

論文の内容の要旨

論文題目 新規腰部運動測定法を応用した Lumbopelvic Rhythm の解析

氏名 戸島 美智生

1. 序文

超高齢社会と運動器疾患

社会の高齢化に伴い、変形性腰椎症や変形性股関節症などの運動器疾患患者も増加し、健康寿命の維持・介護予防の上からも運動器疾患の予防・治療法の開発・確立が社会的急務である。

近年、股関節または腰椎いずれかの変性に基づく病態が相互の運動機能に障害を起こす、Hip spine syndrome (HSS) が提唱され高齢者に多く認められた。しかし、HSS の定義は曖昧であり、その発症要因も解明されておらず、股関節または腰椎の機能破綻がどちらかの運動機能へ及ぼす影響は明らかではない。

Lumbopelvic rhythm

様々な運動時における骨盤を介した腰椎と股関節の動きの連動性として、Lumbopelvic rhythm (LPR) が提唱され、腰椎と股関節の割合 lumbar hip ratio (LHR) で表される。LHR は、体前屈、体後屈、体側屈の一時点で報告されているが、動作中の LHR は報告されておらず、腰部と股関節の関係は明らかではない。

腰部運動測定法に関する過去の報告

腰部運動を三次元動作解析法で測定する方法は多様であるが、マーカの貼付方法が定まらず、安定した測定値が得られない。一方、既存の電気ゴニオメータは、測定値は安定するがコードが動作を制限することがある。

そこで本研究では、三次元動作解析によるマーカ貼付方法を開発し、腰部運動を安定して測定できるようにした。

目的

研究 1 では、開発した新規マーカ法貼付位置の妥当性を検討するため、前額面と矢状面の腰部角度を X 線撮影値と比較検討することを目的とした。

研究 2 では、新規マーカ法と電気ゴニオメータを用いて、腰部運動を測定し、繰り返し動作時の再現性および信頼性を比較検討することを目的とした。

研究 3 では立位体後屈時の LPR、研究 4 では立位体側屈時の LPR を三次元動作解析法で明らかにすることを目的とした。

2. 研究

研究 1：三次元動作解析法を用いた腰部運動測定法の妥当性

研究参加者と方法

静止立位、体前屈位、右体側屈位の測定では、それぞれ健常男性 5 人（年齢 33 歳）、健常男性 5 人（年齢 37 歳）、健常男性 6 人（年齢 36 歳）を対象とした。

静止立位（正面像と側面像）、体前屈位（側面像）、右体側屈位（正面像）の腰椎と骨盤を X 線撮影装置で測定した。正面像では左右の第 12 胸椎（T12）横突起を結ぶ線と左上後腸骨棘 posterior superior iliac spine（PSIS）を結ぶ線がなす角度を前額面の腰部角度とし、側面像では T10 棘突起から T12 棘突起を結ぶ線と PSIS と仙骨（S3）を結ぶ線がなす角度を矢状面の腰部角度として算出した。

次に赤外線反射マーカを、T10、T12、S3 棘突起、T11 レベルの左右脊柱起立筋、左右 PSIS へ貼付し、三次元動作解析装置（VICON Motion Systems Ltd., UK.）を用いて測定した。胸腰椎移行部のセグメント構成には、T10 および T12 棘突起、T11 レベルの左右脊柱起立筋マーカを用いた。骨盤セグメントの構成には、S3 棘突起と左右 PSIS マーカを用いた。腰部角度は骨盤セグメントに対する胸腰椎移行部セグメントの相対的角度とした。この場合、腰部角度は T12/L1 から L5/S1 までの椎体間角度を合計した値として定義した。

両測定法の値を比較するため、腰部角度の差には対応のある t 検定と Bland–Altman plot を用い、両測定値に対する相関分析にピアソンの積率相関係数を算出した。また、誤差の値は X 線測定値から三次元動作解析測定値を引いた値とし、誤差の Root mean square（RMS）を算出した。

結果と考察

X 線撮影法と三次元動作解析法で両測定値の間に有意な差がなく、誤差の RMS は低い値を示し、相関係数は静止立位の前額面以外で有意に強い正の相関関係を示した。

本研究で用いた新規マーカ法は、腰部運動を測定する上で妥当な手法であることが示された。

研究 2：三次元動作解析法を用いた腰部運動測定法の再現性と信頼性

研究参加者と方法

健常男性 7 人（年齢 30 歳）を対象とし、電気ゴニオメータの片側センサを T12 から L2 棘突起上に付け、もう片方のセンサを仙骨（S1–S3）棘突起上に付けた。次にマーカを、左右 PSIS、L1 レベルの左右脊柱起立筋、電気ゴニオメータの上端と下端の T12、L2、S1、そして S3 の棘突起に付けた。胸腰椎移行部のセグメント構成には、T12 および L2 棘突起、L1 レベルの左右脊柱起立筋マーカを用いた。骨盤セグメントの構成には、S1 と S3 棘突起と左右 PSIS マーカを用いた。両測定器を同期して、日内と日間で再測定した。動作は立位で屈曲、伸展、側屈、回旋とした。このときの腰部角度を研究 1 と同様の方法で算出した。

統計処理は、日内、日間の信頼性に級内相関係数（ICC）、波形パターンの再現性に重相関係数（CMC）を算出した。両測定値の差は、腰部運動時の最大角度から Bland–Altman plot を用いた。ICC と CMC は 0.75 以上で excellent レベル、0.4 以上かつ 0.75 未満で fair-to-good レベル、

0.4 未満で poor レベルとした。

結果と考察

両測定法ともに日内および日間の腰部運動中の CMC は excellent レベルであった。Bland-Altman plot は、屈曲を除いた他の動作で、両測定値に差がないことを示していた。

ICC の最大値は、腰部の屈曲、伸展、回旋では、両測定値で excellent レベルの信頼性があった。側屈では、両測定値で fair-to-good レベルの信頼性があったが、三次元動作解析では excellent レベルに近い信頼性であった。

新規マーカ法の再現性と信頼性は電気ゴニオメータと同等以上に高く、リアルタイムな腰部運動の測定に応用できることが示された。

研究 3：三次元動作解析法を用いた体後屈時の Lumbopelvic rhythm

研究参加者と方法

健常男性 8 人（年齢 33 歳）を対象に、三次元動作解析装置を用い、研究 1 と同様の新規マーカ法により立位体後屈時の腰部伸展角度を測定した。同時に Plug-in gait 法で、股関節伸展角度を測定した。LPR を LHR（=腰部伸展角度/股関節伸展角度）として算出した。静止立位から最大伸展位までの Backward 相と最大伸展位から静止立位に戻るまでの Forward 相をそれぞれ時間軸で 100%に正規化し、各相を 10%毎に分けて統計解析した。また、股関節と腰部の伸展角度について、線形予測を用いた。

結果と考察

体後屈では、股関節が 1°伸展する時に腰部が 1.9°伸展することを示した。LHR では、Backward 相で 1.2 から 1.9 へ増大し（平均 1.6）、Forward 相では 1.9 から 0.5 へ減少した（平均 1.5）。この LHR の変化は、バランスを維持した状態での体後屈と体後屈位から静止立位中間位へ戻る時の動作ストラテジーによると考えた。

研究 4：三次元動作解析法を用いた体側屈時の Lumbopelvic rhythm

研究参加者と方法

健常男性 8 人（年齢 34 歳）を対象に、三次元動作解析装置を用い、研究 1 と同様の新規マーカ法により立位体側屈時の腰部側屈角度を測定した。同時に Plug-in gait 法で股関節の内転外転角度を測定し、LHR（=腰部側屈角度/股関節内転外転角度）を算出した。静止立位から最大側屈位までの Descend 相と最大側屈位から静止立位に戻るまでの Ascend 相をそれぞれ時間軸で 100%に正規化し、各相を 10%毎に分けて統計解析した。また、股関節内転外転角度と腰部側屈角度について、線形予測を用いた。

結果と考察

体側屈では、側屈方向と同側の Load 側股関節が 1°外転し、側屈方向と対側の Unload 側股関節が 1°内転する時に腰部が 2.4°側屈することを示した。LHR では、Descend 相で 5.9 から 3.6 へ（平均 4.5）有意に低下し、Ascend 相では LHR は 3.6 から 5.6 へ（平均 4.2）有意に増加した。

この体側屈時の動作ストラテジーは中枢神経系による左右股関節と腰部のコントロールによる
と考えた。

3. 総合考察

三次元動作解析法を用いた腰部運動測定法の臨床的意義と応用評価

新規マーカ法を用いることで、運動器疾患患者の日常生活での腰部運動をリアルタイムで評価
できる。たとえば、腰痛患者の動作を測定し、正常値と比較することで、腰痛を発症させる動作
や腰痛による動作への影響、代償動作などを明らかにすることができる。また、脊柱側弯症患者
の脊柱の動きを測定し、側弯による病態が日常生活動作へ及ぼす影響を評価し、側弯による脊柱
機能の破綻と問題点に対するリハビリテーション介入を明らかにすることができる。

立位動作時の Lumbopelvic rhythm について

～動作ごとのストラテジーの違いと臨床的意義と応用評価～

本研究では、動作ストラテジーの違いから体後屈と体側屈で LPR は異なっていた。体後屈で
は最大伸展位になるにつれて股関節に対する腰部運動が大きくなるが、体側屈では最大側屈位に
なるにつれて股関節に対する腰部運動が小さくなることが分かった。

これらの方法は、姿勢制御の評価や、HSS の評価に応用できると考えた。運動器疾患患者の
LPR と正常値を比較することで、LPR 破綻と HSS 発症との関連性を解明できると考えた。LPR
の破綻と HSS 発症メカニズムの関連性が明らかになれば、LPR の改善を目的とした最適なりハ
ビリテーション法を構築できる。さらには LPR を改善する運動療法や装具療法の開発、シミュ
レーションの応用により、HSS の予防法の確立に応用できると考えた。