

CMT ガイド

シャルコーマリートゥース病患者の下肢装具療法のコンセプト

第1版



はじめに

このCMTガイドでは、私たちは初めて、末梢神経障害の装具療法のコンセプトを紹介します。シャルコー・マリー・トゥース病に対する適応は新しくはないとはいえ、整形外科器具の提供に対しては、いまだに問題があります。

正しい装具を選択することは、以下のように比較的簡単であると思われます：ほとんどの患者は脛部の筋(背屈筋群)が弱く、下垂足を患うため、通常は簡単に、在来型の装具で治療されます。疾患の経過で下腿三頭筋(底屈筋群)も侵されている場合には、それらの装具による最小限のサポートでは、もはや十分ではありません。

このため患者はしばしば、特に既製品には、非常に失望しています。この簡単だと推定されるアプローチでは、供給が過度であるとか、過小であるということはありません。また、凹足のような装具を装着する際の痛みにつながる変形による、適合の問題があるわけでもありません。

このガイドは、それら2つの筋群- 背屈筋群と底屈筋群 -が衰弱した場合に特に必要となる機能を特定し、それらに目標を絞って、個々の装具で対応する方法について支援することを意図しています。私たちはまた、疾患の過程で起こる特殊な個別性にも対応できる、Orthosis Configurator から、plug + go モジュラー性まで、近年の装具の多くの可能性について、強調したいと思います。

私たちは、このCMT ガイドが、この疾患の装具療法についての、いくらかのガイドとなることを期待しています。そして、あなたが私たちに、シャルコー・マリー・トゥース病についての経験を共有してもらえると嬉しいです。

FIOR & GENTZチーム

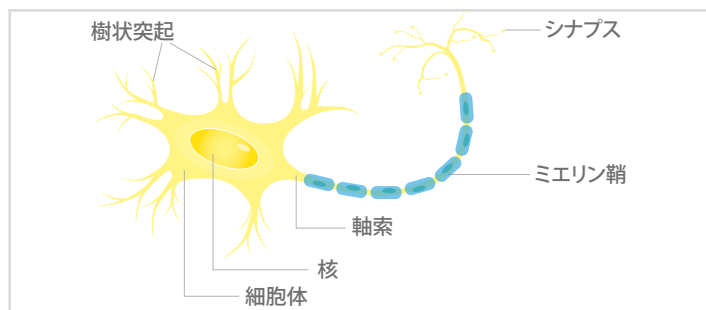
目次

シャルコー・マリー・トゥース病 (CMT)	
CMTとは何か？	4
原因	4
CMTの分類	5
症状	6
診断	6
治療の目標	8
装具療法	
従来型の装具	10
従来型の装具のデメリット	12
装具の要件	13
CMT患者に対する新しい可能性	14
Orthosis Configurator	14
plug + go モジュラリティ	16
背屈筋群 – 機能と疾患	
健全な背屈筋群の機能	18
衰弱した背屈筋群の効果	20
底屈筋群 – 機能と疾患	
立位 (Stance)	22
歩行 (Gait)	23
衰弱した背屈筋群に対する装具	24
さらに衰弱した底屈筋群による病的な歩行	28
付録代償メカニズム	32
用語集	
開始ページ	34
参考文献	
開始ページ	42

CMTとは何か？

シャルコー・マリー・トゥース病(CMT)は、遺伝性の運動感覚神経障害タイプⅠ (HMSN I)として知られます。それは、遺伝性疾患のグループに属し、末梢神経が侵されて、様々な身体部位の筋組織と触覚の進行性の喪失を伴うことに特徴づけられます。

末梢神経は、中枢神経系(脳と脊髄)の外に位置します。これらの神経は筋を制御し、本人が接触の感覚を感知できるように、上肢や下肢の刺激を脳に伝達します。末梢神経は、特に、神経伝達の内部構造である軸索、軸索をとりまく保護層であるミエリン鞘からなります。CMTは、末梢神経の軸索とそのミエリン鞘単体か、その両方を侵します。



この疾患は、これについて最初に記述した、以下の3人の医師にちなんで名付けられました: Jean-Martin Charcot (1825–1893)、Pierre Marie (1853–1940) と Howard Henry Tooth (1856–1925)。CMTはもっとも一般的な遺伝性の神経障害であり、約2500人に1人の割合で罹患します。

原因

CMTは、1つまたは複数の遺伝子の変異することによって起こる、遺伝性疾患です。これらの変異は、末梢神経にある軸索やミエリン鞘の構造と機能を崩壊させ、脳と四肢の間の神経刺激の伝達を退行させ、損ないます。侵された遺伝子は、片親もしくは両親から受け継がれたものである可能性があります。稀なケースでは、両親からの遺伝することなく、自然にこの疾患をもって生まれることがあります。CMTの主要な5つのタイプそれぞれに、異なる原因があります。

CMTの分類

CMT1 は、最も一般的な形式であり、全てのケースの約3分の1にあたります。これは、ミエリン鞘による保護に損傷を与える遺伝子によって起こり、一般的には脱髄型CMTとよばれます。どの遺伝子が損傷しているかにより、以下のサブタイプAからFまでにカテゴリー分けされます:

- CMT1Aは、17番染色体上のPMP22遺伝子の重複によって起こります(CMT1のうち、最も一般的なサブタイプです)、
- CMT1Bは、1番染色体上のMPZ遺伝子の変異によって起こります(CMT1のうち、2番目に一般的なサブタイプです)、
- CMT1Cは、LITAF遺伝子の欠陥によって起こります(稀なタイプ)、
- CMT1Dは、ERG2遺伝子の欠陥によって起こります(稀なタイプ)、
- CMT1Eはまた、HNPPとして知られ、PMP22遺伝子の欠陥によって起こります(稀なタイプ)、そして
- CMT1Fは、NEFL遺伝子の欠陥によって起こります。

CMT2は、軸索の構造と機能に重要な役割を果たす遺伝子の欠陥によって起こり、一般的には軸索型CMTとよばれます。この疾患にも、以下のサブタイプがあります: CMT2Aは、MFN2遺伝子の変異によって起こり、軸索型のCMTのうち、最も一般的なもので、30-40% にあたります。他のサブタイプは、特に、RAB7遺伝子の欠陥によって起こるCMT2Bや、TRPV4遺伝子の欠陥によって起こるCMT2C、GARS遺伝子の欠陥によって起こるCMT2Dなど、稀なものです。

CMT3はまた、Dejerine-Sottas病として知られ、P0または PMP22遺伝子の欠陥によって起こる稀なタイプです。

CMT4 は、ミエリン鞘を侵す他の稀なタイプで、通常は常染色体の欠損の遺伝として起こります。それは、小児期早期に発症し、以下のいくつかのサブタイプをもちます: CMT4Aは、GDAP1 遺伝子の変異によって起こり、CMT4B1は、MTMR2 遺伝子の欠陥によって起こります。

シャルコー・マリー・トゥース病 (CMT)

症状

CMTの初期症状は通常、小児期または成人期早期に起こります。稀なケースでは、より後で起こることもあり、ある患者では、30～40歳で発症します。症状は末梢から始まり、手や足部のような遠位にある身体部位がその例です。これは進行性の疾患であるため、症状の悪化が予期されます。体幹に近いような、近位の部位も同様に侵されます。症状には、以下が含まれます：

- ・ 凹足やハンマートゥのような足部変形
- ・ 疾患の発症時(初期症状)には下垂足
 - Swing phase での膝関節と股関節の屈曲増加(鶏歩)
 - Initial contact でつま先から接地する(下垂足)
- ・ 筋組織の喪失と、それによる大腿、下腿の周径の減少
- ・ 下肢と足部の筋の衰弱、後には手部や前腕も
 - 急速な筋疲労
 - 立位や歩行の困難
 - 頻繁な転倒や躓き
 - 歩行能力の低下
- ・ 上肢、下肢や足部の感覚障害

診断

身体の一部として、医師は、手部、上肢、足部の筋力低下の兆候や、足部変形(例として、ハンマートゥや凹足)そして反射の減少を確認します。その他の検査には、以下が含まれます：

- ・ 神経電気検査(ENG): 神経伝達速度(神経によって伝達される電気刺激の速度と強度)の計測
- ・ 筋電検査(EMG): 筋収縮中の電気的な活動の計測
- ・ 神経生体組織検査: 腓腹部から末梢神経のかけらを検体として採取し、検査
- ・ 血液サンプルによる遺伝子検査: 欠陥のある遺伝子の位置の特定



現在のところ、シャルコー・マリー・トゥース病 (CMT) による末梢神経の損傷を治癒させる方法は存在しません。よって治療は、症状を治療することによって、身体機能を再建、または維持することに注目します。CMTの症状は、強く下肢を中心とするために、CMTの治療は、基本的には疼痛がなく、効果的で、可能な限り生理学的な立位と歩行を確立することに着目します。以下に示される生理学的な歩行の各相は、治療目標の達成をはかる参照点として使用されます。CMTの治療は、以下の要素を含みます:

疼痛軽減: 筋のこむら返りや神経の損傷は、しばしば疼痛に伴うものです。鎮痛薬の使用は、立位や代償メカニズムを除去はしませんが、痛みのない運動を可能とします。

理学療法/作業療法: 目標をしばった、穏やかなエクササイズや、筋の強化やストレッチに役立ち、筋緊張や筋萎縮の進行予防に役立ちます。

外科手術: 疾患の結果として、しばしば重篤な足部変形が生じることがあり、それにより強い制限に至ることがあります。そのようなケースでは、外科的に足部のバイオメカニクスの状況を改善し、足部変形の悪化を防ぎます。

整形外科器具: 装具のような医療器具は、立位や歩行の安定性を提供することを意図しています。実際のところ、多くの軽量なデバイスが、Swing phase 中に下垂した足部をニュートラル位置に保つことにより、脚を自由に振り出すことを可能とするために設計されています。

Jacquelin Perryによる、生理学的歩行の個々の期の区分

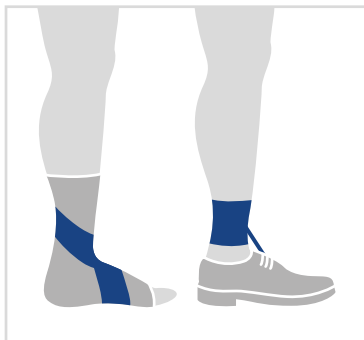
									
用語 (略語)									
<i>Initial contact (IC)</i>	<i>Loading response (LR)</i>	<i>Early mid stance (MSt)</i>	<i>Mid stance (MSt)</i>	<i>Late mid stance (MSt)</i>	<i>Terminal stance (TSt)</i>	<i>Pre swing (PSw)</i>	<i>Initial swing (ISw)</i>	<i>Mid swing (MSw)</i>	<i>Terminal swing (TSw)</i>
歩行周期の割合									
0%	0～12%	12～31%			31～50%	50～62%	62～75%	75～87%	87～100%
股関節角度									
20°屈曲	20°屈曲	10°屈曲	ニュートラル位置	5°伸展	20°伸展	10°伸展	15°屈曲	25°屈曲	20°屈曲
膝関節角度									
0～3°屈曲	15°屈曲	12°屈曲	8°屈曲	5°屈曲	0～5°屈曲	40°屈曲	60°屈曲	25°屈曲	0～2°伸展
足関節角度									
ニュートラル位置	5°底屈	ニュートラル位置	5°背屈	8°背屈	10°背屈	15°底屈	5°底屈	ニュートラル位置	ニュートラル位置

従来型の装具

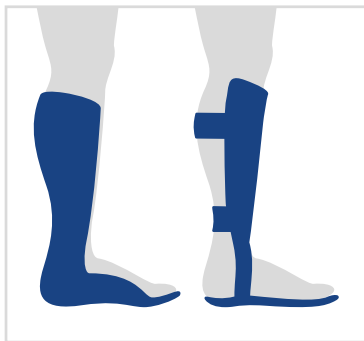
今日まで、装具療法としてインソール、バンデージや多くは既製の短下肢装具のような、軽量の医療器具が、主に使用されてきました。全てのデバイスは、特定の利点を提供します。しかしながら、患者は、その欠点にもまた気づくはずで

す。バンデージは、主に既製品として、様々な設計や素材のものが、患者に提供されています。その目的は、距腿関節を穏やかに支持し、Swing phase 中に足部をほぼニュートラル位置に保つことです。しかしながら多くのケースでは、そのようなデバイスの背屈のアシストは不十分です。足関節の可動性を物理的に制限しないと、それ以上の安定は不可能です。

前方、または後方にシェルをもつ、硬性のAFOも提供されています。それらはカスタムメイドもしくは既製品のAFOであり、ポリプロピレンおよび炭素繊維で製造されています。一般的には、硬性AFOは、Swing phaseで足部を持ち上げることによって、膝関節や足関節を安定させる際に使用されます。この持ち上げと固定の両方は、固い構造部によって、距腿関節の可動域を完全にブロックすることによって達成されます。しかしながら、これによつては生理的な歩行は不可能です。



包帯



SAFO

FRAFO

後方ばね付(PLS)AFOも同様に、ポリプロピレンおよびカーボン繊維で製作されています。アキレス腱部にある、幅の狭いばね(ポリプロピレンまたはカーボン繊維製)がフットピースと下腿後方のシェルに接続されています。この接続により、足部と下腿の間での動作が可能です。軽量で既製品であるポリプロピレン製のPLS AFOは、簡易な足部を上げる装具として使用される一方で、強いカーボン製のばねを備えたPLS AFOは、底屈筋群の弱い患者に使用されます。全てのPLS AFOは、足関節の可動域をある程度は許します。しかしながら、それらは非生理学的な運動であり、確定された回転軸はありません。



後方リーフスプリングAFO

カーボン製のスパイラル装具は、新しいタイプのデバイスです。この個々に合わせて製作されたデバイスのらせんは、腓骨神経麻痺のみのケースでは、患者に合わせることができ、Swing phase で足部を持ち上げることができます。このらせんの硬さによって、カーボン繊維のアライメントが背屈方向の可動域を許し、Swing phase の開始を支援します。しかしながら、底屈筋群が衰弱した場合には、膝関節や足関節の安定は達成できません。スパイラル装具は、後の疾患の進行に合わせて調整することはできません。



スパイラル装具

従来型の装具のデメリット

現行の全ての治療方法は、治療の成功につながる可能性はあります。しかし、それらには否定的な効果もあります。それぞれのデザインには利点がある一方、欠点もあるのです。シャルコー・マリー・トゥース (CMT) の特徴的な症状は、在来型の装具では以下のような問題の再発につながります：

1. 適合の問題

CMT は足部変形を伴うため、多くの既製品の装具は、しばしば適合の問題を起こします。足部変形がどの程度重篤であるかによって、そのような問題は装着の不快感、皮膚の炎症や擦過傷、あるいは痛みにつながる恐れもあります。よって、装具は常に、採型をもとに患者に合わせてカスタムメイドしなければなりません。

2. 調節オプションがない

CMT は、背屈の障害による問題から始まります。よって多くの軽量の装具は、下垂した足部を代償し、脚を自由に振り出すことを可能とするために設計されています。疾患の経過により底屈筋群も侵された場合には、それらのデバイスによるサポートでは、膝関節や足関節を救うには、もはや十分ではありません。調整のオプションがないことは、適合させることができないということを意味します。よって、装具は常に調節可能でなければなりません。

3. 可動域の欠如

疾患により、背屈筋群のみが障害されている場合には、距腿関節の可動域を完全にブロックすることは、歩行中に大きな制限を課すことにつながります。このことは、患者がデバイスから受ける、過度の制限です。底屈筋群が衰弱している場合、足関節と膝関節の安定は、しばしば可動域のブロックによってなされ、それはまた、生理学的歩行を回避させてしまいます。

装具の要件

制限のない振り出しは、躓きのない動作を保証します。よって、CMT 患者の装具に関する最も重要な必要条件は、Swing phase 中に足部をほぼニュートラル位置に保つことです。この位置により、患者が代償メカニズムを発達させることなく、患肢を自由に振り出すことが可能となります。代償メカニズムは、歩行中のエネルギー消費が高まることにつながり、身体構造に過度の負荷をかけるため、防止すべきものです(付録参照)。この最小必要条件を超える要件については、以下を保証すべきです：

1. 可動性を維持する

CMT は、筋組織の喪失に特徴づけられるため、解剖学的な足関節を硬性の装具で完全に固定することによる、追加の筋萎縮は避けなければなりません。装具はまた、筋力トレーニングに注目した理学療法を支援するものでなければなりません。そして、上記のような固定によって、その成功を妨げるものであってはなりません。よって、全ての装具は、距腿関節の可動域を許すものでなければなりません。

2. 安定性の保証

立位と歩行においては、底屈筋群によって起動される前足部レバーが、膝関節や足関節の必要な安定性を提供します。疾患が背屈筋群のみの障害にとどまっておらず、底屈筋群も侵されている場合、この前足部レバーは、機械的な背屈ストッパーによって外部的に起動される必要があります。よって装具は、立位や歩行の際に背屈に対して十分な抵抗を提供するものでなければなりません。

3. 調整が可能であること

CMT の症状は、進行性です。初期においては、背屈筋群のみが障害されているのであっても、後のステージで筋の衰弱は底屈筋群にも拡大する可能性があります。装具装具は、疾患の進行にしたがい、サポートの必要性の変化に合わせて調整可能なものでなければなりません。

カスタムメイドの装具によって提供されるサポートのレベルを決定し、過小な、あるいは過度の処方为了避免するためには、治療を計画する前に、障害された筋群を特定しなければなりません。CMT患者においては、しばしば背屈筋群が最初に侵され、それが足部の下垂のみとして特徴づけられ、この文脈での代償メカニズムが発達します。生理学的歩行から逸脱した患者の歩行を検査するための目視による歩行分析では、底屈筋群も障害されいるかを示唆することができます。以下の章では、生理学的な立位と歩行について、また、背屈筋群と底屈筋群の衰弱による逸脱についての情報も、得ることができます。筋機能検査では、障害された可能性のある筋群の状態についての、より詳しい情報を得ることができます。これは、筋群の衰弱が、常に立位や歩行に視覚的な影響を及ぼすわけではないことが、その理由です。

Orthosis Configurator

下肢の6つの主要な筋群の筋力に加えて、装具の計画にあたり、広範な検査の一部として、より詳しい患者のデータを収集します。このデータは、必要な機能、サポートのレベルと予期される送付への負荷を計算するために重要です。FIOR & GENTZのOrthosis Configuratorが装具の計画をお手伝いします。コンフィグレーションの過程で、あなたは適用可能な装具のタイプ、構成、システム継手、システム幅や使用するばねユニットとその他の装具データを受けることができます。

Orthosis Configuratorによって、あなたは再現性のある装具を製作することができ、装具のデータ(治療の記録に重要な要素)を保存することができます。記載された装具治療シートを使用して、私たちのウェブサイト、または www.orthosis-configurator.com にあるOrthosis Configuratorを訪問してください。その後は以下のステップを通じてガイドを受けることができます:

- 
- 1 患者データ**
 最初の工程で、装具の計画に関係するすべての患者データを入力します。
 - 2 システム部品**
 この中心となる工程で、装具設計とシステム部品の選択に関する推奨を受け取ります。推奨事項は、患者データに合わせて機能的に調節され、予想される荷重に耐えられるようになっています。
 - 3 個別調整**
 3番目の工程では、システム継手の形状と材料を選択できます。
 - 4 結果**
 最後の工程では、構成結果を保存・送信・印刷して治療文書に利用することができます。さらに計算を実行して、製品をウェブショップで直接注文することができます。



Orthosis
Configurator

システム膝継手と



柔軟な治療は 今や

膝関節レベルで



plug + go モジュラリティ

疾患が進行するに伴い、背屈筋群に加えて、底屈筋群も障害されることがあります。そういったケースでは、CMT 患者は、膝関節や足関節を安定させる、より高いレベルのサポートを必要とします。そのような装具は、背屈に対抗する動的な抵抗をもたらす機能要素を必要とします。plug + goモジュラリティは、新しい装具を製作せずとも、疾患によって起きた変化に適合することができます。FIOR & GENTZ の幅広いシステム足継手のおかげで、患者の必要条件に合わせて、装具を最適に調節することができます。

以下のシステム継手に加えて、その他のシステム足継手もplug + goモジュラリティに搭載可能です。特定の状況では、NEURO CLASSIC-SPRINGシステム足継手や、NEURO CLASSIC-SWING システム足継手を、plug + goモジュラリティの文脈の中で、使用することもできます。

システム足継手と



背屈筋群 – 機能と疾患

健全な背屈筋群の機能

脛部の筋群は、距腿関節の背屈を起こすため、背屈筋群として知られています。生理学的歩行においては、背屈筋群は、*Pre swing* から *Loading response* にかけて活動します。その活動の期間を通じて、それらは解剖学的な足関節を安定させる、足部を上げる、荷重がかかった際の衝撃を吸収するなどの異なる機能を発揮します。よって、3つの異なるタイプの作用を負担するのです。

背屈筋群の求心性収縮

Pre swing においては、背屈筋群は、求心性収縮を通じて底屈筋群の活動に対抗し、距腿関節を安定させます。*Initial swing* から、足部はほぼニュートラル位置に戻り、下肢は *Swing phase* に備えます。

背屈筋群の等尺性収縮

Mid swing から *Initial contact* にかけて、背屈筋群は、等尺性収縮を通じて、足部をほぼニュートラル位置に保ちます。*Swing phase* では、この肢位は以下の結果に結びつきます：

- 下肢の直線的な振り出し
- 約60°の生理学的な膝関節角度
- 体幹の直立した肢位
- 踵から接地する *Initial contact*

背屈筋群の遠心性収縮

Loading response において、制御された方法で筋を伸ばしていくという、背屈筋群の遠心性収縮を通じて、足部は底屈方向に、制御された方法で下がります。このメカニズムは、*Initial contact* 後の身体の衝撃吸収に顕著に寄与し、以下につながります：

- 制御された荷重支持
- 膝関節の屈曲運動
- 約15°の生理学的な膝関節角度



衰弱した背屈筋群の効果

蹴りだし中の問題

Initial swing

衰弱した背屈筋群は、Initial swing でSwing phaseの開始を支援するために、足部をニュートラル位置に戻すことができません。蹴りだしが障害されます。足趾は、以下のように離地することがあります:

- 60°を超える、非生理学的な膝関節角度
- 患側の骨盤の過度な持ち上げ
- 対側への上体の傾斜



Swing phase での下垂足

Mid swing から Terminal swing
Mid swing 後の生理学的な足部の持ち上げが継続しません。認知できるような足部の下垂は、以下のような、躓かないように下肢を振り出すための代償メカニズムにつながります(付録参照):

- 股関節と膝関節の屈曲増加(鶏歩)
- 骨盤の過度な持ち上げ(ヒップハイク)
- 過度な股関節外転(分回し)



Mid swing で、下垂は躓きに至ることがあります。

不適切な荷重支持(活動レベル1と2)

Loading response

下垂足によって、低レベルのケースでは、Initial contact 中に踵の代わりに、前足部が最初に接地します。このことは、ストライド長さの短縮につながります。荷重の支持は以下のように保留されます(足部下垂):

- 踵が下がり、それによって距腿関節の背屈運動が起きる
- 膝関節伸展という非生理学的な運動
- その結果としての、不十分な衝撃吸収



制御されていない荷重支持(活動レベル3と4)

Loading response

特に長いステップ長が取れるような高活動の患者では、Initial contact は前足部ではなく、踵で起こります。しかしながら、弱い背屈筋群は、以下のようにLoading response の荷重を制御することはできません:

- 早すぎる足部の下降
- 足部が床面に接地する際の、大きな叩き付け音
- 非生理学的な膝関節の伸展



立位 (Stance)

健全な底屈筋群による安定した立位

下腿三頭筋は、距腿関節の底屈を起こすため、底屈筋群として知られています。底屈筋群は、前足部レバーを起動させることにより、動的な歩行に重要な役割を果たします。また、それによって、身体の重心を足部の上に維持することができます。前足部レバーは、足関節の回転軸と踏み返しラインの間の部分であり、床面の支持基底面を形成します。身体の重心は、支持基底面の上で、安全に、前方や後方に移動することができます。身体がより前方に傾斜するほど、足関節にはより大きなトルクがかかり、それによって、底屈筋群には、より大きな力がかかります。身体の重心が支持基底面の上にある限り、健全な底屈筋群は、身体を安定したバランスに保持することができます。身体の重心が支持基底面の上でバランスを取る際には、生理学的な膝関節は、約 0° から 5° の状態にあります。

衰弱した底屈筋群による不安定な立位

衰弱した底屈筋群では、それらの筋力は低下しています。筋力が低下しているほど、底屈筋群による前足部レバーの活動は少なくなります。筋力が弱いほど、支持基底面は小さくなります。

底屈筋群が完全に麻痺してしまうと、前足部レバーも起動しません。その結果として、支持基底面はなく、身体重心は前方に移動することはできません。したがって、身体は、足関節軸の直上にある、不安定な非生理学的位置でしかバランスをとることができません。身体重心を前方に移動させることは、転倒につながります。下肢の底屈筋群のみが衰弱している場合、患者は立つことはできますが、衰弱した下肢を過伸展している傾向があります (図1)。この病的な膝関節角度の結果、一時的に安定性は向上しますが、時間が経つにつれ、長期的には膝関節の靭帯に過度な負荷がかかります。このことにより、健康の問題に至ります。



図1

歩行 (Gait)

健全な底屈筋群による生理学的な歩行

Mid stance から *Pre swing* までの *Stance phase* においては、底屈筋群が活動し、膝関節と足関節を安静させ、*Swing phase* の開始(蹴りだし)に寄与します。*Mid stance* においては、健全な底屈筋群は、脛骨の前傾を制御することにより距腿関節を安定させ、よって、遠心性収縮による背屈が起こります。この歩行の相では、膝関節に拮がる下腿三頭筋によって、生理学的な膝関節角度である、 $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ が維持されます。膝関節の安定は、*Terminal stance* まで続きます。底屈筋群が解剖学的な前足部レバーを活動させ、それが距腿関節を安定させ、それによって踵接地と体重の持ち上げが起こります。身体の重心を持ち上げることは、滑らかなエネルギー効率のよい歩行に大きく寄与します。*Pre swing* においては、底屈筋群は、求心性収縮を通じて、*Swing phase* (蹴りだし)を開始し、それによって動的な底屈が起こります(図4)。

衰弱した底屈筋群による病的な歩行

Stance phase では、衰弱した底屈筋群では、距腿関節を安定させることはできません。この安定性の喪失を代償するために、膝関節は *Mid stance* から過伸展します(図2)。*Terminal stance* 中には、前足部レバーは、床反力に抗して活動することができません。その結果として、踵と、よって体重は持ち上がらず(図3)、それによって、歩行中のエネルギー消費は、大きく上がります。衰弱した底屈筋群は、*Pre swing* で動的な底屈を行うことができず、それによって生理学的な蹴りだしは回避されます。*Loading response* では、膝関節は、逆側の下肢で過度の屈曲が起こります(図4)。



図2



図3



図4

発現

腓骨神経の損傷によって、CMT患者は、初期には主に背屈筋群の衰弱に苦しみ、それによって、足部の持ち上げは不十分となります。それは以下のように発現します：

- ・ 蹴りだし中の問題
- ・ Swing phase での下垂足
- ・ 代償メカニズム

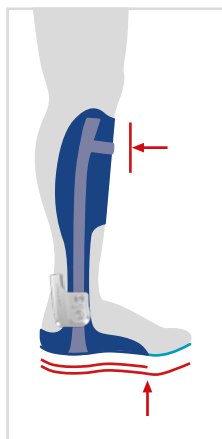
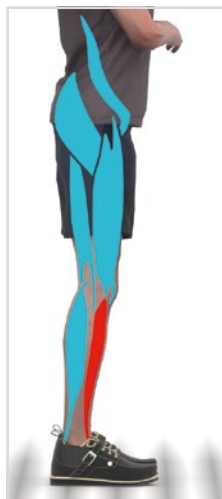
筋機能検査では、筋群の衰弱の重症度についてのより詳しい情報を得ることができます。疾患によって背屈筋群のみが障害されている場合には、フットリフター装具による治療で十分です。この装具で、患者が制限なく歩行するには、以下のようなべきです：

- ・ カスタムメイドであること
- ・ 距腿関節の可動域を可能とすること
- ・ 疾患の経過に対応できるものであること

推奨される装具

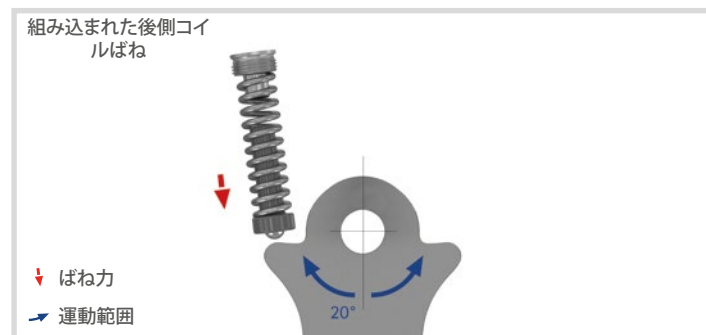
高い前方シェルと長い部分的可撓性フットピース（柔軟なつま先領域のある剛性の底面）とを備えた動的AFOと、NEURO CLASSIC-SPRINGシステム足継手が推奨されます。

NEURO CLASSIC-SPRINGシステム足継手には、コイルばねが組み込まれており、標準のばね力と20°の可動域を有しています。



NEURO CLASSIC-SPRINGシステム足継手

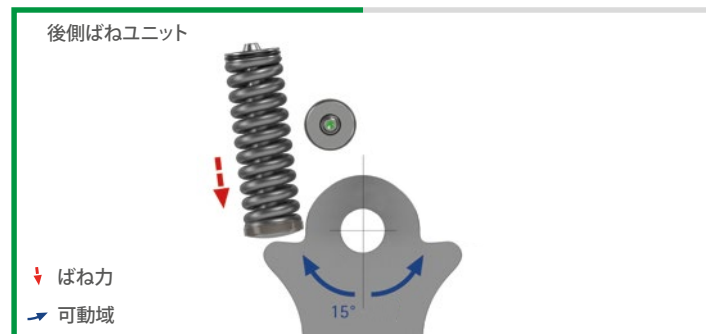
NEURO CLASSIC-SPRINGシステム足継手 (plug + goモジュラリティ付き) は、機能ユニットを交換することにより、いかなるシステム足継手 (plug + goモジュラリティ付き) にも転換することができます。



注意：患者が特に大きいステップ長をとる場合には、背屈筋群が衰弱していても、*Initial contact* での踵からの接地を得ることができます（例として、活動レベル 3 または 4で）。このケースでは、NEURO CLASSIC-SWINGシステム足継手を備えた装具を適合すべきです。

NEURO CLASSIC-SWING システム足継手

NEURO CLASSIC-SWINGシステム足継手は、*Loading response* で、制御された状態で足部の持ち上げと低下を起こすことができます。ばねユニットによるサポートは、背屈筋群の筋力にしたがって選択します。包括的な筋機能検査を行い、そのデータを Orthosis Configurator に入力します。Orthosis Configurator は、使用すべきばねユニットの推奨を提供します。



AFOを用いた生理学的歩行

NEURO CLASSIC-SPRINGシステム足継手を備えたAFO (短下肢装具) は、一般的なカスタムメイドのフットリフター装具です。硬性AFOを除く、機械的な回転軸は、解剖学的足関節回転軸の位置にあります。

Initial swing: フットリフター装具は、蹴りだし中に既に足部をニュートラル位置に運ぶため、下肢は前方に加速運動をすることができます(図1)。

Mid swing から Terminal swing: NEURO CLASSIC-SPRINGシステム足継手付のAFOは、足部を生理学的な足部の持ち上げ位置に保つため、60°の生理学的な膝関節角度を導きます。足部が持ち上がることによって、下肢を直線上に振り出すことができます。よって、代償メカニズムを防止することができます(図2)。

Initial contact: NEURO CLASSIC-SPRING システム足継手付のAFOのフットリフター機能は、*Initial contact* での踵からの接地を保証します(図3)。

Loading response: 装具の正しい機械的な回転軸と、*Initial contact* での生理学的な踵接地は、生理学的で、受動的な正しい足関節の運動方向である底屈を保証します。この正しい回転運動は、背屈筋群の神経学的な再活性化を促し、約15°の生理学的な膝関節屈曲につながります(図4)。



図1

図2

図3

図4

AFOに関する情報

活動レベル1と2: NEURO CLASSIC-SPRINGシステム足継手のコイルばねは、Swing phaseに下垂した足部を持ち上げ、これによって、*Initial contact* 時に踵から接地するようにします。ストライド長が短縮していることにより、背屈補助付のこのシステム足継手のコイルばねのばね力は十分であり、*Loading response*時の生理学的な荷重の支持が可能となります。

完成した装具のアライメントを変更、あるいは調整する場合には、NEURO VARIO-SPRING 2 システム足継手が適切です。NEURO CLASSIC-SPRINGシステム足継手と同一の機能に加えて、それには背屈ストッパーが備えられています。



活動レベル3と4: NEURO CLASSIC-SWING システム足継手を用いれば、交換可能な事前圧縮済みのばねユニットを使用して、制御された足部の底屈のための抵抗を調整することができます。受動的な底屈の制御は、*Loading response* での生理学的な膝関節角度に対して、よい影響を及ぼします。

完成した装具のアライメントを変更、あるいは調整する場合には、NEURO VARIO-SWING システム足継手が適切です。NEURO CLASSIC-SWINGシステム足継手と同一の機能に加えて、それには背屈ストッパーが備えられています。



筋力と他の筋群が麻痺に侵されているかどうかによって、どのタイプの、どのようなシステム継手を備えたものが適切かは異なります。FIOR & GENTZ の Orthosis Configurator を使用することにより、システム継手を備えた、適切な幅の、そして必要な部品や素材の最適な装具をコンフィグすることができます。



Orthosis
Configurator

発現

重篤なケースでは、腓骨神経の損傷により、背屈筋群に加えて、底屈筋群も障害されることがあります。衰弱した底屈筋群では、以下のように解剖学的な前足部レバーの活動は障害されます：

- Mid stance での安定の欠如
- Terminal stance での踵離地がない
- 体重の持ち上げがない

筋機能検査では、筋群の衰弱の重症度についてのより詳しい情報を得ることができます。疾患が背屈筋群のみの障害にとどまらず、底屈筋群も侵されているため、フットリフター装具での治療では、もはや不十分です。装具には、患者の膝関節と足関節を安定させることのできる、機能要素が含まれていなければなりません。さらに、以下が必要です：

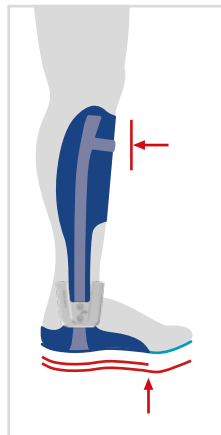
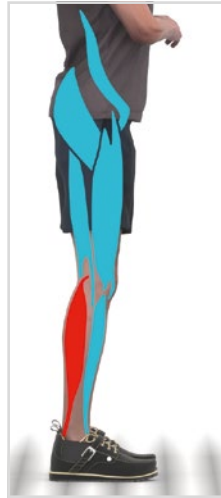
- カスタムメイドであること
- 距腿関節の可動域を可能とすること
- 疾患の経過に対応できるものであること

推奨される装具

長い前方シェルと長い部分的可撓性フットピース（柔軟なつま先領域のある剛性の底面）とを備えた動的AFOと、NEURO SWINGシステム足継手が推奨されます。

使用するばねユニット：

- 後側：青色マーク（普通のばね力、運動範囲最大15°）
- 前側：黄色マーク（非常に強いばね力、運動範囲最大10°）

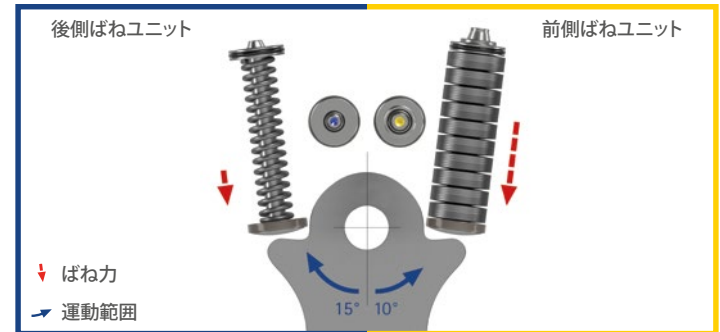


NEURO SWINGシステム足継手

病的歩行の個別調節方法：

- 交換可能なばねユニット
- 調節可能なアライメント
- 調節可能な運動範囲

3つの調節はすべて別々に変更することができ、互いに影響し合いません。



推奨されているばねユニットは、可能な初期治療を代表します。AFOのサポートは、ばねユニットのばね力を通して調整可能です。過剰な処方为避免、必要十分なだけのばね力を選択することが重要です。

ばねユニットによるサポートは、背屈筋群と底屈筋群の筋力にしたがって選択します。包括的な筋機能検査を行い、そのデータを Orthosis Configurator に入力します。Orthosis Configurator は、使用すべきばねユニットの推奨を提供します。

AFOを用いた生理学的歩行

NEURO SWING システム足継手付の7カスタムメイドのAFOは、事前圧縮済みのばねユニットを通じて動的背屈ストッパーを備えています。このAFOは、前足部レバーを起動し、患者を安定して立たせるとともに、0°~5°の生理学的な膝関節屈曲を再建します(図1)。

Mid stance: Late mid stance から、NEURO SWINGシステム足継手の前方ばねユニットは、膝関節伸張モーメントを発生させ、膝関節と距腿関節を安定させます。患者は前方下腿シェルを使って装具に荷重をかけることができ、それによって、膝関節の過伸展を防ぐことができます(図2)。

Terminal stance: NEURO SWINGシステム足継手に使用されている黄色のばねユニットは、外部から前足レバーを作動させ、踵離地を起こすには十分な強さを備えています(図3)。踵離地により、身体重心は上昇し、それによって逆側の生理学的な膝関節伸張が可能となります(図4)。これにより、エネルギー消費が低下した、滑らかな歩行が可能となります。

Pre swing: *Late mid stance* から前方ばねユニットによってもたらされるエネルギーは、基本的な調整が達成されるとその後開放され、蹴りだしを支援します(図4)。



図1

図2

図3

図4

AFOに関する情報

衰弱し、完全に麻痺した底屈筋群に対する最適な治療は、機械的なシステム足継手と背屈ストッパーを備えたカスタムメイドのAFOから構成されます。動的背屈ストッパーと事前圧縮済みのばねユニット付きのNEURO SWING システム足継手が、最も適切です。これにより、安定した立位が得られます。歩行の際には、距腿関節の可動域が生理学的な歩行を再建し、健康な筋力が維持されます。同時に、膝関節の過伸展は回避されます。

底屈筋群が衰弱している場合、NEURO SWING システム足継手を備えたAFOは、クラッチや歩行器のような在来型の歩行補助具を完全に代替することができ、安全で、手を自由に使える立位と歩行を可能にすることができます。必要な場合、NEURO SWINGシステム足継手は、ばね力やアライメントおよび可動域を個別に調整するために使用することができます。

NEURO SWING FIT AFO テスト用装具を用いれば、カスタムメイドのAFOを最初に作らずとも、あなたは、患者がどのNEURO SWING システム足継手から利点を得られるかを確認することができます。NEURO SWING Carbon カーボンシステム足継手が取り付けられたNEURO SWING FIT AFOテスト用装具は、既製品の装具です。これは、カスタムメイドAFOを用いた治療の前に、動的ストッパー(例としてNEURO SWING)の付いたシステム足継手を備えたテスト用装具として使用されます。



筋力と他の筋群が麻痺に侵されているかどうかによって、どのタイプの、どのようなシステム足継手を備えたものが適切かは異なります。FIOR & GENTZのOrthosis Configuratorを使用することにより、システム足継手を備えた、適切な幅の、そして必要な部品や素材の最適な装具をコンフィグすることができます。

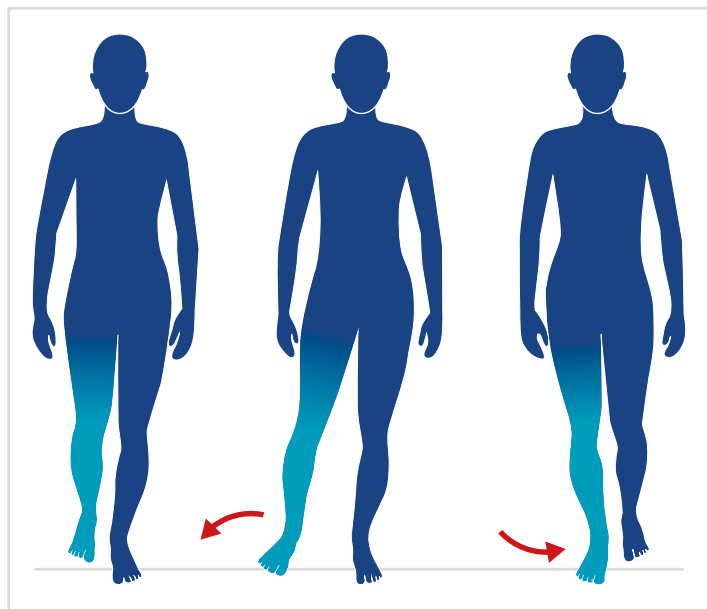


Orthosis
Configurator

正常歩行では、躓かずに前方に動作できるように、遊脚側は効果的に短縮しなければなりません。この必要条件により、Swing phase 中には、生理学的に股関節や膝関節の屈曲、および足部の背屈が起こります。

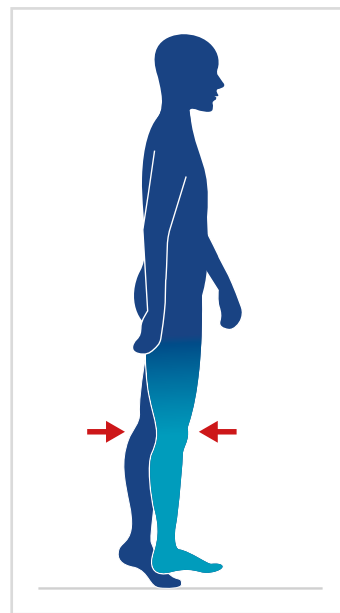
特定の歩行障害では、股関節または膝関節の屈筋群の機能不全などを例として、この遊脚側の短縮が障害されます。背屈筋群が機能障害を起こすと、Swing phase 中に足部の底屈が増加するために、遊脚側は、機能的に延長します。ロック式のKAFOを装着している場合、膝継手の恒久的なロックにより、同様に膝関節の屈曲が妨げられます。

このSwing phase での機能的短縮の欠如に対しては、身体は以下の3つの異なる方法で代償が可能です：



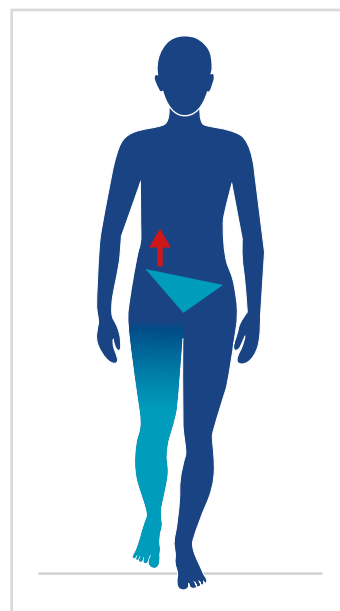
分回し

Swing phase 中に、下肢は、支持脚の周囲で半円を描くように運動し、前方に振られます。この動作中には、股関節の外旋が起こります。長期的には、この動作は股関節の問題を起こす原因となります。



伸び上がり

この代償メカニズムは、反対脚の底屈として説明されます。患側の下肢が機能的に延長、または屈曲できないため、支持脚である反対側が代わりに延長し、患側の振り出しを可能とします。



ヒップハイク

ヒップハイクは、遊脚側の骨盤の過度の持ち上げとして説明されます。このことにより、延長した遊脚側が、躓くことなく振り出せるような空間が生まれます。

外転

(ラテン語 *abducere* = 退く、そらす): 身体の中心から離れる方向への、脚の遠位方向の動き。内転の反対の動き。

AFO

(短下肢装具): 足関節と足にわたる装具。

常染色体劣性

常染色体劣性の遺伝においては、非罹患者である両親が変異した遺伝子を1つずつ、父親と母親から患者に受け渡す。疾患は、1～22ペアの染色体の両方で、特定の遺伝子の同じ変異が揃った場合のみ発症する。

軸索

(ギリシャ語 *axon* = 軸): 神経細胞の延伸部分。ある神経細胞体から他の神経細胞に電気刺激を伝達する。軸索とそれを取り囲むミエリン鞘を合わせた単位は、神経線維とよばれる。

カーボンスパイラル装具

↑下肢をらせん状にとりまく、カーボン繊維製の↑AFO。繊維の配列により、装具には部分的に動的な特徴がある。

シャルコー・マリー・トゥース

(略語 CMT); 遺伝的な運動感覚神経障害 タイプ I (HMSN I)としても知られる: 様々な臨床的、遺伝的原因と形態をもつ、末梢神経系の疾患。CMT は、進行性の疾患であり、その症状は↑遠位の身体部位 (手や足部)から始まる。

染色体

全ての細胞の中にあり、遺伝子を含む構造体。それぞれの体細胞は、46本の染色体をもち、23組に分かれる。ヒトの染色体の半分、つまりは遺伝子の半分ずつは、それぞれの片親から受け継がれる。

代償メカニズム

(ラテン語 *compensare* = 代償する、補填する): 失われた ↑生理学的運動を代償、置き換えて、特定の目的を達成するもの。Swing phase 中の足部の挙上や膝関節の屈曲の機能不全は、目的を達成する(ここでは、下肢の振り出し)ために様々なメカニズムで代償され得る。

求心

(ラテン語 *con* = 一緒、*centrum* = 中心): 中心に向かって動く、共通の中心を有する。機械的な文脈では、力が正確に中心に加えられることを意味する。生理学的な文脈では、筋肉がそれ自身を収縮させることによって求心運動を行い、関節運動を引き起こす。

反対側の

(ラテン語 *contra* = 対抗する; *latus* = 側、側面): 身体の逆側にある。

脱髄型

↑ミエリン鞘の↑喪失につながるもの。

遠位

(ラテン語 *distare* = 離れた位置にある): 身体の中心から離れる方向を示す。遠位の反対は、↑近位。

DNA

デオキシリボ核酸: 異なる構成体(デオキシリボヌクレオチド)から構成される物体であり、生命体や特定のウィルスの遺伝情報を含む。

背屈

足を上向きに挙げる、または下腿と足の間の角度を小さくすること。この動きにより背屈と呼ばれる(↑屈曲)。ただし機能的には、↑伸展する意味のストレッチの動きである。↑底屈の↑反対の動き。

背屈ストッパー

↑背屈↑の角度を制限するための、装具の構築要素。背屈ストッパーは、↑前足レバーを活性化させ、支持基底面を形成する。さらに、背屈ストッパーは、装具のフットピースと組み合わせることにより、膝関節の伸展モーメントが生じ、*Terminal stance*には踵挙上が始まる。

背屈筋群

口語的には、脛筋群として知られる。足部を上げるための筋肉。

下垂足

足部が能動的に伸展あるいは持ち上げることを妨げる機能障害。それによって、足部はSwing phase 中に受動的に垂れ下がる。この機能障害は、腓骨神経麻痺または背屈筋群の衰弱によって引き起こされる。

動的

(ギリシャ語 *dynamikos* = アクティブ、強い): 動きを示す。モーメントとエネルギーで特徴付けられる。よって、動的↑AFOでは、解剖学的足関節で確定された動きを可能にする。

遠心性

(ラテン語 *ex* = 外側、*centro* = 中心): 中心の外側にある、または中心から外へ離れる。機械的な文脈では、力が中心から外れて加えられることを意味する。生理学的な文脈では、筋肉がそれ自身を伸展させることによって離心運動を行い、関節運動を減速させることにより制御する。

伸展

(ラテン語 *extendere* = 伸ばす): 能動的または受動的に関節をまっすぐにする。伸展は曲げ(↑屈曲)の逆の運動である。関節の角度が増加するのが特徴である。

屈曲

(ラテン語 *flectere* = 曲げる): 能動的または受動的に関節を曲げること。屈曲は、伸ばし(↑伸展)の反対の動きである。関節の角度が減少するのが特徴である。

FRAFO

(床反力AFO): 前方シェルを備えた硬い装具。*Terminal stance* から、膝関節または股関節の伸展モーメントを提供する。FRAFOは、↑ポリプロピレンおよび炭素繊維で製造することができる。剛性または部分的に可撓性のフットピースを有する。ただし、↑床反力と相互作用する他の↑AFOもあるため、FRAFOは誤解を招きやすい用語である。↑

前足部レバー

距腿関節から足趾の足趾のMP関節の間を通る、解剖学的なこの腕。

足部下垂

病的に変異した歩行様式: 足部のつま先を最初に床面に接地させるために、この歩行はミシンの足踏み機の動きのようにみえる。

機能要素

システム足継手の部品であり、装具によって起こる動作を担うもの。例えば、装具は、動作を行う、ブロックするまたは動的に制御する。

遺伝子

タンパク質合成の青写真となるDNAの連鎖。この青写真に基づいて合成されたタンパク質は、生命体の機能の基礎をなす。

床反力

(GRF): 体重の反作用として床に生じる力。床反力ベクトルは、床反力の大きさ、原点、作用方向を示す理論的な線である。

ハンマートゥ

足趾のMP関節が過伸展し、近位趾節間関節は強く屈曲しているが、遠位趾節間関節は伸展したままで、足趾の先端が接地する足趾の変形。

凹足(足部変形)

足部の縦アーチが上がり、足部後方が通常よりも高くなる足部変形。しばしば↑ハンマートゥまたはクロウトゥが合併する。凹足により、立位や歩行で体重は足部の小さい面積に集中するため、足部の中足骨頭部の圧力が増加する。

等張性

(ギリシャ語 *iso* = 等しい; *metros* = 寸法): 同じ線形の長さを維持する。等張性筋収縮は、筋肉の長さを変化せずに収縮するタイプの運動。関節の動作は伴わない。

KAFO

(短下肢装具): 膝関節、足関節と足部をおおう装具。

筋肉萎縮

(ギリシャ語 *atrophia* = 消耗、衰弱): 力がかかることが少なくなることによる、目に見える骨格筋量の喪失。

筋力
筋力とは、筋群 (例として、膝関節屈筋群) によって生み出される力を評価するために使用される変数。この力は、筋機能テスト(Jandaによる)によって、計測される。そのテストは、それぞれの筋群のそれに対応する運動が可能かどうかの程度を評価する。筋力は、徒手的に加えられた抵抗、あるいは重力に抗して、課題を達成できるかどうかによって、6段階に分類される。

0 (ゼロ)	収縮の徴候が認められない筋肉
1 (わずか)	わずかな収縮の徴候は認められるが、有効な動きはみられない筋肉
2 (不良)	重力がかからない状態で完全な運動範囲
3 (可)	重力に対抗して完全な運動範囲
4 (良)	-ある程度の抵抗と重力に対抗して、完全な運動範囲
5 (正常)	-フル強度の抵抗と重力に対抗して、完全な運動範囲

変異
(ラテン語 *mutare* = 変わる/置き換わる、変形する): 自然に起こる、恒久的な遺伝物質の変化(生物学)。

ミエリン鞘
(ギリシャ語 *myelos* = 髄): または、髄鞘とよばれる。タンパク質と脂肪からなる保護層であり、脊椎動物の神経細胞の延伸部 (↑軸索)をらせん状に取り囲む。この層により、神経細胞の刺激はより早く伝達される。

神経学の
(ギリシャ語 *neuron* = 神経; *logos* = 学問): 神経系に関するもの。

病理学的
(ギリシャ語 *pathos* = 痛み、病気): 異常 (変化)。

末梢
(ラテン語 *peripherēs* = 回頭する): 身体の外側に位置する。末梢神経系は、脳や脊髄には属さない神経システムの一部。

腓骨神経麻痺
腓骨神経 (腓骨の神経)の損傷であり、↑背屈筋群の麻痺を引き起こす。

生理学的
(ギリシャ語 *physis* = 自然、*logos* = 学問): 自然な生命プロセスに関するもの。

底屈
足を下げる、または下腿と足の間の角度を大きくすること。↑背屈の反対の動き。

底屈筋
口語的には、腓側筋群として知られる。足部を下げるための筋肉。

後方リーフスプリングAFO
(ラテン語 *posterior* = 背中): アキレス腱の背側にリーフスプリングを取り付けた短下肢装具。多くはカーボン繊維製。

進行性
(ラテン語 *progredere* = 進行する): 疾患の進行、あるいは ↑症状の発現

近位
(ラテン語 *proximus* = 最も近い): 身体の中心に向かう方向を示す。近位の反対は、↑遠位。

蹴りだし
Pre swing の爪先離地で、脚の前への動きを加速する。

SAFO
(solid ankle-foot orthosis、硬い短下肢装具): 剛性の下腿装具。SAFOという用語は、↑ポリプロピレン製の剛性↑AFOについて国際的に使用されている。静的AFOも剛性であるため、現在、この用語の使用はあいまいになっている。

皮膚の炎症または擦過傷
皮膚炎症は、皮膚の刺激が長時間続いたことによる皮膚の変化。その場所に、皮膚の発赤、かゆみ、灼熱感、圧迫感や不快感が起こる。皮膚の擦過傷は、その場所での皮膚の一層、または複数層のすりむき、剥ぎ取り。

ばねユニット
システム足継手への使用を意図した、事前に圧縮されたコイルばねまたは、特殊に積層された皿ばね。

鶏歩

病的に変異した歩行様式: この代償メカニズムは、下垂足のケースで
踵くことなく振りだしを行うことを意図している。股関節と膝関節の屈
曲が増加することが、鶏の歩行を想起させる。

サブタイプ

(ラテン語 *sub* = 下位の、周囲の、対する、下の ; ギリシャ語 *týpos* = タ
イプ、種類): サブカテゴリ、変種。

症状

疾患に関連して起こった、患者または医師によって検知されたすべての
兆候の総合。

脛骨

(ラテン語 *tibia* = 『脛の骨』): 膝関節と足関節の一部をなす2本の下腿
の骨のうち、強靱な方。



略語 情報源

[Ban] Banchs I, Casasnovas C et al.(2009): Diagnosis of Charcot-Marie-Tooth disease.*Journal of Biomedicine & Biotechnology* 2009.

[Bor] Borghi C, Sassi S et al.(2023): Effect of Ankle-Foot Orthoses in Pediatric Patients with Hereditary Motor-Sensory Neuropathy. A Case Series Study. *Children* 10(9): 1529.

[Bur] Burke K, Cornell K et al. (2021): A Pilot Study to Assess the Immediate Effect of Dynamic Carbon Ground Reaction Ankle Foot Orthoses on Balance in Individuals with Charcot-Marie-Tooth in a Clinical Setting. *Physical Medicine & Rehabilitation International* 8(3): 1183.

[Cas] Casasnovas C, Cano LM et al. (2008): Charcot-Marie-tooth disease. *Foot & Ankle Specialist* 1(6): 350–354.

[Don] Don R, Serrao M et al. (2007): Foot drop and plantar flexion failure determine different gait strategies in Charcot-Marie-Tooth patients. *Clinical Biomechanics* 22(8): 905–916.

[Duf] Dufek JS, Neumann ES et al. (2014): Functional and dynamic response characteristics of a custom composite ankle foot orthosis for Charcot-Marie-Tooth patients. *Gait & Posture* 39(1): 308–313.

[New] Newman CJ, Walsh M et al. (2007): The characteristics of gait in Charcot-Marie-Tooth disease types I and II. *Gait & Posture* 26(1): 120–127.

[Öun] Öunpuu S, Garibay E et al. (2021): The impact of orthoses on gait in children with Charcot-Marie-Tooth disease. *Gait & Posture* 85: 198–204.

[Par] Park J, Joo SY et al. (2023): Gait Pattern in Charcot-Marie-Tooth Disease Type 1A According to Disease Severity. *Journal of Personalized Medicine* 13(10): 1473.

略語 情報源

[Per] Perry J, Burnfield JM (2010): *Gait Analysis – Normal and Pathological Function*. 2nd edition: Thorofare: Slack.

[Phi] Phillips M, Radford K et al. (2011): Ankle foot orthoses for people with Charcot Marie Tooth disease – views of users and orthotists on important aspects of use. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology* 6(6): 491–499.

[Phi2] Phillips MF, Robertson Z et al. (2012): A pilot study of a crossover trial with randomized use of ankle-foot orthoses for people with Charcot-Marie-tooth disease. *Clinical Rehabilitation* 26(6): 534–544.

[Sch] Scherb D, Steck P et al. (2023): The Determination of Assistance-as-Needed Support by an Ankle-Foot Orthosis for Patients with Foot Drop. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20(17): 6687.

[Vin] Vinci P, Gargiulo P (2008): Poor compliance with ankle-foot-orthoses in Charcot-Marie-Tooth disease. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 44(1): 27–31.

[Vin2] Vinci P, Paoloni M et al. (2010): Gait analysis in a patient with severe Charcot-Marie-Tooth disease. A case study with a new orthotic device for footdrop. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 46(3): 355–361.

[Woj] Wojciechowski E, Sman A et al. (2017): Gait patterns of children and adolescents with Charcot-Marie-Tooth disease. *Gait & Posture* 56: 89–94.

[Zuc] Zuccarino R, Anderson KM et al. (2021): Satisfaction with ankle foot orthoses in individuals with Charcot-Marie-Tooth disease. *Muscle & Nerve* 63(1): 40–45.



Orthosis Configurator

PR0284-JP-2024-04