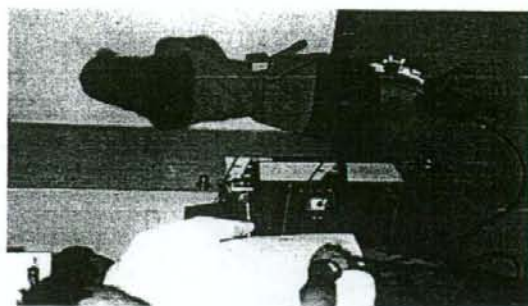
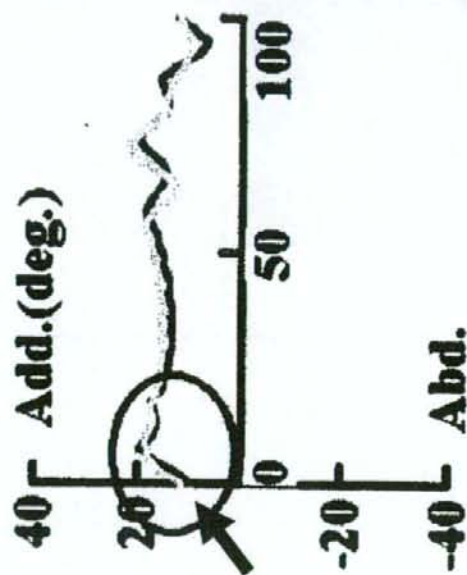
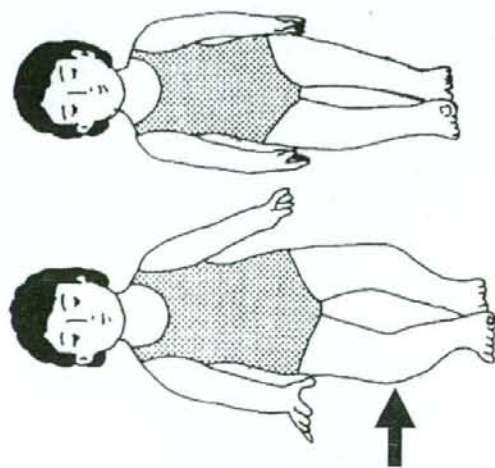


スラスト現象(varus thrust)

歩行立脚初期に見られる脛骨の急激な内反運動

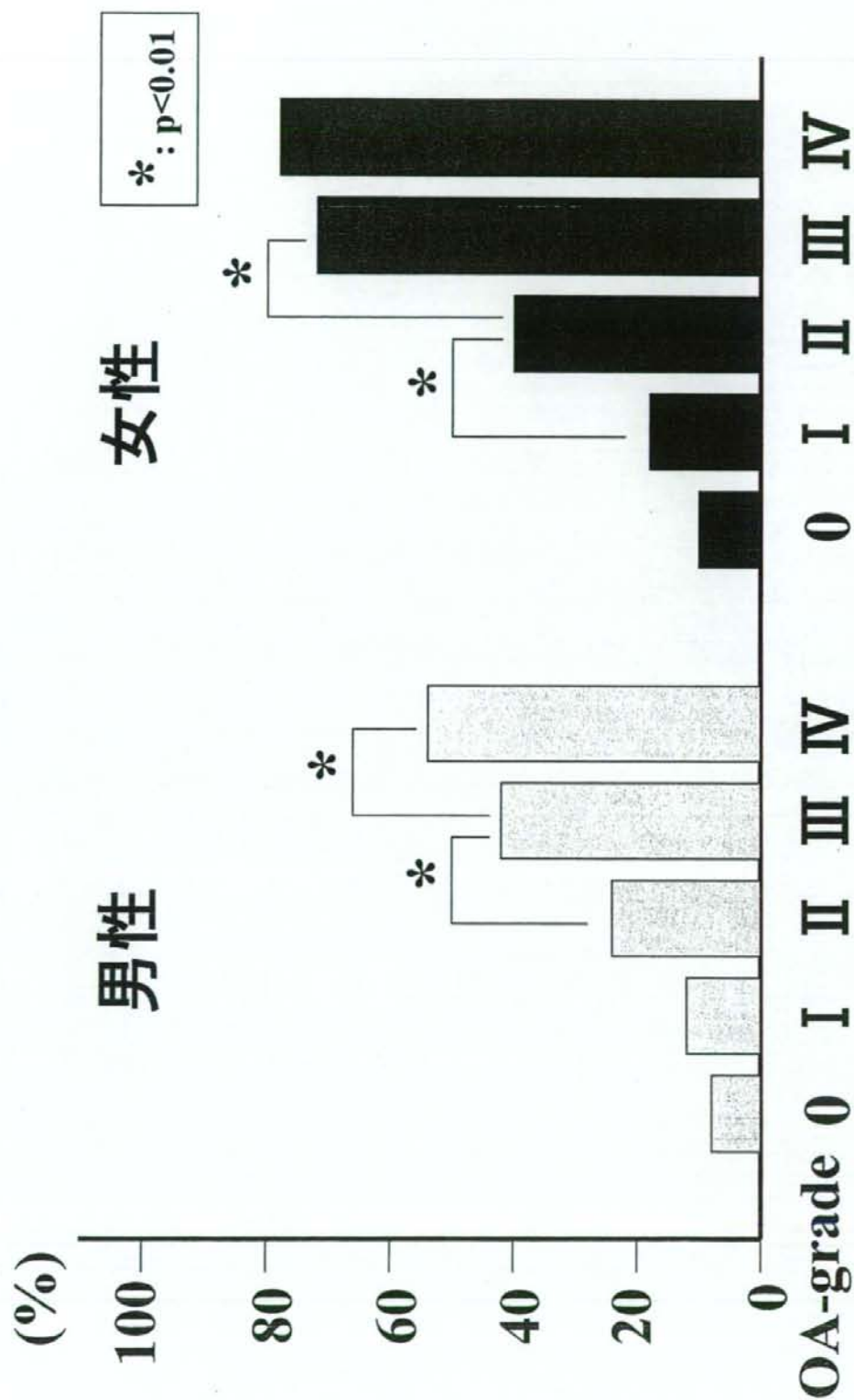


立脚步行初期の
急激な膝の横ぶれ

ゴニオメーターによる歩行解析

膝OA gradeとスラスト出現率

- 松代膝検診2000 -



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器官制御外科学 整形外科

教授 菅野伸彦

研究課題名: 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

分担研究者氏名・所属機関名及び所属機関における職名:

菅野伸彦 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

研究協力者

津田晃佑 大阪大学大学院医学系研究科器管制御外科学 大学院生

柿本明博 協和会病院整形外科 部長

中村宣雄 協和会病院整形外科 人工関節センター長

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、生活の質(QOL)を大きく障害する。変形性膝関節症の診断には通常単純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、静的評価である単純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、単純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歩行中の関節負荷の計測を行い、臨床症状や重症度との関連を検討することが目的である。

B. 研究方法

大阪大学医学部付属病院整形外科および協和会病院整形外科において加療中の症例を対象に、3次元動作解析装置を用いて動作解析を行った。各症例の性別、年齢、身長、体重を聴取し、日本整形外科学会変形性膝関節症治療判定基準(JOAスコア)、VASによる安静時および歩行時の疼痛の有無と程度、膝関節可動域(ROM)・大腿骨脛骨角(FTA)によって膝関節の臨床評価を行った。さらに、各症例の立位正面・側面およびローゼンバーク肢位について単純X線撮影を行い、Kellgren-Lawrence分類による重症度の判定を行った。

本研究における動作解析の概略は以下の通りである。まず対象症例の骨盤および下肢の体表

面に直径25mmの赤外線反射マーカ(図1)を貼付した。貼付部位は、両上前腸骨棘、両下前腸骨棘、両大腿部外側、両膝関節外側上顆、両下腿部外側、両足関節外果、両第2中足骨骨頭、両踵部である。貼付部位の写真を図2に示す。

使用した3次元動作解析装置はVICON512(VICON Motion Systems社)で、6台のCCDカメラ(図3)で体表面に貼付された赤外線反射マーカを追跡することで位置データを取得し、2枚の床反力計(AMTI社)(図4)のデータと同期させることで動作解析を行った。今回取得・解析した動作は、4.5mの歩行動作で、数回の練習後、複数回(最低3回以上)の歩行動作データを取得した。解析ソフトウェアであるWork Station(VICON Motion Systems社)(図5)で取得データを解析し、膝関節にかかる力学的負荷として屈曲モーメント値および内反モーメント値を算出した。評価側下肢のイニシャルコンタクトから同側下肢の次のイニシャルコンタクトまでを1歩行周期とし、1歩行周期中の最大屈曲モーメント値および最大内反モーメント値と、臨床症状、単純X線による重症度との関連を検討した。

(安全面・倫理面への配慮)

1. 安全面

本臨床研究は、リハビリテーション室で行なう動作解析であり、歩行や日常生活動作を3次元動作解析装置で記録分析するもので、対象症例に過度の負担を強いるものではなく、被験者の安全に関してまったく問題はない。

2. 倫理面

①被験者のプライバシー確保に関する対策

本臨床研究の登録・実施にあたっては、症例の個人情報を削除してデータを記録している。また、個人情報保護法を遵守して情報を取り扱っており、報告、発表については個人の特定される情報は公表されない。

②研究結果の被験者への告知について

本臨床研究から得られた結果については、医学雑誌を通じて公開する予定で、公共の利益に寄与できると考える。

③被験者から採取した生体材料の取り扱いについて

生体材料は採取しない。

C. 研究結果

今回動作解析を行い、データを解析し得た症例は21例で、男性6例、女性15例、平均年齢68歳(42~82)であった。このうち、2例(いずれも男性、43歳と61歳)は両膝とも無症状で、単純X線での重症度判定が0度であったため、コントロール症例とした。変形性膝関節症であったのは、19例、男性4例、女性15例で、平均年齢は69歳(42~82)であった。FTAが174度未満の外反型変形性膝関節症症例(以下OA-Val群)は5例、男性1例、女性4例、平均年齢は64歳(42~74)、一方、FTAが174度以上の内反型変形性膝関節症症例(以下OA-Var群)は14例、男性3例、女性11例、平均年齢は71歳(60~82)であった。OA-Val群およびOA-Var群と、コントロール症例(以下C群)とで、1歩行周期中の最大屈曲モーメント値および最大内反モーメント値を比較することで、臨床症状、単純X線による重症度と膝関節にかかる力学的負荷との関連を検討した。

統計学的評価にはMann-Whitney's U-test、Spearman's rank correlation testを用い、 $p < 0.05$ を有意差ありとした。

尚、今回データを解析し得た21例の年齢、性別、身長、体重、単純X線のKellgren-Lawrence分類による重症度、FTA、ROM、VAS、JOAスコア、1歩行周期中の最大屈曲モーメント値および最大内反モーメント値をまとめた表(表1)、および全症例の1歩行周期における屈曲モーメント値および内反モーメント値の推移のグラフ(図6~26)を、本報告書の末尾に添付する。

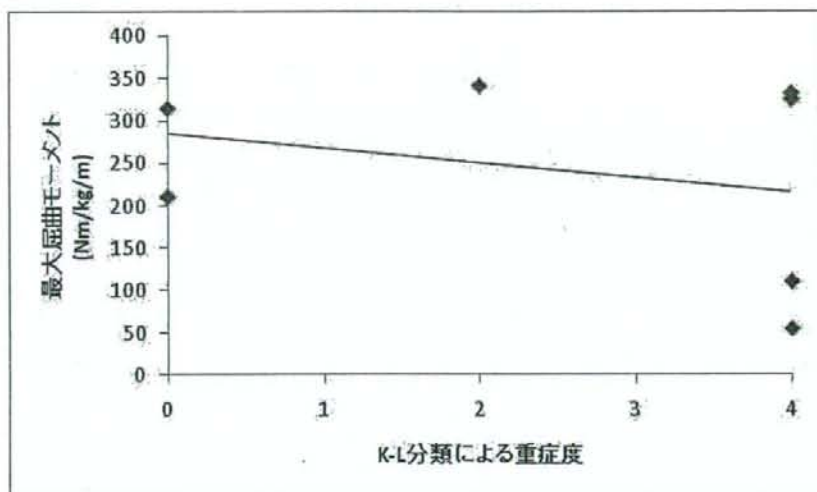
1. OA-Val群とC群

① 屈曲モーメントおよび内反モーメント(平均値 \pm SD(最小値-最大値))

	OA-Val群 (N=5)	C群 (N=2)	p
最大屈曲モーメント (Nm/kg/m)	233 \pm 138 (55-341)	262 \pm 73 (211-314)	0.699
最大内反モーメント (Nm/kg/m)	104 \pm 80 (0.4-224)	293 \pm 95 (226-360)	0.0528

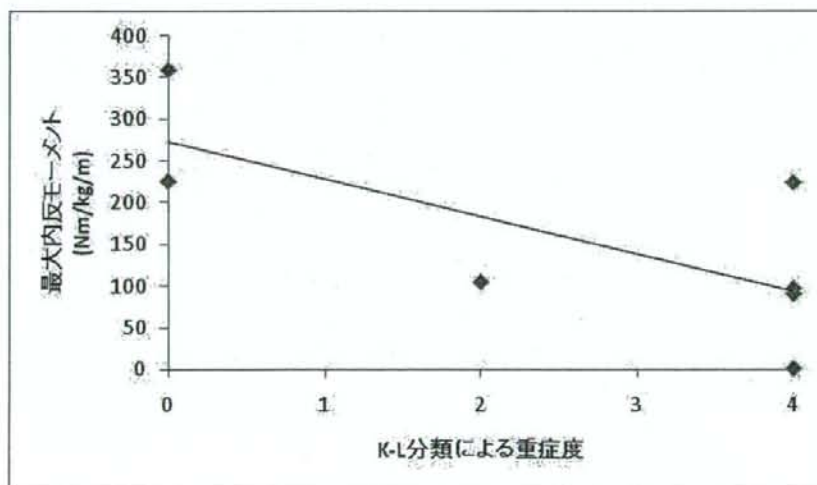
②単純X線による重症度との相関関係

1) 屈曲モーメント



スピアマンの順位相関係数 = -0.139

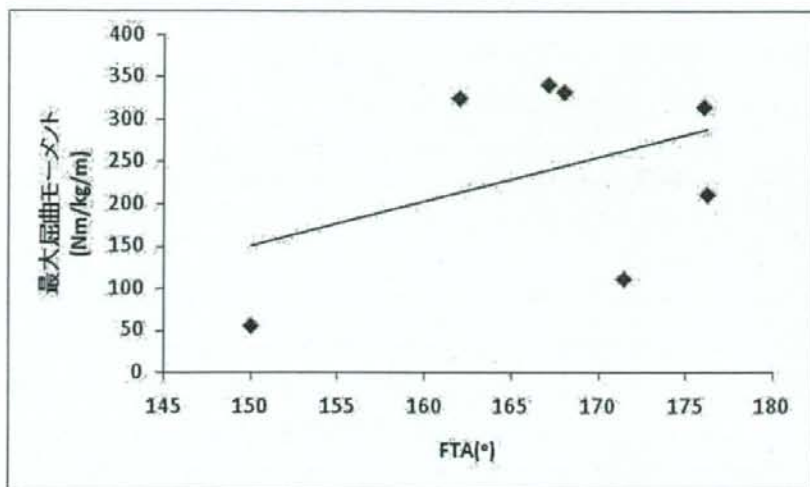
2) 内反モーメント



スピアマンの順位相関係数 = -0.797

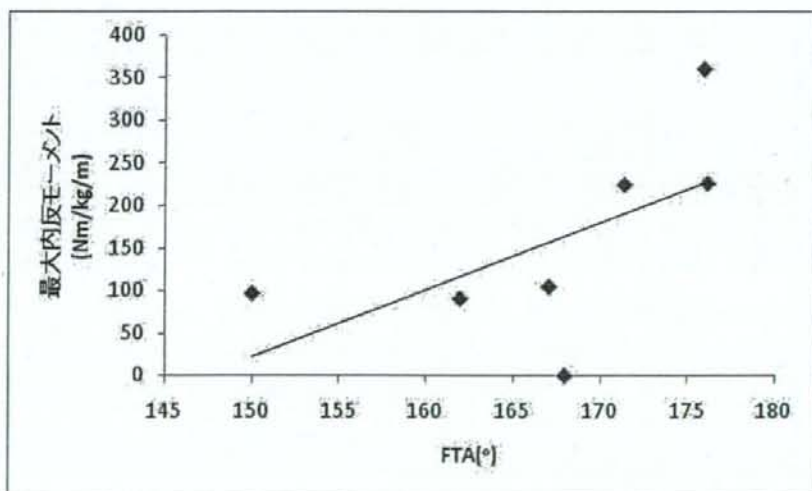
③FTAとの相関関係

1) 屈曲モーメント



スピアマンの順位相関係数 = -0.0357

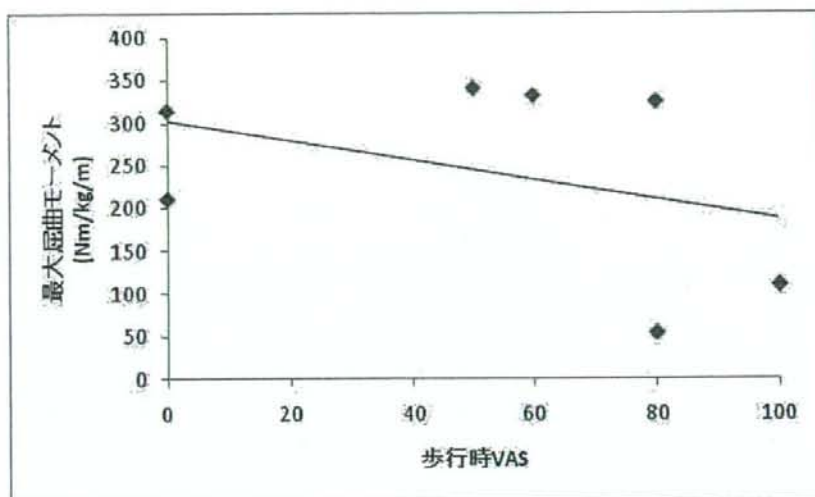
2) 内反モーメント



スピアマンの順位相関係数 = 0.714

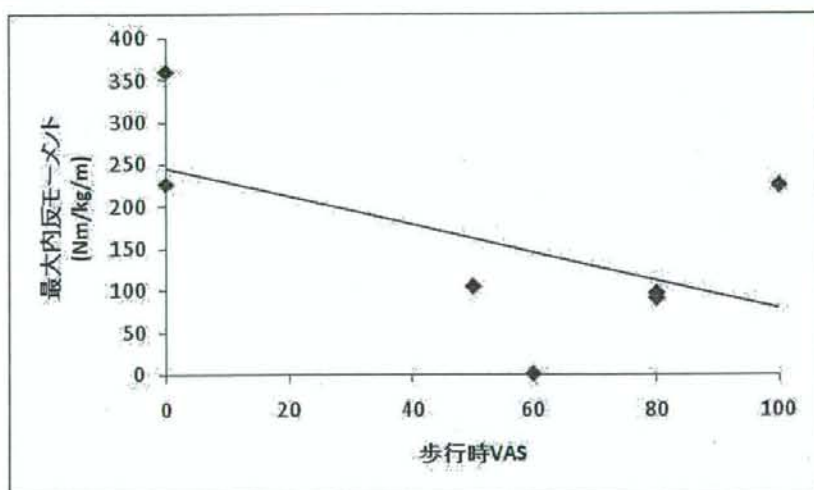
④VASとの相関関係

1) 屈曲モーメント



スピアマンの順位相関係数 = -0.346

2) 内反モーメント



スピアマンの順位相関係数 = -0.509

2. OA-Var群とC群

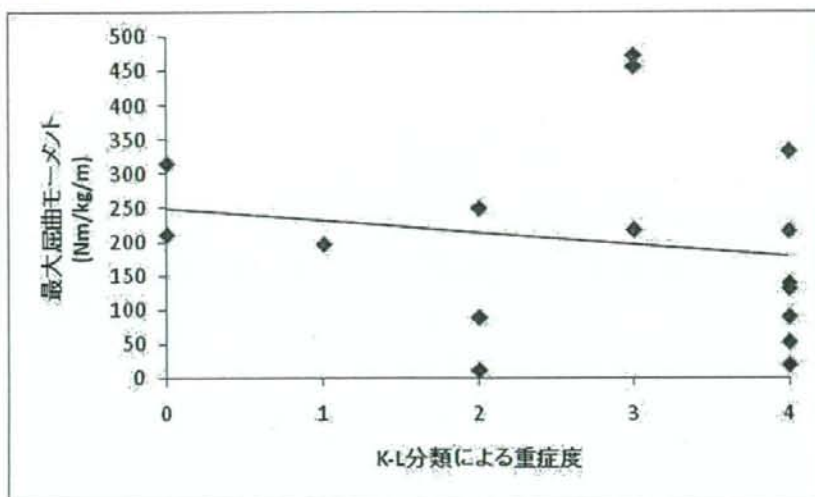
① 屈曲モーメントおよび内反モーメント

	OA-Var群 (N=14)	C群 (N=2)	P
最大屈曲モーメント (Nm/kg/m)	191±147 (12-472)	262±73 (211-314)	0.427
最大内反モーメント (Nm/kg/m)	405±177 (22-643)	293±95 (226-360)	0.266

平均±SD(最小値-最大値)

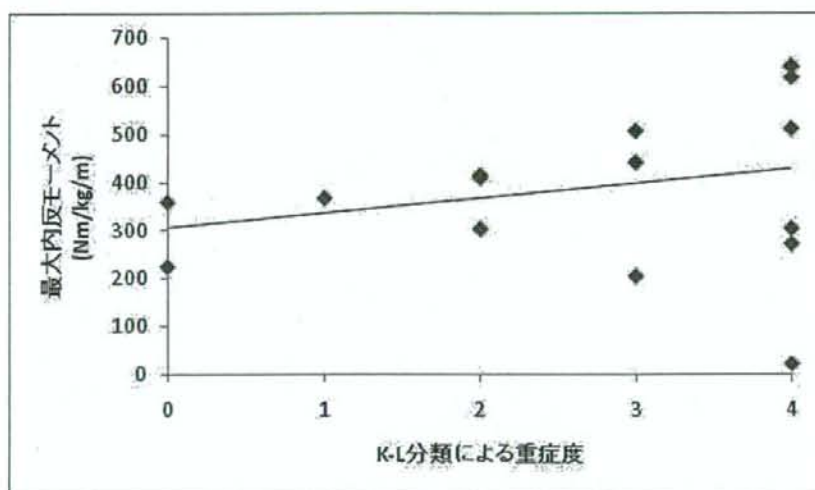
②単純X線による重症度との相関関係

1) 屈曲モーメント



スピアマンの順位相関係数 = -0.207

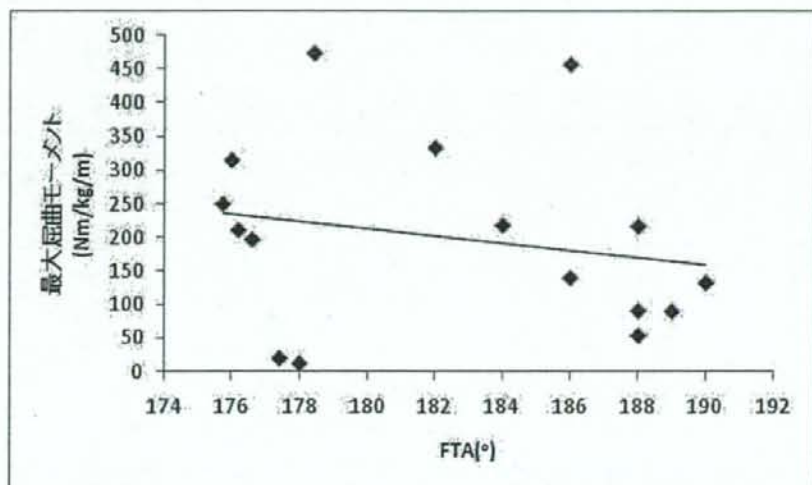
2) 内反モーメント



スピアマンの順位相関係数 = 0.309

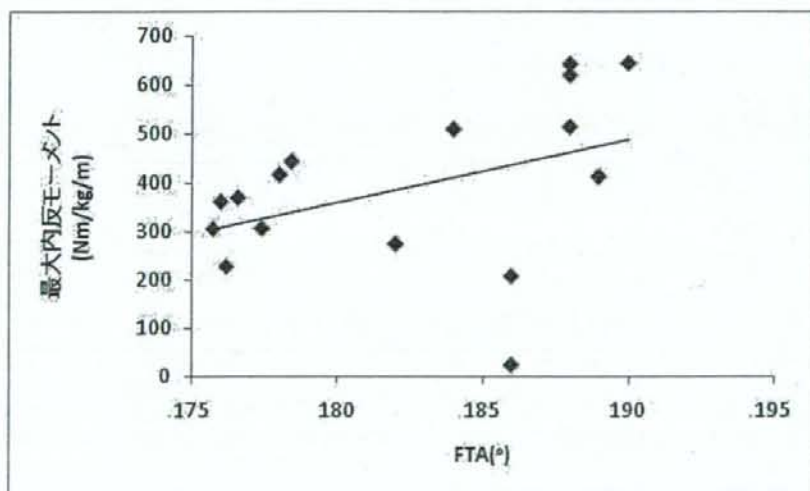
③FTAとの相関関係

1) 屈曲モーメント



スピアマンの順位相関係数 = -0.292

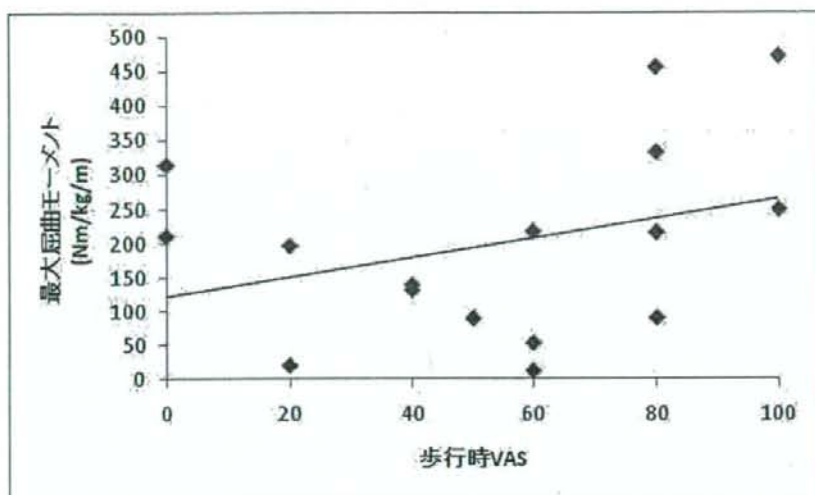
2) 内反モーメント



スピアマンの順位相関係数 = 0.530

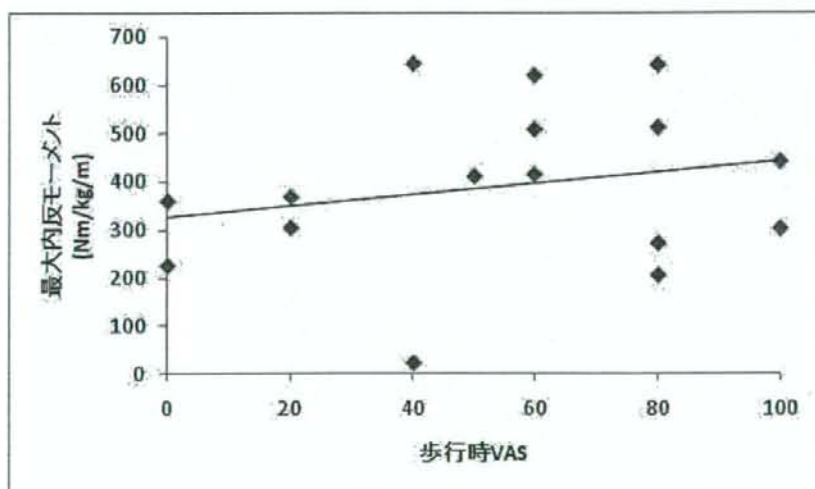
④VASとの相関関係

1) 屈曲モーメント



スピアマンの順位相関係数 = 0.389

2) 内反モーメント



スピアマンの順位相関係数 = 0.183

D. 考察

OA-Val群とC群を比較した結果、両群間で1歩行周期中の最大屈曲モーメント値に有意な差は認めなかった。一方、最大内反モーメント値にも有意な差は認められなかったが、OA-Val群は最大内反モーメント値が小さい傾向にあった。

単純X線による重症度、FTA、歩行中のVASと、屈曲モーメント値あるいは内反モーメント値の間に相関関係があるかを検討した結果、屈曲モーメント値は3項目のいずれとも相関関係を認めなかったが、内反モーメント値に関しては、単純X線による重症度とFTAとの間にともに強い相関関係を認め、重症度が増すにつれて、またFTAが減少するに伴い、最大内反モーメント値が小さくなる傾向を認めた。

一方、OA-Var群とC群を比較した結果、両群間で1歩行周期中の最大屈曲モーメント値に有意な差は認めなかった。最大内反モーメント値にも有意な差は認められなかったものの、OA-Var群は最大内反モーメント値が大きい傾向にあった。

同様に、単純X線による重症度、FTA、歩行中のVASと、屈曲モーメント値あるいは内反モーメント値の間に相関関係があるかを検討した結果、屈曲モーメント値は3項目のいずれとも相関関係を認めなかった。また、内反モーメント値に関しては、FTAとの間に相関関係を認め、FTAが増加するに伴い、最大内反モーメント値が大きくなる傾向を認めたが、単純X線による重症度や歩行中のVASとの間には相関関係を認めなかった。

これまで変形性膝関節症の重要な関節負荷指標として、歩行中の膝関節内反モーメントが提唱され、病態・予後との関連が研究されてきた(Hurwitz DE et al 2000,2002, Mundermann A et al 2004)。これらによれば、内反型変形性膝関節症の進行に伴って歩行中の膝関節内反モーメント値が増大するため、膝関節内反モーメント値が変形性膝関節症の進行の指標になるとされている。しかし日本人と欧米人とは体格や膝の形態が異なるため、これら欧米のデータが、わが国の変形性膝関節症患者の評価指標になりうるかは不明である。一方、日本人の変形性膝関節症患者に関する関節負荷についてはほとんど報告されておらず、病態・予後との関連もいまだ不明のままである。肥満は変形性膝関節症のリスク因子であることが指摘されているが、日本においても近年の食生活の欧米化に伴う肥満化が認められ、高齢化と相重なって、高齢者の変形性膝関節症は増加傾向にある。病状の進行により歩行能力とADLの低下を来すため、その適切な診断と治療、さらには早期からの予

防が必要であることは否めない。しかしながら、上述のような理由により、日本人の変形性膝関節症に対する、運動力学的な観点からの病態の解明と治療法の選択、病状進行の予防法の確立はいまだなされていない。さらに、変形性膝関節症の診断には単純X線を用いることが多いが、患者が症状を訴える場合、その多くは歩行時や階段昇降時などの実際の動作中であり、静的評価である単純X線では実際の病態を反映しないことも少なくない。

今回行った3次元動作解析の結果から、外反型変形性膝関節症では、症状の重症化と外反変形の進行に伴って、歩行中の内反モーメント値が減少していた。これは、膝関節の外側支持機構の破綻に伴い、歩行中の、特にイニシャルコンタクト後の膝外反動揺が生じていることを反映していると考えられた。

一方、内反型変形性膝関節症では、FTAが増加するに伴い、歩行中の内反モーメント値が大きくなる傾向を認めた。FTAの増加は膝関節の内反変形の進行を意味しており、膝関節の内側支持機構の破綻に伴い、歩行中の、特にイニシャルコンタクト後の膝内反動揺が生じていることを示唆していると考えられた。しかし両者間の相関関係は強くなく、また、単純X線による重症度との間には相関関係を認めなかったことから、内反モーメントを内反型変形性膝関節症の進行の指標とするには至らなかった。

さらに、外反型、内反型ともに、屈曲モーメント値に関しては、コントロール群と比較しても有意な差を認めず、単純X線による重症度、FTA、歩行中のVASのいずれとも相関関係を認めなかったことから、屈曲モーメント値は変形性膝関節症の進行の指標とはなりにくい可能性が考えられた。

今回の研究で我々が使用した3次元動作解析装置はX線を用いることなく、非侵襲的に様々な動作中の関節負荷を計測することが可能であり、患者が症状を訴える歩行や階段昇降などのADL動作を計測することで、より病態を反映した指標を取得できると考えている。今回の検討は21例の結果によるものであり、コントロールとなる正常膝のデータも少なく、明確な結論を出すには至っていないが、今後さらなる動作解析のデータを蓄積することで、変形性膝関節症の進行の指標となりうる運動力学的なパラメータを導き出し、低侵襲な動作解析装置を用いた疾患評価のための統一的な計測手法を確立し、的確な診断のための簡便な指標を提唱することが可能になると考えている。また、単純X線撮影によるこれまでの静的評価ではなく、実際の日常生活動作を動的に評価することで、膝関節の力学的負荷を明らかにし、各々の病態に応じた適切な装具治療の選択や生活指導指針の作成も可

能になると考えられる。

E. 結論

歩行時の膝関節の力学的負荷を解析した結果、膝関節の内外反変形に伴う歩行中の内反モーメントの増減が観察され、内反モーメント値が変形性膝関節症の進行の指標となりうる可能性が示唆された。今後さらなる動作解析データの蓄積により、変形性膝関節症の進行の指標となりうる運動力学的パラメータを提唱していきたいと考えている。

F. 図表



図1

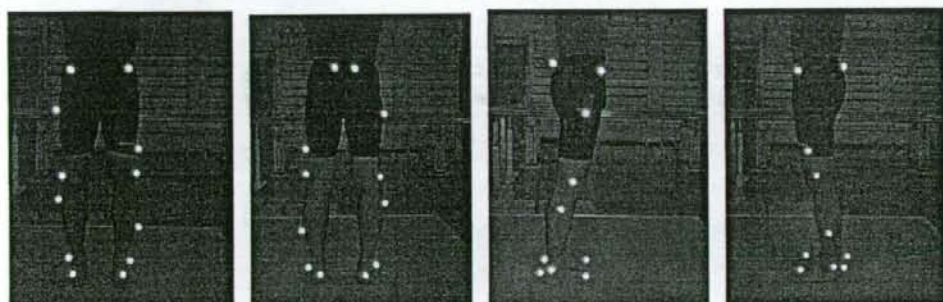


図2 (左より、正面、背面、右面、左面)



図3 カメラ



図4 床反力計

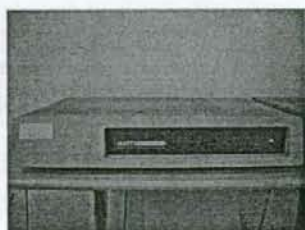
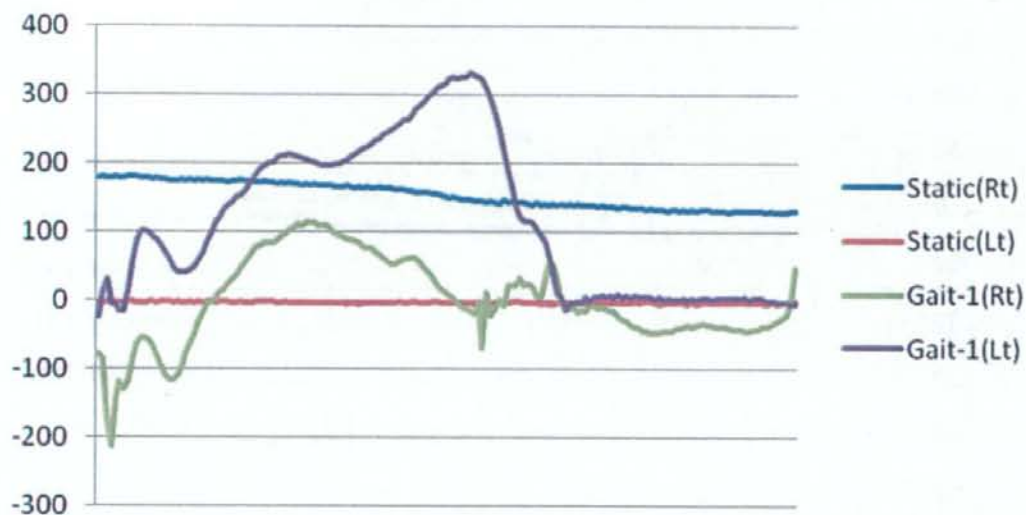


図5 Work Station

屈曲モーメント



内反モーメント

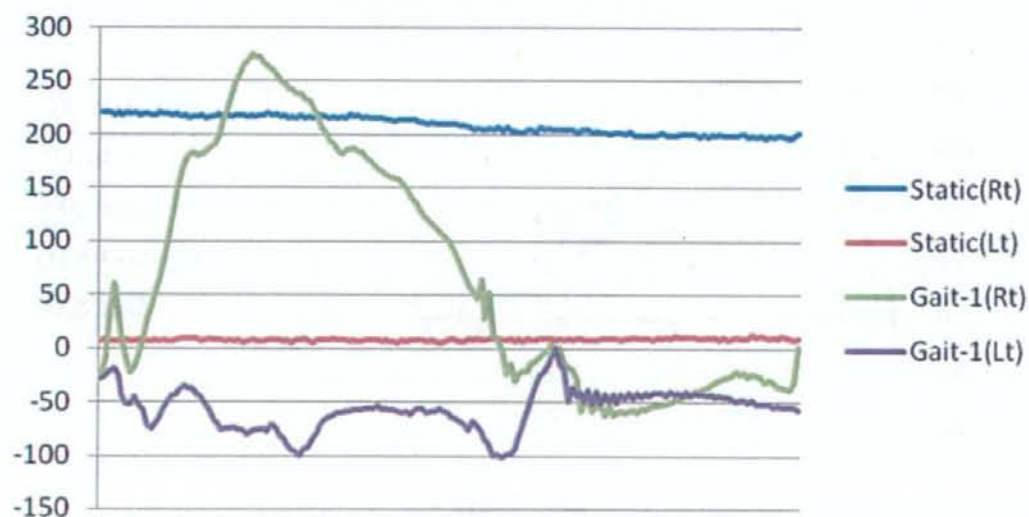
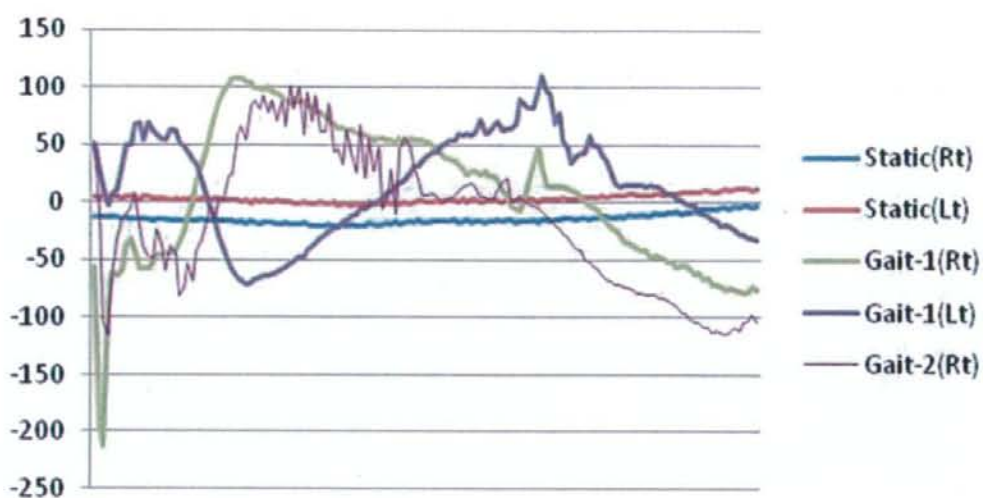


図6 osk001

屈曲モーメント



内反モーメント

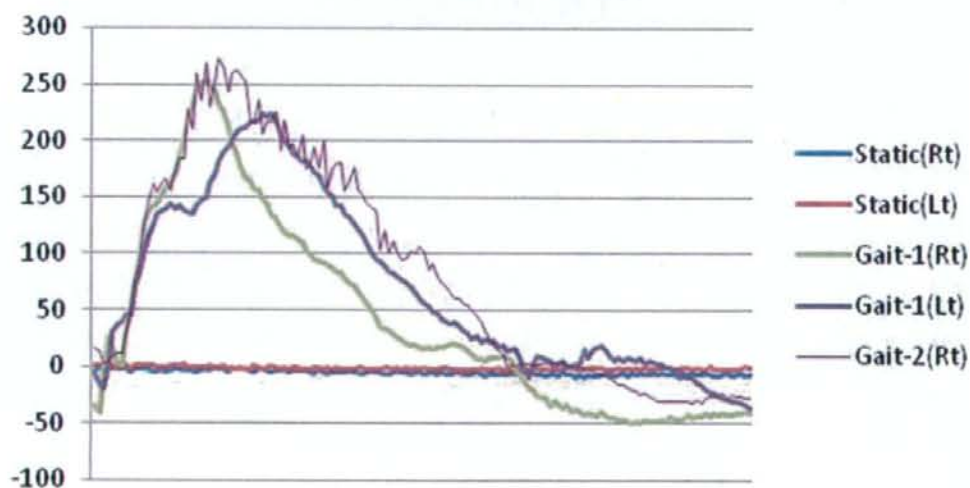
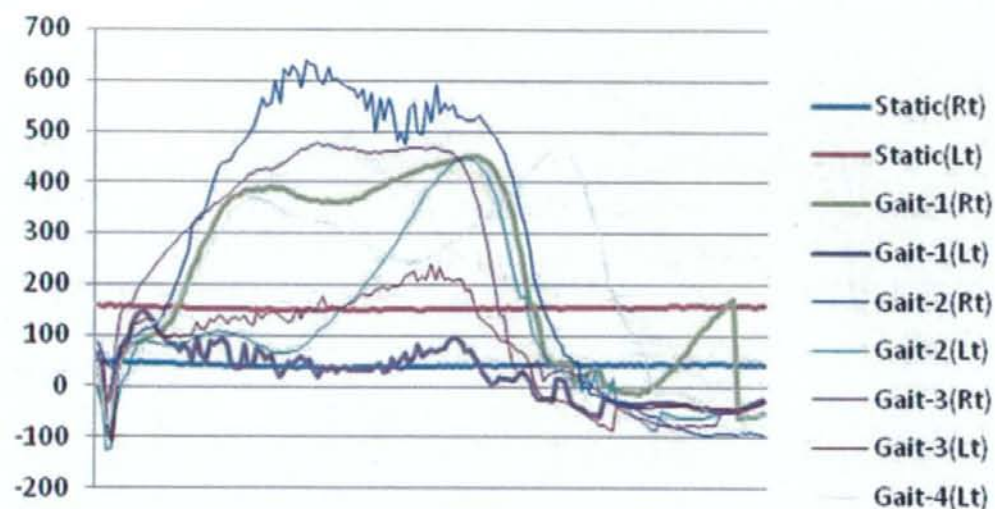


図7 osk002

屈曲モーメント



内反モーメント

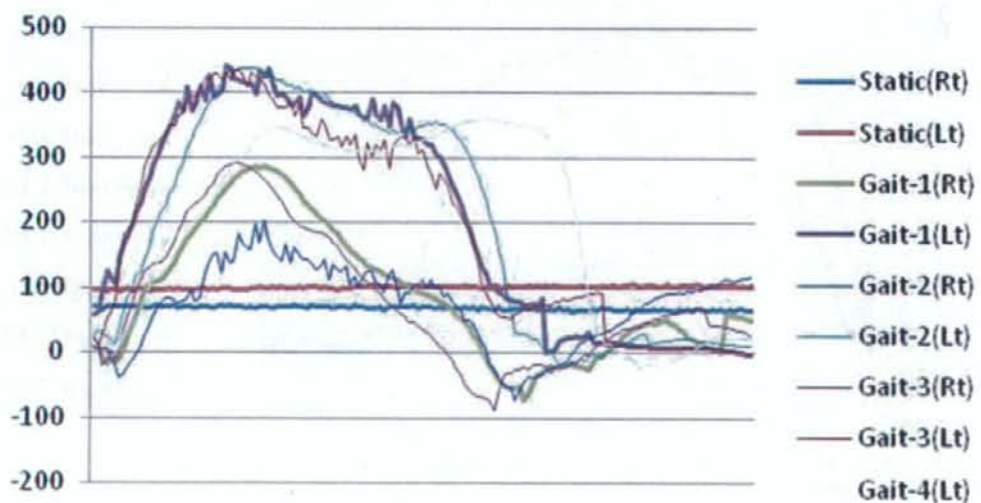


図8 osk003