

表2. Deviations in directions of 3D mechanical axis (MA) and reaction force (RF) and contact area in standing position.

	Flexion Angle [deg]	FTA [deg]	Direction of	Direction of	Contact Area [mm <sup>2</sup> ]	
			3DMA [%] Med(+)/Lat(-)	RF [%] Med(+)/Lat(-)	Medial	Lateral
Subject1	7.95	176.7	10.6	-38.5	422	329
Subject2	11.74	174.4	-10.4	-74.4	329	398

表3. Changes in reaction force and contact area during gait.

		Reaction	Flexion	Contact Area[mm <sup>2</sup> ]	
		Force [N]	Angle [deg]	Medial	Lateral
Subject1	Min	447.4	20.9	355	124
	Max	948.2	38.5	377	203
Subject2	Min	346.4	1.9	353	469
	Max	513.1	10.47	337	477

作時の関節面軟骨接触領域の近接距離マップを示す。また、図6に関節面軟骨接触面積と床反力変化のグラフを示す。屈曲角度増加に伴い床反力に大きな変化はなかったが、屈曲角度増加に伴い接触面積は減少する傾向が確認できた。

### 考 察

笹川ら<sup>5)</sup>が立位荷重下における3次元CT骨モデルと3次元MRI骨モデルのレジストレーション精度について報告している。しかし、MRIモデルでは形状精度がCTモデルよりも低いことや、MRI画像からの3次元骨モデルの構築可能範囲が狭いという問題がある。本研究ではレジストレーションにCT骨モデルを用いることで、良好な精度でのレジストレーションを可能にし、かつCT骨モデルにMRI軟骨モデルを付加することで、関節面接触状態の把握を可能にした。

歩行動作に関して、Liuら<sup>3)</sup>はMRIより作成した骨モデルと軟骨モデルを用い、2方向フルオロ画像に対するレジストレーションによるトレッドミル歩行時の関節面軟骨接触状態を検討

しており、歩行周期における内外側接触面積の変化の報告をしている。本研究での歩行動作の検討は最大床反力時と最小床反力時の接触面積の変化の検討であるため、直接的な比較はできない。本手法では、イメージレジストレーションにおける遠近位方向の並進成分と内外反方向の回転成分の誤差が、接触面積の変化に大きな影響を与えると考えられる。今後、イメージレジストレーション誤差と接触面積変化の関係を明らかにする予定である。また、使用したフラットパネルディテクタの撮影範囲はHeel StrikeからToe Offまでであった。今後より詳しい歩行動作解析のため、撮影範囲を大きくする必要がある。

屈曲動作に関して、本研究では屈曲角度増加に伴う接触領域の減少傾向が確認できた。これは、MRIを用いた同一荷重下での屈曲角度増加に伴う接触面積の変化を検討した吉田らの報告と同様の傾向を示した<sup>7)</sup>。吉田らの報告では静荷重であったのに対し、本研究では動的な荷重下での軟骨接触状態であるため、直接的な結果の比較はできないが、屈曲角度増加に伴う接触

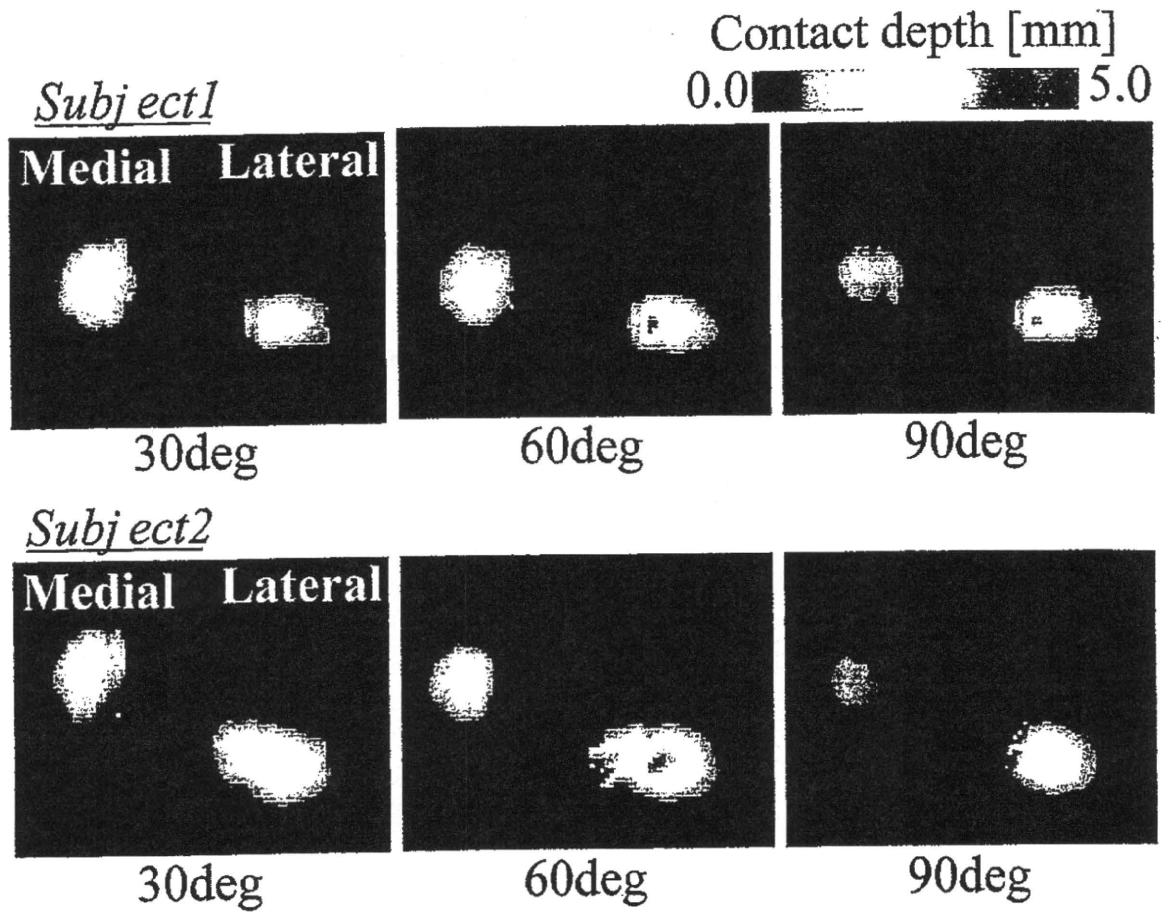


図5. The ECP (Estimated Contact Point) map of the contact area with the flexion angle.

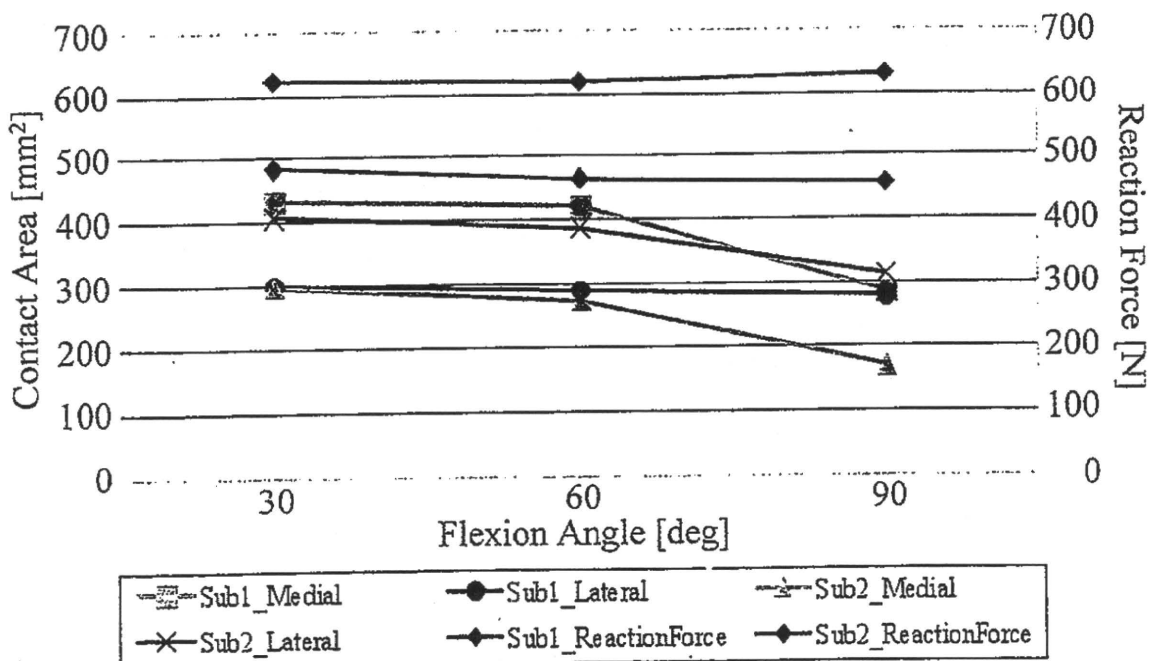


図6. Changes in contact area and reaction force during flexion.

面積の減少傾向は一致した。

本手法を用いることで膝OA患者の異常運動と軟骨欠損との関連等の病態解析をはじめ、静的および動的な解析や圧力状態の推察など今後の大きな展開が期待できる。

また、本研究では半月板情報を加味していないため、提示した接触面積と実際の接触面積には違いが生じる可能性がある。今後、本研究で算出接触面積と接触面積の実測値との誤差についての検討を行う予定である。

### ま と め

膝関節動作と作用荷重の評価方法として、立位・歩行・屈曲動作時のX線撮影と床反力測定を同時に行い、CT骨モデルにMRI軟骨モデルを付加した3次元モデルとのイメージレジストレーションを行った。その結果、膝関節動作時の関節軟骨接触状態を確認できた。

### <謝 辞>

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B) No. 19360046)と平成20年度新潟大学プロジェクト推進経費(奨励研究)の助成を受けて行われた。ここに記して謝意を表す。

### 文 献

- 1) DeFrate LE, Sun H et al. : In vivo tibiofemoral contact analysis using 3D MRI-based knee models. *J Biomech* 37 : 1499-1504, 2004.
- 2) Kozanek M, Hosseini A et al. : Tibiofemoral kinematics and condylar motion during the stance phase of gait. *J Biomech* 42: 1877-1884, 2009.
- 3) Liu F, Kozanek M et al. : In vivo tibiofemoral cartilage deformation during the stance phase of gait. *J Biomech* 43 : 658-665, 2010.
- 4) Moro-oka T, Hamai S et al. : Dynamic activity dependence of in vivo normal knee kinematics. *J Orthop Res* : 428-434, 2008.
- 5) 笹川圭右, 石谷周一 他: MRIモデルの3次元下肢アライメント評価システムへの応用, *臨床バイオメカニクス* 30 : 479-486, 2009.
- 6) 白石善孝, 日垣秀彦 他: 深屈曲動作時における生体膝の動態解析, *臨床バイオメカニクス* 30 : 215-221, 2009.
- 7) 吉田秀義, 渡辺圭一 他: MRIを用いた脛骨大腿関節の接触面積と運動解析, *実験力学* 6 (1): 31-35, 2006.

## 内側型変形性膝関節症における歩行時スラスト現象と 3次元下肢荷重線の関連性

木村 太郎<sup>#1</sup> 西野 勝敏<sup>#2</sup> 松尾 智史<sup>#1</sup> 田邊 裕治<sup>#3</sup>  
古賀 良生<sup>#4</sup> 大森 豪<sup>#5</sup>

Relation between lateral thrust and 3-dimensional loading axis of the lower extremity during level gait in medial compartmental knee osteoarthritis.

Taro KIMURA, Katsutoshi NISHINO, PhD., Satoshi MATSUO,  
Yuji TANABE, PhD., Yoshio KOGA, MD., Go OMORI, MD.

### Abstract

Lateral thrust is visualized as a dynamic laterally shift motion of the knee joint during the early stance phase of the gait in medial compartmental knee osteoarthritis (OA). Recently, there have been several studies that investigated the effect of lateral thrust on the incidence and progression of medial knee OA. However, most of these studies have focused on lateral thrust and adduction moment. This study evaluated the relation between lateral thrust and 3-dimensional loading axis (3DLA) of the lower extremity.

Sixteen subjects were included in this study after informed consent was obtained. Medial compartmental knee OA was evaluated using Kellgren-Lawrence classification. They were 4 in grade-0, 3 in grade-I, 4 in grade-II, 2 in grade-III, 3 in grade-IV, respectively. Three dimensional lower extremity alignment assessment system and motion capture system were used for gait analysis. Interrelations among lateral thrust, 6-degrees of freedom (6DOF) knee motion and change of 3DLA of the lower extremity were investigated.

Lateral thrust was seen in 9 of 16 knees (56%) and its frequency was associated with knee OA grade. In the case of lateral thrust, varus rotation and lateral shift of the tibia relative to femur as 6DOF parameters, and medial shift of 3DLA were observed. Among 6DOF motion parameters varus rotation showed a strong positive correlation with medial shift of 3DLA of the lower extremity.

The results of this study suggest that lateral thrust causes medial shift of 3DLA and lateral shear stress in the knee joint. This stress may lead to wear on the joint cartilage.

Key words : medial compartmental knee osteoarthritis, lateral thrust, 3-dimensional loading axis.

- ※ 1 新潟大学大学院 自然科学研究科  
〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050番地
- ※ 2 新潟県健康づくり・スポーツ医科学センター  
〒950-0933 新潟県新潟市中央区清五郎67番地12 東北電力ビックスワン内
- ※ 3 新潟大学工学部附属工学力教育センター  
〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050番地
- ※ 4 新潟医療センター  
〒950-2022 新潟県新潟市西区小針3-27-11
- ※ 5 新潟大学超域研究機構  
〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050番地

Corresponding Author: Go OMORI, MD.

Center for Transdisciplinary Research, Niigata University  
2-8050, Ikarashi, Nishi-ku, Niigata 950-2181, Japan  
Tel: 025-262-7664 Fax: 025-227-2272  
E-mail address: gosuke@med.cc.niigata-u.ac.jp

## はじめに

Lateral thrustは内側型変形性膝関節症 (medial compartmental knee osteoarthritis, 以下膝OA) 患者の歩行立脚期に出現する膝関節の横ぶれ現象であり, 近年, 膝OAの発症や進行との関連性が示唆されている. lateral thrustに関するこれまでの生体工学的な研究は, lateral thrustと内反モーメントの関係<sup>2), 3)</sup>について述べたものが多く, 膝関節の荷重状態の指標となる下肢荷重線とlateral thrustの関連性を調べた報告はない. そこで本研究では我々が開発した3次元下肢アライメント評価システムと歩行動作を測定するためのモーション・キャプチャー・システムを用い, 歩行時のlateral thrustとその運動成分, さらに3次元下肢荷重線変化との関係を運動学的に評価した.

## 方 法

### 1. 対象者

健康者および内側型膝OA患者16名16膝 (男性6名, 女性10名, 平均年齢 $57.5 \pm 18.7$ 歳) を対象とした (表1). Kellgren-Lawrence<sup>4)</sup> に

よるX線膝OA Grade評価 (以下K-L分類) では, X線上で膝OAを認めないGrade-0が4名, Grade-Iが3名, Grade-IIが4名, Grade-IIIが2名, Grade-IVが3名であった. 本研究は新潟大学の倫理委員会の承認を取得し, 対象者には事前に十分な説明を行い, 研究への同意を得て測定を実施した.

### 2. 歩行の測定

対象者の全身に径15mmの反射マーカを34個貼付し, そのうち対象側下肢の22個に径1mm鋼球を埋め込んだマーカを用いた<sup>5)</sup>. マーカの貼付位置は, point cluster法<sup>1)</sup>を参考にした.

10mの歩行路に赤外線カメラ6台とフォースプレート6枚を用いたモーション・キャプチャー・システム (Vicon612, Vicon motion system社) を配置し, 歩き始めから3歩目以上の歩行動作をサンプリング周波数120Hzで測定した. さらに, サンプリング周波数250Hzの高速度ビデオカメラ (HSV-500, nac社) を歩行路正面に置き, 歩行正面の映像からlateral thrustの出現を確認した.

### 3. 歩行膝運動解析

歩行の膝運動は, 3次元下肢アライメント評

表1. Characteristics of subjects.

Subject	Age	Sex	OA-Grade	FIA	lateral thrust
1	22	Male	0	174.49	(-)
2	24	Male	0	176.96	(-)
3	23	Male	0	178.57	(-)
4	42	Female	0	180.25	(+)
5	70	Male	I	177.89	(-)
6	76	Male	I	177.37	(+)
7	64	Female	I	177.82	(-)
8	67	Male	II	179.68	(-)
9	67	Female	II	171.59	(+)
10	70	Female	II	176.89	(+)
11	61	Female	II	175.51	(-)
12	67	Female	III	184.67	(+)
13	73	Female	III	177.80	(+)
14	62	Female	IV	192.48	(+)
15	72	Female	IV	181.69	(+)
16	60	Female	IV	187.11	(+)

価システム (LEXI社)<sup>9),10)</sup> とモーション・キャプチャー・システムを用いて、次のように3次元的に解析した<sup>5)</sup>。

マーカを貼付した対象下肢を3次元下肢アライメント評価システムの回転撮影台に乗せて2方向X線撮影をし、事前にCTを用いてこれまでの我々の報告に従い大腿骨と脛骨の骨座標系<sup>9),10)</sup>を設定した3次元骨モデルと2方向X線像をイメージマッチングした。さらに、X線画像上でマーカを検出して、マーカ群と骨座標系との位置関係データを得た。この骨座標系とマーカ群との位置関係データとモーション・キャプチャー・システムで測定した歩行中のマーカ位置データを最小二乗推定により組み合わせて大腿・脛骨座標系間の3次元相対運動を求めた。この運動の回転と並進の6自由度パラメータは、Groodら<sup>3)</sup>の方法に準じて算出した。

次に歩行中の下肢の力学的環境変化を検討するために、上記手順で求めた膝運動データと3次元骨モデルを用いて歩行空間における大腿骨と脛骨の位置関係を推定し、大腿骨頭中心と脛骨遠位関節面中点を結んだ直線を求め、これを3次元下肢荷重線と定義した。この直線と3次元骨モデルの脛骨近位関節面の通過点を求め、歩行中のこの通過点軌跡を膝関節における力学

的環境変化を検討するパラメータとした。

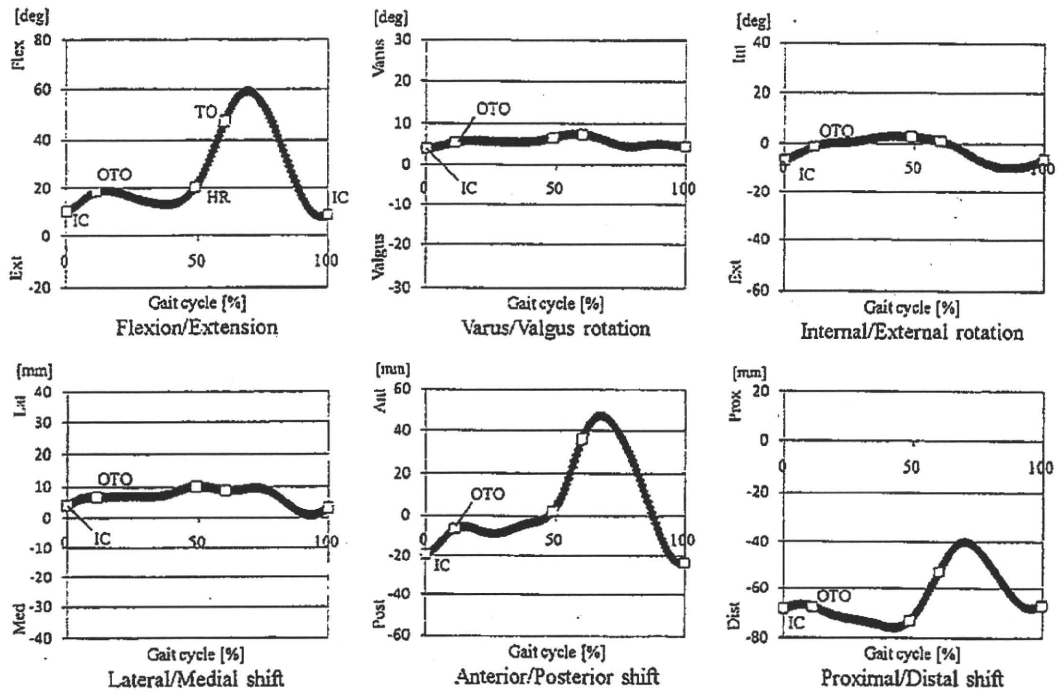
歩行動作をIC (Initial contact, 初期接地), HR (Heel rise, 踵挙上), TO (Toe off, つま先離地)に分け、ICから次のICまでを1周期とした。

今回、lateral thrustが主に出現するといわれるLoading response (荷重応答期, ICから対側TO)に注目し、この相における歩行運動の6自由度運動パラメータの変化と3次元下肢荷重線の脛骨関節面通過点の側方移動量との関係を調べた。

## 結 果

### 1. Loading responseのOA grade別lateral thrust出現の有無と6自由度パラメータおよび3次元荷重線の変化

Loading responseにlateral thrustを認められたのは16膝中9膝(56%)であり、膝OA gradeの進行に伴いlateral thrustの頻度は増加した(表1)。今回、歩行立脚初期の膝屈曲角度に伴う本システムの測定誤差<sup>5)</sup>を考慮し、6自由度パラメータにおいて回転成分では1.5度以上、並進成分では2.5mm以上の運動変化を有意とした。X線上OA変化がなく(K-L分類grade-0, I) lateral thrustも認めない例では、6自由度パラメータで立脚初期に屈曲(double knee action)、内外反は無変化もしくは軽度内反、回旋は内旋方向(screw home movement)、側方移動は無変化もしくは軽度外側、前後方向は前方移動、遠近位方向は無変化を示すものが多かった(図1-(a))。また、3次元下肢荷重線の脛骨関節面通過点軌跡は内外側中央の後方でIC~対側TOにかけて後方に移動しその後HRにかけて前方から後方へ移動していた(図1-(b))。これに対して、中~高度のOA変化(K-L分類grade-III・IV)があり立脚初期に明らかかなlateral thrustを認める例では、6自由度パラメータでIC~対側TOにおいてdouble knee actionの消失、内反の増加、回旋運動・側方・前後・遠近位方向移動の平坦化が見られた(図2-(a))。さらに、3次元下肢荷重線は脛骨関節面内側後方で、IC~対側TOにかけて急激に



※IC: Initial Contact, OTO: Opposite leg Toe Off, HR: Heel Rise, TO: Toe Off

図1-a. 6 DOF motion parameters in normal subject.

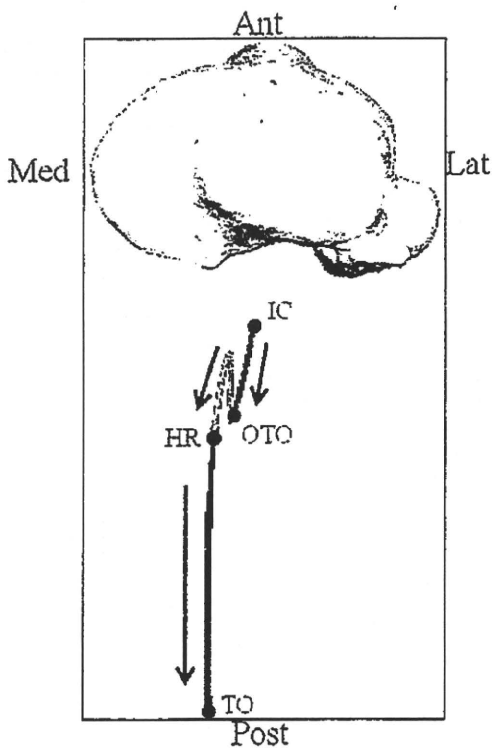
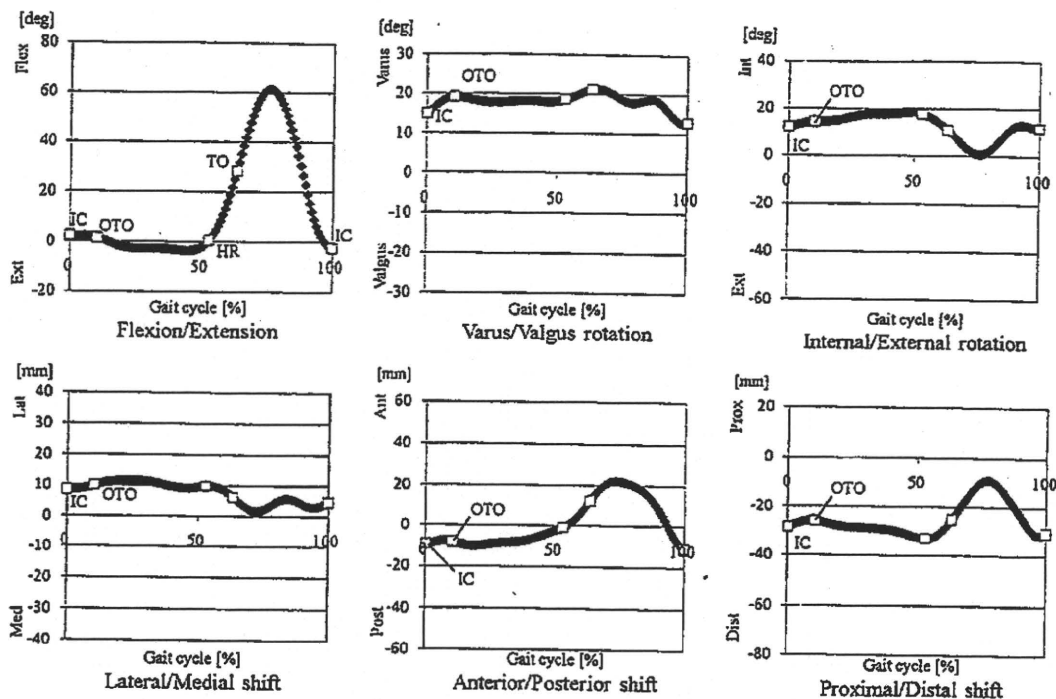


図1-b. Trajectory of 3-DLA in normal subject (Directing arrow were showed moving direction).

内方へ移動していた (図2-(b)). これらの結果からlateral thrustと関連性が深いと考えられた内反と外側移動, さらに3次元荷重線の関係を見てみると, grade-0, I, IIの正常または初期OAではlateral thrust出現と内反, 外側移動には一定の傾向は見られなかったが, grade-III, IVの進行したOAではlateral thrust出現例での内反運動の増加が多く認められた. 一方, 3次元荷重線はlateral thrust出現と密接な関係があり, thrust出現例では全例3次元荷重線の内方移動が見られた.

## 2. Lateral thrustの運動成分と3次元荷重線側方移動量の関係

6自由度運動パラメーターのうちlateral thrustに関連性が高いと考えられた, 内外反と内外側移動の2つの運動成分と3次元下肢荷重線の側方移動量との相関性を検討した. 内外側移動と3次元下肢荷重線の側方移動量は対象により脛骨近位関節幅に個人差があるため, 移動量を対象の脛骨近位関節幅で標準化した. 内外反角度変化と下肢荷重線側方移動は高い相関性



※IC: Initial Contact, OTO: Opposite leg Toe Off, HR: Heel Rise, TO: Toe Off

図2-a. 6 DOF motion parameters in advanced medial knee OA subject.

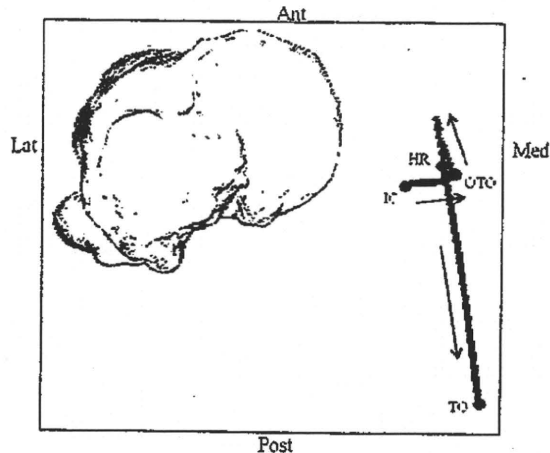


図2-b. Trajectory of 3-DLA in advanced medial knee OA subject (Directing arrow were showed moving direction).

を示した (ピアソンの相関係数  $r^2=0.9602$ ) (図3)。一方、内外側並進移動と下肢荷重線側方移動との関連性については一定の傾向は認められなかった (ピアソンの相関係数  $r^2=0.3867$ ) (図4)。以上から、lateral thrust出現に伴う3次元下肢荷重線の側方移動は、6自由度運動パラメ

ターのうち内反運動に大きく影響されていた。

### 考 察

内側型膝OAとlateral thrustの関連性について、大森らは大規模な疫学調査から内側型膝OAの進行に伴いlateral thrustの出現率が高くなることを報告している<sup>8)</sup>。一方、運動学的研究では、lateral thrust出現時に膝関節に加わる力学的な負荷が膝OAの発症や進行に影響を及ぼすとの考えから内反モーメントやlateral thrustとの関係を調査したものが多い。Chang A<sup>2)</sup>らは多方向カメラを用いて64名の歩行分析を行い、thrustがある群で有意に内反モーメントが大きいと報告している。Mundermannら<sup>7)</sup>は44人の対象者の内反モーメントとOA gradeの関係を解析してK-L grade $\geq 3$ の対象者の内反モーメント最大値がK-L grade $\leq 2$ の対象者より有意に大きいと報告している。また、Kogaら<sup>6)</sup>はゴニオメータを使ってlateral thrustは立脚初期の急激な内反運動であると報告している。しかし、本研究のようにlateral



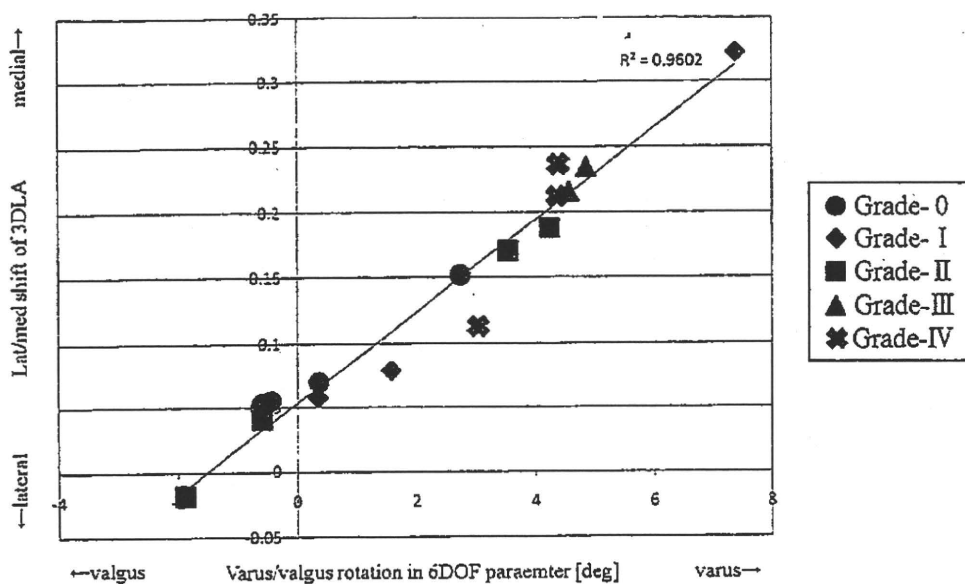


図3. Relationship between Varus/valgus rotation and Lat/med shift of 3-DLA.

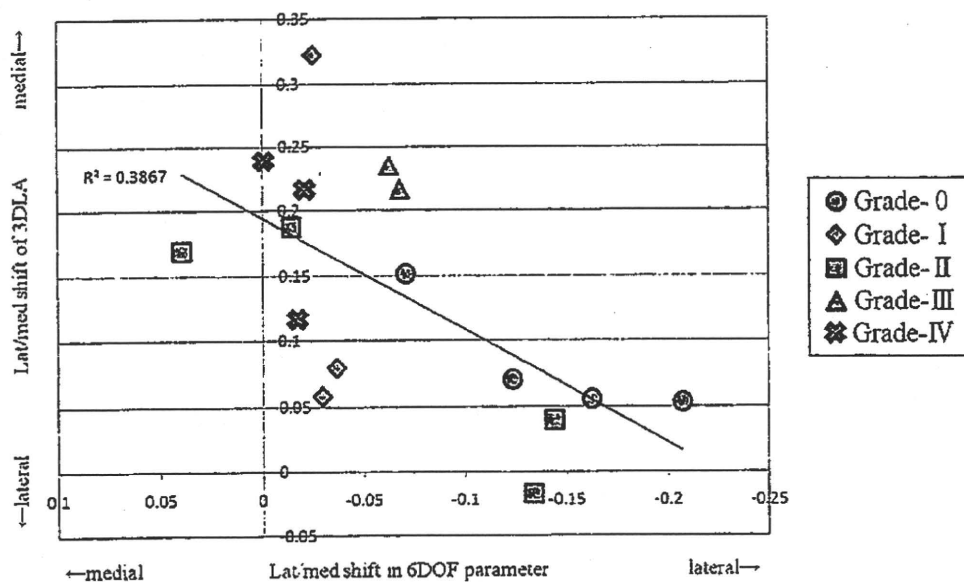


図4. Relationship between Lat/med translation and Lat/med shift of 3-DLA.

thrustと下肢荷重線の関連性については渉猟し  
えたかぎりではこれまで報告されていない。

本研究の結果から, lateral thrustに関連する  
運動成分は内外反運動と内外側移動が考えら  
れ, 3次元下肢荷重線の側方移動との関連性は  
内外反運動が高い相関性を示した。このことは,  
Kogaらの述べたようにlateral thrustの主な運  
動成分は立脚初期の急激な内反運動であり, こ  
のときに生ずる荷重線の側方移動に伴いせん断

力を含めた荷重負荷が生じると考えられ, それ  
により半月板の変性断裂や軟骨摩耗を引き起こ  
すと推察される。

今後は, 症例数を増やして各膝OA grade別  
の特徴を詳細に検討すること, さらに, 3次元  
荷重線の側方移動に伴う膝関節内の力学環境の  
変化についても接触点解析を含めて検討する必  
要があると考えられる。

## 結 論

歩行時のlateral thrustに伴う下肢荷重線の側方移動は、膝関節の内反運動と関連していることが明らかとなった。

## 文 献

- 1) Andriacchi T. P. Alexander E.J et al. : A point cluster methods for in vivo motion analysis : applied to a study of knee kinematics. *J Biomech Eng* 120-6 : 743-749, 1998.
- 2) Chang A, Hayes K et al. : Thrust during ambulation and the progression of knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 50-12 : 3897-3903, 2004.
- 3) Grood E. S, Suntay W. J : A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions : application to the knee. *J Biomech Eng* 105-2 : 136-144, 1983.
- 4) Kellgren J. H. Lawrence J. S : Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis* 16 : 494-502, 1957.
- 5) 木村太郎, 西野勝敏 他 : 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—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—. *日本臨床バイオメカニクス学会誌* 30 : 487-492, 2009.
- 6) Koga Y : Three-dimensional knee motion analysis for the pathogenesis knee osteoarthritis. *Biomed Mater Eng* 8 : 196-205, 1998.
- 7) Mundermann A, Dyrby CO et al. : Potential strategies to reduce medial compartment loading in patients with knee osteoarthritis of varying severity : reduced walking speed. *Arthritis Rheum* 50-4 : 1172-1178, 2004.
- 8) 大森豪 他 : 変形性膝関節症に対する疫学調査—松代膝検診の検討—. *別冊整形外科* 42 : 7-11, 2002.
- 9) Sato T, Koga Y et al. : Three-dimensional lower extremity alignment assessment system. Application to evaluation of component position after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 19-5 : 620-628, 2004.
- 10) Sato T, Koga Y et al. : Quantitative 3-dimensional analysis of preoperative and postoperative joint lines joint total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 22-4 : 560-568, 2007.

■ 原著

# 膝伸展筋力低下と変形性膝関節症の関連性についての縦断的検討

—筋力は本当に膝 OA と関連したか?—

渡辺博史<sup>1)</sup> 古賀良生<sup>2)</sup> 大森 豪<sup>3)</sup> 遠藤和男<sup>4)</sup>  
岩 崙 徹 治<sup>5)</sup> 縄 田 厚<sup>5)</sup> 穂 丸 舞<sup>5)</sup>

新潟医療センターリハビリテーション科<sup>1)</sup>, 同整形外科<sup>2)</sup>, 新潟大学超域研究機構<sup>3)</sup>,  
新潟医療福祉大学健康科学部<sup>4)</sup>, アルケア株式会社医工学研究所<sup>5)</sup>

**要旨** 住民検診で協力を得られた 533 名を対象とし、変形性膝関節症 (膝 OA) と膝伸展筋力の関連性について 1 年間の縦断的検討をした。1 年間における膝伸展筋力の変化から筋力低下 20% 以上 (低下群) と 20% 未満 (維持群) に分け、膝 OA との関連を X 線の grade 変化で男女別に比較した。女性において筋力低下と膝 OA 発症の関連を認め、短期間での筋力低下が膝 OA 発症に影響することが示唆された。

**Abstract** We performed longitudinal study to find out the relationship between knee osteoarthritis and extensor muscle strength. Five hundred and thirty three cases were assessed OA grade by standing X-ray films and measured their knee extensor muscle strength. Subjects were divided into decreased muscle power group (decreased over 20%) and unchanged group by the change for one year. Result showed the measured knee muscle strength were related to the progression of the grade of osteoarthritis of the knee. Especially in females muscle weakness is highly related to the onset of the knee OA.

**Key words** : 膝伸展筋力 (knee extensor muscle strength), 変形性膝関節症 (osteoarthritis of the knee), 縦断的検討 (longitudinal study)

## はじめに

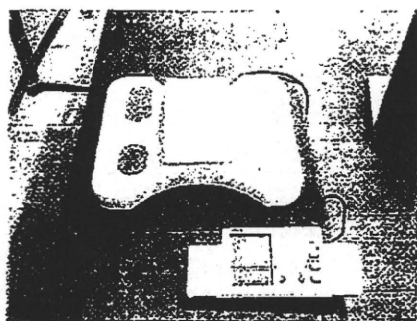
変形性膝関節症 (以下膝 OA) 患者と膝伸展筋力低下は、ほぼ共通の所見であり、膝 OA と膝伸展筋力との関連性を指摘する報告は多い<sup>1,6,9)</sup>。Slemenda ら<sup>10)</sup> は横断調査にて、

膝 OA の女性では膝伸展筋力が対照群と比べて 15 ~ 18% 低いと述べている。われわれも過去の疫学的研究から女性では肥満や加齢の影響を除外しても膝 OA と膝伸展筋力との関連を認めた<sup>11)</sup>。しかし、膝伸展筋力低下が膝 OA 発症および進行の原因であるかは明らか

Longitudinal study of relationship between osteoarthritis of the knee and reduce of knee extensor muscle strength  
— Was muscle strength really related to occurrence of osteoarthritis? —

Hiroshi WATANABE, RPT, Yoshio KOGA, MD, Go OMORI, MD, Kazuo ENDO, MD, Tetsuji IWASAKI, Atsushi NAWATA and Mai AKIMARU

連絡先: 〒950-2022 新潟市西区小針 3-27-11 新潟医療センターリハビリテーション科 渡辺博史 電話 025-232-0111



簡易筋力測定器



測定肢位：膝屈曲 30°長坐位

図1 膝伸展筋力測定

骨盤帯と下腿遠位部を非収縮性バンドで固定して、膝伸展運動させた際の膝窩部に発生する力を測定した。

にされていない。今回、膝伸展筋力低下を縦断的に検討し、若干の知見を得たので報告する。

## 対象

新潟県十日町市松代地区で行った住民膝検診を2006年、2007年の両方とも受診し協力を得られた533名で、検討項目が2回とも揃っている者を対象とした。性別の内訳は女性330名(27～87歳、平均 $68.5 \pm 10.4$ 歳)、男性203名(29～86歳、平均 $69.5 \pm 11.3$ 歳)であった。

## 方法

対象者全員に対し膝伸展筋力測定と立位膝関節前後X線撮影(以下X線)を行った。

表1 膝OA病期分類

OA grade	裂隙狭小化	骨棘形成等
Grade 0	(-)	(-)
Grade I	(-)	(+)
Grade II	<1/2	(+)
Grade III	>1/2	(+)
Grade IV	閉鎖	(+)

K-L分類で5段階評価とし同一の医師が判定した。

筋力測定は、われわれが開発した簡易筋力測定器<sup>8)</sup>を使用し右側を対象とした。筋力測定の肢位は、膝屈曲約30°の長坐位で膝窩部に測定器を設置し、骨盤帯と下腿遠位部を非収縮性バンドで固定した。筋力はこの肢位で対象者が膝伸展運動を行った際、膝窩部で測定器を押し付ける力を5秒間計測し、その最大値を膝伸展筋力の測定値とした(図1)。膝OA病期評価は、整形外科医1名が過去の判定を参考にしないでを行い、X線像からKellgren-Lawrence分類(表1)<sup>4)</sup>で5段階とし、grade II以上を膝OAとした。

## 検討内容

### 1. gradeの変化

2006年時grade 0, Iであった者のうち2007年時もgrade 0, Iであった者を非OA群、II以上に変化した者を発症群、2006年時grade II以上であった者のうち2007年時II以上で変化のない者を非進行群、III以上に変化した者を進行群の4群に分け、男女間での膝OA発症率、進行率を比較した。

### 2. 膝伸展筋力の変化

2006年に対する2007年の筋力の割合を算出し、筋力低下が20%以上の者を低下群、20%未満の者を維持群の2群に分け、男女間で低下群の割合を比較した。

表2 grade 変化群別身体的特徴

女性						
	非 OA 群 (137 名)	発症群 (40 名)	有意差	非進行群 (126 名)	進行群 (27 名)	有意差
年齢 (歳)	62.7±11.5	71.3±6.9	*	72.8±7.2	74.1±6.6	ns
身長 06 年 (cm)	149.1±7.0	145.9±6.5	* (ns)	146.6±6.3	144.1±5.5	ns
07 年 (cm)	148.8±7.1	145.3±6.7	* (ns)	146.2±6.4	143.5±5.8	ns
体重 06 年 (kg)	47.8±7.7	47.5±7.3	ns	50.6±8.4	47.7±8.3	ns
07 年 (kg)	48.0±7.8	47.4±7.3	ns	50.5±8.6	47.8±8.6	ns
BMI 06 年 (kg/m <sup>2</sup> )	21.4±2.8	22.3±2.9	ns	23.4±2.9	22.9±3.0	ns
07 年 (kg/m <sup>2</sup> )	21.6±2.9	22.4±2.8	ns	23.5±3.0	23.1±3.1	ns
膝伸展筋力 06 年 (kg)	29.2±11.4	27.2±8.7	ns	24.8±10.1	22.0±10.9	ns
07 年 (kg)	33.1±10.9	27.5±11.7	* (*)	26.6±9.3	25.7±10.9	ns
男性						
	非 OA 群 (114 名)	発症群 (17 名)	有意差	非進行群 (68 名)	進行群 (4 名)	有意差
年齢 (歳)	64.7±12.2	74.8±4.9	*	75.9±6.2	75.5±10.5	ns
身長 06 年 (cm)	161.2±6.6	155.9±6.0	* (ns)	158.2±4.7	157.9±3.1	ns
07 年 (cm)	160.9±6.5	155.5±6.2	* (*)	157.8±4.8	158.1±2.9	ns
体重 06 年 (kg)	57.8±8.8	54.4±11.1	ns	56.7±7.9	53.6±5.8	ns
07 年 (kg)	58.2±9.0	53.4±11.3	ns	56.9±8.2	54.1±5.0	ns
BMI 06 年 (kg/m <sup>2</sup> )	22.2±2.5	22.3±3.8	ns	22.6±2.7	21.5±1.5	ns
07 年 (kg/m <sup>2</sup> )	22.4±2.7	22.0±3.7	ns	22.8±2.8	21.6±1.4	ns
膝伸展筋力 06 年 (kg)	39.3±14.5	27.4±13.1	* (*)	31.3±11.6	29.1±15.4	ns
07 年 (kg)	42.3±15.4	29.3±12.3	* (ns)	34.6±12.6	36.0±7.7	ns

\* : p<0.05, ns: not significant. ( ) 内: 年齢の影響を考慮した場合の結果. 男女とも非 OA・発症間で差を認め、発症群は年齢が高く、身長が低く、膝伸展筋力が小さかった。非進行・進行群間では有意差を認めなかった。

### 3. 膝伸展筋力低下と膝 OA との関連

男女別に低下群と維持群の 2 群間での grade 別割合および膝 OA 発症率、進行率を比較した。

#### 1) 統計学的手法

筋力低下のカットオフ値 (20%) は ROC 曲線 (受診者動作特性曲線) から求めた。

解析は統計ソフト HALWIN version 6 を使用し、男女間の比較では  $\chi^2$  検定を、群間の比較では Mann-Whitney の U 検定を行った。また低下群・維持群間での膝 OA 発症率の比較では、多変量解析の多重ロジスティックモデルを用い、説明変数を筋力変化と年齢にし

て検定を行った。有意水準は 5% 未満とした。

#### 2) 倫理規定

本研究はすべての対象者に研究の趣旨を十分に説明し同意を得たうえ、新潟大学医歯学総合病院倫理委員会の承認を受けて行った。

## 結果

### 1. 身体的特徴

grade 変化群別に対象者の特徴を表 2 に示す。男女とも非 OA・発症群間で年齢、身長、膝伸展筋力に差を認め、発症群が年齢では有意に高く、身長では有意に低く、膝伸展筋力では有意に小さい結果であった。体重、BMI

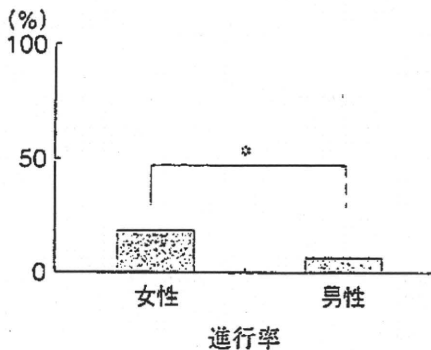
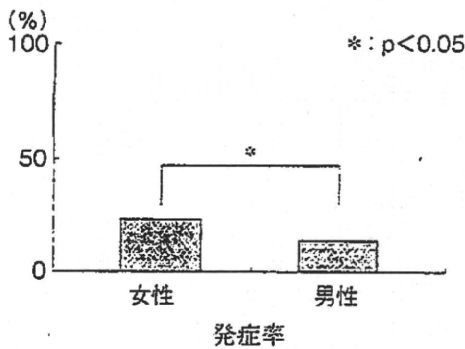
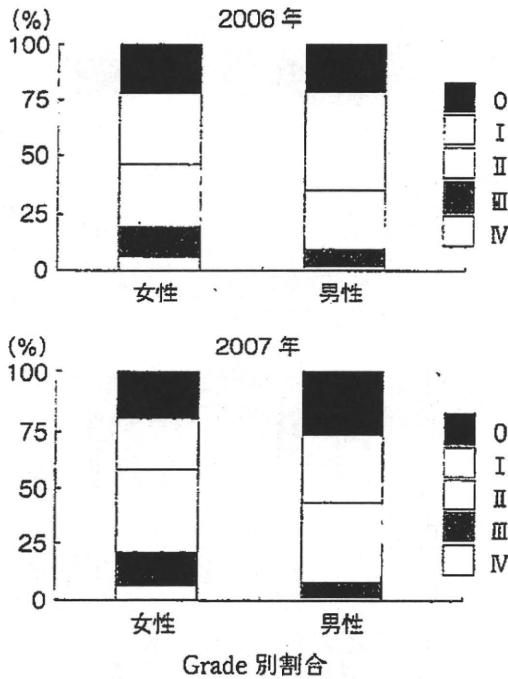


図2 1年間における grade 変化 grade 別割合は男女とも同様の傾向で、膝 OA 発症率、進行率では女性のほうが有意に高い結果であった。

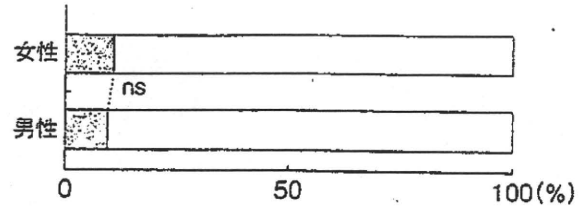


図3 1年間における膝伸展筋力の変化 低下群の割合は性別に関係なく 10%前後であった。 ns: not significant. 低下群: 女性 37 名 (69.3 ± 9.6 歳), 男性 20 名 (72.1 ± 8.7 歳), 維持群: 女性 293 名 (68.4 ± 10.5 歳), 男性 183 名 (69.2 ± 11.6 歳)

については有意差を認めなかった。また非進行・進行群間では、すべてにおいて有意差を認めなかった。

2. 1年間における grade 変化

grade 別割合は男女とも同様の傾向を示し、2006年では grade I、2007年では grade II が最も高い割合であった。膝 OA 発症率、進行率では男女間で差を認め、女性が有意に高い結果であった (図 2)。

3. 1年間における膝伸展筋力低下

男女とも筋力低下群と維持群間で年齢の有意差は認めなかった。また低下群の割合は、女性 11.2%、男性 9.9%で、男女間での有意差を認めなかった (図 3)。

4. 膝伸展筋力低下と膝 OA との関連

grade 別割合は男女とも 2006年および 2007年において筋力低下群と維持群間で有意差を認めなかった (図 4)。

発症率は、男性では低下群 16.7%、維持群 12.6%で有意差を認めなかったが、女性では低下群 40.9%、維持群 20%で差を認め、低下群が有意に高い膝 OA 発症率を示した (図 5)。

進行率は、男性では低下群 0%、維持群 6.3%、女性では低下群 13.3%、維持群 18.1%で、男女とも低下群と維持群間での有意差を認めなかった (図 5)。

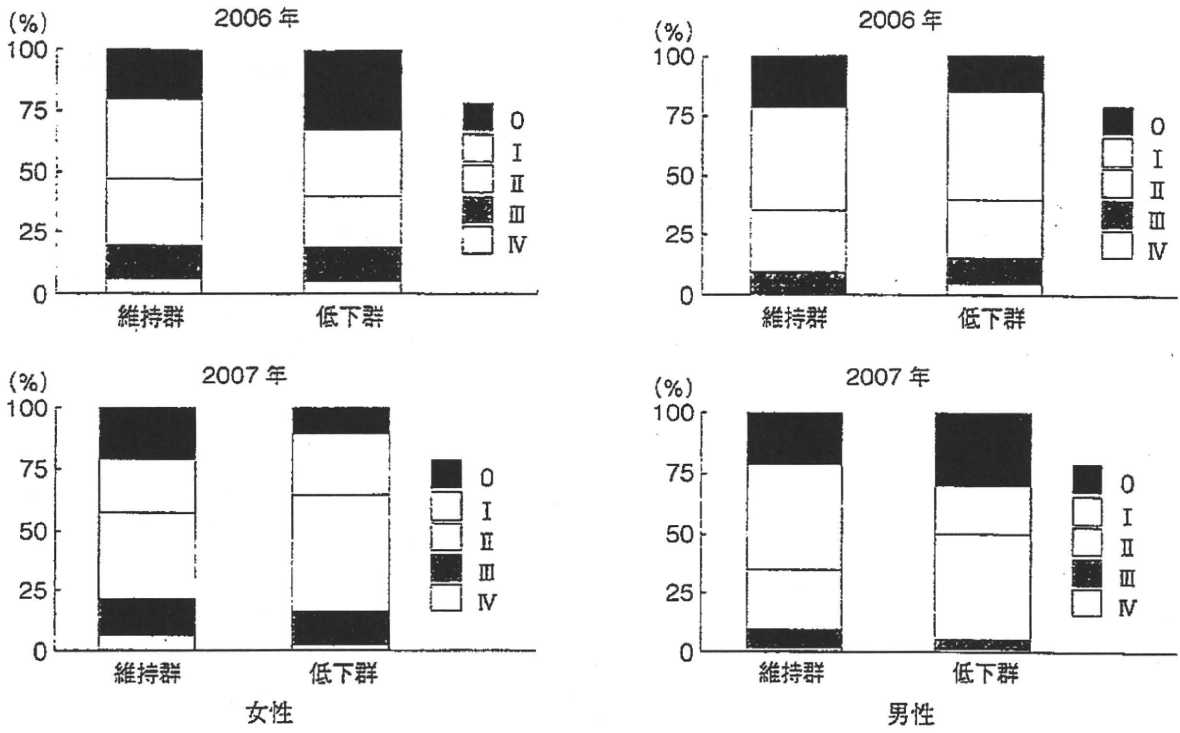


図4 膝伸展筋力低下と grade 別割合  
男女とも 2006 年および 2007 年において低下・維持群間で有意差を認めなかった。

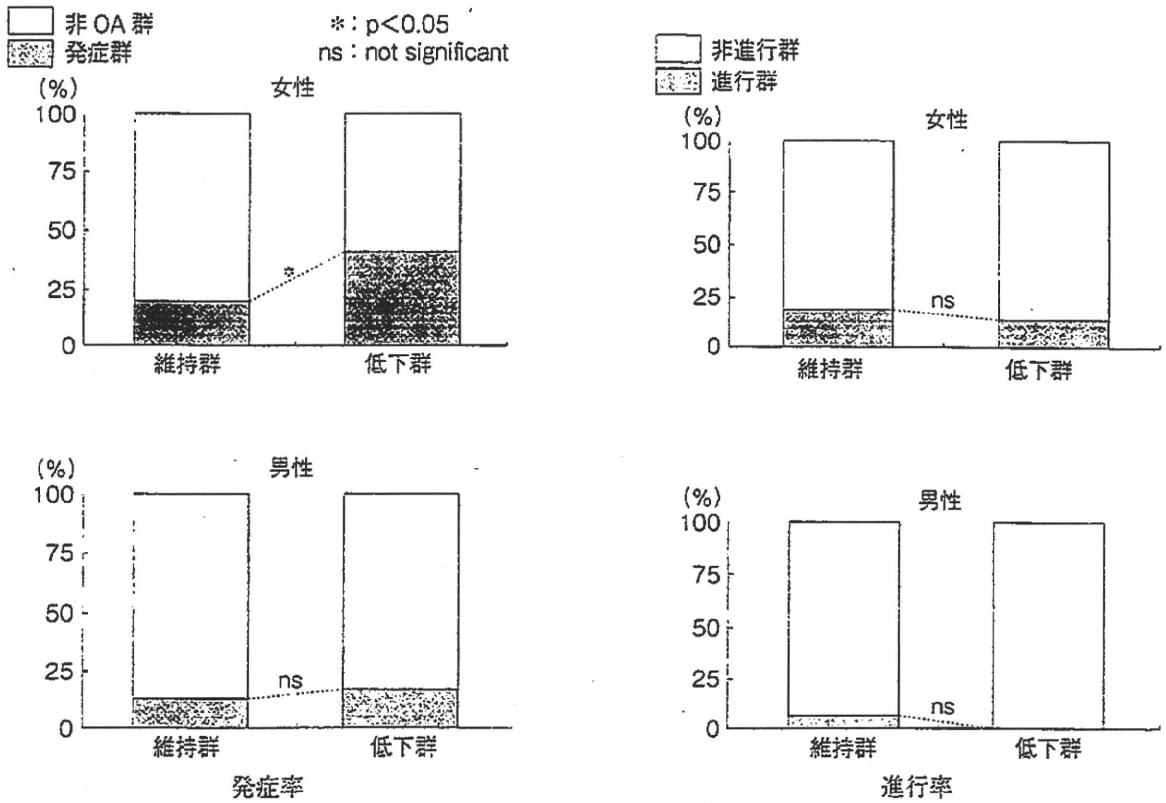


図5 膝伸展筋力低下と膝 OA 発症率・進行率  
発症率では女性の低下群が有意に高かった。進行率では男女とも低下・維持群間で差を認めなかった。

## 考 察

われわれは7年間の縦断的検討で、膝 OA の発症率、進行率は女性において高く、女性の膝 OA 発症・進行因子として thrust の所見が重要と報告した<sup>3)</sup>。今回、1年間という短期間の縦断的検討でも、膝 OA の発症率、進行率ともに女性が男性よりも有意に高い値を示した。一般に加齢に伴い筋力は低下するとされ、60歳以降で顕著になるといわれている<sup>2,5)</sup>。また1年間の低下率は0.6~1.0%であると報告されている<sup>7)</sup>。今回1年間の変化で筋力低下が20%以上あった者の割合は男女とも10%前後であり、高齢者でも1年間という短期間では筋力低下する者が少ないことが示された。しかし、膝伸展筋力低下と膝 OA との関連では、女性において筋力低下群が膝 OA 発症に関与することを認め、短期間での筋力低下と膝 OA 発症との関連が示唆された。このことから加齢以外に筋力低下を起こす原因として疼痛や thrust などの個別要因の存在が考えられた。そして高齢者の膝 OA 発症予防において理学療法では、筋力維持・強化とともに筋力低下の要因を明確にすることが重要と考える。

## まとめ

1. 膝伸展筋力低下と膝 OA との関連を縦断的に検討するため、1年間の grade 変化および膝伸展筋力の変化を検討した。
2. 膝伸展筋力の変化から低下群・維持群の2群に分け、膝 OA 発症・進行との関連を検討した。
3. 女性のみ低下群が膝 OA 発症との関連

を認め、膝伸展筋力の重要性が再認識された。

4. 膝 OA 発症予防には、膝伸展筋力低下を起こす要因を明確にし、理学療法を行うことが重要と確認された。

## 文 献

- 1) Brown M. et al: The relationship of strength to function in the older adults. *J Geriatr*. 50A: 55-59, 1995.
- 2) Calmeis P. et al: Cross-sectional study of muscle strength and bone mineral density in a population of 106 women between the ages of 44 and 87 years: relationship with age and menopause. *Eur J Appl physiol*. 70: 180-186, 1995.
- 3) 浜辺政晴ほか：変形性膝関節症と lateral thrust との関連. *理学療法学* 36(Suppl 2) : P3-465, 2009.
- 4) Kellgren JH. et al: Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 16: 494-501, 1957.
- 5) Larsson L.: Morphological and functional characteristics of the aging skeletal muscle in man. *Acta Physiol Scand suppl*. 457: 1-36, 1978.
- 6) Lord SR. et al: Physiological factors associated with falls in older community-dwelling women. *J Am Geriatr Soc*. 42: 1110-1117, 1994.
- 7) Murray MP. et al: Age-related differences in knee muscle strength in normal women. *J Gerontol*. 40: 275-280, 1985.
- 8) 縄田 厚ほか：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 : 279-284, 2008.
- 9) Slemenda C. et al: Quadriceps weakness and osteoarthritis the knee. *Ann Intern*. 127: 97-104, 1997.
- 10) Slemenda C. et al: Reduced quadriceps strength relative to body weight: a risk factor for knee osteoarthritis in women? *Arthritis Rheum*. 41: 1951-1959, 1998.
- 11) 渡辺博史ほか：膝伸展筋力の加齢変化と変形性膝関節症との関連. *運動・物理療法* 18 : 236-291, 2007.



## 高齢者への健康管理

大森 豪 新潟大学超越研究機構

### 整形外科医としての役割

#### ◆ 仕事内容

わが国は世界一の長寿国であり、2009年現在の平均寿命は男性が79.3歳、女性は86.1歳となっている。さらに、高齢化率は22%を超え、実に人口の5人に1人が65歳以上の高齢者という現実を迎えている<sup>1)</sup>。このような社会において、近年、健康寿命の獲得やQOLの維持に対する高齢者の関心が高まり、いわゆる健康スポーツの普及が著しく加速している。しかし、人間の身体機能は加齢により確実に低下し、高齢者が若年期、壮年期の人と同様な環境で運動を行うことには危険を伴う場合も多い。

この点から考えると高齢者の運動に対するスポーツ整形外科医の果たすべき役割としては、

- ①整形外科的・内科的メディカルチェックを行いスポーツ参加者の詳細な健康状態を把握すること
- ②各種目の強度と特性を理解し、参加者の健康状態を加味して適切な運動内容について助言できること
- ③高齢者に特有なスポーツ傷害について理解し、傷害発生予防と早期発見・治療に努めること

の3点に集約されると考えられる。

#### ◆ 仕事上の注意点

##### ① 加齢による身体機能の変化とメディカルチェックの注意点

加齢に伴う身体機能は40歳以降徐々に低下する。内臓機能は、30歳を基準とした場合60歳代で心機能、肺活量、腎機能は20～30%、神経伝導速度、基礎代謝量は10%程度低下するといわれている<sup>2)</sup>(図1)。

一方、運動機能としての筋力や持久力、瞬発力や平衡機能も低下し、20歳代を基準とした場合60歳代で筋力は20～30%、平衡機能に至っては60～70%も低下する<sup>3)</sup>(図2)。

図1 年代別の身体機能残存率

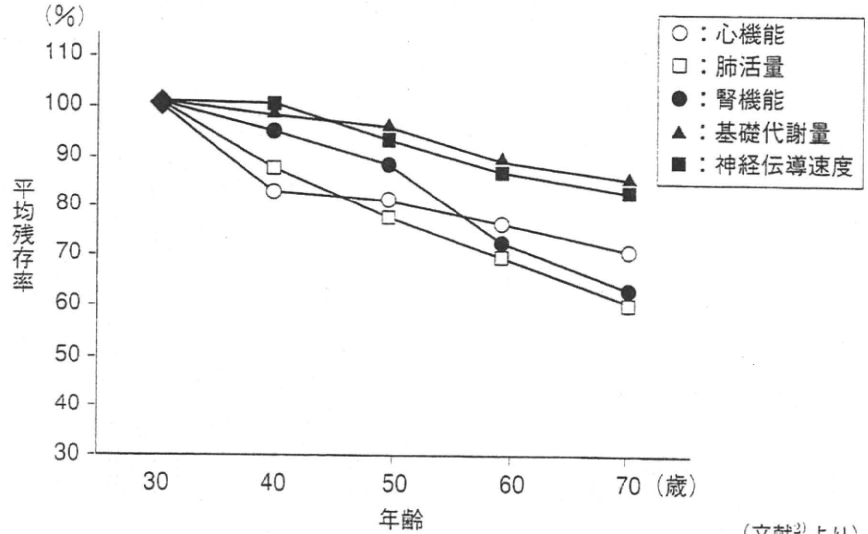
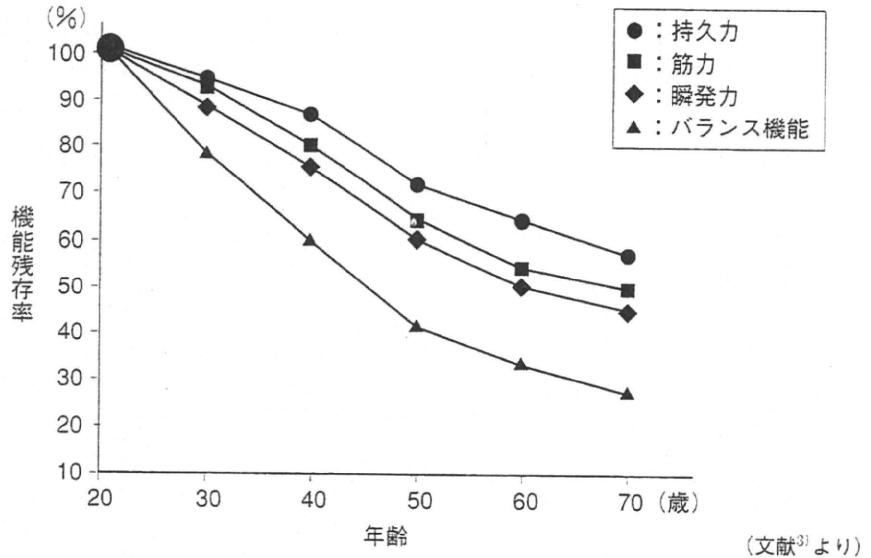


図2 年代別の運動機能の残存率



このような身体機能の低下は、同時に種々の慢性退行性疾患の発症を増加させ、内臓系では高血圧や虚血性心疾患、糖尿病、高脂血症、脳血管疾患が増加し、運動器においても骨粗鬆症や変形性関節症が増加する。とくに、運動機能に大きく影響する変形性膝関節症(膝OA)について著者らが長期に行ってきた疫学調査では、40歳以降発症率が増加し、60歳以降では女性の60%、男性の40%以上がX線上膝OAと診断されることが示されている<sup>4)</sup>(図3)。また、吉村ら<sup>5)</sup>は日本における大規模コホートの調査において、変形性腰椎症の発生率が60%以上に上ることを報告している。

したがって、高齢者に対する運動前のメディカルチェックは、通常の運動選手に行われる内容ではなく高齢者の身体機能の低下およびそれに伴う運動時のリスクをある程度スクリーニングできる内容が必要となる。さらに、整形外科、内科

図3 内側型膝OAの年代別有病率

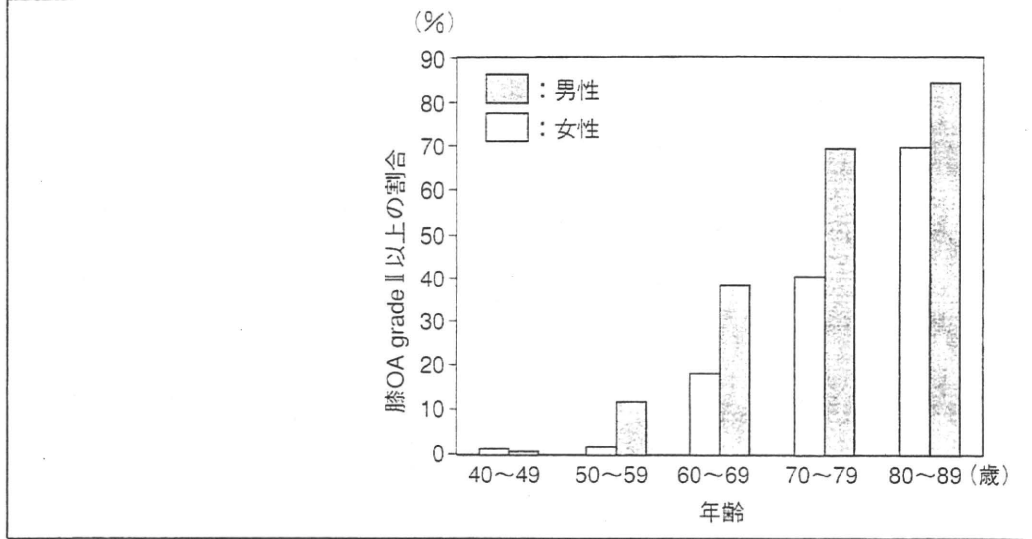


表1 メディカルチェックの内容例

	整形外科的メディカルチェック	内科的メディカルチェック
	関節可動域 (肩, 肘, 手関節, 股, 膝, 足関節)	血液検査(一般検血, 肝機能, 尿酸, コレステロール, 尿酸, BUN, 値, CPK, CRP, 血糖, 電解質など)
	神経学的検査 (四肢筋力, 反射, 知覚, 間欠跛行)	尿検査 (蛋白, 糖, ウロビリノーゲン, 潜血)
	タイトネス (体幹前屈, 大腿四頭筋, ハムストリング)	血圧, 脈拍, 腹部・心肺聴診, 四肢動脈触知
	関節X線 (問診および診察にて異常がみられた場合)	心電図 (心エコー)
	骨密度(とくに女性)	胸部X線, 呼吸機能

\*生活状況(歩行状態, 食事状態, 精神状態)や病歴について十分に問診を行い, 必要があれば精査もしくは専門医の診察を依頼する。

とも既往疾患や現疾患についての十分な問診を行い, 必要があれば専門医の診察を依頼する(表1)。

### ●高齢者に推奨される運動の目安と各種目の運動強度

一般的に中高年者の健康運動の目安としては, 有酸素性の運動で頻度は週2~3回以上, 運動強度は最大運動強度「最大心拍数: 220-年齢」の40~70%, 1回の運動時間は30~60分といわれている。しかし, 65歳以上の高齢者の場合, 既述した身体機能の低下や合併疾患の影響および個人差を十分に考慮したうえで運動の頻度と強度, 1回の運動時間を決定すべきである。

具体的な種目としては, 運動強度の軽いウォーキング, ジョギング, ゲートボール, 水中運動, 体操, ストレッチ, エアロビクス, 自転車, ゴルフ, ボールエクササイズなどが推奨されているが, 特定の種目に限定する必要はなく, それぞれの種目特性と運動強度を認識したうえで, 個々の身体機能とライフスタイルにあったものを継続して行うことが望ましい。

## 注意すべき高齢者のスポーツ傷害

### 運動器

#### ○ overuseによる筋、腱、靭帯炎

overuseによる障害はどの年代でも生じるが、高齢者では筋力低下や腱、靭帯の柔軟性低下によりoveruseに対する閾値が低下しており、本人が使いすぎと自覚しない程度の運動量で症状を出すことが多い。

部位は下肢に多く、ウォーキングやジョギングによる足底腱膜炎、アキレス腱炎、腸脛靭帯炎、内側側副靭帯炎などがみられ、上肢ではテニスやゴルフによる肩関節周囲炎や上腕骨外上顆炎がみられる。

これらの多くは、運動前のストレッチなどによって発症を予防できるため、高齢者の場合ウォーミングアップに十分な時間を割くことが大切である。

#### ○ 骨折・疲労骨折

高齢者では転倒により大腿骨頸部骨折や大腿骨顆上骨折、橈骨遠位端骨折が多発するが、高齢者のスポーツ現場ではこれらの部位以外にも比較的軽微な外力で骨折が発生する。また、従来10～20歳代のスポーツ選手に主に発症していた疲労骨折も、近年、中高年者のスポーツ愛好者に増加傾向がみられる。とくに、著者らはジョギングに伴う下肢の疲労骨折(大腿骨、脛骨、腓骨、踵骨、中足骨など)を経験しており、高齢者の女性で骨粗鬆症がある場合は注意が必要である(図4)。

#### ○ OA

高齢者にとって運動による関節への負荷はプラスとマイナス両方の効果をもっており、関節の変形の程度によって影響が異なる。膝OAでは、X線上のKellgren-Lawrence分類(図5)でgrade 0～Ⅱまでは膝OAがないか、もしくは軽度のため自分の体力に見合った適度な運動は、筋力強化や骨質の維持も含めて関節にとってはプラスの要素が強い。これに対してgradeⅢ、Ⅳでは中等度～高度の関節変形がみられ、日常動作においても膝痛がみられることが多い。このような状態での運動は、膝OAの症状を増悪とともに、本症を進行させる危険性が高い。

図4 踵骨疲労骨折例

66歳、女性。ジョギング愛好家。

a：2006年6月のX線像。

b：2006年7月のX線像。

丸印の中は、疲労骨折部が治癒傾向となり、骨硬化を示している部分である。

