

前額面上および水平面上での歩容改善機能を有する義足 パーツの開発

Development of a new functional prosthetic component effective on frontal and horizontal plane

松原裕幸 中川昭夫 赤澤康史 中村俊哉

MATSUBARA Hiroyuki, NAKAGAWA Akio, AKAZAWA Yasushi, NAKAMURA Toshiya

青山 孝 日比野文昭(株式会社松本義肢製作所)

AOYAMA Takashi, HIBINO Fumiaki(MATSUMOTO PROSTHETICS AND ORTHOTICS MANUFACTURING CO.LTD)

キーワード:

義足、前額面、体幹の側屈

Keywords:

Lower limb prostheses, Frontal plane,
Lateral trunk bending

Abstract:

It is difficult to load the body weight on the lower limb prostheses for amputees. Therefore amputees bend their trunks on prosthetic side. We aim to develop some new prosthetic component which prevents amputees from bending their trunks laterally and make their walk comfortable.

First of all, we make some experiments in order to get basic data to develop the new component. We put two new functional prosthetic components on one trans-femoral amputee and one trans-tibial amputee. The results of these trails are described in this report.

1 はじめに

義足を用いての歩行獲得を支援するために、義足に用いるパーツに関して非常に多くの研究開発が行われてきた。特に近年の義足パーツの研究開発には目を見張るものがあり、膝関節の代わりに用いる膝継手においては膝折れを防ぐだけでなく、コンピュータが内蔵され歩行速度に追従して膝継手の屈曲抵抗を調整するなど、より細かな制御が

可能になってきている。しかし、これらのパーツは全て矢状面での性能を研究し開発されてきたものである。

これに対し、高機能なパーツが開発された今日でも義足を用いての歩行獲得において問題となるのが前額面上での問題である。特に、義足使用者が義足に体重を負荷する動作の獲得は非常に困難であり、熟練を要する。このため義足使用者は義足側で立つ度に、上半身を義足側に傾ける動作(以下体幹の側屈)を伴う異常歩行、あるいは上半身を常に義足側にずらす異常歩行がみられる。この結果、脊柱の変形が生じることがある。

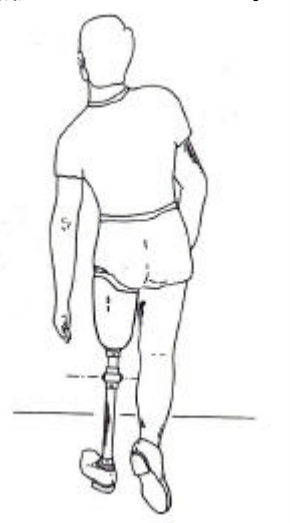


図1 体幹の側屈

Fig.1 Lateral trunk bending

また、下腿義足(膝と足首の間での切断者が使用する義足)特有の問題として義足に体重を負荷す

る度に膝関節に左右動揺(ラテラルスラスト以下LS)がみられることがある。

これらの問題に対し、前額面上および水平面上で必要とされる機能を明らかにし、その機能を有する義足パーツを開発することにより、義足への体重負荷を補助し、歩容改善を行なうことを本研究の目的とする。

すでに既存のパーツを流用することによって、前額面上での機能の付加により義足使用者の歩行に影響をおよぼすことが可能である事は確認できている。

2 身体の基本平面

図2に身体の運動を規定する3つの面を示す。

- ・矢状面(sagittal plane)
身体を前から後ろに通る、左右に分割する垂直面
- ・前額面(frontal plane)
身体を前後に分割する垂直面
- ・水平面(horizontal plane)
身体を上下に分割する面

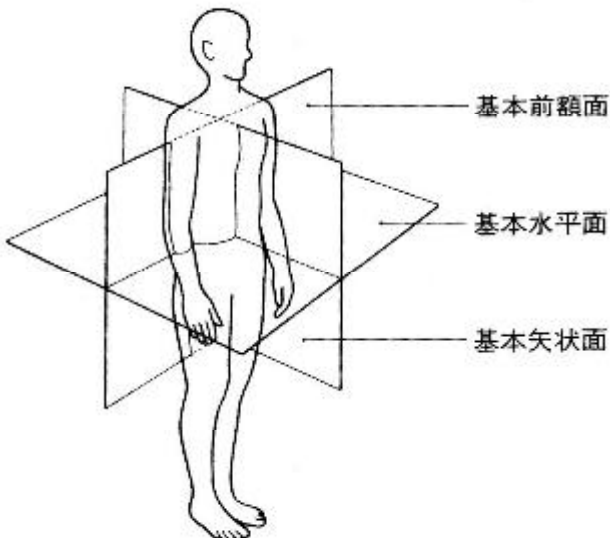


図2 身体の基本平面

Fig.2 Cardinal plane of the human body

3 義足パーツの開発

3.1 設計コンセプト

今回開発する義足パーツでは体重負荷の状態により前額面上のアライメントを変化させることにより、骨盤のシフトが起こりやすくなると考え設計を行った。

義足のアライメントには平行移動と角度変化の2種類がある。以前流用した既存パーツでは、平行移動と角度変化が同時に起こるパーツであり、どちらの影響が大きいか不明であった。

このため、今回開発するパーツは平行移動のみを起こすパーツ(以下スライド機構)と角度変化のみを起こすパーツ(以下ティルト機構)の2種類を開発することとした。

3.2 仕様

スライド機構のスライド量およびティルト機構のティルト量を決定するにあたり、健常者歩行の骨盤移動量を参考にした。健常者は歩行時に骨盤を約30~50mm左右にシフトする。片側の義足使用者の場合、義足側のみの骨盤シフト量を考えれば15~25mmとなるが、効果の有無やソケットと断端の間で吸収される量等を考慮し、スライド機構のスライド量は最大30mmとした。ティルト機構はソケット直下にパーツを取り付けた際、短いソケットであってもスライド機構同様に骨盤レベルでの30mmのスライド量を得るため、ティルト量を最大15度とした。以下に上記以外の仕様を示す。

- ・既存のモジュラー式義足と共通の方式で取り付けが可能であること
- ・下腿義足および大腿義足に取り付け、歩行中に破損の恐れがないこと
- ・それぞれの変化量が調節可能であること
- ・パーツの重量が1Kg以下であること

以上の仕様より図3,4のような設計とし試作を行った。

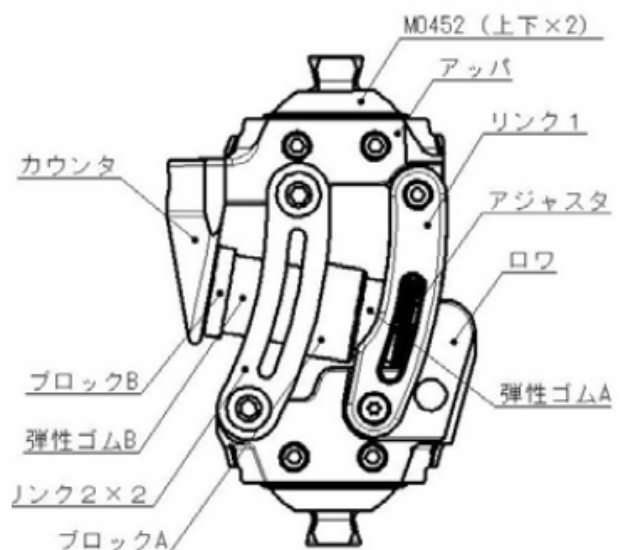


図3 スライド機構

Fig.3 Slide system

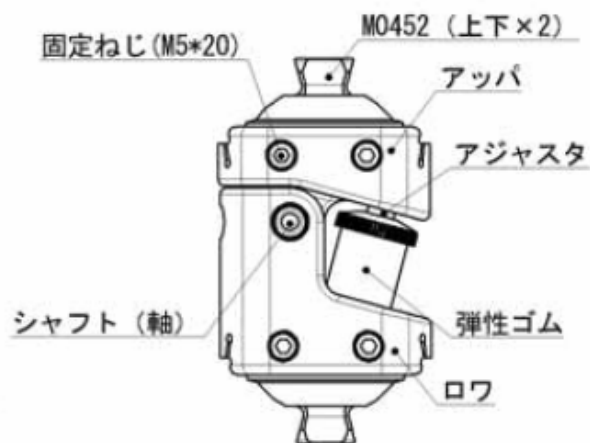


図4 ティルト機構
Fig.4 Tilt system

3.3 試作品

試作を行った結果、スライド機構が約 960 g、ティルト機構が約 570 g となった。スライド機構はスライド量 30mmを得るために、上下の沈み込み量も大きくなり、最大沈み込み量が 15mm になった。これは、通常義足長を調整する際に 5 mm以下の差は感じないという基準を大きく超える値であり、今後の検討項目と考える。

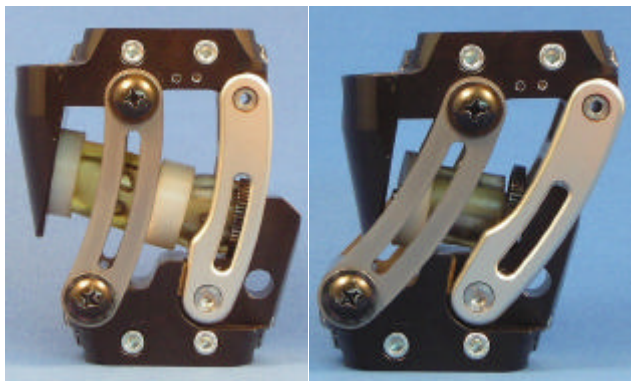


図5 スライド機構
Fig.5 Slide system



図6 ティルト機構
Fig.6 Tilt system

4 試用評価

試作したパーツを大腿義足使用者と下腿義足使用者に装着し試用評価を行った。

4.1 対象者

- ・大腿義足使用者

24 歳 女性 左大腿切断 断端長 20 cm

12 歳で受傷し、歩行訓練を受けなかったこともあり体幹の側屈が非常に大きく、義足再製作の際、当病院の理学療法の歩行訓練を外来で受ける。

4.1.1 試用評価条件：大腿義足

日常的には、膝継手はナブテスコ社製インテリジェント義足の単軸を使用しているが、試作したパーツを装着するために Otto Bock 社製 3R95=1 を使用した。膝継手の遊脚相制御方式が空圧から油圧に変わるため十分に歩行練習を行ってから試用評価を行った。試作したパーツは両方ともソケットと膝継手の間に装着した。

4.1.2 結果：スライド機構

義足に体重を負荷すると足部に対しソケットが外側にスライドするように装着し、歩行を行った。目視ではあるがリンクが最大まで沈み込み、仕様通りの性能を発揮した。しかし、体幹の側屈の減少または骨盤のシフトは見られなかった。

- ・主観的評価

アライメントが変化しているのは感じない。ソケット内での圧力の加わり方が変わった。

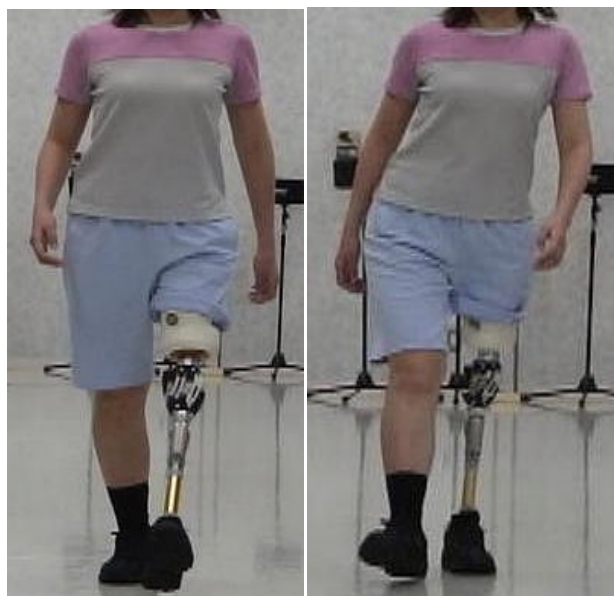


図7 大腿義足使用者(スライド機構)
Fig.7 Trans-femoral amputee(slide system)

4.1.3 結果：ティルト機構

義足に体重を負荷するとソケット内転角が増加するように装着し、試歩行したがティルト機構が働かなければ歩行出来たが、ティルト機構が働くと歩行が困難であった。

4.2 対象者

・下腿義足使用者

53歳 男性 右下腿切断 断端長 17cm

糖尿病による切断で、義足側の膝にLSがみられる。また、既往歴に頸椎症があり健側片脚立位能力も低い。

4.2.1 試用評価条件：下腿義足

日常的には、足部はFlex Foot社製Sure Flexを使用しているが、長さの問題で試作したパーツが装着できないためOtto Bock社製1D25を使用した。

4.2.2 結果：スライド機構

足部に対しソケットが内側にスライドするように装着した場合は、LSの減少が見られた。しかし、主観的評価としては通常使用している義足に比べ力が床に伝わらず逃げる感覚があり、歩行しにくいとのことであった。

足部に対しソケットが外側にスライドするように装着した場合は、LSの減少は見られなかった。しかし、主観的評価としては通常使用している義足に比べ歩行しやすいとのことであった。

両条件ともスムーズにスライドし、またスライド量もアジャスタで微調整が可能であった。

4.2.3 結果：ティルト機構

ソケット内転角が減少するように装着した場合は、LSの減少が見られた。しかし、主観的評価としては、通常使用している義足に比べ義足が左右に揺れる感覚があり、歩行しにくいとのことであった。

ソケット内転角が増加するように装着した場合は、LSの減少は見られなかった。しかし、主観的評価としては通常使用している義足に比べ歩行しやすいとのことであった。

ティルト機構は働いたが、スライド機構に比べ、ティルト機構が働くアライメントと働かないアライメントの差が僅かであり、アライメントを慎重に設定する必要があった。ただし、設定が決まった後はスムーズに働き、アジャスタによる微調整も可能であった。



図8 下腿義足使用者(ティルト機構)
Fig.8 Trans-tibial amputee(tilt system)

5. 考察および検討課題

以前流用した既存パーツでは、平行移動と角度変化が同時に起こるパーツであり、どちらの影響が大きいか不明であった。このため、今回の実験ではパーツの機能を平行移動と角度変化に分割し検証を試みた。

しかし、大腿義足使用者に装着したケースにおいてはパーツの効果は認められなかった。このことから、アライメントを変化させる方法を再検討する必要があると思われた。

下腿義足においてはスライド機構、ティルト機構ともLSの減少も見られた。特にスライド機構では、LSは減少し、膝関節部のみを観察すると非常に安定していた。しかし、主観的評価とは一致しなかった。

以上のことから、下腿義足においては現象としてLSの減少および膝の安定が見られたため、角度変化に比べ平行移動の影響が大きいという結果が得られた。しかし、LSの生じる原因や機序は不明であり、主観的評価との関係も不明である。また、LSの現象自体も客観的に捉えられていない。そこで今後は、断端長や膝の筋力、靭帯の状態等の身体情報と、LSのスラスト量や股・膝・足の各関節の矢状面と前額面での角度の関係や、各関節の前額面上でのモーメント等の客観的データを計測し相互の関係を調べたいと考えている。