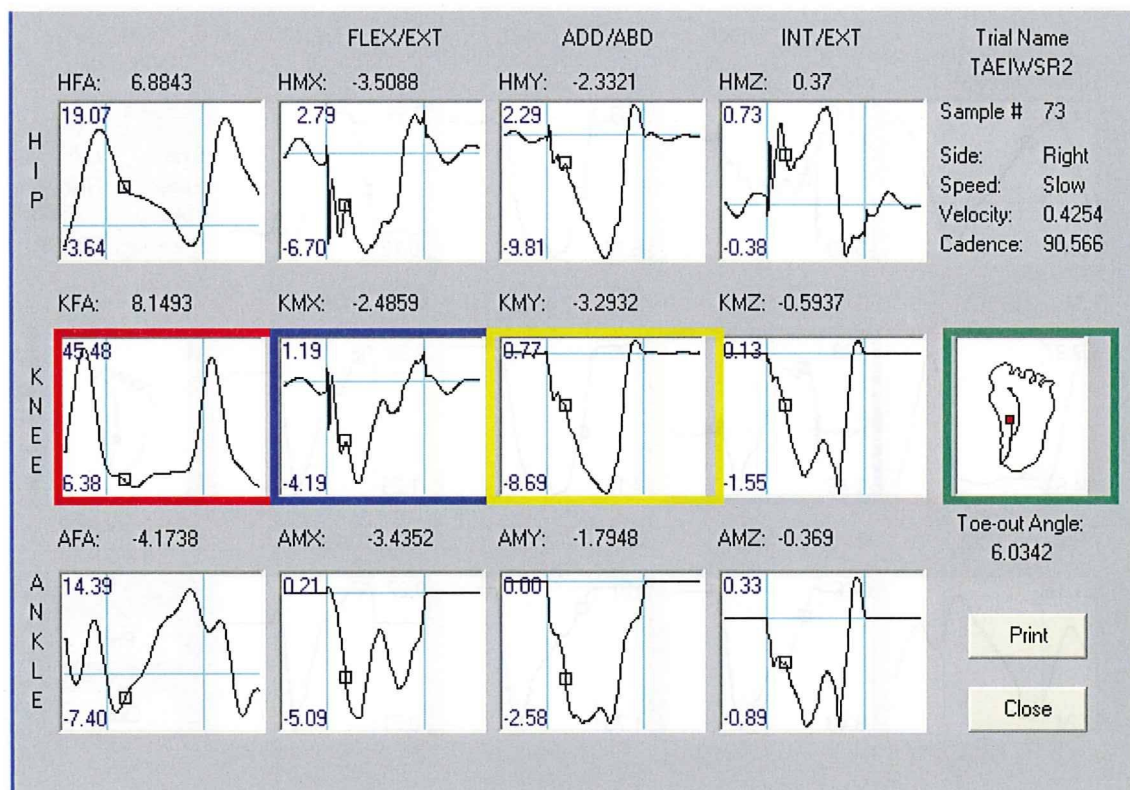


歩行解析レポート (計測日 年 月 日)

患者名
性別 女 年齢 歳 ID N/A
計測結果一右



コメント

- ・ 膝運動パターン (赤) : 膝伸展、立脚中期の屈曲とも小さい
- ・ 膝屈曲モーメント (青) : 小さい
- ・ 膝内反モーメント (黄) : 大きい
- ・ つま先の向き (緑) : やや前向き
- ・ 歩行速度 : 遅い

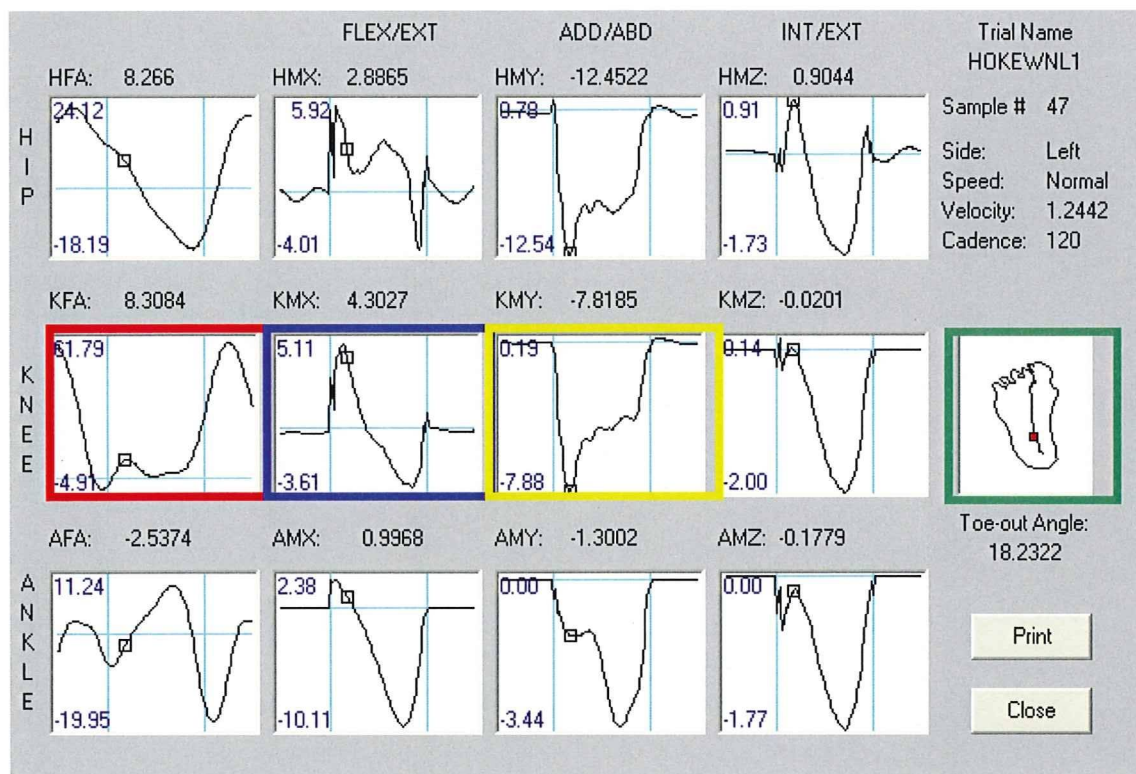
正常な膝の伸展・屈曲がみられず、また膝内側の負担が非常に大きくなっている。
手術の適応があると考えられる。

歩行解析レポート (計測日 年 月 日)

患者名

性別 女 年齢 歳 ID N/A

計測結果—左



コメント

- ・ 膝運動パターン (赤): 接地時膝がやや過伸展
- ・ 膝屈曲モーメント (青): 正常
- ・ 膝内反モーメント (黄): 大きい
- ・ つま先の向き (緑): 外向き
- ・ 歩行速度: 速い

膝内反モーメントが大きく、関節内側にかかる負荷が大きくなっている。
つま先を外向きに歩行している。

分担研究報告書

2. 動作解析装置を用いた歩行障害・ADL 障害の解明に関する研究

国立身体障害者リハビリテーションセンター病院

病院長 赤居正美

運動機能系障害研究部 部長 中澤公孝

厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）
分担研究報告書

動作解析装置を用いた歩行障害・ADL障害の解明に関する研究

分担研究者 赤居 正美 国立障害者リハビリテーションセンター病院 院長

研究要旨

高齢者が要支援となる主な原因疾患である変形性膝関節症を対象に、動作計測を行い日常生活動作における力学的負荷と臨床症状の関連を検証し、疾患の病態を反映する新しい評価指標を提唱することを目的とする。

本年度は（１）膝関節の３次元的動作解析による変形性膝関節症に特徴的な変化パラメータの抽出、さらに（２）大腿四頭筋、股関節内外転筋の強化といった介入トレーニングによる前後変化の検出、を行った。初期OAの特性として、立脚初期の生理的な回旋運動の阻害と、立脚初期の急激な内外転（側方動揺性）の発生が確認された。加えてこれらの運動特性が、介入トレーニングによって改善出来ることが判明した。

個々の患者の状態について定量的・客観的評価が可能となることで、臨床現場における要支援・要介護のあいまいな判定の防止につながると同時に、予防・治療を行った際の効果判定基準ともなり得る。さらには日常生活動作の負荷を評価することで、変形性膝関節症の重症化を予防するための適切な装具治療・生活指導指針を明示できよう。

A. 研究目的

変形性関節症は高齢者が要支援となる疾患の第１位を占め、高齢化社会を迎える日本の医療においてその適切な診断・治療に対するニーズは大きい。中でも変形性膝関節症は頻度が高く、病状の進行により歩行能力が低下しADLを大きく障害する。変形性膝関節症の診断には通常X線を用いるが、患者が症状を訴えるのは実際の動作中であり、静的評価であるX線では実際の病態を反映しないことも多い。本研究では、X線に変わる新たな評価方法として、動作解析装置による関節運動の計測を行い、臨床症状・重症度・ADL 障害との関連を検討する。最終的には、疾患の病態を反映する客観的指標の提唱を行う。

B. 研究方法

昨年度より、当施設ではPoint Cluster Technique (Andriacchi 1998)によって、変形性膝関節症患者における膝関節の微細運動の特性を明らかにすることを目的とした。

大腿、下腿の部位マーカーより、各部位の計算上の長軸（慣性主軸）を求め、両者の関係より膝関節角度（6自由度：内/外転、内/外旋、伸/屈、前/後、上/下、内/外側）を算出した。マーカー配置は、骨指標マーカー 8個、部位マーカー 16個（大腿10，下腿6）とし、皮膚に由来するマーカーノイズを受けず、骨運動に近い微細な計測を可能とした。若年健常者（YS群）と膝OA患者（OA群）の2群間での比較を行ってきた。

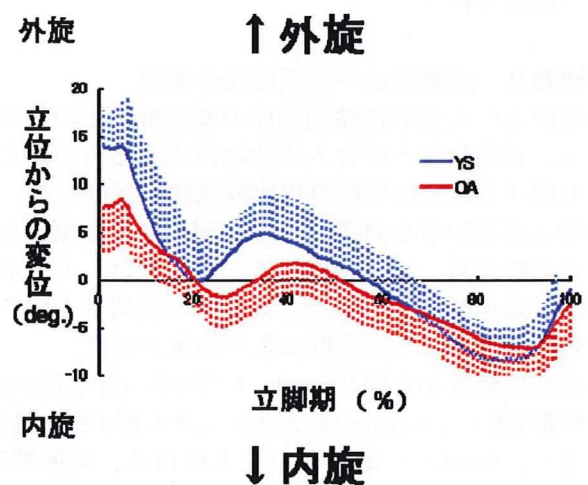
（倫理面への配慮）

研究対象者に対する人権擁護上の配慮、研究方法による研究対象者に対する不利益、危険性の排除や説明と理解（インフォームドコンセント）に関わる状況に関して十分に配慮した。

C. 研究結果

まず若年健常者13名（YS群）と膝OA患者45名（OA群）の結果を示す。

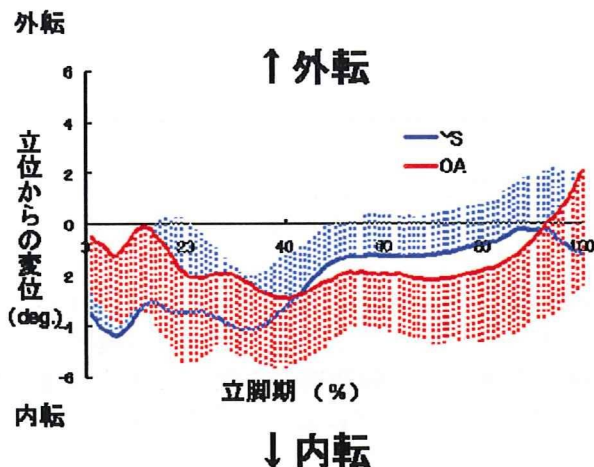
検討１：膝関節の内・外旋角度および内・外転角度の群間分析



YS群では、

・踵接地時に大きく外旋し、立脚期20%までに急激な内旋を生じる。

- OA群ではYS群に比べて、
- ・ 接地時の外旋角度が少なく、全体の回旋変化量が少ない。
 - ・ 比較的一様なパターンを示す



- YS群では、
- ・ 踵接地後の内転位から外転位に移行するが、
- OA群ではYS群に比べて、
- ・ 立脚期を通じて内転側に留まる。
 - ・ パターンに個人差が大きい。

さらに病期別分析からは、

Grade 1、2、3に共通して、立脚初期の外転→内転の急激な角度変化が見られ、Grade 4に特異的な立脚期全般を通じた著しい内転位での歩行があった。

以上より、初期OAの特性として

立脚初期の生理的な回旋運動の障害

立脚初期の急激な内外転（側方動揺性）の発生

重度OAの特性として

立脚期全般（特に中期以降）の著しい内転が確認された。

検討2：運動療法への反応性の検討

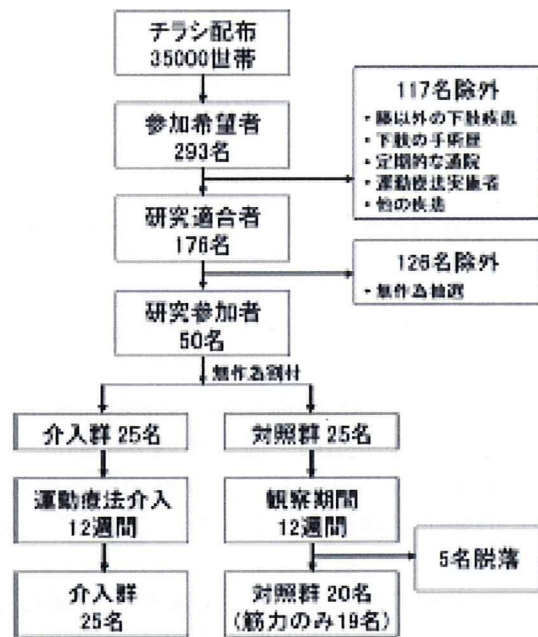
確認された変形性膝関節症の動作解析上の初期変化が、運動量などの介入手法に反応するものかどうかを調べるために無作為化比較試験を計画した。

膝OA患者50名を対象として12週間の運動療法を行う介入群25名、および対照群25名に分け、介入前後で歩行動作解析を行った。最終的に脱落例を除き、運動療法群25名と対照群20名の結果を得た。

病期は軽症から順にGrade 1 が4名（介入群2名、対照群2名）、Grade 2 が9名（介入群4名、対照群5名）、Grade 3 が18名（介入群11名、対照群7名）およびGrade 4 が14名（介入群8名、対照群6名）であった。

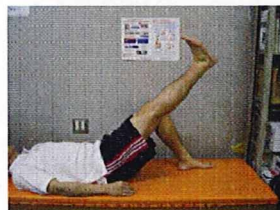
運動療法は1) 下肢伸展挙上訓練（Straight leg Raising）、2) 大腿四頭筋セッティング、3) 股関節

内転運動（簡易枕使用）、4) 股関節外転運動（セ



ラバンド使用)の4種類とし、1日当たり10回×数セットの運動を行うように指導した。自宅での運動は日誌にてその実施回数を記録した。また、運動療法教室では、上記の運動療法に加え、ストレッチ、膝痛に関するレクチャー、簡単なゲーム（ペタンク）を行った。

1. Straight Leg Raising



2. Quadriceps Setting



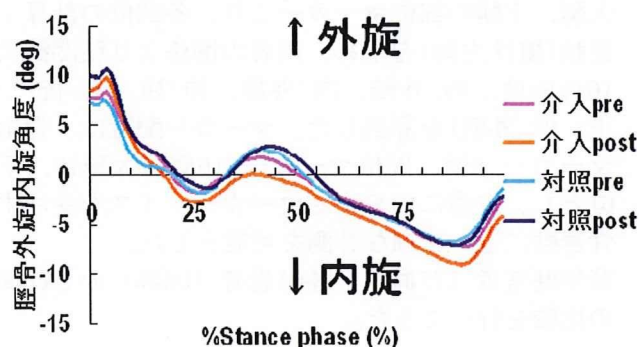
3. Hip adduction



4. Hip abduction



その結果、見つかった各時期のOA特性の治療への反応性は以下の通りであった。

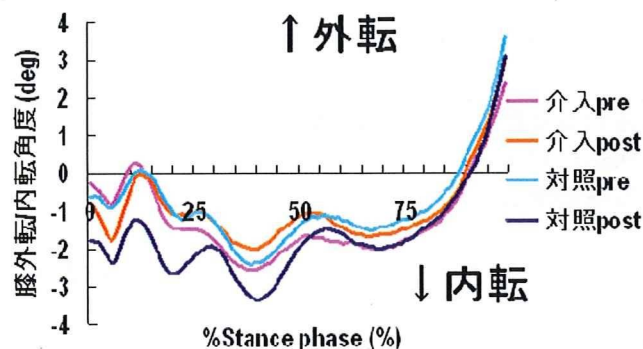


初期OAに対しては

立脚初期の回旋運動の阻害 → 脛骨内旋角度の増加を得て、効果あり

立脚初期の急激な内外転（側方動揺性）の発生 → 効果不明

重度OAに対しては



立脚期全般（特に中期以降）の著しい内転 → 立脚中期における膝内転角度の減少を得て効果あり

D. 考察

これまで変形性膝関節症の重要な関節負荷指標として、歩行中の膝内反トルク (Knee varus torque) が提唱され、病態・予後との関連が研究されてきた。しかしこれら欧米のデータは体格や膝の形態が異なり、わが国の患者評価のための指標とはなりにくい。日本人の変形性膝関節症患者に対する関節負荷についてはほとんどデータがなく、病態・予後との関連も不明である。

Point cluster technique によって微細運動が把握出来るようになったので、変形性関節症の初期変化を捉えると共に、治療を行った際の効果判定基準としても使用することが可能になった。

見出した客観的な指標は、運動療法介入に対して一定の反応性を有することが証明されつつあるので、早期発見・予防などに留まらず、変形性膝関節症の重症化を予防するための適切な装具治療・生活指導指針を提示する際の手がかりとなることが期待される。

E. 結論

初期OAの特性として

- ・立脚初期の生理的な回旋運動の阻害
- ・立脚初期の急激な内外転（側方動揺性）の発生が確認された。加えてこれらの運動特性が、大腿四頭筋、股関節内外転筋の強化といった介入トレーニングに反応することが判明した。こうした特性は歩

行動作の観察から見たスクリーニングや治療介入効果判定の有効な資料となる事が期待できる。

次年度には臨床現場での診断スクリーニングとして用いられるような、より手軽な手法との関連についても検証し、的確な診断のための簡便な指標に結びつけたい。簡便な3軸加速度計を装着し、速歩や階段昇降などで3次元動作解析との関連性をチェックすることを考えている。

F. 健康危険情報

G. 研究発表

1. 論文発表

- ・ Nagano Y, Ida H, Akai M, Fukubayashi T. Bio mechanical characteristics of the knee joint in female athletes during tasks associated with anterior cruciate ligament injury. Knee. 16(2):153-8, 2009
- ・ 星野雄一・星地亜都司・土肥徳秀・飛松好子・赤居正美・岩谷 力. 高齢者の運動機能障害評価；運動器障害診断ツール（足腰指数25）の開発. 臨床スポーツ医学, 第27巻・第1号, p. 33-40, 2010
- ・ 星地亜都司・星野雄一・岩谷 力・赤居正美・飛松好子・土肥徳秀. 高齢者運動器障害のリスクと早期発見ツールの開発. Bone, 第24巻・第1号 p. 43-49, 2010

2. 学会発表

- ・ Naito K, Nagano Y, Fukano M, Ida H, Torii S, Nakazawa K, Akai M, Fukubayashi T. The comparison of in vivo knee kinematics between knee osteoarthritis patients and young healthy subjects during normal gait. -Application of point cluster technique-. International symposium on ligament and tendon IX, Las Vegas, 2009-02, Abstracts, 2009, p. 58.

H. 知的財産権の出願・登録状況

（予定を含む。）

1. 特許取得

特になし

2. 実用新案登録

特になし

3. その他

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ
赤居正美	Chapter 10.8 Musculoskeletal Disorders	Gad SC, ed	Clinical Trial Handbook	John Wiley and Sons	東京	2009	p. 563-585
赤居正美・岩谷力・土肥徳秀・	慢性運動器疾患の評価法	黒澤 尚編	運動器慢性疾患に対する運動療法	金原出版	東京	2009	p. 62-72,
赤居正美	SLR訓練の効果(3学会によるRCT結果)						p. 210-214

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
星野雄一・星地亜都司・土肥徳秀・飛松好子・赤居正美・岩谷 力	高齢者の運動機能障害評価；運動器障害診断ツール（足腰指数25）の開発）	臨床スポーツ医学	27(1)	33-40	2010
星地亜都司・星野雄一・岩谷 力・赤居正美・飛松好子・土肥徳秀	高齢者運動器障害のリスクと早期発見ツールの開発	Bone	24(1)	43-49	2010
Nagano Y, Ida H, Akai M, Fukubayashi T	Biomechanical characteristics of the knee joint in female athletes during tasks associated with anterior cruciate ligament injury.	Knee	16(2)	153-158	2009

分担研究報告書

3. 動作解析装置を用いた歩行障害・ADL 障害の解明に関する研究

新潟大学超越域研究機構整形外科

教授 大森 豪

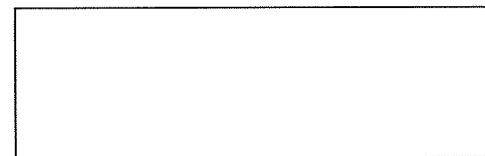
厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）
分担研究報告書

3次元歩行解析装置を用いた変形性膝関節症の荷重状態に関する研究

研究分担者 大森 豪 | 新潟大学超域研究機構 教授

研究要旨

高精度3次元歩行解析装置を用いて、変形性膝関節症における歩行時の下肢荷重状態を評価した結果、立脚歩行初期におけるスラスト発生時の荷重線移動が影響することが明らかとなった



A. 研究目的

変形性膝関節症（以下膝OA）の発症、進行に影響する歩行時の下肢荷重状態の変化を詳細に解析し、本症の予防・治療に役立つ方法を運動学的観点から策定する。

B. 研究方法

独自に開発した3次元歩行運動解析装置を用いて健康人および膝OA患者男女40名の歩行解析を行い、立脚歩行初期のスラスト運動と3次元下肢荷重線変化の関係を評価した。

（倫理面への配慮）

本研究は新潟大学倫理委員会の承認を受け、さらに個人に事前に内容の説明を行い同意を得たうえで実施した。

C. 研究結果

立脚歩行歩行初期のスラストは膝OAの進行に伴い出現頻度が増加した。さらに、スラスト出現時の内反運動が下肢荷重線の側方移動と高い相関を示した。

D. 考察

昨年に続き、症例数を大幅に増加させた解析では、やはり立脚歩行初期に出現する膝関節の横ぶれであるスラストが膝OAの発症・進行に大きく関与しており、特にスラスト出現時の膝内反運動が下肢

荷重線の内方移動を生じ、関節軟骨へのせん断ストレスとなることが推察される。

E. 結論

立脚歩行初期に出現するスラストはその内反成分が下肢荷重線の内方移動を生じ、膝関節軟骨の磨耗変性の原因となっていることが推察される。

F. 健康危険情報

特記すべき事項なし

G. 研究発表

1. 論文発表
別紙記載
2. 学会発表
第82回日本整形外科学会
第36回日本臨床バイオメカニクス学会
第40回日本人工関節学会

H. 知的財産権の出願・登録状況

運動解析システムの特許出願予定

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ
大森豪	鏡視下膝関節授動術	安田和則	OS NOW Instruction	メディカルビュー社	東京	2009	118-121
大森豪	両側同時手術の是非	松野誠夫	人工膝関節置換術—手技と争点—	医学書院	東京	2009	273-277

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Omori G, Onda Y, Shimura M, Hayashi T, Sato T, Koga Y:	The effect of geometry of the tibial polyethylene insert on the tibio-femoral contact kinematics in Advance Medial Pivot total knee arthroplasty	J Orthop Sci	14	754-760	2009
Kobayashi k, Sakamoto M, Tanabe Y, Ariumi A, Sato T, <u>Omori G</u> , Koga Y	Automated image registration foe assessing three-dimensional alignment of entire lower extremity and implant position using bi-plane radiography	J Biomech	42	2818-2822	2009
Tanaka J, Hasegawa T, koya T, Hashiba M, <u>Omori G</u> , Gejyo F, Suzuki E, Arakawa M	Pulmonary function analysis of Japanese athletes: Possibly even more asthmatics in the field	Allergol Int	59	53-57	2010

Tanishi N, Yamagiwa H, Hayami T, Mera H, Koga Y, <u>Omori G</u> , Endo N	Relationship between radiological knee osteoarthritis and biochemical markers of cartilage and bone degradation (urine CTX-2 and NTX-1): the Matsudai Knee Osteoarthritis Survey	J Bone Miner Metab	27	605-612	2009
小田川健一、小林公一、坂本信、谷藤理、田邊祐治、古賀良生、佐藤卓、 <u>大森豪</u>	1方向X線像を用いた骨の2D-3Dイメージレジストレーション精度	臨床バイオメカニクス	30	457-461	2009
木村太郎、西野勝敏、 <u>大森豪</u> 、田邊祐治、坂本信、小林公一、古賀良生	モーションキャプチャーシステムを用いた大腿脛骨関節の3次元運動推定法の開発ー3次元下肢アライメント評価システムの3次元運動解析への応用	臨床バイオメカニクス	30	487-492	2009
石谷周一、織田広司、林豊彦、 <u>大森豪</u> 、渡辺聡、佐藤卓、古賀良生	3次元骨モデルの鏡視画像への重ね併せシステムー水中におけるカメラ校正および切断肢を用いた精度評価	臨床バイオメカニクス	30	509-612	2009
織田広司、石谷周一、林豊彦、 <u>大森豪</u> 、渡辺聡、谷藤理、佐藤卓、古賀良生	3次元骨モデルの鏡視画像への重ね合わせ表示システムー骨輪郭の半自動抽出法を用いた2D-3Dレジストレーション	臨床バイオメカニクス	30	501-508	2009
<u>大森豪</u>	整形外科領域におけるコンピュータ支援手術について	新潟工学会振興会広報	17	6-7	2009
縄田厚、秋丸舞、岩崎徹治、渡辺博史、古賀良生、 <u>大森豪</u> 、遠藤和男	セッティング式筋力測定・訓練器による膝伸展筋力と筋力発揮パターンの解析	運動・物理療法	19	64-70	2008
笹川圭右、石谷周一、坂本信、小林公一、林豊彦、田邊祐治、佐藤卓、古賀良生、 <u>大森豪</u>	MRIモデルの3次元下肢アライメントシステムへの応用	臨床バイオメカニクス	30	479-488	2009
西野勝敏、 <u>大森豪</u> 、木村太郎、田邊祐治、古賀良生	ダイナミック動作における前十字靱帯損傷用装具の制動効果	臨床バイオメカニクス	30	413-418	

学会発表

- 1) Omori G, Koga Y, Endo K: Risk-factor of knee osteoarthritis. 7th ISAKOS, Osaka, 2009.
- 2) 大森豪、古賀良生：新潟市の学童骨折発生に関する長期疫学調査. 第107回東北整形災害外科学会新潟市、2009.
- 3) 山際浩史、目良恒、大森豪、佐藤卓、谷藤理、古賀良生：骨軟骨柱移植のドナー部に対する滑膜を併用した埋め戻し移植. 1st JOSKAS、札幌市、2009.
- 4) 山際浩史、目良恒、大森豪、村上玲子、栄森景子、遠藤直人：Taylor spatial frameを用いて矯正を行った両側外反膝変形の1例. 第22回日本創外固定研究会、京都市、2009.
- 5) Sato T, Tanifuji O, Omori G, Koga Y: A novel technique to control femoral component alignment by instrument-related 3D preoperative planning system for total knee arthroplasty. CAOS Asia, Osaka, 2009.
- 6) 田西信睦、山際浩史、速水正、目良恒、遠藤直人、古賀良生、大森豪：膝関節のX線学的関節症性変化と軟骨および骨代謝マーカー（尿中CTX-II, NTX-I）は関連している—2007松代膝検診より—. 第82回日本整形外科学術総会、福岡市、2009.
- 7) 渡辺博史、古賀良生、大森豪：膝伸展筋力と変形性膝関節症の縦断的検討. 第21回日本運動器リハビリテーション学会、東京、2009.
- 8) 秋丸舞、縄田厚、岩崎徹治、渡辺博史、古河良生、大森豪、遠藤和男：機器を用いた膝関節大腿四等筋セッティング訓練における筋活動性に対する考察. 第21回日本運動器リハビリテーション学会、東京、2009.

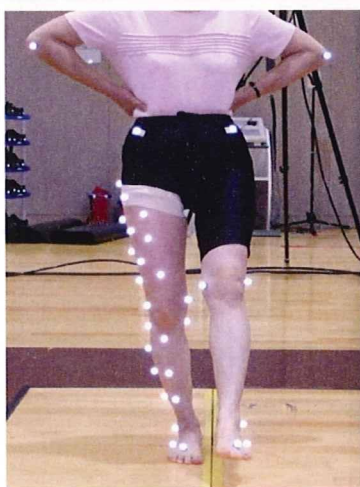
(添付資料)

変形性膝関節症の動作パターンに関する生体力学的検討

1、検討項目

- ・ 膝関節所見、問診(JKOM)
- ・ 肥満評価(INBODY)
- ・ 膝筋力評価(BIODEX)
- ・ 動作分析(VICON)

2、動作分析の内容



①開眼片脚立ち



②最大一歩



③自動屈伸運動



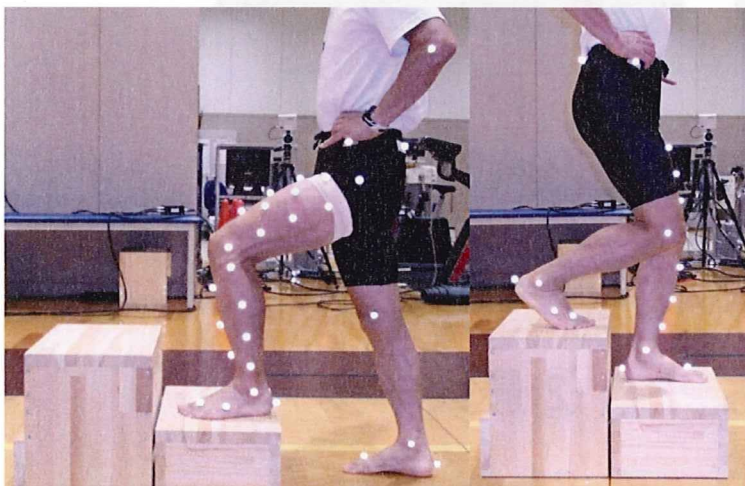
④歩 行



⑤椅子立ち座り



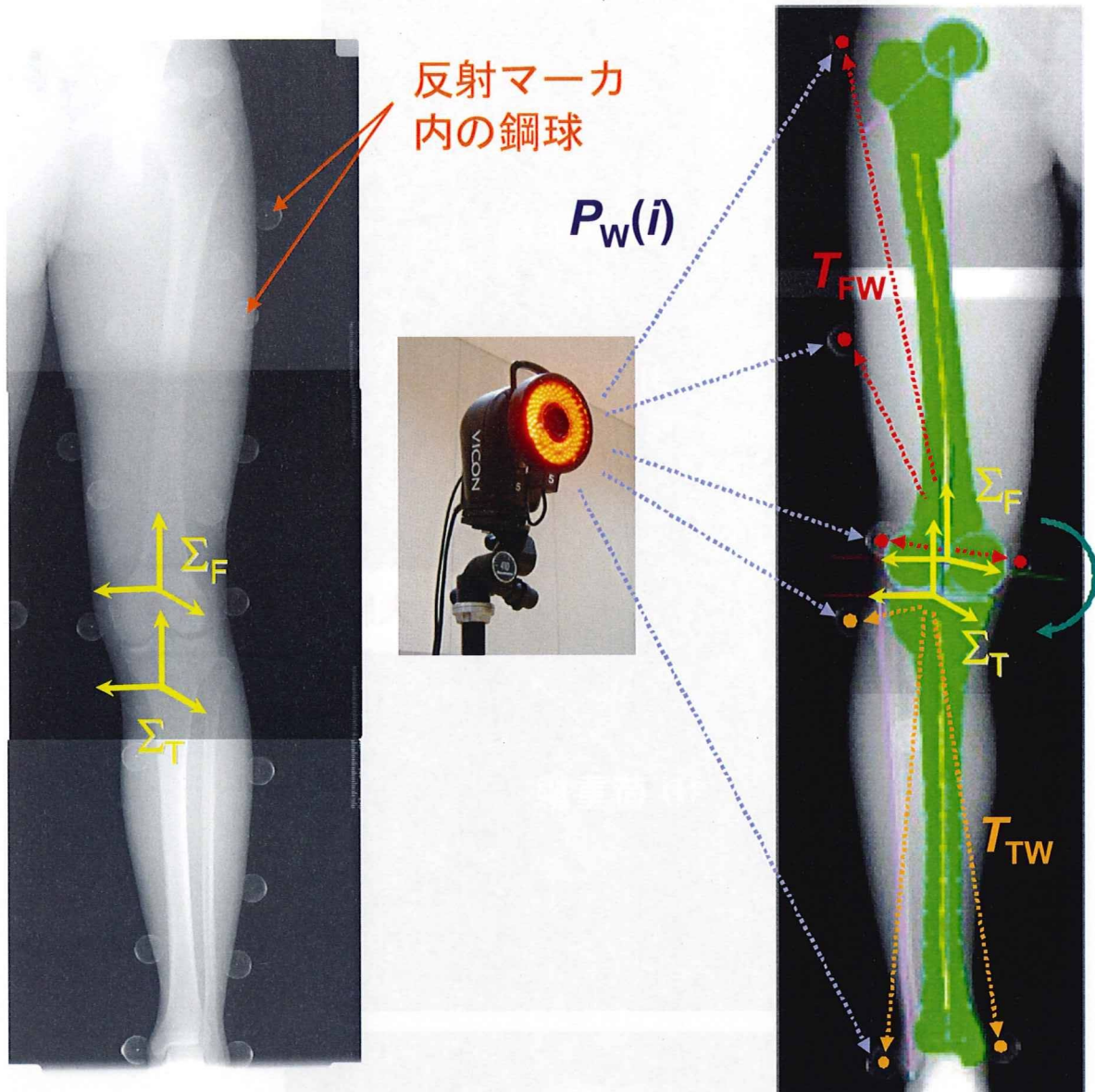
⑥片膝立ち→起立



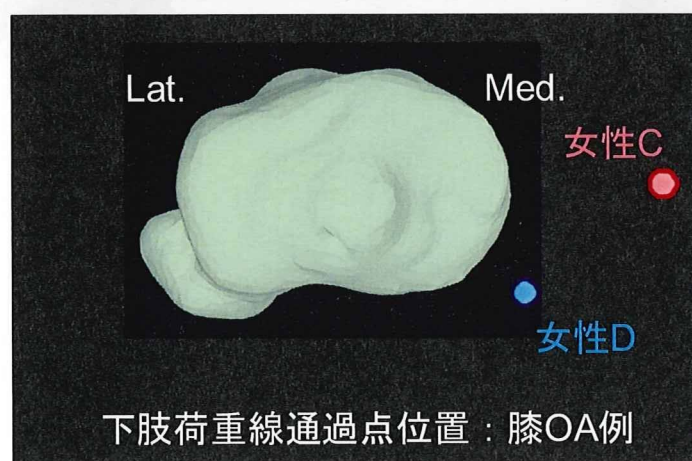
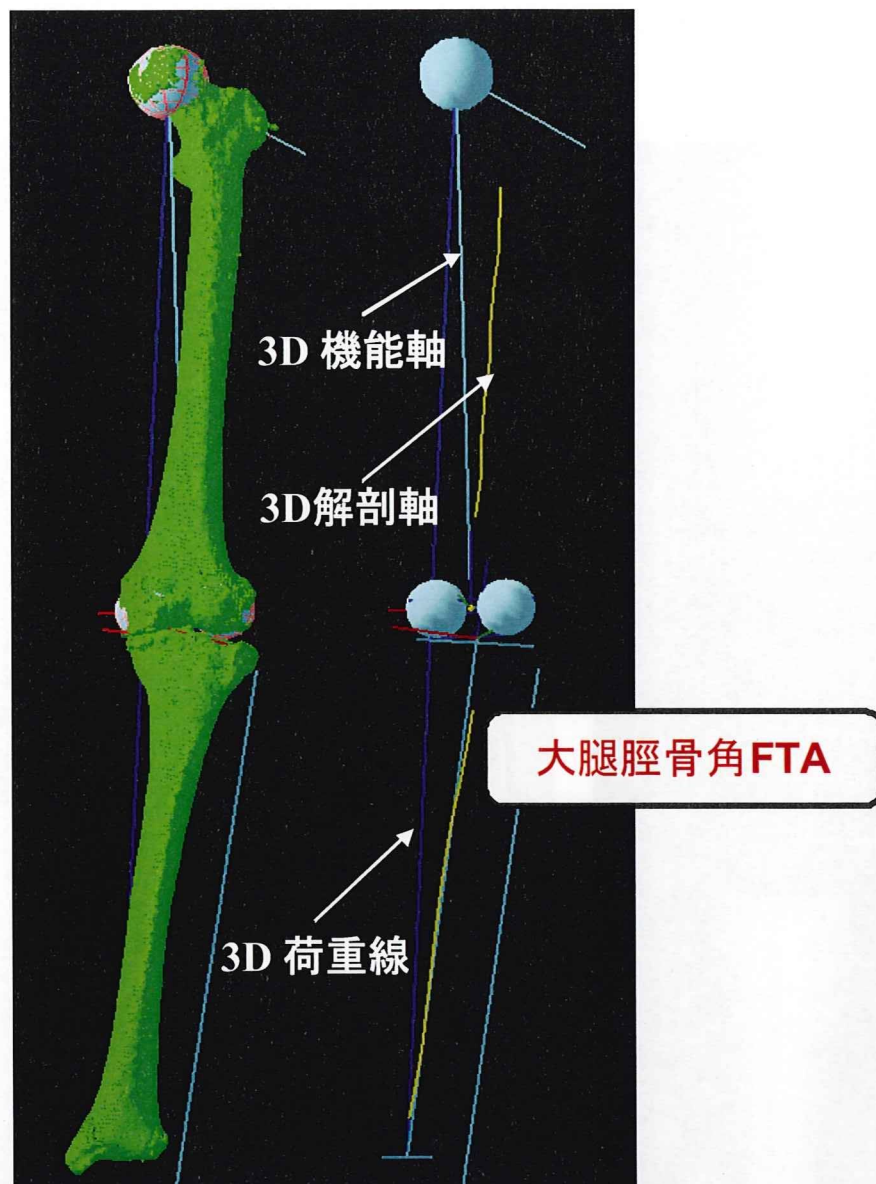
⑦18cm階段昇降

3、大腿骨の3次元運動推定

4、



5、分析例- 運動中の下肢荷重環境の変化



6、進捗状況

計測終了：全 39 名（男 15、女 24）

KL grade 0, I： 10 名（男 6、女 4） 48.6 ± 21.3 歳

KL grade II： 8 名（男 3、女 5） 63.6 ± 7.7 歳

KL grade III, IV： 21 名（男 6、女 15） 70.1 ± 7.7 歳

肥満と膝筋力

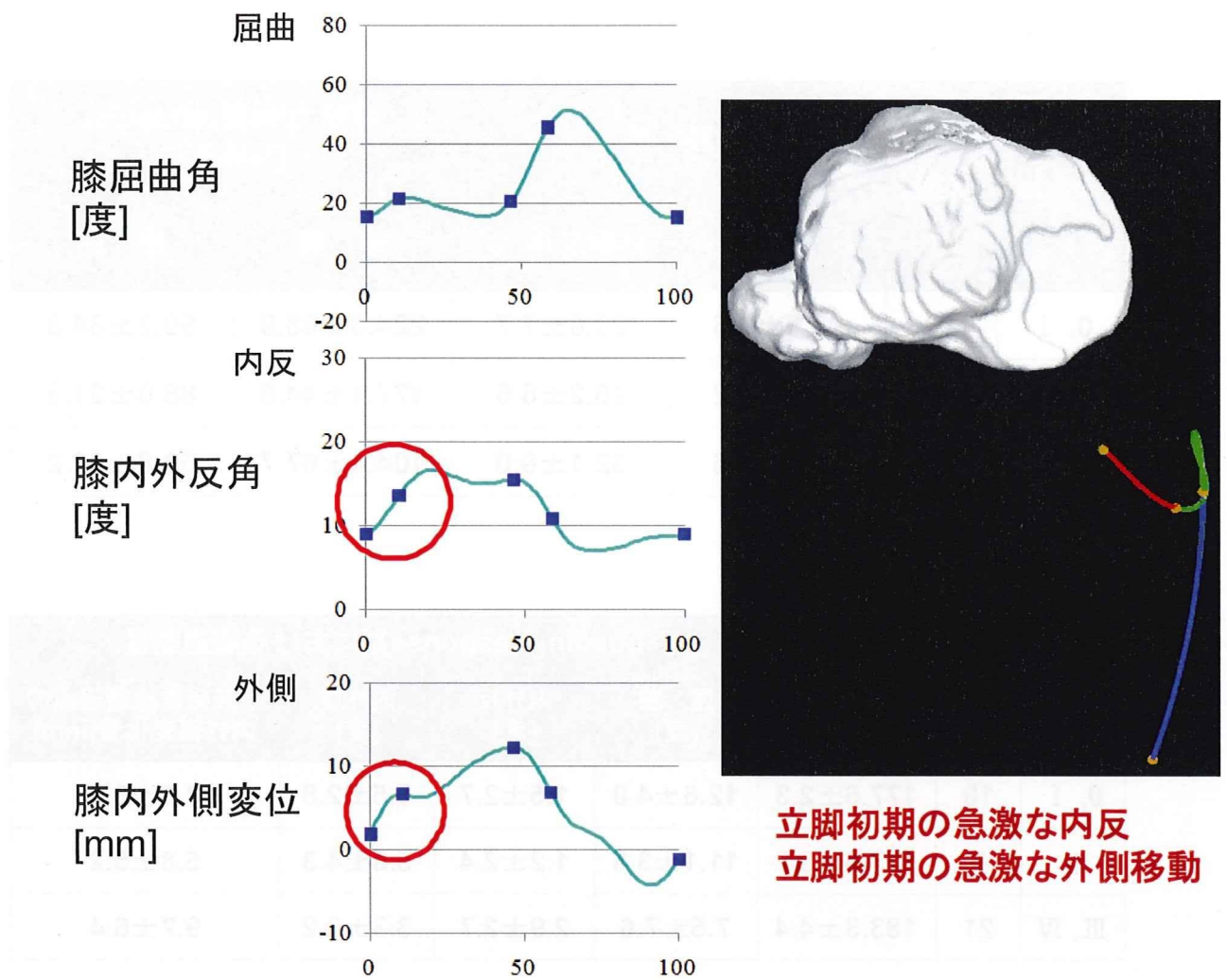
Grade	人数	形 態		膝筋力/体重(60deg/s) [%体重]	
		BMI	体脂肪率[%]	伸 展	屈 曲
0, I	10	23.9 ± 3.5	23.0 ± 7.7	224.3 ± 68.9	99.2 ± 34.3
II	8	23.7 ± 3.2	26.2 ± 8.6	177.1 ± 44.6	88.0 ± 21.3
III, IV	21	26.5 ± 3.6	32.1 ± 9.0	104.4 ± 67.7	59.8 ± 31.2

骨形態と歩行分析

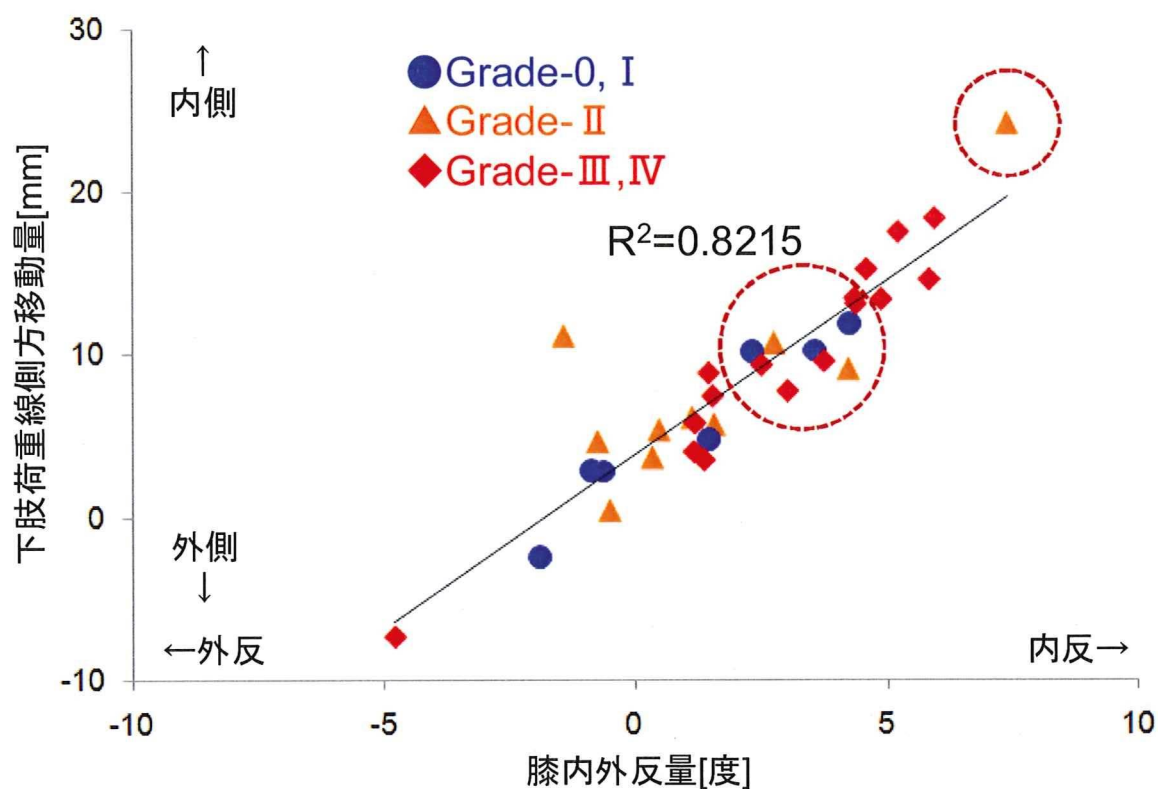
Grade	人数	FTA [度]	Loading response期における膝運動量			
			屈 曲 [度]	内外反 [度]	内外旋 [度]	下肢荷重線通過点の 内外側変化量[mm]
0, I	10	177.5 ± 2.3	12.6 ± 4.0	1.5 ± 2.7	5.5 ± 2.8	8.1 ± 6.5
II	8	177.4 ± 3.2	11.1 ± 3.8	1.2 ± 2.4	5.3 ± 4.3	5.8 ± 5.2
III, IV	21	183.3 ± 4.4	7.5 ± 7.6	2.9 ± 2.7	3.3 ± 3.2	9.7 ± 6.4

7、歩行解析結果- 代表例

67 歳女性、膝 OA grade-III、左脚、FTA : 184.7 度



8、下肢荷重線側側移動量と膝内外反量の関係



9、結果のまとめ

- ・膝 OA grade が高いほど肥満度が高く、膝筋力は低下
- ・立脚初期のスラスト出現で下肢荷重線通過点は内側移動
- ・スラストの運動成分→膝内反 and/or 外側移動
- ・膝 OA grade-II 以上での下肢荷重線通過点の大きな側方移動
→OA 進行の検出パラメータとして検討の可能性大

分担研究報告書

4. 動作解析装置を用いた歩行障害・ADL 障害の解明に関する研究

大阪大学大学院医学系研究科運動器医工学治療学寄附講座

教授 菅野伸彦