

## 先天性内反足

—Denis Browne 副子の歴史と機能について—

愛媛大学大学院運動器学

山本晴康

**要旨** 近年先天性内反足の治療に対して広く行われている Ponseti 法において外転装具の占める割合は大きい。しかしその機能に言及した報告はない。この装具は Denis Browne 副子(以下, DB)を改良したものである。DBは1931年 Denis Browne により作製され、その後改良され、バーに足底板を取り付けたものと靴を取り付けたものに分けられる。筆者はプラスチックからなる shoe insert をバーに取り付けた改良型を作成し、矯正装具として使用し良好な成績を得た。けり運動で一侧の膝関節を伸展し、他側の膝関節を屈曲した時、屈曲した膝関節側の足関節はDBにより背屈と外反を強制され、変形が矯正される。製作工程においては踵部のモデリングと前足部の矯正が重要で、shoe insert が踵部を把持することが大切である。実験結果からバーの長さは下腿の長さの2/3から肩幅あるいは骨盤の幅で、バーへの shoe insert の取り付け角度を30°としている。この角度は正常の14°~24°を少々超える角度で、矯正に適しているのではないかと思われる。

### はじめに

先天性内反足の治療において Ponseti 法が広く行われるようになり、良好な成績が報告されている。しかし変形が再発する例があり、それには外転装具を装着しないことが原因であるとの報告が多く、Ponseti 法において外転装具の占める割合は大きい<sup>6)</sup>。しかしこの外転装具の機能に言及した報告はない。この装具は外転装具と名付けられているが、Denis Browne 副子(以下, DB)を改良したものである。これは後述するDBの歴史を読んでいただければ理解されると考える。本稿ではこれまであまり知られていないDBの歴史と我々のDBの製作工程とその機能について述べる。

### DBの歴史

DBは1931年イギリスの Denis Browne<sup>2)</sup>によ

り作製され、hobble splint と名付けられた。Hobbleは「両足を一緒にしばる」という意味で馬や牛の手足を縛る際に使用される。この splint はアルミニウムによりなり、足をとるつける foot piece と下腿を固定する leg piece よりなり、leg piece を曲げ、包帯を8の字に巻き、足を固定する(図1)。Hobble splint の特徴として Denis Browne は①製作し易く、②安価であり、③装具が大きく、④長期間使用でき、⑤母親を教育することで母親が装具を取り付けることができ、⑥装具が外れることがなく、⑦徒手矯正で得られた矯正位をよく保持し、⑧けり運動により下腿と大腿の筋肉が発達する、という点を上げている。

その後 Denis Browne はこの副子を改良している。図2はその改良した副子を Bell<sup>1)</sup>が論文に記載したものであるが、バーと2つの足底板からなり、足底板はボルトで固定されている。その後い

**Key words** : congenital clubfoot(先天性内反足), Denis Browne splint(デニスブラウン副子)

連絡先 : 〒183-0011 東京都府中市白糸台3-34-19 愛媛大学大学院運動器学 山本晴康 電話(042)363-6199  
受付日 : 平成22年3月25日

図 1.  
Hobble splint(文献 2 より引用)

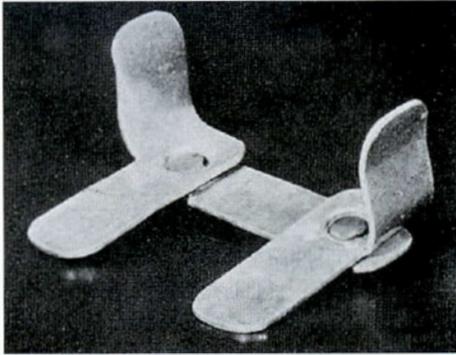
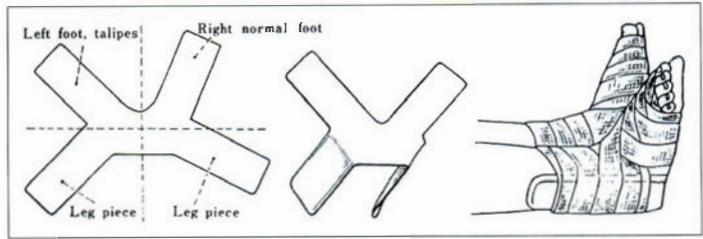


図 2. Denis Browne が改良した副子  
(文献 1 より引用)

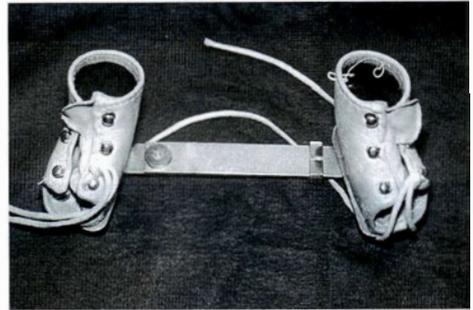


図 3. 靴をバーに取り付けた DB

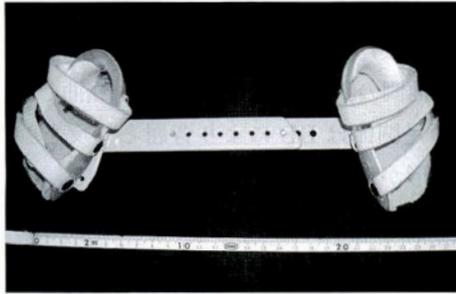


図 4. Shoe insert をバーに取り付けた DB



図 5. 陰性モデルの採型

ろんな改良型が発表された。バーを曲げたものや靴を取り付けたものである。これらを大きく分類するとバーに金属製の足底板を取り付けたものと靴を取り付けたもの(図 3)に分けられる。これらの副子は矯正装具として使用されたが、1964 年 Kite<sup>4)</sup>が後足部の矯正が不十分であり、舟底足をきたす危険性があることを指摘し、Fripp ら<sup>3)</sup>も同じ危険性を指摘し、それ以後 DB は矯正のための装具として使用されず、他の方法で得られた矯正位を保持する装具として使用されるようになった。

### 1. 改良型 DB

筆者らはプラスチックからなる shoe insert をアルミニウムからなるバーに取り付けた改良型 DB(図 4)を作成し、shoe insert が踵部をしっかりと

り把持できることから矯正装具として使用した<sup>9)</sup>。この改良型 DB を 113 足に使用したところ手術に移行したものは 41 足 36%であった。その中で保存療法に終始した例を McKay の評価法で評価し、fair と poor 例を含めるとこの改良型 DB での成功率は 60%であり、この副子は矯正装具としての機能を持っていることが明らかとなった<sup>10)</sup>。

その製作工程を紹介する。

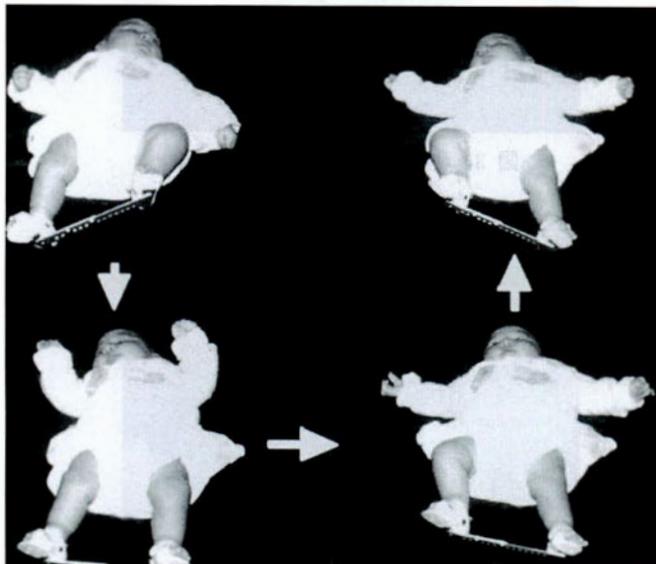
患児を臥位、あるいは坐位の状態で、corrective cast を巻く要領で、内転・内反・尖足変形を矯正してギプスを巻き、陰性モデルを作成する(図 5)。その際、踵部のモデリングと前足部の矯正が重要である。このモデル採型は装具士が行うが変形が強い場合は医師が行う。陰性モデルに石膏を流し、陽性モデルを作製する。踵部と前足部(塗っ



図 6. 作成した陽性モデル  
踵部と前足部の塗った部分をさらにヤス  
リで削り修正する。



図 7. 加熱した低密度ポリエチレンを当  
てて shoe insert を形成する。



◀ 図 8.

けり運動で一侧の膝関節を伸展し、他側の膝関節を屈曲した時、屈曲した膝関節側の足関節はDBにより背屈と外反を強制され、変形が矯正される。(文献7より引用)

DBを装着すると、けり運動で一侧の膝関節を伸展し、他側の膝関節を屈曲した時、屈曲した膝関節側の足関節はDBにより背屈と外反を強制され、変形が矯正される<sup>9)</sup>(図8)。しかし矯正に適正な取り付け角度とバーの長さがわからないので以下のごとき実験を行った<sup>7)8)</sup>。

### 1. バーへの取り付け角度と踵骨の関係

骨格標本を使用し、ゴムで足根骨を連結し、内反足を作製する。これを装着できる shoe insert を作製し、バーに取り付けた。骨格標本を shoe insert に入れ、バーへの shoe insert の取り付け角度を $0^{\circ}$ から増加していくと、それに応じて踵骨のバーに対する角度も増加し、踵骨は距骨に対して外転するようになる(図9-A, B)。

### 2. バーの長さとの取り付け角度と可動域の関係

#### (I) けり運動の際の膝関節の屈曲・伸展角度、足関節の背屈・底屈、内がえし・外がえしの角度の関係

Goniometer と prescale を用いて、バーの長さとの取り付け角度と矯正力の関係について検討した。バーの長さを 60 cm, 40 cm, 20 cm の成人用のDBを作製し、取り付け角度を $0^{\circ}$ (バーに対して $90^{\circ}$ )、 $28.8^{\circ}$ (バーに対して $118.8^{\circ}$ )、 $43.2^{\circ}$ (バーに対して $133.2^{\circ}$ )についてそれぞれけり運動を

た部分)をさらにヤスリで削り修正する(図6)。これに加熱した低密度ポリエチレンを当てて形成する(図7)。陽性モデルから取り外し、装着できるようにトレミングを行い、マジックテープをつけ、アルミニウムからなるバーに取り付ける。取り付け角度は患側が $30\sim 40^{\circ}$ 、健側は $20^{\circ}$ である。取り付け角度の根拠は後述する。患児に装着し、適合判定を行う。適合が悪く、踵部が抜ける場合は、陽性モデルの踵部を削り、それをDBに装着し、heat gunで加熱して修正し、再度患児に装着し、適合をみる。

### DBの矯正メカニズム

生後4週以降にこの装具を装着するが、この時期から交叉伸展反射や交代性の屈曲運動などの原始反射に基づく活発なけり運動が生じている。

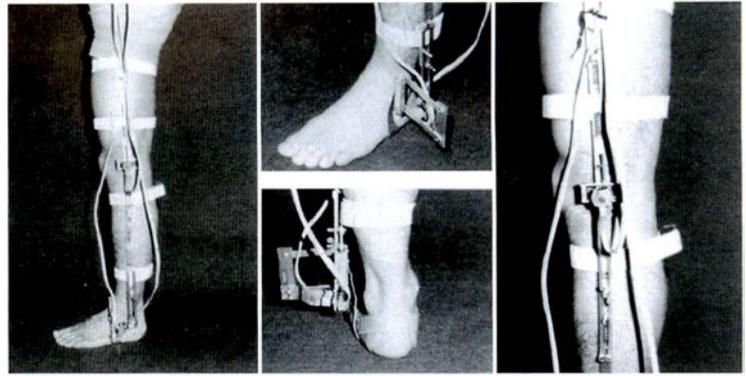
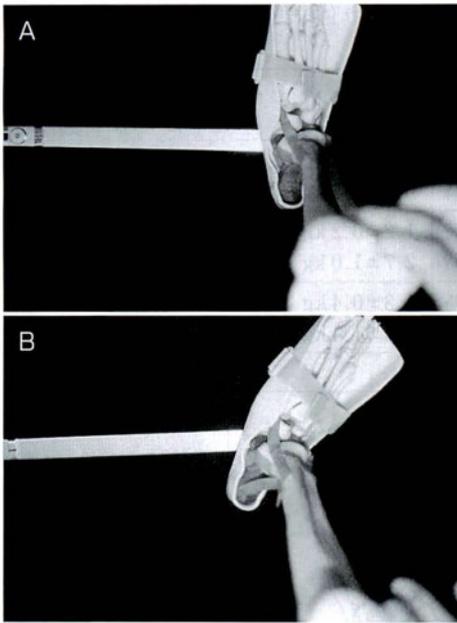


図 10. Parallelogram linkage からなる electric goniometer

◀ 図 9.

骨格標本を使用し、ゴムで足根骨を連結し、内反足を作製する。骨格標本を shoe insert に入れ、バーへの shoe insert の取り付け角度を  $0^\circ$  (A) から増加していくと、それに応じて踵骨のバーに対する角度も増加し、踵骨は下腿に対して外転するようになる(B)。

表 1. バーの長さとりつけ角度と可動域

角度 長さ		$0^\circ$	$28.8^\circ$	$43.2^\circ$
20 cm	背 屈	$2.6 \pm 2.4^\circ$	$9.3 \pm 1.1^\circ$	$8.5 \pm 1.2^\circ$
	外がえし	$26.8 \pm 0.9^\circ$	$19.2 \pm 1.1^\circ$	$17.8 \pm 0.5^\circ$
	膝 屈 曲	$55.7 \pm 4.0^\circ$	$55.7 \pm 1.6^\circ$	$64.2 \pm 5.5^\circ$
	膝 伸 展	$-17.5 \pm 3.1^\circ$	$-13.7 \pm 1.1^\circ$	$-28.5 \pm 3.7^\circ$
40 cm	背 屈	$4.4 \pm 1.8^\circ$	$11.6 \pm 0.9^\circ$	$14.5 \pm 0.8^\circ$
	外がえし	$25.5 \pm 0.9^\circ$	$19.8 \pm 0.8^\circ$	$15.9 \pm 1.1^\circ$
	膝 屈 曲	$81.6 \pm 1.6^\circ$	$72.5 \pm 2.7^\circ$	$68.4 \pm 2.4^\circ$
	膝 伸 展	$-1.4 \pm 3.6^\circ$	$5.3 \pm 1.8^\circ$	$3.2 \pm 1.9^\circ$
60 cm	背 屈	$2.8 \pm 1.2^\circ$	$4.8 \pm 0.8^\circ$	$4.9 \pm 0.4^\circ$
	外がえし	$22.3 \pm 0.9^\circ$	$14.1 \pm 0.8^\circ$	$10.8 \pm 1.0^\circ$
	膝 屈 曲	$73.8 \pm 1.8^\circ$	$76.7 \pm 2.3^\circ$	$73.2 \pm 2.5^\circ$
	膝 伸 展	$5.7 \pm 4.9^\circ$	$8.3 \pm 2.4^\circ$	$2.3 \pm 0.8^\circ$

行った際の膝関節の屈曲・伸展角度、足関節の背屈・底屈、内がえし・外がえしの角度を parallelogram linkage からなる electric goniometer を使用して計測した(図 10)。取り付け角度が半端なのはダイヤロック式で取り付け角度が変えられ、その 1 目盛りが  $7.2^\circ$  であるためである。被検者は成人 1 名である。

連続した 10 回のけり運動の際の計測値を表 1 に提示する。背屈角度について、バーの長さとりつけ角度の関係をみると、 $0^\circ$  の取り付け角度の場合は 40 cm のバーの長さの時に背屈角度が一番大きく、 $28.8^\circ$  の場合も 40 cm のバーの長さの時が大きく、 $43.2^\circ$  の場合も 40 cm のバーの長さの時が大きい。40 cm のバーの長さの場合に取り付け角度と背屈角度の関係をみると  $43.2^\circ$  の取り付け角度の時が一番大きい。

次に外がえし角度についてみると、バーの長さが 20 cm の場合は  $0^\circ$  の時が大きく、40 cm の場合も  $0^\circ$  の時が大きく、60 cm の場合も  $0^\circ$  の時が一番大きい。 $0^\circ$  の取り付け角度の時のバーの長さ背屈角度の関係をみると、20 cm と 40 cm のバーの長さの場合が大きい。

膝関節の屈曲・伸展角度は取り付け角度との関係はみられないが、バーの長さとの関係では 20

cm の場合が屈曲角度と伸展角度が少ない。これらの結果をまとめると背屈角度はバーの長さが 40 cm で取り付け角度が  $43.2^\circ$  の場合が一番大きく、外がえし角度は取り付け角度が  $0^\circ$  でバーの長さが 40 cm と 20 cm の場合が大きく、膝の可動域はバーの長さが 20 cm の場合が一番少ない。

(2) DB の内転変形に対する矯正力

DB の内転変形に対する矯正力をみるために、第 1 MTP 関節の内側にかかる圧力を超低圧川 prescale と増感度装置のゴムマットを用いて(図 11)、安静時と 5 回のけり運動後にそれぞれ計測し、バーの長さとりつけ角度と圧力について検討した(表 2)。安静時には取り付け角度が



図 11. 超低圧用 prescale と増感度装置のゴムマットを用いて第 1 MTP 関節の内側にかかる圧力の計測

増すに従い圧力はやや増加する。いずれのバーの長さでも取り付け角度が増すに従い、圧力は増加し、しかもバーの長さが短い方が大きい。この結果よりバーの長さは短く、取り付け角度は大きい方が内転変形に対する矯正力は大きいものと考えられる。

これらの二つの結果をまとめると、バーの長さは 20 cm の方が外がえし角度も第 1 MTP 関節内側にかかる圧力も大きく、少ない膝関節の動きで、足関節の大きな可動域が得られる。ただ背屈角度は 40 cm のバーの長さの場合が良いが、取り付け角度は 43.2° の方が、背屈角度も、第 1 MTP 関節内側にかかる圧力も大きい、外がえし角度は取り付け角度 0° の方が大きい。

この結果を踏まえて内反・内転・尖足をともに矯正できるバーの長さは 20 cm、尖足の矯正に重点を置く場合は 40 cm と考えた。この実験の被検者は成人であり、バーの長さ 20 cm は被検者の下腿の長さの 2/3、40 cm は肩幅、骨盤の幅に当たるので、乳幼児の場合はこれを目安としてバーの長さを決めている。

取り付け角度は背屈にも外がえしにも良い角度、すなわち 0° と 43.2° の中間の 30° が良いのではないかと考えている。

健康成人を椅子に座らせ、膝蓋骨を前方に向け、上方から見ると足の長軸は 30° ぐらい外方を向いている。Mann<sup>5)</sup>によると膝関節の軸と足関節の

表 2. バーの長さや取り付け角度と第 1 MP 関節内側にかかる圧力

角度 長さ		0°	28.8°	43.2°
20 cm	安静時	1.1±0.6 kg	1.2±0.5 kg	1.5±0.5 kg
	運動時	6.0±0.7 kg	6.6±1.4 kg	7.9±0.5 kg
40 cm	安静時	1.2±0.2 kg	1.8±0.3 kg	1.8±0.2 kg
	運動時	2.7±1.0 kg	5.1±0.4 kg	6.3±0.6 kg
60 cm	安静時	1.3±0.4 kg	0.6±0.1 kg	1.5±0.5 kg
	運動時	3.5±1.4 kg	4.0±0.7 kg	6.0±0.8 kg

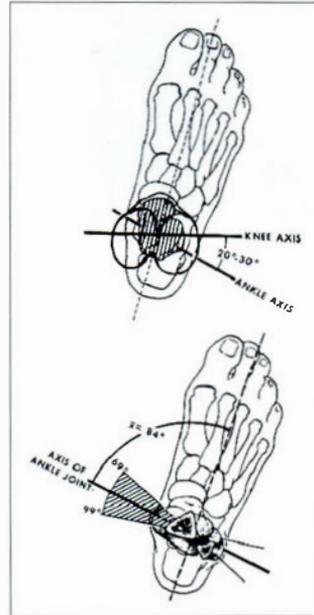


図 12. 膝関節、足関節、足の長軸のなす角度 (文献 5 より引用)

軸のなす角度は 20°~30° であり、足関節の軸と足の長軸のなす角度は 84° であり、膝軸と足の長軸のなす角度はこれらの角度を合計すると 104°~114° である (図 12)。膝関節の軸が DB のバーの軸に一致すると考えると shoe insert の取り付け角度 30° は 90° を基点として外方の角度を表示しているので 120° となる。この角度は、正常の 104°~114° を少々超える角度で、矯正に適しているのではないと思われる。健側は取り付け角度を 20° としているが、この角度は 110° であり正常の範囲内にあり適切ではないと思われる。

### まとめ

筆者が長年取組み、現在も後療法においてその有効性が認められている Denis Browne splint の歴史と機能と製作過程を説明した。

## 文 献

- 1) Bell JF, Grice DS : Treatment of congenital talipes equinovarus with the modified Denis Browne splint. *J Bone Joint Surg* 26 : 799-811, 1944.
- 2) Browne D : Congenital talipes equinovarus. *Br Med J* 2 : 696, 1931.
- 3) Fripp AT, Shaw NE : Club foot. Livingstone, Edinburgh-London, p. 46-51, 1967.
- 4) Kite H : The Club Foot, Grune and Stratton, New York, 34, 1964.
- 5) Mann RA : Biomechanics, Disorders of the Foot. (Jahss MH ed), Saunders, Philadelphia, 39, 1982.
- 6) Thacher MM, Scher DM, Sal DA et al : Use of the foot abduction orthosis following Ponseti casts. Is it essential? *J Pediatr Orthop* 25 : 225-228, 2005.
- 7) 山本晴康, 林 承弘, 富松 隆ほか : Denis-Browne 副子の機能について. *足の外科研究会誌* 4 : 66-69, 1983.
- 8) 山本晴康, 古屋光太郎, 富松 隆ほか : 先天性内反足に対する装具(矯正用装具としての改良型 Denis-Browne 副子). *別冊整形外科* 4 : 113-118, 1983.
- 9) Yamamoto H, Furuya K : Treatment of congenital clubfoot with a modified Denis Browne splint. *J Bone Joint Surg* 72-B : 460-463, 1990.
- 10) Yamamoto H, Muneta T, Morita S : Nonsurgical treatment of congenital clubfoot using manipulation, cast and modified Denis Browne splint. *J Pediatr Orthop* 18 : 538-542, 1998.

## Abstract

### Congenital Clubfoot Treated Using the Denis Browne Splint : Review

Haruyasu Yamamoto, M. D.

Department of Bone and Joint Surgery, Ehime University Graduate School of Medicine

We review the use historically of the Denis Browne splint—commonly known as the abduction brace for use in the Ponseti method to treat congenital clubfoot. The brace was first introduced by Denis Browne in 1931, and has been modified many times since then. There are basically two types of the DB brace. One involves a foot plate fixed to a bar, and the other involves a shoe fixed to a bar. We have generally used a shoe insert fixed to a bar with good results. The mechanism for the DB brace is when one leg is extended the other flexes in the DB brace and is forced into dorsiflexion, abduction and eversion. In the manufacturing process of the DB brace, it is most important to mould a heated plastic sheet over a positive cast of the foot in which adduction, varus and equines deformities have been corrected. From several trials, the length of the bar is from the lower two-thirds of the leg to the width of the shoulder or pelvis, and the fixed angle of the shoe insert is 30 degrees. This angle is appropriate because it is a little over the normal foot angle to the knee.