プラスチック下肢装具の適応と処方*

石 神 重 信**

I. はじめに

プラスチック下肢装具の普及は、めざましいものがあり、ある領域においては、金属支柱付装具におきかわりつつある。

この装具の発展段階をふりかえてみると、多種類の材料やデザインが試みられてきたが実際の使用経験を通じて、最近では、むしろ数種類のものに限定されてきていると考えて差しつかえあるまい。

材質は熱可塑性プラスチックのうち、ポリプロピレンやポリエチレンが、耐久性と易加工性に優れていることから用いられているが、下肢装具に限ると、耐久性が大きいことから前者の使用が多い。

デザインよりみると、靴べら型 (shoe-insert type) とラセン型 (spiral type) にしぼられてきたようだが、全国的にみると、前者の使用が、圧倒的に多い。靴べら型には、オルソレンや射出成形によるポリプロピレンの半既製品も用いられたが、現在では、使用が少なくなり、個別に採型するオーダー・メイドが主力になっている。NYU スパイラルも Plexidor をもちいたオリジナルから、オルソレン系統を材料にもちいたものが、兵庫リハセンターを中心につかわれている。

渡辺先生が、装具の種類や適応について講義されるので、小生は、米国クルーセン研究所での研究開発に参加した真空成形による靴べら型装具について、臨床経験を通してみた適応、処方、製作上の問題点と耐久性についてのべてみたい。

表 1 主なる非適応要因

1. 局所皮膚疾患 (褥瘡, アレルギーを含む)
2. 末梢循環障害 (著明な浮腫を含む)
3. 感覚障害 (著明)
4. 著明な圧性
5. 著明な変形
6. 過度の装具負担

II. 適応と処方

プラスチック装具の特徴は、軽量 (200 g 程度) で、見ためがよい、装着感がよい、屋内外の兼用が可能、靴の変更が可能、等が挙げられる。短所としては、支持力や矯正力が必ずしも充分でない、製作技術の差が大きい、破損率が高く修理がきかない、等が問題となる。

適応は広く、非適応要因 (表 1) を考えることから、規定されるべきと思う。非適応要因は、二大別され、一つは装具の支持性が周囲性支持 (皮膚に密着することが必要) による問題点と、力学的作用効果での弱点とに分かれる。1~3 の項目は、前者であり、装着によって起こり得る圧迫点や褥瘡、既存の皮膚症状の悪化が予測される場合は、避けたい。末梢循環障害は、ストラップによるしめつけや、靴内部での圧迫 (とくに足趾) は、要注意である。また、浮腫が著明なときは、装具のへりでのくい込みに注意すべきであるが、弾力ソックスの使用などで、回避できることが多い。浮腫の存在での採型は早朝などで浮腫の少ない時がよい。感覚障害は、圧迫や疼痛を自覚できないと褥瘡の発生を予防しえないことによるが、十分な家族や本人のチェックがあれば、処方してさしつかえない。

4~5 は、後方の一枚板のみによる支持力の弱さが問題となる。とくに前足部の圧性や変形への作用は弱く、著明な内反尖足等では、踵部が装具より浮き上がり、固定力が弱い。目安は、金属支柱付装具に T-ストラップを要するような圧性への支持力はない。

6 は、破損例の検討から、装具に大きな可動域と応力

1983年 6月10日, 第20回日本リハビリテーション医学会総会セミナー I. 「新しい装具の使い方」より。

* The indication and prescription of the lower limb plastic orthosis.

** 防衛医科大学校リハビリテーション部
Shigenobu Ishigami, M.D.: Dept. of Rehabilitation Medicine, National Defence Medical College.

表 2 処方の内容

1. 採型肢位
標準—椅子坐位, 平面
踵高補正位
矯正位
2. 足関節角度
標準— 0°
角度指定—底・背屈
3. 足関節部支持性 (硬度)
標準—中等度
高度
軽度
4. 足趾までの延長
有—屋内用・兼用
無—靴使用
5. ストラップの位置

表 3 MAFO の疾患別処方数および破損数
(昭和51年10月~54年12月)

疾患名	処方数	処方の割合	破損数	破損率	破損までの平均使用期間平均±標準偏差(月)
脳卒中後遺症片麻痺	977	95.8%	11	1.1%	10.0 ± 7.3
ギラン・バレー症候群	8	0.8	8	100.0	7.5 ± 7.4
ポリオ	6	0.6	3	50.0	6.7 ± 6.4
その他	29	2.8	1	3.4	4.5
合計(平均)	1020	100.0%	23	2.3%	8.8 ± 7.0

が要求される場合(後述)は, 適応からはずした方がよからう。

このような要因は, 必ずしも禁忌項目とは考えてはいない。また, 発展当初, 従来よりの装具におきかわると考えられたこの装具にも, 現行のデザインや材料では, 使用は限られ, どのように使い分けをしていくかが, 重要な課題となろう。

処方は, 金属の支柱付装具への処方と異なり, 部品の画一化がされないため, 明解にはいかない。

表 2 の処方内容は, 仮りに小生のクリニックでの基準であり, 通常は, 標準肢位, 足関節角度, 硬度(支持性)を考える。

硬度は, プラスティック装具への新しい概念であるが, これは装具の効果が, かつて固定用装具 (solid ankle orthosis) として発展してきた経過よりわかるが, 外力に対しての抵抗と考えられる。これは, 足関節背面の最狭部の削り込み (トリミング) で調整される。

体重や形状により変わるが, 一般には $6 \sim 6.5$ cm (外周) が適当で, 高度・軽度は, それぞれ 1 cm の幅をも

図 1 ストラップの位置

たせれば充分となる。調整は, 仮り合わせ時に入念にさせるが, 削り込み後には, 硬度をあげることはできないので, 硬すぎる傾向があるため, 大胆にすべきだろう。角度は, 戸外・屋内兼用では, 0° で充分であり, 靴使用のためには, 踵高を補っておく。靴を変えたい場合 (とくに女性) は, 同じ踵高の靴をえらぶべきで, 高さが異なると, 床反力が膝に与えるトルク (低すぎると伸展への力, 高すぎると屈曲への力) は, 無視できない。足趾への延長は, 屋内用を兼ねるときは, 老人へは一般的に使用してかまわない。靴使用に対しては, MP 関節中枢側でカットしておく。靴使用は, 兼用では, 平底のパレー靴タイプの利用が一番多いが, 若い障害者へは, 踵高のある一般靴の使用が望ましい (この場合は, 踵高補正位で採型)。靴の使用は, 開口部の大きなソフトのものを着るべきで, 矯正靴は禁忌である。

ストラップの位置は, 米国でのオリジナルでは上縁一本の図 1a であり, 下部は靴での支持となっているが, 室内兼用の多い日本では, 三本の固定が一般的である (図 1b)。

足関節に斜にかけする方法 (図 1c) は, 浮腫の増悪の原因ともなり, 奨められない。

仕上げには, すべり止めに, スーパーシート (メリー・シート) を足底にはるが, 接着剤に適当なものがなく, 離れてしまうのが, 難点である。

III. 装具の耐久性

装具の実用性をみるためには, 臨床例の追跡調査によって, 使用状況や破損の実態をみなければならぬ。

退院後の装具の利用は, 一般に 70% 前後といわれるが, 他施設のデータを比べても, 一般的にプラスチック装具は, 他装具に比して遜色ない。我々のデータでは 74% となる。耐久性は金属性に比べて劣るがこの問題には, 処方の適正といった患者側の因子と, 材料, デザイン, 製法等の装具側の因子が関係する。

表 4 MAFO の破損データ (昭和51年10月～昭和54年12月)

疾患名	氏名	性別	年齢	処方の 処目		足関節 屈伸度	足関節 硬度	趾先 延長	スツ 位置		破損側 および 破損部位	破損 までの 期間 (日)	破損部位の 白化状態	備 考	杖の有 無 No	
				膝の コントロール	足背屈 補助				腓 腹部	足 首						処 方 側
脳卒中後遺症片麻痺	T. T.	1男	17	○	○	0°	高度	—	○	○	左	左, 内側	344	内側部白化, 境界が分かりにくい	飛びおり時に破損	7無
		2男	18	○	○	底屈5°	高度	—	○	○	左	左, 内側 破断	220	内側部白化顯著, 外側部白化あり		22無
	Y. Y.	男	50	○	○	背屈5°	中等度	+	○	○	右	右, 内側	8	不 明	製作ミス(仕上げ不良)	1無
	M. T.	男	50	○	○	背屈5°	高度	—	○	○	右	右, 内側 破断	80	内側部, 小さいが顯著		2無
	T. O.	男	45	○	○	0°	中等度	—	○	○	右	右, 内側	383	内側部, 小さいが顯著		4有
	A. U.	女	65	○	○	0°	高度	—	○	○	右	右, 外側	353	ほとんどなし		5有
	Y. K.	男	61	○	○	0°	高度	—	○	○	左	左, 外側	(503)	ほとんどなし	舟状骨部にも破損あり	10有
	D. N.	男	53	○	○	0°	軽度	—	○	○	左	左, 外側 破断	328	内側部白化, 外側部わずかにある		12有
	S. Y.	男	53	○	○	0°	中等度	—	○	○	右	右, 内側	626	内, 外側部とも小さいが顯著な白化		14無
	S. M.	男	56	○	○	0°	高度	—	○	○	左	左, 内側	80	多少白化あり	Corrugation 入	17無
T. K.	女	39	○	○	背屈5°	軽度	—	○	○	右	右, 外側 破断	674	外側部に多少白化		20無	

昭和51年10月より54年12月までに鹿教湯病院で製作した短下肢装具は表3のように1,020本である。製作した対象の障害は脳卒中が、977本(95.8%)と圧倒的に多い。

ギラン・バレー症候群、ポリオなどは、破損による再製作も含めるため、症例数は極めて少ない。平均追跡期間530日での破損率は2.3%となるが、脳卒中にかぎれば11本(1.1%)と低く、実用性はあると考えられる。ギラン・バレー症候群やポリオでは、症例も少なくはつきりは言えないが、破損率は極めて高く、破損までの平均期間も短かく、実用装具とはなり得ていない。破損例の詳細を知るために、表4、表5に、脳卒中とその他に分けて、年齢、性別、処方目的、処方装具、破損部位及び状態、破損までの期間を呈示した。

片麻痺例の分析では、年齢は片麻痺にしては若く、とくに二回の破損を起こしたT.T.では、20歳以下である。歩行状態は、10人中6人が無杖と機能がよく、活動性は高く、全例で1日の歩行距離は1kmをこえている。

その他の症例の分析では、ポリオの1例をのぞき両側性の障害であり、両下肢麻痺のK.K.をのぞき、歩行状態は無杖であり、活動性も年齢が若いこともあり、活発

である。

歩行分析では、立脚期初期に急速な体重の移動があり、反張膝が著明になるのが特徴的パターンと思われる。ギラン・バレー症候群のY.Y.にみられるような頻回の破損は現行のデザインや材料では、技術的工夫のみで破損をさけることはできないことがわかつた。金属支柱付装具を好まぬY.Y.は、このデータ分析後更に2回破損を起こし、作り変えた。

破損装具の検討から、破損は装具の足継手に相当する最狭部に起こり、多くは楔状に白化現象を伴っており、内側端(脛骨側)から破損が起こっている。歩行分析との関連で分析すると、装具に大きな可動域(背屈—底屈)と大きな且つ急激な応力の集中(引っ張りと圧縮)が繰り返し起こる場合に、破損にいたると思われる。

スポーツや飛び降りなどで、大きな急激な外力が装具にかかるような場合も破損する。片麻痺の場合は、対象障害者の多くは老人であり、活動性も低く、歩行ゴールも有杖であるため、装具への負担は少ないこともあり、破損率は低いのであろう。

若く活動的であり、無杖歩行で、両側性の障害で装具への負担が大きいと考えられる場合は、処方に注意すべ

表 5 MAFO の破損データ (昭和51年10月～昭和54年12月)

疾患名	氏名	性別	年齢	処方目的 足背屈補助 足内反コントロール	足関節 屈曲度	足関節 伸張度	趾先 延長	腓腹部	足部	処方側	破損側および破損部位	破損までの期間 (日)	破損部位の白化状態	備考	杖の有無 装具No
ギラン・バレー症候群	Y. Y.	1女	27	○	○	0°	中等度	+	○	○	両左, 外側破断	249	内, 外側部とも広範囲に白化		6無
		2女	27	○	○	5°	中等度	+	○	○	両右, 内側著に白化	62	内, 外側部とも小さいが顯著に白化		8無
		3女	27	○	○	0°	中等度	-	○	○	両左, 内側破断	272	内, 外側部とも広範囲に白化		15無
		4女	28	○	○	0°	中等度	-	○	○	両左, 内側	82	内, 外側部とも白化		18無
		5女	29	○	○	0°	中等度	-	○	○	両左, 内側	198	外側部, 白化顯著, 亀裂あり, 内側部白化	Corrugation 入	23無
	S. S.	1男	23	○	○	0°	中等度	+	○	○	両左, 内側	73	内, 外側部とも広範囲に白化		3無
		2男	23	○	○	0°	中等度	+	○	○	両左, 内側	(122)*	不明		11無
	K. H.	女	66	○	○	0°	中等度	-	○	○	両右, 内側	738	内, 外側部とも白化, 亀裂の発生あり		21無
	K. D.	1女	18	○	○	0°	軽度	-	○	○	両左, 外側破断	77	内, 外側部とも白化	バドミントン中に破損	13無
		2女	18	○	○	0°	軽度	-	○	○	両左, 内側	109	内, 外側部とも白化, 中心部顯著		16無
ポリオ	K. K.	女	18	○		0°	中等度	-	○	○	右右, 内側	430	ほとんどなし	卓球中に破損	9無
	K. S.	男	24	○	○	0°	中等度	-	○	○	両左, 内側	138	ほとんどなし		19有

* () は推定データ

きであろう。繰り返し破損例でみるように、障害者側としてはプラスチック装具への要望はつよいので、今後共デザイン・材料の改良の必要性は大きい。

破損は、ここまでプラスチックの材料の破損をのべてきたが、このタイプの装具での破損は、すべり止めのはがれ、ストラップの破損、固定金具の破損等が多く、とくにプラスチックと他材料の接合不良に大きな問題を残している。

プラスチックの破損の原因をみるために、金属の破損解析法であるフラクトグラフィ (Fractography) を用いた。これは、破面の様相の特徴から、破壊形式を識別する方法である。プラスチック材料の疲労による白化 (白濁して透明感を失ってくる) は、応力集中部である最狭部の内外縁に起こっている。

破面は平滑状であり、2～3mm 破壊が伝播した内側

では、ぜい性破壊の特徴を示し、部分的にひだ模様がみられる。

低倍率の走査型電子顕微鏡 (×208) での破面の観察でも、縁部より内側へ、平滑状破面から層状破面に変化していくのが分かった。このことから、繰り返しの応力集中で縁部に、材料疲労から亀裂が起こり、徐々に内部に進行してゆき、ある時点で急速に内方に伝播して破損にいたると推定される。

これは臨床的考察と一致した所見を得られたと考えられる。

IV. 破損から考えた工夫

破損に関連した因子として、プラスチック成形条件や製法上の技術も無視できない。

成形温度は、メーカーの指示する適正温度は 175°C

前後であり、プラスチックの成形には、低温で時間を長くかけて結晶構造が強度を保つ工夫が必要とされる。実際はこれでは時間がかかりすぎるため、200°C 以上で行なっているのが現状であろう。

材料の厚さは、簡易手しぼり真空成形と、大型自動真空成形器では異なり、夫々 3mm, 4mm のシートが使われている。成形方法では、鹿教湯では、手しぼりによる方法で破損率は高かったが、大型成形器導入前で未熟な技術によるものと思われ、差はでないのではなかろうか。蛇足だが、ポリバケツをつくるような意図で作られている材料（シートとして供給される）は、バラツキが多く問題の一つであろう。

デザインが単一で、“靴ベラ型”といっても、そのトリムラインは、個々の業者によって、大きく異なっているのが現状である。

トリムラインは、装具の効果は保ちながら最狭部の応力集中をできるだけ避ける方向が望ましく、図2にみる通り、実線より破線がよく、辺縁部の断面は、できるだけ円滑にして亀裂を起こさないように工夫した方がよい。コリゲーション（楕状にして強度を加える方法）は、応力集中が逆につよくなってしまうので、靴ベラ型ではつける必要はない。

V. 長下肢装具への試み

長下肢装具へプラスチックを利用する試みは、諸施設でやられてきているが、未だ完成領域にはない。これは、膝継手でプラスチックによいものではなく、金属製を使うことになり、従来の装具の亜型を出ない。我々は、従来装具の半月部に相当し、横のコリゲーションを入れたものを作っているが、捻れに弱く、肘継手に微妙なバランスの崩れが起こり、活動的な障害者への使用はすすめられない。

また足関節部を靴ベラ型のままでは、長下肢装具の足継手に要求される支持性と可動性が充分でなく、対麻痺への使用も限られるように思う。

片麻痺のような短下肢装具への移行を前提とした訓練装具には、積極的に試みてよい。

VI. おわりに

ここでは、主に靴ベラ型短下肢装具の実際について触れてきたが、装具クリニックにあっては、従来からの金属支柱装具との適応も考え処方されるべきと考えられる。処方基準が明確さを欠くこともあり、仮り合わせ時に、従来の装具より充分なチェックが必要となる。外来患者への処方は、充分な仮り合わせと最底30分の試装

図 2

着がなされてしかるべきであろう。

プラスチック装具の開発は、デザイン、材料とも充分といえず、今後とも、臨床・工学側とも、更に発展に努力されるべきである。

機会を与えていただいたことに、関係諸先生に感謝したい。

文 献

- 1) 日本義肢装具研究会編：脳卒中片麻痺者の下肢装具。医歯薬出版，1981。
- 2) Stills M: Thermoformal ankle foot orthosis. Orthosis & Prosthetics 29: 41-51, 1975.
- 3) 石神重信，他：脳卒中片マヒ患者へのプラスチック短下肢装具—処方の実際と使用経験。総合リハ 6: 710-716, 1978.
- 4) 石神重信，他：ポリプロピレン製短下肢装具の耐久性。日本義肢装具研究会会報 17: 3-22, 1980.

訂正お詫び

本誌 20 巻 6 号（1983 年 11 月号）に掲載いたしました「第 21 回日本リハビリテーション医学会役員会議事録」中に下記の誤りがございましたので、訂正しお詫び申し上げます。

（405 ページ，左段下から 10 行目）

V. 評議員推せん（敬称略）

藤原	誠	兵庫医大リハ部（助教授）
誤	（推せん者）	赤津 隆，緒方 甫
正	（推せん者）	明石 謙，土肥 信之