

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16344

研究課題名(和文) 義足のアライメント設定に影響を及ぼす因子と評価項目の分析

研究課題名(英文) Analysis of factor and evaluation item which have an influence to prosthesis alignment

研究代表者

須田 裕紀(suda, hironori)

新潟医療福祉大学・医療技術学部・講師

研究者番号：20567200

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、義足のアライメント調整に関する新たな評価法を提案した。臨床における義足のアライメント調整では、義肢装具士の評価とともに、切断者の足底荷重位置の主観的評価が用いられている。我々はアライメント調整時に、切断者が足底荷重位置を記録する評価票を考案した。計測では、義足の内外側方向のアライメントを変化させたとき、評価票および力学的パラメータに与える影響について調べた。結果、足底荷重推定位置は、適切なアライメントで踵とつま先を結ぶ線分付近に存在したが、内外側方向に変化すると、それに対応して有意に偏位した。結果から足底荷重位置の評価票が内外側方向のアライメント評価に有効である可能性を示唆した。

研究成果の概要(英文)：This study suggested a new assessment system about the adjustment to alignment of the prosthesis. In clinical adjustment of the alignment, patient's sensory assessment of the loading position in sole is usually used as well as the evaluation of orthotist and prosthetist. We developed an assessment sheet that patients can easily make a record of the loading position. This study is about how the change of inset and outset alignment of the prosthesis affects the record in the assessment sheet and biomechanical parameters. As a result that an appropriate alignment of the prosthesis tended to make records on subjective loading position in sole closed to the line segment connecting the heel and toe, while an inset or outset alignment tended to make it deviate significantly from the line segment in the lateral or medial direction. It is suggest that the assessment sheet of the loading position in sole could be effective for evaluating inset and outset alignment of the prosthesis.

研究分野：義肢装具

キーワード：義足 アライメント 荷重位置

1. 研究開始当初の背景

義肢とは、四肢の一部を欠損した場合に、もとの手足の機能と形態を復元するための人工の手足のことである。その中の義足は、切断後も残存する下肢の断端を収納するソケット、および欠損した下肢機能を代償する部品から構成される。ソケットと各種部品の相対的位置関係をアライメントという。アライメントの設定は、歩行および立位の安定性に大きく影響するため、義足製作で重要なパラメータのひとつである。臨床におけるその設定は、一般に立位時における下腿部の姿勢、膝関節の安定性、足底の位置、接地状況、ソケットの圧迫具合などを考慮して、義肢装具士の目視評価および切断者の主観的評価に基づいて行われてきた。そのため、調整の試行錯誤に時間がかかり、切断者の身体的、社会的、金銭的な負担が大きくなっている。

アライメント評価には、計測器で測定した客観的評価と義肢装具士および切断者による主観的評価の2つがある。前者では、動作解析装置、床反力計を用いて角度計、動作解析装置、床反力計を用いて、下肢各部の位置・姿勢、関節モーメント、床反力などが評価されてきた。近年では、義足の構成要素に計測機器を組み込み、歩行中のソケット下部に生じるモーメントを簡易計測する方法も用いられている。一方、主観的評価では、ソケットの適合感覚、姿勢の安定性、足の接地位置、足底の接地状況・荷重位置、義足の傾きなどが評価されてきた。これらの評価は、臨床でも広く用いられている。その中で足底の接地状況・荷重位置は、特にアライメントの影響を受けやすいパラメータである。足底荷重位置とは、物理的には足底の圧力中心であり、床反力計を用いて測定できる。その荷重中心は、健常者の場合、感覚的な足底荷重位置と一致するが、義足装着者の場合、必ずしも一致しない。一致しない場合、切断者は違和感を訴えることがあるため、感覚的な足底荷重位置の正確な記録も臨床で求められている。

2. 研究の目的

本研究では、感覚的な足底荷重位置を臨床で記録する「足底荷重位置推定票」を考案した。そこに記録された主観的な足底荷重位置を以後、「足底荷重推定位置」と呼ぶ。その位置は、足底の長軸線上で、かつ足部中央(中足骨部と踵の間の1/2)に位置していることが臨床的には望ましいとされている。本研究の目的は、義足のアライメント設定における足底荷重推定位置と三次元動作計測による物理データとの関係を調査することにより、足底荷重位置推定票の臨床的有用性を実験的に検証することである。そのために、ソケットに対して足部を正常位置から内外側方向へ有意に変化させて、足底荷重推定位置、床反力作用点の位置、床反力の大きさ・方向について分析した。

3. 研究の方法

(1) 足底荷重位置推定票

臨床では医療専門職と切断者がさまざまな観点からアライメントを評価している。従って評価項目は多様であるが、「姿勢の安定性」「足底の荷重位置」の2つに關係する項目が多い。臨床的には、アライメントが良好なときは、「荷重が義足足底の中央ないし全体で支えられている」と訴え、不良なときは、「足底の内側・外側・つま先・踵などで部分的に支えられている」と訴えることが多い。しかし、このような足底荷重位置は、聞き取りのみで評価されてきたため、位置の特定が不明確であった。上記の足底荷重位置の不鮮明さを解消するために、本研究では、Visual Analog Scaleの方法に準じて、切断者に足底面の絵に荷重位置を記録させる「足底荷重位置推定票」を考案した(図1-(a))。この票には、健側と義足側の足底面柄輪郭線、および踵と第2指・3指の間を結ぶ線分(足部長軸線)が描かれている。その分析座標系 $\Sigma_s = O_s - X_s Y_s$ (図1-(b))は、原点 O_s を踵の中心、足部長軸線を Y_s 軸(前方が+)とし、それに直交するように X_s 軸(外側方向が+)を設定した。図1-(b)中の三角・四角の印は、それぞれ足底荷重推定位置、床反力中心を表す。切断者は足部の輪郭線と長軸線を基準にして、足底荷重推定位置を記録する。もしその位置が、足底の長軸線上で、かつ足部中央から大きく離れているときは、アライメントを再調整する。

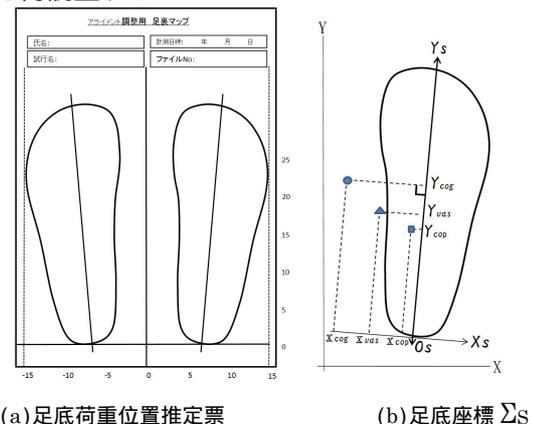


図1. 足底荷重位置評価票と足底座標系

(2) 計測方法

対象は、事前に実験について同意を得た片側下腿切断者5名とした。性別はすべて男性、年齢は 46.6 ± 14 歳、身長は 174.6 ± 7.4 cm、体重は 63.6 ± 7.0 kg、義足使用歴は 23 ± 9.7 年とした。動作計測には、赤外線カメラ9台を用いた三次元動作解析装置(VICON MX, Oxford Metrics Inc. サンプリングレート100Hz)および2台の床反力計(OR6-6-2000, Advanced Mechanical Technology Inc., サンプリングレート1kHz)を用いた。動作測定用の反射マーカは、直径9mmのものを用い、頭頂部、側頭部、左右肩峰、胸骨上切痕、上

腕骨内外側上顆, 橈骨茎状突起, 尺骨茎状突起, 上後腸骨棘中点, 左右上前腸骨棘, 大転子, 大腿骨内外側顆, 内外顆, 踵, 第三中足骨頭, つま先の計 33 箇所を貼付した(図 2) . 踵とつま先の 2 つのマーカーを用いて足部の位置・姿勢のみを計測した . 床反力座標系は $\Sigma_f=O_f X_f Y_f Z_f$ で表し, 原点 O_f は左右の床反力の中央後端に, Z_f 軸は鉛直方向(上方が+)に, X_f 軸は左右方向(進行方向に対して右側が+)に, Y_f 軸は前方方向(前方が+)に設定した . 動作計測のグローバル座標系は $\Sigma_G=O_G X_G Y_G Z_G$ で表し, 床反力座標系 Σ_f と同一 ($\Sigma_G=\Sigma_f$) とした(図 3) .

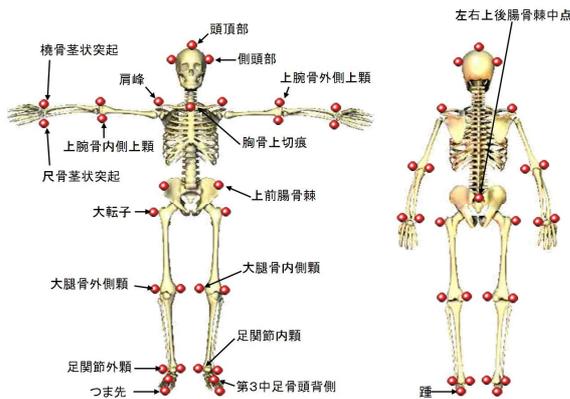


図 2 . 動作解析における反射マーカ貼付位置

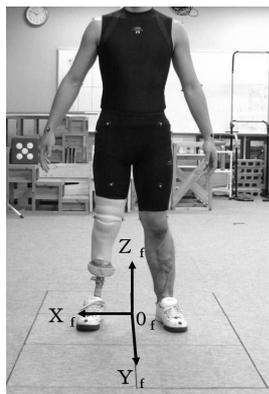


図 3 . 床反力座標系 $\Sigma_f=O_f X_f Y_f Z_f$

(3) 計測条件とアライメント設定

アライメントは, 一般的な臨床術式に従って 3 名の義肢装具士(臨床歴 10 年以上)が協議して決定した . それを以後, Normal と呼ぶ . アライメント変化は内外側方向だけ行い, Normal の両足部の踵間距離を X とし, ソケットに対して足部を内側へ 10 mm 偏位したものを Inset, 外側へ 10 mm 移動させたものを Outset と呼ぶ . 偏位量は, 被験者の安全性と市販パーツの調整可能な範囲の 2 つを考慮して 10mm とした . (図 4) .

立位時の足幅の規定条件は, 臨床における義足のアライメント評価法に準じて, 規定立位と自由立位の 2 つとした . 立位時の足幅は次の手順で決定した . まず Normal において

「基準足幅」を決定する . 被験者に 10 回程度足踏みをしてもらい, それを止めた後, 最も自然に感じる足幅で被験者に立位姿勢をとってもらい . そのときの足幅(両足部の踵間距離)をメジャーで測る . 同じ測定を 10 回行い, 測定値の平均の値を「Normal の基準足幅」とした . Inset と Outset における基準足幅は, 「Normal の基準足幅」にそれぞれ -10mm, 10mm 加えたものとし, それぞれ「Inset の基準足幅」「Outset の基準足幅」と呼ぶ . 基準足幅をもつ立位を「規定立位(以後, fix と略す)」と呼ぶ . 規定立位では, 足の位置を定める調整可能な治具を用いて, 被験者ごとに足幅と方向を規定した . 次に各アライメントの規定立位で被験者に足踏みをしてもらい, 最も立ちやすいよう足幅を補正してもらった . それを「自由立位(以後, fre と略す)」と呼ぶ . 自由立位では, 被験者ごとに足幅と方向を規定しなかった .

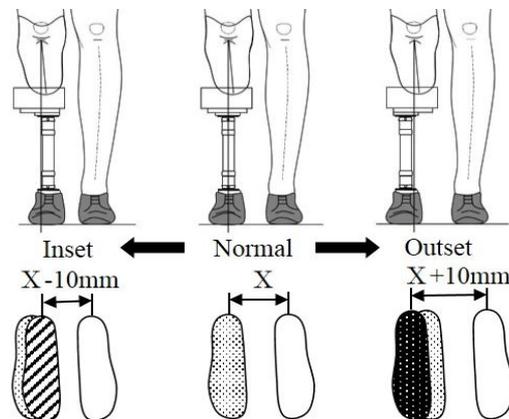


図 4 . 義足のアライメント設定

(4) 分析パラメータ

分析に用いたパラメータは以下の 5 つとした . 1) 足底荷重位置推定票の Σ_s に関する X 座標 [mm] (以後, X_{vas}) . 2) 両足部の踵間距離 [mm] . 3) 床反力圧力中心の Σ_s に関する X 座標 [mm] (以後, X_{cop}) . 4) 床反力の左右方向成分 [N] (以後, F_x) . 5) 床反力の鉛直方向成分 [N] (以後, F_z) .

4 . 研究成果

(1) 足底荷重推定位置の分析

足底荷重推定位置の X_{vas} の結果を図 5 に示す . 全体の傾向として, Normal では足底の中央に, Inset では足底外側に, Outset では足底内側に位置する傾向がみられた . fix と fre とを比べれば, 後者のばらつきが前者よりも大きい傾向がみられた . 自由立位では, 3 水準のすべての 3 つの組み合わせ間で有意差がみられた ($p<0.01$) . 規定立位内でも, 同じ結果が得られた ($p<0.01$) . Normal 内で fix と fre を比較したところ, 有意差はみられなかった . 一方, Inset 内と Outset 内でも同じ比較を行った結果, fix と fre の間で有意差がみられた ($p<0.01$) .

(2) 両足部の踵間距離の分析

両足部の踵間距離の結果を図6に示す。自由立位、規定立位ともに Normal に比べて Outset では踵間距離が長く、Inset では踵間距離が短かった。その増減はアライメント設定の変化に対応していた。自由立位では、Normal / Outset 間 ($p < 0.05$) と Outset / Inset 間 ($p < 0.01$) で有意差がみられた。規定立位では、Normal / Outset 間、Normal / Inset 間 ($p < 0.05$) および Outset / Inset 間 ($p < 0.01$) で有意差がみられた。規定立位と自由立位の対応する踵間距離を比較すると後者の距離の方が長く、かつ分散が大きい傾向がみられたが、有意差はみられなかった。

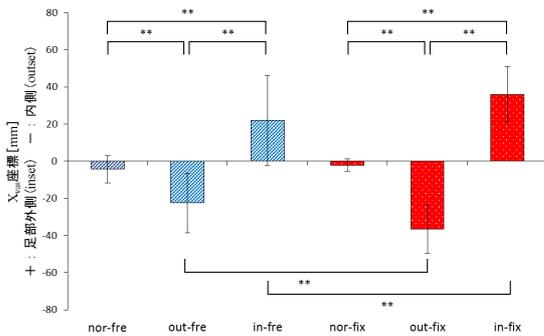


図5. 足底荷重推定位置の X_{vas} 座標 [mm]

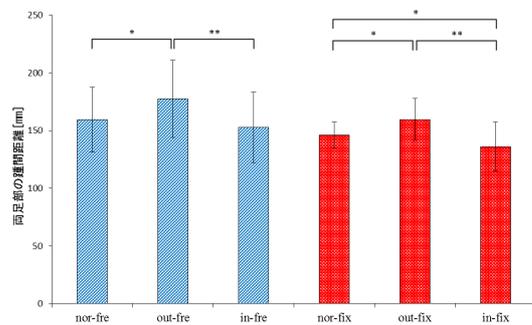


図6. 両足部の踵間距離 [mm]

(3) 床反力圧力中心の分析

床反力圧力中心の X_{cop} の結果は、自由立位における3水準間には有意差がみられなかった。規定立位内でも同じであった。一方、同じ水準間で fix と fre を比較したところ、すべての水準で有意差がみられた ($p < 0.01$)。

(4) 床反力成分の分析

床反力の左右方向成分 F_x[N] と鉛直方向成分 F_z[N]の結果をそれぞれ図7、図8に示す。まず F_x[N]の結果について述べる。自由立位内では、3水準のすべての3つの組み合わせの間に有意差がみられた ($p < 0.01$)。規定立位内では、Normal / Outset 間および Outset / Inset 間に有意差がみられたが ($p < 0.01$)、Normal / Inset 間には有意差がみられなかった。一方、同じ水準間で fix と fre を比較したところ、すべての水準において fre の方が fix よりも有意に大きかった ($p < 0.01$)。次に F_z[N]の結果について述べる。自由立位と規定立位の両方において、3水準間で有意差はみられなかった。同じように、

同じ水準間における fix と fre の間にも有意差はみられなかった。

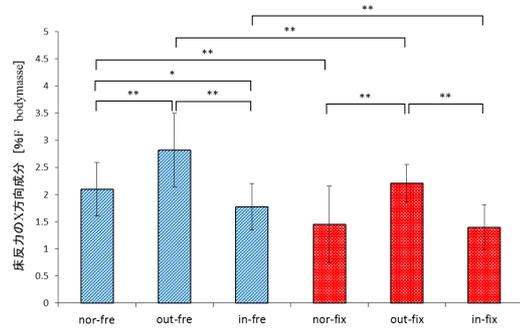


図7. 床反力の X 方向成分

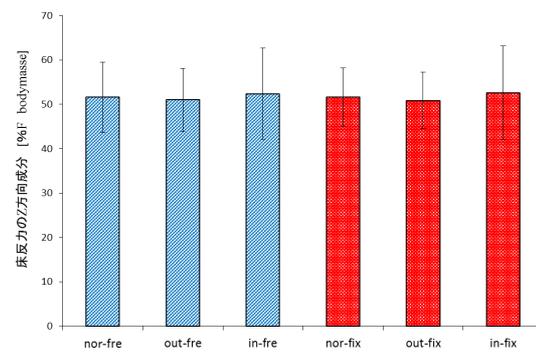


図8. 床反力の Z 方向成分

(5) 足底荷重推定位置と床反力の分析

結果を踏まえて、有意差がみられた2つの分析パラメータ「足底荷重推定位置 X_{vas}」床反力左右方向成分 F_x」について相関分析を行った。縦軸を X_{vas} とし、横軸を F_x とした結果を図9、図10に示す。縦軸の X_{vas} は、中央の 0mm が足部中心、+方向が足部外側、-方向が足部内側を表す。この値は、前にも述べたように足部位置を内外側方向に変化すると、それに応じて反対方向に変位する(図5)。横軸の F_x は、プラスが外側方向、マイナスが内側方向を表す。規定立位では、X_{vas} の変位と F_x の間に R²=0.73 という強い正の相関がみられた。自由立位でも、やはり正の相関 (R²=0.37) がみられた。

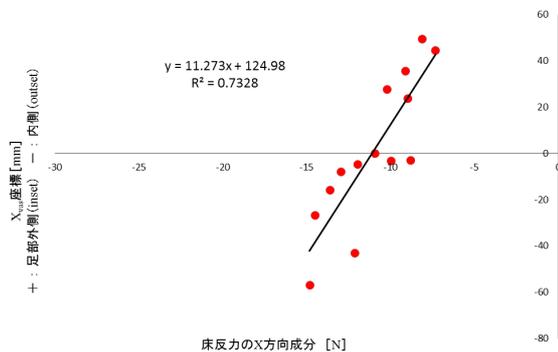


図9. X_{vas} 座標と床反力 X 成分の相関 (fix)

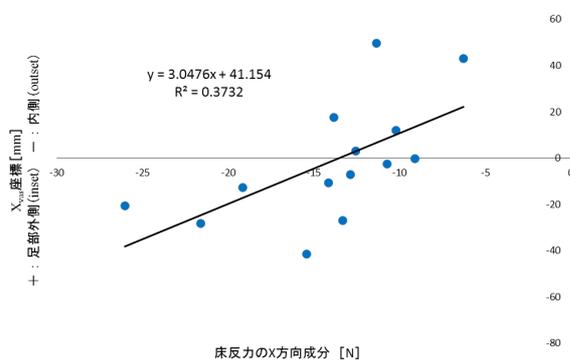


図 10 . X_{vas} 座標と床反力 X 成分の相関 (fre)

(6) 研究成果のまとめ

最後に、足底荷重位置推定票の有用性について論じる。足底荷重推定位置は、Normalでは足底の中央に、Insetでは外側に、Outsetでは内側に位置し、アライメント設定との対応関係が認められた。この対応関係は、規定立位と自由立位ともに認められ、切断者は荷重位置を明瞭に認知していると考えられる。さらに、床反力の左右方向成分 F_x [N]と相関性があることから、主観的評価ではあるが、物理的なデータとの対応関係も認められた。これらの事実から、足底荷重位置推定票から得られる情報は、下肢の荷重状態を表すデータのひとつであり、アライメント調整に利用できるパラメータといえる。臨床応用には次のような方法が考えられる。初期には適切なアライメントの位置が不明であり、一般に評価と調整を繰り返しながらその最適化を行う。通法より決定した規定立位および足踏み・歩行などの動的動作により得られた自由立位の両方において、切断者に足底荷重位置推定票に荷重位置を記入してもらう。もしその位置が足底中央から左右方向に顕著に外れていて、かつ再現性もあるとすれば、荷重位置を足底中央に移動する方向にアライメント調整を行う。この調整を両立位において荷重位置が足底中央になるまで繰り返す。床反力計のない臨床の場では、有効な調整手順と考えられる。

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1件)

須田裕紀、林豊彦、前田雄、高橋素彦、東江由起夫、義足の Inset・Outset アライメント評価における義足足底荷重位置の主観的推定の有効性、バイオメカニズム学会誌、査読有り、Vol.41、No.1、2017、p27-33

[学会発表](計5件)

須田裕紀、高橋素彦、佐藤未希、前田雄、大沼雅之、東江由起夫、林豊彦、義足アライメントの主観的評価と客観的評価の関係性 - Inset・Outset 時の現象 -、第31回日本義肢装具学会学術大会、2015年11月7日。

須田裕紀、高橋素彦、佐藤未希、前田雄、大沼雅之、東江由起夫、林豊彦、義足のアライメント調整における立位規定の検討 - Inset・Outset 時の現象 -、第30回リハ工学カンファレンス、2015年11月13日。

須田裕紀、林豊彦、前田雄、高橋素彦、佐藤未希、東江由起夫、義足アライメント評価時の立位姿勢が主観的/客観的評価に及ぼす影響 - Inset・Outset 時の現象 -、第36回バイオメカニズム学術講演会、2015年11月28日。

須田裕紀、前田雄、高橋素彦、霜島大希、佐藤未希、東江由起夫、林豊彦、義足アライメント評価時の主観的と客観的評価の分析 - Inset・Outset 時の現象 -、第23回日本義肢装具士協会学術大会、2016年7月16日。

Hironori Suda, Toyohiko Hayashi, Yu Maeda, Motohiko Takahashi, Daiki Shimotori, Miki Sato, Yukio Agarie, Effects of the Inset-Outset of prosthetic foot alignment to the subjective prediction of position, Asian Prosthetic and Orthotic Scientific Meeting 2016(Korea), 2016.11.4-6.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

須田裕紀 (Hironori Suda)
新潟医療福祉大学医療技術学部
義肢装具自立支援学科 講師
研究者番号: 20567200

(2) 研究分担者

なし