

臨床医学と人間工学—成長と老化—*

井口三重**, 井口 傑***

健康指標

健康の指標を考えると、まず健康とは何かが問題となる。健康を、身体が正常な状態とすれば、身体の見測値が正常か否かが健康指標といえる。しかし、何が正常かと問われると答えられず、この定義は健康を正常と言ひ換えただけといえる。臨床医学では平均を正常としており、乱暴な言い方をすれば、平均的人間が健康人ということになる。しかし、体重ひとつとってみても、平均と正常が異なることは明らかである。

臨床医学における健康と病気

一般に、健康と病気は相反する概念とされ、健康でなければ病気、病気でなければ健康とされている。健康をプラスとすれば病気はマイナスで、その差異は量的なものではなく、質的なものとして比較的明瞭に定義されている。しかし臨床医にとって病気とは、健康でない、正常でない、平均的でない状態であり、健康とは、病気でない、正常な、平均的な状態である。この正常、平均的という判断は厳密に定義されているわ

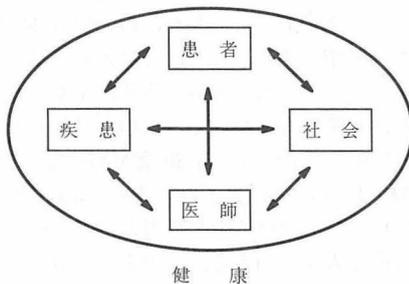


図1 健康（病気）の要因

けではなく、各々の医師の考え方によって様々である。患者一人ひとりの個人差が大きく、病気のほうも質や程度が全く異なるので、臨床では同じ症例はありえない。

同じ医師でも、健康と病気の概念は日々、症例ごとに変わっているといっても過言ではない。それどころか、患者の状態をどう判断するかは、医師自身の状態によっても大きく左右される。医師は、自分自身が健康、正常、平均的と考える傾向があり、少々の体重オーバーは、太った医師からは健康な印、やせた医師からは肥満症という病気と判断される。

患者の感じ方も様々で、若い女性の80%が太りすぎと考えているといわれる。また、社会、特に経済的状況も健康、病気の概念に大きな影響力をもっている。飢餓や貧困に苦しむ第三世界では、肥満や外反母趾、更年期障害や骨粗鬆症は、お金をかけて治療する病気とはされないのに、先進国では社会的に注目される病気となる。

このように、臨床医学における健康、病気の概念は、疾患、患者、医師、社会の4つの要因が複雑に絡み合っ決定されるので、これを厳密に定義することは難しい。すなわち、臨床医学からは、病気と健康は間に明確な境界線の引ける不連続の概念ではなく、多面的で連続的に移行する概念である。したがって、ある一面に着目し、その両端をあげれば病気か健康かは簡単

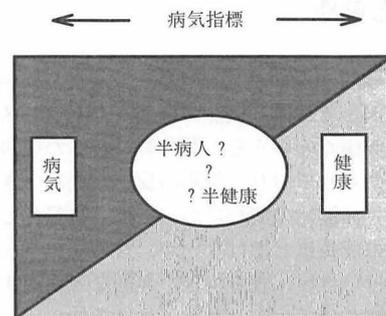


図2 健康（病気）の判断

* 平成6年8月25日受付

** (株)エム・アイ・イー
MIE Corp.

*** 慶應義塾大学 医学部整形外科
Dept. of Orthopaedic Surgery, School of Med., Keio Univ.

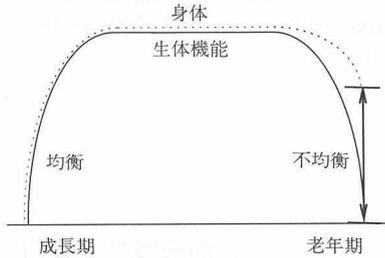


図3 老年期には身体と生体機能が不均衡になる

に判断しうるが、異なる面に注目したり、その中間をあげれば、その判断は困難になる。

成長と老化

人間の生体機能は成長とともに発達し、老化とともに退化する。運動機能に着目してみると、誕生後、寝返りを打つ、座る、這う、立つ、歩く、走るという成長の過程を経て成人となる。反対に走れない、歩けない、立てない、這えない、座れない、寝返りを打てないという老化の過程を経て死に至る。成長において体重は数十倍に達するが、老化においてはそれほど軽くなるわけではないので、成長期には均衡している運動能力と体重も、老年期には不均衡となる。身体と運動機能、骨や筋、腱などの器官相互の不均衡は、疾患や成長障害の原因となる。

成長と老化で最も異なるのは、成長期には身体の成長に応じて生体機能も急速に増進するのに、老年期では生体機能が衰えても、それに伴って身体が縮小するわけではないことである。そのため、両者の不均衡が同じような表現型をとっても、成長期には均衡に向けて正のフィードバックが起こるのに、老化では逆に負のフィードバックを起こし、均衡から解離しやすい。

成長と健康

身体と機能は相互に刺激しあって成長していく。暦年齢に比例して身体と機能が発達し、バランスがとれていれば健康だといえる。暦年齢に応じた成長の平均値はよく知られており、母親の反応が過敏すぎるほどである。生体機能の成長については、数量化しにくいので身体の成長ほどではないが、首のすわり、寝返り、お座り、はいはい、立ち歩き、発語などに対する平均暦年齢が知られている。身体・生体機能の成長が暦年齢に応じた平均以上であれば健康とされている。しかし、身体と機能の成長は必ずしも暦年齢に比例せず、

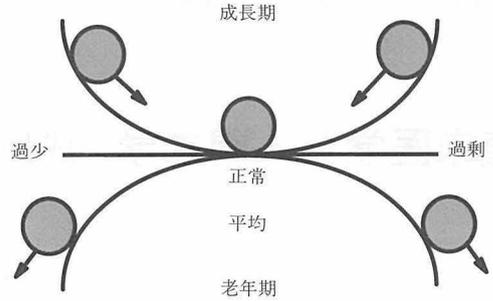


図4 成長期と老年期では同じ不均衡であってもフィードバックの方向が異なる

バランスしないことも多い。暦年齢との関係は一般によく理解されているが、相互のアンバランスはあまり知られていない。

成長痛や骨端炎は、筋力に対して骨格の成長が遅れる場合に多い。自然界においては機能の成長のほうが遅れるが、現代社会では教育や訓練により、身体の成長に比して機能が先行することが多い。たとえば肘の関節軟骨の成長が不十分なうちに過剰な投球練習をすると、野球肘が発生する。課外活動で走りすぎ、昔の軍隊の行軍骨折と同じ疲労骨折を起こす。楽器の訓練は幼児期から開始されるが、ヴァイオリンのように体格に応じた楽器が用意されている場合と、ピアノのように大人も子どもも同じ大きさの楽器を使う場合では、健康に対する影響は異なる。このように成長期における健康の指標としては、単に平均との関係だけでなく、バランスも重要である。

老化と健康

老化は、いかに健康な人間であっても避けがたい運命なので、平均的な身体、機能の退行変化であれば、健康とするべきである。しかし、自分の身体、機能の変化が暦年齢相応であっても、受け入れることは難しい。基本的データである寿命でさえ、平均値はわかっているとしても、正常な寿命がいくつなのかは知られていない。日本の女性の平均寿命は80歳を超えているが、発展途上国においては40歳前後である。無菌状態で飢えも知らないヌードマウスの平均寿命は、一般のマウスの平均寿命を大きく超える。このように寿命でさえ環境で変わることから、身体、機能の退行変化が、暦年齢相応のあるべき姿なのかどうかの判断は難しく、これも平均との関係で判断するしかない。

生体機能のばらつきは寿命よりも激しく、特に外傷や疾患による差は著しい。成長期における健康は暦年齢と身体、機能との関係が重要なものに対して、老年期

では、身体と機能の老化のバランスが健康のより重要な指標となる。

健康とは余裕、回復力、復元力

臨床医学は人間が回復力をもつことを前提として成立している。したがって、健康とは回復力の強さと死に至るまでの距離といえる。健康とはストレスに対する余裕であり、健康の指標は、回復力によってストレスを受ける前の状態に戻ることができる最大のストレス量で表しうる。医療におけるストレスとは外傷や細菌感染などの疾患であるが、どの程度のストレスに耐えるかを試してみるわけにはいかない。そのため運動負荷で代用し、一定の負荷に対する反応から耐えるストレスの最大量を推定し、健康の指標とする。

日常生活で同じように健康にみえても、大腿骨頸部骨折というストレスが加わると、青年は死亡しないのに、老人は半数以上が死んでしまう。このことから、一見同じように健康にみえても、余裕、回復力という健康の指標には大きな差がある。

医療や社会を考えると、健康の指標は自然界と異なり、ストレスに耐える際のサポートが考慮されねばならない。すなわち、抗生物質の発見以前は、細菌に対する抵抗力は健康の指標に大きな影響力をもったが、現在では比較的小さい。歴史的・世界的な社会環境を考えるなら、飢えに対する耐久力、視力や聴力など危険から身を避ける能力が健康の指標に及ぼす影響も変わる。

健康を考えると、健康指標は死に至る距離といえても、生の質も重要である。死なないだけでなく、いかに生きうるかということである。これに関しては、Quality of Life (QOL) として近年注目されているが、医学的には生体機能、やりたいことを行う能力の大きさともいえる。

近年、単に死なないだけでなく、より良く生きるための医学として、リハビリテーション医学や、スポー

ツを通して正常以上の健康を得ようとするスポーツ医学が発展してきた。従来、病気でなければ健康とされたのが、リハビリテーションの概念が導入され、正常、普通、平均などの言葉で表される生体機能の水準まで、機能訓練により到達してはじめて健康とされるようになった。さらに、社会が豊かになり、必要とか平均とかいうレベル以上の生体機能が求められるようになり、運動機能を高めて余裕を増すスポーツ医学が登場してきた。

このように、社会的にも個人的にも余裕ができると、死に対する余裕以上に多くのものが要求されるようになり、健康という概念も変化してきた。また、健康の概念には、死に対する余裕ばかりでなく、生に対する能力、容量という考え方も導入されてきている。現在、個人ばかりでなく、社会の健康とか生きることの質まで考えれば、医学の面ばかりでなく経済的・技術的側面から健康を考える必要がでてきている。

臨床医学と人間工学

医学が自然科学であるのは間違いないとしても、医療が科学であるかどうかは怪しい。分析的手法を用いて患者を診察し、どの疾患のカテゴリーに分類されるかで診断を下し、原因を除去することで治療をすると書けば、科学の末席を汚している気もしないではない。しかし、毎日の診療を考えると、科学者というよりは街の占師に近い気さえしている。患者の訴えを聞き、観察し、特徴を抽出してというところまではよいのだが、ここから先が怪しくなる。五感と簡単な器具を用いた診察でも、患者一人ひとりが違いすぎて、すべての所見を分類することなど不可能に思われる。いわんや治療となれば、原因を除去するどころか、悪いことをしないように祈るばかりである。では、なぜ患者が治るかといえば、回復力があるからで、治療を受けたから治り、受けなければ治らない症例は、ひいき目にも10人に1人であろう。その1人にしても、診断から治療まで、一般に考えられている科学的手法からはほど遠い過程を経ている。

時間は最も優れた医師であるという言葉があるが、これは後に診た医師ほどよく診断が当たるということである。同じ患者でも時間が経過すれば状態が変わり、その変化自体が情報となる。このように患者一人ひとりが、疾患ごとに、そして時間の経過に従い刻々と状態が変わるわけであるから、世の中にこれだけ多くの患者がいても、2人として同じ患者はおらず、同じ患者でも2度と同じ病態はありえないと考えられている。したがって、臨床においては患者や疾患を厳格に定義

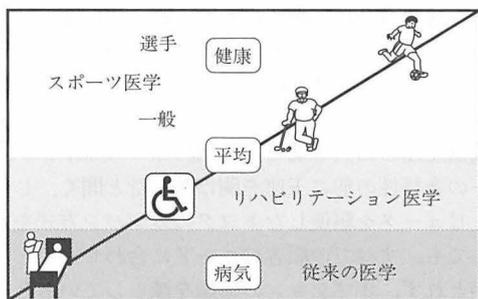


図5 より良く生きるための医学の発展

することは難しく、漠然とした概念でとらえ、個々の症例ごとに、その場その場で擦り合わせていくことになる。

人間工学が臨床と最も異なるのは、その対象である。人間工学が多くの人間を対象とするのに、臨床は原則として個人を対象としている。杖の握りを1つ作るのに、臨床では患者に理想の握りは患者の数だけ、いや場合により1人の患者にも多くの握りがあればよいと考える。人間工学では、どんな患者、どんな場合にもあう魔法の1本の握りを理想とする。人間工学では握りを定義するために設計図を引き、材質などの仕様を固めようとするのに、臨床では患者に杖を握らせて、削ったり足したりしながら作ろうとする。臨床で設計図の提出がどうしても必要なとき、物ができた後で寸法を測って設計図を引くことが多い。実際に10種類の握りができたときには、臨床は100種類のほうが良く、人間工学は1種類が良いのだがと考えながら、両者とも妥協しているわけである。これはどちらが正しいというわけではなく、物を作る立場と使う立場の違いをよく理解し、互いに相手の言葉を翻訳する必要があるということである。

臨床において人間工学を生かすために必要な点について述べてみよう。臨床からマン-マシンインタフェースについて考えると、大切なことは安全性と使いやすさである。安全性については他に譲るとして、使いやすさについて考えてみる。杖の握りひとつをとっても、手の大きさ、握力、上肢の支持力、支えるべき荷重など多くの要素があり、個々の症例において使用する環境まで考えるとすれば、握りを作ることは不可能にさえ思えてくる。

現在、臨床では一見両極端に見えることが行われている。ひとつは、個々の症例に対して一件一件カスタムメイドで、少しずつトライアンドエラーで患者に合わせていく方法である。義足や装具など、何度も何度も仮合わせをし、製品の試用を繰り返して補修を加え、作り上げていく方法である。もうひとつは、松葉杖にみられるように、長さや握りの位置こそ数段階に変えられるものの、握りの形状、材質などは特に配慮されたとは思えない単純な製品である。短期間ならともかく、長期の使用に耐えられるものではなく、患者自身がテープや包帯を巻いて合わせている。いずれにしても、個々の患者や職人の工夫、経験以上のものには発展していない。

これを体系化し、対象が無数にあり変化することを前提に、トライアンドエラーであっても、より少ないステップで、より短い経路で作りに上げる方法を生み出すことが、臨床が人間工学に求めることである。人

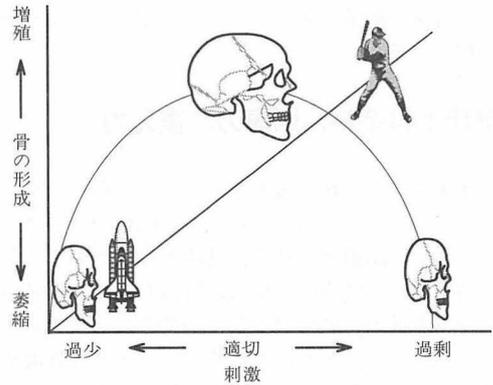


図6 骨に対する刺激の大きさと骨形成

間を一つのものとしてとらえ、個々を厳密に計測して全体をきっちりと定義し、これに合うものを作ろうとする考え方から離れることが必要である。一人ひとり異なることを前提に、なんとなく収まる範囲を設定し、これを初期値として、より効率のよいトライアンドエラーによって合った状態に収斂し、その状態を保持し続けるような系が求められている。

生体の経時的変化において、刺激は重要な働きをもつ。一般に適切な刺激が成長や形成を促進するのに対して、過少、過剰の刺激はいずれも成長を抑制し、萎縮、吸収させる。適度な運動負荷、体重増加は骨を成長、形成させるのに対し、過剰な運動負荷は骨を吸収し、最後には疲労骨折を起こす。これは軍隊における行軍骨折、過激なスポーツによる疲労骨折、少年野球の野球肘に代表される。逆に、長期間の宇宙生活での無重力状態が骨塩量を減少させる。ギプス固定や長期臥床による廃用性の骨萎縮も同様である。

このように単純な刺激と形成、吸収の関係ばかりでなく、形成と吸収が同時に起こり、変形を矯正するという複雑な機転も起こる。小児の大腿骨骨折が「く」の字に変形して骨癒合した場合、重力は凹側で圧縮応力、凸側で引っ張り応力となる。骨にとって一定以下の圧縮応力は適刺激で張力は過少刺激となり、凹側では骨が形成され、凸側では吸収され、屈曲変形は徐々に矯正されていく。これを骨の変形に対する自己矯正力といい、自らが正常な状態を維持する系を形成している。

大量生産の口火を切ったT型フォードは、クライスラーの多様性の前に王座を明け渡したと聞く。しかし、コンピュータを駆使したトヨタのカンバン方式をもってしても、すべての顧客のニーズに合わせることは採算がとれず、オプションの種類を減らしているともいわれている。自動車という高価で大量に生産され、多



図7 骨の変形に対する自己矯正力

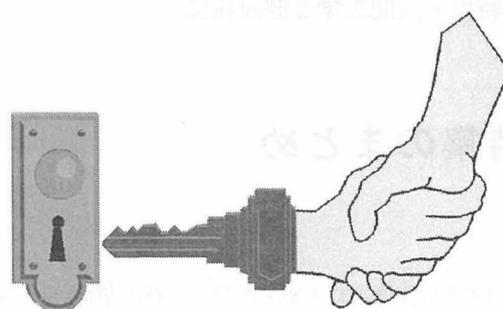


図8 人間と機械を結びつける系の開発

くの人材と資本が投下されるものでさえ実現できない多様性を、いかに得るかが、臨床における人間工学の使命である。

人間の多様性を前面に押しだせば、いかに個々の人間を計測し平均してみたところで解決しない。ひとつには、骨折の自己矯正のように自ら足りないところは補充し、よけいな部分は吸収して、自動的に人間に合っていく系を作りださねばならない。仮に人間と均等な圧で接触する面を作ろうとするとき、その圧を測って均等となる面の形状を設計して作るのではなく、流動体を実際に使う人間に接触させ、パスカルの原理により均等な面を作った後、これを直接固化させるほうが少量生産には適している。

人間と機械の接点において、コネクティングパーツともいえるものを介在させ、人間の多様性を吸収させることもひとつの解決法である。道具の概念をマン-マシン系に導入したもので、直接人間に接する機械の部

分を取り外し可能とし、人間の多様性に応じる部分だけを独立させる。道具を、本来人間にない性質を人間に与えるものとして考えれば、これは人間にない共通性、規格化などを与えるものである。機械操作のハンドルを考える場合、ハンドルの形状をより多くの人に合うように設計するのではなく、ハンドルを取り外し可能として、各々の人に接する部分は各人が納得のいくまで個々に自分の手に合わせ、機械を操作する場合には各自専用のハンドルを機械に取りつけて操作する。多くのハンドルを必要とする機械では、ハンドルの数を減らし、操作に要するトルクや回転数などを規格化し共通にすることも必要となる。

このように計測、定義、設計、作成という過程から離れ、自ら望まれるところに収斂し、補正される系や、介在することにより人間と機械を結びつける系の開発が必要である。

特集のまとめ*

津久井一平**

日本人間工学会に占める医科系会員の割合が、以前に比べて減少していると聞きます。人間工学そのものの専門性の確立がなされたとみる向きもあるかもしれませんが。しかし、人間特性の表現について専門の分野である医学も、時代的な疾病構造の変化につれて、変遷し、進歩し続けていることはいうまでもありません。むしろ、人間工学の分野において“ヒト”の表現がどう求められているのか、今まで以上に医学に積極的に問うていく姿勢が必要な時期ではないでしょうか。本特集では、その点について考えてみました。

周知のごとく、いまや病気診断をするだけでは、医療が世の要請に応えきれているとはいえなくなってきました。これまでは、苦痛や不安を訴えて病院を訪れる人のなかから、治療をせねばならない患者さんを効率よく選別することが大切な仕事でした。したがって、亡くなられた人はもちろん、医療側でいう健康人は、治療の対象になりえなかったのです。

ところが、まず人の死の定義が問題となりました。脳死問題では、医学界から世論を説伏するほどの統一された死の定義がいち早く出されたとはいえ、単なる技術の進歩だけではない哲学性や倫理観といったものを（これはむしろ医学の原点であったはずなのですが）問われる結果になりました。

そして、さらに新しい変化として、この死の医学に対峙するように登場し、注目されているのが健康の医学という分野です。いま世上でなされている健康診断

を、完成された健康の表現と信じて受けている会員諸兄は一人もいないでしょう。それはむしろ、病気をみつける方法を応用した“不健康(度)診断”というべき内容です。もちろん、健康診断の内容は従来の結核対策ばかりでなく、今日的なライフスタイルとの関わりを背景に、癌や習慣病の早期発見と予防へシフトしています。さらに、健康の医学に基づいた本来的な健康像を求めるならば、人を心とからだをもつ幅のある存在として認め、また人間関係や社会環境のなかで揺らぐ相対的な存在として、認めるものでなければなりません。そのための基礎をなす健康の医学は、病気のみを扱ってきた従来の医学が、総体的な人の表現を模索し始めた姿といえるのではないのでしょうか。

人間工学は、マン-マシンシステムにおける“ヒト”の多面的なファクタを表現する分野です。健康を、医学における人間表現のより拡大した定義のなかでとらえようとする健康理論と接する意義が、ここにあります。

以上の観点から、本特集ではいわゆるヒューマンファクタについて、

- (1) 従来の生体計測に象徴される static な指標にとどまらず、医学領域での計測技術の進歩に応じた、dynamic なマーカーの導入を模索すること
- (2) 心とからだを視野に入れた、生体特性の表現を希求すること

を目的としました。

今後、工・医系共通の用語によって表現される健康指標を求めていくことにより、異常を表現しにくい感覚器領域の議論やストレスなどの評価へと発展できるものと考えています。

* 平成6年10月12日受付

** 東京慈恵会医科大学 第二内科 (桐蔭生堂 産業医)
Second Dept. of Internal Med., The Tokyo Jikei-kai
Univ. School of Medicine.