

表1 運動器不安定症の診断

運動器不安定症の診断は、運動機能低下をきたす11疾患の既往、罹患と日常生活自立度、または運動機能の低下の存在ということになる。

運動機能低下をきたす疾患	
・脊椎圧迫骨折および各種脊椎変形（亀背、高度脊椎後彎・側彎など） ・下肢骨折（大腿骨頸部骨折など） ・骨粗鬆症 ・変形性関節症（股関節、膝関節など） ・腰部脊柱管狭窄症 ・脊髄障害（頸部脊髄症、脊髄損傷など） ・神経・筋疾患 ・関節リウマチおよび各種関節炎 ・下肢切断 ・長期臥床後の運動器廃用 ・高頻度転倒者	
機能評価規準	
1. 日常生活自立度：ランクJまたはA（要支援+要介護1, 2）	
2. 運動機能：（1）または（2）	
（1）開眼片脚起立時間	15秒未満
（2）3m Timed up and go test	11秒以上

（筆者作成）

骨折してからの治療だけではなく、骨折前に予防的に介入して高齢者の自立とQOL、生命的な予後を守る必要があると考えられるようになり、その具体的な介入の方法としての概念が「運動器不安定症」といえる。

そして、平成18年4月、「運動器不安定症」が診療報酬点数表に収載され、同時期に日本整形外科学会、日本運動器リハビリテーション学会、日本臨床整形外科医会の3学会の統一見解として、「運動器不安定症」の概念・診断基準が公表された。「運動器不安定症」が、ほかの疾患概念と全く異なる点は、予防的な疾患概念であるという点である。

運動器不安定症の定義

高齢化により、バランス能力および移動歩行能力の低下が生じ、閉じこもり、転倒リスクが高まった状態。

運動器不安定症の診断

表1の運動機能低下をきたす疾患の既往があるかまたは罹患している者で、日常生活自立度あるいは運動機能が以下に示す機能評価規準1または2に該当する者。

1. 開眼片脚起立時間の測定法（図1）^{1)~3)}

（1）ストップウォッチを準備する。

（2）方法

① 可能なら素足、診療所では安全を考え靴をはいても可。

② 両手を腰に当てて、片足立ちの体勢を確かめる。

（3）記録

① 片足立ちの時間を計測する。ただし最長は120秒とする。

② 左右とも2回実施し、少数第1位まで記録

ADL：activities of daily living（日常生活動作）、QOL：quality of life

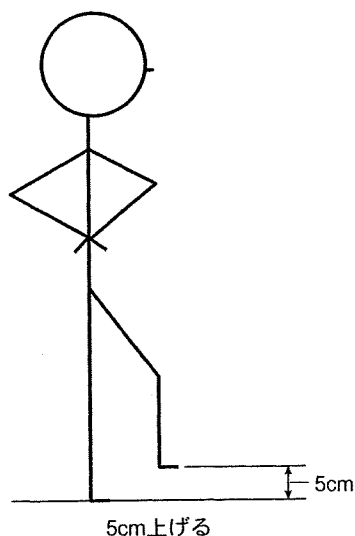


図1 開眼片脚起立時間測定の様式図

新体力テスト実施要項 (65～79歳対象)。
(文献3より引用)

し、良い方の記録をとる。

- ③ 1回目の記録が120秒を超えた場合、2回目は行わない。

(4) 実施上の注意

- ① 滑らない床の上で実施する。
- ② 被測定者の周りには物を置かない、段差や傾斜のある場所も避ける。
- ③ 実施前に、測定者に以下の事項を伝える。
 - a. 片足立ちで、できるだけ長く立つテストである。
 - b. 片足立ちの姿勢は、支持脚を伸ばし、もう一方の足を前方に少しあげ、あげた足は支持脚に触れない姿勢であること。
 - c. テスト終了の条件は、④ あげた足が支持脚や床に触れた場合、⑤ 支持脚の位置がずれた場合、⑥ 腰にあてた両手、もしくは片手が腰から離れた場合であること。
- ④ 1, 2度手技を実践してもらい、その後測定

する。

- (5) 「はじめ」の合図をすると合図だけでバランスを崩す人がいるので、片足をあげての合図をし、片足立ちになった時から計測する方がよい。

- (6) 終了の条件を徹底しておき、被測定者に練習させておくとよい。

2. 3 m Timed up and go test (3 mTUG) の測定法^{4)～6)}

椅子から立ち上がり、3 m 先の目標まで歩行したあと方向を転換し、元の椅子まで戻り、腰掛けまでの時間を測定する機能的移動能力テストである(図2)。

(1) 準備・場所

肘掛け付きの椅子(椅子の高さは46 cmを基準とする)、コーン、ストップウォッチ、メジャー。

テストを行う場所は、椅子から3 m 先にコーンを置き、椅子とコーンの間には障害物がないようにして、2人が歩くのに十分なスペースを確保する。

(2) 測定方法

- ① 椅子から立ち上がり、3 m 先の目印(コーン)まで歩いてから折り返し、再び歩いて元の椅子に座るまでの時間を計測する。
- ② スタート前の姿勢は椅子の背もたれ、および座面に体重がかかった状態で、肘掛けに手を置く(肘掛けがない椅子を利用する場合は、両手を膝の上に置く)。
- ③ 検者のかけ声(「ハイ」など)で開始し、被験者の尻が再び椅子に触れるまでの時間(小数点1位)を測定する。
- ④ 回り方は、被験者の自由とする。
安全な早さで一連の動作を行わせるために、「いつも歩いている速さで回って下さい」と声掛けする。

3 mTUG : 3 m Timed up and go test



図2 3 m Timed up and go test (3 mTUG) の一連の動作

椅子から立ち上がり、3 m 先の目印まで歩いてから折り返し、元の椅子に座る。

(文献6より引用)

- ⑤ 1回練習してから測定する。検者が口頭で説明しても理解し難い場合もあり、被験者の前で検者自身が実際に行う事も必要となる。

(3) 測定上の注意・配慮

- ① このテストを行う上での最高のリスクは転倒である。④ 立ち上がりから歩き始めに移る時、⑥ 方向転換をする時期、⑦ 椅子に腰掛けようとする時に、バランスを崩して転倒する事が多い。
- ② テスト前の歩行状態から推測して、転倒の可能性が予測される場合には、検者が被験者の横を歩くななどして、不意にバランスを崩すことがあっても即座に介助できる体制をとる必要がある。
- ③ 転倒を含めたリスクを考え、十分なスペースが取れない施設や、介助者のサポート体制が取れない場合は、3mTUGテストは危険性

が高いといえる。

補足

1. ランクJ

何らかの身体的障害は有するが、日常生活はほぼ自立し、一人で外出する者が該当する。なお「障害等」とは、疾病や障害およびそれらの後遺症、あるいは老衰により生じた身体機能の低下をいう(表2)。

J-1はバス、電車等の公共交通機関を利用して積極的に、かなり遠くまで外出する場合が該当する。

J-2は隣近所への買い物や老人会等への参加等、町内の距離程度の範囲までなら外出する場合が該当する。

2. ランクA

「準寝たきり」に分類され、「寝たきり予備軍」

表2 障害老人の日常生活自立度（寝たきり度）判定基準

生活自立：ランクJ
何らかの障害等を有するが、日常生活はほぼ自立しており独力で外出する。 1. 交通機関等を利用して外出する。 2. 隣近所へなら外出する。
準寝たきり：ランクA
屋内での生活は概ね自立しているが、介助なしには外出しない。 1. 介助により外出し、日中はほとんどベッドから離れて生活する。 2. 外出の頻度が少なく、日中も寝たきりの生活をしている。
寝たきり：ランクB
屋内での生活は何らかの介助を要し、日中もベッド上での生活が主体であるが座位を保つ。 1. 車椅子に移乗し、食事、排泄はベッドから離れて行う。 2. 介助により車椅子に移乗する。
寝たきり：ランクC
1日中ベッド上で過ごし、排泄、食事、着替において介助を要する。 1. 自力で寝返りをうつ。 2. 自力で寝返りもうたない。

(文献7より引用)

ともいうべきグループであり、いわゆる house-bound に相当する。屋内での日常生活活動のうち食事、排泄、着替に関しては概ね自分で行い、留守番等をしますが、近所に外出するときは介護者の援助を必要とする場合が該当する。なお、「ベッドから離れている」とは「離床」のことであり、ふとん使用の場合も含まれるが、ベッドの使用は本人にとっても介護者にとっても有用であり、普及が図られているところでもあるので、奨励的意味からベッドという表現を使用した。

A-1は寝たり起きたりはしてはいるものの食事、排泄、着替時はもとより、そのほかの日中時間帯もベッドから離れている時間が長く、介護者がいればその介助のもと、比較的多く外出する場合が該当する。

A-2は日中時間帯、寝たり起きたりの状態にはあるもののベッドから離れている時間の方が長い、介護者がいても、まれにしか外出しない場合が該当する。

3. ランクB

「寝たきり」に分類されるグループであり、いわゆる chair-bound に相当する。B-1とB-2とは座位を保つことを自力で行うか介助を必要とするかどうかで区分する。日常生活活動のうち、食事、排泄、着替のいずれかにおいては、部分的に介護者の援助を必要とし、1日の大半をベッド上で過ごす場合が該当する。排泄に関しては、夜間のみ「おむつ」をつける場合には、介助を要するものとはみなさない。なお、「車椅子」は一般の椅子や、ポータブルトイレ等で読み替えても差し支えない。

B-1は介助なしに車椅子に移乗し、食事も排泄もベッドから離れて行う場合が該当する。

B-2は介助のもと、車椅子に移乗し、食事または排泄に関しても、介護者の援助を必要とする。

4. ランクC

ランクBと同様、「寝たきり」に分類されるが、ランクBより障害の程度が重い者のグループであり、いわゆる bed-bound に相当する。日常生活活

動の食事，排泄，着替のいずれかにおいても介護者の援助を全面的に必要とし，1日中ベッド上で過ごす。

C-1はベッド上で常時臥床している場合が該当する。

C-2は自力で寝返りをうつこともなく，ベッド上で常時臥床している場合が該当する。

■ おわりに

運動器不安定症の診断のすすめ方について述べた。

文 献

- 1) 阪本桂造：高齢者におけるバランス機能訓練の意義と効果．整・災外 **45**：723-730，2002.
- 2) 阪本桂造ほか：骨粗鬆症に対する運動療法－片足起立訓練を中心に－．運動・物理療法 **16**：2-7，2005.
- 3) 新体力テスト実施要項(65～79歳対象)．文部科学省ホームページ (http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/)，p8.
- 4) Mathias S, et al：Balance in elderly patients：The “Get-Up and Go” test. Arch Phys Med Rehabil **67**：387-389，1986.
- 5) Podsiadlo D, et al：The timed “Up & Go”：A test of basic functional mobility for frail elderly persons. J Am Geriatr Soc **39**：142-148，1991.
- 6) 岡持利亘ほか：Up & Go テスト．理学療法 **22**：129-139，2005.
- 7) 厚生省大臣官房老人保健福祉部長通知．障害老人の日常生活自立度(寝たきり度)判定基準．老健第 **102** (2)：1991.

運動器疾患

Musculoskeletal Disease

芳賀信彦 Nobuhiko Haga

老化に伴う運動器の変化

高齢者の運動器疾患に対するリハビリテーションに際しては、循環器、呼吸器、腎臓などに生じる慢性疾患の合併に留意することはもちろん必要であるが、特に老化に伴う運動器の変化を理解しておく必要がある。

骨格筋の容量は30歳代以降加齢とともに減少し、50歳代以降は特に減少の程度が著しい。筋力は50歳頃までは維持されるがそれ以降低下し、その程度は上肢に比べ下肢で大きい。筋力の低下には、筋容量の減少だけでなく、筋細胞の変化、支配神経の変化、代謝の変化などが関与する。筋線維は遅筋線維（タイプⅠ、赤筋）と速筋線維（タイプⅡ、白筋）に分類され、加齢に伴い速筋優位の萎縮が生じるとの報告と、遅筋、速筋が同様に減少するとの報告がある。支配神経には、ニューロンの数とサイズの減少、神経伝導速度の低下、結合組織の増加、神経興奮閾値の上昇などが加齢により生じると報告されている。これらの結果として、高齢者では運動コントロールの正確性、安定性が低下する。

骨密度は30歳代以降減少し、男性では50～55歳以降、女性では閉経後に減少が加速する。骨密度低下には、加齢による骨細胞の退行変性、運動量低下によるメカニカルストレスの減少、カルシウム摂取量や吸収率の低下、ビタミンD・副甲状腺ホルモン・成長ホルモン・エストロゲンなどの骨代謝関連因子の変化が関与する。

関節の加齢に伴う変化は、下肢の大関節に目立つ。軟骨、腱、靭帯は加齢とともに柔軟性を失い、関節可動域は減少する。変形性関

節症は男女の差なく60歳以降に多くなる。

骨粗鬆症と骨折のリハビリテーション

骨粗鬆症の臨床症状は、脊椎では腰背部痛や脊柱や胸郭の変形であり、椎体の圧迫骨折を生じた場合には強い痛み、時には麻痺を生じる。四肢骨では骨折を生じない限り無症状であるが、骨折を生じた場合には、早期に適切な治療を行い離床を図らない限り、高齢者の移動能力は低下し、合併症により生命に関わることもある。骨折の発症には転倒が大きく関与しており、リハビリテーションには、骨粗鬆症そのものに対する運動療法、転倒の予防、骨折後のリハビリテーションが含まれる。

骨粗鬆症の治療は、食事療法、薬物療法、運動療法からなり、これらが並行して行われる。運動療法には、歩行、ジョギング、階段昇降、エアロビクスなどの荷重運動、水泳などの非荷重運動がある。運動療法により腰椎部の骨密度は増加するが、大腿骨頸部の骨密度増加はほとんど報告されておらず、維持にとどまるようである。一方高齢者の転倒要因は、加齢に伴う内的要因と、家庭内の生活環境や外出時の環境変化といった外的要因に分けられる（表1）。実際には骨折は骨密度の低下に転倒が加わって生じることが多い。転倒予防には股関節外転筋群を中心とした筋力強化訓練、バランス訓練が有効とされている。運動療法により骨密度の維持または増加、転倒予防などを通じて骨折頻度を減らすことができるかに関する報告の結果はさまざまであるが、一般的には骨折予防を目的とした運動

表1 高齢者の転倒の要因

内的要因	外的要因
1. 運動器の変化 筋力低下 関節可動域減少 姿勢異常 2. バランス障害 中枢神経機能の低下 固有感覚受容器の機能低下 迷路機能低下 3. 視覚・聴覚障害 4. 高次脳機能障害 認知機能・注意 学習機能 意識 5. 薬物 睡眠薬, 向精神薬など 6. その他 転倒に対する恐怖心 糖尿病, パーキンソン病など	1. 地面・床面の状態 滑りやすさ(フローリング, 風呂場など) つまずきやすい敷物(毛足の長い絨毯など) 2. 障害物 小さな段差(カーペットの端, 室内段差など) 床表面のコード類 固定していない障害物 3. 明るさ 暗い照明 4. その他 不適当な履物(スリッパなど) 歩行補助具の誤用

療法は推奨されている。

高齢者の変形性関節症に対する リハビリテーション

変形性関節症の有病率は60歳代以降に高くなる。リハビリテーションに関わるのは、物理療法、運動療法、装具治療、手術後のリハビリテーションなどである。運動療法には、関節可動域訓練、筋力強化、有酸素運動が含まれるが、有効性に関するエビデンスは多くない。頻度の高い変形性膝関節症では大腿四頭筋の強化が有効とされており、特に高齢者では全可動域にわたり軽い負荷で運動を行う。有酸素運動としては、平地歩行、水中歩行などが行われる。

高齢者の脊髄損傷に対する リハビリテーション

高齢者の脊髄損傷には、若年者と比較して四肢麻痺、特に不全麻痺が多いという特徴がある。原因としては転倒、交通事故のほか、転移性脊椎(脊髄)腫瘍や頸椎症性脊髄症によ

ることもある。頸部の脊柱管狭窄に転倒などによる頸部過伸展が加わり、中心性脊髄損傷となる場合も少なくない。リハビリテーションの考え方はゴール設定も含めて若年者と同様であるが、変形性関節症などの既存障害、回復の遅れと肺炎・腎障害・褥瘡などのリスク、薬物に対する副作用の発現、などに留意して慎重にリハビリテーションを進める。

高齢者の下肢切断に対する リハビリテーション

成人の下肢切断の原因として近年、糖尿病や閉塞性動脈硬化症による切断が著しく増加しており、高齢者の割合が多くなってきている。年齢そのものは義足装着の適応に関わらないとされ、全身の健康状態、合併症、本人の意欲や理解力が関係する。義足処方に際しては、全身状態、健側の安定性などを参考にして、ソケットの適合調節、義足重量、継手の種類を決める必要がある。リハビリテーションは、心肺機能、深部静脈血栓に留意し、転倒に十分注意して進める必要がある。

骨粗鬆・骨萎縮に対する運動療法

芳賀信彦*

Nobuhiko Haga

はじめに

骨粗鬆症は一般的には高齢者の疾患と認識されており、そのガイドラインにおいても記述の対象の大部分は、閉経後および老人性の退行期骨粗鬆症である。したがって、骨粗鬆症に対する運動療法の効果も、従来、高齢者を対象に研究されてきた。運動療法により閉経後の腰椎・大腿骨の骨密度低下を予防できるとされているが、成人の骨粗鬆症のような大規模研究が可能な疾患においても、その効果は報告によりばらつきがある。一方、小児疾患のなかには、疾患そのものやその症状、投与する薬剤によって骨粗鬆・骨萎縮をひき起こすものがあるが、これに対する治療の研究は運動療法を含め現状では進んでいない。ここでは小児の骨粗鬆・骨萎縮について、運動療法を含めて記述する。

1. 小児における骨粗鬆・骨萎縮の原因

骨密度が低下する原因は、一次性、二次性に分類される(表)¹⁾。一次性とは病態そのものとして骨密度低下を呈するもので、基本的に全身の骨密度が低下する。一次性に含まれる代表的な疾患は、骨形成不全症と特発性若年性骨粗鬆症である。後者はまれな原因不明の疾患であり、3~12歳で四肢・脊椎の骨折や骨痛で発症する。Marfan 症候群や Ehlers-Danlos 症候群などの結合組織疾患でも軽度の骨密度低下を示す。二次性とは神経筋疾患、

表 小児の骨粗鬆症の分類

一次性	
1) 特発性若年性骨粗鬆症	
2) 遺伝性の結合組織疾患	骨形成不全症, Marfan 症候群, Ehlers-Danlos 症候群
二次性	
1) 神経筋疾患	脳性麻痺, 二分脊椎, Duchenne 型筋ジストロフィー, 長期の不動
2) 慢性疾患	白血病, びまん性の結合組織疾患, 嚢胞性線維症, 炎症性腸疾患, 吸収不全症候群(セリアック病), サラセミア, 原発性胆汁性肝硬変, 腎症(ネフローゼ症候群), 神経性食欲不振症, 臓器移植, HIV 感染
3) 内分泌疾患	思春期遅発症, 性腺機能低下症, Turner 症候群, 成長ホルモン分泌不全, 甲状腺機能亢進症, 若年性糖尿病, 高プロラクチン血症, Cushing 症候群
4) 先天性代謝異常	蛋白不耐症, 糖原病, ガラクトース血症, Gaucher 病
5) 医原性	糖質コルチコイド, メソトレキセート, シクロスポリン, ヘパリン, 放射線治療, 抗けいれん薬

(Bianchi¹⁾ 2006 より引用・改変)

種々の慢性疾患、内分泌疾患、先天性代謝異常、薬剤投与などの医療行為により全身または体の一部の骨密度低下を呈するものである。神経筋疾患の代表として脳性麻痺や二分脊椎(脊髄髄膜瘤)があり、いずれも麻痺の強い部位で骨萎縮を示し、病的骨折を生じることがある(図1, 2)。薬剤ではステロイド、抗けいれん薬によるものが多い。

* 東京大学大学院医学系研究科外科学専攻感覚・運動機能医学講座リハビリテーション医学分野
〒113-8655 東京都文京区本郷 7-3-1
TEL 03-5800-8795 FAX 03-5684-2094
E-mail: hagan-reh@h.u-tokyo.ac.jp



図 1 脳性麻痺児に生じた大腿骨骨折
8歳の痙直型四肢麻痺児 大腿骨顆上部は重症脳性麻痺児における骨折の好発部位である。



図 2 二分脊椎児に生じた大腿骨骨折
1歳8か月の上位腰髄レベルの麻痺児 麻痺のある児の骨折ではこのように過剰な仮骨を形成することがある。

II. 骨形成不全症に対する治療と運動療法の意義

小児の一次性骨粗鬆症の代表である骨形成不全症は、約90%の症例がI型コラーゲン遺伝子の変異により生じ、さまざまな程度の骨密度低下を示す。中等度以上の症例では四肢長管骨の骨折をくり返すうちに變形し、これがさらに骨折をひき起こすという悪循環を形成する(図3A)。脊椎に外傷による骨折を生じることがまれであるが、高齢者の骨粗鬆症と同様に椎体が變形し扁平化する(図4A)。

現在、骨形成不全症に対する治療の中心は薬物療法と手術である。骨萎縮に対する薬物療法としてビスフォスフォネート投与(小児では主にパミドロネート)が行われるようになっており、骨密度の増加(図4B)、骨折頻度の減少、骨痛の軽減などの有効性が報告され、これは骨・ミネラル代謝の変化によるものである²⁾。また長管骨に対し

ては、骨切り術により變形を矯正し、髄内釘で固定する手術が広く行われ(図3B)、再骨折率の低下、移動能力の向上に役立っている。ときには、これらを組み合わせることにより骨形成不全症患者のQOLは向上しているが、実際には薬物療法と手術のみでは不十分であり、下肢への荷重を中心とした運動を行うことにより、骨密度を維持または改善している。

以前より、骨形成不全症患者の管理においてリハビリテーションの重要性は指摘され、早期から頭部・体幹のコントロール、坐位の獲得、立位・歩行と進めていくことが必要とされていた³⁾。すなわち装具や手術により骨折のリスクを減らした条件下で下肢に荷重をかけることで骨萎縮を予防し、移動能力を高めていこうという考えである。ただし、これまでのこういったリハビリテーションの研究では、運動が骨萎縮にどの程度効果を及

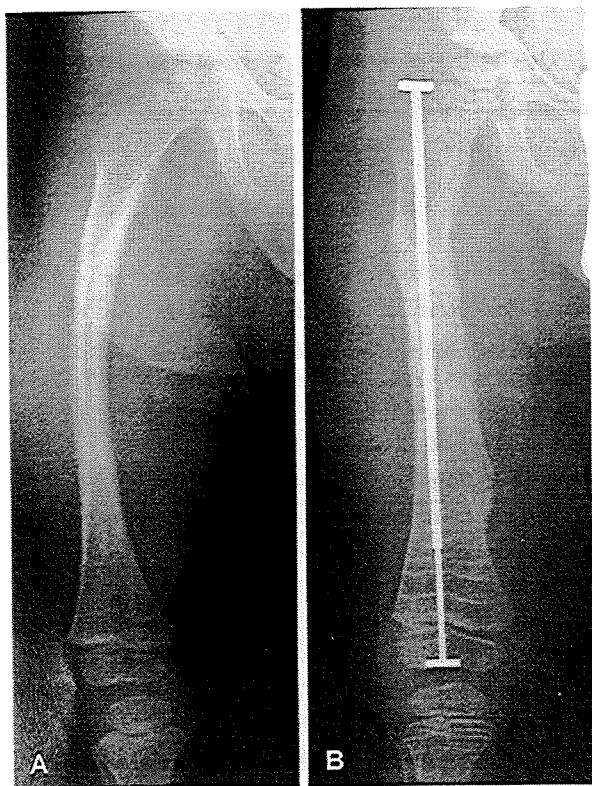


図 3 骨形成不全症の大腿骨変形

- A : 2 歳 7 か月時 出生時からのくり返す骨折により変形があり、骨幹部も細い。
 B : 3 歳 11 か月時 手術により変形が矯正されており、骨幹部も太くなってきている。この患者ではパミドロネートの間欠投与を併用した。

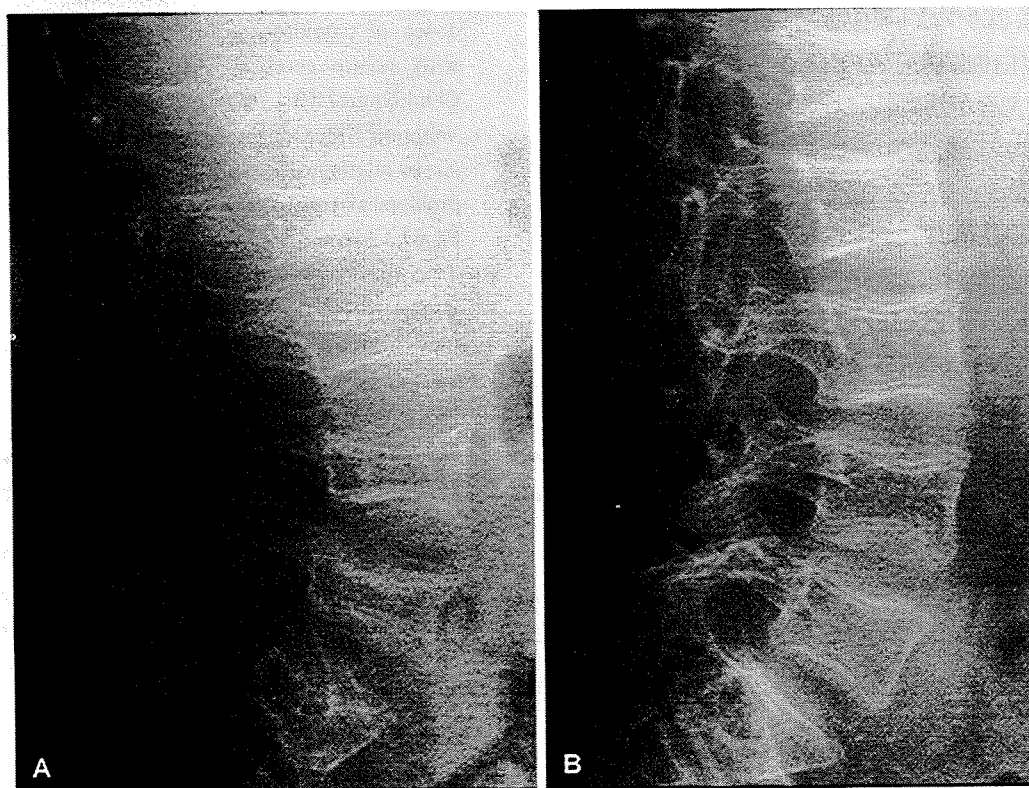


図 4 骨形成不全症の脊椎変形

- A : 6 歳時 椎体終板中央部が陥凹し、著しい扁平椎である。
 B : 9 歳時 3 年間のビスフォスフォネート（パミドロネートの間欠投与）により椎体の高さに変形が改善している。

Ⅲ. 二次性骨粗鬆・骨萎縮に対する治療と運動療法の意義

二次性の骨粗鬆・骨萎縮に対する薬物治療として、ビタミン D 投与、カルシウム補充が従来行われており、近年はビスフォスフォネートの投与も行われるようになってきているが、これらの薬剤の有効性に関するエビデンスレベルの高い報告は少ない¹⁾。ステロイドを用いることが多い若年性特発性関節炎において骨密度は正常より低く、ビスフォスフォネートは骨密度を増加させると報告されている⁵⁾。また、長期の不動を強いられ、症例によっては抗けいれん薬の投薬も受けている重症脳性麻痺では、低用量のパミドロネートが骨密度を上昇させると報告されている⁶⁾。

二次性骨粗鬆・骨萎縮における運動量と骨密度との関係については、二分脊椎の成人は骨密度が低く、とくに歩行不能例で前腕や大腿骨頸部の骨密度が歩行可能例と比べて低い⁷⁾、血友病小児の骨密度低下には少ない運動量が関係している⁸⁾、急性リンパ性白血病患者の peak bone mass は運動能力に関係するが活動性には関係しない⁹⁾、といった報告があり、運動量が骨密度低下に関係している可能性が高い。そこで運動療法の有効性が問題になるが、脳性麻痺において理学療法、立位訓練、機械的荷重が骨萎縮の治療と予防に有効である¹⁰⁾といったように、一般にリハビリテーションによる関節の他動運動や立位・歩行練習が骨萎縮の進行防止に有効と考えられているにすぎず、エビデンスレベルの高い報告はほとんどない。Johnston ら¹¹⁾は小児の脊髄損傷患者 4 名について、機能的電気刺激 (FES) または他動運動によるサイクリングプログラムを実施し、6 か月以上のプログラムにより 3 名で骨密度が増加したと報告した。

おわりに

以上で述べたように、小児の骨粗鬆・骨萎縮に対する運動療法の効果に関する研究は現時点で不十分である。原因となる個々の疾患の患者数が少ないこと、同一の疾患であっても症状や重症度が

多様であり、対象数の多い研究を行いにくいことが原因の一つと考えられる。今後は多施設共同による研究を行い、エビデンスを構築していく必要がある。

文 献

- 1) Bianchi ML : How to manage osteoporosis in children. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 19 : 991-1005, 2006
- 2) Rauch F, Plotkin H, Travers R, et al : Osteogenesis imperfecta types I, III, and IV : effect of pamidronate therapy on bone and mineral metabolism. *J Clin Endocrinol Metab* 88 : 986-992, 2003
- 3) Binder H, Conway A, Hason S, et al : Comprehensive rehabilitation of the child with osteogenesis imperfecta. *Am J Med Genet* 45 : 265-269, 1993
- 4) Brussel MV, Takken T, Uiterwall CS, et al : Physical training in children with osteogenesis imperfecta. *J Pediatr* 152 : 111-116, 2008
- 5) Thornton J, Ashcroft DM, Mughal MZ, et al : Systematic review of effectiveness of bisphosphonates in treatment of low bone mineral density and fragility fractures in juvenile idiopathic arthritis. *Arch Dis Child* 91 : 753-761, 2006
- 6) Plotkin H, Coughlin S, Kreikemeier R, et al : Low doses of pamidronate to treat osteopenia in children with severe cerebral palsy : a pilot study. *Dev Med Child Neurol* 48 : 709-712, 2006
- 7) Valtonen KM, Goksor LA, Jonsson O, et al : Osteoporosis in adults with meningomyelocele : an unrecognized problem at rehabilitation clinics. *Arch Phys Med Rehabil* 87 : 376-382, 2006
- 8) Tlacuilo-Parra A, Morales-Zambrano R, Tostado-Rabago N, et al : Inactivity is a risk factor for low bone mineral density among haemophilic children. *Br J Haematol* 140 : 562-567, 2008
- 9) Jarfelt M, Fors H, Lannering B : Bone mineral density and bone turnover in young adult survivors of childhood acute lymphoblastic leukaemia. *Eur J Endocrinol* 154 : 303-309, 2006
- 10) Fowler EG, Kolobe THA, Damiano DL : Promotion of physical fitness and prevention of secondary conditions for children with cerebral palsy : section on pediatrics research summit proceedings. *Phys Ther* 87 : 1495-1510, 2007
- 11) Johnston TE, Smith BT, Oladeji O, et al : Outcomes of a home cycling program using functional electrical stimulation or passive motion for children with spinal cord injury : a case series. *J Spinal Cord Med* 31 : 215-221, 2007

序 — 子どもの特徴と運動の必要性

芳賀信彦*

Nobuhiko Haga

本号の特集タイトルは「子どもの運動」であるが、まずは小児科の先生方にはなじみが薄いと思われる高齢者の話から、資料に基づいて書き始めてみたい。日本ではご存知のように少子高齢化が問題となり、超高齢社会を迎えている。総務省の推計人口（平成 20 年 10 月）¹⁾では、国内の日本人に占める 65 歳以上人口の割合は 22.3%，75 歳以上は 10.5%であり、超高齢社会の一般的な定義（65 歳以上人口が 21%以上）に当てはまっている。高齢化は今後も進むと考えられており、平成 18 年に行われた日本の将来推計人口²⁾では 2055 年、すなわち現在の幼児が 50 歳になる頃には 65 歳以上の高齢者人口は 40.5%になるとされている。この高齢化の潮流には、日本人の寿命の延びが大きく関与しており、平成 19 年度簡易生命表³⁾によれば、0 歳児の平均余命は男 79.19 歳、女 85.99 歳である。約 50 年前の昭和 30 年の資料では男 63.60 歳、女 67.75 歳であり、この間に 15～18 年も平均余命が伸びたことになる。

このように長い一生の間、ずっと健康でいることができれば理想的であるが、実際には多くの場合そうではない。世界保健機関（WHO）は「完全に健康な状態で自立した生活ができる生存期間」として健康寿命（healthy life expectancy）というものを定義している。WHO の報告⁴⁾によれば、2002 年の日本の健康寿命は、男性 72.3 歳、女性 77.7 歳である。これは同時期の平均余命よりも 6～8 年少ない計算になり、この間は何らかの介護を要

する可能性がある。介護につながる原因については、介護保険制度ができて以来厚生労働省が統計を取っている。平成 19 年国民生活基礎調査⁵⁾によると、要支援と要介護を合わせた全体の原因は、脳卒中 23.3%，認知症 14.0%，高齢による衰弱 13.6%に続いて関節疾患 12.2%，骨折・転倒 9.3%が占めるが、介護度が比較的軽い要支援に限れば、関節疾患 20.2%，高齢による衰弱 16.6%，脳卒中 14.9%，骨折・転倒 12.5%と、運動器の障害が上位になる。すなわち介護を受けることなく自立して健康に長生きするためには、運動器すなわち骨関節や筋肉、さらにはこれらを支配する神経を健全な状態に保つことも重要であるということがわかる。厚生労働省は「21 世紀の我が国を、すべての国民が健やかで心豊かに生活できる活力ある社会とするため、壮年期死亡の減少、健康寿命の延伸及び生活の質の向上を実現することを目的」として「21 世紀における国民健康づくり運動（健康日本 21）」⁶⁾を推進している。この中に「身体活動・運動には、生活習慣病の発生を予防する効果があり、健康づくりの重要な要素であることから、国民の身体活動・運動に対する意識を高め、日常の活動性及び運動習慣を持つ者の割合を増加させるとともに、これらの活動を行うことができる環境づくりを行う必要がある。」と書かれているように、生活習慣病の予防を念頭におかれているが、前述のように運動器疾患の予防という面からも、正しい運動習慣をつけることには意味がある。「健康日本 21」は主に成人および高齢者を対象として考えているが、運動器の傷害や疾病の予防、適切な運動習慣の獲得という面から考えると、小児期から連続するものとして考えるべきである。すなわち、一生涯を通して考えた場合に、小児期から将来運

* 東京大学大学院医学系研究科外科学専攻感覚・運動機能医学講座リハビリテーション医学分野
〒113-8655 東京都文京区本郷 7-3-1
TEL 03-5800-8795 FAX 03-5684-2094
E-mail: hagan-reh@h.u-tokyo.ac.jp

表 運動に関わる要素の小児期の特徴

運動器そのもの	
骨	成長軟骨の存在, 厚い骨膜, 低い骨密度
筋肉	少ない筋容量 (男児), 遅筋線維の比率が高い
靱帯	軟らかい
関節	可動域が広い
運動器以外の要素	
体型	頭部・体幹に比べ四肢長が短い
体組成	体脂肪率は 6 か月をピークに低下 (女児では思春期に再上昇)
神経	遅い伝導速度, 未熟な運動コントロール
体温調節	未熟

運動器の疾患につながりうる傷害や障害を予防しながら適切な運動習慣をつけておくことは、今後ますます重要な課題になっていくと考える。

子どもに運動をさせる場合、小児の運動器やそれに関連する要素には成人と異なる特徴 (表)⁷⁻¹⁰⁾があることを理解しておく必要がある。すなわち、小児の骨には成長軟骨があり、この部分は力学的に脆弱である。骨幹部から骨幹端部は厚い骨膜に覆われる。骨密度は 20 代の最大値 (peak bone mass) に向かい徐々に増加する。体重からみた筋容量は男児では成人よりやや少なく、タイプ 1 線維とよばれる遅筋線維のタイプ 2 線維 (速筋線維) に対する比率は男女とも成人に比べて大きい。靱帯は軟らかく、関節の可動域は広い。これらは運動器そのものの特徴であるが、これ以外の運動に関与する要素にも特徴がある。すなわち、小児の体型は成人に比べ頭部・体幹に比べ四肢長が短いという特徴をもち、体脂肪率は 6 か月をピークに徐々に低下する。ただし、女児では思春期に体脂肪率は再上昇し、6 か月時のピーク値に近づく。神経の伝導速度は遅く、運動コントロールは未熟である。実際に運動をする際には体温調節が問題になる。小児では、体容量に対する体表面積の比率が成人よりも大きいため、体温調節が不安定で未熟である。

正常小児でも、このように成人とは異なる特徴をもち、スポーツ障害の予防を考える場合

には考慮しておく必要がある。さらに、すでに疾患や障害をもっている子どもの運動を考える場合には、疾患や障害の病態・特徴をよく理解し対応するべきである。これは決して、リスクを考えて運動を制限するということではなく、何に注意をすれば運動を許可することができるか、という肯定的なスタンスに立つべきと考えている。障害をもちながらスポーツ活動に参加する子どもは増えているし、運動そのものが疾患のコントロールやリハビリテーションに役立つことも多い。本特集では、子どもの運動に関して多くの専門家から多彩な内容の原稿を戴いている。日常診療のなかで運動の内容や可否に関する相談を受けることも多いと考えるが、本特集を通じて最新の考え方を知っていただきたいと考えている。

文 献

- 1) 総務省統計局, 人口推計: <http://www.stat.go.jp/data/jinsui/index.htm>
- 2) 国立社会保障・人口問題研究所, 日本の将来推計人口: <http://www.ipss.go.jp/pp-newest/j/newest03/syousai03.asp>
- 3) 厚生労働省, 平成 19 年簡易生命表: <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life07/index.html>
- 4) WHO, World Health Statistics Report: <http://www.who.int/whosis/whostat/en/>
- 5) 厚生労働省, 平成 19 年国民生活基礎調査: <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/20-19.html>
- 6) 健康日本 21: <http://www.kenkounippon21.gr.jp>
- 7) 山中良孝, 山上恵美, 井上 勝: 成長期の骨発育と骨代謝. THE BONE 15: 633-637, 2001
- 8) Hebestreit HU, Bar-Or O: Differences between children and adults for exercise testing and exercise prescription. In Skinner JS (ed): Exercise Testing and Exercise Prescription for Special Cases, 3rd ed, Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, pp68-84, 2005
- 9) Stout JL: Physical fitness during childhood and adolescence. In Campbell SK, Vander Linden DW, Palisano RJ (eds): Physical Therapy for Children, 3rd ed, Saunders, St. Louis, pp257-287, 2006
- 10) 日下部浩, 坂巻豊教: 小児の成長と発達. 越智隆弘, 菊地臣一編: NEW MOOK 整形外科 15 小児整形外科, 金原出版, 東京, pp13-33, 2004

変形性股関節症の病態と経過

芳賀信彦¹⁾

key words 変形性股関節症 病態 自然経過 二次性変形性股関節症

内容のポイント Q&A

Q1 変形性股関節症の種類(一次性と二次性の違い, 二次性の原因疾患)は?

一次性変形性股関節症は, 原因疾患がなく X 線計測値が正常であるものをさし, 二次性変形性股関節症は原因疾患があるものをさす. 二次性の原因疾患としては, 先天性股関節脱臼・臼蓋形成不全, 大腿骨頭壊死症, ペルテス病, 骨系統疾患, 血友病などがある.

Q2 二次性変形性股関節症の病態は?

二次性変形性股関節症は, 股関節の形態異常により荷重面積が減少したり, 股関節が不安定になることに, 加齢による関節軟骨の変性が加わって生じる. 近年は, 変形性股関節症の発症に遺伝子変異が関与しているとの報告もある.

Q3 二次性変形性股関節症の自然経過は?

一般には前股関節症が加齢とともに初期, 進行期, 末期と進行するが, 股関節形態異常の程度や日常生活の活動度により進行の度合いは影響を受ける.

Q4 変形性股関節症をもつ人の QOL と ADL は(どう制限されるか)?

変形性股関節症をもつ人の QOL・ADL は, 本症の主症状である疼痛, 関節可動域制限, 跛行により多様に制限される. 移動の障害が主であるが, 座位, 睡眠, 性生活なども影響を受け, 状態により精神面にも影響を及ぼす.



はじめに

変形性股関節症とは, 股関節の関節軟骨に退行

性変化を生じ, これにより滑膜や関節包にも異常をきたして関節機能に障害を生じ, さらに骨性変化が加わった状態のことをいう. 病変の進行により, 股関節およびその周囲の疼痛, 股関節可動域制限, 跛行といった症状を示し, 日常生活動作も制約を受けるようになる.

わが国における変形性股関節症の有病率は 60 歳以上の女性で 2% と多くはないが¹⁾, 実際のリ

* Pathogenesis and Natural History of Osteoarthritis of the Hip

¹⁾ Nobuhiko Haga MD

東京大学医学部附属病院リハビリテーション科

ハビリテーション(以下リハ)の現場では、骨切り術や人工股関節置換術を受けた患者の診療にあたることも多く、変形性股関節症の病態や自然経過に関する知識は、リハにかかわる医療従事者にとって重要なものである。

変形性股関節症の種類

変形性股関節症は、一次性変形性股関節症と二次性変形性股関節症に分類される。一次性変形性股関節症は、原因疾患がなく、X線計測値(特に臼蓋形成不全を示す値)が正常であるが、関節症変化を生じたものと定義される²⁾。わが国における一次性変形性股関節症の頻度は非常に少なく、変形性股関節症全体の0.65%に過ぎないとの報告もある²⁾(図1)。二次性変形性股関節症には多く

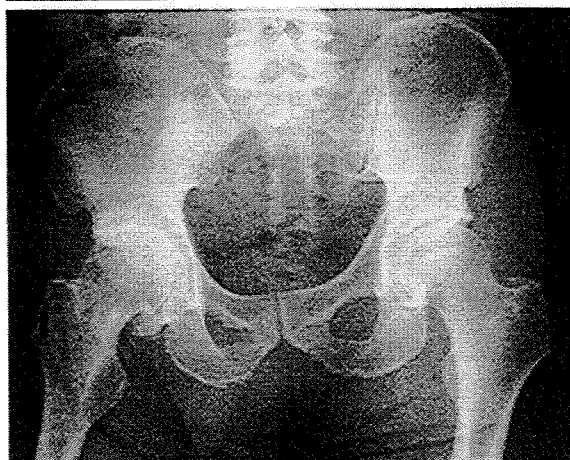
の原因疾患があり(表1)、股関節のみが罹患する疾患である先天性股関節脱臼・臼蓋形成不全、大腿骨頭壊死症、ペルテス病などのほか、骨系統疾患、血友病など多発性の変形性関節症を生じる疾患もあり、後者では能力低下がより重度となる。

先天性股関節脱臼は臼蓋形成不全を伴うが、治療により脱臼の整復が順調に得られると、臼蓋形成不全も経年的に改善することが多い(図2)。しかし、亜脱臼や臼蓋形成不全が残存すると変形性股関節症となることがあり³⁾、また先天性股関節脱臼の治療に伴い骨頭傷害を生じると骨頭・頸部

■表1 二次性変形性股関節症の原因疾患

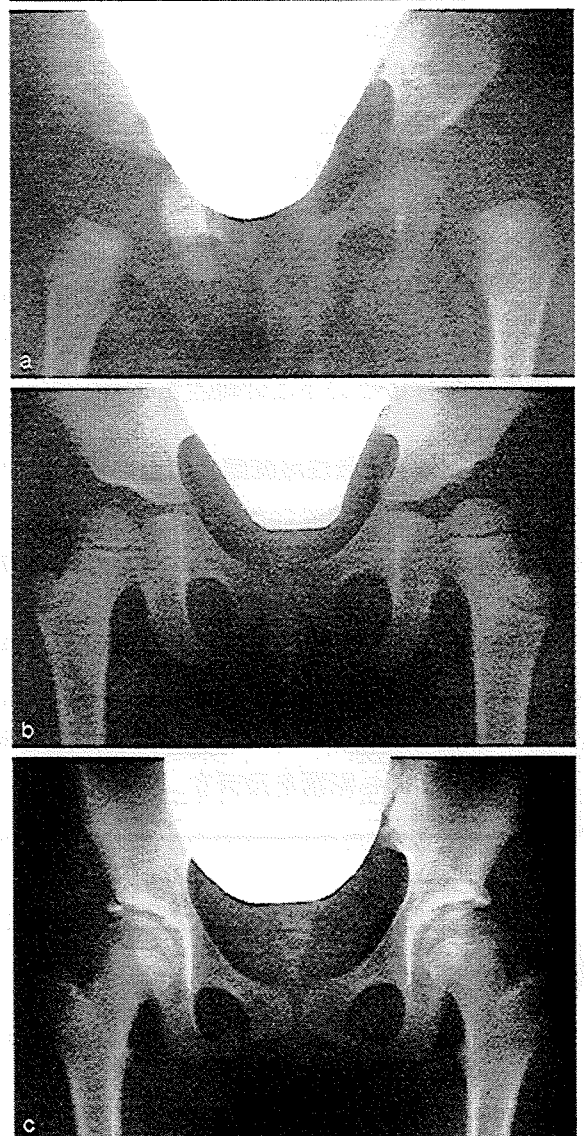
1. 股関節のみが罹患するもの
 - 先天性股関節脱臼・臼蓋形成不全
 - 大腿骨頭壊死症
 - ペルテス病
 - 大腿骨頭すべり症
 - 外傷後遺症(股関節脱臼骨折、骨折変形治療など)
 - 感染(化膿性股関節炎、骨髓炎、関節結核など)
2. 股関節以外の関節も罹患するもの
 - 骨系統疾患(主に骨端異形成を示すもの)
 - 内分泌疾患(先端巨大症、甲状腺機能低下症など)
 - リウマチ性疾患(関節リウマチなど)
 - 血友病

■図1 一次性変形性股関節症(73歳、男性)



臼蓋形成不全を伴わない右変形性股関節症

■図2 左先天性股関節脱臼に伴う臼蓋形成不全の経過(女児)



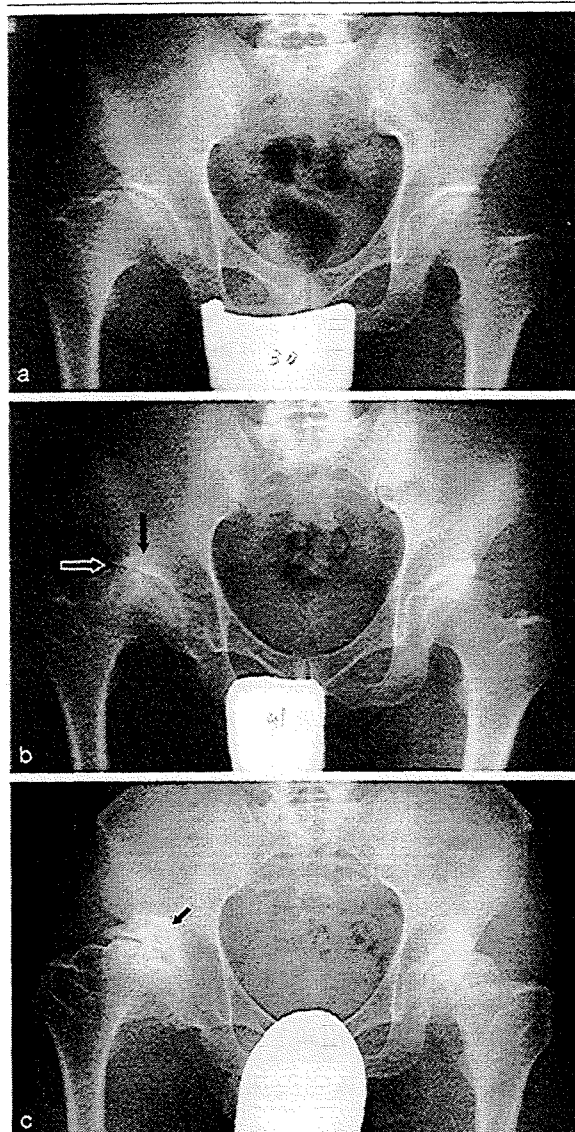
a: 3力月時、治療開始前

b: 4歳時、臼蓋形成不全の残存

c: 11歳時、臼蓋形成不全の回復

にも変形を残す(図3a)。二次性変形性股関節症の原因のなかでは、先天性股関節脱臼・臼蓋形成不全が最も多い。ペルテス病は治療の経過により、

■ 図3 両先天性股関節脱臼治療後に残存した臼蓋形成不全による二次性変形性股関節症(男性、図2の症例の父親)



a: 30 歳時。右は臼蓋形成不全と骨頭変形があるが関節裂隙の狭小化はわずかで、前股関節症から初期股関節症へ進行する状態。左は軽度の臼蓋形成不全と外反股があるが関節裂隙は保たれており、前股関節症である。
b: 41 歳時。右の関節裂隙は狭小化があり初期股関節症に進行している。軟骨下骨の骨硬化(→)があり、臼蓋縁に小さな骨棘(⇒)を認める。左は 30 歳時から大きな変化はない。
c: 51 歳時。右は関節裂隙の狭小化が進行し、一部はほぼ消失している。臼蓋側に骨嚢腫がある(→)。進行期股関節症の状態である。左は関節裂隙の狭小化を生じ、初期から進行期の股関節症となった。

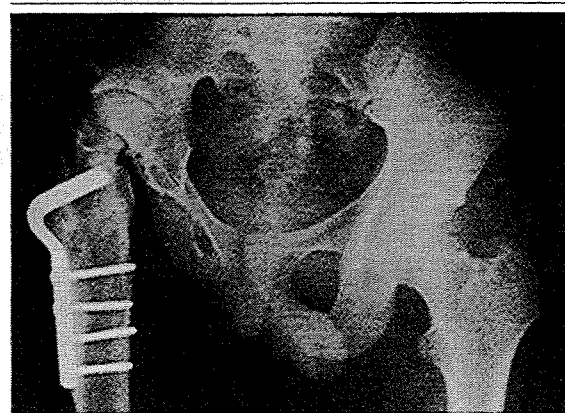
大腿骨頭の変形が残ったり股関節の適合性が失われたりして、若年性変形性股関節症の原因となる⁴⁾(図4)。小児期の化膿性股関節炎では治療に難渋すると重度の変形を残すことがある⁵⁾(図5)。長管骨骨端部の異形成を示す骨系統疾患では、若年性変形性股関節症を生じることがあり、代表的な疾患として多発性骨端異形成症⁶⁾や先天性脊椎骨端異形成症(図6)が知られている。後者はⅡ型コラーゲン遺伝子の変異により生じる疾患で、関節軟骨そのものの変性を生じるほか、重症例では著しい内反股を伴う⁷⁾。血友病性関節症は膝関節、足関節、肘関節の罹患が多いが、重症例では股関節も罹患することがある⁸⁾(図7)。

■ 図4 ペルテス病後の左変形性股関節症(36歳、男性)



小児期にペルテス病に罹患するも治療を受けなかった。骨頭変形と臼蓋形成不全がある

■ 図5 右化膿性股関節炎・腸骨骨髓炎後の右変形性股関節症(17歳、男性)



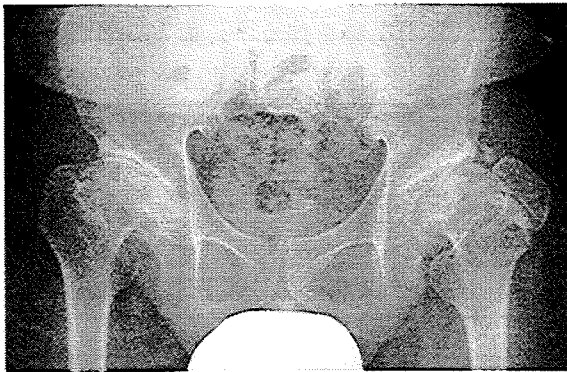
小児期の罹患で、腸骨と骨頭の著しい成長障害がある



二次性変形性股関節症の病態と自然経過

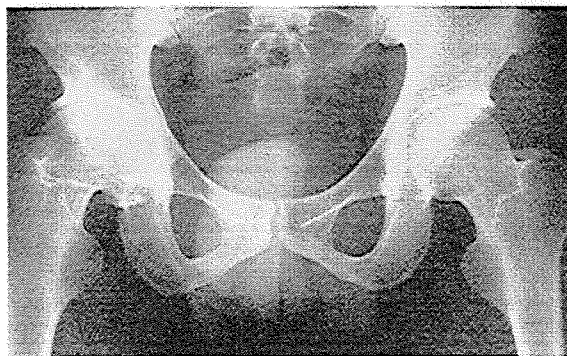
正常股関節では片脚立位時や歩行時には体重の数倍の力が加わるとされており、2名の患者の体内にストレインゲージを組み込んだ計測でも⁹⁾、

■ 図6 先天性脊椎骨端異形成症に伴う両側変形性股関節症(43歳, 男性)



先天性脊椎骨端異形成症は脊椎と長管骨骨端部の異形成、低身長などを示す骨系統疾患である。大腿骨頭の変形、頸部短縮、内反股を伴う。左は以前に筋解離術を受けている。

■ 図7 血友病性関節症(27歳, 男性)



血友病Bの重症型で、右股関節の他、両膝関節、両足関節も罹患している。

片脚立位時に2.3倍および2.8倍、時速約5kmの歩行時には3.3倍の荷重が加わっていたと報告されている。二次性変形性股関節症の原因として頻度の多い亜脱臼・臼蓋形成不全では、荷重が臼蓋縁に集中し、単位面積あたりの荷重が増加する。これに股関節不安定性の影響、加齢による関節軟骨の変性が加わって変形性股関節症に至る。近年は、変形性股関節症の発症に遺伝子変異が関与しているとの報告もある¹⁰⁾。

病理学的には、荷重部の関節軟骨表面には細線維化、毛羽立ち、亀裂、侵食などを生じ、徐々に関節軟骨は失われる。また、関節軟骨深層では石灰化軟骨層へ血管が侵入し、軟骨下骨の骨硬化が生じる。骨硬化が進行すると象牙化(eburnation)とよばれる状態になり、また軟骨下骨に壊死を生じ、骨嚢胞を認めることがある。一方非荷重部には、骨軟骨の増生により骨棘が形成される。骨棘は荷重面積を増大させようとする生体側の修復反応と考えられ、臼蓋側、骨頭側のいずれにも生じる。

これらの病理学的な変化は、病期の進行に従いX線所見に現れてくる。日本整形外科学会の変形性股関節症病期分類を表2に示す。前股関節症は、臼蓋形成不全などの骨形態の異常があるが、関節裂隙の狭小がない時期である。初期股関節症では関節軟骨が磨耗し、関節裂隙の狭小化を認める(図3a, b)。この時期には歩行時の股関節痛や関節可動域制限が出現してくる。進行期には関節軟骨の磨耗・変性が進行し、関節裂隙は一部消失する。骨硬化像や骨嚢腫が出現し、骨棘が形成されることもある(図3c)。末期股関節症では関節裂隙は

■ 表2 日本整形外科学会による変形股関節症の病期分類

病期	関節裂隙	その他の条件
前股関節症	正常	臼蓋形成不全 骨硬化像(一) 骨嚢腫(一)
初期股関節症	狭小化	骨硬化像や骨嚢腫が出現することもある
進行期股関節症	一部消失	骨頭と臼蓋の軟骨下骨が一部で接触 骨硬化像や骨嚢腫が出現 骨棘形成がみられることもある
末期股関節症	広範に消失	磨耗と骨棘による骨頭変形が顕著 二重臼底像を示すこともある

■ 表 3 日本整形外科学会股関節機能判定基準

ID:		氏名:		年 月 日(評価日)				
疼 痛		可動域		歩行能力		ADL		
右	左	右	左			容易	困難	不能
股関節に関する愁訴がまったくない	40 40	屈 曲		長距離歩行、速歩が可能、歩容は正常	20	腰かけ	4	2 0
		伸 展						
不定愁訴(違和感、疲労感)があるが、痛みはない	35 35	外 転		長距離歩行、速歩は可能であるが、程度の跛行を伴うことがある	18	立ち仕事(家事を含む) 注 1)	4	2 0
		内 転						
歩行時痛みはない(ただし歩行開始時あるいは長距離歩行後疼痛を伴うことがある)	30 30	点 数 注)	屈 曲	杖なしで、約 30 分または 2 km 歩行可能である。跛行がある。日常の屋外活動にはほとんど支障がない	15	しゃがみこみ、立ち上がり 注 2)	4	2 0
自発痛はない。歩行時疼痛はあるが、短時間の休息で消滅する	20 20		外 転	杖なしで、10～15 分程度、あるいは約 500 m 歩行可能であるが、それ以上の場合 1 本杖が必要である。跛行がある	10	階段の昇り、降り 注 3)	4	2 0
自発痛は時々ある。歩行時疼痛があるが、休息により軽快する	10 10	注)関節角度を 10° 刻みとし、屈曲には 1 点、外転には 2 点与える。但し屈曲 120° 以上はすべて 12 点、外転 30° 以上はすべて 8 点とする。屈曲拘縮のある場合にはこれを引き、可動域で評価する		屋外活動はできるが、屋外活動は困難である。屋外では 2 本杖を必要とする	5	車、バスなどの乗り降り	4	2 0
持続的に自発痛または夜間痛がある	0 0			ほとんど歩行不能	0	注 1) 持続時間 30 分、休息を要する場合、困難とする。5 分くらいしかできない場合不能とする		
具体的表現				具体的表現		注 2) 支持が必要な場合、困難とする		
						注 3) 手すりを要する場合は困難とする		

病名:	治療法:	手術日:	年 月 日	表記方法:	右 左	総合評価
カテゴリー:	A: 片側罹患 B: 両側罹患 C: 多関節罹患など	両側の機能	歩行能力+日常動作	疼痛+可動域		

(日本整形外科学会: 日本整形外科学会評価基準・ガイドラインマニュアル集, 第 3 版, 東京, 1999, p 51.)

広範に消失し、骨頭変形も顕著になる。必ずしもすべての前股関節症が加齢とともに初期、進行期、末期と進行するわけではなく、股関節形態異常の程度、日常生活の活動度などが関与する。また条件によりX線所見が改善する例もある¹¹⁾。



変形性股関節症とQOL・ADL

変形性股関節症のQOL・ADLは、本症の主症状である疼痛、関節可動域制限、跛行により多様に制限される。日本整形外科学会の股関節機能判定基準では、疼痛、関節可動域、歩行能力の項目

のほか、ADLとして腰かけ、立ち仕事、しゃがみこみ・立ち上がり、階段昇降、車・バスなどの乗り降り、が評価対象となっている(表3)。このほかADLとしては、正座・胡坐、性生活なども影響を受け、ADLの低下はQOLとも深く関係する。Hirvonenら¹²⁾は人工関節手術前の患者を対象に健康関連QOLの調査を行い、移動、睡眠、性生活、活力(バイタリティ)、日常活動、うつと苦悩の点で健常対象者と差があったと報告している。変形性股関節症のQOL調査では、総合的尺度であるSF-36のほか、変形性関節症の疾患特異的尺度であるWOMACやOAKHQOLが用いられることもある^{13,14)}。

文献

- 1) Yoshimura N et al : Acetabular dysplasia and hip osteoarthritis in Britain and Japan. *Br J Rheumatol* 37 : 1193-1197, 1998.
- 2) Nakamura S et al : Primary osteoarthritis of the hip in Japan. *Clin Orthop Relat Res* 241 : 190-196, 1989.
- 3) Weinstein SL : Developmental hip dysplasia and dislocation. In : Lovell and Winter's Pediatric Orthopaedics, 6th ed., Morrissy RT, Weinstein SL (eds), Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2006, pp 987-1037.
- 4) Stulberg D et al : The natural history of Legg-Calve-Perthes disease. *J Bone Joint Surg Am* 63 : 1095-1108, 1981.
- 5) Betz RR et al : Late sequelae of septic arthritis of the hip in infancy and childhood. *J Pediatr Orthop* 10 : 365-372, 1990.
- 6) Treble NJ et al : Development of the hip in multiple epiphyseal dysplasia. *J Bone Joint Surg Br* 72 : 1061-1064, 1990.
- 7) Wynne-Davies R, Hall C : Two clinical variants of spondylo-epiphyseal dysplasia congenital. *J Bone Joint Surg Am* 64 : 435-441, 1982.
- 8) Habermann B et al : Total hip replacement in patients with severe bleeding disorders. A 30 years single center experience. *Int Orthop* 31 : 17-21, 2007.
- 9) Rydell NW : Forces acting on the femoral head-prosthesis. A study on strain gauge supplied prostheses in living persons. *Acta Orthop Scand* 37(Suppl 88) : 1-132, 1966.
- 10) Miyamoto Y et al : A functional polymorphism in the 5' UTR of GDF5 is associated with susceptibility to osteoarthritis. *Nat Genet* 39 : 529-533, 2007.
- 11) 中島育昌 : 亜脱臼性股関節症・股関節の外科(石井良章・他編), 医学書院, 1998, pp181-193.
- 12) Hirvonen J et al : Health-related quality of life in patients waiting for major joint replacement. A comparison between patients and population controls. *Health Qual life Outcomes* 4 : 3, 2007.
- 13) Quintana JM et al : Health-related quality of life and appropriateness of knee or hip joint replacement. *Arch Intern Med* 166 : 220-226, 2006.
- 14) Rat AC et al : Effect of order of presentation of a generic and a specific health-related quality of life instrument in knee and hip osteoarthritis : a randomized study. *Osteoarthritis Cartilage*, 2007 (Epub ahead of print).

ORIGINAL ARTICLE

Evaluation of Postural Control in Quiet Standing Using Center of Mass Acceleration: Comparison Among the Young, the Elderly, and People With Stroke

Erkang Yu, MD, Masaki Abe, PhD, Kei Masani, PhD, Noritaka Kawashima, PhD, Fumio Eto, MD, PhD, Nobuhiko Haga, MD, PhD, Kimitaka Nakazawa, PhD

ABSTRACT. Yu E, Abe M, Masani K, Kawashima N, Eto F, Haga N, Nakazawa K. Evaluation of postural control in quiet standing using center of mass acceleration: comparison among the young, the elderly, and people with stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89:1133-9.

Objective: To determine center of mass (COM) acceleration usefulness in the evaluation of postural control during quiet standing.

Design: Three-group comparison design.

Setting: A research laboratory.

Participants: Poststroke subjects (n=12), healthy elderly subjects (n=22), and healthy young subjects (n=25).

Interventions: Not applicable.

Main Outcome Measures: With a force platform, postural sway was evaluated by using the standard deviations of COM acceleration and center of pressure (COP) and COM (COP-COM) in which COP-COM represents the distance between the COP and the COM.

Results: COM acceleration and COP-COM variables were greater in the poststroke group than in the healthy groups (elderly and young) in the mediolateral (ML) direction. Both variables in the anteroposterior (AP) direction were greater in the poststroke group and the elderly group than in the young group. Furthermore, the correlations between COM acceleration and COP-COM in each group in each direction were shown to be significantly high (r range, .906–.979; $P < .001$).

Conclusions: COM acceleration was useful in the evaluation of postural control during quiet standing when comparing the young, the elderly, and poststroke patients. Additionally, COM acceleration and COP-COM in both the AP and ML directions during quiet standing were significantly and highly correlated. Thus, we proposed that COM acceleration can be an alternative and convenient measure instead of COP-COM in the evaluation of postural control.

Key Words: Balance; Biomechanics; Rehabilitation.

© 2008 by the American Congress of Rehabilitation Medicine and the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation

TO INVESTIGATE THE postural control mechanism during quiet standing, measurements such as displacements of the center of pressure (COP), the center of mass (COM), and their derivatives have been widely used.¹⁻¹³ Among these studies, it is reported that the elderly often have some form of neurologic degeneration that result in an increase in postural sway when compared with the young.¹⁰⁻¹³ In studies of postural control,¹⁴⁻¹⁹ patients after a stroke showed a significant increase in postural sway and weight-bearing asymmetry. Recently, COP-COM, a measurement that represents the scalar distance at a given time between COP and COM, has been suggested as a good parameter in understanding the postural control system.²⁰ Corriveau et al²¹ showed that the COP-COM variable provided a reliable measurement of postural stability in the elderly including those who have impaired postural control from stroke and those with diabetic neuropathy. In addition, the evaluation of postural stability by using the COP-COM variable provided an accurate measure of the postural stability in the poststroke elderly.²² Paillex and So²³ have reported that after rehabilitation, there was a reduction in the measure of COP-COM in the mediolateral (ML) direction showing the improvements in the standing posture of hemiplegic subjects on COP-COM during the course of rehabilitation. It has been shown that COP-COM can distinguish differences between the healthy elderly and the young, which reflects the slight dysfunction on balance induced by aging.^{10,11,24} However, because COM is not directly measurable, the most general way to compute the trajectory of COM is by means of the stereophotogrammetric method,²⁵ which is very cumbersome. A method called the zero-to-zero-point double-integration technique^{26,27} has also been used for computing the trajectory of COM. Despite its simplicity of using a force platform alone, this method is not easily applicable for clinical measure because it requires complicated computations.

To measure postural control with less trouble, we proposed that COM acceleration should be used. While standing quietly on a force platform, the horizontal linear acceleration of the COM can be estimated with force platform recordings according to Newton's second law as follows:

$$\text{COM acceleration}(t) = F(t)/m \quad (1)$$

where t is the t -th sampling point, F is the ground reaction force recordings in the horizontal direction, and m is the mass of the body. Also, when the human body is approximated as an inverted pendulum rotated about the ankle joint,²⁸ we can derive

From the Department of Rehabilitation Medicine, Graduate School of Medicine, The University of Tokyo, Bunkyo-Ku, Tokyo, Japan (Yu, Eto, Haga); Department of Rehabilitation for the Movement Functions, Research Institute of the National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities, Tokorozawa, Saitama, Japan (Abe, Nakazawa); Department of Kinesiology, Pennsylvania State University, State College, PA (Abe); Rehabilitation Engineering Laboratory, Institute of Biomaterials and Biomedical Engineering, University of Toronto, Toronto, ON, Canada (Masani, Kawashima); Rehabilitation Engineering Laboratory, Toronto Rehab, Toronto, ON, Canada (Masani, Kawashima); Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo, Japan (Kawashima); and WHO Collaborating Center for Disability Prevention and Rehabilitation, Tokorozawa, Saitama, Japan (Eto).

No commercial party having a direct financial interest in the results of the research supporting this article has or will confer a benefit upon the authors or upon any organization with which the authors are associated.

Reprint requests to Kei Masani, PhD, Rehabilitation Engineering Laboratory, Lyndhurst Centre, Toronto Rehab, 520 Sutherland Dr, Toronto, ON M4G3V9, Canada, e-mail: k.masani@utoronto.ca.

0003-9993/08/8906-0018\$234.00/0
doi:10.1016/j.apmr.2007.10.047