

I. 歩行分析の臨床応用

司会 窪田 俊夫
(中伊豆リハセンター)

乗松 敏晴
(長崎大学整形外科)

歩行障害の改善を図るための計画を、その動的構造より眺めると、構想計画である到達水準の予測と目標の設定、課題計画であるプログラムの選択と手法の選択、実施計画である手順の選択などの三つの段階に分けることができる。これらの各段階における計画化（プランニング）の過程において、様々なデータ・情報の収集と処理が行われている。そしてこれらのデータ・情報としては、構想計画の段階では、主に重症度の判定に関するもの、課題計画の段階ではプログラムとプログラムの実施を助ける手法（訓練方法、装具、義足、手術など）の効果の予測、適応の決定、処方内容の決定に関するもの、実施計画の段階ではプログラム、手法の効果の判定に関するものなどがそれぞれあげられる。

歩行分析はまずこれらの段階の中で、計画化の過程で必要とする定量的なデータ・情報を収集することを目指している。ところで、これらのデータ・情報の収集方法を時間軸上に列記してみると、計測システムの選択（固定型、移動型）、手法の選択（運動学的分析手法、運動力学的分析手法）、パラメータの選択（マクロなもの、ミクロなもの）、評価指標の選択（総合的なもの、局所的なもの）の順となり、これらはデータ・情報の収集目的に最もかなったものが選択されることが望ましい。次いで得られた歩行分析のデータ・情報を個人特性に関するデータ、臨床的なデータなどと組み合わせ、重症度の判定、適応の決定、処方内容の決定などの意志決定をどのようにして行っていくかに関する知的情報処理が必要となり、このことは、臨床応用の成否を左右する要とも考えられる。

今回のパネルディスカッションにおいては、歩行障害の改善を図る計画化の過程で、歩行分析がどのような役

割を果たしつつあるか、データ・情報の収集がどのように行われているか、本来の目的を達するために必要な知的情報処理に関するアプローチについて、各パネリスト指定発言者より、提言・解説が行われた。

パネルディスカッション I

1. 当科の異常歩行外来の現状と問題点

長崎大学医学部整形外科

藤田雅章 松坂誠應 張 瑞棠
乗松敏晴 鈴木良平

国立療養所長崎病院整形外科

浜村 明德

大村市立病院整形外科

千葉 剛次

定量的な歩行分析をする目的として、①歩行障害患者の生体力学的パラメータを正確に計測し、正常例と比較することにより異常歩行のメカニズムを解明すること、②同一患者につき経時的に記録し、訓練、治療効果などの客観的評価をすること、③装具・義足などの適性を評価すること、などがあげられる¹⁾。

当教室では、1983年以来定量的な歩行分析を駆使した異常歩行外来を開設し、種々な形での臨床応用を試みている。今回は、我々の現在行っている異常歩行外来の現状を紹介すると共に、いくつかの症例を通して、様々な問題点および今後の展望についても述べてみたい。

方法

現在我々が用いている生体力学的パラメータを以下に示す。運動学的分析法として、ビデオカメラ、スティックピクチャーカメラ、電気角度計、アーチ計、運動力学的分析法として、床反力計、フットスイッチ、フットプリント、そして筋動作学的分析法としては筋電図を、疾

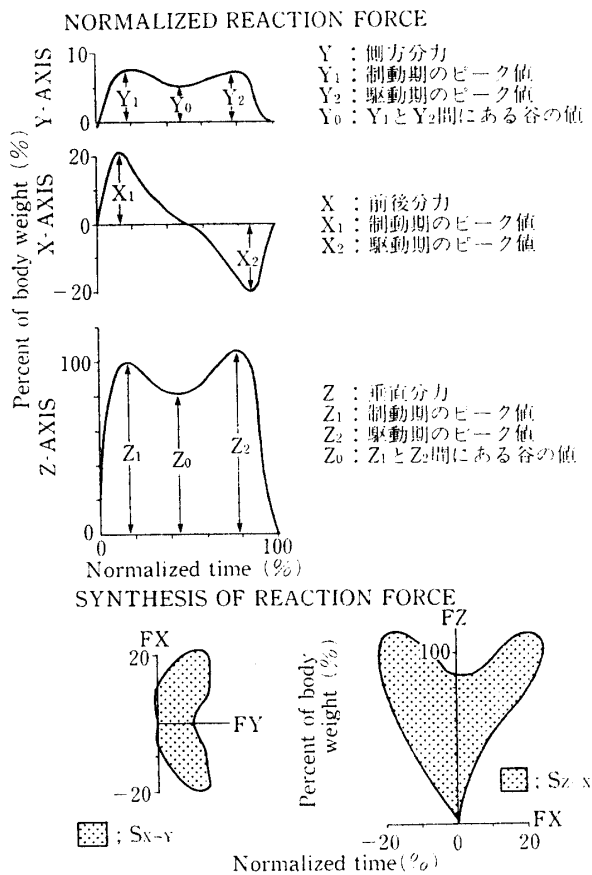


図 計測点および面積値

患に応じて適時組み合わせで同期記録している。また大型床反力計（アニメ社製）は、計測が容易であり、連続した左右のステップが得られ、比較的多くの情報が獲得できるため、スクリーニングとして全例に施行している。

まず歩容の視覚的な観察をビデオカメラにて繰り返し行い、それからデータ情報の検討に入る。データに疑問の点があれば再びビデオにて歩容の観察を繰り返す。データ・情報の解釈方法としては、まずパターンの波形を健常例と比較する。また健側と患側の比較をする。さらに計測点（特性点）の計測を経時的に行い、各パラメータ間の関係を直接、または統計的処理をして検討する。

1983年、大型床反力計が導入されて以来、約3年間で健常例も含めて約500例を記録している。疾患としては、片麻痺、脳性麻痺、足部障害などが多くを占めている。

結果

1. 成人片麻痺例

Brunstrom stage IV 以上の35例と健常成人40名を大型床反力計を用いて比較検討した⁴⁾。

各分力のパターン波形をみても、stage が回復するご

とに正常に近づくことがわかる。そのことをさらに正確に確認するために、各分力の計測点と、前後分力と側方分力 (Sx-y) または前後分力と垂直分力のリサーチにより囲まれた面積 (Sz-x) をペンデジタイザーにて計測した。これらのうち、どのパラメータが片麻痺患者の歩容の改善を最も反映するかを検討した (図1)。

stage の改善と共に X₁, X₂, Sx-y, Sz-x の上昇がみられた。さらに経時的に記録した7例の各計測点をみると、Sx-y が歩容の改善と共に上昇がみられた。また前後分力との正の相関がみられ、歩行能力の指標もしくは、改善の指標として利用できる可能性が示唆された。

2. 術後内反足例

29症例を36人の健常小児、40人の健常成人と大型床反力計を用いて比較検討した³⁾。

各パターン波形の各計測点を計測し、さらに臨床的評価と共に統計処理をすると、X₂, Y₂, Z₂, Tx₀ という計測点と臨床評価との間に有意な相関が認められた。

以上より、まず足関節の底屈が小さく、つま先立ち歩行が不良であれば、蹴り出し時の矢状面の力が小さくなり、前足部の内較が大きい時、側方への蹴り出しが大きくなり、後方への蹴り出しが小さくなる。さらに足関節の背屈が小さい時に、stamping gait となり、制動期が短くなるということが示唆された。

3. その他、足関節固定例²⁾、腓骨神経麻痺術後例 (Barr 法)、痙直性扁平足例など

床反力計の他に、距骨下関節、MTP 関節、内側アーチ、筋電図等を同期記録し、その結果および所見を紹介した。

考察

我々の異常歩行外来の現状を症例を通して紹介したが、基本的には、視覚的な歩容の観察を繰り返し行い、データ・情報の解釈を臨床的な評価と合わせて検討することが大切と思われる。

記録に際しての条件としては、①測定準備が容易なこと、②検者、被検者の負担が軽いこと、③機械の操作、保守、検査が容易なことが指摘されている。我々も1人の計測に30分以内を原則としているが、多くのパラメータを同期する場合、装着時間、機械の不備などでしばしば時間が延長し、被検者の負担に問題を感じている。

データ処理に際しての条件としては、①処理が短時間にできること、②結果の表示が客観的で具体的なこと、③歩行の視覚的イメージとの対応が容易なこと、などがあげられる。疾患によっては、床反力だけで十分

な評価指標が得られることもあり、スクリーニングとしては最適と思われる。しかし疾患によっては、ほとんど情報が得られず、やはり現時点で一つのパラメータで十分に対応できるものはなく、いくつかのパラメータを疾患に応じて適時同期記録し、それぞれの関係の中から解釈していかざるを得ないと思われる。

今回我々の紹介した例では、片麻痺と内反足例は、床反力でかなりの情報が得られたが、足関節固定術例、腓骨神経麻痺術後例、痙直性扁平足例では、他のパラメータからの情報が有用であった。できるだけ多くのパラメータを集め、それらの分類のための判別分析を行うことによりパラメータの省略ができるが、そのためにはできるだけ典型的な症例をできるだけ多く集め、その特徴を十分に表現できるデータベースを作製し、さらにデータベースへとシステム化してゆくことが望まれる。

歩行分析がより臨床の場で定着したものとなるようさらに検討を加えてゆきたい。

文 献

- 1) 飯田 勝：歩行（基礎から臨床まで）. 理・作・療法 20：40-46, 1986.
- 2) 鈴木良平・他：足関節固定術の臨床成績と歩行分析. 足の外科研究会誌 6：118-123, 1983.
- 3) 張 瑞棠・他：術後内反足児の歩行分析. 整形外科バイオメカニクス 6：293-296, 1984.
- 4) 浜村明德・他：床反力からみた片麻痺歩行. リハ医学 21：415-416, 1983.

■ パネルディスカッション I

2. 下肢装具, 義足, 各種歩行補助具の設計に関する役割

労災リハビリテーション工学センター

森本 正治

下肢障害者の活動度を向上させ、自らの積極的な社会復帰を可能にするためには、歩行補助機器（装具, 義足, 各種歩行補助具）を改良することと、これらを個々の障害者に最適に処方することが不可欠であり、これらを効率よく進めるための工学側からの支援システムが必要になる。このようなシステムには、表1に示すように、改良や処方の結果の評価（判定）ができるためだけの体重心軌跡や左右対称性のようなマクロな（総合的な）情報だけでなく、改善の具体的アクションがとれるための、下肢各関節部の6分力などのミクロな（分析的な）情報が必要であり、しかも、これらは研究室内のほとんど平

坦路に限定された環境だけではなく、より日常生活動作に近い幅広い環境（階段, 坂道など）での長期間にわたる計測データであることが望ましい。したがって、必要とされる歩行分析装置は、従来のような、計測部とデータ処理部が共に屋内に固定された方式だけでは不十分であり、各種の計測環境に適応できるような方式が必要である。

移動型義肢機能計測システム

このような目的に適した計測手法としては、図1に示すような、義足のパイロン部に組込んだ6分力計（Pylon Load Cell；PLC 重量 180g）と、義足を含む下肢の各関節角度計の出力から、下肢の各部に作用する6分力（直交3軸方向の力とモーメント）を推定するパイロン・スタディ（Pylon Study）計測技術¹⁾がある。連続した運動の計測を階段, 坂道, 屋外などの種々の環境条件下で容易に行え、膝関節角度を同時計測すれば股関節に作用する6分力の推定が可能になり、下腿部と床の角度を同時計測すれば床反力の推定も可能になる。関節角度計は、導電ゴムを応用したフレキシブル²⁾型を用いれば重量は20g以下となり、取り付け時の煩雑な軸合わせ作業が不要で、運動を拘束することなく衣服を着用したままでも計測可能になる。データ収録・処理部は、計測場所に簡便に移動できるパソコンへ直接データを入力して対話形式で各種の処理を進めて、結果を即座に表示する方式が、臨床的に種々の評価を行う上で便利である。処理方式が確定している場合には、携帯型マイクロコンピュータ³⁾を下肢障害者に直接装着して、実時間で処理しながら必要な情報のみを記録できるようにする方式が考えられる。

下肢装具, 義足, 各種歩行補助具の設計への応用

1. 義足の強度設計への応用

重すぎず、しかも耐久性のある義足の強度設計を行う上で、日常生活動作中の義足各部に作用する6分力を計測することは不可欠である。各種の歩行路, 歩行路面上の、種々の歩行速度での負荷データを、被験者の体重, 活動度, 年齢などのパラメータによって分類して利用しやすい形にデータベース化することが望まれる。イギリスと西ドイツでは、このようなデータの蓄積が相当に進んでおり⁴⁾、義足の国際的な強度規格である ISO 規格制定のために役立てられている。国内でも、欧米に比べて軽量級の切断者の多い日本の現状を ISO 規格に反映させるために、リハ工学関係の研究施設が中心になって