



バランス機能と評価

星 文彦*

【要旨】

理学療法理論の歴史的背景を踏まえ、バランス機能及び評価の捉え方について考察した。臨床においてバランス機能の評価する上で用いられている次の3つの視点について解説し、障害構造レベルとの関連性について考察した。3つの視点は、一つは反射反応の視点、二つ目は戦略的視点、三つ目は生体力学的視点である。さらに、バランス機能を生活環境との適応という観点から、3つのバランスメカニズムについて解説した。一つは、予期的バランスメカニズム、二つ目は予測的バランスメカニズム、三つ目は反応的バランスメカニズムである。認知機能との関連では、予期的バランスメカニズムが重要である。

はじめに

神経疾患に対する理学療法において、バランス機能に対する解釈は1990年代以降生物系や生命系におけるシステム思考の台頭¹⁾により、いわゆるパラダイムシフトと言われるようにシステム論に基づく解釈へと大きく変化した。しかしながら、臨床における実践場面では、立ち直り反射や平衡反応の有無、支持基底面内へ投影した身体重心位置の可動範囲、さらにバランス機能が要求される動作の遂行能力など様々な捉え方がされている。例えば、バランス機能の評価するために、端座位にある患者を右側より肩を押して外乱を加えた。患者は押された方向、左側へ傾斜したが転倒はしなかった。この患者は立ち直り反射や平衡反応が欠損しているのであろうか。これは学生が臨床実習で難題とされ苦勞する二大問題、「動作分析」と「バランス評価」の一つである。

バランス機能をどのように見ていけば良いのか、バランス機能の捉え方あれこれを考えてみることにする。

1. バランス評価の3つの視点

中枢神経疾患に対する運動療法における評価と治療は、起居移動動作を主な対象とすることから、

バランス機能へのアプローチと言っても過言ではない。バランス機能に対する捉え方や評価、治療手段等は中枢神経疾患に対する運動療法の歴史の中で大きく変化してきている。

1960年代の反射階層理論を背景としたころのアプローチは、バランス機能というよりは、姿勢調整という視点から厳格な姿勢制御へのアプローチが展開されてきたと思われる。随意運動や個人の意図には重きがおかれず、重力や外乱刺激に対する応答、つまり各姿勢における立ち直り反射(反応)や平衡反射(反応)の有無の評価と促通が起居移動動作の回復のためのアプローチであった。これは、瞬時に生じる姿勢の変化や防御のための運動のメカニズムとして反射かプログラムかという議論は別として、随意運動に先行する階層構造の役割を前提したものであった。このような特定の刺激に対して定型的な姿勢変化を示す現象を捉えるために、神経系の反射構造をよりどころとするという観点から、ここでは「反射反応の視点」と呼ぶことにする。臨床場面では、立ち直り反射や平衡反応の観察はよく行われており、特に小児疾患においては重要な評価視点である。この視点は、構造が機能をもたらすという因果論や機械論に基づくものである。

1990年代になり、理学療法においてはII STEPカンファレンス²⁾に見られるように、生物・生命系に対するシステム論の適応がバランス機能に対する捉え方や評価と治療に変化をもたらした。人の

* 埼玉県立大学保健医療福祉学部理学療法学科
Fumihiko Hoshi, RPT, PhD

運動行動は目的を達成させるために、また環境に適応するために人に内在するサブシステムの自己組織化に基づき表出されると捉えられ、バランス機能も同様に考えられるようになった³⁾。バランスを維持するためにどのようなサブシステムを用いているのか、あるいはどのような方法でバランスをとったのかというような観点からバランス機能評価の視点が生まれた。立位バランス評価に用いられる股関節戦略や足関節戦略などがそれである。ここでは、このようにバランス維持を達成するための戦略を問題にするという観点から、「戦略的視点」と呼ぶことにする。

このようなバランス機能の捉え方には、理論のパラダイムシフトにともなう視点の多様化から、運動行動や姿勢変化を重力環境下における物体としてのヒトを扱うバイオメカニクスによる情報が付加されるようになった。いわゆる支持基底面と重心位置の投影からバランス機能を説明しようとする見方である。ここでは、バランス維持を物理的現象として問題にするという観点から、「生体力学的視点」と呼ぶことにする。

現在まで臨床では、これらの視点が混在し、状況や目的に合わせ説明に用いられているように思われる。特に、「反射反応の視点」は神経生理学を背景としているため、脳性まひなどの発達障害やパーキンソン病などの疾病特性に基づく症状や傷害に関連する見方に限定され、機能へ結びつけない説明は制限されるように思われる。むしろ「戦略的視点」や「生体力学的視点」は、疾病よりは現象や機能に関連する見方として汎用性があるように思われる。

2. 障害構造とバランス評価

ICFでは、人の運動行動を器官系レベル、有機体・個人レベル、社会レベルの3次元のレベルで分類し、環境及び個人因子との関連性で各レベルでの陰性及び陽性評価を試みて障害構造と対比させている。ICFでは、その障害像は機能障害、活動制限、参加制約に区分し、特に活動制限は身の回りの日常生活環境下での問題を取り上げているために、器官系レベルに基づく、いわゆる機能障害が要因となって生ずる障害像が表出しにくい。一方、ナギ(Nagi)により提案された機能的制限(functional limitation)という障害概念があるが、これは、動作障害の要因を日常生活環境との関係に求めるのではなく、個人の持つ疾病や機能障害に求める障害概念であり、理学療法により機能障害が改善した結果、動作機能が回復するという説明

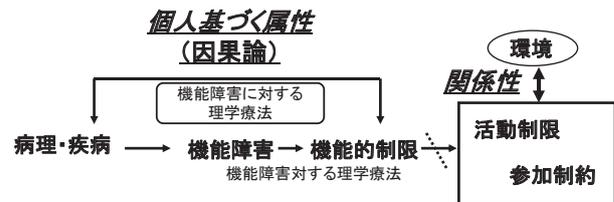


図1. 理学療法と障害構造

の枠組みを提供している(図1)。

バランス障害は、障害構造のどのレベルにあたるのか。上述したように、バランス機能を3つの視点で見た場合、生理的背景に基づく「反射反応の視点」では、疾病による直接的な器官系の障害として捉えることができ、機能障害に対応するように思われる。一方課題指向に基づく「運動戦略の視点」や物理的現象として捉える「生体力学的視点」においては、具体的な個人の動作遂行(パフォーマンス)の障害として捉えることができ、機能障害としては対応しにくい。しかし、ICFに基づく活動制限のように日常生活環境下での動作遂行ではなく、一定の検査環境下で特定化された外乱刺激やバランス検査における課題の遂行度をとらえようとするため、活動制限では対応しがたい。理学療法による治療の立場からすると機能的制限という障害概念が良く適合しているように思われる。このような観点からバランス障害は、立ち直り反応や平衡反応の有無という「反射反応の視点」で捉えている場合は機能障害として、立位で前方へ上肢を伸ばす能力を検査する「機能的リーチテスト(functional reach test)」や立ちしゃがみや方向転換、歩行能力などを検査する「立って歩けテスト(timed up and go test)」、「バーグバランステスト(Berg Balance Scale)」のように、特定の課題遂行の障害として捉える「運動戦略の視点」や「生体力学的視点」では、機能的制限として対応させることが適切と思われる。バランス障害を機能的制限として位置付けることにより、その障害の要因を筋力や関節可動域、随意運動、姿勢反射、感覚、認知といった様々なシステムの異常として捉えることが可能となる。特定の動作課題を遂行する能力、いわゆる有機体・個人の機能としてバランスを捉えることが重要と思われる⁴⁾。

3. 機能としてのバランス

前段で、個人の機能としてバランスを捉え、その障害を機能的制限という障害概念に位置づけようと提案をした。この機能的制限という概念は、立ったり、歩いたり、特定の課題を遂行する障害

の要因を個人の中に求めるという考え方であることを確認しておく必要がある。日常の生活においては、いろいろな高さの椅子から立ち上がったたり、物を持って歩いたり、ぐずる子供を抱きかかえ歩いたり、高い窓を背伸びして拭いたり、などなど様々な環境や課題条件で転倒しないように動作遂行が要求される。バランス障害は、このような日常生活で要求される動作遂行の過程や結果で顕在化することから、改めて個人の機能としてバランスを捉えることを強調し、同時に治療という立場からバランス障害を機能的制限として位置付けることを提案するものである。

4. バランス機能の3つのメカニズム

バランス機能は、動作遂行における課題と環境からの制約条件に適応することが要求される。それぞれからの制約条件は、生体力学的制約と情報处理的制約に区分できる⁴⁾。

課題による生体力学的制約とは、静的な課題や動的な課題あるいは自ら四肢を動かす課題や外から力が加わる課題、ハイヒールでの歩行など課題条件の違いが支持基底面と身体重心位置に影響を与えることである。また環境による生体力学的制約とは、砂の上を歩いたり、滑りやすい床を歩いたりする場合に、支持基底面と身体重心位置に影響を与えることである。課題による情報处理的制約とは、課題そのものの難しさが中枢でのバランスを制御するための情報処理に影響を与える。例えば、ボールをつきながら(ドリブル)歩くことや立位で動いているものに手を伸ばすなど、2つの課題を同時に行う場合などは情報処理に影響を与える。環境による情報处理的制約とは、環境が一定し変化しない場合と常に変化している場合では、課題に対する注意に影響を与えバランスを制御するための情報処理に影響を与える。例えば、誰もいない通路を歩く場合に比べ、駅の構内のような大勢の人が縦横無尽に移動している中を目的に向かって歩く場合とでは転倒せずに歩くための情報処理に大きな違いが生じることは明らかである。このように課題と環境はバランスを維持するための機能に生体力学および情報処理の側面に影響を与えることが考えられる。では、我々は日常生活の中で転倒しないように、どのように課題と環境に対して個人が調整を図っているのだろうか。通常、我々は目的を達成するために視覚的に環境を把握し、この環境下で転倒しないようにどのように身体を動かしたら良い

か決定し、その予測に基づき重心移動の仕方や四肢の運動パターンを選択し動作が遂行される。しかし、予測に反することが生じた場合は、反射的にバランスを維持しようとする運動が生ずる。つまり、第1に環境を認知し転倒を回避するための戦略を想起する予期的なメカニズムが働き、第2にその戦略に基づき予測的に姿勢調整を行い実際の動作を遂行する。さらに第3として予想に反した状況が生じた場合、例えば予期しない外乱が与えられたりした場合は転倒を回避するために一歩踏み出し、反射的な運動を行う。第1、第2、第3のバランスを維持するためのメカニズムは、予期的メカニズム(proactive balance mechanism)、予測的メカニズム(predictive balance mechanism)、反応的メカニズム(reactive balance mechanism)に区分される(図2)。

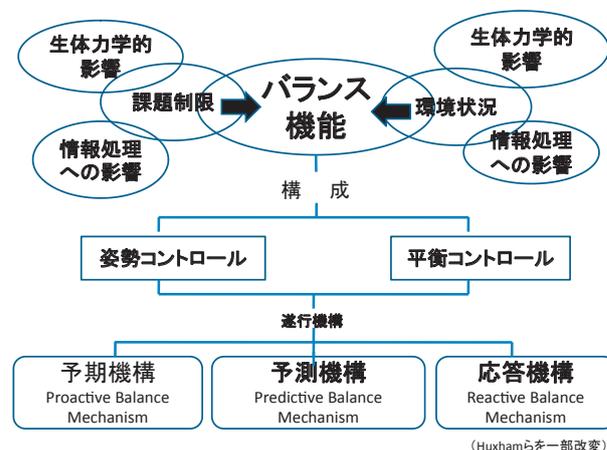


図2. バランス機能の決定因子

①予期的メカニズム (proactive balance mechanism)

環境の状態や変化の情報は視覚をとおして得られ、その情報が安定性にどのように影響するかを過去の経験に基づき解釈し、どのような障壁回避戦略を取るかを決定する。例えば、障害物の横を回ったり、障害物をまたいだり、また滑りやすい床に対しては歩行速度を落としたり、ステップの運動パターンを変える。予期的メカニズムは、視覚情報に基づき外界の環境を過去の経験に基づき評価し、運動戦略を決定するバランス制御である。

②予測的メカニズム (predictive balance mechanism)

予期的メカニズムによる回避戦略に基づき、自発的な姿勢調整を行う。例えば障害物をまたごうとする場合の適切な重心移動や滑りやすい路面上での支持基底面内への重心位置の維持など、いわゆる予測的姿勢調整によるバランス制御である。

③反応的メカニズム (reactive balance mechanism)

日常活動中に予期せずバランスが崩れるような状況になった場合、いわゆる反射機構が活性化され、ステップ反応のような平衡反応や立ち直り反応によるバランス制御である。

このように、バランスシステムは、外界の状況を予期的にモニターされ、姿勢や平衡を維持するために必要な随意的に算出される力の影響を予測的に調整する。さらにその調整に失敗したり、予期しない不安定が生じた場合にバックアップシステムとして反応的バランス制御が危機管理機構として働くことになる(図3)。

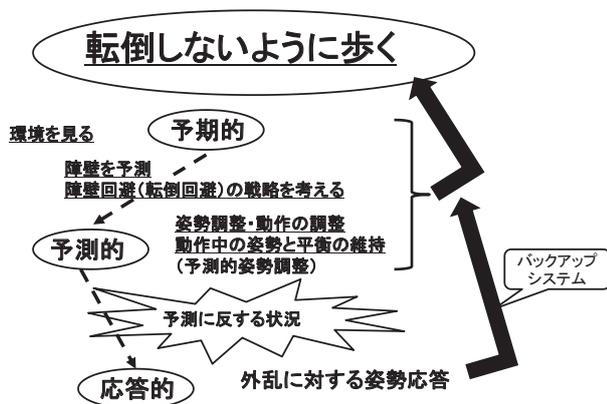


図3. バランス・メカニズムと事象

5. 3つのメカニズムとバランス評価

現在臨床で通常使用されているバランス検査やバランス機能テストを上述した3つのバランスメカニズムと対比させてみることにする。代表的なバランス検査やテストとして、座位や立位で肩や腰に外力を加えるストレステストや片脚立ち保持時間計測、重心計による重心動揺計側、機能的リーチテスト、立って歩けテスト (timed up and go test)、バーグバランステスト (Berg Balance Scale)、10m歩行テストなどがあげられる。ほとんどのテストは、固定された環境下で予測的なメカニズムを評価する課題となっている。ストレステストは、外力を加えるが、外力が加わることが予測された課題と言える。なお、立って歩けテスト (time up and go test)、バーグバランステスト (Berg Balance

Scale) は、目標物を回避したり、物を拾ったりという課題が含まれている点においては、一部予期的なメカニズムを評価するテストと言えるかもしれない。しかしながら、バーグバランステストにおいて、カットオフ値でクリアした対象者の30%に非転倒の予測ができなかった報告もあり⁵⁾、予期的バランスメカニズムを評価するテストには不十分であることが推察される。

理学療法士に対して、脳卒中患者の日常生活自立の判断が要求される。歩行速度が遅く、不安定に見える場合でも転倒せず日常生活が自立できる患者と運動麻痺も軽く歩行速度も十分速いが、なかなか監視を外せない患者がいることは臨床でよく経験することである。通常認知機能や高次神経機能障害を有する患者は自立できないと一般的に判断される。これらの問題は、上述した予期的バランスメカニズムの問題であると推察できる。従ってバランス検査ツールとして、予期的バランスメカニズムを評価できる評価ツールの開発が求められると思われる。

【文献】

- 1) 伊藤宏司：身体知システム論—ヒューマンロボティクスによる運動の学習と制御，7-26，共立出版，2005.
- 2) Marilyn J. Lister Edited: Contemporary Management of Motor Control Problems Proceedings of the II STEP Conference, 1-27, Fundation for Physical Therapy, 1991.
- 3) A. Shumway-Cook, and M. Woollacott: Motor control Translating Research into Clinical Practice Third Edition, 157-186, Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
- 4) F. E. Huxham, P. A. Goldie and A.E. Patla: Theoretical considerations in balance assessment. Australian Journal of Physiotherapy, 47, 89-100, 2001.
- 5) D.L. Riddle and P.W. Stratford: Interpreting validity indexes for diagnosis tests: An illustration using the Berg Balance Test. Physical Therapy 79, 939-948, 1999.