



内側型変形性膝関節症患者の歩行分析に関する研究

小村, 孝
津村, 暢宏
黒坂, 昌弘

(Citation)

神戸大学医学部紀要, 61(4):89-94

(Issue Date)

2001-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00044700>



内側型変形性膝関節症患者の歩行分析に関する研究

小村 孝¹⁾, 津村 暢 宏²⁾, 黒坂 昌 弘¹⁾

1) 神戸大学医学部整形外科

2) 兵庫県立総合リハビリテーションセンター中央病院整形外科

連絡先: 小村 孝
三田市民病院 整形外科
三田市けやき台3-1-1

TEL: (0795)65-8000, FAX: (0795)65-8017

(平成12年12月1日受付)

【要 約】

内側型変形性膝関節症患者 (膝OA) にみられる lateral thrust を定量評価する目的で若年健常者10例, 高齢健常者23例, 膝OA患者41例 (進行期OA28例, 末期OA13例) の歩行分析を行った。歩行分析には赤外線反射マーカーの反射光を撮影する ELITE SYSTEM と床反力計を用い, これらを同期させて分析した。身体表面につけたマーカーの空間座標を計測し, 歩行速度, 歩調, 膝の側方移動距離を検討した。高齢健常者は若年健常者に比較して歩行速度は小さく, 膝の側方移動距離は大きかった。高齢健常者と進行期OAでは歩行に有意な差はなく末期OAになると歩行速度, 歩調が小さくなり, 膝の側方移動距離は大きくなった。膝の側方移動距離の測定は身体全体の側方動揺を反映している可能性があるが, 臨床的に認められる lateral thrust を定量化するパラメーターとして有用であった。また, 膝OA患者に外側楔状足底板を装着すると, 進行期OA, 末期OAともに歩行速度, 歩調に変化はみられず, 膝の側方移動距離が減少し ($p < 0.01$), 膝OAの保存的治療の有効性を示唆するものであった。

【緒 言】

内側型変形性膝関節症 (以下, 膝OAと略す) は日常よくみられる疾患であり, その病期の進行とともに次第に内反膝変形をきたし, 歩行時に膝関節の外側への横揺れを生じるようになる。この現象は lateral thrust として知られているが, 定量的に分析した報告は少ない。本研究の目的は臨床的にみられる lateral thrust を定量的に評価し, 更に膝OAの保存的治療と

して用いられる外側楔状足底板の効果を評価することである。

【方 法】

1. 対象

兵庫県立総合リハビリテーションセンター中央病院に入院, または通院中の両側膝OA患者41例82膝関節を対象とした。性別は男性5例, 女性36例で, 年齢は57歳から81歳, 平均 67.0 ± 6.6 歳であった。82膝関節を単純レントゲン所見により, 腰野の分類¹⁾に従って Grade 1 ~ 5 に分類すると, Grade 2 が32膝, Grade 3 が33膝, Grade 4 が14膝, Grade 5 が3膝であった。両膝が Grade 2 または Grade 3 に属する症例を進行期OA群, 少なくとも一側が Grade 4 または Grade 5 に属する症例を末期OA群とすると, 進行期OA群は28例, 末期OA群は13例であった。

対照群として22歳~33歳 (平均 27.4 ± 5.2 歳) の健常男性, 10例20膝について歩行分析を行い若年健常者群とした。さらに, 膝に何ら愁訴がなく, 単純レントゲン写真にても異常を認めない高齢の志願者23例46膝 (男性3例, 女性20例, 平均年齢 67.5 ± 5.1 歳) についても歩行分析を行い高齢健常者群とした。

2. 測定装置および測定方法

歩行分析には兵庫県立総合リハビリテーションセンター内の運動分析室を使用し, 歩行分析システムは ELITE SYSTEM (BTS社製, Version 5.4)²⁾ 2基の床反力計 (Kistler社製, z13126), 及びパーソナルコンピュータ (Olivetti社製, 484modulo) から構成した。ELITE SYSTEMは4台の赤外線ストロボ付きテレビカメラ, テレビモニター, 及び MOTION ELITE 本体から構成されている。室内に長さ10mの

Key Words : osteoarthritis of the knee, gait analysis, lateral thrust, laterally wedged insole

歩行路を設定し、歩行路の中央床面には60×120cmの床反力計を2基、左右の足で踏み分けられるように設置した。4台の赤外線ストロボ付きテレビカメラは歩行路の左右の壁に2台ずつ設置した(図1)³⁾。被験者は身体の外側体表面、すなわち両側の耳介直下、肩峰、大転子、膝関節外側、足関節外果の10箇所直径9mmの半球状の赤外線反射マーカをつけて歩行路を歩く。この間、壁面に固定された赤外線カメラから、1秒間に50回の割合でストロボ光が発射され被験者に着けたマーカでの反射光を撮影する。4台のカメラから送られた画像データをMOTION ELITEで処理し各マーカの空間座標(x,y,z)が計算されるシステムである。空間座標の原点は床反力計の中央に設定し歩行の進行方向をX軸の正方向、頭方向をY軸の正方向、進行方向に向かって右向きをZ軸の正方向とした。ELITE SYSTEMから得られる空間座標計のデータと、床反力計から得られる運動力学データをパーソナルコンピュータで同期させ解析した。サンプリング周波数は50Hzとした。

3. 分析項目

1) 歩行速度

OA患者の右耳介直下につけたマーカのX座標の時間変化を図2に示す。グラフはほぼ直線となり、この傾きを歩行速度(cm/sec)とした。

2) 歩調

1分間の歩数を計算した。片側の踵接地から次の踵接地までの時間(A秒)を床反力計から読み取り2×60/A(歩/分)で計算した。

3) 膝の側方移動距離

図3はOA患者の右膝外側につけたマーカのZ座標の時間変化を表している。踵接地の時点での座標をZ₀、立脚期前半での最大値をZ_mとしZ_m-Z₀で得られる値の絶対値を膝の側方移動距離(mm)とした。

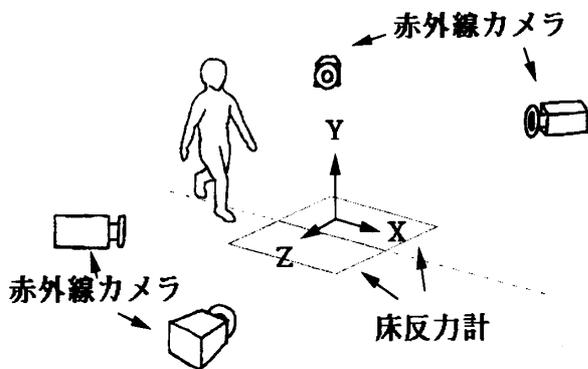


図1：歩行分析システムの概観

歩行路の中央に床反力計2基を設置し、左右の壁に2台ずつの赤外線ストロボ付きテレビカメラを設置した。

4. 分析方法及び統計学的検討

被験者は歩行路をスムーズに歩けるよう十分に練習した後、自由歩行での計測を5度行い、前項の分析項目はその平均値を計算した。OA群については基部高10mmの外側楔状足底板装着での歩行も5度計測し、その平均値を求め、自由歩行との比較により足底板の効果の評価した。

若年健常者群、高齢健常者群、進行期OA群、及び末期OA群の4群間で歩行速度、歩調、膝の側方移動距離の平均値の差の統計学的検討には一元配置分散分析法を用い、危険率5%以下で統計学的有意差ありと判定した。また、外側楔状足底板使用による歩行速度、歩調、膝の側方移動距離の変化についてはpaired t-testを用い、危険率5%以下で統計学的有意差ありと判定した。

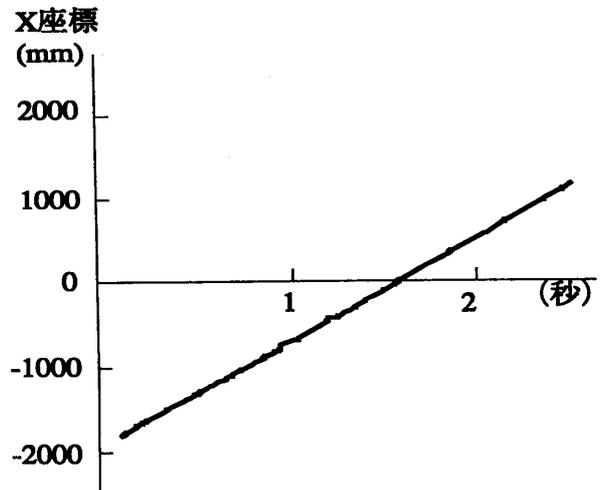


図2：歩行速度の計測

右耳介直下につけたマーカのx座標の時間変化を示す。グラフの傾きが歩行速度を示す。

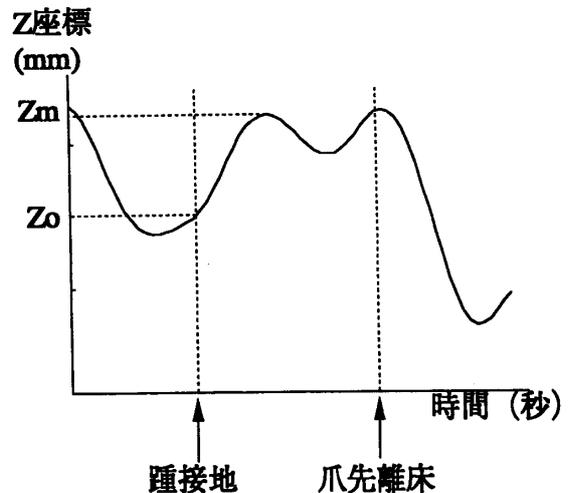


図3：膝の側方移動距離の計測

右膝外側につけたマーカのZ座標の時間変化を示す。Z_m-Z₀で得られる値の絶対値を膝の側方移動距離とした。

【結 果】

1. 歩行速度 (図4)

若年健常者群の歩行速度は $139.8 \pm 17.9 \text{ cm/s}$ 、高齢健常者群の歩行速度は $98.0 \pm 17.2 \text{ cm/s}$ であった。これに対し進行期OA群は $97.5 \pm 11.6 \text{ cm/s}$ 、末期OA群で $76.1 \pm 18.6 \text{ cm/s}$ 、とOAの進行とともに遅くなっていた。若年健常者群と高齢健常者群及びOA各群の間には統計学的有意差を認めた($p < 0.01$)。また、高齢健常者群と進行期OA群には有意差は認めなかったが、高齢健常者群と末期OA群、及び進行期OA群と末期OA群の間にも統計学的有意差を認めた($p < 0.05$)。

2. 歩調 (図5)

若年健常者群の歩調は 121.2 ± 4.2 歩/分、高齢健常者群では 116.9 ± 12.3 歩/分であった。進行期OA群は 110.0 ± 9.0 歩/分、末期OA群で 103.0 ± 7.1 歩/分とOAの進行とともに歩調は緩徐になっていた。若年健常者群と高齢健常者群には統計学的有意差は認めなかった。若年健常者群と進行期OA群の間には $p < 0.05$ で、若年健常者群と末期OA群の間には $p < 0.01$ で統計学的有意差を認めた。また、高齢健常者群と進行期OA群には統計学的有意差は認められず、高齢健常者群と末期OA群の間には $p < 0.01$ で、進行期OA群と末期OA群の間には $p < 0.05$ で統計学的有意差を認めた。

3. 膝の側方移動距離 (図6)

若年健常者の側方移動距離は $13.6 \pm 5.5 \text{ mm}$ 、高齢健常者では $17.8 \pm 6.7 \text{ mm}$ であった。進行期OA群では、 $18.5 \pm 5.6 \text{ mm}$ 、末期OA群では $22.1 \pm 7.7 \text{ mm}$ であった。若年健常者群と高齢健常者群及びOA各群の間には統計学的有意差を認めた($p < 0.05$)。また、高齢健常者群と進行期OA群には統計学的有意差は認められず、高齢健常者群と末期OA群の間、進行期OA群と末期OA群の間には $p < 0.05$ で統計学的有意差を認めた。

4. 足底板の効果 (表1)

外側楔状足底板装着により歩行速度は、進行期OA群では自由歩行時の $97.5 \pm 11.6 \text{ cm/s}$ から $96.6 \pm 11.8 \text{ cm/s}$ へ、末期OA群では $76.1 \pm 18.6 \text{ cm/s}$ から $76.8 \pm 17.5 \text{ cm/s}$ へと変化したが両群とも統計学的有意差はみられなかった。

歩調も同様に、進行期OA群で 110.0 ± 9.0 歩/分から 108.5 ± 9.2 歩/分、末期OA群で 103.0 ± 7.1 歩/分から 104.4 ± 7.8 歩/分へと変化したが、両群とも統計学的有意差はみられなかった。

膝の側方移動距離は自由歩行時と比較して進行期OA群で $18.5 \pm 5.6 \text{ mm}$ から $14.9 \pm 5.5 \text{ mm}$ へ、末期OA群で $22.1 \pm 7.7 \text{ mm}$ から $19.1 \pm 6.7 \text{ mm}$ へ減少した。両群とも $p < 0.01$ で統計学的有意差を認め、足底板装着により膝の側方移動距離が減少した。

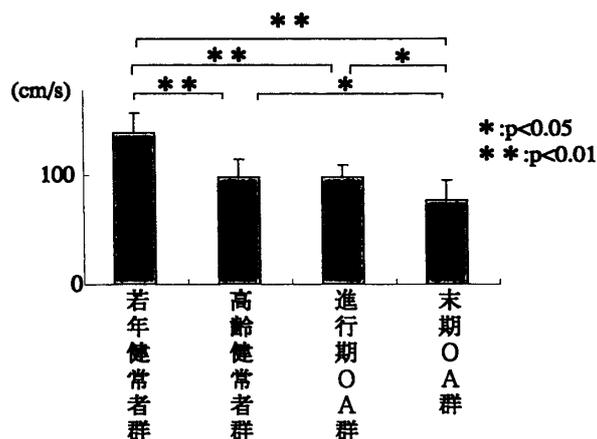


図4：各群の歩行速度の比較

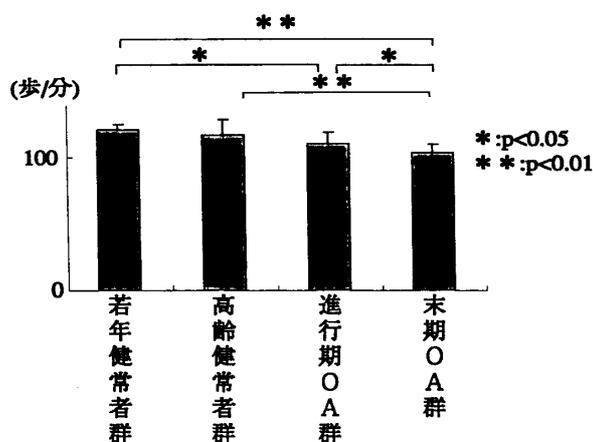


図5：各群の歩調の比較

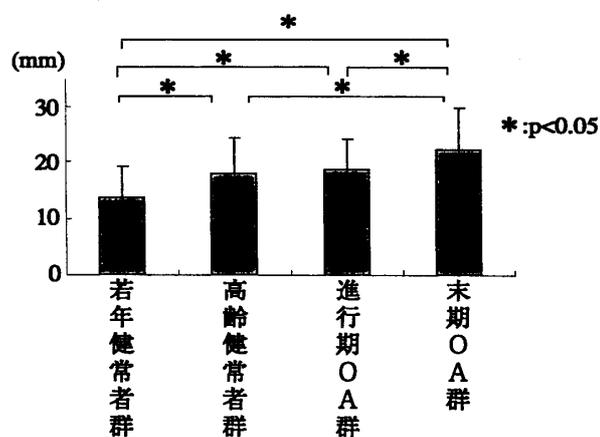


図6：各群の膝の側方移動距離の比較

表1：自由歩行と外側楔状足底板装着の比較

	自由歩行	足底板装着	P value	
進行期OA	歩行速度 (cm/s)	97.5 ± 11.6	96.6 ± 11.8	NS
	歩調 (歩/分)	110.0 ± 9.0	108.5 ± 9.2	NS
	膝の側方移動距離 (mm)	18.5 ± 5.6	14.9 ± 5.5	<0.01
末期OA	歩行速度 (cm/s)	76.1 ± 18.6	76.8 ± 17.5	NS
	歩調 (歩/分)	103.0 ± 7.1	104.4 ± 7.8	NS
	膝の側方移動距離 (mm)	22.1 ± 7.7	19.1 ± 6.7	<0.01

【考 察】

歩行のような運動を分析する場合、運動の状態を分析するkinematicsと運動に関与する力も考えるkineticsがある。kinematicな記録手段として写真撮影法、映画撮影法、ストロボスコープ、ビデオ、電気角度計などがあり、kineticな手段としては筋電図、床反力測定、足痕圧測定、加速度測定などがある⁴⁾。歩行分析の臨床応用としては床反力計が広く普及しており即座に結果をだすことができ有用である。一方、空間座標のような多元的なデータを得た場合、そのデータ量は莫大で、分析に要する労力も多大であり、着目すべきパラメーターの設定が重要となる⁵⁾。本研究では、kinematicな手段として赤外線ストロボスコープを、kineticな手段として床反力計を用い、これらを同期させ記録分析した。被験者は小さな赤外線反射マーカを体表面につけて歩くのみでよく、歩行の妨げとなるような大掛かりな装置や導線は一切使用していないため、より自然な歩行の分析が可能となった。膝OA患者にみられるlateral thrustは、肉眼による定性的な評価は行われてきたが定量的な評価を行った報告は少ない。可能な限り自然な歩行を再現しながら動揺性を定量的に評価することが可能か？との見地から本研究では一般的な時間・距離因子⁶⁾である歩行速度、歩調とともに、膝につけたマーカの前額面での動きに注目し、踵接地から立脚中期にかけてのその移動距離を測定することを試みた⁷⁾。

今回の研究で高齢健常者は若年健常者に比べ、歩調は差がなかったが歩行速度は小さく、膝の側方移動距離が大きくなった。徳田⁸⁾は高齢者では、関節可動域の減少とバランス能力の低下による姿勢調節能の低下を最小限に留めるべく歩行の特徴が変化すると述べており、若年健常者に比べ歩行速度、歩調、ステップ長は小さく、立脚期、両脚支持期が長くなることを示した。膝の側方動揺についての考察はされていないが、高齢健常者ではバランスを保つために身体全体の横揺れが大きくなり、膝の側方移動距離はこれを反映しているため若年健常者に比し大きくなったと考える。

膝OA患者の歩行分析については、床反力計を用いた分析は多数報告されてきたが^{9),10),11)}、lateral thrustを分析した報告は少ない。石井ら¹²⁾は6自由度電気角度計とCRシステムを用いlateral thrustは、脛骨が立脚期初期に大腿骨に対して内反、外施、内側移動する現象であることを分析し、外側足底板の使用によりthrustがなだらかになると報告している。同時に、ビデオ撮影により、OAのGradeが進行するにつれ歩行速度、歩調が小さくなることも述べている。電気角度

計の重量等には述べられていないが、これらの研究で電気角度計の重量やケーブルが自然な歩行をある程度妨げている可能性がある。また、緒方ら¹³⁾は加速度計を用いて、その波形から膝の側方動揺性の分類を行い、動揺性の大きさを加速度波形のfirst peak値で定量的に評価した。足底板の効果についても外側楔高が増加するに従い外側方向のピーク値が減少すると述べている。しかし、正常膝でも歩行速度の増大とともに加速度のピーク値が増大することも示しており、歩行速度を一定に規制する必要があるとしている。

今回の研究では、若年健常者と比べて高齢健常者では歩行速度が低下しているが、膝の側方移動距離が大きくなっており、加齢により歩行速度は低下し、膝のlateral thrustが大きくなる事が分った。次に、高齢健常者と進行期OAとの比較では歩行速度、歩調、さらには膝の側方移動距離も差はみられなかった。内側関節裂隙が狭小化または消失する進行期までのOAでは歩行に変化がみられなかった。末期OAでは進行期OAに比較して、歩行速度及び歩調は小さくなっており、これらはビデオ撮影による石井らの報告に一致した。膝OAの進行とlateral thrustとの関係を詳述した報告は過去に見当たらないが、本研究で判明したように末期OAの膝側方移動距離は進行期OAと比較して大きくなっており、OAの進行によりlateral thrustが大きくなると考えられた。以上、lateral thrustは加齢により増大し、OAでは内反の進行が大きな影響を与えていることが判明した。ただ、lateral thrustを大腿骨に対する脛骨の内反ととらえると、膝の側方移動距離はthrustのみならず身体全体の側方動揺の影響を受けている可能性がある事も念頭においておく必要がある。

膝OAに対する外側楔状足底板は本邦で開発された保存的治療法である¹⁴⁾。静的なX線分析ではSasakiら¹⁵⁾は片脚起立時には外側楔状足底板の使用により大腿脛骨角(FTA)は変化せず大腿骨と脛骨の直立化及び踵骨の外反化による下肢機能軸の直立化がおこると述べており、本庄ら¹⁶⁾も同様の見解である。今回の歩行分析では進行期OA、末期OAともに足底板使用により膝の側方移動距離が小さくなり、石井ら、及び緒方らと同様の結果が得られた。さらに足底板の使用で膝の側方移動を減少させるばかりではなく、歩行速度、歩調には変化がみられず、本治療法の膝OAに対する保存的治療としての有用性を示唆する所見であると考えられた。

以上、若年健常者、高齢健常者、及び変形性膝関節症患者の歩行分析を行い、歩行速度、歩調、膝の側方移動距離につき検討した。高齢健常者は若年健常者に比較して歩行は遅くなり、膝の側方移動が大きかった。

膝OAは進行期では歩行に変化がみられないが、末期になると歩行が遅くなり、膝の側方移動は大きくなった。外側楔状足底板の使用により歩行速度は変わらず、また、膝の側方移動は減少した。膝の側方移動距離の測定は膝OAの歩行分析として有用であった。

【謝 辞】

稿を終えるにあたり、御指導ならびに御校閲を賜りました水野耕作教授に深謝いたします。

また、本研究に際し、多大なご協力を頂きました兵庫県立総合リハビリテーションセンター所長、澤村誠志先生、リハビリテーション中央病院院長、藤田久夫先生をはじめ、職員の方々に心から御礼申し上げます。

【文 献】

- 1) 腰野富久：変形性膝関節症の病因、分類と臨床所見。リウマチ, 25:191-203, 1985
- 2) Ferrigno, G., Pedotti, A.: ELITE : Digital Dedicated Hardware System for Movement Analysis Via Real-Time TV Signal Processing. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, BME-32, 11:943-950, 1985
- 3) Komura, T., Tsumura, N., Sawamura, S., Kurosaka, M., Mizuno, K.: Gait Analysis of Patients with Varus Osteoarthritic Knees. Hirasawa, Y., Sledge, C.B., Woo, S.L. ed. Clinical Biomechanics and Related Research, Springer-Verlag, Tokyo ; p392-400, 1994
- 4) 乗松敏晴, 茅野丈二, 藤田雅章, 松坂誠広, 鈴木良平, 浜村明德, 岩永博隆, 張瑞棠：運動分析, 歩行分析。整形外科 MOOK, 42:313-318, 1986
- 5) 小村孝, 津村暢宏, 中川昭夫, 澤村誠志：歩行分析システムとその臨床応用。兵庫県リハセンター紀要, 1:119-122, 1993
- 6) 山崎信寿, 広瀬秀行：時間・距離因子の分析, 臨床歩行分析入門, 土屋和夫, 臨床歩行分析懇談会編, 初版, 医歯薬出版, 東京, P11-23, 1989
- 7) 小村孝, 津村暢宏, 萩野哲也, 澤村誠志, 黒坂昌弘, 水野耕作：内側型変形性膝関節症の歩行分析。臨床バイオメカニクス, 15:387-390, 1994
- 8) 徳田哲男：歩行（基礎から臨床まで）。3. 高齢者の歩行。理・作・療法, 20:347-352, 1986
- 9) Berman, A.T., Zarro, V.J., Bossacco, S.J., Israelite, C.: Quantitative Gait Analysis after Unilateral or Bilateral Total Knee Replacement. J Bone Joint Surg., 69-A:1340-1345, 1987
- 10) Steiner, M.E., Simon, S.R., Pisciotta, J.C.: Early changes in Gait and maximum Knee Torque Following Knee Arthroplasty. Clin Orthop 238:174-182, 1989
- 11) 萩野哲也, 津村暢宏, 黒坂昌弘, 水野耕作：変形性膝関節症患者の歩行分析。リハ医学, 36:188-194, 1999
- 12) 石井卓, 古賀良生, 高橋義徳, 寺島和浩, 原利昭：変形性膝関節症の歩行解析。整形外科バイオメカニクス, 13:143-146, 1991
- 13) 緒方公介, 野見山宏, 安永雅克：加速度計を用いた膝の歩行時側方動揺性(lateral thrust)の評価法。関節外科, 16:320-325, 1997
- 14) 戸祭喜八, 八尾修三, 増田重夫：変形性膝関節症の楔状足底板に依る治療。中部整災誌 18:398-400, 1975
- 15) Sasaki, T., Yasuda, K.: Clinical Evaluation of the Treatment of Osteoarthritic Knees Using a Newly Designed Wedged Insole. Clin Orthop 221:181-187, 1987
- 16) 本庄宏司, 丹羽滋郎, 林一成, 太田元, 森川圭造, 服部友一, 内海繁隆, 山本隆博：変形性膝関節症における動的下肢アライメントについて。中部整災誌 30:691-694, 1987

Gait Analysis of the Patients with Varus Osteoarthritic Knees

Takashi Komura¹⁾, Nobuhiro Tsumura²⁾, Masahiro Kurosaka¹⁾

¹⁾Department of Orthopedic Surgery, Kobe University, School of Medicine

²⁾Department of Orthopedic Surgery, Hyogo Rehabilitation Center

ABSTRACT

The purpose of this study was to quantitatively investigate the lateral thrust of the knees in the patients with varus osteoarthritis (OA). Gait analysis was conducted in 10 healthy young volunteers, 23 aged volunteers without knee symptoms, and 41 OA patients (28 patients in moderate stage and 13 patients in advanced stage). The ELITE SYSTEM, which detected the reflections of the infrared rays from the markers, and the force platforms, were used in gait analysis. Kinematic data obtained from the ELITE SYSTEM were matched with the data from the force platforms. The position of each marker attached on the skin of the patients and volunteers in three-dimensional coordinates was calculated and gait speed, cadence, and lateral knee movement were investigated. When compared to the values obtained in young volunteers, the aged volunteers showed slower gait speed and larger lateral knee movement. There was no significant change in gait between aged volunteers and moderate OA patients. However, gait speed and cadence were smaller and lateral knee movement was larger in advanced OA patients. Although the lateral movement of the whole body might influence the degree of lateral knee movement, it seemed to be useful to quantitatively investigate lateral knee movement as a parameter of clinically detectable lateral knee thrust. The use of the laterally wedged insoles yielded significantly less lateral movement ($p < 0.01$) without influence on gait speed and cadence. This suggested that laterally wedged insoles are useful for the treatment of OA.