Original Article

Comparative Studies on the Clinical Application of Upper Extremity Orthotics with Externally Powered Devices in Rehabilitation of Quadriplegic Patients due to High Cervical Cord Injury

by

Hideo OGISHIMA, M. D.

from

Department of Physical Medical & Rehabilitation, Highland View Hospital, Case Western Reserve University, School of Medicine, Cleveland

Department of Physical Medicine & Rehabilitation, San'aikai Ito Hospital, Tokyo

Abstract

The upper extremity orthoses and externally powered flexor hinge splints available today for rehabilitation of quadriplegic patients due to high cervical cord injury with specific reference to the increase in their mobility and independence are comparatively discussed.

In order to use wrist driven flexor hinge splint effectively, patients with spinal cord injury at C₆ functional level (including the C₅ level patients who had muscle transplant of brachioradialis to wrist extensors) must have power to lift at least 1.4 kg of weight voluntarily and be able to hold it at 45 degrees of wrist extension. Since the muscles lose about a grade in case of transplant, brachioradialis should be at least GOOD to NORMAL in standard muscle testing for determining the surgical indication.

In application of 4 different external power devices the following points are discussed.

- 1) Electrophysiological splint has disadvantages of inconsistent performance due to the extreme fatigability of the paralyzed muscle although the strength of 2-3 kg pinch is thought to be ideal.
- 2) Flexor hinge splint with McKibben muscle has advantages of mechanical dependability and short period required for training, but has disadvantages of frequent filling of CO₂ gas and the pinch can be too strong for anesthetic fingers.
- 3) Flexor hinge splint with electric torque motor has an advantage of stopping the motor automatically according to the size of objects picked and simplicity of charging the battery overnight although the disadvantages include frequent mechanical repair and the switch control being affected by unstable postures as in the cases of McKibben muscle control.
- 4) Flexor hinge splint with myoelectric control has a great advantage in increasing the mobility of C₄ patients who are otherwise completely dependent and also the fact myoelectric control is not affected by unstable postures is considered as an advantage while the disadvantages include the problem in patients with excessive perspiration due to the usage of surface electrodes and the fairly long period required for training.

At present stage, combined application of flexor hinge splint with myoelectric control and balanced forearm orthoses (BFO) is far superior to an electric arm with tongue control or multiple channel control using available muscles.

高位脊髄(頸髄)損傷四肢麻痺患者の リハビリテーションにおける Upper Extremity Orthotics および Externally Powered Device の臨床的応用比較

荻 島 秀 男*

緒 言

脊髄損傷のリハビリテーション, 特に高位(頸髄)損傷患者の独立性の向上に関する研究は世界の著名なリハビリテーションセンターでそれぞれ独自の立場ですすめられている^{1,2,3,4,5,6)}. 抗生物質の普及により, これらの患者が合併症(尿路感染, 褥瘡, 呼吸器感染など)で死亡する率が低下し, 正常人と同じ程度の予命を保つことが実際に可能になってきたので, これらの患者のリハビリテーションは社会的にも大きな問題である.

両下肢麻痺(Paraplegia)の患者は, 上肢が正常で西欧での生活様式では車椅子を家庭で使うことが不自然でないから, リハビリテーション関係者の努力の成果として社会的にりっぱに独立している患者も数多いが, 四肢麻痺, 特に高位頸髄損傷のリハビリテーションでは医学的のみならず社会的にも多くの問題があることは既に述べられている⁷⁾.

機能的神経支配(脊椎レベルではなく)における第3頸髄損傷では, 呼吸器不全または横隔膜麻痺により100%死亡するが, 第4, 5, 6のレベルでは事故直後のいわゆるSpinal Shockを過ぎれば, それぞれの例に応じて椎弓切除, フレームによる脊椎固定, Fusionなどで理想的には事故発生後5ないし6か月でリハビリテーション訓練開

始ができるはずである. 第7および第8頸髄の損傷では, 手指の機能がある程度(個人差が大きい)残るから, 患者の独立性は増加する. 第7頸髄節の損傷においては, 訓練によりParaplegiaと同じ程度までのリハビリテーションが可能である⁸⁾.

最近における米国の統計では, 交通事故, 戦傷などで脊髄損傷の犠牲者は人口10万人につき約55の例数にも及んでいる⁹⁾. それに反して, 十分なリハビリテーション訓練の恩恵を受けている患者は1/4程度である¹⁰⁾. 最近の傾向として, 米国における各リハビリテーションセンターは人口10万人につき60床の脊損患者収容能力を確保するように努力している¹¹⁾.

高位脊髄損傷患者のリハビリテーション訓練にはいろいろな補助器具を必要とするので, 現在の段階ではどうしても大きなセンターでしか満足な訓練を行なうことができない状態で, New York大学のInstitute of Rehabilitation Medicine, Case Western Reserve大学のHighland View病院リハビリテーションセンター, およびカリフォルニア州のRancho Los Amigos病院が3大センターと認められている. 著者の公平な意見では, それぞれのセンターに特色があり, いろいろな分野でのスタッフが豊富な点ではNew York, 整形的な処置と独創性ではRancho Los Amigos, 高位脊髄損傷四肢麻痺患者の独立性の向上では(補助器具を使用し訓練を行なった後の)Highland Viewが優れていると考える. た

* Case Western Reserve 大学医学部 Highland View 病院リハビリテーションセンター講師, 東京三愛会伊藤病院リハビリテーション部長

表 1 筋力機能テスト国際規準

評価	説 明
O	筋の収縮が全く認められないもの
T	筋の収縮がかすかに触れうるが関節の動きはないもの
P ⁻	重力なしの状態では機能範囲の 1/2 以下しかないもの
P	重力なしの状態では全機能範囲関節が動くもの
P ⁺	Pよりは強く、重力に対して関節の機能範囲 1/2 以下運動が可能のもの
F ⁻	重力に対して 50% 以上 100% 以下の関節運動が可能のもの
F	重力に対して全機能範囲の関節運動が可能のもの
F ⁺	重力に対してある程度の抵抗を加えても運動可能なもの
G ⁻	抵抗を加えて F ⁺ よりは強くても G と言いきれないもの
G	抵抗を加えても全関節運動範囲を可動であるが正常よりは弱いもの
N	正常

* 正常の筋力の定義は力いっばいの抵抗を加えても押し負けない力を持ち、全範囲内の関節運動可能な筋をいう。疼痛および拘縮による限界は必ずそのように記録する。

だし問題になるのは、3センターとも患者が転院してくる際、既に合併症を起こしていて（特に拘縮、尿路感染、褥瘡）長期の訓練を必要とする場合、保険の患者では既に期限切れが近く、十分の訓練期間を与えられないケースがあり、社会的な問題として脊髄損傷患者の訓練に関する特別の法令が世界各国で1日も早く施行されればと願うものである。

スイスのように患者を事故の現場よりヘリコプターでリハビリテーションセンターまで輸送し、応急処置のみならずリハビリテーションの訓練も同じ施設にて行なえるのは理想的である¹²⁾。ただし、これは国が小さいこと、および特殊の法令を設けているから可能であって、各国の事情に応じてそれぞれのシステムに一番適したリハビリテーションを発展すべきである。

既に述べたごとく、おのおののリハビリテーションセンターで特殊な装置および補助器具を作製して、高位脊髄損傷患者のリハビリテーションを行なっているが、それらの実用性、可能性および優劣、または筋力との関係を実際に比較検討した文献が皆無である。著者は高位脊髄損傷リハビリテーションにおける現存の Upper Extremity

Orthotics, および Externally Powered Devices を実際に脊損患者に応用使用させたうえでその優劣比較を試みた。脊損患者に接しリハビリテーションに関係される医家、OT, PT の方がたに少しでも参考になればと願うしだいである。

I. Wrist Driven Flexor Hinge Splint 手根伸展を利用した Flexor Hinge Splint

頸髄損傷四肢麻痺の場合、第4または第5節の損傷では、ただ1節のみのレベルの違いでも機能的な可能性には大きな差があることは、リハビリテーションの訓練を始める前から明らかなことである¹³⁾。すなわち第4節の損傷では、首の屈曲、伸展のみ可能であるが、第5節の場合には二頭筋が健全で肘の屈曲が可能になる。三頭筋が麻痺しているの、肘の伸展は重力を利用してのみ可能である。訓練により両前腕を使用し（手錠様）、相当な力で牽引が可能になる。ただしこのレベルでは手根の伸展が不能であるので腕橈骨筋が機能的であれば（少なくとも国際規準で Good-Normal, 表1）、この筋を橈骨手根伸筋として移植することにより Wrist Driven Flexor Hinge Splint を使用する可能性が現われる¹⁴⁾。この際問題になるのは移植をした場合、国際規準で少なくとも一段階は筋力が低下するのでこのことを十分考慮に入れて適応を考えるべきである。

著者が訓練した移植施行患者8名の中で、5名はスプリントの使用が可能となったが、3名は F⁺ 程度の筋を移植したので手根の伸展は可能でもスプリントを着用した場合、その重さに対して伸展不能となり、これらの患者のリハビリテーションより移植後機能的にスプリントを使用するためには最低 G の規準を必要とするという結果が得られた（スプリントは Rancho Los Amigos 方式および Highland View 方式とも 150-180 g である）。

頸髄第6節損傷患者では、手根の伸展が可能で手根関節癒着または運動範囲の制限がない患者では Wrist Driven Flexor Hinge Splint の使用が可能である。これはスプリントにより母指を固定、示指中指の先端が手根を伸展する際に母指に近づき、物体をつかむことができるように工夫されたもので、指屈筋を手根で固定すると自動的に

図 1 Rancho Los Amigos 方式手根伸展を利用したスプリント
(最近では Rancho Los Amigos でも Highland View 方式に傾いている.)

写真 1 Highland View 方式 Wrist Driven Flexor Hinge Splint
虫様筋バーが中手骨に沿っているのが特色

写真 2 Highland View 方式の改良型 Wrist Driven Flexor Hinge Splint
母指が内転することと主な支えが手掌側に移り、外観がよくなっている。——A. Flexor Hinge, B. Lumbrical Bar (or Metacarpal Bar), C. Posted Thumb with “Adduction”

手根の伸展が指の屈曲をもたらす意味で Elexor Hinge Splint という名がついているが、Rancho Los Amigos 病院および Highland View 病院リハビリテーションセンター両者で独自のものを作製している。原理は全く同じであるが、Highland View 方式は母指が完全な固定でなく示指および中指が屈曲する際に内転するように工夫してあること、中手骨の並びに沿って Lumbrical Bar が曲がっている。機能的には全く同じで

あるが、指に強直がある患者では Lumbrical Bar が中手骨と平行している点で Highland View 方式のほうが圧迫症状を起こすことが少なく、主な支えが手掌側にあるので外観もよく、最近では Rancho Los Amigos 病院でも Highland View 方式を採用している(写真 1, 2, 図 1)。

著者はこの Wrist Driven Flexor Hinge Splint を機能的に使用できるために必要とする手根伸筋の筋力を正確な数値で表わしてみようと試

写真3 手根伸展（第6頸髄損傷患者における）測定用に考案したカフ

写真4 錘りによる手根伸展力の測定

表2 錘りによる筋力測定およびスプリント使用可能性との関係

患者	年齢	性別	頸髄損傷のレベル	手根伸展 45° で支え得た錘りの限界値	実際面でスプリントを機能的に使用
B. E.	16	男	第6頸髄損傷	10.5±0.04	+
B. L.	15	女	5	1.4±0.04	+
L. A.	18	男	6	9.5±0.03	+
M. D.	53	男	6	1.3±0.02	+
U. H.	48	男	6	1.7±0.02	+
D. B.	17	女	5	0.8±0.04	-
H. S.	35	男	6	5.8±0.01	+
V. A.	63	男	6	1.8±0.01	+
T. W.	14	男	5	1.8±0.02	+
M. S.	28	男	6	2.0±0.02	+
S. P.	33	男	6	4.9±0.01	+
S. A.	21	男	5	2.0±0.01	+
M. S.	21	女	6	1.2±0.04	-
E. L.	55	男	6	6.5±0.02	+
A. I.	38	男	5	1.5±0.01	+
F. K.	46	女	6	1.8±0.01	+
A. B.	17	男	6	6.3±0.01	+
L. D.	18	男	6	2.8±0.01	+
F. E.	23	女	6	2.0±0.01	+
F. H.	28	男	5	1.4±0.01	+
A. M.	33	男	6	1.1±0.05	-
M. T.	45	女	5	1.2±0.04	-
A. S.	17	男	6	9.8±0.01	+
E. M.	34	男	6	4.5±0.02	+
R. N.	18	男	6	1.8±0.01	+
H. F.	20	男	5	1.3±0.04	-

み、過去4年間における訓練施行患者中、第6頸髄損傷患者26名（部分切断ではなく完全切断のみで、この中には腕橈骨筋を手根伸筋に移植した8名の第5節損傷ではあっても、機能的に第6節の患者を含む）で錘りを使用して筋力測定を行った。この26名の内訳は男20名、女6名、年齢は14歳から63歳までである。皮でできたカフを（写真3）手掌および手背に巻きつけ、それ

に錘りをつけ手根を45°まで伸展できた際の錘りの重さの限界を記録した（写真4）。45°の伸展が行なえれば、Wrist Driven Flexor Hinge Splintの使用が可能であるので45°を目安にした。この測定は一応リハビリテーションの中期（受傷後6ないし9か月）移植の場合は、術後3ないし4か月において、筋力がある程度安定し数値の上下が少なくなった後10日間の平均をとった（表2）。

この測定で明らかになったことは、
 (a) 第5頸髄損傷患者で腕橈骨筋の移植を考慮する際、国際規準による適応は少なくともGないしNであり、移植後GまたはF⁺の上でなければWrist Driven Flexor Hinge Splintは使用できない。

(b) スプリントを機能的に使用するには、錘りをつけて測定した際、手根が45°の伸展で最低1.4kgを支える力が必要である。

(c) 筋力が弱い患者ほど測定値の日々による上下の度合いが大きい。

II. Externally Powered Orthotic Devices 外力補助により使用可能なスプリント

第4および第5頸髄損傷（腕橈骨筋の移植により第6頸髄損傷患者と同じように手根の伸展が利用できるようになった患者を除き）患者は基本的には四肢麻痺であるので、独立性の増加にはなんらかの型で外力補助を必要とする。リハビリテー

図 2 平均前腕補助器を使用した際の Electrophysiological Flexor Hinge Splint の原理

ションセンター入院中はこれらの補助器具を使用しても退院後の行く先によって利用度は違っているが、現在の段階では四肢麻痺の患者で外力補助器具を使用することにより、どの程度独立性の向上が可能であるかということに著者は重点を置き、リハビリテーションの過程で脊損患者には現在可能性があるすべての器具を説明して、最後に決定する器具の選択は訓練を行なった後、患者および家族を集めて優劣を検討し、おのおのの患者の立場に最も適した外力補助器具を退院の際に与えるようにしている。

外力補助器具を使用するに際して、まず問題となるのは次の4項である。すなわち、

- a) 機械的に故障がないこと
- b) 外観があまり大げさでないこと

c) とりつけが簡単であること

d) 実際にこれらの器具を使用することによって独立性の向上が確定的であること

である。

高位頸髄損傷患者のリハビリテーション訓練に関しては、Rancho Los Amigos 病院および Highland View のリハビリテーションセンターの両者でしのぎを削っている現状である。著者は幸い多くの患者の自主的協力を得、いろいろな外力補助器具を制限なく使える幸運に恵まれたので、公平な立場で実際にこれらの器具を臨床的に応用し、患者の訓練を行ない外力補助器具の優劣比較検討を行なった。

外力補助によって使用するスプリントは、すべて Flexor Hinge Splint で手根の伸展の代用として外力を使用するわけである。現在応用可能な外力補助によるスプリントは大きく分けて次の4種類である。すなわち、

- a) 電気生理反射スプリント
- b) 人工筋スプリント
- c) 電動モータースプリント
- d) 筋電モーターモースプリント

であるが、各地のリハビリテーションではこれらのどれかを主に使用しているようで、全部の外力を同じ患者に応用し優劣を比較検討した試みは、著者がはじめてと思われる。

写真 5 A. 長総指伸筋の運動点にちょうどくるように設置 (刺激用の電極), B. スプリング補助

写真 6

- A. 2頭筋より筋電力をピックアップして増幅し刺激に利用する
B. 平行前腕補助器 C. 刺激電極

1. 電気生理反射スプリント Electrophysiological Flexor Hinge Splint (図 2, 写真 5, 6)

これは Highland Vien 病院リハビリテーションセンターで工夫されたスプリントで、過去 4 年間実際に患者に使用した著者の意見では理論的な試みとしては成功であるが、臨床面では不成功である。高位脊髄損傷の患者で筋麻痺があっても、電気刺激を与えると筋が収縮を起こす生理的現象を利用したスプリントである。すなわち同側の神経支配が健全である筋の上に電極を置き、それから起こる筋電力を増幅して、それより末端にある麻痺筋に刺激を送り収縮させようと試みたものである。著者は第 5 頸髄損傷四肢麻痺で二頭筋が健全であった 10 名でこのスプリントを使用してみた。すなわち二頭筋で起こった筋電力を増幅して、手指伸筋の運動点に送り、その際の収縮でスプリントを操作した。ただし利点よりも欠点のほうが大きく、結局 10 名全員最終的には別の方式に落ち着いた。この試みによる著者の意見では、この方式のスプリントに関して、利点と欠点は次のとおりである。

- 利点 (i) 同側に電極を施置するので本人が自分で操作しているという自覚に強いこと
(ii) ちょうど指先で 2-3 kg の強さのスプリントなので物を掴むのに適当な力である

こと

- (iii) あまり部品が大げさでないこと

- 欠点 (i) 麻痺筋（この際は総指伸筋）が連続的に電気刺激を受けると極度に疲労する。4-5 回の連続刺激でスプリントの操作が不能になるほど筋の収縮力が低下すること
(ii) スプリントを着けるたびに運動点を確かめなければならないので家族に頼るのは技術的に困難であること
(iii) 刺激によって起こる麻痺筋の収縮は閾値によって左右されるので細かいコントロールが不能であり、スプリントの開閉がスムーズではない。

2. マッキボン筋による スプリント McKibben Muscle Control Flexor Hinge Splint (写真 7, 8)

この人工筋は Rancho Los Amigos 病院で考案された特殊な織り方をしたナイロンの筋で、内部にゴムのチューブが入り、これを炭酸ガスで膨張させると筋が収縮する仕組みになっている。ガスの弁の制御は僧帽筋を主に利用し、肩の上下運動により可能である。この弁は特殊な弁で適当なところで、スプリントの開閉を調節することができる。第 4 および第 5 頸髄損傷で入所したすべての患者に一応チャンスを与えて、このスプリントの使用訓練させることを原則としているが、拘縮が強くて指の屈伸が不能なもの、および高齢者で

写真 7 McKibben Muscle Control Flexor Hinge Splint
A. マッキボン筋 B. 平均前腕補助器 C. Flexor Hinge

写真 8 McKibben Muscle Control Flexor Hinge Splint (必要コニット)

- A. マッキボン筋
B. 炭酸ガス用のボンベ (車椅子のシートの上に普通設置)
C. 肩に設置するガスコントロール用のバルブ

全く自主的に興味を示さない患者は除外した。

損傷後頸推が安定車椅子で 90° までの座位を 2 時間保ち、血圧値の変化が起こらない患者はすべて対象となり平均腕補助器¹⁵⁾ Balanced Forearm Orthoses (BFO) の訓練が終了後ただちにスプリントを与えて訓練を行なった。4 年間で著者が訓練を行なった 24 名の患者すべて 1 日でこの操作を覚えることができるが、トランプ遊び、食事、本のページめくりなどが自由にできるように

写真 9 Electric Torque Motor Control Flexor Hinge Splint

- A. スイッチ B. モーター
C. バッテリー (12V) D. テーブル

なるには、早い患者で 3 日間、遅い患者で約 2 週間の訓練期間を必要とした。このスプリントに関する著者の意見は次のとおりである。

- 利点 (i) マッキボン筋の反応時間はガスを送って 0.8 - 1 秒で遅れが少ないので患者がはじめてから喜んで受け入れてくれること
(ii) 故障がほとんどないこと
(iii) 安価であること
(iv) 訓練が割合簡単であること

- 欠点 (i) 近くに炭酸ガスボンベを補充する施設がなければ使用できないこと (普通の使用で携帯用ボンベは 1 週間ほど使用できる)

写真 10 Electric Torque Motor Control Flexor Hinge Splint
A. テーブル B. Flexor Hinge C. Volar Support

写真 11 (左)
A. 電動椅子
B. 車椅子のためのマイクロスイッチ (写真 11-suppl. 参照)
C. 講義出席のためのテーブルレコーダー

写真 11-supplement (上) マイクロスイッチ (この円板に触れた方向へ車が動くようにくふうされている)

- (ii) 肩の上下により弁の制御を行なうので真直の坐位でしか弁のコントロールができないこと (特に姿勢の悪い患者では使用不能)
- (iii) マッキボン筋を使用した場合、指先で 4-5 kg の圧迫が可能であるため (特にこれらの患者は知覚麻痺があるので) 注意しないと指先に血腫を作ることがある

3. 電気モーターによるスプリント Electric Torque Motor Control Flexor Hinge Splint

Rancho Los Amigos 病院で使用をはじめた後、各所で改良され著者が患者に応用したものは Highland View で更に改良を加えたものである (写真 9, 10).

ケーブルの延縮によりスプリントの開閉を行なうもので、12 V のバッテリーを使用、マッキボン筋方式と同じようにスイッチを肩の近くに設置、肩の運動によりスイッチのコントロールを行ないモーターが右まわり左まわり両方可能に工夫され

写真 12 11 と同じく第4頸髄損傷患者の独立性を向上させた Myoelectric Control Flexor Hinge Splint と Balanced Forearm Orthoses の組み合わせ

A. 電動車椅子 B. マイクロスイッチ
C. テープレコーダー D. BFO のユニット

ているもので、マッキボン筋によるスプリントを使用した 24 名の患者全部にこの方式を使用させてその優劣を検討してみた。

- 利点 (i) バッテリーの充電が家庭で可能であること (患者が睡眠中毎晩充電を行なう)
(ii) 物を摘んだところでモーターが止まるので指を圧迫し、血腫を作ることがなく、知覚麻痺の患者に使用して危険性が少ない
(iii) 訓練が比較的簡単である

- 欠点 (i) マッキボン筋スプリントと同じくスイッチが定着位置にあるため姿勢が悪い患者には使用できない
(ii) スイッチに故障が起こることが多い
(iii) 逆まわりの際、モーターの音がかなり大きい

4. 筋電力によるスプリント Myoelectric Control Flexor Hinge Splint

これは Highland View において過去3年間に工夫され改良されたスプリントで、第4頸髄麻痺患者 12 名に試みて成功した (写真 11, 12, 13, および 11 Supplement)。

写真 13 Myoelectric Control を使用した Highland View 方式の Flexor Hinge Splint

写真 14 第4頸髄損傷患者の独立性の増加に使用した Myoelectric Control Flexor Hinge Splint における表面電極 (僧帽筋用)

写真 15 第4頸髄損傷患者の独立性の増加に使用した Myoelectric Control Flexor Hinge Splint における表面電極 (闊頭筋用)

すなわち表面電極を使用して (写真 14, 15, 16) 僧帽筋または闊頭筋にテープで貼りつけ、筋肉の収縮を強弱にコントロールすることにより、この起こった筋電力を増幅モーターを右まわりおよび左まわりにしようとコントロールされたスプリントで、このモーターがケーブルの延縮を行ない、スプリントの開閉を行なう。これらの 12 名の患者は、すべて第4節の完全切断で、このスプリントがなければ床に臥したままか椅子にただ坐っているだけである。

この特殊装置により、上肢の独立性を向上させ、車椅子のテーブルにつけられた Micro-Switch を使用することにより電動車椅子の運転が可能になったことは高位脊髄患者のリハビリテーションに

写真 16 闊頭筋を利用した際の電極の位置

おける過去5年間における最も大きな進歩と著者は断言する。著者が訓練を行なったこれらの12名の患者の中で、3名は現在大学在学中、4名は通信教育により大学受講中、3名は通信教育により高校課程受講中、2名は合併症のため現在まだ入院中であるが、近々退院の予定である。

著者の経験による優劣の検討は次のとおりである。

利点 (i) この特殊スプリントなしには病床でただ安静か椅子に坐ったきりで、首の運動しか行なえない患者にある程度の独立性を与えることが可能である。特に車椅子が電動であれば運転可能で、身体障害者を受け入れる施設のある学校へ入ることが可能となる。

(ii) 自分の筋の収縮によってスプリントの開閉を行なうので、自己満足が大である。

(iii) 皮膚表面電極を使用するので患者の姿勢がどんなに悪くても使用できる。

欠点 (i) 表面電極を使用するので多汗症の患者では冷房装置のある所でしか100%の能率が出ない。

(ii) 筋の収縮の強弱に関して閾値を覚えて自由にコントロールできるまで最近1週間ないし10日間の訓練を必要とする。

これらの方式の他に最近では電動上肢（歯または舌でスイッチのコントロールを行なうもの）の応用も行なっているが、今のところ例数が少なく（3例）優劣の比較までには至らない（写真17）。

電動上肢の場合は順に1つの関節を動かす（肩、

写真 17 四肢麻痺の患者に利用できる電動上肢

A. スイッチ B. 電動上肢

C. 頭スイッチ

肘、手根という順）仕組みなので、1つの動作に時間がかかり患者に受け入れが悪いようである。

だから現在 Highland View ではいろいろな運動の際の各関節の角度を電子計算機に覚えさせて、これを xyz の立体的三軸におきかえ、一度に全部の関節が動くように工夫している（写真18, 19）。著者の意見では、電動上肢はあくまでもリサーチの段階で、実際問題としては BFO に上述の4つのスプリントのどれかを組み合わせたほうが安価で、今のところでは時間的能率もはるかに上である。

これらの Externally Powered Devices はそれぞれ優劣があるので、訓練の際仕組みをよく患者に説明し、それぞれを一応与え試みたうえで本人の意向、家族の協力度、将来の方針などをよく話し合ったうえでどのシステムによるスプリントが最適かを決定すべきであり、先入感を持って医師が自分の考えのみで決定を下すのは禁物である。またこれらの患者の指導訓練中は、理学療法士、作業療法士も、これらのシステムの優劣を十分理解したうえで、患者のリハビリテーション指導訓練にあたるのがたいせつなことはいうまで

写真 18 xyz 軸のコントロールによる電動上肢。
両僧帽筋と菱形筋を使用
A. 電動上肢 B. 訓練用ボックス
C. 電動上肢のミニモデル (視界による
feed back のために特に訓練中必要である。)

もない。

総 括

著者は増加の傾向にある脊髄損傷患者、特に高位脊髄損傷患者のリハビリテーションにおいて独立性の向上に手根伸展を利用した Flexor Hinge Splint, および外力補助を利用したスプリント4種 Externally Powered Orthotic Devices を実際患者に応用した臨床面の立場より、それぞれの優劣を比較検討して次の所見を得た。

第6頸髄損傷患者 (第5頸髄損傷患者で腕橈骨筋の移植を行なった8名を含み) 26名において手根伸展利用による Flexor Hinge Splint を使用するには、

- (i) 最低 1.4 kg の錘りを 45° で支える力が手根伸筋 (橈側) に必要である。
- (ii) 腕橈骨筋を移植するには筋力が国際標準で G-N でなければならない。
- (iii) 筋力が弱いほど日々の違いが大きい。

4 種の Externally Powered Orthotic Devices の高位脊髄損傷患者のリハビリテーションにおける臨床的応用では、

1) 電気生理反射 スプリント を第5頸髄損傷患者 10 名に応用、麻痺筋の疲労度が強いこと、および開閉がスムーズでないことが欠点で、指先の力が 2-3 kg で適当であることは利点と思われた。

2) マッキボン筋によるスプリント を第4, 5頸

写真 19 第4頸髄損傷四肢麻痺患者のリハビリテーションで、3つの筋により6つの運動をコントロールするために、筋の収縮の度合いを訓練するボックスで、6つのランプを自由に組み合わせ可能になるまで訓練する。

髄損傷患者 24 名に応用、短期訓練可能性および故障がほとんどないことが利点で、炭酸ガスボンベの補充が遠隔地では不能であることと力が強すぎて知覚麻痺患者の指先に血腫を作ることがあり、これは欠点と思われた。

3) 電気モーターによるスプリントをマッキボン筋のグループと同じ 24 名の患者に応用、物体をつかむ際、物体の大きさに応じてモーターが止まること、およびバッテリーの充電が簡単なことは利点で、スイッチに故障が多いことと、マッキボンと同じく姿勢が悪い患者では応用が困難であることが欠点と思われた。

4) 筋電力によるスプリントを第4頸髄損傷患者 12 名に応用、姿勢が悪い患者でも使用可能で、独立性がこのレベルの患者では劇的に増加する事実が利点。多汗症の患者では冷房設備を必要とすることと訓練に長期間要することが欠点と思われた。

更に現在の段階では四肢麻痺患者のリハビリテーションに関して、電動上肢より Balanced Forearm orthoses に Externally Powered Flexor Hinge Splint を組み合わせたほうが実際面で独立性の向上に、はるかに優れていることを断言する。

稿を終えるにあたり、ご校閲を賜った久留米大学医学部整形外科教室宮城教授と、公衆衛生学教室山口教授に感謝いたします。また過去4年間あらゆる面で協力を得た Case Western Reserve 大学 Highland View 病院リハビリテーションセンターのスタッフ、特に所長の Charles Long 博士, Chief Orthotist の Vincent Masciarelli 氏に深謝します。

本論文の要旨は 1969 年 3 月 8 日, オハイオ州立大学で Robert Bennett 博士を迎えての“四肢麻痺患者のリハビリテーション”特別集会で発表した。

Bibliography

- 1) Allen, J. R., Karchack, A., Snelson, R. and Nickel, V. L. : Design & Application of External Power and Control of Orthotic Devices, American Society of Mechanical Engineering Journal, **84**, 52, 1962.
- 2) Scott, R. N., Thompson, G. B. : Orthotic Systems Research Progress Report No. 3, University of New Brunswick, Canada, 1964.
- 3) Long, Charles : Upper Limb Bracing in Orthotics Etcetera, Physical Medicine Library IX, 221, Elizabeth Licht Publisher, New Haven, 1966.
- 4) Ampersand Annual Report: Ampersand Group for Medical Engineering, Highland View Hospital, September 1967.
- 5) Nickel, V., Project Director : "Progress Report : Investigation of Externally Powered Orthotic Devices" Rancho Los Amigos Hospital, 1967.
- 6) Friedland, Fritz : Rehabilitation in Spinal Cord Injuries in Rehabilitation Medicine, Physical Medicine Library X, 460, Elizabeth Licht Publisher, New Haven, 1968.
- 7) Ogishima, Hideo : Rehabilitation of Spinal Cord Injuries and Responsibility of Society, The Journal of the Kurume Medical Association, **30**, 599, 1967.
- 8) Symington, D., Mackay, D. : Study of Functional Independence in the Quadriplegic Patient : Archives of Physical Medicine & Rehabilitation, **47**, 378, 1966.
- 9) 10) 11) Symposium : Current Concepts on Management of the Spinal Cord Injured Patients, December 6, 7, 8, Miami, Florida, 1968.
- 12) Ogishima, Hideo : Site-visit to Institute of Rehabilitation Medicine University of Geneva, Switzerland, May 1968.
- 13) Long, Charles : Spinal Cord Lesions and Functional Significance, Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation, Saunders, Philadelphia, 1965.
- 14) Freehafer, A., Mast, W. : Transfer of the Brachioradialis to Improve Wrist Extension in High Spinal Cord Injury, Journal of Bone & Joint Surgery, **49-A**, 648, 1967.
- 15) Occupational Therapy Department, Rancho Los Amigos Hospital : Mobile Arm Supports ; Ball Bearing, Suspension & Friction Feeders ; parts & their Function, Rancho Los Amigos Hospital Document OT/OL-711, 1964.

編集委員長 大島良雄

編集委員	相沢豊三	天児民和	江副勉
	切替一郎	小池文英	小林太刀夫
	佐々木智也*	佐藤孝三	鹿野信一
	田口恒夫	津山直一	松本淳*
	水野祥太郎	(五十音順 *編集幹事)	