、適切歩行の状態からさらに股関節を内転させることは困難である。そこで、股関節の運動ではなく、義足側の骨盤を下方へ傾斜させる(健側の骨盤を上方へ傾斜させる)ことによって足部を内側に移動させることで、「パイロンの傾き」ならびに「足底の接地状況」を適切アライメントの状態へ近づけようとしているものと考えられる。

さらに、胸椎側屈角度については、内転角不足および内転角過大の2条件ともに、立脚相において義足側への側屈角度が増加する傾向だった。これも上述のようにそれぞれの条件におけるアライメント不良に対する代償動作だと考えられる。内転角不足の場合は、股関節を外転させてことにより、中殿筋が弛緩した結果として体幹部の側屈が現れたものと予想される。また内転角過大の場合においても、骨盤を義足側へ傾斜したことにより、それに連動した体幹部も義足側へ側屈してしまったものと推察される。

このように、ソケット内転角が不適切な場合、従来のアライメントシミュレーションにて目視評価が可能であった。一方で、アライメント不良によって変化した構成要素の位置関係を補うため、股関節や骨盤、体幹の運動によって代償動作を行っていることが示唆された。これらの代償動作が、大腿切断者における腰痛発症の一要因となっている可能性があり、アライメント異常による転倒リスクだけでなく、歩行に対する身体的負担やエネルギー消費といった観点からも適切なアライメント調整が重要であることが客観的に明らかとなった。

<引用文献>

- ① 東江 由起夫、須田 裕紀、高橋 素彦、大沼 雅之、前田 雄、【動画で学ぶ義足・義手】(チャプター1)大腿義足、日本義肢装具学会誌、30 巻 4 号、188-193、2014

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	東江 由起夫 (Agarie Yukio) (90460328)	新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・教授 (33111)	
研究分担者	勝平 純司 (Katsuhira Junji) (00383117)	東洋大学・ライフデザイン学部・教授 (32663)	
研究分担者	須田 裕紀 (Suda Hironori) (20567200)	新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・講師 (33111)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関