

機関番号：14401

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19390392

研究課題名 (和文) 生体関節運動に対する次世代画像としての3次元バーチャルリアリティ装置の開発

研究課題名 (英文) Development of a 3-dimensional virtual reality as a next generation imaging tool for in vivo joint motion

研究代表者

森友 寿夫 (MORITOMO HISAO)

大阪大学・医学系研究科・助教

研究者番号：00332742

研究成果の概要 (和文)：

生体3次元関節運動解析システムの開発に取り組み、人体の関節運動を解析するシステムを發展させ、今後の運動器医療に有用となる次世代画像検査、教材として臨床に実用化させること、病的関節の病態を解明することができた。コンピュータープログラムを改良して靭帯を含めた運動器の動きを3次元動画で表現できるようなシステムを開発した。手指MP関節、前腕骨・上腕骨骨折後変形治癒、リウマチ手関節、舟状骨偽関節などの動態解析および精度調査を行い、英文科学論文20編を発表し、国内外学会で3回受賞した。

研究成果の概要 (英文)：

We have developed in vivo 3-dimensional motion analysis system, which enables for people to see 3-dimensional motion of living human joint and ligaments on computer. This system will be used clinically and educationally as a next generation image tool in Orthopaedics. We published 20 papers about kinematics of the MP joint, forearm malunion, rheumatoid wrist, scaphoid nonunion, and so on, and received 3 awards from domestic and international meetings.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2008年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2009年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2010年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
年度			
総計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学／整形外科学

キーワード：①画像解析 ②バーチャルリアリティ ③運動学 ④バイオメカニクス

1. 研究開始当初の背景

骨・関節・靭帯という運動器は3次元空間の中で「動く」臓器であるが、従来のほとんどの画像検査は単純X線、CT (computed tomography), MRI (magnetic resonance imaging)など、動きのない2次元画像であり、3次元的に動く骨関節をリアルに表現することはできなかった。我々はこれまでの研究

により、3次元MRIを用いて人体の関節運動を非侵襲的に骨モデルの「3次元動画」として表現するシステムを開発してきた。すでに人体の関節運動を解析する基本システムは完成しているが、いまだ解析には時間がかかる、工学的知識が必要である、靭帯などの軟部組織の動態解析はできない、などの問題点が残っている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、靭帯を含めた運動器の動きを、より簡便に3次元動画で表現できるようにこの解析システムさらに発展させ、さらに今後の運動器の医療に不可欠となる次世代画像検査、教材として臨床に実用化させること、および病的関節の病態を解明することである。

3. 研究の方法

①靭帯、筋肉などの軟部組織を含めた運動器の動きを3次元動画で表現するシステム開発

②病的なキネマティクスを解析

TFCC 損傷、関節リウマチ、手根不安定症、肘靭帯損傷例などの上肢骨関節疾患を有する患者に対し、十分な informed consent を得た上で、同様の解析を行い、正常の関節の動きと比較する。

4. 研究成果

生体3次元関節運動解析システムの開発に取り組み、人体の関節運動を解析するシステムを発展させ、今後の運動器医療に有用となる次世代画像検査、教材として臨床に実用化させること、病的関節の病態を解明することができた。

① コンピュータープログラムを改良して解析スピードを上げることができるようになった。

② 靭帯を含めた運動器の動きを3次元動画で表現できるようなシステムを開発した。

③ 手指 MP 関節、前腕骨・上腕骨骨折後変形治療、リウマチ手関節、舟状骨偽関節などの動態解析および精度調査を行い、英文科学論文 20 編を発表し、国内外学会で3回受賞した。

④ 手指 MP 関節屈曲運動時における側副靭帯長変化：屍体4指を用いて手指 MP 関節側副靭帯 (CL)、副靭帯 (AL) の正確な付着部を同定した後、屈曲 0° から最大屈曲位までの 8~10position で CT 撮影し3次元的に MP 屈曲運動時の靭帯長変化を測定した。CL の中間から背側成分は屈曲時に緊張していた。AL の中間から掌側成分は伸展時に緊張していた。CL の掌側成分と AL の背側成分は、MP 屈曲時の靭帯長変化をほとんど認めず、靭帯再建の際の至適なルートになる可能性が示唆された。

⑤ 橈骨遠位端骨折に対する変形評価：橈骨遠位端骨折変形治療 20 例を対象とし、両側の前腕全長の CT データから作成したコンピューター骨モデルを用いて3次元定量解析を行った。変形角度は背屈 31 (7~56)°、橈屈 11(-5~27)°、回内

14 (-2~45)° で、主な変形パターンは背屈、橈屈、回内であった。3次元評価で得られた変形角度と単純X線評価とを比較したところ、背屈、橈屈ともに相関を認めたが、背屈 40° 以上の高度変形例の3例に各評価間で 20° 以上の差を有した。

⑥ リウマチ手関節における3次元的手根配列異常とそのキネマティクス：リウマチ手関節における橈骨手根関節・手根中央関節の可動域を3次元 CT により定量化した。対象は手関節の疼痛もしくは不安定性を主訴とするリウマチ患者 29 名 30 手関節である。手関節最大背屈位・中間位・掌屈位の3ポジションで CT 撮影を行い阪大式生体3次元運動解析システムを用いて解析した。手根中央関節の手関節全体の動きに占める割合は stable form で 47% (SD22.6%)・unstable form で 67% (SD17.4%) であり、unstable form の症例において手根中央関節は手関節全体の動きに対し有意に貢献していた。

⑦ 舟状骨偽関節における三次元動作解析：生体の舟状骨偽関節の病的キネマティクスを阪大式生体3次元動態解析システムを用いて6手関節を調査した。骨折線が、背側舟状月状靭帯付着部である舟状骨尺背側突起の遠位を通る遠位型 (4例)、近位を通る近位型 (2例) の2型に分けてそれぞれのキネマティクスパターンを調査した。遠位型では、舟状骨遠位骨片と近位骨片は骨片間でブックオープン様の異常な動きを示した。近位型では、骨片間の動きは小さく、舟状骨と他の手根骨との間の動きも正常に近かった。骨折線が舟状骨尺背側突起の遠位を通るか近位を通るかが手根不安定症発生の鍵となることが示唆された。

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 20 件)

1. Changes in shapes and lengths of the collateral and accessory collateral ligaments of the metacarpophalangeal joint of the hand during flexion
Kataoka T, Moritomo H, Miyake J, Murase T, Yoshikawa H, Sugamoto K. .
J Bone Joint Surg Am. (in press) 査読あり
2. Accuracy of corrective osteotomy using a custom-designed device based on a novel computer simulation system.
Oka K, Murase T, Moritomo H, Goto A,

- Nakao R, Sugamoto K, Yoshikawa H
J Orthop Sci. 2011 Feb 26. [Epub ahead of print] 査読あり
3. Distal Radius Osteotomy with Volar Locking Plates Based on Computer Simulation.
Miyake J, Murase T, Moritomo H, Sugamoto K, Yoshikawa H.
Clin Orthop Relat Res. 2011 Jan 4. [Epub ahead of print] 査読あり
 4. Morphologic Evaluation of Chronic Radial Head Dislocation: Three-dimensional and Quantitative Analyses. Oka K, Murase T, Moritomo H, Sugamoto K, Yoshikawa H. Clin Orthop Relat Res. 2010 Sep;468(9):2410-8. 査読あり
 5. 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). 2010 Jul 30. [Epub ahead of print]. 査読あり
 6. Corrective osteotomy using customized hydroxyapatite implants prepared by preoperative computer simulation. Oka K, Murase T, Moritomo H, Goto A, Sugamoto K, Yoshikawa H. Int J Med Robot. 2010 Jun;6(2):186-93. 査読あり
 7. Takeyasu Y, Murase T, Miyake J, Oka K, Arimitsu S, Moritomo H, Sugamoto K, Yoshikawa H.
Three-dimensional analysis of cubitus varus deformity following supracondylar fractures of the humerus.
J Shoulder Elbow Surg, in press. 査読あり
 8. Correction of severe wrist deformity following physeal arrest of the distal radius with the aid of a three-dimensional computer simulation.
Murase T, Oka K, Moritomo H, Goto A, Sugamoto K, Yoshikawa H.
Arch Orthop Trauma Surg. 2009 Nov;129(11):1465-71. 査読あり
 9. Three-dimensional kinematics of the rheumatoid wrist after partial arthrodesis.
Arimitsu S, Murase T, Hashimoto J, Yoshikawa H, Sugamoto K, Moritomo H.
J Bone Joint Surg Am. 2009 Sep;91(9):2180-7. 査読あり
 10. Accuracy analysis of three-dimensional bone surface models of the forearm constructed from multidetector computed tomography data.
Oka K, Murase T, Moritomo H, Goto A, Sugamoto K, Yoshikawa H.
Int J Med Robot. 2009 Sep 1. [Epub ahead of print] 査読あり
 11. Three-dimensional in vivo kinematics of the subtalar joint during dorsi-plantarflexion and inversion-eversion.
Goto A, Moritomo H, Itoharu T, Watanabe T, Sugamoto K.
Foot Ankle Int. 2009 May;30(5):432-8. 査読あり
 12. Interosseous membrane of the forearm: an anatomical study of ligament attachment locations.
Noda K, Goto A, Murase T, Sugamoto K, Yoshikawa H, Moritomo H.
J Hand Surg [Am]. 2009 Mar;34(3):415-22. 査読あり
 13. The Interosseous Membrane of the Forearm. Length Change of Ligaments during Forearm Rotation.
Moritomo H, Noda K, Goto A, Murase T, Yoshikawa H, Sugamoto K.
J Hand Surg [Am]. 34A:685-691. 2009 査読あり
 14. Relationship between the fracture location and the kinematic pattern in scaphoid nonunion.
Moritomo H, Murase T, Oka K, Tanaka H, Yoshikawa H, Sugamoto K
J Hand Surg [Am]. 2008 Nov;33(9):1459-68. 査読あり
 15. Three-dimensional corrective osteotomy of malunited fractures of the upper extremity with use of a computer simulation system.
Murase T, Oka K, Moritomo H, Goto A,

- Yoshikawa H, Sugamoto K.
J Bone Joint Surg Am. 2008
Nov;90(11):2375-89. 査読あり
16. Change in the length of the ulnocarpal ligaments during radiocarpal motion: possible impact on triangular fibrocartilage complex foveal tears.
Moritomo H, Murase T, Arimitsu S, Oka K, Yoshikawa H, Sugamoto K.
J Hand Surg [Am]. 2008
Oct;33(8):1278-86. 査読あり
 17. Analysis of radiocarpal and midcarpal motion in stable and unstable rheumatoid wrists using 3-dimensional computed tomography
Arimitsu S, Sugamoto K, Hashimoto J, Murase T, Yoshikawa H, Moritomo H.
J Hand Surg [Am]. 2008
Feb;33(2):189-97. 査読あり
 18. Corrective osteotomy for malunited intra-articular fracture of the distal radius using a custom-made surgical guide based on three-dimensional computer simulation: case report.
Oka K, Moritomo H, Goto A, Sugamoto K, Yoshikawa H, Murase T.
J Hand Surg [Am]. 2008
Jul-Aug;33(6):835-40. 査読あり
 19. The in vivo isometric point of the lateral ligament of the elbow.
Moritomo H, Murase T, Arimitsu S, Oka K, Yoshikawa H, Sugamoto K. J Bone Joint Surg Am. 2007 Sep;89(9):2011-7.
査読あり
 20. A three-dimensional and quantitative analysis of carpal deformity in rheumatoid wrists.
Arimitsu S, Murase T, Hashimoto J, Oka K, Sugamoto K, Yoshikawa H, Moritomo H. J Bone Joint Surg Br. 2007
Apr;89(4):490-4. 査読あり
- [学会発表] (計7件)
1. Kataoka T, Moritomo H, Miyake J, Murase T, Sugamoto K, Yoshikawa H
Changes in lengths of the collateral ligament and the accessory collateral ligament during flexion of the metacarpophalangeal joint.
65th ASSH, Oct. 2010. Boston
 2. Moritomo H. 3D Analysis of Scaphoid Nonunion Advanced Collapse (SNAC).
26th IWIW Meeting. Oct. 2010. Boston
 3. Moritomo H. Biomechanics of the Distal Interosseous Membrane of the Forearm
26th IWIW Meeting. Oct. 2010. Boston
 4. In Vivo 3-Dimensional Kinematics of Scaphoid Nonunion
Hisao Moritomo, Tsuyoshi Murase, Hiroyuki Tanaka, Sayuri Arimitsu, Kunihiro Oka, Hideki Yoshikawa, and Kazuomi Sugamoto
7th Congress of the Asian Pacific Federation of Societies for Surgery of the Hand, 2008. Feb. Hong Kong
 5. Kinematics of the midcarpal joint in rheumatoid wrists: A three-dimensional motion analysis
S. Arimitsu, H. Moritomo, T. Murase, H. Yoshikawa, K. Sugamoto.
Fifth SICOT/SIROT Annual International Conference
29 August - 1 September 2007, Marrakech, Morocco
 6. In vivo 3-dimensional kinematics of scaphoid nonunion
Hisao Moritomo, Tsuyoshi Murase, Hiroyuki Tanaka, Sayuri Arimitsu, Kunihiro Oka, Kazuo Noda, Akira Goto, and Kazuomi Sugamoto
6th Triennial International Hand and Wrist Biomechanics Symposium
June 2007, Tainan, Taiwan
 7. In Vivo Length Change of the Ulnocarpal Ligaments during Radiocarpal Motions
Hisao Moritomo, Tsuyoshi Murase, Kunihiro Oka, Sayuri Arimitsu, Kazuomi Sugamoto
62nd ASSH Meeting
September 2007, Seattle, U.S.A.
- [図書] (計1件)
1. Moritomo H. Chapter 4. The kinematics and clinical implications of the dart-throwing motion, *In Principles and Practice of Wrist Surgery*, ed. Slutsky D. Saunders, New York, 2009, 28-40.
 6. 研究組織

(1)研究代表者

森友 寿夫 (MORITOMO HISAO)
大阪大学・医学系研究科・助教
研究者番号：00332742

(2)研究分担者

村瀬 剛 (MURASE TSUYOSHI)
大阪大学・医学系研究科・講師
研究者番号：50335361

(3)連携研究者

()

研究者番号：