姿勢調整の評価とトレーニング法

Assessment and Training of Postural Control

奈良 勲¹⁾ 弓削 類 藤村 昌彦

ISAO NARA, PhD, RPT¹⁾, RUI YUGE, BA, RPT, MASAHICO FUJIMURA, BA, RPT

¹⁾*Institute of Health Sciences, Hiroshima University School of Medicine: 1-1-89 Higashisenda-Machi, Naka-Ku, Hiroshima 730, Japan. TEL +81 82-241-1221*

Rigakuryoho Kagaku 10 (3): 161-166, 1995. Received Apr. 20, 1995.

ABSTRACT: We have discussed assessment and training of postural control. Many subjects for physical therapy have various disorders related to postural control regardless of their types of disability. Thus we think that the factors influencing postural control must be taken into consideration at the time of assessment and training of the patients.

Key Words: assessment, training, postural control

要旨: 姿勢調整の評価とトレーニング法について概要を述べた。理学療法の対象となる患者の多くは、その疾患の種類を問わず直接、あるいは間接的に姿勢調整障害を呈している。したがって、姿勢調整の評価とトレーニングに際しては、姿勢調整に影響を及ぼすと思われるすべての要素を考慮しなければならない。

キーワード: 評価, トレーニング, 姿勢調整

1) 広島大学医学部保健学科: 広島市中区東千田町 1-1-89 (〒730) 082-241-1221

受付日 1995年4月20日

I. はじめに

今年の運動生理研究会の研修会テーマは「姿勢」で、筆者らに与えられた課題は「姿勢調整, Postural Controlの評価とトレーニング法」である。

これまでわが国では、姿勢調整に関連した研究は主に医学部の生理学及び耳鼻咽喉科学教室で取り扱われてきた。その後、体育学、あるいは理学療法学を含みハビリテーション医学関連領域で取り扱われるようになってきた。更に、姿勢に関連した国内・外の研究会の設立及びその学術集会も開催されている。

医学部の耳鼻咽喉科で姿勢調整に関する臨床・研究が行われてきたのは、主に前庭機能障害に対応するためである。旧ソビエトや米国では宇宙開発に伴い、無重力空間における姿勢調整、宇宙酔いなどに対応する研究も進んでいる。

さて、理学療法の対象になる障害を概観すると、それらの多くは姿勢・姿勢調整, posture・postural controlに直接的もしくは間接的に影響を及ぼすものである。よって、これらに関する臨床・研究は理学療法学領域における重要な課題の一つとなる。

この小論では、上記した事柄を念頭において、研究例を挙げて姿勢・姿勢調整に関する理学療法評価に触れ、トレーニング法と今後進展すると思われる宇宙医学について概要を述べる。

II. 生息形態における動物と植物の基本的な違いと共通点

生息形態における動物と植物との基本的な違いは、前者は自ら移動して生命維持に必要な食料を獲得しなければならないのに対し、後者はある場所に根を下ろして栄養素を摂取することである。

動物が移動するときは、生体を不安定な状態にしながらも、そのバランスを保つ必要がある。動物といっても、その種類によって移動形態が異なることから、生体を垂直に保つ姿勢もそれぞれ異なるのは当然である。

植物（浮き草などは例外）はいったん根を下ろせば移動する必要はないが、強風や洪水などで容易に倒れないようにstaticな姿勢保持に関与する要素を有する必要がある。それらは根の深さや面積、そして幹の弾性などである。しかし、一部の例外はあるが、動物、植物に共通する点としては、双方とも地表面の角度に関係なく重力下で垂直に姿勢を保とうとすることである。盆栽で幹を

横這いにして育てることはあるが、全体のバランスは保たれており、そうでない場合、棒などで支持されている。

III. ヒトの宿命的要素

人類の進化の過程でヒトは四足移動から直立二足移動に至ったとされている。

そのことで、手と脳を使い知性を高めてきたヒトではあるが、狭い支持面の中に垂直位で重心点を保ち、かつ不安定な状態での移動はハンディーを背負うことになる。そのため、姿勢保持・調整に関与する身体各部の機能が発達したとはいえ、腰痛、転倒、移動不能などが生じ易いのはヒトの宿命といえる。

「寝たきり状態に陥る」ことは、重力との戦いに負け、心身の自由を失い人間らしい生活が営み難くなることを意味する。よって、人間が直立二足歩行で移動するのは何よりも大切で、その維持・改善にかかわる理学療法士の役割は極めて重要といえる。

これは伝説かもしれないが、もし「弁慶」が何本もの矢を身体に受けながらも、立位姿勢を保って死んだとすれば、正しく重力に負けずに他界した勇者といえる。

IV. すべての障害は姿勢調整に通じる

“すべての道はローマに通じる”とのコピーは、ローマが繁栄し、ヨーロッパの中心であった時代の産物であろう。これまで、姿勢調整の三大要素として、前庭機能、視覚、感覚が挙げられていた。これらはその重要な要素ではあるが、姿勢調整にかかわるすべてではない。筆者らは、上記のコピーをもじって、“すべての障害は姿勢調整に通じる”と表現する（図1）。

①～④は身体と外界（環境）との関係で成立する姿勢調整、行動のフィードバック機構に直接関与する働きである。

⑤～⑧は運動器系の働きに影響を及ぼす。図1の諸要素の概略を以下に記す。

①中枢神経系⇒大脳皮質－脊髄の機能である。この中に高次能機能を含み、中でも半側無視、身体失認、観念失行、歩行失行などは多少にかかわらず姿勢調整に影響を及ぼすと思える。また、中枢神経系に起因する種々の不随意運動も姿勢調整を阻害する要素である。

②前庭機能⇒眩暈など。

③視覚系⇒視力、眼振、眼球偏位、複視、同名半盲など。

④感覚系⇒表在、深部感覚など。

- ⑤筋活動⇒筋の tonic, phasic な作用, 筋緊張など。
- ⑥身体部の欠損⇒足指, 足部, 大腿, 下腿などの切断。
- ⑦姿勢の配列⇒身体各部の変形, 脚長差など。
- ⑧疼痛⇒下肢痛, 腰痛は身体支持, 立ち直り反応に, そして頸部痛は頭からの立ち直り反応などを阻害する。筋肉痛も支持性や立ち直り反応を阻害する。さらに種々の臓器の痛みも姿勢調整に影響を及ぼす。

上記した要素は, 当然ながら, 障害の程度や内容によって姿勢調整に及ぼす度合いを左右する。

V. 姿勢調整の評価

1. 姿勢調整の評価の捉え方

評価とは, 検査・測定で得られたデータを分析, 考察, 価値付けして, 総合的に障害像を把握することであり, 姿勢調整の評価についても例外ではない。そして, それに基づいて到達目標やプログラムを設定するのである。

姿勢調整の評価は, 各肢位での静的な姿勢の配列 (図2) のチェックにはじまり, 動的状態で平衡機能, 立ち直り反応を診るのが基本である。さらに, 基本動作や日常生活動作におけるパフォーマンスの水準は, 姿勢や姿勢調整能力にも左右されることから, 患者・障害者の動作分析も必要となる。つまり, それぞれの動作の流れ, sequence の過程で姿勢調整を最も要求される相があるからである。

前記したように, 姿勢調整は中枢神経系だけの働きではなく, 種々の要素が関与することから, 実際には, 上記した検査項目を主体にしながらも, すべての検査結果との因果関係を考察する必要がある。これは, 患者・障害者を含む人間の総合的活動水準は, 基本的にすべての心身の機能が上位中枢神経の制御・統合作用として表出

図1 姿勢調整に影響を及ぼす要素

されたものとして捉えられるのと同じである。別の表現をすれば, 現在の総合的遂行水準に留まっている障害因子を分析し, その改善を図ればその人の水準を高めることができる筈である。でなければ, 評価結果に基づいた的確な治療やトレーニングはできない。

2. 姿勢調整の評価の留意点

姿勢調整の評価に限らないが, 検査・測定に関連して留意すべき事項は, ①目的, ②方法と対象 (対象者, 対象部位, 肢位, 刺激の質量, 使用機器など), ③結果 (データ処理・解釈など), ④考察などであり, 基本的には研究手順と同じである。

ここに姿勢調整の評価に関連した研究例を挙げ, 上記の事項に触れる。

「下肢関節固定時の立位重心動揺に及ぼす外力の影響」²⁾。

①目的: 身体に外力 (外乱刺激) が加わると, その量により関節運動を伴った姿勢調整反応が生じる。その場合, 下肢のそれぞれの関節をフリーにした場合と, 固定した場合の重心動揺の様相を知る。臨床的には, 下肢関節の ROM 制限や拘縮, あるいは装具装着による可動性制限が姿勢調整に与える影響を知る予備実験と考えてよい。

②方法と対象: 対象者は健康者で立位時の下肢関節をフリーにした場合と固定した場合とで外力に対する重心動揺を測定する。外力は2 kg のメディシンボールを用い, 臀部に1回加える。その外力はボールを吊るした点

図2 立位バランス

中村隆一: 基礎運動療法学 (第4版) より引用, 1992

からの紐の長さ、垂直軸からの角度から算出した(図3)。測定機器は重心動揺計、データ処理は分散分析によるt検定で行った。

③結果：(表1) 4.5 ニュートン・セック (Ns) の外力では、下肢関節非固定、固定時の重心動揺の差をみると、股・膝、股関節では有意差を認めないが、膝、足関節ではそれを認めた。これは、4.5 Ns の外力では、膝、足関節固定時の重心動揺が非固定時よりも少ないことを示唆している。

④考察：人間の種々の動作の中で、例えば、床からの立ち上がり、スポーツ動作の中での重心位置の調整を行う際には、下肢関節の中で、中間に位置する膝関節の動きが最も大きい。また微妙な調整に際しても膝関節が中心になっていることを体験し、観察もできる。登山や走行の途中に疲労が生じると、膝が笑うとか、ガクガクするなどの表現は、大腿四頭筋が膝関節運動調整の主体となっていることが伺える。よって、身体に加わる外力が大きくなければ(今回は少なくとも4.5 Ns 以下)膝を固定することで余分な筋活動や関節運動が起こらず、動揺も少なかったと思われる。しかし、この研究では筋電図所見を観ていないのでその断定はできない。

スポーツ傷害の中で、多発する部位は膝であるが、これも、上記したように、膝が下肢関節運動の中で中心になることや、捻じれに弱く、左右方向への遊びが少ないことなどによるとと思われる。

図3

VI. 姿勢調整のトレーニング法

これまでの代表的な姿勢調整のトレーニングとしては：

- ①回転や加速・減速などによる前庭刺激
- ②重心点移動による平衡反応
- ③オフバランスからの立ち直り反応

などが主体であった。最近では、運動調整、運動学習理論も配慮されてきた³⁾。また、視覚をフィードバックとして、重心動揺計で重心を移動させ、テレビ画面の目標対象を追従させる方法が開発されている(図4)。さらに、視覚、感覚情報を遮断した状態での重心動揺に関する研究は多いが、その状態でのトレーニング効果についての報告は少ないと思える。

筆者ら⁴⁾は pelvic board を作成して、片麻痺患者の骨盤運動に関した報告をしている。この研究は、骨盤コントロールの改善に着眼したものであったが、その中には体幹の姿勢調整要素も含まれているであろうことに後で気付いたことがある。

姿勢調整に影響を及ぼす要素(図1)について述べたように、姿勢調整のトレーニングの狙いは、姿勢調整を阻害する要因の改善を図ることに他ならない。とすれば、伝統的トレーニング法を含め①～⑧の改善を配慮する必要がある。これらの要素を過用でも廃用でも無い程度に活性化することは姿勢調整を維持、もしくは改善することになると思われる⁵⁻⁷⁾。要するに、“すべての障害は姿勢調整に通じる”の如く、二足歩行に至ったヒトの宿命として、如何に重力に打ち勝って生きるかであろう。

VII. 宇宙医学について

宇宙環境における身体の生理的变化を経時的にみると

表1 非固定時と固定時の重心動揺距離の差 ($\theta = 45^\circ$)

	NO-HK	NO-H	NO-K	NO-A
重心動揺距離の 差の平均 (mm)	8.2	28.0	54.3	53.5
t 値	0.442	1.596	2.571	3.435
有意水準			$p < 0.02$	$p < 0.01$
有意差	無	無	有	有

(注) NO: 非固定, H: 股関節, K: 膝関節, A: 足関節

図 4

(図5), 発射直後に前庭神経が関与する宇宙酔いが発現し, 次いで体液及び電解質の体内変動を来し, 心・循環器系の変化が臨床症状を発現する限界にまで達する。これらの内, 前庭神経系, 体液, 電解質組成は, 中断の線に示された宇宙の0Gでの適応点(0-G Set Point)に落ちつくが, 筋容量の減少, 骨からのカルシウム溶出は適応点に達することなく継続する⁸⁾。

NASAからの報告を見ると, 多くの宇宙飛行士が①姿勢錯覚, ②深部感覚の低下, ③回転感覚の低下, ④眼振, ⑤眩暈, ⑥飛行後の開眼での平衡感覚障害を起こしている^{9,10)}。Andersonら¹¹⁾は, 飛行士を対象にして起立台上の立位肢位で前後の外乱刺激を加え, 飛行前後に肩・腰の反応を光学的に測定し比較した。その結果, 地球帰還後には姿勢調整を視覚系に依存する傾向が強まるとともに, 身体各部の運動の協調性が乱れる統合的制御機構の変化を確認している。

また, 微小重力下では, 下半身に多く分布していた血液や組織液が平均化して上半身に移動し, 大腿部を中心に下肢容量が減少する体液シフト現象を招く。これによって, 頸動脈や大動脈弓などの血管圧受容器は物理的圧の増加を感知する。受容器から情報を受けた中枢は循環血漿量の増加に対し, 抗利尿ホルモンの分泌

図 5 無重力状態の生理的影響の時間経過

(Nicogossian AE, et al : Space Physiology and Medicine. 2 eds. Lea & Febiger. Philadelphia, 1989 より)

を抑制し、体内の余分な水分を排除する反応が生じる。その結果、水バランスは負となり、血液は濃縮されて体重は減少する。同時に微小重力下では血液の重量が無くなるために、心臓への負担が低下して廃用性萎縮を招く。こうした循環器系の微小重力環境への適応反応後に急激に地球の重力下に帰還すると、心臓の負荷が増し、血圧の低下、心拍数の増加、意識の低下や喪失などの起立耐久性が低下する。

以上の知見を総括すると、微重力環境では天と地の概念が無くなり、重力線が消失するため、平衡感覚の保持に必要な求心性情報のうち視覚以外の情報が大幅に低下、または不正確になるものと考えられる。よって、宇宙飛行士が地球帰還後に立位・歩行困難となる要因としては、①前庭機能及び平衡反応の低下、②筋力低下による力学的支持機構の低下、③心・循環器系機能の低下が挙げられる。

VIII. おわりに

以上、姿勢調整の評価とトレーニング法について概要を述べた。前記したように、ヒトとしての宿命である二足歩行は、四足歩行する動物よりも力学的支持性で不利となる。

よって、いかなる疾患であれ、あるいは病弱高齢者であれ、末永く自由意思で二足歩行し、人間らしい生活を営むことは何よりも重要なことである。そのようなことから、人間の歩行にかかわりを持つ理学療法士の役割は極めて貴重である。

文 献

- 1) 奈良 勲: 脳卒中片麻痺患者における障害構造の研究—残存能力表出率の判定法の検討—。理・作・療法, 15: 745-758, 1981.
- 2) 奈良 勲・他: 下肢関節固定時の立位重心動揺に及ぼす外力の影響。理・作・療法, 20: 190-192, 1986.
- 3) Foundation for Physical Therapy, APTA's Neurology Section and Section on Pediatrics: Contemporary Management of Motor Control Problems, Proceedings of the II STEP Conference, 1991.
- 4) 奈良 勲・他: Pelvic Board による片麻痺患者の骨盤運動に関する研究。理学療法科学, 13: 11-15, 1986.
- 5) Frank J, et al: An Activity program to improve balance control in older adults. Vestibular and Neural Front, Proceedings of the 12th International Symposium on Posture and Gait, 231, 1994.
- 6) Lord J: Effect of exercise on balance and related factors in older women: a randomized controlled trial. Vestibular and Neural Front, Proceedings of the 12th International Symposium on Posture and Gait, 235, 1994.
- 7) 藤原勝夫・他: 高齢者のバランスボードによる平衡訓練。telos, 12: 71-90, 1994.
- 8) Nicogossian AE, et al: Space Physiology and Medicine. Lea & Febiger, Philadelphia, 148-149, 1989.
- 9) Nicogossian AE, et al: Life sciences considerations for long duration manned space missions. Vol. 1 Medical operations, John F Kennedy Space Center under Contract.
- 10) Young LR, et al: MIT/Canadian Vestibular experiments on the Spacelab-1 mission; Sensory adaptation to one-G: an overview. Exp Brain Res, 64: 291-298, 1986.
- 11) Anderson DJ, et al: Dynamic posture and analysis of spacelab-1 crew members. Exp Brain Res, 64: 380-391, 1986.
- 12) 浅井 仁: 姿勢調節能の評価。体育の科学, 44: 17-21, 1994.
- 13) 浅井 仁・他: 高齢者の姿勢調節能。telos, 12: 55-61, 1994.
- 14) 福田 精: 訓練と平衡生理—或る狂言の姿勢とのりもの酔い—. 神経進歩, 18: 639-648, 1974.