

解 説

観察的動作分析における介入効果から身体運動を捉える方法
～足部・足関節の機能に着目して運動器疾患における歩行動作を考察する～

The method of considering the locomotion from intervention
effects for observation motion analysis.

～ Considering the gait in musculoskeletal disease with paying attention
to the function of foot and ankle. ～

橋本 雅至

Abstract: In order to develop the approach of the concrete physiotherapy to musculoskeletal disorders, it is required to observe and analyze the motion which has the dysfunction and to consider disability which histological injury of musculoskeletal disorders has brought about. At that time, author use the requisites such as tape and insole pad to predict and investigate dynamic elements which cannot be known by visual observation. The purpose is guiding and braking the joint motion, and evaluating the transmission of the important force in terms of kinetic chain influenced by the joint laxity and stability. The force in motion is a power source of movement, can assume the force of driving, braking and weight bearing. It is considered that efficient motion cannot be completed if these forces performed insufficiently.

Key Words: joint laxity, taping, insole pad

要 約：運動器疾患の具体的な理学療法アプローチを立案するためには、機能障害を有する動作を観察・分析し、運動器の組織学的傷害がもたらす機能不全を考察することが必要である。その際、目で見える観察では見ることができない力学的要素を予測・検討するために著者はテープやインソールパッドなどのアイテムを使用している。その使用目的は関節運動の誘導や制動であり、関節弛緩性や固定性に影響される運動連鎖の観点から見て重要な力の伝達を評価することである。動作における力とは運動の力源であり、推進力や制動力、体重支持力などが想定でき、これらの力の発揮が不十分であると、効率の良い動作は完成し得ないと考えられる。

キーワード：関節弛緩性、テーピング、インソールパッド

【はじめに】

運動器疾患の病態をどのように捉えるか。病態を組織学的に捉えて、治療を具体的に立案することが大切である。さらに理学療法を進めるにあたって、疾患がもたらす身体動作における機能不全や機能障害を病態運動学的に捉えることができるかが重要である。このような機能障害は疾患を有する部位以外にも波及している場合や、他の部位からもたらされた障害であることが少なくない。この把握のために理学療法士が日常的に臨床場面で行う動作の観察・分析が大切になる。

動作分析において動作解析装置などを用いて詳細に動作を捉えることも大切であるが、臨床場面では観察的（目で見る）動作分析を行う頻度が多く、有用性が高い。動作の1つ1つ、または各関節の動きを形態的に捉えることも大切であるが、形は機能そのものを表現していない場合も少なくない。悪い形や悪い動きは、必ずしも悪い機能であるとは限らず、目的の機能（役割）を果たしている動作が成立することも考えられる。つまり、ここで言う動作における機能は目的の働き（役割）を果たしているかどうかポイントである。動作を見えるということは、形以外にその機能（役割）をとらえることが必要であると考えられる。しかし、動作における機能はそこに働いている力を検討することであり、動作時に発揮される力や身体重心を検討し、さらに支持面（支持基底）において反映されるであろう地面反力（床反力）の状況を考慮することになる。これら動作時の力や身体重心、床反力などの物理学的要素は、観察するだけでは捉えがたいが、本稿ではそれらの機能を予測し、把握することを目的として著者が行っている試行について紹介する。

【動作分析に際して】

1. 機能（役割）としての力

動作に働く力には、推進力、制動力や体重支持力などがある。これらの力は床などに接している部分で床を押すことにより、その役割が完成する。寝返り動作などでは、体幹の一部が行うこともあるが、身体動作の多くは上肢や下肢の末端部が床や壁を押してその役割を担っていることが多い。また、この上肢や下肢も力の発揮を1部分だけで行っているのではなく、他の部位から力を伝達してきて効率よく発揮していることが多い。体幹から下肢、体幹から上肢、下肢から体幹、上肢へと力が伝達されている。これは運動連鎖として周知のものであり、形として評価される場合も多いが、本来は力の伝達として評価されなければならない。

このように力は、複数の関節を経由して伝達されるが、この役割を成り立たせるために必要なことの1つが、関節の安定性（固定性）である。関節が不安定のままでは力は十分に伝達できず、機能が果たせない結果となり、動作に不具合が生じる。そこで、関節の安定性を見るうえで考えておかなければならないことに関節弛緩性（joint laxity）がある。

多くの大関節である滑膜関節の関節弛緩性は、靭帯や関節包の働きに由来する固有の固定性（静的安定機構）を有する。さらに動作や姿勢保持時では、筋の収縮力によって関節を固定する動的安定機構が存在する¹⁾。関節弛緩性は静的安定機構に直接的に影響を及ぼす。もともと、靭帯や関節包など結合組織はコラーゲン線維の含有量や組成によってその伸張性（柔軟性）が異なり、また個人差が大きく認められるところである。柔軟性の高い靭帯や関節包は関節の固定性を不十分にさせ、動作時の関節固定性は筋収縮力に依存するところが大きくなる。筋収縮によって補われていると動作時の関節固定性

が高まり、力の伝達の目的達成も可能であるが、筋機能の状況によって結果は左右される。筋力不足はもちろんのこと、頻回な筋収縮から疲労状態に陥り、コンディションが低下した状態では関節の固定性に寄与できなくなることも想定することができる。これが筋の過活動（過運動、オーバユース）による運動器障害の発生要因にもなり得る。

2. 支持面（支持基底）と床反力

体幹から下肢へ力が伝達される場面では、床に接する足部（足底面）によって地面を蹴る（押す）力が、作用・反作用の関係から外力として身体に加わる。これが床反力であり、動作の力源となる。前述したように力是一部分の筋収縮だけではなく、動作に関連する複数の関節周囲の筋力と身体質量とが合成して床に作用する。床反力を十分に形成するためには床をしっかりと蹴る（押す）ことが必要となる。つまり、支持面とは床を押すことができる部分であると考えれば、たとえ床に形の上では接していても、押すという機能が果たさなければ、機能的な支持面であるとは言い難い。機能的な支持面が狭くなれば、必然的に機能的な支持基底も狭小化することになる。立位、歩行など足底面が支持面になる場合は足底面で床を押す機能が、身体動作を決めるといっても過言ではない。しかし、その足部には多くの関節が存在し、それぞれに関節弛緩性（または固定性）の性質が存在する。例えば身体重心を前方へ移動させ、制止するような姿勢制御をする場合、関節弛緩性が高い足部では力の伝達に不十分さがあり、下腿三頭筋による底屈力が前足部（母趾球、小趾球）へ伝達されず、床を十分に押すことができるかどうかは疑問がある。結果、前方への重心コントロールが不十分となり、必然的に身体動作（姿勢制御）全体にも影響しうると考えられる。

| テスト項目 | 判 定 | 角度 | テスト項目 | 判 定 | 角度 |
|-------|-----|----|-------|-----|-------|
| 1 | 左 右 | | 6 | | |
| 2 | 左 右 | | 7 | | |
| 3 | 左 右 | | 8 | 左 右 | 10° ≤ |
| 4 | 左 右 | | 9 | 左 右 | 45° ≥ |
| 5 | | | 10 | 左 右 | 5cm ≥ |

- 1 母指の前腕掌側への接触（他動）
- 2 示・中・薬・小指がM-P関節（手掌と指との間の関節）での背屈で前腕と平行になる（他動）
- 3 肘関節を伸展した時に15°以上過伸展（反張）する（自動）
- 4 背部で左右の手指がとどく（一方は肩越しに、他方は下方から）、あるいは背部で合掌できる（自動）
- 5 両上肢を90°前拳し内転した際に肘から遠位の前腕内側が接触する（自動）
- 6 立位体前屈にて手掌が床面に接地する（自動）
- 7 立位で下肢を外旋し両足部が180°開く（自動）
- 8 立位で膝が10°以上反張する（自動）
- 9 立位にて足関節の背屈が45°以上（下腿と床面に接地した足部とのなす角が45°以下）（自動）
- 10 仰臥位にて足関節を最大底屈した際の母趾と床の距離が5cm以下のもの（自動）
・両側あるものは片側0.5ポイントとし全項目が可能なものは10ポイントとなる。
・一般には男子で2～3ポイント、女子で3～4ポイントである。

図1 全身関節弛緩性テスト（General Joint Laxity test: GJL）（文献7より）

3. 関節弛緩性の評価

関節弛緩性のテストは諸家により報告されているが、著者は、廣橋ら²⁾による10項目のテスト（図1）を行っている。全身関節弛緩性テストと言われるように一部の関節弛緩性を評価するのではなく、全身を観点に結合組織の柔軟性を点数化するものであり、10点満点中、男性で2～3点、女性で3～4点が平均的とされる。また、関節単体で評価する場合、関節包内運動の程度で判断する場合がある。著者が行う足部の関節弛緩性は、後足部に対する前足部の回内運動の他動的可動性で判断している（図2）。

徒手による柔軟性の評価



- ①踵骨をしっかりと把持し、対側で舟状骨・立方骨レベルを把持する
- ②ショパール関節を捻るように回内・回外の可動性を確認する

理想では最大回内時に、前足部と後足部の足底面が平行

図2 ショパール関節の回内運動の評価

歩行の立脚後期 toe-off 前に上部から伝達されてきた力が、母趾球や小趾球で床を押す際の力として最後（床）まで力が伝達し得るかどうかは、ショパール関節やリスフラン関節を中心とした足部の関節弛緩性の程度により予測することができる。関節弛緩性が高い足部で目的が達成されていれば、筋収縮による貢献が高いのかもしれないが、繰り返し動作を行うことによる筋疲労が予測される。また目的達成ができていなければ、関節弛緩性が身体動作の推進力発揮を減少させたことになり、動作そのものに変化をもたらす。

動作において効率よく力を伝達することができるかどうかを考えるうえで、関連する関節の安定性（弛緩性）を評価することには意義がある。

【動作観察時の介入】

1. テープによる介入

動作観察の際、機能までは目で見るできないという立場から、著者は対象者の動作にさまざまな介入を行って動作時の機能を考察するようにしている。そのポイントは対象者に口頭指示して動作を変化させるのではなく、対象

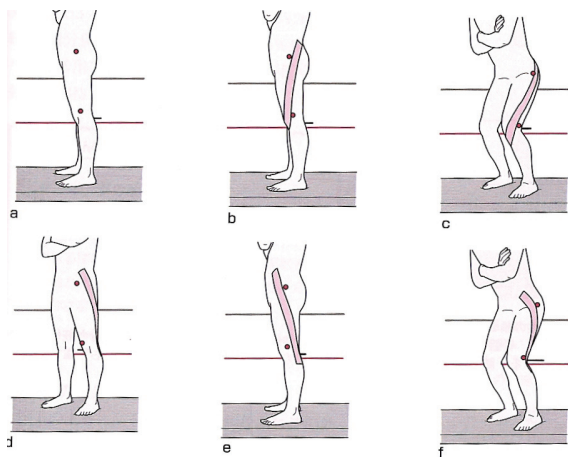


図3 関節軸とテープ走行との関係から関節運動誘導と制動（文献7より）

側面から股関節・膝関節の運動軸からテープ走行を前後に離すと、関節の屈曲や伸展運動の誘導や制動の効果がねらえる

者は自らの制御をできるだけ行わない自然な状態にさせ、こちらから関節機能をコントロールするような介入を行うことである。実際、弛緩性が高い関節（不安定な関節）に固定性を与えるにはスポーツ選手に多用されるテーピングの作用は有用である³⁾。また、関節の運動軸との位置関係から伸縮性のあるテープを貼ると、関節運動に対して制動や誘導の作用をもたらせることが可能である（図3）。このテープの作用を実際に対象者に貼付し、運動機能をサポートすることができれば、動作の様が変化することが観察できる。また、ねらいとは逆の作用になるテープを貼付すると、動作の様がより困難になったり、不安定になるような質的低下につながることを観察できる。このように関節機能に対してテーピングを行い、動作の変化を観察することが、動作時の機能を理解する手助けとなる。

また姿勢保持は、重心線を支持基底内に保持する運動として捉えれば、床反力の作用により、支持基底から重心線が出ないように運動をしていると理解できる（姿勢保持運動）。この際、前後の制御では前足部による床を押す作用が重要であり、押すことができない場合は前方に姿勢を崩すか、もともと後方に身体重心を変位（後方重心、重心の後方化）させて重心位置を前方に変位しにくいようにしていることが考えられる。側方向では、膝伸展位にて後足部の回内・外運動により重心をコントロールしている。健康者では片脚立位になることにより、顕著な足部の運動を観察することができる。また後足部の動き（距骨下関節の可動性）が不良であったり、偏りがあると片脚立位は不安定になり、姿勢保持が困難となる。この際テープ（図4-a, b）を貼り、後足部の動きを誘導や制動することにより、立位姿勢が変化することが観察できる。

2. 足部への介入

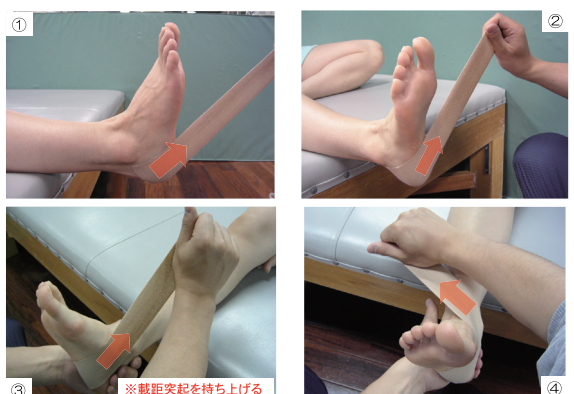
(1) 後足部

後足部の動きは距骨下関節の回内・外運動により行われる。回内・外運動は3平面の動きであり、実際には三次元的な運動である。中でも前額面上の運動は後足部の内反・外反方向への動きとなり、片脚立位保持の際、足部の回内・外運動の要となる。足関節周囲の運動傷害により、この距骨下関節に可動性制限が生じると片脚立位が不安定になったり、膝関節の内・外反、股関節などの運動による代償が現れる要因になる。また距骨下関節の水平面上の回旋運動は、立位などの荷重位では距腿関節を介して下腿の内・外旋に連鎖して、結果として、膝関節を中心とした下肢全体の回旋ストレスの要因となる。

立位姿勢に影響を及ぼす後足部をテープによって距骨下関節を回内方向、回外方向へ誘導し⁴⁾、立位、歩行などの動作の変化を見て後足



a) 後足部回内誘導



b) 後足部回外誘導
図4 後足部の誘導テープ

部の肢位が姿勢や動作にどう関与しているかを判断する(図4-a, b)。この場合、後足部の機能自体が動作障害を引き起す場合以外に、他の部位の機能障害があつて、後足部が他を代償する目的で運動している可能性もあわせて考察する必要がある。

(2) ショパール関節(横足根関節)

後足部に対して前・中足部は回内・外の可動性を有する。特に前・中足部の回内運動は、足部アーチを高めて、足部の剛性を高める際に大切な動きとなる。この剛性の高まった足部は、歩行などの立脚後期に床を前足部底面で押す時期に下腿三頭筋の筋力を前足部に伝達する梃子として働く役割を持つ。またショパール関節の可動性が少ないと母趾球での地面接地が困難になり、足部全体の回内運動や横アーチの低下などの代償を必要とする。逆に関節弛緩性が高く、ショパール関節の可動性が大きすぎると、力の伝達が減少し動作の力源としての機能が不十分となる。

ショパール関節は距舟関節と踵立方関節の二つからなる。この二つの関節にはそれぞれの関節軸があり⁵⁾、その関節軸は距骨下関節の肢位により、位置関係が変化する⁶⁾(図5)。このことから、距骨下関節を回内誘導するとショパール関節は可動性を増し、回外誘導すると可動性が減少して固定性を増すこととなる。したがって足部の剛性を必要とする場面では、距骨下関

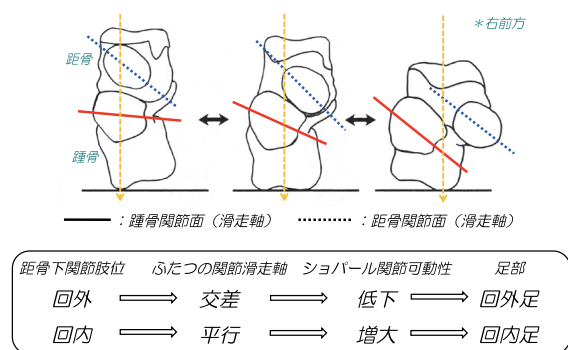


図5 ショパール関節の可動性と距骨下関節の肢位との関係

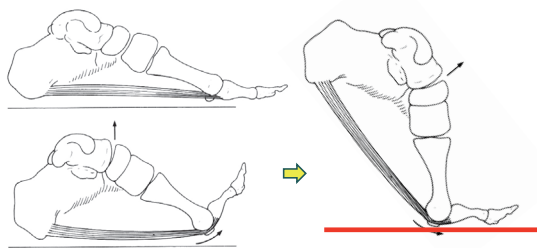
節が回外し、ショパール関節の可動性を抑制することが必要である⁵⁾。

(3) 足部剛性を高める例

足部の剛性を高める例として、テープでは後足部を回外誘導して足底面に足底腱膜をサポートするようなテーピングが有効である⁷⁾。またインソールパッド(図6)を用いて、内側縦アーチ(載距突起部)を高く保持し、横アーチ部(中足骨部)にパッドを入れ、足底腱膜の緊張を高めてウィンドラス機構をより有効に働かせることが足部の剛性を高める操作となる⁸⁾(図7)。



図6 足部剛性向上をねらったインソールパッドの貼付位置



MTP関節の背屈 → 足底腱膜の緊張(↑) → 縦アーチの挙上固定 → 足部の剛性(↑)
(歩行のToe-off時に足部剛性を高め地面を蹴る)

図7 ウィンドラスの巻き上げ機構

【動作観察のポイント】

1. 代償と非代償としての機能

動作時の1つの動きを見る際に、その動きがどのような機能(役割)を果たすために動いて

いるかを考察する。例えば、股関節の外転筋による骨盤の側方支持機能が、筋の機能不全によって、骨盤を水平位に保持することができない場合、主に2つの運動パターンが認められる⁷⁾。1つは、骨盤を水平位に保持できずに反対側が墜落する Trendelenburg 徴候であり、もう1つは保持できないことが予め分かっており代償運動として反対側の骨盤を挙上する Duchenne 現象である(図8)。1つの機能不全に対して必ず2つ以上の運動パターンが存在することが分かる。では、動作観察時に見た1つの異常な動きが、代償して出現した動き(代償性)なのか、代償できずに引き起こされた動き(非代償性)なのか、によってはアプローチの方向性が変わってくる。代償して生じた動きはセラピストが介入して、その動きを手伝ってみる介入方法もある。これは、本来必要な動きなので、この介入はサポートしたことと同様の役割を持つ。しかし、代償できずに生じた動きであれば、本来は不必要であり、この動きを手伝われるとかえって、邪魔な介入となる。いずれにせよ、動作を見ているだけでは分からない機能(役割)を確認することができる。対象者のそばでセラピストが徒手にて誘導しながら、動作させること(一緒について歩くなど)が困難であれば、テープやインソールパッドなどのアイテムの使用はセラピストの徒手的操作に替わって有用である。

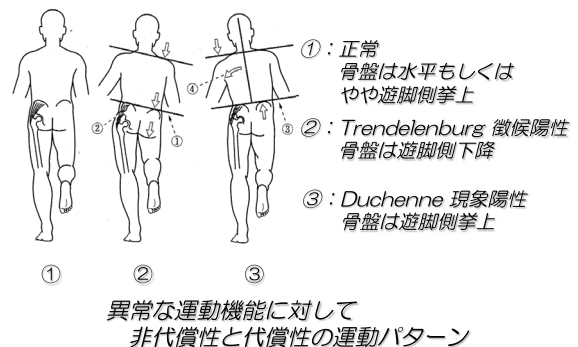


図8 骨盤側方安定性の機能不全と運動パターン

2. 歩行動作

歩行観察は前後から観察することができれば、臨床場面では有用である。しかし、体幹の回旋や下肢の関節の回旋運動は水平面上の動きであるため、前後からでは確認しづらい。著者が考案した前後からでもおおよそ判別可能となるポイントを図9のように示す。衣服の縫い合わせ部分や膝蓋骨の向きは回旋運動を予測することができ、左右差や動作時の介入操作前後の変化を相対的に判別するのに有用である。また何らかの操作により足部の剛性が高まった際、立脚後期の前足部での push-off (床を押す力) が大きくなり、同側の股関節の伸展、骨盤の後方回旋が大きくなる。この動きはカウンタームーブメントとして、上部体幹の同側の前方回旋を大きくさせ、上肢の振りが大きくなるような連鎖となる。このような動きも合わせて確認する。

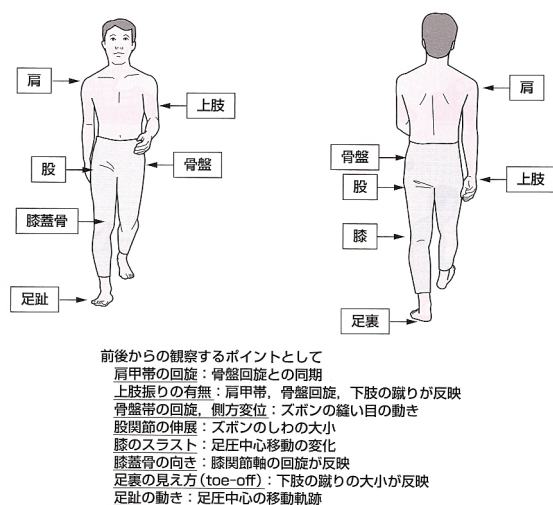


図9 前後からの歩行観察ポイント (文献7より)

3. 片脚立位姿勢

片脚立位時に膝関節を伸展位にさせ、体幹を正中位から動かさないように指示すると、足関節ストラテジーを使うことになる。足部は回内・外運動を繰り返し、姿勢を保持しようとする。観察のポイントはその足部の動きであるが、回内・外運動のどちらか一方に偏って動いていた、姿勢を崩して倒れる方向が左右どちらかに

偏っている場合がある。足圧中心が足底面の内側や外側に偏っていると、倒れる方向も左右のどちらかに偏る場合がある。また姿勢保持が不安定な場合、膝関節が軽度屈曲位をとり緩みの肢位 (loose-packed position) にて膝関節の内・外反変位を行ったり、前足部に荷重させて前足部の回内・外運動にて後足部のストラテジーを代償していることがあるので、それらの動きや変位も、あわせて観察のポイントになる。また可能であれば、閉眼にて片脚立位をとらせれば、下肢での動きや姿勢制御のストラテジーが顕著になることがある。

【むすび】

運動器疾患の理学療法における問題点の整理方法として、観察的動作観察における試みを紹介した。診察の際に、明らかな組織学的変化が原因である場合以外に、いわゆる機能的な問題として捉えられる疾患も少なくはない。となれば、その機能的問題を具体的に捉え、また考察することができるかが、治療結果を左右する事は明白なことである。よって動作における介入などを含めた詳細な検討が必要であり、また動作の変化が治療成績となり得ると考えられる。

【文献】

- 1) 市川宣恭：第1章 スポーツ機能解剖と障害、スポーツ指導者のためのスポーツ外傷・障害 (第2版) (市川宣恭編)、南江堂、1992、pp1-21.
- 2) 廣橋賢次・他：水泳選手の関節弛緩性について～柔道選手との比較において～、臨床スポーツ医学9：783-789、1992.
- 3) 上野隆司・他：総論、アスリートケアマニュアル テーピング (アスリートケア研究会編)、文光堂、2010、pp1-16.
- 4) 伊佐地弘基・他：足関節・足部、アスリートケ

- アマニユアル テーピング (アスリートケア研究会編). 文光堂, 2010, pp235-303.
- 5) Perry J: Gait Analysis. Normal and Pathological Function. SLACK Incorporated, 1922, pp51-87.
- 6) 入谷 誠: 足部・足関節. 整形外科理学療法の理論と技術 (山崎勉編). メジカルビュー社, 1977, pp36-61.
- 7) 橋本雅至・他: テーピング、インソールを必要とする対象者. 歩行を診る－観察から始める理学療法実践 (松尾善美編). 文光堂, 2011, pp390-408.
- 8) 橋本雅至: スポーツウエアを必要とする対象者. 歩行を診る－観察から始める理学療法実践 (松尾善美編). 文光堂, 2011, pp409-426.