

〔綜 説〕

姿勢と運動の病理 — 一試論

東京女子医科大学第2病理学教室

教授 梶 田 昭
カジ タ アキラ

(受付 昭和42年6月6日)

Posture and locomotion of man. Notes on their pathology.

Prof. Akira KAJITA M.D.

(Department of Pathology, Tokyo Women's Medical College)

Man's posture as well as his style of locomotion is regarded as the culmination of the evolutionary steps throughout vertebrate history. With the acquisition of bipedal habits, the locomotor system led to special types of organization; the differentiation of the forelimb toward the working hand, the reduction of head-supporting ligament, the formation of promontory and eminent development of the musculature of the lumbar region (m. erector trunci group). Some disorders (e.g. whiplash injury, occupational tendovaginitis, senile kyphosis) can be related to the transitoriness of the evolution and/or imperfect adaptation of our locomotor system. Special emphasizes are laid upon the dynamic character of the posture, maintained by the combined action of tachytrophic striated muscles and bradytrophic tendon and skeletal system.

1. 動物と運動

原形質あるいはその複合体としての多細胞体制(個体)は、不断の代謝回転を行なうことによつて自らを維持しているが、この事実を形態の言葉で表現すれば、細胞ないし個体が、不断の変形と流動の中にあつて、かつその固有の形態を維持しているといふことができよう。方向性をもつた原形質の変形・流動を収縮とよぶが、それは原形質の本来の特性の一つに数えられている。そしてその特性が分化して、今日の段階で一つのきわまりに達したものが筋細胞である。顕微構造によつて、筋細胞が平滑・有紋の2群に分けられること、概して、平滑筋は収縮・弛緩をゆっくりと、有紋筋はすばやく行なうといふこと、腔腸動物、

扁形動物、環形動物等でも部分的に有紋筋が現われるが、有紋筋が骨格と結合して高度の運動能力を発揮するのは節足動物と脊椎動物であることなどは、われわれが動物学の書物から学ぶことができる、いくつかの基本的な事実である¹⁾²⁾。哺乳類のからだをみると、その外的環境内での移動—食餌を獲得するための迅速な運動が要求される—は有紋筋-骨系統によつて行なわれ、いったん摂取した食餌の消化管内での移動は、継次的な消化、吸収の連鎖に一定以上の時間を要するものであり、この要請に適応して、内輪外縦の二層の平滑筋によつて行なわれている。消化管は系統発生的にも(腔腸動物における Enteron)、個体発生的にも(原腸胚における Archenteron)、もっとも古い

体制を引きついだものであり、こういう機構を、若干のつくりかえはあっても存続させながら、これに overlap して、運動器という、より新しい機能・形態系がつけ加えられていったとみることができよう。

はじめに、不断の変形と流動の中であって、かつその固有の形態を維持している、と述べたが、このことは、動物のいわゆる静的仕事にもっともその特長があらわれている。われわれが、単に立っているとか、何かの物体を手を下げている、といった種類の「仕事」は、物理的な仕事の定義—力と距離の積—からいうと、その量がゼロである。しかしそれがエネルギー代謝を伴い、その持続が疲労と苦痛をさえ生み出すのは周知の事実である。それは、この一見、静止した姿態が、けっしてただ静的な均衡ではなくして、必要な筋群の持続的な収縮によって保たれているからである。とくに保持仕事にさいして、しばしば不快感から疼痛にまで発展するのは、筋収縮によって組織圧が亢まり、血流の障害がおこるからであると考えられている。このさい、最大可能な筋力の5%の緊張度ですでに血流の減少がはじまり、約1/8の緊張度で血流は完全に停止するという⁸⁾。

2. 姿勢について

紡錘形の体型と、体節性の筋装置を具えた原始的な脊椎動物は、渦や、簡単な流動にさらされている海中よりも、むしろつねに一方方向に流れる川の中で、この方向性に機縁づけられて発展したのであろう、というのは Chamberlain⁴⁾ の考えであった。新しい環境との出逢いを、常にかからだの前端でうけとめるという習性は、頭部の諸感覚器と、これと密接に関連した前部神経管の特殊な発育を促したにちがいない。しかし動物が水棲である限り、ある姿勢を保つことは比較的容易であったと思われる。姿勢ということがとくに問題になるのは、陸上生活が始まり、浮力がなくなって、動物が筋力で重力と対抗しなければならなくなってからのことである。Gray⁶⁾ は、ひれが、水中生活における平衡装置から出発し、それに強さと運動能が与えられて extrapropeller にかわり、

ついに前後2対の関節肢となって爬虫類の全身を支えるに至る過程をえがいている。四足動物が立位をとりうる条件は、四肢で囲まれる四角形の中に重心が落ちるということであるから、一見なんの困難もない。ただこのばあい、脳ひいては頭蓋の増大は、一定の制約をうけざるをえない。頭蓋の重さは L^3 のデメンションで増加するが、頸部の保持力は L^2 のデメンションでしか増加しない——大きい頭蓋をもつ四足動物は、ウシのように太く強い首か、ゾウのように短かい首をもたなければならない。これは Thompson⁷⁾ がその古典的な著作の中で指摘しているところであるが、じっさいからだの大きい四足獣では、項部の筋がよく発達している。

立位に移ったことによって、ヒトは、一方で骨盤—下肢系への負担が増したが²⁾、上(前)肢が自由になり²⁾、同時に頭蓋の増大を保証した⁸⁾。Gehkonstante (体重kg当り、道のりm当りのエネルギー代謝)は、ヒトにあっては、同体重の四足獣よりも低い⁸⁾ という。われわれは、歩行という動作において、全身の釣合いを保つことに比較的大きい労力を使わないですむのである。しかし特殊な作業条件、たとえば四つんばい、あるいは臥位で仕事をするということが強いられ、しかも視界を広げるために、頭部を拳上しなければならない時には、項部、肩部の筋は不相応な張力のある時間にわたって維持するという静的仕事が必要になり、発育の悪い項・肩部の筋が構築上の弱点として露呈するのである。これらの姿勢にさいして上肢の不自由化という不利も加わるが、ここでは立入らない。

立位で全身の釣合いが保たれるということは、重力に対抗して、腹側背側の筋群が常にバランス

注1) 2足歩行による体重負荷が、くる病性骨格とくに下腿骨に変形作用を及ぼすことについては阿達¹⁾の実験がある。

注2) われわれは剖検時、上腕動脈と大腿動脈を含む二つの Stück をとるが、この二つは、前者には太い神経幹(正中、橈骨、尺骨神経)が随伴し、後者には、股静脈が伴われていることから両者を簡単に区別できる。これは下肢の血液収容能、上肢の洗練された運動性を示すものとして象徴的である。

のとれた綜合作働をしているからである（抗重力筋群）。とくに重要なのは、背側の多裂筋(m.multifidus),最長筋(m.longissimus),腸肋筋(m.iliocostalis)などのいわゆる体幹起立筋(m.erector trunci)であつて、耕作、薪わり、餅つきなどをしたあと腰が痛むというのは、主にこの筋群であるという(藤田⁹⁾。

臥位から坐位、立位に移った時のエネルギー代謝の増加は、それぞれ、3～5%、8～10%である³⁾。立位を保つということは、モデル的に考えれば、腹、背側の引っぱり力が等しいということだけが条件で、その力の大きさは問わないはずである。またこの引つばる機構は、棒の両側から結びつけた糸を支点に固定するというよりも、この糸自体は自由にしておいて、二つの巻取機にかかった糸の張力を、摩擦を介してこれらの糸に伝えるというモデルを想定した方がよい¹⁰⁾。これによって、一種の粘弾性体である動物のからだは、衝撃にたいしてもっている緩衝作用を表現できるからである。

同じく立っているのにも、楽に立っていることもできれば、過度に力をこめて直立不動で立っていることもできる。ただ立っているよりも、ぶらぶら歩いている方が場合によっては疲れないというのも、一つには Muskelpumpe による血流の促進効果もあろうが、一つには余計な筋肉の緊張をさけるという効果があるのであろう。筋肉を自由にし、一々の行為に過不足のないエネルギーを使うように訓練するというのは、いわゆる Stanislav'skii system の一要諦であるらしい¹¹⁾。

頸椎の関節突起の特殊な傾斜によって、頭部のかなり自由な前後屈が保証されているが、このため、頭部の不自然な傾斜、後屈を就眠中につづけ、異常な筋緊張(神経根への影響もありうるのであろう)によっていわゆる「寝ちがえ」がおこるといふ(山本¹²⁾)。粘弾性体とはいっても、homogeneousな物体ではなく、一個の体制である以上、緩衝作用が、運動器系の協働によって成立つものであり、訓練の度合いの差や本来的な個人差があることは、高い所からとびおる時のことを考えてみ

ればよい。特殊な例としては、“whiplash injury”が知られている。自動車で追突をうけた時に、頭が一度のけぞって、ついで反動でひどく前傾する、というのがそれであつて¹²⁾、ここでも項部の筋・靱帯系が、減衰機構として働くだけ十分強力でないことが反映している。

3. 作業について

作業とは、「対象に対し志向的に働きかけ、或いは意志的に支配する精神過程または心的現象」(広辞苑)と定義されている。働きかけは、手およびその延長としての道具をもって行なわれる。自動制御は今日では部分的にしか行なわれていないから、一般的には、視覚によるコントロールが志向的、意志的といわれる手つぎの生理的内容となろう。とすれば、対象の位置、道具が作業姿勢を決める重要な要因となる。Lehmann³⁾が引用している島作の例でいえば、短かい熊手で作業すると強度のかがみ姿勢にならなければならない。かがみ姿勢は、しゃがみ姿勢、膝つき姿勢よりもさらに不自然な姿勢で、関節の固定、からだの平衡等の静的仕事のみですでに安静時代謝よりも50～60%増しのエネルギー代謝を必要とし、背筋の持続的な過伸展が強いられ、さらに、頭部の垂下と胸腹部の圧迫によって血液循環(とくに静脈血の心内還流)がさまたげられる。もしもこの熊手にやや長い柄をつければ、ずっと軽度の前屈姿勢ですむ。しかし前屈を必要としないほど長い柄をつけると、眼と対象が離れすぎ、正確さの点で欠陥が出てくるのである。

この例でもわかるように、農業、鉱業のように、対象が自然、しかも ground level^{注3)}(鉱業のばあいはいしばしば undergroundである)ということになると、道具の利用がよほど考慮されない限り、どうしても作業姿勢が不自然になりやすい。大橋¹³⁾によれば、田植労働は、1日12～13時間にわたり、熟練者は1日1反歩、約16,500株の苗を

注3) 狩猟・採集の経済生活を特長とする百万年に近い旧・中石器時代ののち、農耕作業という新しい生産様式、新しい作業内容が出現する。ここで直立姿勢をとったヒトは、再び ground level にひき戻されることになる。

うえるという。水田であるから、しゃがみ姿勢や膝つき姿勢は不可能である。刈とりは1日約7畝、11,000ないし12,000回、刈とりの動作をくりかえすわけである。東北の水稲単作地帯では、男女ともに早老の傾向が目立ち、逆に、早期、骨格の発育が不十分な未成年者が一人前の根幹労働力であることを求められる。その結果、身長、下肢が短かく、胸囲が広い、独特の「職業的な体格」ができ上る、という。

工業生産では、作業姿勢は、機械の改良によってかなりの程度まで不自然さをさけることができる。しかし農機具といわず、その他の分野での機械、道具といわず、いったん採用されると、こんどは違った様式への変更がきわめて困難である。こういう道具の Starrheit は、多くのばあい根拠のない伝統の固守に基づいていると Lehmann⁸⁾は指摘している^{注4)}。

4. 組織複合体としての運動器

—その不全への途

運動器を構成する組織成分はすべて中胚葉に起源しているが、中胚葉系の分化を辿ると、脊索（椎間板の中の髄核はこれに由来している）が最初に独立した構造物として形成され、筋も漿膜上皮や尿性系と共に比較的早い時期に分化の道をとる。これらはいずれも再生能力の少ない組織に属している。中胚葉の残りの部分がすなわち間葉であって、これは充填組織として、骨、軟骨、結合織（および血管系）の母体に他ならない。これらの組織は再生性があり、かつ多かれ少なかれ分化の

上での multipotency をもちつづけることは、われわれがこいう組織の反応性・腫瘍性増殖において日常出逢う事実である。

一方に筋を、他方に骨、軟骨、結合織をおいてみると、両者の間に、栄養条件の上でもきわめて著しい差があることに気づく¹⁶⁾。前者は速栄養組織 (tachytrophes Gewebe) に属するもので、酸素需要が高く、毛細管網の発達が良い。後者はこれに対して、いずれも遅栄養組織 (bradytrophes Gewebe) であって、酸素要求が少なく、これに照応して毛細管網の発達がわるい。流血との代謝上の交換は、比較的長い道のを經由する拡散にもっぱらたよることになる。拡散は、きわめて原始的な物質運搬の方法で、必要時間は距離の2乗に比例して大きくなり、またその効率は組織の透過性に大きく依存する。距離や透過性は、組織にとっては、いわば与えられた形態条件であって、血流のように、必要度に応じて、血管壁平滑筋の Tonus をかえることによって供給を調節するというようなことができないのである。

筋と骨格は、腱という、膠原線維を主成分とする bradytroph な組織を媒介としてはじめて結合しているのが通則である。上肢をみても、本来の筋組織は、手掌・背までで、これより末梢の指部では、筋とくらべて慣性のはるかに少ない腱が筋につつき、骨格に付着している。これが手先のこまかい仕事を可能にしているのである。

遅栄養組織は、ほんらい間質—それは多細胞体制における内的環境に他ならない—優位の組織であって、加齢と共に、水分の減少、タンパク質の増加による緻密化、コレステリン、カルシウムなど、不溶物の蓄積がおこり、透過性を減少させる。Linzbach¹⁷⁾は、このような間質の変化を老化の一次的な表現とみなしたが、それはかれの、加齢による気管軟骨の変化、動脈の硬化過程の研究に基いたものであった。筋—速栄養組織としての—の加齢による変化は、むしろ実質の萎縮、減少であり、それは組成上の変化を伴い、結果として、筋力、効率の減少が観察される。

保持仕事が、筋組織の血流を障害しつつその持

注4) 道具の中で興味のあるのは、車というものの発明である。節足、脊椎動物では、筋は関節のある剛体（骨格）に付着し、筋・骨格がテコとして作用する。そうしてヒトが作り出した最初の機械はテコであった。テコに加わる力と重さが、支点を中心として円を描くことを知った時に、車輪と車軸が発明された。今日人工的な運動機械は、原則として回転に依存している。しかし Gray⁹⁾が指摘しているように、すべての部分が血管、神経で連絡している動物体では、回転という機構はありえない。車の発明によって、ヒトは自然が本来そなえている運動様式と全くはなれた、独立した機械を作り出した、ということになる。

統的な収縮を強いるという点において、本来速栄養的な筋に *Bradytrophie* をおしつけるものとすれば^{注5)}、筋-腱系の過度の反復運動は、とりわけ腱および腱鞘といった速栄養組織に *Tachytrophie* を強制することになる。例えば水田除草、苗取、田植等の作業において、しばしば母指伸筋、総指伸筋の腱・腱鞘炎がおこるといふ（いわゆるそら手、こう手）。飯島ら¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾によれば、それらは急性・亜急性の漿液性炎であって、しばしば慢性化して狭窄性ないし癒着性の腱鞘炎に移行する。筋-腱系の作用様式の偏りが、必然的に代謝条件をズレさせる—それは言葉通りの意味で異栄養 *Dystrophie* に他ならぬだろう。

脊柱を構成する組織要素（椎体、椎間板、靭帯、筋）にしても、生物学的な性格、ひいては物性的な特質においてそれぞれ異質なものであって、椎体、椎間板、靭帯（骨、軟骨、結合織）のあり方によって決まるものは消極的な *Stellung* であり、これに対して筋系は積極的に *Haltung* をきめる²¹⁾。この両者の共働によって姿勢が決まることになる。

四足獣の脊柱をみると、頸胸部移行帯における短い前弯、胸・腰・仙椎部にかけての長い後弯を示すが、ヒトでは、この胸・腰・仙椎部の後弯に、胸椎下部から腰椎にかけての前弯が挿入され、腰仙部の移行は岬角（*Promontorium*）とよばれる鋭い屈曲ができることになる。この岬角は、新生児では萌芽的であって、坐位、立位をとる時期に至ってようやく完成する。新生児の脊柱はがいして単調な後弯を示し、頸部の前弯は腰部のそれに先んじ、それぞれ、頭部のバランスがとれるようになる時期、ついで坐・立位が可能になる時期に形成される、という。腰部の前弯とこれ

に伴う岬角の形成が、四足獣からヒトへの移行——立位歩行——と密接に関係していることは明らかであろう¹⁵⁾。これに伴って、骨盤の形状、位置の変化、靭帯・筋系（とくに体幹起立筋）の発達がおこることになる。この部位こそ、「人類の過渡的弱点を示す腰仙部構築」（飯野²²⁾）として、「腰痛」を中心に障害の集中する場所である。

運動器を構成する諸要素の加齢変化が総合され、巨視的なレベルで観察されると、それは歩き方、姿勢、表情、話し方、書体等々の老化となる。老人に特徴的な脊柱の後弯傾向にしても、脊柱を構成する一つの要素をとりあげて、これのみに責を負わせることは困難である。

老人性円背が、ドイツでは胸椎円背であるが、日本では腰椎円背（腰椎の生理的前弯が消失して後弯位をとる）であるという²³⁾。胸椎の生理的後弯が過度に強調されることは、胸廓容積を広げる効果をもち、ひいては肺組織をおしひろげることになる。これは老人性肺気腫への一つの道として知られているが、わが国では、この種の過程がドイツなどとくらべて一般により軽度なのではなからうか。

これにたいして、わが国でみられる円背は、とくに農村の老婦人にみられる「腰曲り」²⁴⁾²⁵⁾に典型的な腰椎後弯であって、習慣性ないし作業性円背からの移行が強く想定されている。高橋らによると、40代の後半から急に頻度が増加し、かつ脊柱の可動域の減少を伴ってくる。すなわち椎間板、靭帯などによる *cushion* 効果がすでに消失しているために、体幹起立筋系による補正が効かないのである。このさい、もっとも *labil* な要素としての椎間板の水分の減少、膨脹性・弾力性の喪失は、後弯の成因として第一に重視せねばならないであろう。椎間板は狭くなり、一般に身長は短かくなる。

椎間板の変性にさいして、局所の間葉系が骨新生（骨棘、骨堤）をもって反応する機転は不明であるが²⁶⁾、Müller²⁷⁾によれば、それは機転において修復的なものであり、これによって脊柱は、

注5) 衣服の起源としての腰紐が、何よりも採集物の運搬のためのものだったという有力な説がある²⁸⁾。腕を、保持仕事という *static* な用途にあてることを避けるために、本来 *static* な胸の周囲に採集物をぶらさげることが思いついた、というのは自然な想定であろう。素手で自然の脅威に立ち向うためには、身を *dynamic* に一柔（やわら）に一保つことが必要であったにちがいない。

運動性を犠牲にしてその荷重性を改善・代償するという。いわゆる変形性脊椎症 (Spondylosis deformans) とよばれるものに当るが、こういう所見を直ちに病的として、腰痛などの訴えと結びつけることは整形外科医の戒めているところである。骨多孔症 (Osteoporosis) による椎体変化がおこれば、すでに代償がきわめて困難になることは想像にかたくない。この状態は、タンパク代謝と関係が深いとされているが、一般にはむしろ高齢者で前景に出る事件であるらしい。

このようにして、可逆的な Haltung としての円背から非可逆的な Stellung としての円背にまで進行し、ついには硬組織の退行変性によってこの Stellung の維持さえ困難になれば、それは脊柱不全の状態にほかならない。ここで一貫しているのは、脊柱という機能形態にかかる負担と、脊柱が本来もっている構造との矛盾が、老化という、避けられない過程を中軸として漸くあらわになっていく移りゆきである。椎体、椎間板、靭帯、筋からなりたつ dynamisches Rumpfsystem (Müller²⁷⁾) において、一つの要素の変性・失調は他の全要素に連鎖応反をひきおこす——筋の緊張や骨の増・改築 (An- u. Umbau) によって代償しきれなくなったときに、この系は破綻するのである。

このような過程が、必ずしも天文時間と歩調を一にせず、異常な生活・作業条件ではすでに早期に、かつ歪められた形で現われうることは、上述したところからも明らかであろう。それは、人為的・社会的な諸条件の中で、偏った適応を、しかもヒトとしてもっている形態・機能条件の許す範囲で行なっていく姿である。そうしてそれは、からだの諸臓器機能がそれぞれ、また相互の連関において営んでいく適応様式の一部である。

森崎教授に草稿を読んで頂き、種々御教示を賜わったことを付記して謝意を表する。

文 献

- 1) **Andrew, W.:** Textbook of comparative histology. Oxford Univ. Press, New York (1959)
- 2) **Ramsay, J.A.:** Physiological approach to the lower animals. Cambridge Univ. Press, London (1952) (伊藤智夫氏による邦訳がある。納谷書店刊)
- 3) **Lehmann, G.:** Praktische Arbeitsphysiologie. 2. Aufl., G. Thieme, Stuttgart (1962)
- 4) **Chamberlain, T.C.:** (5) による
- 5) **Smith, H.W.:** From fish to philosopher. Little, Brown & Co., Boston (1953)
- 6) **Gray, J.:** How animals move. Cambridge Univ. Press, London (1953) (柳田為正氏による邦訳がある。岩波書店刊)
- 7) **Thompson, D'Arcy, W.:** On growth and form. Cambridge Univ. Press, London (1942)
- 8) 香原志勢: ヒトの老衰. 自然 昭35年1月.
- 9) 藤田恒太郎: 生体観察 第5版 南山堂 東京 (昭35)
- 10) ロゲルギスト: 人はなぜ疲れるか. 統物理の散歩道. 岩波書店 東京 (昭39)
- 11) **Rapoport, I.:** (山田肇訳): 俳優の仕事. 未来社 東京 (昭30)
- 12) 山本浩: 外来でみる整形外科あれこれ. 文光堂 東京 (昭38)
- 13) 大橋一雄: 東北農民の早老について. 労働の科学11 761 (昭30)
- 14) 阿達恒一: くる病 Bipedal Rat の骨変形に関する研究. 日小児会誌 67 762 (昭38).
- 15) **Keith, A.:** Man's posture. Notes on its evolution. [in Ellis, J.D. (ed.): The injured back and its treatment. Thomas, Springfield-Baltimore (1940)]
- 16) **Bürger, M.:** Biomorphose des Menschen. [in Landois-Rosemann: Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 28 Aufl., Bd. 2, Urban & Schwarzenberg, München-Berlin (1962)]
- 17) **Linzbach, A.J.:** Vergleich der dystrophischen Vogänge an Knorpel und Arterien als Grundlage zum Verständnis der Arteriosklerose. Virchows Arch. pathol. Anat., 311 432 (1944)
- 18) 飯島貞司: 「こうで」(手指腫・腱鞘炎) に就いての臨床的及び実験的病理学的研究. 農村医学 7 166 (昭34)
- 19) 若月俊一・ほか: 農繁期病としての手指腫及び腱鞘の漿液性炎症について. 臨床外科 10 37 (昭30)
- 20) 福島高文・ほか: 農村における所謂そら手(腫・腱鞘炎)の研究. 第1報 臨床外科 9 179 (昭29)
- 21) **Braus, H. und C. Elze:** Anatomie des Menschen. 3 Aufl., Bd. 1, Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1954)

- 22) 飯野三郎：腰痛と背痛．医学書院 東京（昭26）
- 23) Max Lange 教授歓迎会：整形外科 8 163（昭32）
- 24) 島田良典：農村老人のいわゆる腰曲りに関する疫学的研究．農村医学 7 145（昭35）
- 25) 高橋喜美雄・ほか：いわゆる腰曲りについて．整形外科 11 782（昭35）
- 26) **Pauwels, F.:** Eine neue Theorie über den Einfluss mechanischer Reize auf die Differenzierung der Stützgewebe. Z Anat Entwickl-Gesch 121 478 (1960)
- 27) **Müller, W.:** Die Diagnose der funktionellen Wirbelsäulenstörungen. Dtsch med Wschr 60 513 (1934).
- 28) 村上信彦：服装の歴史 1. 理論社 東京(昭30)
-