

博士（医学） 山元功

学位論文題名

全腰椎、腰仙椎及び仙腸関節の三次元動態解析に関する
基礎的研究

学位論文内容の要旨

腰椎及び腰仙椎は、神経組織を保護し可動性を有する体幹支持機構である。外傷や変性疾患など各種疾患の罹患頻度が高く不安定となり腰痛や神経障害を発症することが多い。このような病的状態を評価するためには、正常な状態での生理的動態や生体力学的特性を知ることが基礎となる。しかし自然な腰椎前弯を保ち各種韌帯を持つ新鮮屍体全腰椎・腰仙椎・仙腸関節の三次元的動態解析の報告は渉猟し得た限りでない。

本研究の目的は、適正な荷重条件のもと全腰椎・腰仙椎及び仙腸関節の三次元的な生理的動態と生体力学的特性を解明し、臨床的に重要な各構成体損傷時の不安定性評価のための基礎的動態値を提示することである。腸腰韌帯の生体力学的機能についても解析した。その切除前後の腰仙椎動態値の報告は渉猟し得た限りでない。

実験材料は、全腰椎・腰仙椎・仙腸関節を持つヒト新鮮屍体10体である。4体は腸腰韌帯を有した。椎間板変性は変性程度の軽い成人の椎間板に相当した。検体下部を実験台に固定し、検体の動きと共に自由に移動可能な荷重装置を検体上部に装着し、屈曲、伸展、回旋、側屈の純粹なモーメント荷重（最大10 newton - meter）を5段階に分けて加えた。検体の粘弾性効果を最小限にするため荷重、非荷重のサイクルを3回繰り返した。3回目の荷重時に、椎体に設置した測定点を2方向から写真に撮る stereophotogrammetry 法で各椎体の動きを記録した。これらの測定点を digitize し computer 演算処理により各椎体の三次元動態を求めた。腸腰韌帯について、韌帯を温存した状態と右側韌帯切除後及び両側韌帯切除後に実験を繰り返しその生体力学的機能を解析した。本実験法の特徴は、検体の自由で自然な動態を測定可能であることである。本法の測定誤差は 0.2° であった。

結果及び考察。1. 全腰椎・腰仙椎動態。① main motion (荷重と同方向の変位)。屈曲：各椎間可動域の平均値は、L1/2 で 5.8°, L2/3 で 6.5°, L3/4 で 7.5°, L4/5 で 8.9°, L5/S1 で 10.0° であり、下位椎間の可動域が大きかった。伸展：椎間可動域は、L1/2 で 4.4°, L2/3 で 4.3°, L3/4 で 3.7°, L4/5 で 5.6°, L5/S1 で 7.8° であり、上位三椎間の動態は近似し、下位椎間の可動域が大きかった。回旋：各椎間とも左右ほぼ同程度なので平均値を述べる。L1/2 で 2.1°, L2/3 で 2.6°, L3/4 で 2.6°, L4/5 で 2.2°, L5/S1

1 で最小で 1.3° であった。側屈：各椎間とも左右ほぼ同程度なので平均値を述べる。L1/2 で 4.9° , L2/3 で 7.0° と最大の動きがみられ、L3/4 で 5.7° , L4/5 で 5.7° , L5/S1 で 5.5° と下位三椎間の動態はほぼ近似した。

② coupling motion (荷重と異なる方向の変位)。屈曲・伸展時には有意な随伴する動きはみられなかった。回旋時には、各椎間に屈曲の動きが随伴し、さらに L4/5 を境として上位椎間と下位椎間で方向の異なる側屈が随伴した。側屈時には、屈曲と回旋が随伴し、回旋の動きは L4/5 で最大であった。L4/5 が他椎間と力学的に異なる状態であることが示された。2. 仙腸関節。各方向の main motion は 2° 以内、coupling motion は 1° 以内と微小であった。仙腸関節の関節面は三次元的な凹凸を示し、さらに強靭な骨間仙腸韌帯及び周囲の諸韌帯による強固な結合を持っている。このような構造により、仙腸関節は三次元的に微小な動きしかしないことが考えられた。3. 腸腰韌帯機能。①屈曲。右側韌帯切除後腰仙椎で 12 %、両側韌帯切除後 23 % の可動域が増加した。切除前の可動域に比し、片側切除後で有意差はなかったが、両側切除後に有意差があった。②伸展。右側韌帯切除後 11 %、両側韌帯切除後 20 % の可動域が増加した。切除前と両側切除後の可動域値に有意差があった。③回旋。左回旋。右側韌帯切除後左回旋すると有意に 12 % の可動域が増加した。右回旋。右側韌帯切除後右回旋すると 6 %、両側韌帯切除後 11 % の可動域が増加した。④側屈。左側屈。右側韌帯切除後左側屈すると 17 % の有意な可動域の増加があった。右側屈。右側韌帯切除後右側屈すると 3 %、両側韌帯切除後 33 % の可動域の増加があった。回旋、側屈では、韌帯切除側と同側に荷重しても有意な可動域の増加はないが、切除と反対側に荷重すると有意な可動域の増加があった。腸腰韌帯を温存した腰仙椎部では、韌帯により総ての動態が制限された。両側韌帯により屈曲、伸展が制限され、回旋、側屈動態は片側の韌帯のみでも制限された。以上、本研究により腰椎・腰仙椎・仙腸関節損傷時の不安定性評価のための基礎となる生理的な基準値を提示し得たと考える。

学位論文審査の要旨

主査教授 金田清志
副査教授 宮坂和男
副査教授 寺沢浩一

学位論文題名

全腰椎、腰仙椎及び仙腸関節の三次元動態解析に関する基礎的研究

目的

本研究の目的は、腰椎不安定性評価の基礎となる全腰椎・腰仙椎及び仙腸関節の三次元的な生理的動態を解析し、その生体力学的特性を解明することである。

方法

材料は、靭帯を温存し腰仙椎を含むヒト新鮮屍体全腰椎10体である。4体は腸腰靭帯を持ち、その腰仙椎動態に及ぼす影響も解析した。検体下部を実験台に固定した。検体の動きと共に自由に移動可能な荷重装置を検体上部に装着し、屈曲、伸展、回旋、側屈の純粹なモーメント荷重（最大10 newton - meter）を5段階に分けて加えた。検体の粘弾性効果を最小限にするため荷重、非荷重のサイクルを3回繰り返した。3回目の荷重時に、椎体に設置した測定点を2方向から写真に撮る stereophotogrammetry 法で各椎体の動きを記録した。これらの測定点を digitize し direct linear transformation 法による computer 演算処理により各椎体の三次元動態を求めた。本実験法の特徴は、検体の自由で自然な動態を測定可能であることである。本法の測定誤差は 0.2° であった。

結果

1. 全腰椎及び腰仙椎動態。① Main Motion (荷重と同一方向の変位)。屈曲は下位椎間程増加した。伸展は上位三椎間で近似し、下位椎間で増加した。回旋は各椎間で 2° 前後と小さく、L5/S1 で最小であった。側屈は L1/2 で最小、L2/3 で最大、下位三椎間で近似した。② Coupling Motions (荷重と異なる方向の変位)。屈曲、伸展時随伴する動きはなかった。回旋時、各椎間に屈曲が随伴し、L4/5 を境にして上位椎間では回旋と反対方向の側屈、下位椎間では同方向の側屈が随伴した。側屈時、屈曲が随伴し、さらに側屈と反対方向の回旋が随伴し

L4/5で最大であった。L4/5が他椎間と力学的に異なる状態であることが示された。

2. 腸腰靭帯は腰仙椎の全ての動態を有意に制限した。屈曲、伸展は両側の靭帯で制限された。回旋及び側屈は片側の靭帯のみで制限された。側屈が最も大きく制限された。3. 仙腸関節はいずれの動態値も2°以下と微小であり、非常に動きの少ない関節であった。

考察及び結論

より自然な腰椎の動態を研究するためには、腰椎前弯や各種の靭帯を含めた全腰椎を使用し、適正な荷重条件のもとに三次元的解析が必要である。しかしこの条件を満たす研究報告はない。全腰椎の coupling motions や腸腰靭帯機能の定量的解析の報告もない。本研究における実験方法の特徴は、検体の動きを制限することなく、その自由で自然な動態を測定可能であることである。本研究では、全腰椎、腰仙椎、仙腸関節の三次元動態を初めて総括的に計測し、腸腰靭帯の生体力学的機能を初めて定量的に解析した。本研究により臨床的に重要な腰椎・腰仙椎部損傷時の不安定性評価のための基準値を提示し得たと考える。これを基礎として、腸腰靭帶のように各構成体の生体力学的機能を評価することが可能である。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、研究者として誠実かつ熱心であり、申請者が博士（医学）の学位を受けるのに充分な資格を有するものと判定した。