

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2007-530237

(P2007-530237A)

(43) 公表日 平成19年11月1日(2007.11.1)

(51) Int. Cl.

A61F 2/66 (2006.01)

A61F 2/68 (2006.01)

F I

A61F 2/66

A61F 2/68

テーマコード (参考)

4C097

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2007-506341 (P2007-506341)  
 (86) (22) 出願日 平成17年4月1日(2005.4.1)  
 (85) 翻訳文提出日 平成18年9月28日(2006.9.28)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2005/011292  
 (87) 国際公開番号 W02005/097010  
 (87) 国際公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)  
 (31) 優先権主張番号 60/558, 119  
 (32) 優先日 平成16年4月1日(2004.4.1)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 10/814, 155  
 (32) 優先日 平成16年4月1日(2004.4.1)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 10/814, 260  
 (32) 優先日 平成16年4月1日(2004.4.1)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

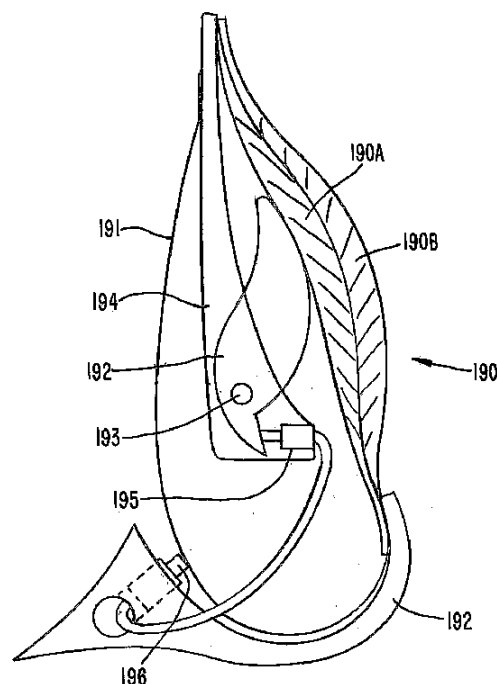
(71) 出願人 503224611  
 タウンゼンド、バリー ダブリュ  
 アメリカ合衆国、93304 カリフォル  
 ニア州、ベイカーズフィールド、フーチン  
 ロード 400  
 (71) 出願人 503224622  
 クラウディノ、パイロン ケント  
 アメリカ合衆国、93312 カリフォル  
 ニア州、ベイカーズフィールド、ローズデ  
 イル ハイウェイ 9731  
 (74) 代理人 100065226  
 弁理士 朝日奈 宗太

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 機能調整式義足

## (57) 【要約】

足、足関節、および足関節上部の脛部を備えた弾性を有する下肢端部用補綴装具は、人の歩行中の活発な推進段階において補綴装具に力が負荷されるときエネルギーを蓄え、歩行の後期のスタンス段階において蓄えたエネルギーを放出して人のつれて動く下肢と身体の推進を補助するための人工筋肉(190)が脛部(191)に設けられている。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

弾性を有する足、弾性を有する足関節、および、長さが長く、足関節の上方に直立している弾性を有する脛部を含む弾性を有する下肢補綴装具に推進力のための運動力を発生させる方法であって、

補綴装具にエネルギーを蓄えるために、人の歩行の動的な推進段階において補綴装具に力を負荷するとき、弾性を有する補綴装具の少なくとも一つの矢状方向面の凹面部を伸長させることと、

つれて動く下肢と身体の推進力に追加するために、前記蓄えたエネルギーを歩行の後期のスタンス段階において放出することと、を含み、

歩行の動的な推進段階において前記補綴装具に力を負荷するとき、足、足関節、および、前記補綴装具の脛部の少なくとも一つに設けられた人工筋肉に付加的エネルギーを蓄え、前記歩行の後期のスタンス段階において前記付加的エネルギーを放出して、人のつれて動く下肢と身体との推進力にさらに加えられる方法。

10

## 【請求項 2】

前記伸長が、前記弾性を有する足の上向きに湾曲した足中央部によって形成された凹面部を伸ばすことを含む請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 3】

前記伸長が、前記弾性を有する脛部の後方を向いた凹面部を伸ばすことを含む請求項 1 記載の方法。

20

## 【請求項 4】

前記補綴装具と一体的に形成された弾性部材が前記足関節および脛部を形成し、また、前記伸長が前記弾性部材の前方に向けて突出する湾曲部によって形成された凹面部を伸ばすことを含む請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 5】

前記人工筋肉に付加的エネルギーを蓄えることが、前記補綴装具の足、足関節、および脛部の少なくとも一つに設けられた粘弾性材に張力を掛けることを含む請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 6】

前記補綴装具の使用前に、前記人工筋肉に張力を予め掛けることによって前記補綴装具のエネルギー蓄積能力を調節することを含む請求項 1 記載の方法。

30

## 【請求項 7】

前記張力を予め掛けることが、前記人工筋肉に張力を掛けるために、カム、パッド、および加圧流体が充填された袋の少なくとも一つを用いることを含む請求項 6 記載の方法。

## 【請求項 8】

前記補綴装具の足に人工筋肉を設けることを含む請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 9】

前記足が足竜骨を含み、また、前記人工筋肉が、前記足竜骨の足底の後部と前部とを連結する請求項 8 記載の方法。

## 【請求項 10】

前記足が、前記補綴装具の下端部に装着された足型を含み、また、前記人工筋肉が、前記足型の足底の後部と前部とを連結する請求項 8 記載の方法。

40

## 【請求項 11】

前記補綴装具を人体の下肢端部のソケットに連結することを含み、また、前記補綴装具に設けられた前記人工筋肉が、前記補綴装具から前記ソケットまで延在している請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 12】

前記補綴装具と一体的に形成された弾性部材が、前記足関節と前記脛部とを形成し、少なくとも前記足関節の領域の前記弾性部材が、前方に向けて突出するように湾曲しており、さらに、人工筋肉が前記弾性部材に設けられている請求項 1 記載の方法。

50

## 【請求項 13】

前記補綴装具の前記足に人工筋肉を設けることをさらに含む請求項 12 記載の方法。

## 【請求項 14】

前記人工筋肉をゴムとポリマーから成るグループから選択された粘弾性材を用いて形成することを含む請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 15】

前記補綴装具に力を負荷したとき、前記補綴装具によって掛けられた力を検出することと、検出した力の関数として、前記力の負荷時の前記人工筋肉の前記エネルギー蓄積能力を調節することと、をさらに有する請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 16】

前記補綴装具の位置エネルギーを増大させるために、歩行中の前記力の負荷の前に、前記人工筋肉に予め張力を掛けておくことを含む請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 17】

長さ方向に延在する足と、

弾性を有する足関節と、

細長い前記足関節の上方に直立している弾性を有する脛部と、を含む弾性を有する下肢端部用補綴装具であって、

前記足関節と前記脛部とは弾性部材として形成されており、前記脛部は、前記足関節の上方に向けてほぼ曲線形状に上向きに延在して、歩行中に縦方向に屈曲してエネルギーを蓄え、また、放出することによって歩行中の義足の動的応答性を向上させ、

また、人の歩行の活発な推進段階において前記補綴装具に力を負荷するときエネルギーを蓄え、そして、歩行の後期のスタンス段階において前記エネルギーを放出して、人のつれて動く下肢と身体との推進を補助するために前記補綴装具の足、足関節、および脛部の少なくとも一つに人工筋肉が設けられている、弾性を有する下肢端部用補綴装具。

## 【請求項 18】

前記補綴装具の位置エネルギー増大させるために、前記人工筋肉に予め張力が掛けられている請求項 17 記載の補綴装具。

## 【請求項 19】

前記人工筋肉に予め調節された張力を掛けることによって前記補綴装具のエネルギー蓄積能力を調節する手段をさらに有する請求項 17 記載の補綴装具。

## 【請求項 20】

前記調節のための手段が、カム、パッド、および加圧流体が充填された袋から成るグループから選択される請求項 19 記載の補綴装具。

## 【請求項 21】

前記補綴装具の前記足に装着された人工筋肉を含む請求項 17 記載の補綴装具。

## 【請求項 22】

前記足が足竜骨を含み、また、前記足に装着された前記人工筋肉が、前記足竜骨の足底の後部と前部とを連結する請求項 21 記載の補綴装具。

## 【請求項 23】

前記足が、前記補綴装具の下端部に装着された足型を含み、また、前記足に装着された前記人工筋肉が、前記足型の足底の後部と前部とを連結する請求項 21 記載の補綴装具。

## 【請求項 24】

前記人工筋肉が、前記補綴装具の使用時に前記補綴装具と人体の下肢端部に装着されたソケットのあいだに延在し、かつ、前記補綴装具とソケットとを連結する請求項 17 記載の補綴装具。

## 【請求項 25】

前記弾性部材は、少なくとも前記足関節の領域が前方に向けて突出するように湾曲する一体的に形成された部材である請求項 17 記載の補綴装具。

## 【請求項 26】

前記人工筋肉が前記弾性部材に設けられている請求項 25 記載の補綴装具。

10

20

30

40

50

## 【請求項 27】

人工筋肉が前記足にも設けられている請求項 26 記載の補綴装具。

## 【請求項 28】

前記人工筋肉が、少なくとも部分的には、ゴムとポリマーから成るグループから選択されたヴァスコイラスチック材により形成されている請求項 17 記載の補綴装具。

## 【請求項 29】

前記補綴装具に力を負荷したとき、前記補綴装具によって掛けられた力を検出するための検出器と、検出した力の関数として、前記力の負荷時の前記人工筋肉の前記エネルギー蓄積能力を調節する前記検出した力に応答する手段と、をさらに有する請求項 17 記載の補綴装具。

10

## 【請求項 30】

前記人工筋肉が、前記筋肉の長さ方向の中間部においてより大きな断面積を有する請求項 17 記載の補綴装具。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、応用力学に関連し、動作反応機能を向上させた高性能な義足に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

足補綴用の無関節義足は、マーチン (Martin) らの米国特許第 5897594 号明細書に開示されている。剛性構造でありながら、義足が足関節の機能に似せるための接手を備えるようにされたそれ以前の解決策とは異なり、マーチンらの無関節義足は、足状成形物の内部に配置された弾性を有する足挿入体を用いている。挿入体は、縦断面が概ね C 字形に設計されてその開口部が後方に向けて配置されており、補綴部に掛かる負荷を C 字形の上端部で支承し、そして、C 字形の下端部を介してその負荷を連結された板ばねに伝達する。板ばねは、下から見た形状は凸状であり、足挿入体を越えて足先端部にまで足底部に対して概ね平行に延在している。マーチンらの発明は、使用者が自然な状態で歩行ができるよう無関節義足の踵部に対する衝撃緩衝能力、弾性、および踵からつま先への歩行と横安定性を改良するという目的に基づいており、この発明は、使用者に通常の歩行だけではなく、肉体的運動をすることや、スポーツを楽しむことを可能にする。しかし、この公知の義足は、動的応答特性に制限があり、また、人体の足、足関節と脛骨部、および柔支持組織という人の生体力学上の機能を模倣してはいない。マーチンらの義足およびこの足関節設計と腓脛部に硬質の支柱を用いたその他の先行技術による義足は、歩行中に足関節の矢状方向面に通常の運動力を発生させるための十分な弾性エネルギーを蓄えることができない。テスト結果によると、先行技術によるこのような設計の義足は、歩行中に足関節の矢状方向面に通常の運動力の約 25% のみを発生させる。

20

30

## 【0003】

別の義足がヴァン・L・フィリップスによって提案されており、それは、申し立てによると、先行技術による義足の構造上の制限とそれに対応した性能のために従来は不可能であった幅広い種々の運動に足切断者を従事できるようにするための機敏性と移動性とを与える。申し立てによると、ランニング、跳躍、およびその他の競技がこれらの公知の義足によって可能になり、また、これらの義足は、使用者の正常な側の足と同様に使用することができる、と報告されている。例として、米国特許第 6071313 号、同第 5993488 号、同第 5899944 号、同第 5800569 号、同第 5800568 号、同第 5728177 号、同第 5728176 号、同第 5824112 号、同第 5593457 号、同第 5514185 号、同第 5181932 号、および同第 4822363 号明細書を参照されたし。これらの義足は、複合材を用いて形成された足、足関節、および腓脛部を有し、足関節の機構は、後方に向けて突出するよう湾曲している。テスト結果によると、先行技術によるこの設計の義足は、歩行中に健常人が発生させる足関節の矢状方向面に運動力のほぼ 40% を発生させる。足切断者が行う歩行、ランニング、跳躍、および短距

40

50

離走の内容を向上させることができる高性能義足が求められている。

【発明の開示】

【0004】

足を切断した運動選手に高レベルの競技ができるようにするために、状況に適合するように改良された機構を備えた高性能義足が求められており、高性能義足は、健常人の足を凌ぐことが可能であり、また、先行技術による義足をも凌ぐことができる。足を切断した運動選手にとっては、状況に適合するように改良された機構、高低の動的応答能力、および具体的にはタスクに応じて変化する運動の水平成分と垂直成分を向上させるために調整が可能なアラインメントの調節能力を備えた高性能義足を入手することが関心事である。

【0005】

本発明の義足は、これらの求めに応じたものである。ここに開示した実施形態の一例によると、本発明の義足は、一端に足前部、他端に足後部、および足前部と足後部のあいだに延在し、そして、足前部と足後部から上向きに湾曲した比較的長い足中央部を備えて長さ方向に延在する足竜骨を有する。また、下向きに突出するように湾曲した下部を含む腓脛部が設けられている。調節式締着構造によって、腓脛部の湾曲した下部が足竜骨の上向きに湾曲した足中央部に取り付けられて、義足の足関節部を形成している。

【0006】

調節式締着構造は、義足の性能を調節するために、腓脛部と足竜骨とのアラインメントを足竜骨の長さ方向において互いに調節することを可能にする。互いに対向して配置されている足竜骨の上向きに湾曲した足中央部と腓脛部の下向きに突出するように湾曲した下部との足竜骨の長さ方向のアラインメントを調節することによって、動的応答特性と結果としての義足の動きとを、必要・所望の水平方向および垂直方向の線形速度に対して特定の機能を有するように変更することができる。高低の動的応答能力はもとより双方向への作動特性を有する多用途義足が開示されており、これらの能力と特性は、スポーツおよび/または娯楽活動に参加している足切断者の機能上の達成度を向上させる。特に短距離走用の義足も開示されている。

【0007】

義足は、また、使用中に義足の腓脛部に力が負荷されたまたは力から解放されたことに対応して運動する腓脛部の上端部の運動範囲を制限するための装置を含むことができる。一実施形態において、この装置は、腓脛部の上端と下端とに連結されたピストンとシリンダのユニットであり、腓脛部の圧縮と伸長時に、運動範囲を制限し、また、蓄積されるまたは放出されるエネルギーを緩衝するために少なくとも一種類の加圧流体が収容されている。別の実施形態においては、後方の腓装置は、義足に力が負荷されたときそれ自身の位置エネルギーを蓄え、そして、力の解放時に蓄えたエネルギーを返還して弾性エネルギーの総蓄積能力に付加することによって、歩行中に義足によって生み出される推進力を発生させるための運動力を増大させる。さらに別の実施形態においては、人工筋肉が、義足の足、足関節、および脛部の少なくとも一つに設けられて、義足の位置エネルギーと歩行中の足関節の矢状方向面の運動力を増大させる。義足に装着された人工筋肉は、また、ソケットつまり義足の膝収容部のような人の下肢端部に装着される支持構造体に隣接する位置まで延出させることができる。

【0008】

本発明のこれらの並びにその他の目的、特徴、および利点は、開示した本発明の例示としての実施形態についての以下の詳細な説明と添付図面とを検討することによってより明白になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

ここで図を参照すると、図3から5の例示としての実施形態において、義足1は、一端に足前部3、他端に足後部4、および足前部と足後部のあいだに延在する上向きに湾曲した足中央部5を備えて長さ方向に延在する足竜骨2を有することが示されている。足中央部5は、この例示した実施形態においては、足前部と足後部のあいだの長さ方向の全長に

10

20

30

40

50

亘って上向きに突出するように湾曲している。

【0010】

足1の垂直な腓脛部6は、下向きに突出するように湾曲した下部7において竜骨の足中央部5の基部に隣接する後方の面に着脱式締着具8と連結要素11によって取り付けられている。締着具8は、例示した実施形態においてはナットとワッシャを有する単一のボルトであるが、締着具が締め付けられたときに足竜骨に配置された腓脛部を確実に位置決めおよび保持可能な着脱式のクランプまたはその他の締着具であってもよい。

【0011】

長さ方向に伸びた開口9が、竜骨の足中央部5の基部に隣接する後方の面に形成されている(図8参照)。また、たとえば図15に示したような縦方向に伸びた開口10が、腓脛部6の湾曲した下部7に形成されている。着脱式の締着具8は開口9, 10を貫通して延在しており、これにより、義足の性能が特定のタスクに適合するように調整するために締着具8が緩められたときまたは取り外されたとき、腓脛部と足竜骨とを互いに図5に線A-Aで示した長さ方向のアラインメントの調節が可能になる。したがって、締着具8、連結要素11、および長さ方向に伸びた開口9, 10は、腓脛部を足竜骨に取り付けるための調節可能な締着機構を構成して、義足の足関節部を形成する。

【0012】

腓脛部6と足竜骨2とのアラインメントを調節することによる効果は、足竜骨の中央部5と腓脛部6の対向する位置に隣接して配置されたドーム状つまり突出するように湾曲した面を表す二つの曲率半径 $R_1$ ,  $R_2$ が隣接して示されている図1と2を検討することによって理解できる。そのような隣接した二つの曲率半径を検討する場合、運動可能な方向は、二つの曲率半径のあいだに引かれた図1では接線Aに、図2では接線 $A_1$ に直交する方向に存在する。これら二つの曲率半径の相互関係が、結果として生ずる運動の方向を決定する。したがって、足1に対する動的応答力の掛かり具合は、この関係に依存する。凹面の半径が大きければ大きいほど、動的応答能力が大きくなる。一方、半径の曲がり急であればあるほど、急速な応答が発生する。

【0013】

本発明による義足の腓脛部と足竜骨とのアラインメントが調節可能であるために、競技中の足の水平方向または垂直方向の線型速度に影響を与えるために曲率半径を移動させることができる。たとえば、義足1の水平方向における線型速度の性能を向上させるために、腓脛部の曲率半径と足竜骨の曲率半径との関係に影響を与えるようアラインメントを調節することが可能である。つまり、水平方向の線型速度特性を向上させるために、図1と対比させて図2に示すように、下側、即ち足竜骨、の曲率半径 $R_2$ を出発位置より遠位に配置させることができる。これによって、足1の動的応答特性と結果としての運動を水平方向により強く振り向け、結果として、掛けられた力の大きさが同じ場合、水平方向により大きい線型速度を生み出すことができる。

【0014】

足切断者は、水平方向または垂直方向の線型速度に関連する各人の必要性を満たすよう、各々の競技に合った設定を実践を介して見出すことができる。たとえば、ジャンパーとバスケットボールの選手は、短距離走者より垂直方向のより大きい跳躍を必要とする。連結要素11は、プラスチック製または合金製のアラインメント用の連結部材であり(図3、4および23参照)、取り付けられた足竜骨2と腓脛部6のあいだに挟み込まれている。着脱式の締着具8は、連結要素の孔12を介して延在する。連結要素は、竜骨の足中央部5の腓脛部が取り付けられた部分と基部に隣接する後方の面に沿って延在する。

【0015】

腓脛部6の湾曲した下部7は放物線形であり、放物線の最小曲率半径部が下部に配置されるとともに、下部は、上向きに、そして、最初は放物線形の前方に突出する。後方を向いた凹面部が、図3に示したように腓脛部が湾曲することによって形成されている。放物線形は、その終端部のあいだの近位に配置された比較的大きい曲率に付随する水平方向の線型速度と、下端に小さい曲率半径部を設けることによって可能になる敏速な応答特性と

10

20

30

40

50

の向上を生み出すことができる大きい動的応答特性を有するということが好都合である。放物線形の上部の大きい曲率半径部は、図1と2を参照して説明した接線Aがアラインメントを変更したときにより大きく垂直方向を向くように維持することが可能であり、これにより、水平方向の線型速度の向上が行われる。

#### 【0016】

放物線形状の腓脛部は、人の歩行中にそれ自体を圧縮するまたはそれ自体がコイル状になることによって最初の接地力に対応する。この事は、放物線の曲率半径を小さくし、その結果として、圧縮に対する抵抗が低下する。逆に、人の歩行中に放物線形の腓脛部が踵が離れるときの地面からの反力（GRFs）に対して伸長することによって応答する場合、この事は、放物線の曲率半径を大きくし、その結果として、抵抗が、先に述べた圧縮時の抵抗よりはるかに大きくなる。これらの抵抗は、人の歩行中の人体の前方と後方の脛筋肉の機能に関係している。人の歩行において足が平坦に接地する最初の段階では、前方の小さい脛筋系が偏倚して収縮することによってGRFsに応答して足を地面にまで下げ、そして、背屈モーメントを生じる。足の平坦な接地からつま先が上がる段階においては、後方の大きい脛筋系が同様に偏倚して収縮することによってGRFsに応答し、そして、足底による大きい撓みモーメントが生じる。このモーメントの大きさは、脛の前方と後方の筋系の大きさの差に関係している。したがって、背屈に対する義足の腓脛部の抵抗と人の歩行中の足底による撓みモーメントとを模倣することによって、正常な歩行が可能になる。放物線の曲率を変えることによって抵抗を変更できるために、人が歩行、ランニング、および跳躍をするときの人体の腓筋系の機能を模倣し、そして結果として、義足の効率化を達成することが可能になる。

10

20

#### 【0017】

人はおおよそ時速3マイルで歩く。1マイルを4分で走る走者は時速12マイルで走り、100mを10秒で走る短距離走者は時速21マイルで疾走することになる。これは、1対4対7の割合である。各々のタスクの水平成分は、運動の速度が大きくなるにしたがって増大する。したがって、義足の腓脛部の曲率の大きさを予め決定することが可能である。歩行者は、腓脛部の放物線の曲率半径を中距離走者と短距離走者より小さくすることが必要である。短距離走者は、7倍も大きい腓脛部の放物線の曲率が必要である。この関係は、放物線の曲率を歩行者、ランナー、および短距離走者についてどのようにして決定するかを示している。短距離走者は大きい範囲の運動を行うことが求められているために、彼らの腓脛部はこの運動に関連して増大する負荷を受承するために強力でなければならないということは、重大なことである。広いまたは大きい放物線形の腓脛部は比較的平坦な曲率を有しており、この事は、幅広い範囲の運動に対してより大きい構造上の強度を有することに繋がる。

30

#### 【0018】

支柱用アダプタ13は、腓脛部6の上端に締着具14によって連結されている。同様に、アダプタ13は、支柱15の下端に締着具16によって固定されている。支柱15は、下肢端部に取り付けられた支持構造体（図示せず）によって足切断者の下肢に固定される。

#### 【0019】

足竜骨2の足前部、足中央部、および足後部は、例示した実施形態においては弾性を有する材料を用いて一体に形成されている。たとえば、地面からの反力によって変形させられたとき復元する特性を有する硬質の材料、具体的にはプラスチック、を用いることができる。より具体的には、足竜骨と腓脛部とは、ポリマー・マトリックスに積層された補強用ファイバを有する積層複合材を用いて形成することができる。特に、エポキシ系熱硬化性樹脂、デルラン（Delran）の商標で射出成形プラスチック、または脱気したポリウレタン共重合体に積層された高強度グラファイトを、足竜骨と腓脛部との形成に用いてもよい。これらの材料に関係する機能上の品質は、軽量で最小のクリープを有しながら高い強度を備えることである。熱硬化性エポキシ樹脂は、義足業界の基準にしたがって真空中で積層される。ポリウレタン共重合体は凹型の金型に流し込まれ、押し出し成形された

40

50

プラスチックは、機械加工することができる。用いられるそれぞれの材料は、各々の好都合な点と不都合な点とを有する。足竜骨と腓脛部用の積層複合材は、また、補強用ファイバと機械的伸びを良好にするための熱可塑性ポリマー・マトリックスとを有し、業界の基準にしたがって製造された熱形成式（プレプレグ）積層複合材であることが好都合であることが見出された。この種の好適で市販されている複合材は、メリーランド州アーヴル・デュ・グレースのサイテック・ファイバライト社（Cytec Fiberite Inc.）が製造しているCYLON（登録商標）である。また、腓脛部と足竜骨は、たとえば、ばね鋼、ステンレス・スチール、チタン合金、または別の合金を用いて形成された弾性を有する金属材料であってもよい。

#### 【0020】

10

弾性を有する材料の物理的性質は、それらが剛性、可撓性、および強度に関する限り、材料の厚さによって全てが決定される。薄い材料は、同一の密度を有する厚い材料より容易に変形する。用いられた材料と物理的性質とは、義足の足竜骨と腓脛部の剛性と可撓性の特性に関係している。足竜骨と腓脛部の厚さは、図3～5の例示としての実施形態においては一樣であるまたは対称であるが、これらの構成部品の長さ方向の厚さは、以下で説明するように、足後部と足前部の領域を薄くし、足中央部の変形に対しての応答性が高まるよう変化させることができる。

#### 【0021】

義足に高低の動的応答能力を付与することを補助するために、足中央部5は長さ方向に湾曲して形成されており、長さ方向湾曲部の中央は、長さ方向湾曲部の側部と比較するとより高い動的応答能力を有する。この目的のために、例示した実施形態において、長さ方向湾曲部の中央の凹面は、その側部より大きい半径を有する。

20

#### 【0022】

足中央部5の長さ方向に湾曲した凹面の中央と側部における半径の大きさのあいだの相関関係は、足竜骨2に設けられた足底の体重を支承する領域の前方の面と後方の面としてさらに定義される。図8において、5の前部の線 $T_1 - T_2$ は、足底の前方に位置する体重支承領域を表す。線 $P_1 - P_2$ は、5の足底の後方に位置する体重支承領域を表す。足の外側に位置する足底の体重支承領域は、 $T_1 - P_1$ 間の距離によって表される。足2の内側に位置する足底の体重支承領域は、 $P_2 - T_2$ 間の距離によって表される。 $T_1 - P_1$ と $P_2 - T_2$ によって表された距離は、曲率の大きさを決定し、よって、高低の動的応答相関関係が決定され、これら二つの線 $T_1 - T_2$ と $P_1 - P_2$ を交わらせるまたは逸らせることによって影響を与えることができる。したがって、高低の動的応答性を、構造設計によって決定することができる。図8に示すように、足前部に $T_1 - T_2$ で示した足底の体重支承面を足竜骨の縦軸A - Aに直交した線から僅かに5°だけ偏倚させることによって、この高低の動的応答性を生み出すことが可能である。

30

#### 【0023】

足後部4の後端17は、踵が接地するとき圧縮によって衝撃を吸収するために、接地したときの反力に応答することができるよう上向きに湾曲した曲線状に形成されている。足後部4によって構成される踵は、歩行の最初の接地段階に足後部が容易に上向きに湾曲できるようにするために、後方の外側角18を内側角19より後方、かつ、外側に配置して形成されている。足前部3の先端20は、歩行後期の踵が上がり、次につま先が離れる直前の姿勢において背屈した人体のつま先を模倣するために、上向きに湾曲した曲線状に形成されている。ゴムまたは発泡材の当てもの63、64が、緩衝材として足前部と足後部の下面に取り付けられている。

40

#### 【0024】

義足の双方向への作動能力の向上は、足前部3の背側と足底側とを貫通して延在する伸張用の内側および外側の連結孔21、22によってもたらされる。伸張用の連結溝23、24が、対応する孔の各々から足前部の先端まで延在して、伸張用の内側、中央、および外側の突出片25～27を形成し、これによって、足竜骨の足前部が双方向へ作動する能力の向上がもたらされる。伸張用の連結孔21、22は、図5において、伸張用の内側連

50



結孔 2 1 が伸張用の外側連結孔 2 2 より前方に配置されている足竜骨の縦軸 A - A に対して 35° の角度 だけ傾斜した方向に延在する断面内の線 B - B に沿って配置されている。

#### 【 0 0 2 5 】

図 5 の縦軸 A - A に対する線 B - B の角度 は僅かに 5° であるが、それでも高低の動的応答性を生じさせることができる。この角度 が変化すると、図 8 の線 T<sub>1</sub> - T<sub>2</sub> の角度 Z も変化する。矢状方向面に突出した伸張用の連結孔 2 1 , 2 2 は、横方向面に対して 45° の角度だけ傾斜しており、また、孔の背側は、足底側より前方に位置している。この構成にすることにより、着脱式締着具 8 から伸張用の外側連結孔 2 2 までの距離が、着脱式締着具から伸張用の内側連結孔 2 1 までの距離より短くなることによって、義足 1 の側部が、足中央部に高低の動的応答性を付与することができるよう内側より短いつま先のレバー部を有することになる。さらに、着脱式締着具 8 から線 T<sub>1</sub> で表された足底の外側に位置する体重支承面までの距離が、着脱式締着具から線 T<sub>2</sub> によって表された足底の内側に配置された体重支承面までの距離より短くなり、義足 1 の側部が、足中央部に高低の動的応答性を付与することができるよう内側より短いつま先のレバー部を有することになる。

10

#### 【 0 0 2 6 】

足竜骨 2 の足後部 4 の前部は、足後部 4 の背側と足底側とを貫通して延在する伸張用の連結孔 2 8 をさらに含む。伸張用の連結溝 2 9 が、孔 2 8 から足後部の後縁まで延在して、伸張用の突出片 3 0 , 3 1 を形成する。これらの事が、足の後部における双方向への作動能力の向上をもたらす。変更例として、伸張用の連結孔 2 8 , 2 1 , 2 2 は、図 8 に示すように、各々伸張用の連結孔に隣接する位置に穿孔され、応力解放孔として作用する別の小さい孔 2 8 A , 2 1 A , 2 2 A を有することができる。追加された小さい孔は、使用時の波形の方向を変えて、足竜骨の無制動状態および / または破損を減少させる。

20

#### 【 0 0 2 7 】

足中央部 5 の背側と足竜骨 2 の前部 3 は、図 3 に示すように、上方を向いた凹面部 3 2 を形成して、人体の足の第 5 放射軸周りの運動を機能上模倣する。つまり、凹面部 3 2 は、人体の足の第 2 から第 5 中足骨の低速時の回転軸と同様に、歩行中に第 5 放射軸周りの運動をより容易に行うことができるよう内側が外側より前方に配置されている足竜骨の縦軸 A - A に対して 5° から 35° の角度 だけ傾斜した縦軸 C - C を有する。

30

#### 【 0 0 2 8 】

双方向への作動能力の重要性は、足切断者が平坦ではない地面上を歩くとき、または、運動選手が足の内側または外側を切断したときに理解できるものである。地面からの反力ベクトルの方向は、矢状方向面から前方面への成分を有するように変化する。地面は、外側に向けて押圧している足の方角とは逆の内側に向けて押圧する。この結果、腓脛部は内側に傾斜し、そして、体重が足竜骨の内側構造部材に掛けられる。これらの圧力に対応して、足竜骨 2 の伸張用の内側連結突出片 2 5 , 3 1 は背屈して（上向きに反って）反転し、そして、伸張用の外側連結突出片 2 7 , 3 0 は足底のように屈曲して（下向きに反って）、次に、上向きに湾曲する。この運動は、足の足底面を地面に対して平らに配置しようと試みるものである（足底段階）。

40

#### 【 0 0 2 9 】

本発明のもう一つの、とりわけ短距離走者用の足竜骨 3 3 を、本発明の義足に用いてもよい（図 6 と 7 を参照）。短距離走中の体の重心は、殆ど完全に矢状方向面の方向を向くようになる。義足は、低い動的応答特性を有する必要はない。したがって、足竜骨 2 の場合のような足前部の縦軸の 5° から 35° の外部回転の向きと、足中央部の凹面とは必要ない。その代わり、図 6 と 7 に示したように、凹面の縦軸 D - D の方向は前面に平行になるようにしなければならない。この事が、短距離走をするときの足を矢状方向だけに応答するようにさせる。さらに、線 E - E に沿った足前部と足中央部の伸張用の連結孔 3 4 , 3 5 の方向は、前面に対して平行である、即ち、外側の孔 3 5 が前方に移動して内側の孔 3 4 に並ぶことによって、前面に対して平行になっている。また、足竜骨 3 3 の前方の終

50

端部 36 も前面に対して平行にされている。足竜骨の後方の終端部も、また、前面に対して平行である。これらの変更は、義足の多用途能力にはマイナスの方向の影響を与える。しかし、その性能は特定のタスクに適合するようになる。短距離走者用の足竜骨 33 の別の変更例は、足の足前部のつま先と放射軸領域であり、足竜骨 2 の場合には背屈が  $15^{\circ}$  であるが、足竜骨 33 においては背屈の大きさが  $25 \sim 40^{\circ}$  に拡大するようにされている。

#### 【0030】

図 9 と 10 は、サイム式切断法により足を切断した足切断者が短距離走を行うときにとりわけ有利な、本発明による義足用の別の足竜骨 38 を示す。この目的のために、足竜骨 38 の足中央部は、腓脛部の湾曲した下部を着脱式締着具によって足竜骨に取り付けるための、後方に配置された上向きの凹面部 39 を含む。この足竜骨は、全ての下肢切断者によって使用可能である。足竜骨 38 は、サイム方式による足切断者にあり得る長い残肢に対して使用可能である。その使用特性は、動的応答能力が際立って俊敏な事である。その使用は、このレベルの足切断者に特定されるものではない。それは、全ての脛側骨切断者および大腿部切断者に使用可能である。図 11 と 12 に示す例示としての実施形態の足竜骨 40 も、また、サイム式足切断者用の凹面部 41 を有し、この足竜骨は、高低の動的応答特性と、図 3 ~ 5 と 8 に示した例示としての実施形態のように双方向への作動能力とを義足に与える。

#### 【0031】

義足 1 用の数種類の足竜骨の機能上の特性は形状と設計の特徴とに関係付けられており、それらは、凹面形状、凸面形状、半径の大きさ、拡張性、圧縮性、および材料の物的特性に関係し、そして、これら全ての性質が、歩行、ランニング、および跳躍運動をするときの地面からの力に関与している。

#### 【0032】

図 13 の足竜骨 42 は、足竜骨の厚さが足中央部から足後部の後方にかけて漸減していることを除くと、図 3 ~ 5 と 8 の例示としての実施形態に類似している。図 14 の足竜骨 43 は、その厚さが、前端および後端の両方にかけて漸減、つまりテーパしている。同様な厚さの変更例が、図 15 の腓脛部 44 と図 16 の腓脛部 45 に示されており、両方とも義足 1 に用いてもよい。足竜骨と腓脛部の各々の設計は異なる機能上の結果をもたらし、これらの機能上の結果は、種々の競技のタスクに関連した動作を向上させるための特定の水平方向と垂直方向の線型速度に関係している。複数の腓脛部を組み込むことと、足竜骨と腓脛部のあいだの設定の調節とが可能であるために、足切断者および/または補綴技師が幅広い種類のスポーツとレクリエーションの中から選択した一つの運動について義足の性能が最高になるよう調整することが可能な腓脛部を備えた義足が製作される。

#### 【0033】

義足 1 用の別の腓脛部は、図 17 ~ 22 に示されており、C 字形の腓脛部 46, 47、S 字形の腓脛部 48, 49、および J 字形の腓脛部 50, 51 を含む。腓脛部の上部は、また、直線状の垂直端部を有していてもよく、ピラミッド形の装着板が、この基部側終端部に取り付けられている。図 28 ~ 30 と 33 ~ 36 に示すように、雄型のピラミッドが、腓脛部のこの垂直端部にボルトで取り付けられている。基部側位置に取り付けられる別の実施形態において、脛部は、足切断者用のソケットおよび/またはその他の義足部品の前方および/または後方に取り付けられる。また、隣接した雄型のピラミッドを受承するためのプラスチックまたはアルミニウムの充填部材と、遠位の足竜骨とを、腓脛部の基部側と末端の長孔に取り付けることができる。本発明の義足は、柔軟性と多用途のために、好ましくは標準化されたユニットまたは大きさに形成されたモジュール式装置である。腓脛部の基部側の終端部に取り付けられたピラミッド形の装着板の例は、図 28 に符号 88 で示されている。

#### 【0034】

全てのトラック走行関連の競技は、反時計回りに行われる。本発明の別の、随意の特徴は、そのようなカーブした走路に沿って走行する足に作用する力を考慮に入れている。求

10

20

30

40

50

心性の加速度は、物体がカーブした経路に沿って運動するとき、回転の中心に向けて作用する。ニュートンの第三の法則がエネルギーの作用に適用される。等しく、そして、反対方向に作用する反力が存在する。したがって、全ての“求心性”の力に対して、“中心から離脱する”力が存在する。求心力は回転の中心に向けて作用し、反力である遠心力は回転の中心から離れる方向に作用する。走者がトラックのカーブを走行しているとき、求心力は走者をカーブの中心に向けて引き付け、遠心力はカーブの中心から離れるように引っ張る。走者を外向きに傾けようとする遠心力を打ち消すために、走者は、内側に傾斜する。走者がトラックを走る方向が何時も反時計回りである場合には、左側が、トラックの内側にある。したがって、本発明の特長によると、右と左の義足の腓脛部の左側を右側より薄くして、足切断者のカーブ走行性を向上させることができる。

10

#### 【0035】

いくつかの実施形態における足竜骨 2, 33, 38, 42, 43 は、各々長さが 29 cm であり、図 3, 4, および 5、並びに別の腓脛部と足竜骨を示したいくつかの図においては、足 1 の各部の大きさは正確な比を用いて示されている。しかし、当業者には容易に理解できるように、義足の特定の寸法は、義足を付ける足切断者の大きさ、体重、およびその他の特徴に応じて変更可能である。腓脛部の長さや弾性モジュラスが、弾性エネルギーを蓄える能力と容量を決定する。この蓄えられた弾性エネルギーが、機械的機構を介して方向性と大きさを有するベクトルで表される運動力に変換される。したがって、脛部の長さが長ければ長いほど、推進力が大きくなる。最高レベルの競技者のためには、脛部の基部側の取付け位置は、義足の構成部品に関連してできる限り、基部に接近させるべきである。

20

#### 【0036】

ここで、歩行とランニングのスタンス段階における歩行サイクルに基づいて、義足 1 の動作を検討する。慣性、加速、および作用・反作用に関するニュートンの運動の三つの法則が、足 2 の動的運動の基礎である。作用・反作用の法則であるニュートンの第三の法則から、足が地面を押すとき、地面は、大きさは同じであるが、足が地面を押す方向とは反対の方向に足を押すことが知られている。これらは、地面からの反力として知られている。人の歩行、ランニング、および跳躍運動に関しては多くの科学研究がなされてきた。力板を用いた研究が、ニュートンの第三の法則が歩行中に見られることを示す。これらの研究から、我々は、地面が足を押す方向が分かっている。

30

#### 【0037】

歩行とランニング運動を行っているときのスタンス段階は、減速段階と加速段階とにさらに分割可能である。義足が地面に接触するとき、足が地面を前方に向けて押し、そして、地面は、大きさは同じであるが、反対の方向に押し返す、つまり、地面は義足を後方に向けて押す。この力が、義足を動かす。歩行とランニング運動を行っているときのスタンス段階の分析は、接地点が、図 5 と 8 に示したように、足の内側より後方の外側の位置に偏倚する後方の外側角 18 であるところから開始される。最初の接地点がこのように偏倚しているために、足は上向きに湾曲し、また、腓脛部と足底が曲がる。腓脛部は、体重をその脛部を介して伝達できる位置を常に探している、換言すると、たとえば、その長い垂直部材を地面からの力に対向する位置に配置しようとする。これが、足を後方に向けて押している地面からの反力に対向するために、垂直部材が後方に移動するとともに足底が湾曲する理由である。

40

#### 【0038】

地面からの力が、基部側端部を後方に動かすようにして腓脛部 44, 45, 46, 47, 50, 51 を縮ませる。腓脛部 48, 49 の場合には、先端の凹面部の向きに応じて、腓脛部の先端の半分が縮む。先端の凹面部が G R F s に応答して縮んだ場合、基部側の凹面部は伸びて腓脛部全体が後方に向けて動く。地面からの力は、基部側端部を後方に動かすようにして腓脛部を縮ませる。腓脛部の小さい半径の下部は、人体の足関節の曲がりや足底の撓みとを模倣して縮み、そして、縮むことによって足前部が地面にまで下げられる。同時に、足後部 4 の符号 17 で示された後端が圧縮されて上向きに曲がる。これらの圧

50

縮力の両方が、緩衝機構として作用する。この衝撃吸収は、足を上向きに湾曲させる偏倚した後方の外側踵 18 によってさらに高められ、外側踵 18 は足を外転させることにより、また、腓脛部が一旦運動を停止して足底が撓む段階になって、地面が足を後方に向けて押すとき、緩衝機構として作用する。

#### 【0039】

足竜骨と腓脛部の圧縮された部材は、次に、力から解放され、つまり、元の形状を求めて蓄えられたエネルギーが放出され、これにより、腓脛部の基部側端部が加速されて前方に向けて動く。腓脛部が垂直の出発位置に近づくと、地面からの力は、後方へ向けての押圧から、足に対する垂直上向きの押圧へと変化する。義足は足底の後方と前方に位置する体重支承領域を有し、そして、これらの領域が体重を支承しない長いアーチ形状の中央部によって連結されているために、義足からの垂直方向の力がこの長いアーチ形状の中央部を伸ばすことによって負荷されるようにする。後方と前方に位置する体重支承面は、分岐する。これらの垂直方向の力は、足の長いアーチ形状の中央部に蓄えられ、そして、地面からの力は、具体的には垂直方向から前方を向いた方向へと移動する。腓脛部は、足関節の背屈を模倣して伸長する。これにより、義足は駆動して足底の前方に配置された体重支承面が地面から離れる。力の解放が行われるために、足中央部 5 の長さ方向アーチと伸長した脛部は、伸長した状態から変化し、そして、足底の屈筋系の動きの模倣されたパターンと動きとを作り出すために元の形状を探す。このようにして、義足の機械的構造が、蓄えられた弾性エネルギーを解放して運動力に変換する。

10

#### 【0040】

足竜骨と腓脛部の長いアーチは、各々の構造が伸長されることに抵抗する。したがって、腓脛部の前方への運動が抑制され、足は、駆動を開始して、足底の前方に配置された体重支承領域が地面から離れる。足竜骨の足中央部の伸長は、図 3 ~ 5 と 8、図 11 と 12、および図 13 と 14 の例示としての実施形態の足竜骨の場合には、高低の応答能力を有する。これらの足竜骨の足中央部から足前部にかけての遷移領域は、足の縦軸から外側に 15° から 35° 逸れているために、内側の長いアーチは、外側の長いアーチより長い。通常の足では加速時または減速時に足の内側が使用されるために、これは重要な事である。

20

#### 【0041】

義足の長い内側のアーチは、外側より大きい動的応答特性を有する。外側の短いつま先レバーは、低速での歩行またはランニング中に使用される。体の重心は、正弦波曲線の空間を移動する。それは、内側、外側、近位、および遠位と移動する。遅いスピードで歩行するまたはランニングをするとき、体の重心は、速く歩くまたは走るときより、より大きく内側と外側のあいだを移動する。さらに、モーメントまたは慣性が小さいために、高い動的応答能力に対向するための能力も小さくて済む。本発明による義足は、これらの原則を応用力学を用いて取り込むようにされている。

30

#### 【0042】

さらに、人の歩行における足底接地時には、人体の重心は最大限外側にずれている。足底接地状態からつま先が離れるまでのあいだ、人体の重心 (BCG) は、外側から内側へと移動する。結果として、人体の重心は、足竜骨 2 の外側に移る。初めに (低速ギヤ)、そして前方へ移るにつれて、BCG は、足竜骨 2 の内側へと移動する (高速ギヤ)。したがって、義足の足竜骨 2 は、オートマチック・トランスミッションの効果を有する。つまり、それは、低速ギヤで始動して、足切断者が歩を進める毎に高速ギヤへと移っていく。

40

#### 【0043】

地面からの力が地面を後方に向けて押している義足を前方に向けて押すとき、踵が上がり始めるために、足中央部の長いアーチの前方部分が、輪郭を描かれて、これらの後方に向けられた力を足底面に対して直交する方向に掛ける。これが、これらの力を負荷するための最も効果的で効率のよい方法である。同じ事が、義足の足後部の後方についても当てはまる。また、それは、最初の接地時に後方に向いている地面からの力に、負荷された力の方向に対して直交している足竜骨の足底面が対向するように形成されている。

50

## 【 0 0 4 4 】

踵が上がってつま先が離れる歩行とランニング運動の後期段階において、足前部の放射領域は $15^{\circ} \sim 35^{\circ}$ だけ背屈している。この上向きに突出したアーチは、前方を向いた地面からの力が足のこの領域を圧縮できるようにする。この圧縮は伸長に比べると制限が少なく、義足を付けての歩行とランニングのスイング段階にスムーズに移行する。歩行のスタンス段階の後期において、伸長した腓脛部と伸長した足中央部の長いアーチは、各々蓄えていたエネルギーを放出して、つれて動く下肢と足切断者の重心を前方と上方へ運ぶことを補助する。

## 【 0 0 4 5 】

人の歩行の主推進機構の一つは、動的推進段階と呼ばれている。踵が離れるとき、体重は支持下肢の前方にあり、重心は下がる。体重が図5に線C-Cで示した足前部のロッカーに掛かって下向きの加速度が生じ、これにより、人体には最大の垂直方向の力が掛かる。踵が地面を離れるにつれて足が足関節より前方へと加速することが、地面に対する後方のせん断力になる。加圧の中心が前方の中足骨頭の回転軸に移動することの結果は、依然増大する背屈のトルクである。これは、前方への完全な転倒状態を引き起こしもするが、歩行に用いられる主たる前進力を発生する。積極的に前進しているときの効果的な足関節機能は、踵の上げ、関節部の最小移動、および殆ど中立的な足関節の位置に現われる。安定した足中央部が、踵の上げを正常に継続させるために必須である。

## 【 0 0 4 6 】

足後部の後方と足竜骨の足前部領域には、先に言及したいくつかの実施形態において、伸張用の連結孔と伸張用の突出片とが設けられている。位置が調節された伸張用の連結孔は、留め継ぎ式ヒンジとして作用し、そして、双方向への作動能力が向上されて、平坦ではない地面を歩行するときの足底面の総合的な接地特性が向上する。

## 【 0 0 4 7 】

図9～12に示したサイム方式用の足竜骨は、動的な応答能力が明らかに異なっているが、これらの能力は、歩行、ランニング、および跳躍運動に関係している。これらの足竜骨は、四つの特異な特徴において異なっている。これらは、サイム方式による残余の下肢部を平坦な面より都合よく連結できるよう足中央部の基部に隣接する後方に凹面部の存在を含む。また、この凹面部は、サイム方式のレベルでの足切断者に伴う長い残余の下肢に連結される足竜骨の高さを小さくする。このアラインメントのための凹面部は、足竜骨のアーチ形の足中央部の対応する前方と後方の湾曲部は曲がり急であり、かつ、サイズも小さいことが必要である。したがって、全ての足中央部の長いアーチの半径と足後部の半径は、曲がり急で、かつ、小さくされている。この事は、動的応答特性に大きい影響を与える。小さい曲率は、動的応答に関しては小さい能力を発生する。しかし、義足は、前述した歩行、ランニング、および跳躍を行うときの地面からの全ての力に対して迅速に応答する。結果として、小さい動的応答性を備えた迅速な足となる。

## 【 0 0 4 8 】

競技の特定のタスクの成績を向上させることは、本発明による義足を用い、そのアラインメントを変更する事によって達成可能であるが、それは、これらのアラインメントの変更が各々のタスクの垂直成分と水平成分に影響を与えるからである。人体の足は、多機能ユニットであり、それは、歩く、走る、および跳ぶために使用できる。これに対して、人体の脛骨と腓骨とから成る腓脛部構造は、多機能ユニットではない。それは、歩行、ランニング、および跳躍運動を行うときに、細長い基部と先端の方向に平行な力を掛ける単純なレバーである。それは非圧縮性の構造体であり、また、それはエネルギーを蓄える能力を有しない。これに対して、本発明による義足は、動的な応答能力を有し、これらの動的応答能力は、運動のための歩行、ランニング、および跳躍運動の水平方向と垂直方向の線型速度に関係しており、人の脛骨と腓骨の性能を凌ぐものである。したがって、足切断者が成績を向上させる可能性がある。このために、本発明においては、締着具8を緩め、そして、腓脛部と足竜骨との互いのアラインメントが足竜骨の長さ方向で調節される。そのような変更は、図1と2に関連して示されている。腓脛部は、次に、締着具8を用いて調

10

20

30

40

50

節された位置で足竜骨に固定される。この調節を行うとき、締着具 8 のボルトは、対向して配置され、比較的長く、縦方向に伸びた足竜骨と腓脛部の各々の開口 9 , 10 の一方または両方に対して摺動する。

#### 【0049】

たとえば、足中央部接地走者の場合のようにフット・フラットで最初に接地する走者の走行特性を向上させるアラインメントの変更は、足竜骨が腓脛部に対して前方に摺動し、そして、足底が腓脛部に取り付けられて屈曲するという変化をもたらす。この新しい関係が、走者の水平成分を向上させる。つまり、腓脛部と足底とが足に向けて屈曲し、まず踵から接地することに反して、足がフット・フラット位置で接地するとき、地面は、地面を前方に向けて押している足を直ちに後方に向けて押す。これにより、腓脛部が（伸長によって）急速に前に、かつ、下向きに動かされる。動的応答力が、最初の動きが腓脛部の方向になることに抵抗する伸長によって発生させられる。その結果、足は、中足骨の足底面にある体重支承領域を中心にして枢動する。これにより、竜骨の足中央部に圧縮時よりも抵抗が大きい伸長を引き起こす。腓脛部の伸長と足中央部の伸長とがもたらす総合的な効果は、腓脛部のさらなる前方への移動に抵抗が生ずる事であり、これにより、使用者の体内の膝エキステンダーと尻エキステンダーとが、体の重心をより効率的な方法で前方かつ基部方向に移動させることを可能にする（即ち、水平速度の向上）。この場合、腓脛部の前への運動が、フット・フラット走者よりより大きく背屈（垂直方向）を開始した腓脛部によって強い抵抗を受けないヒール・トゥ走者の場合より、上へよりも前へと。

10

#### 【0050】

短距離走用の足の機能を分析するために、腓脛部と足竜骨とのアラインメントの変更を行った。全ての凹面部の縦軸が前面に対して平行に配置されている足竜骨を有効利用した。腓脛部は、足底に対して曲げられ、また、足竜骨上で後方へと摺動させられる。これにより、たとえば、図 3 ~ 5 と 8 のような多用途足竜骨を装着したフラット・フット走者の場合より遠位の円の高さがさらに小さくなる。この結果、水平運動の能力がさらに大きくなり、そして、動的応答性が、この向上した水平能力に組み入れられる。

20

#### 【0051】

短距離走者は、大きい範囲の運動、力、およびモーメントを有し、モーメントが、主たる媒体である。スタンス段階における減速は、加速のときよりも短時間であるために、大きい水平方向の線型速度が達成される。この事は、最初の接地時に、つま先が接地して地面が足を後方に向けて押し、そして、足が地面を前方に向けて押すことを意味する。大きい力とモーメントとを有する腓脛部は、フット・フラット走者の最初の接地時よりさらに大きい屈曲と下向きの運動をさせられる。これらの力は結果として、足の長いアーチ形の凹面部を伸ばす力として掛かり、また、腓脛部を伸ばす力として掛かる。これらの伸長力は、先に述べたその他全てのランニングに関連した力よりより強い抵抗を受ける。したがって、足の動的応答能力は、負荷される力に比例する事になる。人の脛骨と腓骨とから成る腓脛部の応答性は、エネルギーの大きさだけに関連しており、また、それは、構造が単純でエネルギーを蓄えることができない。本発明の義足がもたらす短距離走中のこれらの伸長力は、先に述べたその他全ての歩行とランニングに付随した力より強力である。したがって、足の動的応答能力は、負荷された力と、人の機能との比較において、足切断者が達成可能な向上した競技上の成績とに比例する事になる。

30

40

#### 【0052】

図 25 に示した義足 53 は、腓脛部と足竜骨のあいだの調節可能な締着構造と、支柱の下端に連結するための腓脛部の上端部の構造を除いて、図 3 のそれに類似している。この例示としての実施形態において、足竜骨 54 は、プラスチック製または合金製の連結要素 56 を介して腓脛部 55 に調節可能に取り付けられている。連結要素は、足竜骨の縦方向に沿った方向で互いに離間した連結要素内部の位置において着脱式の各々の締着具 57 , 58 によって足竜骨と腓脛部とに取り付けられている。連結要素を腓脛部に結合する締着具 58 は、足竜骨と連結要素を結合する締着具 57 より後方にある。腓脛部の作動長さをこのようにして伸長させることにより、腓脛部自体の動的応答能力が増大する。アライン

50

メントの変更は、別の例示としての実施形態と同様に、縦方向に伸びた腓脛部と足竜骨の開口と協働して行われる。

【0053】

腓脛部55の上端部には、支柱15を受承するための細長い開口59が形成されている。一旦開口に受承されると、支柱は、ボルト60, 61を締め付け、そして、腓脛部の開口に沿った自由端側の縁62, 63を引き寄せることによって腓脛部に確実に締め付けることが可能である。この支柱との連結構造は、ボルトを緩め、支柱を腓脛部に対して所望の位置まで引き出し、そして、ボルトを締め付けて調節した位置で支柱を再度締着することによって容易に調節可能である。

【0054】

図28～32に示した義足70は、図3～5, 8, 23, 24、および図25～27の義足に類似しているが、足切断者が足を使用中に腓脛部に力が掛かったときまたは力から解放されたときの腓脛部上端部の運動範囲を制限するために、足に取り付けられた腓脛部の運動範囲制限・減衰装置71をさらに含む。この機能は、比較的長い腓脛部を有する義足にはとりわけ好都合であり、この場合、装着者はランニングや跳躍のような運動を行い、腓脛部に装着者の体重の何倍もの、たとえば、ランニングの場合には体重の5～7倍であり、跳躍の場合には体重の11～13倍、の力が発生する。これに対して、歩行中に発生する力は体重の単に1～1 1/2倍である。

【0055】

例示としての実施形態において装置71は、空気のような気体または液圧用の流体などの加圧流体が各々の取付け部品73, 74を介して充填されている双方向に作動するピストン・シリンダ・ユニットである。装置は、力の負荷時と力からの解放時に腓脛部を圧縮と伸長の両方をさせるときの腓脛部72の上端部の許容運動範囲を調節可能にする圧縮用と伸長用の二つの可変制御器を有する。また、装置71は、腓脛部の圧縮と伸長時に蓄えられるまたは放出されるエネルギーを減衰させる。ピストン・シリンダ装置71の両端部は、腓脛部の上端部と足の下部に連結されており、例示としての実施形態においては、玉継手が好ましいが枢動式連結具75, 76を用いて腓脛部の各々の端部に連結されている事が好ましい。

【0056】

腓脛部の圧縮と伸長時の足70の腓脛部72の上端部の動作が図32に示されている。腓脛部が概ね放物線形であるために、腓脛部の上端部は、力の負荷時と解放時の腓脛部の圧縮と伸長に伴って足竜骨77の長さ方向、たとえば図5と32の線A-Aの方向、に動き、そして、腓脛部の下端部は足竜骨に連結されている。したがって、義足の向上した動的応答能力は、図28～32に示した例示としての実施形態において維持されることになる。

【0057】

装置71は、説明したピストン・シリンダ・ユニットに限定されるものではなく、別の速度制御装置および/または運動制限装置であってもよい。たとえば、義足の腓脛部に用いられる運動制限・減衰装置71の後方の部分を、現在、人口膝関節の運動を制御するために用いられているような圧縮段階と伸長段階とを制御することができるマイクロプロセッサ制御式の流体ユニットにすることも想定されている。特殊なソフトウェアとPCとを用いて、マイクロプロセッサ制御式の流体ユニットを足切断者に適合させるために調整することが可能である。モーメントを1秒間に50回測定して、動力補助式歩行を、できる限り自然な歩行に近づけることが可能である。流体ユニットの良好な応答性のために、この装置は、幅広い範囲の下肢切断者に好適である。ユニットに組み込まれたリチウム・イオン電池は、流体ユニットを丸一日動作させるのに十分なエネルギーを供給する。圧縮に対する抵抗力は、伸長に関する調節からは独立して行われる。複数の統合されたセンサが、ユニットのスタンス段階とスイング段階の特性を1秒間に50回自動的に調節することができる基板上のマイクロプロセッサに歩行分析データを連続的に送信する。

【0058】

10

20

30

40

50

装置 7 1 のマイクロプロセッサ制御式の流体ユニットは、機械的な流体ユニットより応答性が高い。電気制御の圧縮（足底の屈曲）弁は、1 秒間に 5 0 回調節する。ユニットの圧縮弁は、スイング前に自動的に全開する。したがって、ユニットは、制限された領域で、そして、同様の条件の下、低速で圧縮と屈曲とを行うことがきわめて容易である。ユニットのサーボ・モータのスピードは、1 秒間に 5 0 回送られてくるマイクロプロセッサからの命令に 응답して、圧縮（足底の屈曲）弁と伸長時の背屈用弁とを非常に速く閉めることを可能にする。弁が殆ど閉まるとき、ユニットの減衰力が非常に高くなって、早足での歩行とランニングさえもが可能になる。義足技師が調節可能な独特な動的要素は、ゆっくりとした歩行から活発で、速い歩行までの全ての歩行パターンについて流体ユニットの動作を最適化させることを可能にする。マイクロプロセッサ制御式の流体ユニットを個別の独特な歩行パターンに合わせて「調整」するこの能力は、歩行の効率と快適度を高めるために幅広いリズムを義足に取り入れることが可能である。つまり、装置 7 1 のようにマイクロプロセッサ制御式の流体ユニットを用いることによって、義足が活動的な足切断者によって使用されるときに必要な種々のリズムに対応できる能力が向上される。

10

20

30

40

50

#### 【 0 0 5 9 】

図 2 8 ~ 3 2 の義足 7 0 の長さ方向に延在する足竜骨 7 7 は、図 3 と 2 5 の足竜骨と同様に足前部、足中央部、および足後部を有する。足の腓脛部 7 2 は、図 2 5 ~ 2 7 の例示としての実施形態と同様に、長さ方向に離間して配置され、連結要素 7 8 を各々腓脛部と足竜骨とに連結するための着脱式の二つの締着具 7 9 , 8 0 を有する連結要素 7 8 により足竜骨に取り付けられる。腓脛部 7 2 は、腓脛部の両端部のあいだに長さ方向に伸張する伸張用溝 8 1 を有する。伸張用の連結孔 8 2 , 8 3 が、伸張用溝の両端に設けられている。足竜骨の足前部と足後部にも、また、図 2 9 , 3 0 および 3 1 に示すように、各々伸張用溝が形成されている。

#### 【 0 0 6 0 】

足切断者の下肢端部に取り付けられた義足用ソケットは、図示したように、腓脛部の上端部に締着具 8 6 , 8 7 によって固定されたアダプタ 8 5 を介して腓脛部 7 2 の上端部に連結される。アダプタは、アダプタの上面に取り付けられた取付け用板に連結された逆さのピラミッド形の取付け具 8 8 を有する。義足と義足用ソケットとを連結するとき、ピラミッド形の取付け具は、懸架された義足用ソケット上の相補的形狀のソケット式取付け具によって受承される。この種の連結構造は、図 3 4 ~ 3 6 の実施形態に示されている。

#### 【 0 0 6 1 】

図 2 8 ~ 3 2 に示した例示としての実施形態の運動制限・減衰装置 7 1 は、腓脛部の圧縮と伸長の両方のケースにおいて腓脛部の上端部の運動範囲を制限するが、腓脛部の上端部の運動範囲を圧縮時または伸長時だけ制限する同様の装置を用いることもできる。力の負荷と力からの解放時に腓脛部の上端部の伸長だけを制限する運動制限・減衰装置 8 4 が、図 3 3 の例示としての実施形態に示されている。この装置 8 4 は柔軟な帯であり、帯は、制限された弾性伸びだけが可能であり、これにより、腓脛部に力が掛かって圧縮されるとき腓脛部の上端部の動きは制限されないが、腓脛部の伸長は制限される。この弾性装置 8 4 は伸ばして装着することが可能であり、この場合、弾性装置は、腓脛部の基部側端部を後方に向けて付勢する。装置 8 4 は、帯の形状である必要はなく、たとえば、一条のコイルばねまたは複数のコイルばねのような別の形状の構成部品を、弾性伸びが制限されており、また、歩行を行うとき、力の負荷時にエネルギーを蓄え、そして、力の解放時に蓄えたエネルギーを放出することができる運動制限・減衰装置として用いることが可能である。

#### 【 0 0 6 2 】

図 3 4 ~ 3 6 は、図 2 8 ~ 3 2 の義足の足竜骨 7 7 またはここで開示した別の足竜骨の一つとともに用いることができる本発明による別の腓脛部 9 0 を示す。腓脛部 9 0 は、その曲率半径の最も小さい部分が下端部に配置され、そして、上向きに、かつ、その遠位の終端部の比較的大きい曲率の部分へと初めは前方に延出する概ね放物線形である。後方を向いた凹面部が、図 3 4 に示すように腓脛部の曲がりによって形成されている。腓脛部の



末端部は、連結要素 78、着脱式締着具 79、80、および足竜骨の長さ方向に伸長する開口と協働して、特定のタスクに適合するよう義足の特性を調整するために、締着具 79 または 80 が緩められるか取り外されたとき、腓脛部と足竜骨との互いの長さ方向のアライメントを調節可能にする縦方向に伸びる開口 91 を有する。

#### 【0063】

腓脛部 90 の遠位部は、図 28 ~ 32 の腓脛部 72 より鋭く湾曲しており、たとえば、小さい曲率半径を有し、そして、長さ方向の短い距離だけ上向き、かつ、前方に延在している。この腓脛部の形状は、外面上はより好ましい。つまり、人の足の踝の内側と外側の形状をした義足の外被が通常配置される足関節近辺の領域に末端部が位置されることである。この腓脛部は、義足の外被により上手く収まる。その機能上の特性は、広い放物線形、たとえば、先に言及したような大きい曲率半径、を有する腓脛部より保有する動的応答能力は小さいが、それが最初の接地時に地面から受ける反力に迅速に応答することである。したがって、義足を付けて走り、また、ジャンプをするような活動的な人は、より大きい水平方向の速度を付与してくれる広い放物線形または大きい曲率半径を用いることによって便益を受ける。

10

#### 【0064】

図 34 ~ 36 の腓脛部 90 は、締着具 94、95 によって腓脛部の上端部に連結されたプラスチック製または金属製のアダプタ 93 と、使用者の下肢端部に固定された義足用ソケット 96 のあいだに配置されたアライメントの調節が可能な連結装置 92 をさらに含む。使用者は、たとえば、膝上または膝下での切断者である。アライメントの調節が可能な連結装置は、互いに直交して配置され、地面に対して平行な面にある一对の摺動部 97、98 を有する。摺動部の各々の構成部品の相対位置は、各々の摺動部 97、98 を調節して、義足の腓脛部と足竜骨に対する義足用ソケットの相対的な向きを変更するためのねじ付き締着具 99 を緩めることによって調節することができる。装置 92 を支持するアダプタ 93 の頂部は、義足を付けての歩行のスタンス段階においては地面に対して平行であることが好ましい。

20

#### 【0065】

装置 92 の上方の摺動部 98 の頂部は、そこに固定された逆さのピラミッド形の取付け部品 101 を有し、それは、義足用ソケット 96 の対応した取付け部品 102 にねじ付き締着具 103 によって締着されている。二つの取付け部品 101、102 のあいだをこのように連結することによって、義足用ソケットと足のあいだの角度変化が伴う屈曲・伸長と外転・内転とが可能になる。装置 92 は、摺動することによって、内外と前後の直線的な摺動式調節を可能にする。したがって、装置 92 は、義足を全ての方向に運動可能にするアライメント用装備品であり、これは、地面からの反力が腓脛部と足竜骨から成る機械的構造体に応答する方法に影響を与える。

30

#### 【0066】

図 37 と 38 の足竜骨 110 と図 39 と 40 の足竜骨 120 は、本発明による義足に使用可能な足竜骨のさらに別の例示としての実施形態である。足竜骨は右足用であり、足後部を除いて類似の構造を有する。二つの足竜骨の内側と外側は、同一形状である。足竜骨 110 は、足後部領域が矢状方向に切断されて、長さ方向に伸長する伸張用連結部または溝 113 によって分離された伸張用の外側と内側の突出片 111、112 を備える。足竜骨 110 の踵部の後端 114 は、前面に平行である、たとえば、足竜骨の縦軸 A - A に対して直交している。同様に、足竜骨の足後部の背側の凹面部 115 は、前面に対して平行である、たとえば、縦軸 A - A に対して直角、つまり  $90^\circ$  である、縦軸 F - F を有する。

40

#### 【0067】

足竜骨 110 に反して足竜骨 120 は、足後部領域が矢状方向に切断されることもなく、足後部の背側の凹面部 121 は、外側を内側より前方に配置して、凹面部の縦軸 F' - F' が前面に対して傾斜している、たとえば、縦軸 A - A とのあいだに好ましくは  $110 \sim 125^\circ$  の鈍角  $\theta$  を形成している。背側の凹面部をこのような向きに配置することに

50

よって、伸張用の外側の突出片 1 2 2 を、伸張用の内側の突出片 1 2 3 より長い範囲に亘って薄くし、これにより、突出片 1 2 3 より実効上長く、そして、より大きい柔軟性を有するようにすることができる。このように柔軟性を向上させることによって、足後部を最初の接地時の地面からの反力に対して上向きに湾曲するように予めさせるが、これは衝撃吸収機構である。この事が、体の重心が生み出す力を歩行中に足竜骨の足後部を介して効率良く伝達して、より通常の歩行パターンが達成されることを補助する。

【 0 0 6 8 】

図 4 1 と 4 2 の義足 1 2 4 は、足竜骨 1 6 5、腓脛部 1 2 6、および歩行中に腓脛部の上端部の前方への運動に伴うエネルギーを追加して蓄えるための後方の腓装置 1 2 5 を有する。これにより、歩行が推進段階にあるとき、弾性を有する義足に力を負荷することによって、腓脛部の前方を向いた凸状湾曲部 1 2 7 によって形成された脛部 1 2 6 の矢状方向面の凹面部が伸長し、腓脛部の上端部の前方への運動が引き起こされる。装置 1 2 5 の可撓性を有する帯 1 2 8 は、腓脛部の上端部と、義足の下部、つまり、先に開示したように腓脛部と足竜骨を結合する連結要素 1 2 9、に接続されている。弾性体および/または非弾性体であり、また、歩行中に伸長される柔軟な帯の長さは、摺動式調節具 1 3 0 を用いて帯の重複部分の長さを変えることによって調節可能である。

10

【 0 0 6 9 】

二つのばね 1 3 1、1 3 2 の基部が、締着具 1 3 4 によって腓脛部に固定されたアダプタ 1 3 3 と腓脛部のあいだで、腓脛部の上端部に調節可能に支持されている。ばねの下方の自由端は、柔軟な帯と相互作用するように配置されている。帯が伸長されたとき、ばねは、帯の縦方向範囲の方向を変更する。歩行中に腓脛部の上端部が前方に向けて運動することによって、帯が伸長されまたは（帯に予め張力が掛けられている場合には）さらに伸長され、そして、歩行中に義足に力が負荷されるとき、ばねがエネルギーを蓄えるよう力が負荷されるまたはさらに負荷される。この蓄えられたエネルギーは、義足が力を解放するときばねから返還されて、歩行中に義足によって推進力として生み出された運動力を増加させる。

20

【 0 0 7 0 】

義足の使用前に帯に予め張力を掛けるために帯 1 2 8 が短くされたとき、この帯に掛けられた張力は、弾性部材の上端部が後方に向けて運動することを手助けするとともに、使用時に義足の腓脛部の前方に向けての運動を制御する。後方に向けての運動を補助することによって、歩行の最初のスタンス段階において、踵が接地するときの義足の迅速なフット・フラット応答を達成することが容易になるが、それは、歩行中に踵が接地するとき、人の足と足関節に生ずる足底が屈曲する現象に類似している。

30

【 0 0 7 1 】

義足の使用中に後方の腓装置 1 2 5 を用いることによって、弾性を有する腓脛部の上端部の後方に向けての運動を補助することと、弾性を有する腓脛部の上端部の前方に向けての運動を制御することとは、義足の使用中に力の負荷または力からの解放にตอบสนองして腓脛部の上端部の縦方向運動に関する矢状方向面の屈曲特性の変化に影響を与えることによって歩行中の義足の足関節のトルク比を変更することに各々効果的である。歩行の後期のターミナル・スタンスにおいて発生する足関節の最大背屈トルクを、歩行中に踵が接地した後に最初に力が掛けられるフット・フラット応答時に生ずる足関節の足底屈曲トルクによって割った分担率として定義された歩行中の人の足関節の自然な自然トルク比は、1 1 . 3 3 対 1 であると報告されている。後方の腓装置 1 2 5 を用いて腓脛部の上端部の縦方向の運動についての矢状方向面の屈曲特性を変更することの目的は、歩行中に人の足に生ずる現象を模倣するために、義足の足関節のトルク比を増大させることである。この事は、義足を用いての適切な歩行を達成するため、また、一方が自分の足であり、他方が義足の人にとっては歩行に対称性を達成するために重要である。前方に向けての運動を制御し、また、後方の腓装置 1 2 5 を用いて可能性としては後方に向けての運動を補助することによって、義足に発生する足関節の最大背屈トルクがその中の足関節の足底屈曲トルクより一桁大きくなるよう、足関節のトルク比が増大されることが好ましい。足関節のトルク比

40

50

は、報告されている足関節の自然トルク比である 1 1 . 3 3 対 1 に対して約 1 1 対 1 の値になるよう大きくされることがより好ましい。

#### 【 0 0 7 2 】

後方の腓装置の別の目的は、義足に力を負荷するとき装置のばね 1 3 1 , 1 3 2 に弾性エネルギーを追加して蓄え、そして、力の解放時に蓄えた弾性エネルギーを返還して歩行中の義足によって推進力として発生させられた運動力を増加させることによって歩行中の義足の効率を向上させることである。装置 1 2 5 は、足に力を負荷するとき人体に位置エネルギーを発生させ、そして、足から力を解放するときその位置エネルギーを動的エネルギーに変換することを利用して、人の腓筋肉系が歩行中に人の足、足関節、および腓に作用する、つまり、歩行中に人体に効率よく推進力を発生させる、のと同様に義足の目的に  
10

#### 【 0 0 7 3 】

後方の腓装置 1 2 5 によって腓脛部 1 2 6 の上端部の前方への運動を制御することは、図 2 8 ~ 3 3 に示した先の実施形態と同様に腓脛部の上端部の前方への運動範囲を制限することに効果がある。また、義足 1 2 4 の足竜骨は、歩行中に力を負荷するとき、長さ方向の弾性を有するアーチを伸長させることによってエネルギーを蓄えることに貢献する。この位置エネルギーは、歩行中に力から解放するとき推進力を発生させるために運動力として返還される。図 3 ~ 5 と 8 の実施形態に関連して先に説明したように、足竜骨の足中  
20

#### 【 0 0 7 4 】

図 4 3 ~ 4 5 に示した義足 1 3 5 は、長さが調節可能な柔軟な帯 1 3 7 が連結索 1 3 8 を介して腓脛部の上端部と足竜骨の前部に接続されていること以外は図 4 1 と 4 2 の実施形態に類似した後方の腓装置 1 3 6 を有する。索 1 3 8 の端部は、伸張用の連結溝 1 4 1 によって分離され、前方に位置する内側と外側の突出片 1 3 9 , 1 4 0 の各々に接続されている。索は、後方に向かい、次に、連結要素 1 4 4 に装着されたプーリ 1 4 2 , 1 4 3  
30

#### 【 0 0 7 5 】

図 4 1 と 4 2 のアダプタは雌アダプタであるが、本発明による図 4 3 のアダプタ 1 3 3 は、雄のピラミッド型アダプタであり、ソケットの下端または足切断者の下肢端部のその他の部品に取り付けられた矩形の相補形突起を間隙を設けて受承するための基部に隣接した端部に角が丸められた矩形のソケットを有する。図 4 1 の破線を参照されたし。符号は付されていないが、矩形ソケットの側壁の中央に各々配置された四つのねじを用いて義足  
40

を足切断者の下肢端部の支持構造体に連結するために、ねじ込んで突起との係合を行う、または、解除することが可能である。突起とソケットのあいだに間隙があり、また、雌アダプタの四つのねじの位置の調節が可能であるために、義足と支持構造体とを前後方向と内外方向に調節すること、並びに、義足と支持構造体との角度つまり傾斜を調節することができる。雌アダプタの別の形態によると、ねじ付き締着具を用いて、アダプタ上部のソケット収容部材がアダプタの下方の基部に着脱可能に結合される。アダプタのソケットの基部に露出されているねじ付き締着具の頂部は、基部に装着されたアダプタのソケット収容部材を緩めて基部と義足に対して回動できるようにするために、アレンレンチを受承するアレンソケットを有する。このように、アダプタは、横方向の面上の回転能力を付与するが、それは、足のトゥインとトゥアウトとを重大な範囲内、たとえば 1 / 8 インチの範  
50

囲内、に容易に収めることを可能にする特徴である。

【0076】

歩行中に足関節の矢状方向面の運動力を向上させることによって通常の人足関節に近づけられた高性能義足は、人工筋肉が義足の足、足関節、および脛部の少なくとも一つに設けるといふ本発明の別の形態を用いることによって得られる。人工筋肉は、歩行中の活発な推進段階において義足に力が負荷されるときエネルギーを蓄え、その後の歩行のスタンス段階において蓄えたエネルギーを返還して、つれて動く下肢と身体の推進に対して補助する。人工筋肉は、ゴムまたはポリマーのような粘弾性材、あるいは、粘弾性材を含有した複合材を用いて形成されていることが好ましい。人工筋肉を形成するために、粘弾性材を一つのまたは複数の機械的要素と組み合わせたハイブリッド構造を用いることが可能である。高い弾性を有し、好適で、使用可能な生物学的材料は、レジリンである。本発明の目的は、本発明による義足に設けられた一条のまたは複数条の筋肉が、歩行中の義足の足関節に係わる矢状方向面の運動力を、歩行中の少なくとも健康人の足関節に係わる矢状方向面の運動力に近づけるために増加させることである。

10

【0077】

人工筋肉は図50に符号170で示したような固形の弾性を有する帯であってよく、図では、筋肉は本発明による義足の足竜骨171に設けられている。代替としては、図49に符号172, 172で示したように、人工筋肉173を形成するために複数層の帯を用いることができる。筋肉173は、本発明による義足の足型174に設けられている。各々の帯の材料および/または弾力性は異なっておりよい。例示としての実施形態の人工筋肉は、パッシブな材料であるが、アクティブな人工筋肉、たとえば、電気的活性の高いポリマーを基材とする人工筋肉、を使用可能であると想定されている。歩行中に後方の腓筋系の機能を模倣するために用いるとき、例示としての実施形態の人工筋肉は、基部から先端へと方向をそろえて、端から端へと配列される。足に装着される場合、人工筋肉は、前部から後部へと向けられる。しかし、人の足の場合と同様に、人工筋肉を内側から外側へと配列する、または、別の方向あるいは異なる方向を組み合わせることも可能である。

20

【0078】

粘弾性材の人工筋肉の形状と大きさは、特定の運動特性を決定付ける。例示としての実施形態のパッシブな人工筋肉については、筋肉の断面積と長さの積で表される筋肉の大きさが、力に関するポテンシャルを決定する。大きい人工筋肉は、大きさが小さい筋肉より力に関して大きいポテンシャルを有する。同一の大きさの二つの人工筋肉180, 181が、図48Aと48Bに模式的に示されており、その各々は、図に1から12の番号を付した12平方ユニットの断面積を有するように示されている。図48Aの人工筋肉180は、長さ方向の断面積が均一で、長くて細い断面形状の帯である。図48Bの筋肉181は、短く、そして、両端部の中間に大きい断面積部を有する。所定の粘弾性材について、長くて、小さい断面積を備えた人工筋肉180は、短くて、大きい断面積を備えた人工筋肉181と比較した場合、大きい運動範囲のポテンシャルを有する。短くて、大きい断面積を備えた人工筋肉181は、同一大きさで、長くて、細い人工筋肉180より、長さ方向の所定の伸長に対して短時間のうちに大きい張力の値を発生させる。人工筋肉181のこれらの特性は、歩行中の人の足、足関節、および脛部の動きを最も近似するように模倣するために本発明の義足に設けられる人工筋肉にとっては好ましいものである。

30

40

【0079】

異なる構成の人工筋肉を別の人工筋肉に積層することによって、異なる運動の結果を生み出すようにすることができる。各々の運動の結果は、一定範囲の運動に伴う張力、力からの解放、およびタイミングに関する特性を有する。人工筋肉に用いられる種類の粘弾性材または複数の種類の粘弾性材の密度と硬さとを変化させることによって、これらの特性をさらに制御することが可能になる。層190Aと190Bを有する積層式の人工筋肉190の例は、図51に示されており、人工筋肉の基部側端部と先端部は、本発明による腓脛部191に腓脛部の上端部と下部で固定されている。腓脛部の下部への接続は、先に

50

説明したように、腓脛部を足竜骨（図示せず）に連結するための義足の連結要素 192 にまたはそれに隣接する位置に対して行われている。人工筋肉の端部は、着脱可能なようにボルトによって互いに留められた、長さが調節可能な締着構造体の当接部材（図示せず）のあいだに挟持することによって義足に固定することができる。また、人工筋肉の端部を義足に固定するために、あり継ぎ構造体またはその他の締着構造体を用いることもできる。

#### 【0080】

図 51 の人工筋肉 190 の層 190A と 190B は、先に説明したように張力の値を増加させ、そして、応答時間を短縮するために、図 51 の縦軸に直交する断面図から判るように筋肉の長さ方向の中間部で大きい断面積を有する積層構造を形成する。これらと同等の好都合な特徴を備えた別の形状の人工筋肉の例は、図 47A ~ 47E に符号 220 ~ 224 を付して示されている。人工筋肉 222 と 224 は、両側に羽状複葉の切抜き部 222A と 224A を有する。これらの切抜き部は、力が負荷されたために人工筋肉の張力が増大する前に筋肉の伸びを増加させることを可能にする。本発明による義足に用いられる四つの異なる人工筋肉の形態は、図 46A ~ 46D に符号 150, 151, 152, 153 を付して示されている。図 46A の人工筋肉 150 は中央の粘弾性ボール 154 を用いて形成されており、そして、その周りに弾性または非弾性の複数の索 155 が配置され、それは、筋肉の上部索と下部索 156, 157 のあいだでボールの周りに 180° 延在する。人工筋肉を縦軸方向に張力を掛けることによって、ボールは、弾性圧縮されてエネルギーを蓄える。

10

20

#### 【0081】

図 46B の人工筋肉 151 は、両端を離間した基板 159, 160 に固定された複数の粘弾性材の円筒形分割体 158 を用いて形成されている。分割体は、図 46B に示すように編まれている。図 46C の構成は、円筒形分割体 158 を編む替わりに平行にし、張力が掛けられて筋肉が縦軸方向に伸ばされたとき弾性的に伸長する粘弾性材のリング 161 によって囲まれていることを除くと、図 46B に類似している。図 46D の円筒形分割体 162 は、平行に配置されて、共通の端部用基板 163, 164 のあいだに延在し、そして、端部が基板に接続されている。

#### 【0082】

図 49 の足型 174 は、たとえばプラスチックまたはポリウレタンのような弾性を有する材料を用いて形成されている。足型は、本発明による義足の少なくとも下端部をぴったりと収めて、人の足のような外観を与えるとともに、当てものとして作用して要素から義足を保護する。足型の人工筋肉 173 は、足型の足底前部と足底後部とを連結するために、その両端が足型に固定されている。歩行中に足 / 足型が屈曲することによって、人工筋肉に張力が掛けられてエネルギーを蓄え、それは、切換え時の効果と人の足と下肢の前方への送りを補助するために歩行の後期に放出される。同様の結果が、図 50 に示した本発明による義足の足竜骨 171 の前部と後部にその両端部が固定された人工筋肉 170 によって得られる。図 51 の腓脛部 191 に装着された人工筋肉 190 は、歩行中の腓脛部の上端部の前方への運動によって伸長されて、図 33 と 41 ~ 45 の後方の腓装置との関連で説明したようにエネルギーの蓄積と放出を行う。

30

40

#### 【0083】

本発明によるこれらの人工筋肉を一つまたはそれ以上備えた義足の位置エネルギーは、さらに増大させることが可能であり、それは、伸長時に人工筋肉に予め力を掛けることによって、歩行中の義足の動的エネルギーと、足関節に係わる矢状方向面の運動力とを増加させて行われる。この事は、当てもの、カム、圧縮空気または他の流体を収容した袋、またはこれらの装置を組み合わせることで、本発明による義足の使用者によって達成することができる。図 52A ~ 52D は、四つの異なる大きさの当てもの 230 ~ 233 を示す。選択した当てものは、義足構造部とその人工筋肉のあいだに配置されて、当てもののサイズに比例した大きさの張力を人工筋肉に掛ける。たとえば、図 51 のように、図示されているカム構造を除いて人工筋肉が義足の腓脛部の後方に設けられたとき、当

50

てものは、腓脛部と筋肉のあいだに配置される。

【 0 0 8 4 】

図 5 1 のカム 1 9 2 は、人工筋肉 1 9 0 の前方の腓脛部の上端部の連結部から垂下しているカム支持構造 1 9 4 によって担持された円筒形のピン 1 9 3 を中心にして枢動できるように装着されている。空気圧、液圧、および / または電気駆動によるシリンダ (ソレノイド) 装置 1 9 5 がピン 1 9 3 を中心にしてカムを調節しながら枢動させて筋肉に張力を掛ける。このシリンダ (ソレノイド) 装置は、歩行のスタンス段階のミッドスタンス段階において使用者が身体の活動を行うとき、腓脛部に発生する運動によって起動される。使用者が義足に力を負荷するとき、腓脛部の先端が下部シリンダ (ソレノイド) の押進棒 1 9 6 に係合し、これにより、上部シリンダ (ソレノイド) の押進棒がカムに係合させられる。作動時に前方に向けての力が増大すると、それに比例して下部シリンダの圧力が増加させられるが、それは、比例した圧力でもって上部シリンダに係合して、カム 1 9 2 を筋肉に係合させ、そして、人工筋肉に比例した大きさの張力を予め掛ける。負荷された力が増大するおよび / または減少すると、人工筋肉に掛かる張力も同様に影響を受ける。したがって、足竜骨の前方に向けて負荷された力の変動が、人工筋肉に掛かる張力の変動を決定付け、そして、義足の結果としての運動は、使用者の活動に関連して変化する。この実施形態の変更例として、カム 1 9 2 を作動させるためのソレノイドの替わりに、ウォーム・ギヤまたは単純なねじ装置を動作させ、検出した力に応じてカムと筋肉に掛かる張力を調節することができる。

10

【 0 0 8 5 】

圧縮流体または空気が充填された図 5 4 の袋 2 1 0 は、下肢のソケット 2 1 1 に装着されている。袋は、ソケットとのあいだに延在し、そして、ソケットに接続されている図 5 3 の人工筋肉 2 1 3 と、図 5 3 に示すような形状の本発明による義足とのあいだに配置されている。使用者は、義足の性能が最適になるよう活動の前に調節した張力を筋肉に掛けるために、弁 2 1 4 を介して袋内の流体の圧力を変更することができる。この実施形態の変更例として、人工筋肉の基部側端部を膝下方のソケットの基部側縁または義足の人工膝ハウジングに取り付けることもできる。さらに別の変更例においては、人工筋肉は、人のまたは人工の膝の基部に取り付けられる。この後者の方法の場合、人工筋肉は、膝と足関節の二つの関節に影響を及ぼす。

20

【 0 0 8 6 】

これにより、例示としての実施形態の説明を終える。本発明について数多くの実施形態についての図面を参照して説明したが、当業者はその他の数多くの修正例や実施形態を案出することが可能であり、それらは、この発明の原理の精神と範囲に含まれると了解されるものとする。たとえば、本発明による義足の腓脛部の下部は、放物線形または概ね放物線形に限定されるものではなく、それに替えて、足の足関節連結部を形成するために足竜骨に連結したとき、足が結果として所望の運動をするよう下向きに突出した、曲線形に構成することができる。また、種々の実施形態の特徴は、互いに組み合わせて用いることができる。より具体的には、本発明の精神から逸脱することなく、前述の開示の範囲、図面、および添付特許請求の範囲に含まれる構成部品および / または主題の組合せ構成に合理的な変更と修正を行うことが可能である。構成部品および / または構成配置について変更と修正を行うことが可能であることに加えて、当業者には、別の使用方法も明白であろう。

30

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 7 】

【図 1】本発明による義足の足竜骨と腓脛部の各々の曲率  $R_1$  と  $R_2$  を二つの隣接した円によって表した模式図であり、これにより、動的な応答能力と、歩行中の足の結果としての矢印 B 方向の運動、それは、二つの円を結んだ接線 A に対して直交している、とが生み出される。

【図 2】図 1 に類似の図であるが、接線  $A_1$  に直交した矢印  $B_1$  が図 1 の場合より水平方向を向くよう、歩行中の足の動的応答能力と結果としての運動の水平成分を増大させ、かつ

50

、垂直成分を減少させるために本発明による義足の二つの円のアラインメントを変更した形態を示す。

【図 3】足切断者の下肢に足を固定するための支柱用アダプタと、それに接続された支柱とを備えた本発明の例示としての実施形態による義足の側面図である。

【図 4】図 3 の支柱用アダプタと支柱を備えた義足の正面図である。

【図 5】図 3 と 4 に示した実施形態の平面図である。

【図 6】本発明による義足に用いることができ、とりわけ短距離走用の本発明による別の足竜骨の側面図である。

【図 7】図 6 の足竜骨の平面図である。

【図 8】図 3 に示した高低の応答特性とともに双方向への運動性が備えられた義足の足竜骨の下面図である。 10

【図 9】サイム式足切断手術を受けた足切断者が短距離走を行うときにとりわけ好都合な、本発明による義足用の別の足竜骨の側面図である。

【図 10】図 9 の足竜骨の平面図である。

【図 11】サイム式による足切断者用であり、高低の応答特性とともに双方向への運動性が備えられている本発明による義足用の足竜骨のさらなる変更例である。

【図 12】図 11 の足竜骨の平面図である。

【図 13】足竜骨の厚さにテーパが付けられ、たとえば、厚さが竜骨の足中央部から足後部にかけて漸減している本発明による足竜骨の側面図である。

【図 14】足竜骨の足中央部から足前部と足後部の両方にかけて厚さにテーパが付けられている別の形状の足竜骨の側面図である。 20

【図 15】腓脛部の上端にかけて厚さにテーパが付けられている、本発明による義足の放物線形の腓脛部を僅かに上部前方から見たときの側面図である。

【図 16】図 15 に類似しているが、中央部から上端と下端の両方にかけてテーパが付けられている別の腓脛部を示す側面図である。

【図 17】腓脛部の厚さに中央部から上端と下端の両方にかけてテーパが付けられている、義足用の C 字形腓脛部の側面図である。

【図 18】腓脛部の厚さが中央部から上端にかけて漸減している、義足用の別例としての C 字形腓脛部の側面図である。

【図 19】両端部から中央にかけて厚さが漸減している、義足用の C 字形腓脛部の側面図である。 30

【図 20】上端部においてだけ厚さにテーパが付けられている S 字形腓脛部の別例である。

【図 21】両端にかけてテーパが付けられている、本発明による義足用の J 字形腓脛部の側面図である。

【図 22】図 21 に類似しているが、厚さが上端にかけてだけ漸減している J 字形腓脛部を示す。

【図 23】図 3 に示したように腓脛部を足竜骨に取付けるための、本発明による調節式締着構造に用いられる合金製またはプラスチック製の連結要素を僅かに上方から見たときの側面図である。 40

【図 24】足切断者の下肢に取り付けられる支柱に足を連結するために、図 3 ~ 5 に示した義足に用いられ、また、図 28 と 29 の足に用いても有用である支柱用アダプタを僅かに側部前方から見たときの図である。

【図 25】図 3 のそれに類似しているが、縦方向に離間して配置され、連結要素を腓脛部と足竜骨の各々に結合する二つの着脱式締着具とともに連結要素が用いられている状態を示す本発明による別の義足の側面図である。

【図 26】図 25 の連結要素の拡大側面図である。

【図 27】図 25 の義足の腓脛部の拡大側面図である。

【図 28】義足の使用時に、腓脛部に対する力の負荷と力からの解放にตอบสนองして腓脛部の上端部の運動範囲を制限するための運動制限・減衰装置が腓脛部の各々の端部に接続され 50

ていて、図 3 と 25 に類似の義足の例示としてのさらなる実施形態の側面図である。

【図 29】図 28 に示した義足を左側から見たときの当該義足の正面図であり、足の腓脛部の縦方向長孔が示されている。

【図 30】図 28 に示した義足を右側から見たときの当該義足の背面図である。

【図 31】図 28 に示した義足の底面図である。

【図 32】義足の使用時に、腓脛部に対する力の負荷と力からの解放の結果として生ずる腓脛部の上端部の運動の例を示す図 28 に示された義足の腓脛部と足竜骨の側面図である。

【図 33】腓脛部の上端部の伸長運動の範囲だけを制限するために柔軟な帯が用いられていることを除くと図 28 ~ 32 に類似の義足の例示としてのさらに別の実施形態の側面図である。 10

【図 34】足切断者の下肢に取り付けられた義足用ソケットに足を固定するために腓脛部の上端部に結合されたアダプタに配置されたアラインメント用連結装置を備え、アラインメント用連結装置は、義足用ソケットに対する足の内外方向および前後方向の摺動による調節ができるようにされている義足の別の実施形態の側面図である。

【図 35】図 34 に示した足を左側から見たときの図 34 に示された義足の正面図である。

【図 36】図 34 に示した足を後方から見たときの図 34 に示された義足の背面図である。

【図 37】本発明による右足用義足の別の足竜骨の平面図であり、足の後端が前面に対して平行であり、たとえば、足の縦軸 A - A に直交しており、さらに、足後部の基部に隣接した凹面部の縦軸 F - F も縦軸 A - A に直交している。 20

【図 38】図 37 の足竜骨を外側の方向から見たときの当該足竜骨の側面図である。

【図 39】図 37 と 38 の足竜骨に類似しているが、縦軸 A - A に対して鈍角  $\theta$  を成す足後部の基部に隣接した凹面部の縦軸 F' - F' を有し、これにより、足後部の外側の突出片が内側の突出片より実質上長く、そして、柔軟になって、歩行するとき踵の接地時に足の上向きの屈曲を補助するようにされた本発明による別の足竜骨の平面図である。

【図 40】図 39 に示した足竜骨を側方から見たときの当該足竜骨の側面図である。

【図 41】腓脛部の上部と腓脛部を足竜骨に連結する連結要素のあいだに接続されていて、弾性を備えるとともに、後方に配置の腓装置を有し、当該装置は、歩行中の力の負荷時に装置のばねにエネルギーを蓄え、力から解放されるときに蓄えたエネルギーを返還して、歩行中の義足によって推進力ために発生させられた運動力を増大させるようにされた義足の別の実施形態の側面図である。 30

【図 42】図 41 に示した義足の背面図である。

【図 43】歩行中に推進力ために義足によって発生させられた運動力を増大させるための後方の腓装置を有する義足の別の実施形態の側面図であり、当該装置の長さ調節式帯が、腓脛部の上端部と足竜骨の前端とのあいだに張られている。

【図 44】図 43 の義足の背面図である。

【図 45】足竜骨の各々の側部に接続されて後方に向けて延在する伸長用索が示されている、図 43 と 44 の義足の底面図である。 40

【図 46 A】歩行中に義足の位置エネルギーと足関節の矢状方向面の運動力とを増大させるために本発明の義足に用いられる人工筋肉の構成の各々の例を示す側面図である。

【図 46 B】歩行中に義足の位置エネルギーと足関節の矢状方向面の運動力とを増大させるために本発明の義足に用いられる人工筋肉の構成の各々の例を示す側面図である。

【図 46 C】歩行中に義足の位置エネルギーと足関節の矢状方向面の運動力とを増大させるために本発明の義足に用いられる人工筋肉の構成の各々の例を示す側面図である。

【図 46 D】歩行中に義足の位置エネルギーと足関節の矢状方向面の運動力とを増大させるために本発明の義足に用いられる人工筋肉の構成の各々の例を示す側面図である。

【図 47 A】本発明の義足に用いられる、各々異なる形状の人工筋肉の側面図である。

【図 47 B】本発明の義足に用いられる、各々異なる形状の人工筋肉の側面図である。 50



【図 4 7 C】本発明の義足に用いられる、各々異なる形状の人工筋肉の側面図である。

【図 4 7 D】本発明の義足に用いられる、各々異なる形状の人工筋肉の側面図である。

【図 4 7 E】本発明の義足に用いられる、各々異なる形状の人工筋肉の側面図である。

【図 4 8 A】断面積が直線状に配置された 1 2 個のユニットつまり面積単位によって表された長い人工筋肉の側面図である。

【図 4 8 B】断面積は図 4 8 A の人工筋肉と同数である 1 2 個のユニットつまり面積単位を有しながらも、短くて、幅広い人工筋肉の側面図である。

【図 4 9】本発明による義足の足型つまり外被を側部下方から見たときの立面図であり、足型は、足型の足底の前部と後部とに接続された人工筋肉を有する。

【図 5 0】本発明による義足の足竜骨の側面図であり、足竜骨には、足竜骨の足底の前部と後部とに接続された人工筋肉が設けられている。 10

【図 5 1】人工筋肉、人工筋肉に張力を調節して掛けるためのカム、および、歩行中に義足によって掛けられた力を検出し、そして、検出した力に応答し、かつ、力の関数としてカムと人工筋肉に掛けられる張力を制御するための検出器を有する、本発明による義足の腓脛部と連結要素との側面図である。

【図 5 2 A】異なる大きさの各々の当てものの側面図であり、当てものは、義足と人工筋肉のあいだに選択的に用いることによって、使用者に義足の使用前に筋肉に予め張力を掛けて、義足の位置エネルギーを変化させることが可能なようにする。

【図 5 2 B】異なる大きさの各々の当てものの側面図であり、当てものは、義足と人工筋肉のあいだに選択的に用いることによって、使用者に義足の使用前に筋肉に予め張力を掛けて、義足の位置エネルギーを変化させることが可能なようにする。 20

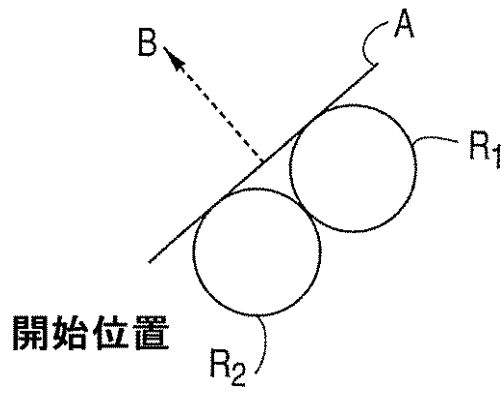
【図 5 2 C】異なる大きさの各々の当てものの側面図であり、当てものは、義足と人工筋肉のあいだに選択的に用いることによって、使用者に義足の使用前に筋肉に予め張力を掛けて、義足の位置エネルギーを変化させることが可能なようにする。

【図 5 2 D】異なる大きさの各々の当てものの側面図であり、当てものは、義足と人工筋肉のあいだに選択的に用いることによって、使用者に義足の使用前に筋肉に予め張力を掛けて、義足の位置エネルギーを変化させることが可能なようにする。

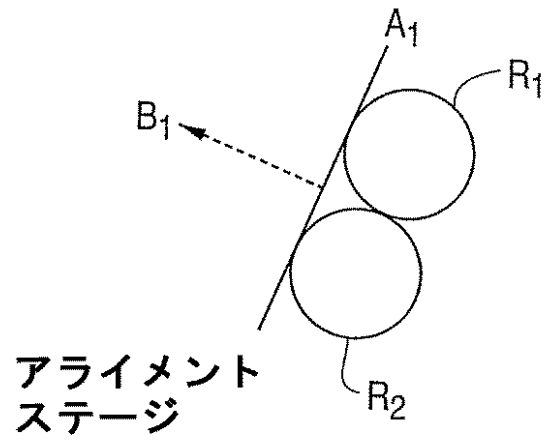
【図 5 3】本発明による義足を後方側部から見たときの立面図であり、使用者の下肢端部のソケットと義足の腓脛部の下端とを接続するようにして義足に設けられた人工筋肉を示す。 30

【図 5 4】人の下肢端部用のソケットを後方側部から見たときの立面図であり、ソケットは、本発明による義足に用いると有用であり、また、義足に装着されるとともに、ソケットと人工筋肉（図示せず）のあいだに配置されて使用前に筋肉に予め調節された張力を掛けるために用いられる加圧流体が充填された袋を有する。

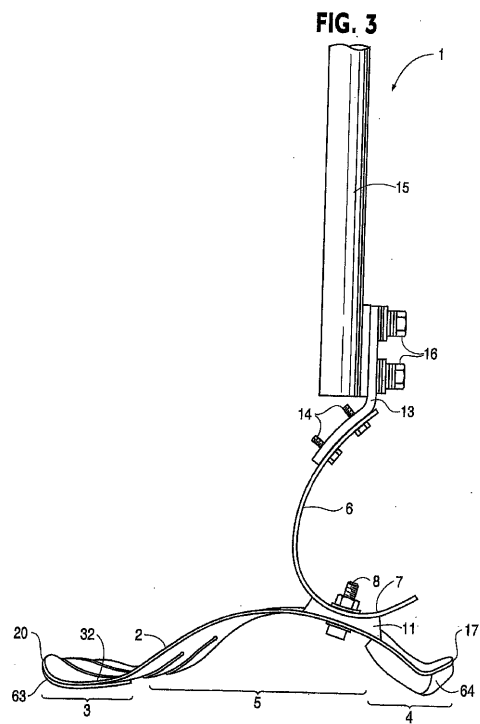
【図 1】



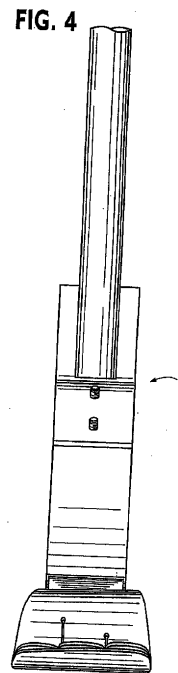
【図 2】



【図 3】

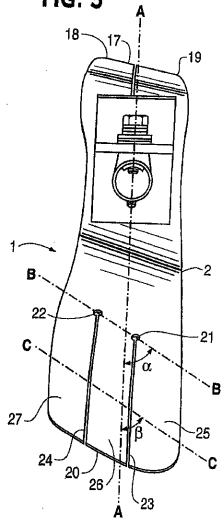


【図 4】



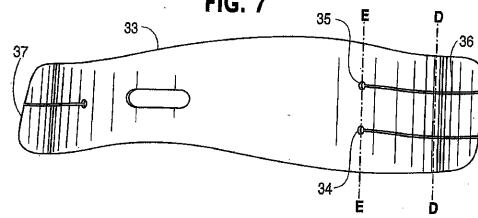
【 図 5 】

FIG. 5



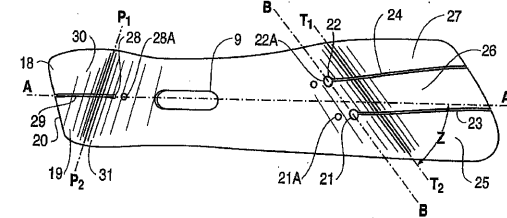
【 図 7 】

FIG. 7



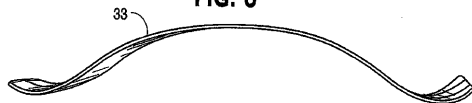
【 図 8 】

FIG. 8



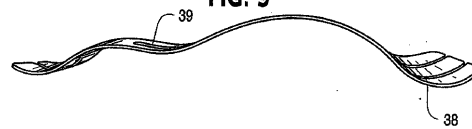
【 図 6 】

FIG. 6



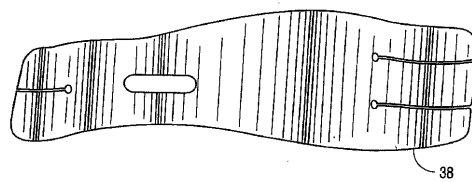
【 図 9 】

FIG. 9



【 図 10 】

FIG. 10



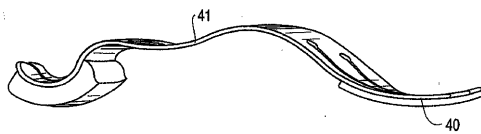
【 図 13 】

FIG. 13



【 図 11 】

FIG. 11



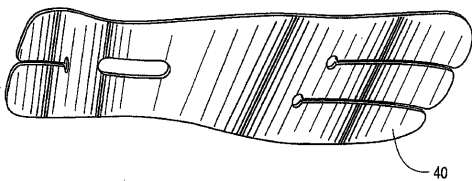
【 図 14 】

FIG. 14



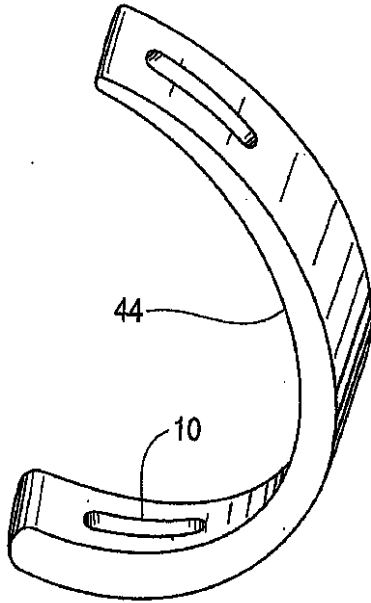
【 図 12 】

FIG. 12



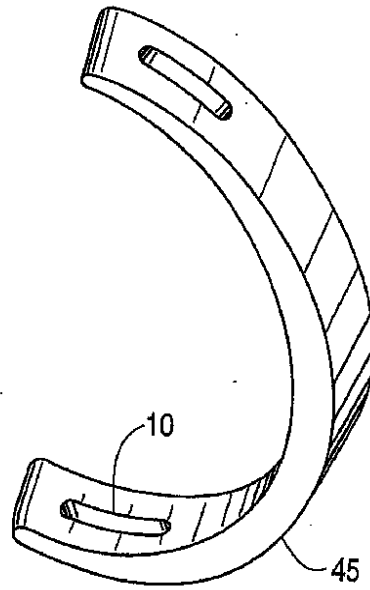
【図 15】

FIG. 15



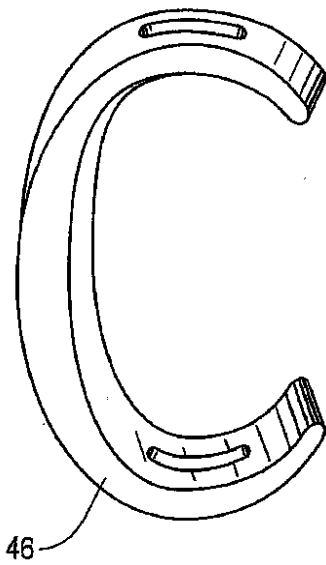
【図 16】

FIG. 16



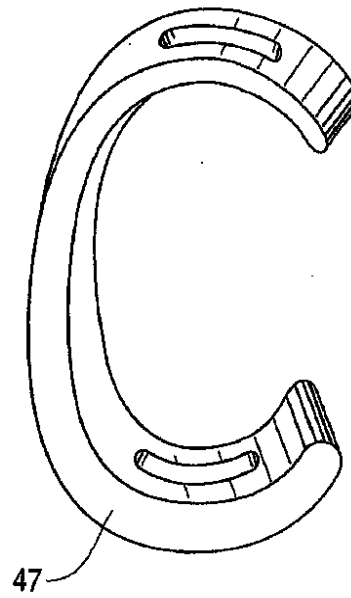
【図 17】

FIG. 17



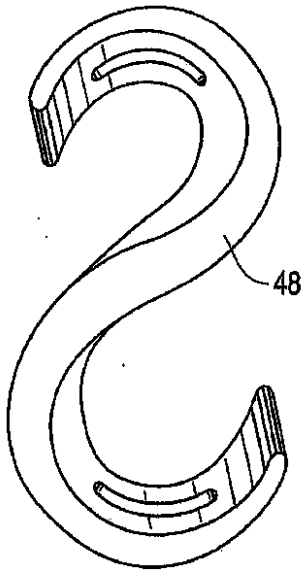
【図 18】

FIG. 18



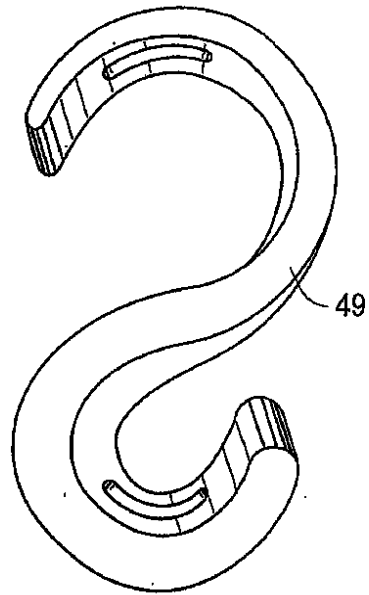
【図 19】

**FIG. 19**



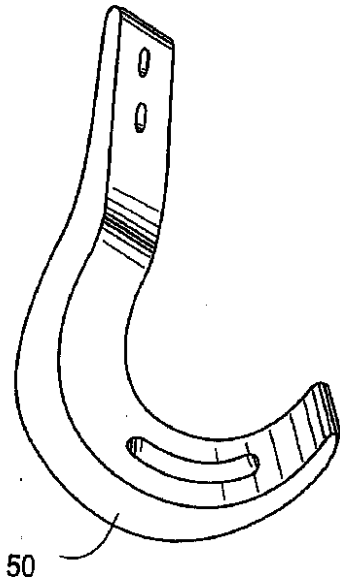
【図 20】

**FIG. 20**



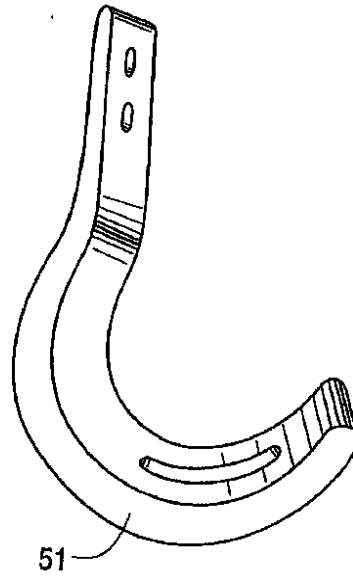
【図 21】

**FIG. 21**

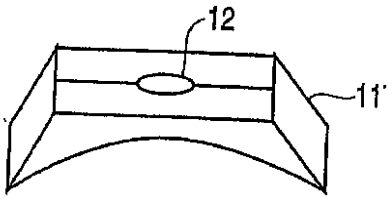


【図 22】

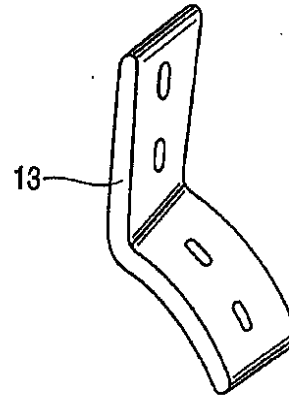
**FIG. 22**



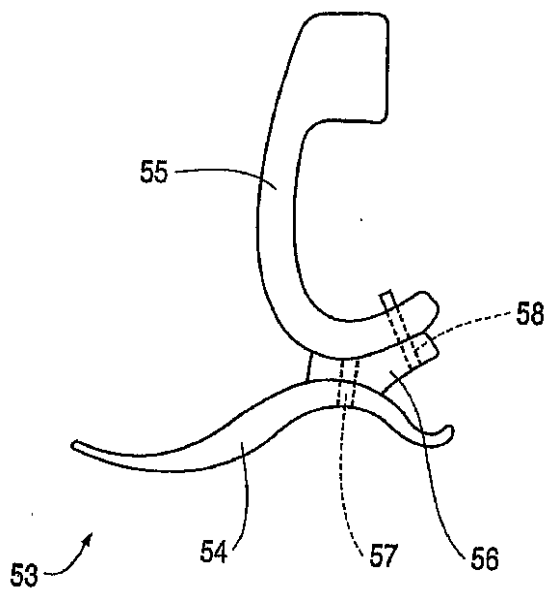
【図 2 3】

**FIG. 23**

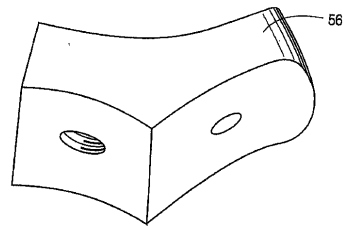
【図 2 4】

**FIG. 24**

【図 2 5】

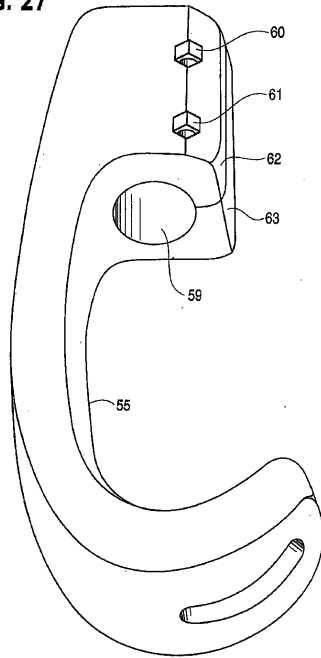
**FIG. 25**

【図 2 6】

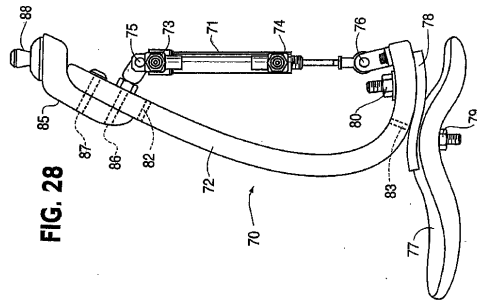
**FIG. 26**

【 図 2 7 】

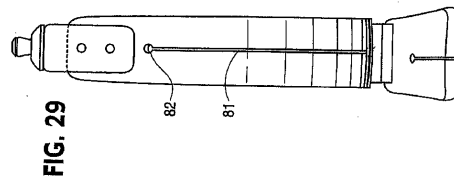
FIG. 27



【 図 2 8 】

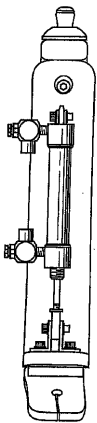


【 図 2 9 】



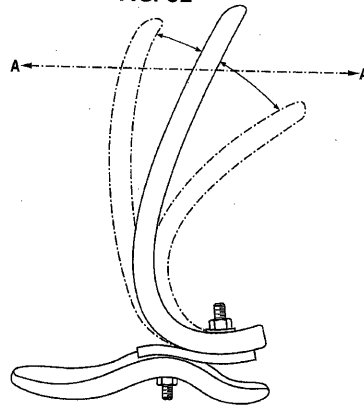
【 図 3 0 】

FIG. 30



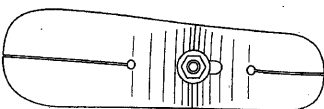
【 図 3 2 】

FIG. 32



【 図 3 1 】

FIG. 31

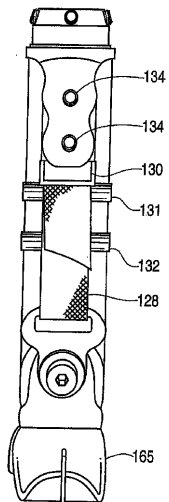






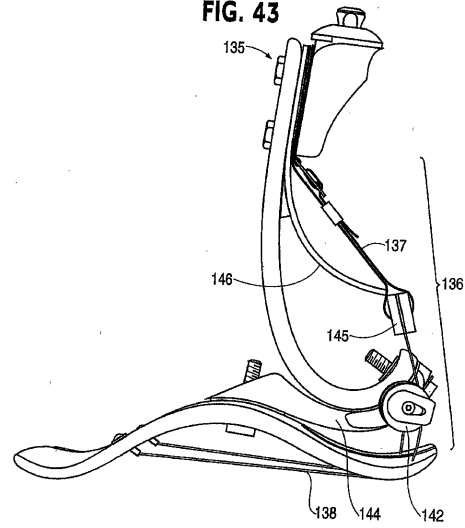
【 図 4 2 】

FIG. 42



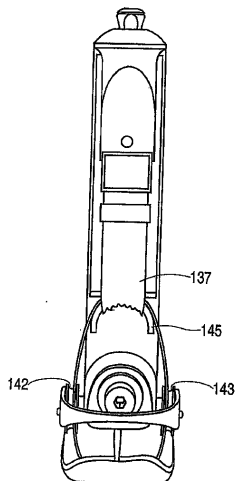
【 図 4 3 】

FIG. 43



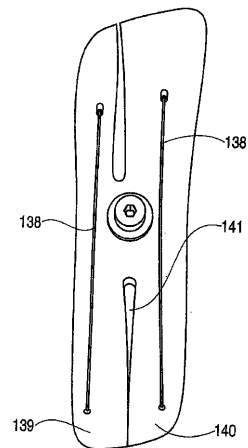
【 図 4 4 】

FIG. 44



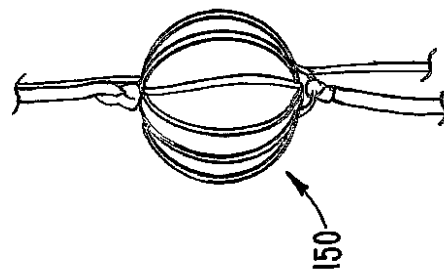
【 図 4 5 】

FIG. 45



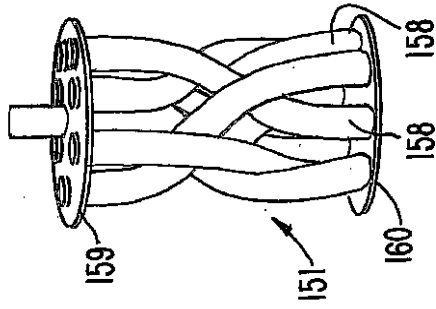
【 図 4 6 A 】

FIG. 46A



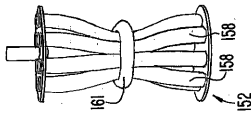
【 図 4 6 B 】

FIG. 46B



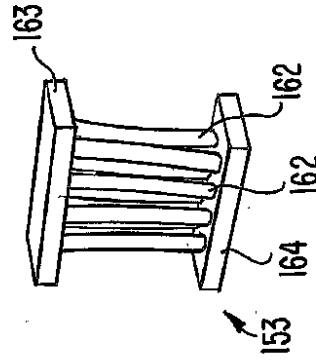
【 図 4 6 C 】

FIG. 46C



【 図 4 6 D 】

FIG. 46D



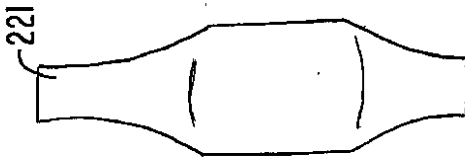
【 図 4 7 A 】

FIG. 47A



【 図 4 7 B 】

FIG. 47B



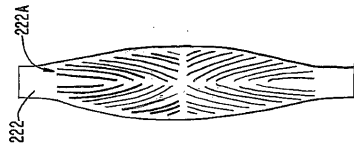
【 図 4 7 E 】

FIG. 47E



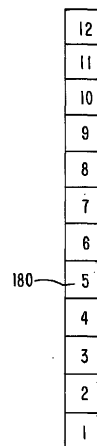
【 図 4 7 C 】

FIG. 47C



【 図 4 8 A 】

FIG. 48A



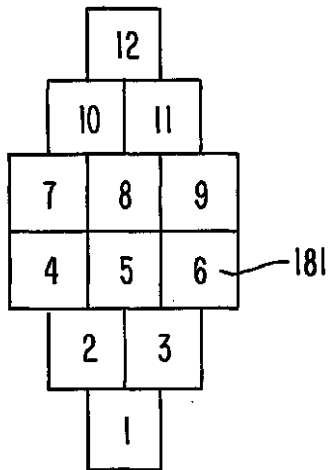
【 図 4 7 D 】

FIG. 47D



【 図 4 8 B 】

FIG. 48B



【 図 4 9 】

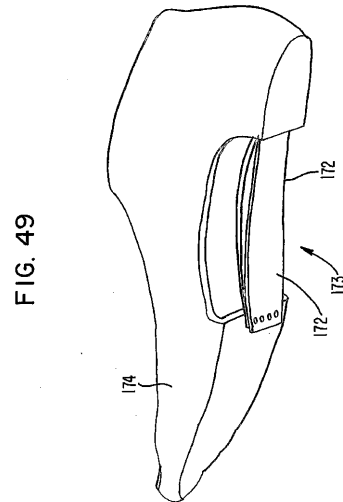


FIG. 49

【 図 5 0 】

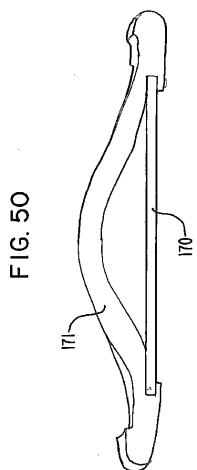


FIG. 50

【 図 5 1 】

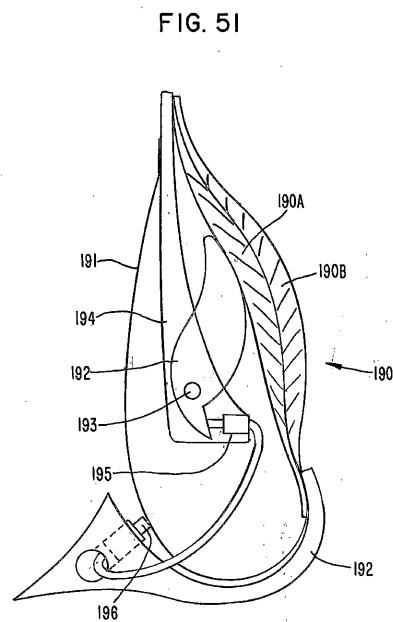
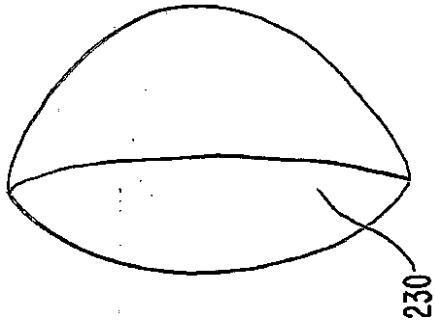


FIG. 51

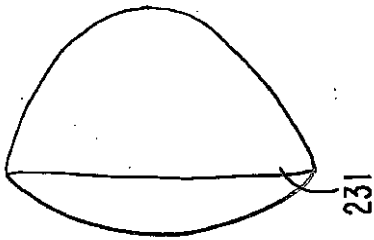
【図 5 2 A】

FIG. 52A



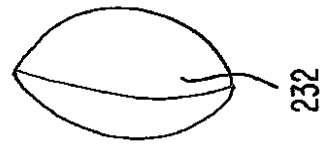
【図 5 2 B】

FIG. 52B



【図 5 2 C】

FIG. 52C



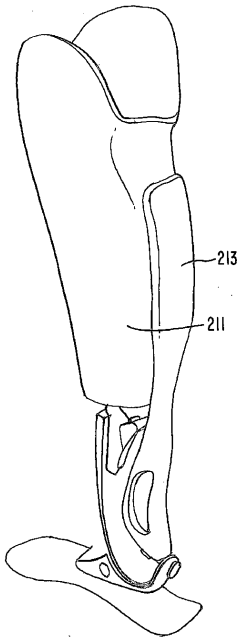
【図 5 2 D】

FIG. 52D



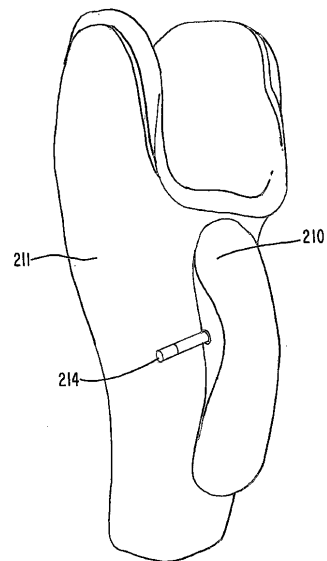
【図 5 3】

FIG. 53


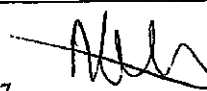


【図 5 4】

FIG. 54



## 【 国際調査報告 】

<b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>		International application No. PCT/US05/11292																											
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(7) : A61F 2/66 US CL : 623/38 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																													
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 623/38, 47-56 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)																													
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category *</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 2002/0087216 A1 (ATKINSON et al.) 04 July 2002 (04.07.2002), see entire document.</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A, P</td> <td>US 2004/0117036 A1 (TOWNSEND et al.) 17 June 2004 (17.06.2004), see entire document.</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5,290,319 A (PHILLIPS) 01 March 1994 (01.03.1994), see entire document.</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5,387,246 A (PHILLIPS) 07 February 1995 (07.02.1995), see entire document.</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5,443,529 A (PHILLIPS) 22 August 1995 (22.08.1995), see entire document.</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6,099,572 A (MOSLER et al.) 08 August 2000 (08.08.2000), see entire document.</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6,602,295 B1 (DODDROE et al.) 05 August 2003 (05.08.2003), see entire document.</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 93/24080 A1 (LINDH et al.) 09 December 1993 (09.12.1993), see entire document.</td> <td>1-30</td> </tr> </tbody> </table>			Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 2002/0087216 A1 (ATKINSON et al.) 04 July 2002 (04.07.2002), see entire document.	1-30	A, P	US 2004/0117036 A1 (TOWNSEND et al.) 17 June 2004 (17.06.2004), see entire document.	1-30	A	US 5,290,319 A (PHILLIPS) 01 March 1994 (01.03.1994), see entire document.	1-30	A	US 5,387,246 A (PHILLIPS) 07 February 1995 (07.02.1995), see entire document.	1-30	A	US 5,443,529 A (PHILLIPS) 22 August 1995 (22.08.1995), see entire document.	1-30	A	US 6,099,572 A (MOSLER et al.) 08 August 2000 (08.08.2000), see entire document.	1-30	A	US 6,602,295 B1 (DODDROE et al.) 05 August 2003 (05.08.2003), see entire document.	1-30	A	WO 93/24080 A1 (LINDH et al.) 09 December 1993 (09.12.1993), see entire document.	1-30
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																											
X	US 2002/0087216 A1 (ATKINSON et al.) 04 July 2002 (04.07.2002), see entire document.	1-30																											
A, P	US 2004/0117036 A1 (TOWNSEND et al.) 17 June 2004 (17.06.2004), see entire document.	1-30																											
A	US 5,290,319 A (PHILLIPS) 01 March 1994 (01.03.1994), see entire document.	1-30																											
A	US 5,387,246 A (PHILLIPS) 07 February 1995 (07.02.1995), see entire document.	1-30																											
A	US 5,443,529 A (PHILLIPS) 22 August 1995 (22.08.1995), see entire document.	1-30																											
A	US 6,099,572 A (MOSLER et al.) 08 August 2000 (08.08.2000), see entire document.	1-30																											
A	US 6,602,295 B1 (DODDROE et al.) 05 August 2003 (05.08.2003), see entire document.	1-30																											
A	WO 93/24080 A1 (LINDH et al.) 09 December 1993 (09.12.1993), see entire document.	1-30																											
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.																													
<table border="0"> <tr> <td colspan="2">* Special categories of cited documents:</td> <td>"T"</td> <td>later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</td> </tr> <tr> <td>"A"</td> <td>document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>"X"</td> <td>document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</td> </tr> <tr> <td>"E"</td> <td>earlier application or patent published on or after the international filing date</td> <td>"Y"</td> <td>document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</td> </tr> <tr> <td>"L"</td> <td>document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</td> <td>"&amp;"</td> <td>document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"O"</td> <td>document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>"P"</td> <td>document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			* Special categories of cited documents:		"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	"E"	earlier application or patent published on or after the international filing date	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&"	document member of the same patent family	"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means			"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed					
* Special categories of cited documents:		"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention																										
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone																										
"E"	earlier application or patent published on or after the international filing date	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art																										
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&"	document member of the same patent family																										
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means																												
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed																												
Date of the actual completion of the international search 01 November 2005 (01.11.2005)		Date of mailing of the international search report 16 DEC 2005																											
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer  Telephone No. 571-272-4747 																											

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 タウンゼンド、バリー ダブリュ

アメリカ合衆国、 9 3 3 0 4 カリフォルニア州、ベイカーズフィールド、フーチン ロード 4  
0 0

(72)発明者 クラウディノ、パイロン ケント

アメリカ合衆国、 9 3 3 1 2 カリフォルニア州、ベイカーズフィールド、ローズデイル ハイウ  
エイ 9 7 3 1

F ターム(参考) 4C097 AA02 AA03 AA20 AA21 BB02 BB05 CC08 CC12 CC16 EE01  
EE04 EE20 FF01 FF03 MM09 TA07 TA08 TB01 TB09 TB12  
TB14