

綜 説

生体と無機体との連合

中 村 富 夫 *

人体運動器の治療目的のために、種々の器具が利用されているのは衆知のところである。運動器以外の分野でも利用されているとはいえ、その適応範囲といい、目的の多様性からいっても整形外科領域ほど関係の深い科はないといつて差支えないであろう。

器具即ちその大部分が無機物質によつて構成されたものの生体への利用には、その生体との連合の方式において、その目的の如何で当然異なつてくるが、特に多様の目的を同時に満足せしめようとすることが多いので、一見同様の目的であつても、その方式は種々に変動してくるものである。ここに生体と器具（無機物体）との連合のむつかしさがある。

連 合 の 型 式

人工心肺、人工腎臓或いは人工頭脳等は別として、通常整形領域で利用頻度の高い器具の生体との連合の型式は、大別して体内利用と体外利用の2種である。体内利用の代表例は骨接合用の金属性の器具或いは人工骨頭並びに人工関節等であり、体外利用では義肢或いは装具等が挙げられる（この場合眼鏡や松葉状の如く体表に接着しないものは論外とする）。しかして一般に体内利用の場合は、その無機物がその組成においても、機械工学的にも、それが生体組織並びに機能に及ぼす作用が極めて重大且つ直接的であるので、これらに関する検討は必然的によく行なわれて来た。体外利用のものでは、欠損部の形態学的及び機能的補填を主目的とした義肢は、その効果が露骨であるだけに相当よく研究されて来たが、装具の場合は兎角効果の緩慢性と不明確性から、前2者におけるが如き慎重な検討に欠ける所があると思われる。

体 内 の 連 合

従来体内利用の最たるものは、鉄製品に鍍銀したもので、螺旋釘、内副子 (Lane, Lambotte) 外副子 (前田式, Lambotte 式) 等から今日の 13 Cr 鋼→18-8 Cr

-Ni 鋼→22 A 鋼 (臨床応用-飯野 1951) より非鉄金属 V2A (独), Vitalium (米) への変遷を遂げたのであるが、その型式においても機工的に種々の工夫が加えられた。更に用途も骨髄釘 (Küntschner 1951), 人工冠 (Artificial cup, Smith-Peterson 1938), 人工 Socket (Urist 1957), 人工骨頭 (Moore, Bohlman, Judet), 人工関節 (Alloplasty) にまで利用され、最近 Acryl 樹脂製品もその耐摩性を除いては廉価と加工性の点から高く評価されるに至つた。

この変遷の陰には、鉄成分の生体組織に及ぼす影響に関する多数の研究があり、例えば Bowden, Williamson & Laing 等 (1954) は Electrolysis を初めて調査し、Wright & Axon 等 (1956) は生体と鉄系物体との間の弛緩現象が、Electrolysis による生体侵害作用によるもので、これが単位時間内の電流量即ち Circuit の電導度に比例して発現することを明らかにし、金属の化学的組成 (Chemical composition), 表面磨耗理論 (Surface abrasion effect), 所謂 "Colled Weld" Effect (締め力の相互伝達作用面効果), 機械的歪曲効果 (Mechanical distortion effect) 更に電解液中で同一金属体がその一部で高濃度酸素に曝された場合、その部分が Cathodic となつて Electric Current を誘導するという Differential Oxygenation Theory その他の miscellaneous Factor についての詳細な検討がある。一方鉄系金属の生体への連合には、単に Electrolysis のみならず直接組織に悪影響を与える事実も究明された [Sching & Uehlinger 1942 (Chromium), Heath 1954 (Cobalt), Heuper 1955 (Nickel), Tietz, Hirsch & Neyman 1957 (Spectrochemical Research) etc]。かくて鉄系金属の生体連合の適否は、その本質的欠陥の外、機械工学的不備性からも吟味された結果漸次その運命は衰微の徴を示し、V2A 或いは Vitalium, Acryl 樹脂更には有機物利用の方向へと変遷して来た次第である。

体 外 の 連 合

体外利用で最も顕著なものは義肢であるが、これも

* 富山労災病院副院長, 金沢大学講師

また20世紀初頭より研究が進められ、Franz Schede (1919)の大腿義肢理論は、同時期の独逸工学者Schlesinger (1919)の工学的研究に互し、当初は単なる支持性しかなかったPylon, Steizbeinの単純義肢から、複雑な関節接手の研究、義肢Alignmentの諸問題から、歩容及び歩行能率の良否にまで検討の眼が向けられるに至った。上肢についてもそれぞれの見地より吟味が加えられ、今日の義肢が装飾肢としても作業肢としても古い時代のものと同様の相違があるのも、結局は先人達のこの道における真摯な研鑽の賜ものである。近年の2、3の動向を見ても、加州大学義肢研究班の義肢理論及びその製作論の外、吾が国においても阪大(大市大)水野教授一門による多方面且つ詳細な基礎的業績を始め、国立身体障害者厚生指導所の稗田博士、関東労災(横市大)水町博士、九大、神医大の田中、新大の北川、玉造整形の浜本、伊藤の諸氏の研究がある。要するに欠損した部分の形態と機能の回復を目的とし、生体の有する有機的機構を無機体を以て補填充足せんとする悪戦苦闘の姿である。元来生体の有する構造及び機能は、運動器の範囲に限定してみても、極めて微妙巧緻で、そのすべてに相当するものを無機体で構成することは不可能に近い難事であり、しかも無機体自身には自らを駆動する源動力を有せず、止むなくこれを残存生体の一部に依存しなければならない所に、生体と無機体との連合に関する一大重要問題が生じてくる。義肢と生体との連合を可良ならしめんがために近年Suction Socket方式の研究も進められたが、その適合一つの問題の解決にもなお検討の余地が少なくないことは、著者も先年報告の通りである。しかしながら年々歳々著しい進歩の跡をみるのは、一重に生体力学と義肢の機械工学的理論の研究によるもので、このような在り方は、他の分野にも充分採用されてしかるべきものと解される。

装 具

ここで眼を装具に転ずるに、遺憾ながら紋上の如き真剣な研究は今日なお行なわれていないように思われる。著者の涉獵した限りでは、この方面の業績発表には殆んど遭遇し得なかつた。

元来装具の使命とされている所は、固定(または可動制限)、免荷、矯正の3大目的の外、保持、牽引等が挙げられている。通常臨床に応用される場合は、疾病の種類と症状から、作製されるべき装具に附与すべき目的の数と種類が決定され、これによつて型式及び構造が考慮され、同時に資材も吟味されるべきものである。一般に装具の目的及び種類の数は単数の場合よ

り複数のことが多く、従つて作製された装具は多目的機構を有する一種の機械とみて差支えない。また使用材料や型式及び構造の良否は治療成績に重大な影響を与えることも論を待たないのであるから、如何なる条件がこの良否を決定する根拠となり得るかが大切な問題となり、更にこれを解さざる限り装具の処方も検収も不完全といわねばならなくなる。

備うべき条件

著者は装具を、多目的機構を有する一種の機械であると称したが、装具の具備すべき使命が何れも生体に対する立体的、力学的作用に終始する所から、この機械は立体的静動力学的作用機構を有するものと解すべきである。さてこの種の機械には機械工学的観点より基本的に備うべき幾つかの条件があり、更に対象が動静不整の生体であるが故に、特に考慮されねばならない幾つかの条件もある。今それらの中、重要なものの数種について述べてみる。先ず基本条件としては

- 1) 耐熱度の質, 量, 形
- 2) 耐水度の "
- 3) 耐湿度の "
- 4) 耐磨度の "
- 5) 部品の互換性
- 6) 補整の可応度
- 7) 防, 消音機構
- 8) 操作の難易度
- 9) 経済的普遍性

があり、特に生体を対象としての条件には

- 1) 軸焦点の Alignment
- 2) 許容動の質, 量, 形
- 3) 力学的可応度の質, 量, 形
- 4) 衝撃の深度
- 5) 衝撃の感域
- 6) 感応性フィードバック
- 7) Setting Area
- 8) 周期治療の対応性

等が挙げられる。

これらの条件は必ずしもこれで充分なものではないが、少なくとも考慮すべき重要条件といえよう。基本条件としての諸項はいわば常識的なものであるが、特に生体との連合上、引火性や熱変性を含む耐熱性、装具の場所(広義のSetting Area)による発汗、尿管に対する耐水、耐湿性に対する考慮は決して等閑に附してはならないし、また徒らに損耗甚だしく短期間に所定の要素が変動するものも不良である。しかして耐磨性は絶無には出来ないで常に部品の互換性や補整の

可応度は高く設計されねばならない。一方において金属部の動力学的应用にしばしば発生する雑音もまた生活環境を著しく不快にするから、それらに対する防音或いは消音機構も充分考慮の必要がある。更に装用操作は容易であるべきで、高等な作用を期待する余り、操作極めて複雑であつたり、誤用されて逆効果を来たすが如きことがあつてはならない。しかも経費は可及的廉価で多数の人が普遍的にその恩恵に浴し得るようであればならない。

特に生対を対象としての諸項は、これが治療効果に直結する意味で吟味を要する所となる。軸焦点の **Alignment**；——最も重要な点は軸焦点の **Alignment** である。即ち前述の如く装具は立体的静力学的作用機構を有する一種の機械と見做されるから、装用された生体との間に一定の立体的作用域が構成され、その中に自ら作用力の焦点乃至は軸が形成される。この作用軸特に軸焦点は生体の治療対象に一致しなければならず、若しこれが不当な場合装具は却つて有害無益となることも忘れてはならない。この作用軸乃至軸焦点は固定、免荷、矯正の何れにも最も深い関係を有するので、仮合せ及び検収時点検の最大眼目となる。吾々の軟性 **Corsett** の設計に特殊の **Back-steel** を併用し、作用軸を腰椎に近接せしめる他種々の合理的作用を保有せしむる如く考慮しているのもこの理由による。

許容動の質、量、形：——生体と無機性の装具との間には、その硬度の差及び生体の体肢位による形態変動性のため、固定装具と雖もその相互間に間隙性動揺ともいふべき可動域が存在する。矯正及び免荷の場合もまた同様であるが、要は如何なる質、量、形におけるこの種の可動性を許容しても、本来の目的に副い得しめるかが許容動の問題である。換言すれば目的を逸脱するような可動は許容しないが、生理的悪条件は極力避けようとする著眼が大切であるということになる。軟性 **Corsett** でいうならば吾々の **Back-steel** 併用によつて、不良な前後方向の許容度を減殺し、左右方向の許容をやや許し同時に主免荷部（側面）の役割が著しく変動しないように考慮されている如きである。

力学的可応度の質、量、形：——絶対固定は別として或範囲の共働動作を許した装具も少なくない。可動免荷、可動制限、可動矯正の装具がそれである。かような場合許した可動範囲は治療上有益無害な範囲であるべきは当然であるが、ここで問題になるのは、許した範囲内の動作に基づき生体と装具の相関々係に変動を生ずる点である。装具はその可動全域において本来の使命通りの力学的対応性がなければならぬ。こ

こに力学的可応度の質、量、形が考慮される由縁がある。**Pes epuino-varus** の後療法での可動装具では、可動域の変換と制限並びに可動全域における **Calcaneo varus** の矯正力とが同時作用される必要があり、軟性 **Corsett** では限界を越えた屈位では失効するので、これを対応可能域に留むるためには吾々のように **Back-steel** の併用が望ましいこととなる。

衝撃の深度：——装具が生体の固定、免荷並びに矯正の目的である以上、生体の何処かに作用圧が加えられる。強度の場合は疼痛となり、弱ければ圧迫として感ぜられるが、これを広義の衝撃と称し得よう。その強度や生体に及ぼす作用深度は限界内であれば許容され、限界を超えれば装用を困難ならしめる。強度や深度の調整は加えられる圧力の強さと、これを受ける生体の受荷面積との相関で左右されるから、その限界を加減し、常に最大の作用圧に対応し得るように設計し、以て治療効果の向上と期間の短縮に資せねばならない。股関節免疫装具における坐骨結節受け部には、前後長軸随円の凹型受託法により、面積の拡大に基づく衝撃緩和と可動対応性とを附与するが如きはその一例である。

衝撃の感域：——深度に併せてその衝撃を感受する部分の広さや深さが感域である。感域は必ずしも一定の強度で一定の感覚を生ずるものでないから、特に精神的苦痛を招来せざるよう配慮すべきである。尤もこれらの深度や感域の存在は、或る意味において治療上の必要条件でもあるから、安易な見方で絶無ならしめる必要はない。寧ろ適当に附与すべきである。その理由は次項に述べる。

感応性フィードバック：——フィードバックは電気工学では出力の一部を入力回路に戻し、出力の自動制御を企図する一種の手段である。装具の装用で発現する種々の衝撃は、圧迫或いは疼痛の不快感を生じ、生体は不快感が強ければ強いほど強く逃避態勢を採ろうとし、結果的に装具の規定する所に生体を順応するよう自己支配命令を発する。かくて生体は装具の企図する所に順応（自動的矯正）し、従つて衝撃も減少するという循環作用が殆んど無意識下に発現する。これを感応性フィードバックと解したい。矯正の場合特に重要な要素であり、これを無視した矯正はあり得ないといつて過言でなからう。要は適当な苦痛（出力）をして自ら矯正位に順応せんとする指令（入力制御）を発し、ここに矯正作用（自動制御）が行なわれるよう設計すべきである。軟性 **Corsett** 装用に際し巷間しばしば患者側の苦情から、安易に部分切除を行なう例をみるが、叙上の理論を信条として適切に設計された

装具は容易に切除希望に妥協出来るものではない。また苦情によつて安易に変更される装具では、医師への信頼まで損うものと思われる。

Setting Area : — 体表に接着する装具は体表の生理作用を阻害し、小児においては装具自体の重量が相当の負荷となり或いは発育の障害ともなり得る。従つて装具の設計は治療目的に通ずる“必要にして充分な”最小の区域を利用すべきで、無意味な部分はすべて排除すべきである。但し作用軸始め前掲の諸項を満足せしむるに必要な **Area** は便宜上の理由で切除廃棄すべきではない。固定、免荷、矯正には何れも解剖学的及び作用力学的に所要の **Point** 及び **Area** がある。その部分を巧みに得て初めて適切な **Setting Area** が決定され、特に仮合せ時に慎重検討の条件となる。**Corsett** の上限は罹患腰椎の高さに関係があり、矯正の場合は1目標につき必ず3点の作用 **Point** がなければならない。**Point** または **Area** 以外は不要である。要は **Area** が小さくて治療効果の高いものを設計することである。

周期治療の対応性：— 整形外科的疾患にはしばしば軽快、増悪を繰返すものが少なくない。また装用離脱を治療指導上命ずることもある。従つて装具には周期治療に対する対応性を有せしめねばならない。特に

発育期、小児の場合の外、矯正の場合一定の段階で、次の矯正に追いつける必要もあり、容易に之に対応出来る機構を初めの作製時具備すよよう処方すべきである。

以上装具の資材、型式及び構造の決定に資する目的で、機械工学的見地からの数種の条件を述べたが、今後の装具処方に関し些かでも参考になれば幸いである。

む す び

生体と無機物体との治療上の連合は、体内体外を問わず、適合をあらゆる意味で完璧にすることは至難の業である。幸いに先人の業績から教えられる所が多いとはいえ、未だ装具に関してはなお研究の余地が少なくない。漠然たる旧来の在り方に新たな観点から吟味を加え、物理学、機械工学或いは電気工学等各方面の協力を得て、如何に簡単な装具と雖も信念を以て調整し、安易な妥協や誤つた指導に陥らぬようお互いに努力して行きたいものである。

(執筆するに臨み、御指導頂いた榮科学研究所長榮瀨寺裕先生に深謝の意を表します)