

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22300204

研究課題名（和文）

骨関節三次元動態解析による全関節動態のデータベース化

研究課題名（英文） Construction of a data base for 3D kinematics of all motion of all human joints.

研究代表者

菅本 一臣(SUGAMOTO KAZUOMI)

大阪大学・医学系研究科・寄附講座教授

研究者番号：40294061

研究成果の概要（和文）：生体内での骨関節 3 次元動態を我々の教室で独自に開発されたコンピュータソフトを用いて MRI の画像から解析した。正常ボランティアを対象にして 1 関節あたり 10 から 15 人の被験者に対して手指関節、手関節、肘関節、肩関節、頸椎、胸椎、腰椎、膝関節、足関節の全関節運動を解析した。例えば肩関節では屈伸運動以外に内外転、内外旋動作を MRI 撮影しその動きを解析した。

研究成果の概要（英文）：In vivo 3 dimensional kinematic analysis of the human joints were performed using computer software developed in our department to analyze MR images. 10 to 15 normal volunteers were collected and the kinematics of all motion of the fingers, wrist, elbow, shoulder, cervical, thoracic, lumbar, knee and ankle joints were analyzed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2011 年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2012 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
総計	12,800,000	3,840,000	16,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ学・身体教育学

キーワード：3次元動態解析、生体内、データベース化、骨関節動態

1. 研究開始当初の背景

生体内 3 次元動態解析手法がこれまでになかったことから、世の中にデータベースが欠如しているという背景がある。

2. 研究の目的

我々の教室では MRI 装置を用いて複数肢位で撮影を行い、それをコンピュータ上で補完させることにより骨関節の生体内 3 次元動態を解析することができる国内外で唯一のシステムを開発することができている。

それを用いていくつかの関節を解析したところ、既存の手法を用いて得られた結果と大きく異なる結果が得られ、生体内骨関節 3 次元動態の解析を行う必要性を認識した。

3. 研究の方法

正常ボランティアを対象にして 1 関節あたり 10 から 15 人の被験者を対象とした。手指関節、手関節、肘関節、肩関節、頸椎、胸椎、腰椎、膝関節、足関節の全関節動作を解析した。

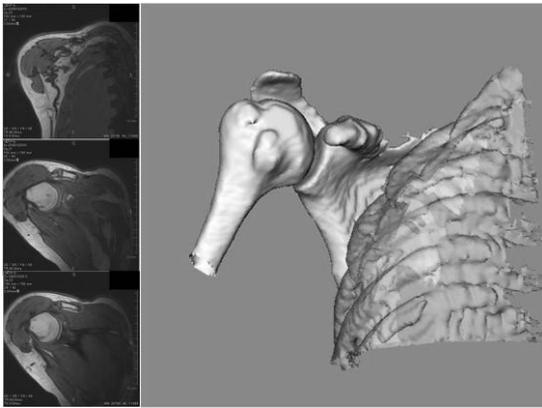
・MRI 撮影

ある関節の特定の動きを解析する場合に、その動作の軌跡上の複数肢位で MRI 撮影を行った。例えば肩関節の外転運動を解析するにあたり、上肢下垂位から外転約 30 度ずつ最大 180 度まで合計 7 ポジションでの撮影を行った。



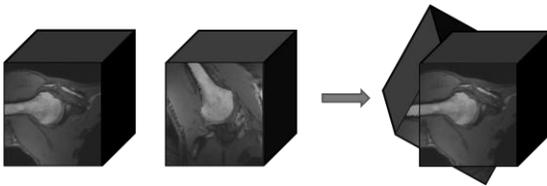
・画像における骨関節輪郭抽出

関節を構成する骨の抽出を行った。例えば肩関節を例にとると対象となるのは上腕骨、肩甲骨、鎖骨、上位肋骨である。これらの骨を抽出するにあたり、まず骨の輪郭抽出を行う必要がある。MRI 画像上で骨の輝度値が周囲の軟部組織と大きく異なることを利用して、開発したコンピュータソフトを用いると半自動的にその輪郭を抽出することができる。



・各肢位間での骨関節画像マッチング

肩関節での外転動作を解析する際に、まず上肢 90 度位と外転 150 度位での MRI 画像上の各骨のコンピュータ上でのマッチング（重ね合わせ）を行う。マッチングが精度よく行われるために必要なコンピュータソフト上の要素は volume based registration である。これはマッチング精度を向上させるために両肢位での同じ骨どおしをその輪郭のみで重ね合わせるのではなく、骨内の輝度変化情報をもとに両者を重ね合わせるものである。



・関節動態の可視化および動態パラメーターの計測

各肢位での骨関節画像をお互い同士マッチングさせたあと、その肢位間をコンピュータにて動きを補完することにより、肩外転運動

の下垂位から最大 180 度外転位までの動きを連続したムービーとして可視化することができる。また関節の 3 次元的動態を客観的に評価するために各種動態パラメーター（骨関節の移動量、回転角度など）を計測した。

4. 研究成果

得られた成果の一覧は論文一覧にあるが、中でも代表的な骨関節 3 次元動態およびそれを制御する靭帯の機能長についてのデータを記載した。

・死体標本の手 MP 関節の側副靭帯・副靭帯の起始停止にマーキングして CT 撮影を行い、コンピュータソフトで靭帯長変化を計測した。MP 屈曲時に背側・中間側副靭帯は伸長、掌側副靭帯は短縮していた。

図 a

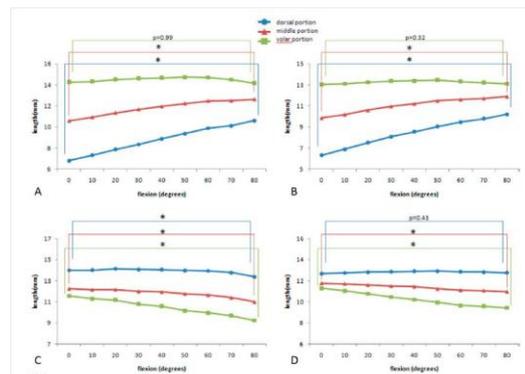
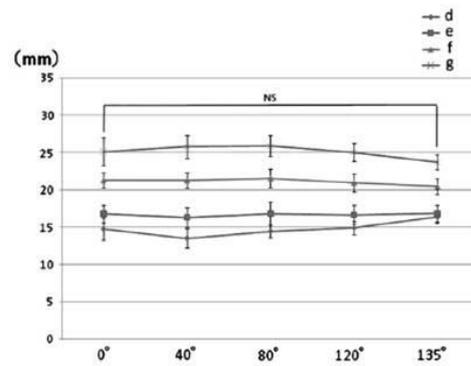


Fig. 5 Line graphs showing the change in the lengths of the radial collateral ligament (A), ulnar collateral ligament (B), radial accessory collateral ligament (C), and ulnar accessory collateral ligament (D) of the metacarpophalangeal joint during flexion. Significant changes were observed in the dorsal and middle portions of the collateral ligaments and all portions of the accessory collateral ligaments during flexion. *p < 0.05.

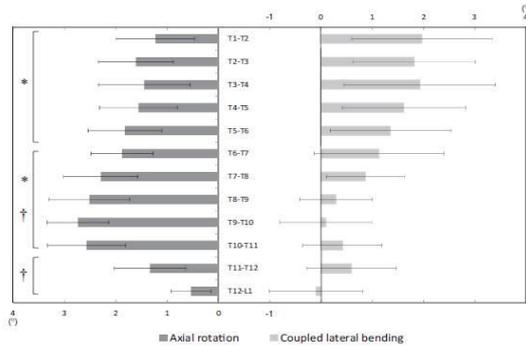
・肘関節の回転軸上に起始を有する仮想 MCL は肘関節屈曲でも長さ変化を伴わない isometric の靭帯であった。

図 b



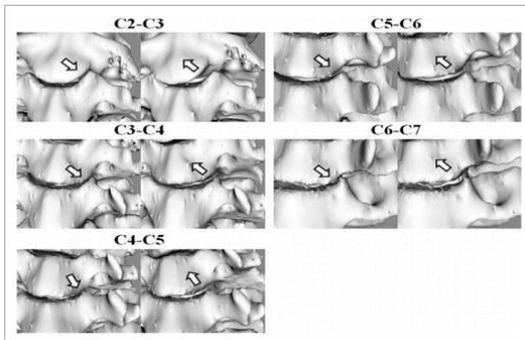
・13 人の健常ボランティアを対象に胸椎を中間位・左右最大回旋の 3 ポジションで 3DCT を撮影し、胸椎の各椎間可動域を計測した。回旋は上位胸椎 (T1-6)、下位胸椎 (T11-L1) に比べて中位胸椎 (T6-11) で有意に回旋可動域が大きかった。上位胸椎では回旋と同方向に側屈する coupling motion を認めたが、中下位胸椎では coupling motion は同方向あるいは逆方向への側屈を認めた。

図 c



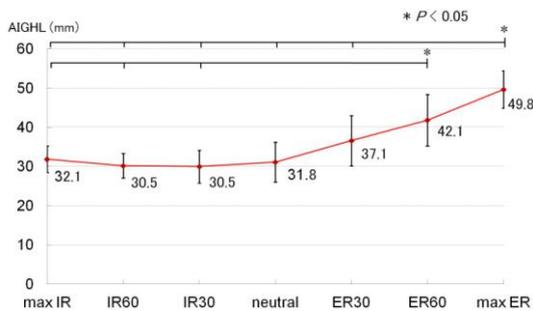
・10人の健常ボランティアを対象に、頸椎の3DMRIを11ポジション(中間位、15°ずつ左右回旋)で撮影し、頸椎鉤椎関節の動きを詳細に解析した。回旋の角度を大きくすると中位頸椎では接触領域は増加する一方で、下位頸椎では減少する傾向を認めた。

図 d

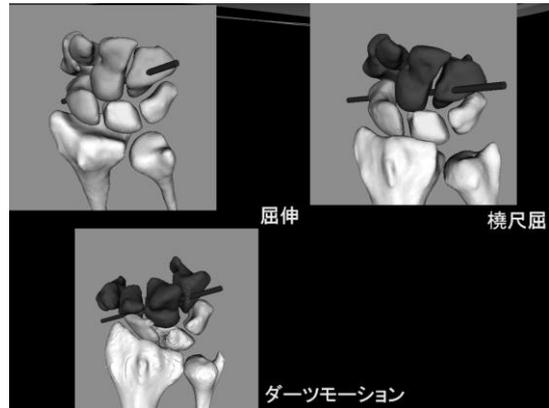


・上肢外転90度での肩関節最大内旋位から最大外旋位までの7ポジションにおけるAIGHLの機能長を求めた。AIGHLの機能長は最大内旋位から中間位にかけて一定で、その後伸長し、外旋するにつれて徐々に伸長されていた。最大外旋位にてAIGHLの機能長は最も大きく49.8±4.7mmであった。

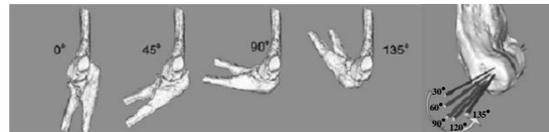
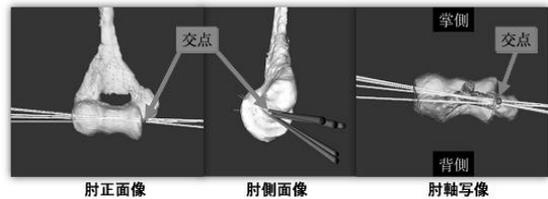
図 e



・手関節の3種類の運動(屈伸、橈尺骨、ダーツモーション)における遠位手根列の運動軸はすべてにおいて全く同じであり、約45度の橈側前方への傾きをもっていた。

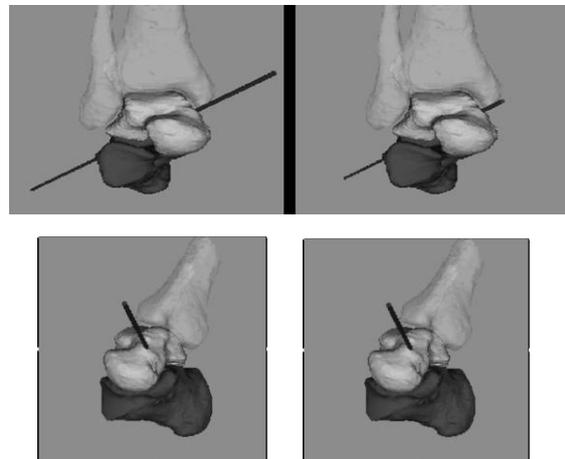


・肘関節の屈伸では蝶番状運動ではなく、内果は一点を通るのに対して外果は屈曲とともに運動回転軸は前下方に移動していくという運動パターンが、すべての被験者で共通にみられることが明らかとなった。



・距踵関節の運動は足関節の底背屈や内外反の全く異なる動きにおいても、その運動軸はともに約40度内側、上方に傾きをもった直線を示した。

(下図左は底背屈時の距踵関節の運動軸、右は内外反運動時の運動軸でともに一致する。)



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 37 件)

- ① Kinematics of the thoracic spine in trunk rotation: in vivo 3-dimensional analysis.
Fujimori T, Iwasaki M, Nagamoto Y, Ishii T, Kashii M, Murase T, Sugiura T, Matsuo Y, Sugamoto K, Yoshikawa H. Spine (Phila Pa 1976). 2012 Oct 1;37(21):E1318-28. 査読有
- ② In vivo and 3-dimensional functional anatomy of the anterior bundle of the medial collateral ligament of the elbow.
Miyake J, Moritomo H, Masatomi T, Kataoka T, Murase T, Yoshikawa H, Sugamoto K.
J Shoulder Elbow Surg. 2012 Aug;21(8):1006-12. doi:10.1016/j.jse.2011.07.018. 査読有
- ③ Three-dimensional distribution of articular cartilage thickness in the elderly talus and calcaneus analyzing the subchondral bone plate density.
Akiyama K, Sakai T, Sugimoto N, Yoshikawa H, Sugamoto K.
Osteoarthritis Cartilage. 2012 Apr;20(4):296-304. doi:10.1016/j.joca.2011.12.014. 査読有
- ④ In vivo three-dimensional motion analysis of the shoulder joint during internal and external rotation.
Koishi H, Goto A, Tanaka M, Omori Y, Futai K, Yoshikawa H, Sugamoto K.
Int Orthop. 2011 Oct;35(10):1503-9. doi: 10.1007/s00264-011-1219-5. 査読有
- ⑤ Changes in shape and length of the collateral and accessory collateral ligaments of the metacarpophalangeal joint during flexion.
Kataoka T, Moritomo H, Miyake J, Murase T, Yoshikawa H, Sugamoto K.
J Bone Joint Surg Am. 2011 Jul 20;93(14):1318-25. doi:10.2106/JBJS.J.00733. 査読有
- ⑥ Evaluation of translation in the normal and dysplastic hip using three-dimensional magnetic resonance imaging and voxel-based registration.
Akiyama K, Sakai T, Koyanagi J, Yoshikawa H, Sugamoto K.
Osteoarthritis Cartilage. 2011 Jun;19(6):700-10. doi:10.1016/j.joca.

2011.01.017. 査読有

- ⑦ In vivo three-dimensional kinematics of the cervical spine during head rotation in patients with cervical spondylosis.
Nagamoto Y, Ishii T, Sakaura H, Iwasaki M, Moritomo H, Kashii M, Hattori T, Yoshikawa H, Sugamoto K.
Spine (Phila Pa 1976). 2011 May 1;36(10):778-83. doi:10.1097/BRS.0b013e3181e218cb. 査読有

[学会発表] (計 85 件)

- ① 「生体 3 次元動態解析システムの開発に伴う関節リウマチ外科的治療の革新」菅本一臣 第 41 回リウマチの外科研究会 2012 年 8 月 25 日 東京
- ② 「生きている人間の骨関節 3 次元動態を解明する それを用いた革新的リハビリテーション機器をめざして」菅本一臣 第 49 回日本リハビリテーション医学会 2012 年 5 月 31 日～6 月 2 日 福岡
- ③ 「肩関節外転 90 度での肩内外旋運動における上腕骨頭の偏位」 芝野康司、二井数馬、菅本一臣 第 118 回中部日本整形災害外科学会・学術集会 2012 年 4 月 6 日～4 月 7 日 大阪
- ④ 「Monteggia 脱臼骨折陳旧例における骨幹膜機能長変化」 三宅潤一、片岡利行、大森信介、森友寿夫、村瀬剛、吉川秀樹 菅本一臣 第 26 回日本整形外科基礎学術集会 2011 年 10 月 20 日 群馬
- ⑤ 「腰椎変性疾患における仙腸関節の動態～生体内 3 次元関節動態解析法を用いた検討～」 長本行隆、藤森孝人、柏井将文、岩崎幹季、菅本一臣、吉川秀樹、坂浦博伸 第 40 回日本脊椎脊椎病学会 2011 年 4 月 21 日～5 月 9 日 web
- ⑥ 「手指 MP 関節屈曲運動時における側副靭帯長変化」 片岡利行、森友寿夫、竹安西佳倫、三宅潤一、田中啓之、村瀬剛、菅本一臣、吉川秀樹 第 53 回日本手の外科学会学術集会 2010 年 4 月 17 日 新潟

[その他]

ホームページ等
大阪大学医学系研究科運動器バイオマテリアル学教室
<http://www.ort-biomaterial.med.osaka-u.ac.jp/>

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
菅本 一臣 (SUGAMOTO KAZUOMI)
大阪大学・医学系研究科・
寄附講座教授
研究者番号：40294061

(2)研究分担者

富田 哲也 (TOMITA TETSUYA)

大阪大学・医学系研究科・

寄附講座准教授

研究者番号：30283766

山崎 隆治(YAMAZAKI TAKAHARU)

大阪大学・臨床医工学融合研究教育センタ

ー・特任准教授(常勤)

研究者番号：40432546