

靴の医学

Volume 24
No. 2

2010

編集

日本靴医学会

靴の医学

Volume 24

No. 2

2010

編集

日本靴医学会

学術集會會長報告

第24回日本靴医学会学術集會を振り返って	羽鳥 正仁	1
----------------------	-------	---

原 著

治療靴

ショパール関節切断者に対する インナーシューの効果“第2報”	遠藤 拓ほか	5
-----------------------------------	--------	---

靴の基礎 (作成)

砂浜歩行用履物の開発・研究	大塚 彰ほか	9
運動障害を有する患者に対する 靴型装具製作の経験	上村 悦史ほか	14
採型手技の標準化の試み～採型手技による アーチサポートの差異について～	曾我 敏雄ほか	16

靴の基礎 (機能)

高齢者における外反・背屈靴下の着用効果	平山真由子ほか	20
異なる方法で成型された熱可塑性インソールが 歩行時 COP 軌跡変動量に与える影響	小林 裕和ほか	24
歩行安全性を考慮したハイヒール用 中足骨パッドの開発と検証	佐々木博美ほか	30
インステップ囲付近に作用する締め付け圧が生理心理的な 着衣快適性に及ぼす影響	細谷 聡ほか	35
甲部にかかる圧力値—靴紐の締め付け具合の 定量化に向けて—	斎藤 淳ほか	40
靴の適合性が歩行に与える影響	小林 文子ほか	45
小児外反扁平足に対するアーチサポートの効果	高橋 祐子ほか	51
運動負荷増強機能を有するパーツを内蔵した サンダルの開発とその効果	阿部 薫ほか	56

靴の基礎 (横断的研究)

医師による足と靴の相談会10年を振り返って	片桐 透ほか	62
-----------------------	--------	----

歩行リハビリテーションにおける我々の足底挿板療法 —Shoe-Insole Treatment in Walking Rehabilitation—	内田 俊彦ほか	66
糖尿病患者における履物に対する 意識およびその選択	櫻井 寿美ほか	72
足白癬症と靴内の衛生状態の比較	新城 孝道	76
陥入爪・巻爪に対する “コットン充填固着法”の紹介	長谷川徳男	82
足底面から見た踵部蜂巢組織の変形動態量	菅野 拓也ほか	86
変形性膝関節症内側型の疼痛が足部変形に与える影響 —内側裂隙の疼痛と外反母趾, 扁平足, 開張足との関係—	清水 新悟ほか	90
母趾趾神経損傷に対して, 神経断端骨内包埋術を 行った1例	倉茂 聡徳	94
健常人と外反母趾患者のウィンドラスメカニズムの 比較検討	田村 孝広ほか	97
足部内側縦アーチの高さと 足底圧中心軌跡の関連	高橋 信人ほか	101
クリップ型形状記憶合金製矯正器具による 陥入爪, 巻き爪の治療	田畑 伸子ほか	105
足底挿板が歩行時において足に与える影響についての 運動学的研究	橋本 健史ほか	111
幼稚園児における足アーチ形成過程の 時系列的検討	伊藤 笑子ほか	114
強剛母趾に対する関節唇切除術 (Cheilectomy) の 治療経験	勝井 龍平ほか	119

足の外科



レントゲン計測と体表計測による

足部形態の相関……………早稲田明生ほか…………… 125
足関節の角度変化が足趾筋力に及ぼす影響……………杉浦 弘通ほか…………… 129

膝

着地動作からの方向転換時における下肢筋活動量推定に
必要な身体的因子……………伊藤 浩充 …… 133
膝スクリーホームムーブメント計測システムの開発
—歩行時の踵接地点・立位中期点・踵離地点の
特定について—……………隅田 康明ほか…………… 137

特別講演

日本靴医学会の歩みと展望……………井口 傑 …… 142

教育研修講演

形状記憶合金の材料特性と
陥入爪矯正具への応用……………大森 俊洋ほか…………… 147
爪の構造と爪甲の役割—第1趾を中心に……………東 禹彦 …… 155

ランチオンセミナー

最新の足部潰瘍治療—形成外科の取り組み—……………館 正弘ほか…………… 161

巻頭言

日本靴医学会理事長 井口 傑

3月11日、東北地方太平洋沖で未曾有の大地震が発生し、万を超える人々が亡くなりました。日本靴医学会を代表し、心からお悔やみ申し上げます。

昨年の第24回日本靴医学会は、羽鳥正仁先生の主催で9月17日、18日の両日、杜の都、仙台で、盛大に開催されました。応募演題数も70題を数え、久々の盛況ぶりでした。

今年で理事長職を拝命してから6年目になります。最初の4年は事務局長も兼務で、あわただしく過ごしましたが、一昨年からは副理事長兼事務局長の寺本先生と事務局に助けられ、やっと落ち着きました。本誌の編集も橋本健史先生と事務局に任せきっています。

念願のホームページの再編成も事務局の努力で完成しました。名簿の作成も進行中です。用語集は委員会の再発足に向けて準備中です。こう書くと、理事長が仕事をしたように聞こえますが、要は1人で抱え込んできた仕事を、寺本先生を中心とする役員や事務局のスタッフの方々をお願いしただけの話です。

妻と二人で家内工業的に事務局やホームページを運営した時代は、確かに経費はかからず経済的には楽でした。しかし、高倉前理事長の指示により、事務局を外委託した結果、やっと仕事がスムーズに遂行されるようになりました。

永年、石塚元事務局長の病院に間借りして、「おんぶに抱っこ」で発足した靴医学会も、我が家の家内工業を経て、体裁だけは一人前の大人になった感じがします。これも、ひとえに歴代の役員を中心とした会員の皆様のおかげではありますが、選挙管理内閣としては一応の業績かとも思います。何れにしても、これから内容を充実し、仏に魂を入れなければ何なりません。寺本副理事長や、学会会長予定者の田中康仁先生(25回)、内田俊彦先生(26回)、須田康文先生(27回)を中心に頑張っていたきたいと思います。

実は、諸先輩の活躍ぶりを見て、学会の運営には経験や知識に置いて年令が物を言うと考えてきました。しかし、この2年間の理事長としての経験から、若さと活力が歳より重要だと気づきました。年令は助言や調節には役立ちますが、活力ある判断力と活動力の裏付けがなければ実行が伴わず、組織の活動性は衰退します。

25年前に、「手術をしても履く靴がない」と言う不満をバネに創立された靴医学会も、義肢装具士制度の拡充も相まって、それなりの成果を上げてきました。しかし、生まれながら靴を履き育った世代が還暦を迎える時代になって、靴は、人間の動物としての基本である「動く」、「歩く」という機能を、長寿を全うするまで保ち支える役割を求められて

います。この靴の新たな役割に対応するには、若い会員の力が欠かせません。そして、若木を伸ばすには、頭に覆い被さった老木を取り除き、日光と風を当てるのが一番です。老木はたとえ倒れても、新たな種の苗床になり、肥料となって、森の役に立てます。

新分野を切り開き、活動性を高めていくのには、世代の交代を図り、若い力を育てていくのが重要です。そして、若い力をはぐくむには、実務を任せるのが一番です。創立以来、靴医学会の役員には定年制がありませんでしたが、平成15年に70歳の定年制がしかれました。それから8年が経過しましたが、世代の交代はまだ十分とは申せません。一般の社会と同様に65歳を役員の定年とし、執行部の若返りを図ることが必要です。勿論、会員には定年制はありませんので、役員から退いても各種委員会のアドバイザーとして後輩の指導をして頂きたいと思います。「隗より始めよ」と言いますから、理事長の私が発議するのが良いと思っています。

もう一つ、やり残したことがあります。靴の推奨制度のガイドライン作りです。実は、理事長に就任して以来、幾つかのメーカーから靴や関連製品の推奨を依頼されました。また、消費者ばかりでなく医師や医療関係者からも、どの靴を推奨するのか質問されます。マスコミからも、靴の選び方を教えろ、強いては靴を推奨しろとの要望が寄せられています。事務局やホームページへの問い合わせでも同様です。

象牙の塔の住人ではありませんが、コマーシャルベースの話に思えて、敢えて特定の靴を推奨することは避けてきました。しかし、高齢化時代を迎えて、歩き続けて長寿を全うするには、発育期の足を育む靴、高齢期の足を護り支える靴の重要性をひしひしと感じるようになりました。下駄を履いて学校に通った私の世代が定年に達する現在、靴医学会が象牙の塔に籠もって、長寿社会における靴の新たな役割に手をこまねているのは許されません。

既に、米国足病医学会（APMA：American Podiatric Medical Association）認定マークを付け、「アメリカ足病医学会が足の快適さと健康に良いと認定したシューズ」と唱う日本のメーカーも出てきています。一般の消費者は、何を基準に足の快適さと健康に良いと認定したかも知らされないまま、マークだけが一人歩きを始めています。

急速な高齢化を考えれば、一刻の猶予も許されません。積極的に学ぶべきは学び、日本の特異性から変えるべきは変えて、日本靴医学会として靴を推奨できる体制作りが必要です。その為には、どんな靴を推奨するのかを決めるガイドラインをまず決めなければなりません。そうしなければ、「推奨します(但し、これは個人の印象です)」と言う宣伝広告と変わらないからです。

定年の早期化と、推奨靴のガイドライン制定と言う、巻頭言には余り相応しくない話題でしたが、日本靴医学会の発展のために、残された任期を全うしたいと思います。

学術集會會長報告

第 24 回日本靴医学会学術集會を振り返って

The Report of The 24th Japanese Society for Medical Study
of Footwear in Sendai

東北大学院整形外科

Department of Orthopaedic Surgery, Tohoku University Graduate School of Medicine

羽鳥 正仁

Masahito Hatori

2010年9月17日(金曜日)、18日(土曜日)の2日間、仙台市のアエルを会場に第24回日本靴医学会学術集會を開催させて頂きました。仙台市での開催は第4回(1990年桜井 実会長)、第16回(2002年高橋 公会長)に続き3回目となります。お蔭様で多数のご参加を頂き学術集會を成功裏に終えることが出来ました。会員の皆様に対し深く感謝申し上げますとともに、このような機会を与えて頂きましたこと大変光栄に思っております。

近年、人々の健康意識、スポーツ意識の高まりとともに、日常使用の靴のみならずスポーツ用の靴、安全靴など広範な領域に大きな関心が寄せられております。日本靴医学会は、医師の他、靴医学に興味を持つ理学療法士、義肢装具士、靴製作者、シューフィッター、靴販売者など多岐にわたる方々が「靴に関する最新の知見や研究成果」を発表・討論するユニークな学会であり、その社会的意義は年々高まってきております。お蔭様で今回70題という多数の演題を頂くことが出来ました。

シンポジウムの第一として、臨床的重要性が増しております足底挿板を「足底挿板—基礎から臨床へ—」として選びました。基礎的研究では、

倉秀治先生(羊ヶ丘病院)は、新鮮未固定標本を用いた実験データをもとに扁平足に対する足底挿板の効果を、橋本健史先生(慶応大学)は足底挿板の歩行時の動的作用を運動学的に検討された結果を報告しました。臨床研究では小倉健先生(東北大)は3層構造を有する足底挿板の紹介とその臨床成績を、谷口晃先生(奈良県立医科大学)は内反型変形性足関節症に対する足底挿板の適応と限界を報告しました。韓国から招待したKyungtai Lee先生(Eulji大学)はプロ競技選手とバレエダンサーのスポーツ損傷予防のための靴と装具について、内田俊彦先生(NPO オーツティクスソサエティー)は健常歩行から逸脱した歩行姿勢の観察をもとに処方された足底挿板の有用性を述べました。基礎から臨床にわたる足底挿板の有用性、問題点を論じた本シンポジウムは足底挿板を用いた足部疾患の研究、治療の指針となる内容となりました。

シンポジウム2「爪の変形」では、陥入爪、巻き爪に対する独創的な工夫とその治療成績を報告して頂きました。門野邦彦先生(宇陀市立病院)は陥入爪および巻き爪症例では履物靴底の外側が磨耗する割合が高いことを報告しました。田畑伸子先生(仙台赤十字病院)は、効果発現が早く着脱が簡便なクリップ型形状記憶合金矯正器具の臨床成績を報告しました。長谷川徳男先生(長谷川整形外科)は自身が考案された幅広い病態へ簡便に

(2011/02/10 受付)

連絡先: 羽鳥 正仁 〒980-8574 仙台市青葉区星陵町
1-1 東北大学整形外科
TEL 022-717-7245 FAX 022-717-7248
E-mail mhato@med.tohoku.ac.jp

施行可能なコットン充填固着法による治療法を報告しました。町田英一先生（高田馬場病院）は形状記憶合金を用いたマチプレート、マチワイヤによる5000例の治療経験をもとにそのトラブル対策について具体例を示しながら述べました。各シンポジストの治療成績はいずれも良好でした。本シンポジウムに先立ち、巻き爪治療に用いられている形状記憶合金の開発者のお一人、東北大学大学院工学研究科金属フロンティア工学専攻教授 貝沼亮介先生に「形状記憶合金の材料特性と巻き爪矯正具への応用」と、爪疾患の診断・治療の第一人者、東皮フ科医院院長 東 禹彦先生に「爪の構造と爪甲の役割—特に第1趾を中心に」のタイトルで教育研修講演を頂きました。教育研修講演とシンポジウムにより「爪の変形」に対する基礎的研究から日常診療にすぐ応用出来る臨床知識まで深く学ぶ機会となったと確信しております。

パネルディスカッション「小児靴—開発者の立場から—」においては「小児靴」に焦点をあて、従来と違った開発者の観点から小児靴の開発の経緯、問題点についての最新の知識を各パネリストの先生方にご報告頂きました。勝真理先生（株式会社アシックス）は、適度な衝撃緩衝性と足趾を自由に動かせる機能に着目し健やかな成長、発達を支援する子ども靴の研究開発について発表しました。城戸巧先生（株式会社ムンスター）は、子供の足は、大人の足のミニチュアではないとして、子供の足の実測結果を基に大人の足を小さくするのではなく、子供の足にあった靴型設計の重要性を強調されました。伊藤幸司先生（ミズノ株式会社）は、スポーツで培った靴の開発技術を小児用シューズの開発に応用し、スポーツメーカーが作る機能的に優れた小児用シューズの開発について報告しました。江西浩一郎先生（株式会社アサヒコーポレーション）は、足の健康及び正常な成長を考えた靴の開発を行う重要性について報告しました。永井恵子先生（子供の足と靴を考える会）は、20年間の子供の足の計測データを基に、子供の成長を考えた上履きの開発について発表し

ました。これら発表により、各企業などでの子供靴に関する開発コンセプトについて、共通な認識を確認できたとともに、各開発者独自の考え方を理解することにより、今後の小児靴の開発の方向性と可能性について議論することができました。

特別講演としまして、靴医学会理事長の井口傑先生に「靴医学の歩みと展望」をお願いいたしました。会員の皆様が本学会の積み上げてきた功績・今後の方向や問題点を明確に認識して更なる発展につなげていただくための指針となる御講演でした。また、近年最も注目されている脳科学のトップランナー東北大学加齢医学研究所スマート・エイジング国際共同研究センター教授 川島隆太先生に「脳科学の最先端～歩行と脳活動」の講演をお願いしました。歩行と脳活動について最新の研究データをもとに講演して頂きました。ランチョンセミナーでは、東北大学形成外科教授 館正弘先生に「最新の足部潰瘍治療—形成外科の取り組み—」と題して糖尿病足をはじめとした足部難治性潰瘍に対する最新の形成外科治療を紹介して頂きました。

初日終了後の全員懇親会に先立ち、私が副部長を務める東北大学全学応援団諸君による演舞の披露がありました。本来なら、靴医学にちなんだ東北大学応援団伝統の下駄踊りを始めとした多くの演舞を見て頂く予定でしたがアエルの会場が複合ビルということもあり、残念ながら大音響での演舞は、学生歌「青葉燃ゆるこのみちのく」一曲のみとなりました。今度機会がございましたら是非、一通り披露する機会を設けたいと考えております。懇親会は、大学同門の先輩、後輩より頂いた東北地区の地酒を中心にみちのくの味を味わって頂き多くの会員の皆さん方が交友を深めて頂きました。

更に、2日目の学会終了後に市民公開講座を開催しました。大阪医科大学整形外科教授の木下光雄先生に「足の痛み 靴と足の健康を考える」で、外反母趾、スポーツ障害など足の痛みの原因となる多くの疾患の解説をはじめ具体的な靴選びの方法を講演して頂きました。東京女子医科大学糖尿



学会場



全員懇親会 東北大学全学応援団演舞

病センター新城孝道先生には「糖尿病の足対策」というタイトルで本当に恐い糖尿病とその具体的な対策についてユーモアを交えご講演頂きました。会場を埋め尽くした市民の方々からは両講演とも大変わかりやすく勉強になりましたという内容の感想を多数頂きました。お忙しいところ、御講演頂きました両先生に改めて御礼申し上げます。

一般口演も早朝からのプログラムにもかかわらず大勢の方に参加して頂き活発な討論が繰り広げ

られました。多くの先生方の御来仙に改めて感謝申し上げます。靴医学会の益々の発展を強く祈念して、皆様へのお礼とさせていただきます。

本学会には、井樋栄二教授を始め多くの同門の先生方のご協力を頂きました。高橋整形外科高橋公先生、仙台赤十字病院北 純先生、宮城県拓桃医療療育センター落合達宏先生にはプログラムの立案・企画・運営の全てに参加頂きました。ささき整形外科佐々木仁行先生、松田病院松田倫政先

生はじめ宮城足部疾患検討会の先生方，事務局の
小倉 健先生，須田英明先生，秘書の千葉佳奈子
さん，学会当日一丸となって運営してくれた医局

の先生，仙台赤十字病院のスタッフ皆さんに深く
感謝申し上げます。有難うございました。

ショパール関節切断者に対するインナーシューの効果 “第2報”

The effects for the inner shoe against an amputation at Chopart joint

¹⁾バン産商株式会社フスウントシュー インスティテュート

²⁾永生病院整形外科

¹⁾Fuss und Schuh Institut, Vansan-sho, Inc.

²⁾Eisei Hospital

遠藤 拓¹⁾, 赤木 家康²⁾, アンドレ エフナー¹⁾, 渡辺 大輔¹⁾
Hiraku Endoh¹⁾, Ieyasu Akagi²⁾, Andre Effner¹⁾, Daisuke Watanabe¹⁾

Key words : インナーシュー (inner shoe), ショパール関節切断 (amputation at Chopart joint), 重複歩距離 (stride), コビラスシステム (COVILAS system)

要 旨

ショパール関節切断者に対し、インナーシュー (以下 IS) を装着することにより歩行時の足関節および前足部ロッカー機能の代替としての効果を検証した。IS は脛骨粗面から足底部までカーボン樹脂で補強し MTP 部もしくは前足部に軟性ウレタン樹脂を採用した方法を用いた。被験者 2 名に対し裸足歩行および IS 装着歩行時における重複歩距離、患側歩幅および立脚時間について、ビデオ動作解析のコビラスシステムにより比較検討した。両者ともにそれぞれの計測項目のパラメータが有意に増加し、IS はショパール関節切断者に対し足関節および前足部ロッカーの代替として有用であると考えられた。

目 的

第 23 回の本学会において、我々はショパール関節切断者に対し脛骨部から足底にかけてカーボン

シートで補強し、MTP 部もしくは前足部をウレタン樹脂で製作したインナーシュー (以下 IS) (図 1) の効果を報告した¹⁾。ショパール関節切断者は歩行時の足関節および前足部ロッカー機能の損失により前方への推進力が低下し、矢状面において歩幅が減少する²⁾。(図 2) これまで我々は当該患者に対しフルオーダーメイドの半長靴 (マスシュー) もしくは既製半長靴 (図 3) を適用していた。しかしデザインの制限が伴い患者自身の選択肢が少なく、必ずしも満足度が高いとはいえなかった。また、既製の半長靴については適合にも問題があり跛行が見られた。しかし昨今の材料と技術の向上から IS を製作することにより既製の短靴の装着が可能になりコストも下がることで患者の満足度は上がった³⁾。今回我々はさらにショパール関節切断者に対する IS の効果を検証するため、裸足および IS 装着歩行時において重複歩距離、患側歩幅、患側立脚時間を比較検討した。

対象と方法

対象は平成 21 年 4 月から 12 月にショパール関節切断予後で IS を適用した 2 名 (年齢 6 歳男性および 62 歳女性) に対し裸足および IS 装着時の重複歩距離、患側歩幅、患側立脚時間をビデオ動作解

(2010/11/02 受付)

連絡先 : 遠藤 拓 : 〒111-0043 東京都台東区駒形 1-7-11 バン産商株式会社フスウントシュー インスティテュート
TEL 03-3843-6541 FAX 03-3841-1167
E-mail fsi@fuss-und-schuh.co.jp

析のコピラスシステムにて計測した。踵接地期の患側踵部横軸座標から健側踵部横軸座標までの距離



図1. インナーシュー

離を患側歩幅、同様に健側踵接地期の健側踵部横軸座標から患側踵部横軸座標までの距離を健側歩幅と定義した。(図4)また、患側歩幅および健側歩幅の合計を重複歩距離と定義した。次に患側踵接地期から患側踏み返し期までのフレーム数を患側立脚時間と定義し、(図5)両者2から9歩についてそれぞれの検査項目のパラメータを比較した。統計学的解析による有意性は対応のあるt検定を用いた。

結 果

表1に示すように両被験者ともにISは裸足に対し、重複歩距離は平均値で18.0%および19.8%増加し、P値についてもともに0.01%以下と有意差



図2. 素足歩行、左-患側踵接地期、右-同踏み返し期



図3. 既製半長靴

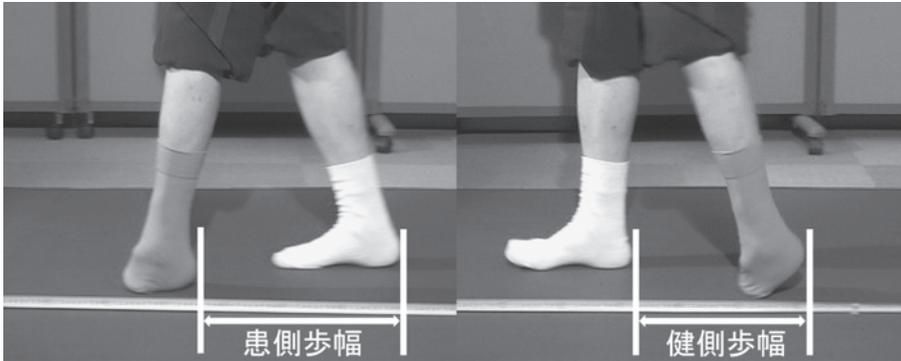


図 4. 素足歩行時の患側歩幅と健側歩幅

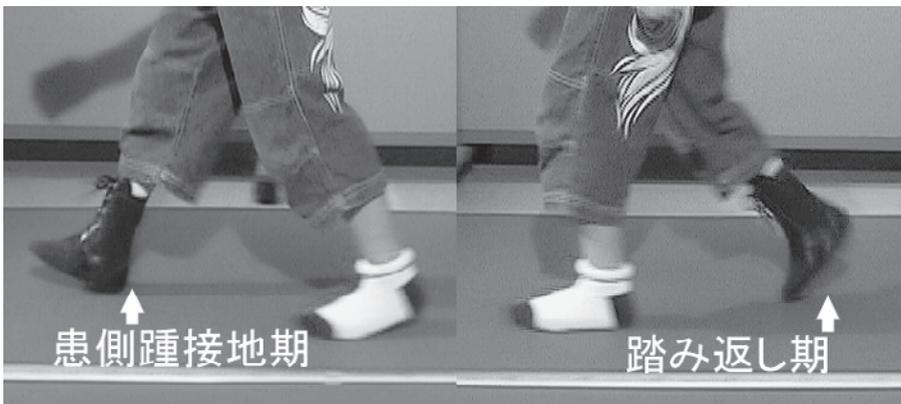


図 5. インナーシューズ歩行時の患側踵接地期と患側踏み返し期

表 1. 重複歩距離, 患側歩幅, 患側立脚時間における裸足とインナーシューズ (IS) の比較

		データ数	重複歩距離	患側歩幅	患側立脚時間
被検者 A	裸足	8	927.88 ± 72.09	317.375 ± 28.71	19.13 ± 0.83
	IS	8	1094.88 ± 90.05	387.375 ± 34.88	20.63 ± 0.92
被検者 B	裸足	8	417.25 ± 35.69	146.13 ± 17.02	21.38 ± 0.92
	IS	8	499.75 ± 26.90	169.13 ± 17.88	27.63 ± 2.07

*P<0.01 **P<0.0001

が認められた。患側歩幅についても平均 22.1% および 15.7% 増加し, P 値は被検者 A, 0.01% 以下および被検者 B, 1% 以下と有意差が認められた。また, 患側立脚時間についても平均で 7.8% および 29.2% 増加した。P 値については被験者 A が 1% 以下, 被験者 B が 0.01% 以下と有意であった。

考 察

ショパール関節切断に対し, 脛骨部から足底部にかけてカーボン素材による補強を入れ MTP 部もしくは前足部に柔軟なウレタン樹脂を施した IS を装着することで重複歩距離および患側立脚時間がそれぞれ増加した。これは患側の踵接地期から立脚中期にかけて, IS のカーボン補強材により下

腿足部間の足関節ロッカー機能が代替されたことによる。また歩行推進期にかけて脛骨がISの補強材を前方へ押し出し、梘子のように底屈モーメントが働くことで前足部の柔軟な樹脂が伸縮し中足骨頭部のロッカー機能を復元したと考えられる。それにより患側の前方推進力が維持し健側遊脚期を増加させる効果があると考えられた。さらに患側歩幅が増加したことについては患側立脚期の増加により円滑なIS中足骨頭部のロッカー機能の代替によって患側の推進力が上昇し患側遊脚期が増加したことで歩幅が伸びたと考えられた。つまり、ISの着用により歩行立脚時から踵部離期における足関節ロッカーおよび前足部ロッカーの代替機能としての効果が考えられる。今後は多くの症例に基づき、歩容の改善について報告していきたい。

結 論

ショパール関節切断者に対し、脛骨粗面部から

足底部にかけてカーボン樹脂による補強、MTP部もしくは前足部に弾力性のある発泡樹脂を採用したインナーシューを装着したことで、重複歩距離、患側歩幅及び患側立脚時間が増加した。これにより歩行時立脚期における足関節ロッカー機能および前足部ロッカー機能の代替としての効果が考えられる。

これまでショパール切断は靴の装用に不利で、旧来切断部位としては不適切であると言われてきた。しかしこのインナーシュー適用により形態的に、また日常生活動作でもサイム切断に比べて大きなメリットがあると考えられる。

文 献

- 1) アンドレ エフナー他. ショパール関節切断者に対するインナーシューズの効果. 靴の医学 2009;1:5.
- 2) Perry J. Gait Analysis. Ed. USA: SLACK; 1992. 185-222.
- 3) Goetz-Neumann K. 観察による歩行分析. 第1版. 東京: 医学書院; 2006. 111-5.

砂浜歩行用履物の開発・研究

Development and Study of Sandy Beach Footwear

¹⁾県立広島大学保健福祉学部, ²⁾興生総合病院

¹⁾Prefectural University of Hiroshima Faculty of Health and Welfare

²⁾Kousei Sougou Hospital

大塚 彰¹⁾, 島田 雅史²⁾, 大塚麻矢子²⁾,

長谷川正哉¹⁾, 金井 秀作¹⁾, 沖 貞明¹⁾

Akira Otsuka¹⁾, Masashi Shimada²⁾, Mayako Otsuka²⁾, Masaki Hasegawa¹⁾,

Syusaku Kanai¹⁾, Sadaaki Oki¹⁾

Key words : 砂浜歩行履物 (sandy beach footwear), F-スキャン (F-SCAN), 足底圧中心点 (center of pressure), 可操作性 (Manipulability)

要 旨

本研究は, 砂浜歩行用履物の開発・試作を行い, その有効性を検証して商品化を目指すことを目的とした。履物の開発コンセプトは, 5本趾で足底が薄くて柔らかく, 裸足歩行に近似して足趾が独立して動かせることとした。平地歩行の実験では, 砂浜歩行履物での歩行が靴歩行と裸足歩行との足底圧中心点の軌跡比較において, 裸足歩行に近似して足趾を使用した蹴り出しを認めた。砂浜での実験においても, 下肢の各関節の屈曲位保持角度の増加に伴う筋活動量の増加や足部の可操作性楕円の短軸の広がりからバランス能力の訓練効果も期待でき, 高齢者の転倒予防訓練の一助となることが示唆された。

緒 言

近年, 生活習慣病をはじめとする種々な疾病の

予防という観点から, 国民の健康に対する関心は益々高まっている。

その健康づくりの一手段としてウォーキングが盛んに展開されている。このウォーキングは, 厚生労働省からも心身機能の維持や向上および健康増進を目的として推奨されている。著者らは, 予てより裸足歩行の優位性を提唱してきた。さらに, 歩行条件としての砂浜歩行に関しても研究を展開し, 筋活動の増加と下肢関節の増加などから, 砂浜歩行の有用性を認め砂浜歩行を推奨してきた。しかし, 砂浜を裸足で歩行することは足底に貝殻などで傷つけられる危険性が生じる可能性が高い。そこで, 本研究においてはこのリスクを考慮した, 裸足と同じ効果を期待する砂浜歩行用履物の開発とその効果の検証を行ったので報告する。

方 法

1. 砂浜歩行用履物の開発・試作

1-1. 下駄歩行における足趾機能に関する著者らの先行研究

広島県福山市松永は下駄の産地として発展してきたが, 近年下駄産業の斜陽化に対して著者ら¹⁾は新たな下駄の創出と活用に関する研究を展開して

(2010/10/28 受付)

連絡先: 大塚 彰 〒723-0053 広島県三原市学園町
1-1 県立広島大学保健福祉学部
TEL 0848-60-1120 FAX 0848-60-1226
E-mail otuka@pu-hiroshima.ac.jp



図 1. 5本趾の砂浜歩行用履物
5本趾靴下にラテックスを浸透させた履物の実際
自分好みの靴下での作製も可能

きた。その研究の要約としてはF-スキャンにおいて、裸足歩行と靴歩行および下駄歩行の際の足底圧中心点（以下、COP）の消失軌跡と移動軌跡および母趾外転筋活動の筋電を採取して検討した。結果、COPに関しては下駄歩行と裸足歩行が極めて近似したパターンを示し、また、筋活動とくに母趾外転筋活動においても同様の傾向が認められた。このことから、足趾をしっかりと使用した裸足歩行の優位性を認めることができ、提案してきた。

1-2. 砂浜歩行に関する著者らの先行研究

著者らは、瀬戸内に点在する砂浜のウォーキングへの活用を考え運動学的に検討した。その結果、城野ら²⁾は砂浜歩行が平地歩行と比較して母趾外転筋、内側腓腹筋、半腱様筋、中殿筋に筋活動増加の傾向を認め、特に母趾外転筋において顕著な増加を認め、砂浜歩行は平地歩行の有酸素運動としての効果だけではなく、力学的な仕事量の増加による効果も期待できるとしている。また、竹藤ら³⁾が砂浜歩行における下肢関節角度の増減を調査、研究した結果、歩行周期全体を通じ各関節の屈曲角度が増加していることを確認した。このことを換言すれば、各関節に関与する筋群の筋活動の増加を意味し、高齢者の転倒予防練習としての効果を示唆しているとした。

さらに、ロボット工学の分野では、関節角度で

表される末消の効果器の操作能力を運動学的及び動力学的な観点から定量的に評価する方法として、「可操作性」の概念が提案されている。この概念を用いて島田ら⁴⁾は同じ裸足歩行でも、平地歩行と砂浜歩行の違いを可操作性楕円から解析した。結果、砂浜歩行の方が楕円体の横軸の拡大が認められ、バランス訓練としての活用を期待できるとしている。

以上の先行研究から「裸足歩行」と「砂浜歩行」の二点から、力学的な運動効果や転倒予防効果が十分に得られるものと考え、砂浜を歩行しているような靴ではなく砂浜歩行専用の履物すなわち、裸足と同じ効率で砂浜を歩ける靴（以下、砂浜歩行用履物）の試作を行った。

1-3. 砂浜歩行用履物の試作

砂浜歩行用履物の開発・試作はアトム株式会社との共同研究で展開した。まず、裸足に近いと予想される靴として、まず、地下足袋をベースに試作した。しかし、地下足袋では足底に柔軟性がなく、裸足とは異なると考えた。次に、ATOM株式会社で製作している田靴をベースにした2本指タイプの砂浜歩行用履物を試作した。地下足袋と比較すると足底柔軟性は向上したが、2本指となっているので足趾に十分な自由性がなく裸足とは異なると考えた。前述2点の課題を考慮し、田靴の足底柔軟性に加えて、5本指のタイプであれば、足趾

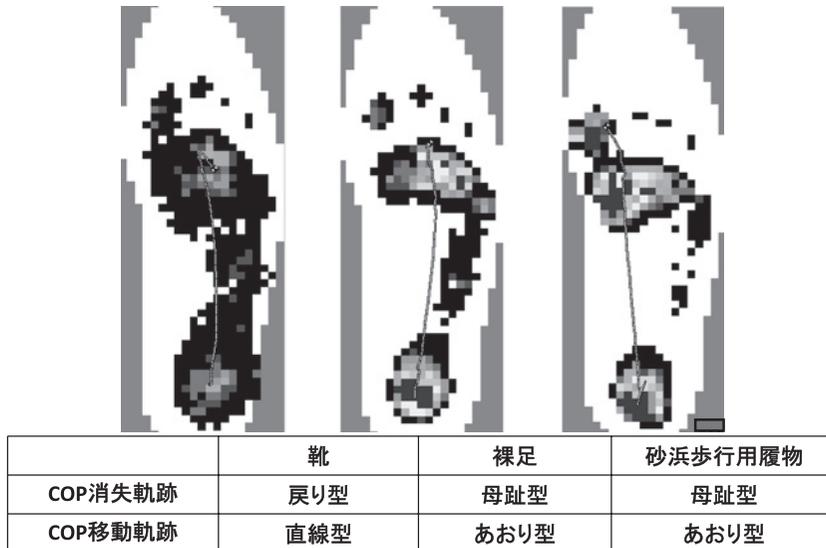


図2. 平地歩行時のF-スキャンによるCOP軌跡
裸足および砂浜歩行用履物ではCOP軌跡が延長している。

も独立して動かすことができ、裸足に類似していると考えた。

そこで、砂浜歩行用履物の開発コンセプトとして①裸足に近似した歩行が展開できる足底が薄く柔軟性がある履物、②足趾の機能の向上を目指した5本趾の履物、とした。これに加えて、靴の中に砂が入らないよう足関節部には伸縮性のある素材(靴下)を使用し、足部部分にラテックスを浸透させた履物を試作した。(図1)

2. 検証実験

試作した砂浜歩行用履物の装着検証を平地および砂浜で行った。

2-1. 平地における検証実験

実験条件としては、実験室床上とし裸足、体育館靴、砂浜歩行用履物の3条件で、Nitta社製F-SCAN(sampling 30Hz sensing point 5mm)を計測機器として用い、足底圧中心点(以下、COP)の軌跡を計測し、金井ら⁵⁾が用いたCOP軌跡分類(COP消失軌跡、COP移動軌跡)により3条件の間で比較検討を行った。

2-2. 砂浜における検証実験

a) 計測

砂浜にて、裸足、砂浜歩行用履物の2条件で行い、Sony社製デジタルビデオカメラ2台(sampling 30Hz)で海側から計測を行った。被験者には、臨床歩行分析研究会の推奨する10点マーカー(両肩峰、両大転子、両膝関節裂隙、両外果、両第5中足骨頭)を貼付した。また、砂浜の傾斜に対して右脚側が海辺側、左脚側が陸地側の歩行とした。

b) 解析方法

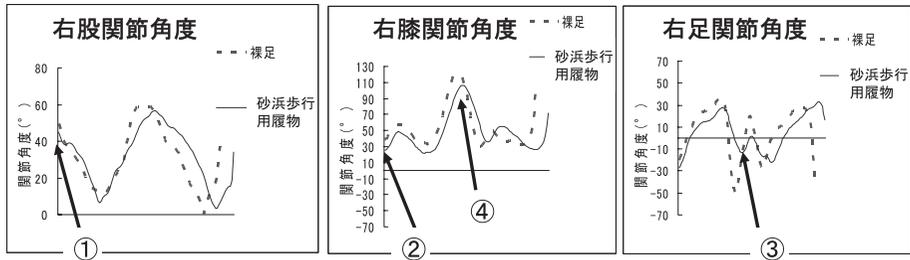
解析にはフィジカルソフト社製Visual Motion Lab キャプチャー及びVisual Motion Lab デジタイザーを用いて、右下肢の踵接地時(以下、HC)、立脚中期(以下、M-Stance)、踵離地時(以下、HO)、遊脚中期(以下、M-Swing)の下肢各関節角度を抽出した。

結果と考察

1. 平地における検証実験結果

裸足と砂浜歩行用履物および体育館靴のCOP軌跡は図2の結果となった。

金井ら⁵⁾が用いた分類方法を使用して分類したと



	砂浜歩行用履物		裸足
①HCの股関節屈曲	44.7	≦	48.6
②HCの膝関節屈曲	25.1	≧	23.5
③M-stance～HOの足関節背屈	16.0	>	9.8
④M-Swingの膝関節屈曲	106.8	≧	92.7

図3. 歩行周期における右下肢各関節角度と履物と裸足の角度比較

裸足歩行と砂浜歩行用履物歩行の股関節・膝関節は近似した関節運動を示す。足関節は砂面の条件による差が生じたと考えられる。

ころ、裸足と砂浜歩行用シューズにおいて、COP消失軌跡はCOP軌跡が母趾方向に伸びている「母趾型」であった。しかし、体育館靴においては、中足骨底付近からCOP軌跡が母趾まで伸びず途中で逆方向に戻る「戻り型」であり、右下肢のCOP軌跡において特に顕著であった。また、COP移動軌跡においても、裸足と砂浜歩行用履物は「あおり型」と分類できた。そして、体育館靴においては、踵接地外側方へ移動せず真っ直ぐな軌跡である「直線型」と分類できた。この結果から、砂浜歩行用履物による歩行は裸足歩行に類似し、足趾を用いての蹴り出しが可能である。

次に、砂浜における検証実験から右下肢の歩行周期における関節角度を抽出した。(図3)一歩行周期における股関節、膝関節角度の推移において、裸足と砂浜歩行用履物とでは類似した結果となった。しかし、足関節角度においては裸足と砂浜歩行用シューズはあまり類似せず、特につま先離地時における足関節底屈が十分に生じなかった。これは、左下肢がHC～足底全面接地に移行する時に、接地面である砂が動き、重心が左方向に過度に偏移したため、右下肢足関節底屈による蹴りだしが

十分に行えなかったと考えられる。

長岡ら⁶⁾は滑り易い床面における滑らないための歩行様式について検討を試みており、「足部を高く挙げ、より床面に対し垂直に接地することで歩幅を小さくし、歩行スピードを遅くすることで推進力と制動力をコントロールしている」と考察している。彼らの研究における滑り易い床面とは砂浜のことはないが、接地面が柔らかく、また前後方向の力を加えた際に砂が動いてしまう砂浜では、滑り易い床面を歩行する際と同様の運動制御が生じていると推測できる。

抽出したその他の歩行周期における各関節角度は、砂浜歩行用履物の方が大きい値を示した結果となったため、砂浜歩行用履物における砂浜歩行にも、竹藤ら³⁾が示唆している、下肢関節角度増加による筋活動量の増加を伴った筋強化訓練および転倒予防訓練としての効果があると言える。

結 語

砂浜を裸足と同じ効率で歩くことのできる砂浜歩行用履物の開発と検証を行った。

平地(床)歩行実験のF-スキャンでは、この砂

浜用歩行シューズは裸足に近似し、足趾による蹴り出しが確認できた。砂浜実験により、砂浜用歩行シューズを用いての砂浜歩行で転倒予防訓練としての効果が示された。

以上から、開発した本砂浜歩行用履物は裸足砂浜歩行という目的を達するに有効な履物と判断した。今後の砂浜歩行用履物の展開としては、園児の運動場などでの履物としての活用や5本足趾地下足袋および田靴への応用などに発展していきたい。

最後に、ご協力頂いたアトム株式会社の田口重雄氏に深謝致します。

文 献

- 1) 大塚 彰他. 下駄の健康に対する効果. バイオメカニクス学術講演会予稿集. 2002. 27-30.
- 2) 城野靖朋他. 砂浜歩行における下肢筋活動の評価. 第40回日本人間工学会中四国支部大会講演論文集. 2007. 66-7.
- 3) 竹藤雅章他. 砂浜歩行における下肢関節角度の評価. 第40回日本人間工学会中四国支部大会講演論文集. 2007. 64-5.
- 4) 島田雅史他. 可操作性による歩行分析. 臨床バイオメカニクス 2010; 31: 377-82.
- 5) 金井秀作他. 下駄を用いた足部内在筋強化の可能性. 靴の医学 2003; 7: 5-8.
- 6) 長岡輝之他. 滑り易い床面における滑らないための歩行様式. 理学療法学 2008; 35: 325.

運動障害を有する患者に対する靴型装具製作の経験

The experience of therapy by custom made shoes for the patient of the movement disorder

¹⁾株式会社 アクロ

²⁾東京女子医科大学 糖尿病センター

³⁾バン産商株式会社フスウントシュー インスティテュート

¹⁾Acro Inc

²⁾Tokyo Women's Medical University

³⁾Fuss und Schuh Insitut, Vansan-sho. Inc

上村 悦史¹⁾, 新城 孝道²⁾, 遠藤 拓³⁾
Etsushi Kamimura¹⁾, Takamichi Shinjou²⁾, Hiraku Endou³⁾

Key words : 運動障害 (Movement Disorder), 靴型装具 (Shoe Orhoses)

要 旨

麻痺性疾患などによる運動障害を有する患者への装具療法として、長下肢装具・短下肢装具がある。上記の患者には、治療後に残った変形又は機能障害に対し、日常生活動作などの向上を目的とした更正用装具が処方されていることがある。しかし、麻痺の程度や装着時の煩雑さなどにより、装具に対して抵抗感を持ち、日常的に使用することなく、異常歩行を残したまま長年生活している人も少なからず存在するのが現状である。その大きな理由として「装具の外観の悪さ」に対する抵抗感がある。今回、そのような患者に対し、比較的受け入れのよい装具を製作し、異常歩行の軽減を試み、その経験を報告した。

対象と方法

平成21年7月から12月において、運動障害を有すると診断された女性2名を対象とした。

症例1, 68歳女性, 身長154センチ, 体重67キログラム。脳性麻痺による右片麻痺。内反尖足による歩行障害があり、数年ほど前に支柱付き短下肢装具を製作したが、外観を気にしており、歩きづらさを感じるとのことでまったく履かずに生活をしてきた。

装具はなるべく小さい方がよいとの強い希望によりチャッカ型の靴型装具を選択し、採型肢位は足関節背屈位、内反尖足を矯正するための月形延長を施した。踏み返しやすくするためソールはロッカーカーとした。

症例2, 65歳女性, 身長150センチ, 体重45キログラム。脳性麻痺による左片麻痺。装具を装着した経験はなく、普段はスニーカーをはいて生活していた。しかし、5年ほど前から足関節の痛みがあり、人の勧めもあって、4年前に東京女子医科大学に来院、装具の検討に至った。左足関節内反の程

(2010/11/08 受付)

連絡先: 上村 悦史 〒203-0054 東京都東久留米市中央町3-10-3 株式会社 アクロ
TEL 042-471-3999 FAX 042-471-3990
E-mail info@acro-ss.jp



写真1. 症例2の足部
内反が強い

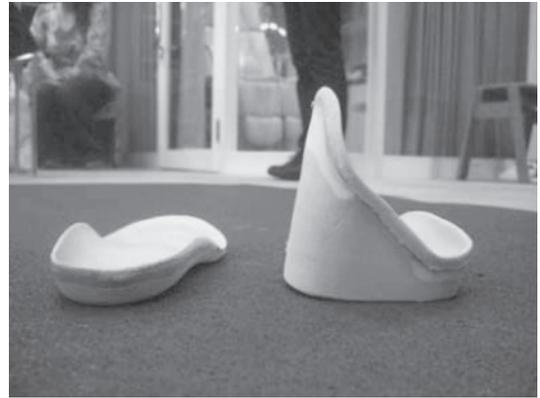


写真2. 症例2のインソール
外果まで覆っている

度はかなり強く、荷重時にはより内反が増強していた。変形の程度から、当初は内反矯正用のTストラップを付属させた両側支柱付き短下肢装具を検討していたが、本人の受けいれを得ることが出来ず、半長靴型の靴型装具を選択した。非荷重で採型を行い、ラストを製作、テストシューズによる荷重時のフィッティングをチェックした。インソールについては、内反矯正のため、インソール外側を外果の上まで立ち上がらせ、靴の月形心も延長した。アウトソールも安定性を高めるため、外側フレアーソールとした。

結果と考察

症例1については、患足遊脚期の内反尖足を矯正する点ではあまり高い効果を得ることが出来なかったが、立脚期に移行する際に安心感があるという感想だった。ロッカーバーは良く機能し、健足の歩幅が大きくなった。

症例2については、患足遊脚時の尖足はしっかりと矯正できてはいなかったが、立脚時の荷重に

よる過度の内反を止めることはできていた。足関節の痛みもかなり軽減したとのことだった。

満足度としては、対象者2名とも高い評価であった。2名とも、現在も今回の装具を使用して日常生活を送っているとのことだった。

装具を製作する立場としては、機能を重視し、耐久性のあるものを作りたい。しかし、装着時の手間や外観の悪さなどの理由で、実際には装着をせずに生活をしている方々も少なくない現状もある。必ずしも症状に対して最適とはいえないが、ある程度装具としての機能を有しつつ、装着者本人の満足感を得、日常的に装着してもらえることを目標とした装具作りも必要なのではないかと考えた。

文 献

- 1) 加倉井周一. 装具学. 第二版. 医歯薬出版; 1997. 1-4.
- 2) 千野直一, 安藤徳彦. リハビリテーションMOOK. 第一版. 金原出版; 2003. 19-20.
- 3) 腰野富久, 白井康正, 生田義和. エッセンシャル整形外科学. 第二版. 東京: 医歯薬出版; 1994. 419-20.

採型手技の標準化の試み

～採型手技によるアーチサポートの差異について～

A trial of standardization of the Modeling Technique

～About a difference of the Arch support by the Modeling Technique～

東名ブレース株式会社¹⁾, 至誠会第二病院 足と靴の医療センター²⁾

Tomeibrace. Co. Ltd, The Institute of Shoes, Foot, and Ankle Disorders, Shiseikai Daini Hospital

曽我 敏雄¹⁾, 山下 敬史¹⁾, 奥村 庄次¹⁾, 井口 傑²⁾

Toshio Soga, Takashi Yamashita, Shoji Okumura, Suguru Inokuchi

Key words : 足底装具 (Insole), 採型手技 (Modeling technique), アーチサポート (Arch support), 差異 (Difference)

要 旨

義肢装具士が装具を作製する際に行う採型方法には、さまざまな手技があり、必ずしも一定しない。足底装具の場合、座位半荷重の状態で行われるが、アーチサポートの高さの細かい指示に、医師と義肢装具士との間に、その基準となる共通の基盤がない。

今回、医師を被験者として、立位、座位半荷重、非荷重の場合による採型をし、足底装具を作製、XPによる画像診断、F-SCANによる計測を行い、被験者の感想とともに比較検討をした。その結果、アーチサポートの性状や形態が医師と義肢装具士との共通の認識となり、足部の疾患により、医師の求める目的もわかった。また、スタート地点である基準を、立位で考え始めることが妥当であると考えた。

緒 言

装具は、医師の処方に基づいて義肢装具士が採型・作製するが、医師と義肢装具士の間には、共通の基盤が必要である。例えば、インソールを作製する際、医師のアーチサポートの高さの細かい指示に、その基準となる共通の基盤がない。現在、作製のスタートになる採型の方法には、ギプス包帯・ポリエチレンフォーム・レーザーキャンなどさまざまな手技があるが、その方法や義肢装具士によって微妙に異なるので、同じ指示が出ても、出来上がりに差が出る。

現在、我々が通常行っている方法は、患者に座位を取らせ、モルディングしたり床面に押し付け、圧をかけたりして行う、いわゆる「座位半荷重」での採型方法(図1)である。より正確に足の形を採ることはもちろん、各義肢装具士が立位荷重時をイメージし、より良い具合にアーチサポートされるように採型やモデル修正を工夫している。しかし、それでは採型者の熟練度や経歴によって異なるものとなる。同一の採型者においても、力のかけ具合によって、アーチサポート高や形状がい

(2010/11/04 受付)

連絡先: 曽我 敏雄 〒259-1147 神奈川県伊勢原市白根 472-5 東名ブレース株式会社関東支店
TEL 0463-92-5578 FAX 0463-92-5582
E-mail sogam@tomeibrace.co.jp



図 1. 座位半荷重での採型

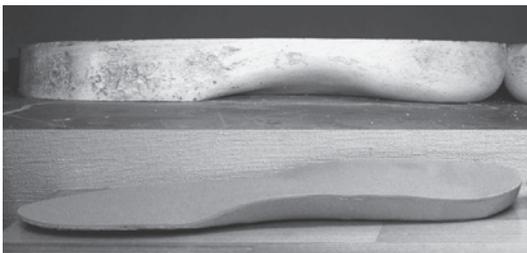


図 2. 立位での採型

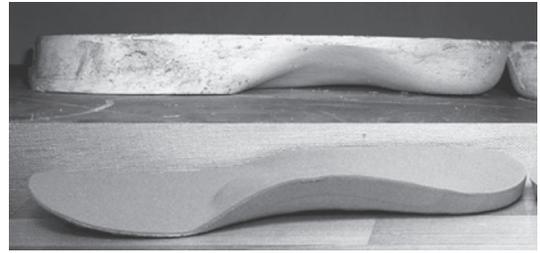


図 3. 座位半荷重での採型

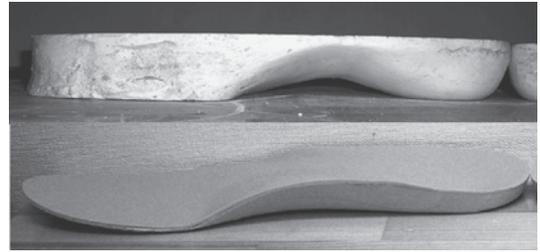


図 4. 非荷重での採型

つも一定のものになるという確実性がない。今まで、「非荷重時と完全荷重時との採型の比較について」や「採型の形状再現の信頼性や正確性について」の報告はあるが、処方医が希望するアーチサポートとの一致性については検討されたことはない。

今回、どのように異なるかを明らかにするため、共同演者である井口傑を被験者として、完全荷重である立位(図2)・義肢装具士の従来の方法である座位半荷重(図3)・非荷重(図4)の3種類の場合による採型をし、それぞれ足底装具を作製した。そして、それらについて、レントゲン画像、F-SCANによる計測を行い、被験者の感想とともに比較検討をしたので報告する。

対象と方法

今回、アーチサポートの作製のためポリエチレンフォームを使用し作製した。非荷重は、足なりになるように何回か合わせて確認し、徐々に押し付けて行った。

高さや形状の比較であるが、最も高い位置は、後から120mm、中心から内側に30mmの点で、3種類とも同じであった。立位が、左15mm・右15mm(図5)、座位半荷重が左22mm・右21mm(図6)、非荷重が左24mm・右25mm(図7)であった。予想通り、立位、座位半荷重、非荷重の順に高かったが、座位半荷重の縦アーチの頂点の高さは、非荷重に近く、非荷重の形状は外側アーチも高かった。

横倉法を用いてレントゲン画像からアーチ高率を計測、比較した。アーチ高率は、裸足の状態では、左47/145で32.4%・右46/146で31.5%(図8)に対し、立位で作製したアーチサポートは、左49/147で33.8%・右49/145で33.7%(図9)、座位半荷重は、左50/147で34.0%・右50/146で34.2%(図10)、非荷重は、左51/144で35.4%・右51/145で35.1%(図11)であった。裸足の状態に比べ、立位、座位半荷重、非荷重の順にサポートされていることがわかった。

F-SCANによる計測を行い、一歩行周期の足圧分布を比較した。(図12)裸足は踵とMP部に圧がかなりかかっているが、立位はそれほど変わって

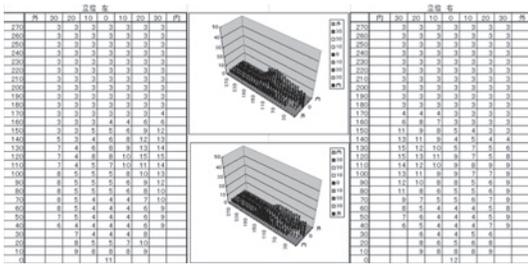


図 5. 立位で作製した形状と厚み

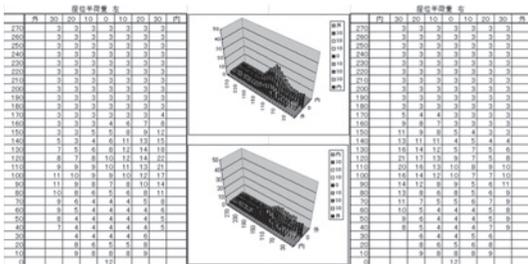


図 6. 座位半荷重で作製した形状と厚み

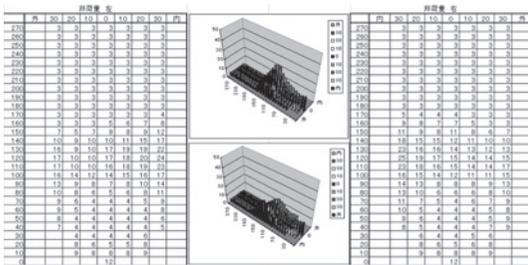


図 7. 非荷重で作製した形状と厚み



図 8. 裸足の XP

おらず、座位半荷重はおおよそ均等に、非荷重は中足部にかなり圧がかかっていた。

実際に装着、使用された感想は、立位(図 13)は、気持ちが良い感じがし、座位半荷重(図 14)は、かなり高く感じ、「矯正されている」が「そうとう



図 9. 立位で作製したアーチサポート



図 10. 座位半荷重で作製したアーチサポート



図 11. 非荷重で作製したアーチサポート

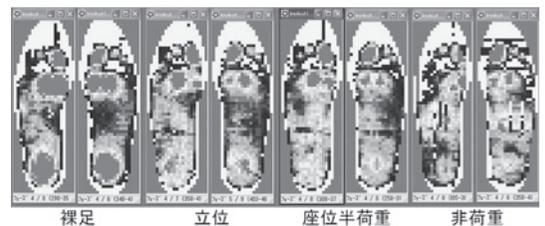


図 12. 一歩行周期の足圧分布

圧迫感や突き上げ感がある」とのことだった。非荷重(図 15)は、土踏まずだけで荷重を受けて、青竹踏みのように前足部や後足部が浮いている感じだった。

結 果

座位半荷重で作製したアーチサポートは、医師の意図する高さよりもかなり高かった。今まで医



図 13. 立位で作製したアーチサポート

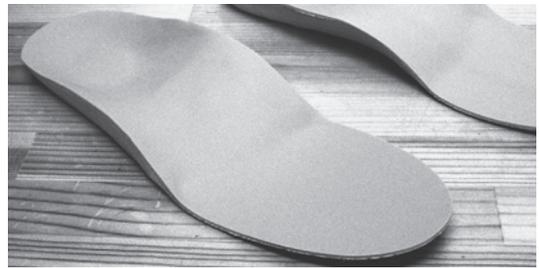


図 15. 非荷重で作製したアーチサポート

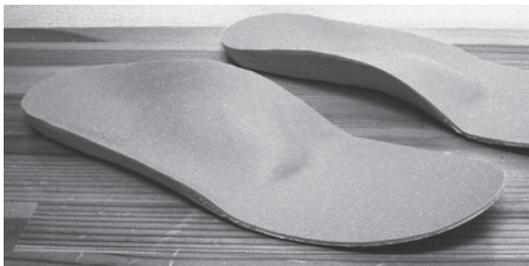


図 14. 座位半荷重で作製したアーチサポート

師は、非荷重が骨の変形を防ぐことの出来る高さだと考えていたが、それ以上に装着し続けられないほどの辛さがある高さであった。立位で採型したアーチサポートは、アーチがつぶれて低すぎるように考えていたが、意外にも、ほど良いアーチサポートの具合であった。

考 察

座位半荷重は、義肢装具士の意図することが加わっているため、スタート地点である基準は、立位で考え始めるのが妥当であろう。慣れた義肢装具士であれば医師と通じ合っているため、高目か低目かくらいはわかるが、医師と義肢装具士との間に認識の差が出ないようにすべきであると考えられる。

アーチサポートの処方では、中足部の痛みに対して、ストレスが原因であると考えられるので、例えば、アーチサポートの高さは「高め」と処方される場合が多い。対して、前足部・後足部の痛みは、足底圧の集中による圧迫が考えられるので、例えば、アーチサポートの高さは「低め」でMP

やかかとの素材を柔らかく工夫して処方されることが多い。重要なのは、それら、医師の意図する処方を作製されたアーチサポートに確実に反映すべきという点であると考えられる。

結 語

治療目的において、医師と義肢装具士とのスタート地点である基準を、立位にしてはどうか。今回の結果、採型手技により違った高さや形状で作製されること、立位での採型は基準となりやすいことがわかった。その性状や形態が医師と義肢装具士との共通の認識となり、足部の疾患により医師の足底装具アーチサポートに求める目的もわかった。今回は $n=1$ の報告であり、これがすべてではないが、感覚というものを問題点とする実験系は1例1例が積み重ねられて確認されることである。今後実証していきたい。

今後の展開としては、今回の結果を共通に認識として装具に反映するとともに、立位で採型したアーチサポートを基準とし、「それよりもどのくらいどうなのか？」というスケールの作成に試みながら、将来的には、誰でも同じように採型できる治具の開発などに努めていきたいと考える。

文 献

- 1) 井口 傑. 足のクリニック II～手術書に書けなかったこと～. 東京: 南江堂; 2008. 167-84.
- 2) 加倉井周一(編). 装具学. 第3版. 東京: 医歯薬出版; 2003. 17-50.
- 3) 石塚忠雄. 新しい靴と足の医学. 第1版. 東京: 金原出版; 2000. 1-9.

高齢者における外反・背屈靴下の着用効果

Effect of socks with strap assisting for the ankle eversion/dorsiflexion in elderly person

¹福原リハビリテーション整形外科・内科医院

²広島大学大学院保健学研究科

³株式会社コーポレーションパールスター

¹Fukuhara Rehabilitation Orthopedic and Medicine Clinic

²Graduate School of Health Sciences, Hiroshima University

³Corporation Pearl Star Ltd.

平山真由子¹, 浦辺 幸夫², 新宅 悦雄³
Mayuko Hirayama¹, Yukio Urabe², Etsuo Shintaku³

Key words : 脳梗塞後遺症 (hangover from cerebral infraction), 靴下 (socks), 高齢者 (elderly person)

要 旨

脳梗塞後遺症や足部末梢神経麻痺による下垂足の改善を目的に開発された「外反・背屈補助靴下」(以下: ストラップ付き靴下)の使用効果を調査するため, 市販靴下とストラップ付き靴下使用時の足関節背屈角度の改善を測定することを目的とした。対象は, 脳梗塞後遺症者(以下: 有疾患群)7名と足部に既往のない65歳以上の一般高齢者(以下: 無疾患群)7名とした。足関節下垂角度, 段差角度, 歩行角度, 10m歩行時間とその歩数および最大1歩幅を市販靴下とストラップ付き靴下にて測定し, 各測定項目を比較した。ストラップ靴下使用による変化(改善)量の平均は, 有疾患群での下垂角度は平均12.3°, 段差角度は6.3°, 歩行角

度は10.0°, 10m歩行時間は-3.1秒, 歩数は-3.5歩, 最大1歩幅は7.6cmであった。同様に, 無疾患群ではそれぞれ12.3°, 7.0°, 11.4°, -1.1秒, -1.4歩, 5.1cmであった。両群ともに下垂角度と段差角度で有意な改善を認めた($p < 0.05$)。装具ではなく, 日常用品である靴下で足関節の背屈を促すことで, 外見を気にしなくてよい補助具のひとつとして装具療法で選択できる可能性が示唆された。

緒 言

脳卒中の下垂足あるいは内反尖足に対して, ではAFO(ankle foot orthosis)の処方が最も多く, 適切なAFOはADLの向上に重要な役割をもっている¹⁾。しかし, 外観面や装着時の困難さのために家庭復帰後にAFOを使用できず, ADLが低下してしまう症例を経験する。使用者には, おしゃれをして外出したいという希望をもつ例も少なくない。これらの問題を解決する目的で広島大学と株式会社コーポレーションパールスターが共同開発した歩行補助具「ストラップ付き外反・背屈補助

(2010/10/21 受付)

連絡先: 平山真由子 〒731-5135 佐伯区海老園2-9-22
福原リハビリテーション整形外科・内科医院
TEL(病院) 082-925-0555
E-mail mayuko-0114@ninus.ocn.ne.jp

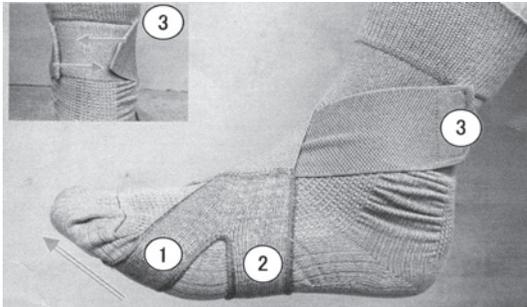


図 1. ストラップ付き外反・背屈補助靴下
①足趾伸展・足関節背屈機能
②ウインドラス機能
③内反・外反矯正

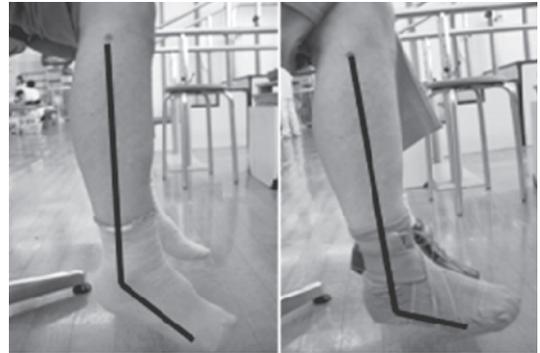


図 2. 片手での装着場面

靴下 (特願 2009-134544 号) (図 1) を用い、その効果について調査することを目的とした。

ストラップ付き外反・背屈補助靴下 (以下: ストラップ靴下) は、足関節の内反尖足の改善を目的に開発された。機能と構造については、既存の転倒予防靴下にストラップを付属したものである。ストラップにより内反尖足の改善を促し、ウインドラス機能の補助、足関節背屈への補助が促される。そして転倒予防靴下の効果である足趾伸展機能が付加され、歩行をアシストするものである。さらに、片麻痺者での着脱を可能にするため、靴下本体は既存の転倒予防靴下 (コーポレーションパルスター) を改良し、柔軟な素材を用いた。

ストラップには、輪をつけて手指に引っかけて



1. 下垂位角度



2. 段差角度



3. 歩行角度

図 3

片手で装着できるよう工夫した。さらに色分けすることで左右の間違いを防ぐようにした。(図 2)

対象と方法

本研究の趣旨に同意を得られた、脳梗塞を呈し足部に麻痺のある有疾患群 7 名と、足部に既往の

表 1-1. 有疾患群の測定結果と変化量

(*p<0.05)

有疾患群 (n=7)	下垂位角度 (°)	段差角度 (°)	歩行角度 (°)	10m 歩行時間 (秒)	歩数 (歩)	最大1歩幅 (cm)
市販	-39.3±6.5	-3.3±5.8	-11.3±6.2	26.1±31.8	35.8±26.5	49.5±14.3
ストラップ	-27.0±6.0	3.0±2.4	-1.3±13.0	23.0±28.3	32.3±21.8	57.2±15.6
変化量	12.3*	6.3*	10.0	-3.1	-3.5	7.6

表 1-2. 無疾患群の測定結果と変化量

(*p<0.05)

無疾患群 (n=7)	下垂位角度 (°)	段差角度 (°)	歩行角度 (°)	10m 歩行時間 (秒)	歩数 (歩)	最大1歩幅 (cm)
市販	-36.0±7.7	-5.3±9.1	-2.9±12.9	9.6±4.2	19.3±4.4	63.5±24.1
ストラップ	-23.7±8.6	-1.7±2.3	8.6±5.6	8.6±3.2	17.9±3.3	68.6±26.7
変化量	12.3*	7.0*	11.4	-1.1	-1.4	5.1

ない 65 歳以上の無疾患群 7 名を対象とした。

有疾患群の Brunnstrom stage は、IV5 名、V2 名であった。有疾患群では、年齢 (平均±SD) は 67.8±5.5 歳、身長は 155.3±5.8cm、体重は 60.8±11.1kg であり、無疾患群の年齢は 78.2±5.0、身長は 149.8±6.2cm、体重は 51.8±8.0kg であった。

測定項目は、安静端座位時の足関節底屈角度 (以下：下垂角度) (図 3-1)、25cm の台の昇降時における踵接地時の足関節背屈角度 (以下：段差角度) (図 3-2)、歩行時の踵接地時の足関節背屈角度 (以下：歩行角度) (図 3-3)、10m 歩行時間、その歩数および最大 1 歩幅とし、それぞれ市販靴下とストラップ靴下の 2 条件で測定を行った。

それぞれ、角度の測定には腓骨頭、外果、第 5 中足骨底にマーカーを付つけて動画を撮影し、静止画面上から角度解析ソフトで足関節角度の測定を行った。

結 果

ストラップ靴下使用による各項目での平均値は、有疾患群での下垂角度は -39.3° から -27.0° に、段差角度は -3.3° から 3.0° に、歩行角度は -11.3° から -1.3° への改善が認められた。以下の項目は変化量を示す。10m 歩行時間は -3.1 秒と短縮し、歩数

は -3.5 歩となり歩幅の拡大が認められ、最大 1 歩幅では 7.6cm の拡大となった。(表 1-1) 同様に、無疾患群での下垂位角度は -36.0° から -23.7° に、段差角度は -5.3° から 1.7° に、歩行角度は -2.9° から 8.6° への改善が認められた。その他の項目に関しては表を参照。(表 1-2)

考 察

ストラップ使用により、内反尖足が改善され、内側縦アーチの要素である内在筋をアシストするためウィンドラス機能が補助される。足関節背屈機能に関しても、ストラップを巻くことで足関節の固定に作用する。また、転倒予防靴下の構造上足趾伸展が促され、足趾離地以降の蹴り出し円滑となると考えられる。今回の研究では、下垂位角度を両群ともに 12.3° 改善させることができた。本靴下はストラップとペアで足関節の背屈を促し、内反尖足の改善効果を期待したものである。最大の特徴として、普通の靴が履ける意義は大きい。

ストラップ靴下使用により、段差角度は 6.3°、歩行角度は 10° と、通常歩行を行うのに十分矯正されたことも特記すべき点であるといえる。

足関節における静的アライメントが改善され、歩行動作の安定性の向上につながるという報告が

らも²⁾、ストラップ付き靴下で足関節背屈を促せたという結果は、今後の装具療法への期待が高まるものである。

高齢者と転倒の関係については、高齢者の20%は1年に1度転倒しているというものや³⁾、加齢にともなう踵接地期における足関節背屈角度の減少などが高齢者の歩幅減少や歩行速度低下の要因となる⁴⁾。さらに、足関節背屈角度の制限は、重心移動制限をもたらすバランス障害の強い要因となるとの報告が多数あり⁵⁾、今回の結果では、有疾患群のみならず無疾患群でも各動作の測定中に下垂位を示した者がいた。しかし、ストラップ付き靴下の使用により足関節底屈角度が改善され、歩行速度の減少と歩幅の減少が認められた。

これらは、ストラップの伸張力により足関節背屈や内・外反を制御し、足関節の固定力が向上されたからだと考えた。そして、足関節背屈の可動性が増加したことで重心移動は容易となり、本靴下は転倒予防の面での有効性も示唆される。

最後に、対象については脳梗塞後遺症患者では膝関節のコントロールが可能なBrunnstrom stage IVからVIでの使用の可能性を考案中である。ストラップ本体で足関節を背屈方向へ促す効果があるため、わずかに足関節背屈機能が残存している

対象であればさらに背屈を促す効果が期待され、残存していない対象に関しても膝関節のコントロールが可能であれば踵接地を促す効果がある。また、足部末梢神経麻痺やポリオでの使用も効果的である可能性があり、AFOに並び装具療法のひとつとして選択できる可能性が示唆された。

研究の統括

1. 有疾患群と無疾患群で、ストラップ付き靴下と市販靴下の比較を行った
2. 下垂位角度と段差角度では、有意な改善が認められた
3. 歩装具のひとつとして、有効性が示唆された
4. 今後の展望としてデータ収集を継続し、耐久性等の調を加え、商品化を進める

文 献

- 1) 渡辺英夫. 脳卒中の下肢装具. 東京：医学書院；2007. 11.
- 2) 福田浩史. 高齢者特有の足部機能障害と理学療法. 理学療法 2007;24 (5):692-701.
- 3) 鈴木隆雄. 高齢者の転倒事故. Journal of rehabilitation 2001;11 (10):955-9.
- 4) 植松光俊. 高齢者の歩行特性. 理学療法 2001;18(4):382-92.
- 5) 星 文彦. 高齢者の加齢変化と転倒要因. PT ジャーナル 2002;36 (5):307-14.

異なる方法で成型された熱可塑性インソールが 歩行時 COP 軌跡変動量に与える影響

Effects of thermoplastic insoles molded by different methods on distribution in center of pressure of foot during gait

¹⁾(有) ふらむはあとリハビリねっと

²⁾甲南女子大学看護リハビリテーション学部理学療法学科

¹⁾FURAMHEART REHAB. NET. Co, Ltd

²⁾Faculty of Nursing and Rehabilitation, Konan Women's University

小林 裕和¹⁾, 伊藤 浩充²⁾, 安倍 浩之¹⁾, 下 嘉幸¹⁾

Hirokazu Kobayashi¹⁾, Hiromitu Itoh²⁾, Hiroyuki Abe¹⁾, Yoshiyuki Shimo¹⁾

Key words : 熱可塑性インソール (thermoplastic insoles), 成型方法 (molding method), COP 軌跡 (center of pressure of foot)

要 旨

本研究の目的は、座位成型法(インソール A)と立位成型法(インソール B)で作製されたインソールが歩行時の COP 軌跡変動量に与える影響を明確にすることである。18名の女性を対象とし、縦・横2方向の COP 軌跡の変動係数(CV)を算出し、2種類のインソール間で比較検討した。結果、CV 横成分ではインソール A と B は Sham インソールと比較し有意に低値を示し、CV 縦成分ではインソール A のみ Sham インソールと比較し有意に低値を示した。以上のことからどちらの成型方法も COP 軌跡変動量の減少を引き起こすが、座位成型法の方がより少ないことが明らかとなった。

a) 緒 言

足部機能障害に対する理学療法アプローチの一つとして足底挿板(以下インソール)療法がある。インソールの主な効果としては、足部や全身のアーライメントの矯正¹⁾、荷重時の関節痛などの除痛²⁾、歩行における接地時の緩衝機能の改善³⁾、歩行時の空間時間的変数の改善⁴⁾等様々な観点から数多く報告されている。しかし、インソールには、材質や形態、成型方法の違いなどさまざまなタイプがあり、材質や成型方法などによる個別の効果については不明な点が多い。我々は、熱可塑性インソールを用い、Root ら⁵⁾の推奨する座位成型法と Hicks ら⁶⁾が提唱する立位成型法に着目し、成型方法の違いによる足部外部形状や歩行時の足底圧の変化⁷⁾や、歩行時の空間時間的変数の変化⁸⁾、歩行時の足圧中心(以下 COP)軌跡の変化について報告してきた。その結果では、どちらの成型方法でも足部の形状においては、内側縦アーチと前足部の横アーチを挙上させた。また、歩行中の足底圧や COP 軌跡が

(2010/10/29 受付)

連絡先: 小林 裕和 〒917-0075 福井県小浜市南川町
12-13 (有) ふらむはあとリハビリねっと
TEL 0770-53-3028 FAX 0770-53-3018
E-mail furam@khaki.plala.or.jp

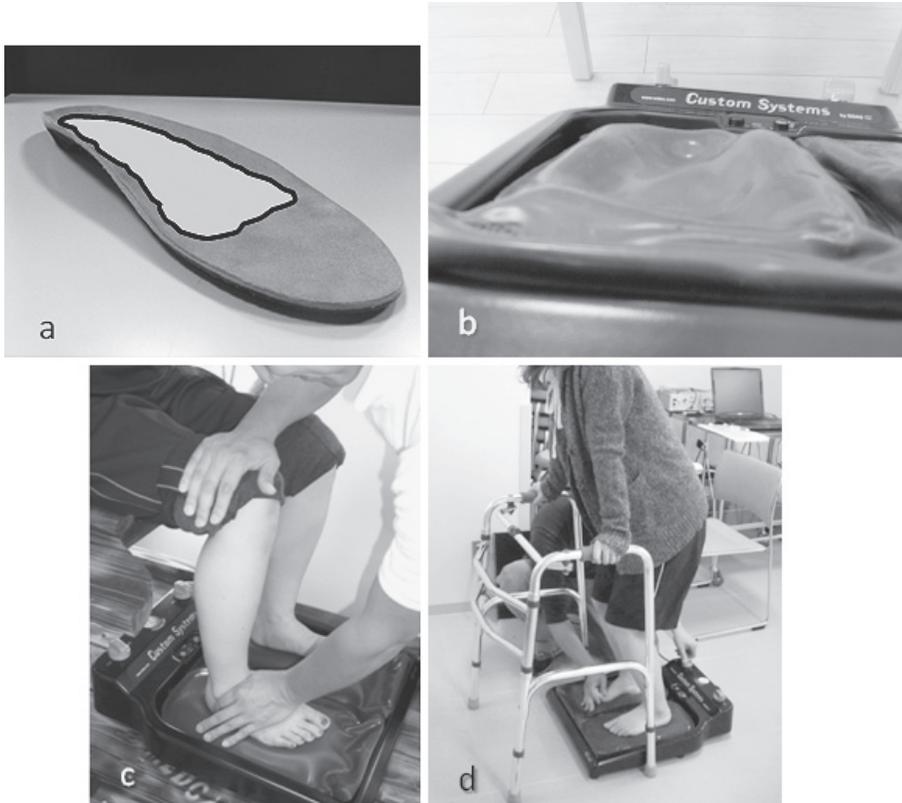


図1. 熱可塑性インソールと成型方法

- a. 熱可塑性インソール（マーク部にヒートプラスティック内挿）
- b. SIDAS 社製シリコンバキューム式成型器
- c. 座位成型法
- d. 立位成型法

ら、座位成型法の方が中足部と前足部での回内誘導が大きいことが特徴的であることが明らかとなった。

歩行中の COP 軌跡は一定軌跡を描くが、ある程度、側方および前後方向に変動する。本研究の目的は、これら2種類の方法で作製されたインソールが歩行時 COP 軌跡変動量に与える影響を検証することである。そして、座位成型法で作製されたインソールがより足部の運動を制動することで COP 軌跡変動量が小さくなるという仮説のもと比較検討を行った。

b) 対象と方法

1) 対象

下肢に整形外科的疾患や急性外傷がなく、足部・足関節に顕著な可動域制限や神経学的な問題のない健常成人女性 18 名とした。平均年齢は 19.9 歳、平均身長は 159.2 ± 6.8 cm、平均体重は 52.2 ± 8.0 kg、平均 BMI は 20.5 ± 1.7 であった。本研究は、ヘルシンキ宣言に基づき甲南女子大学倫理委員会の承認を得た上で被験者には口頭ならびに書面にて研究の趣旨と目的および内容を説明し、本研究への協力に同意を得て実施した。

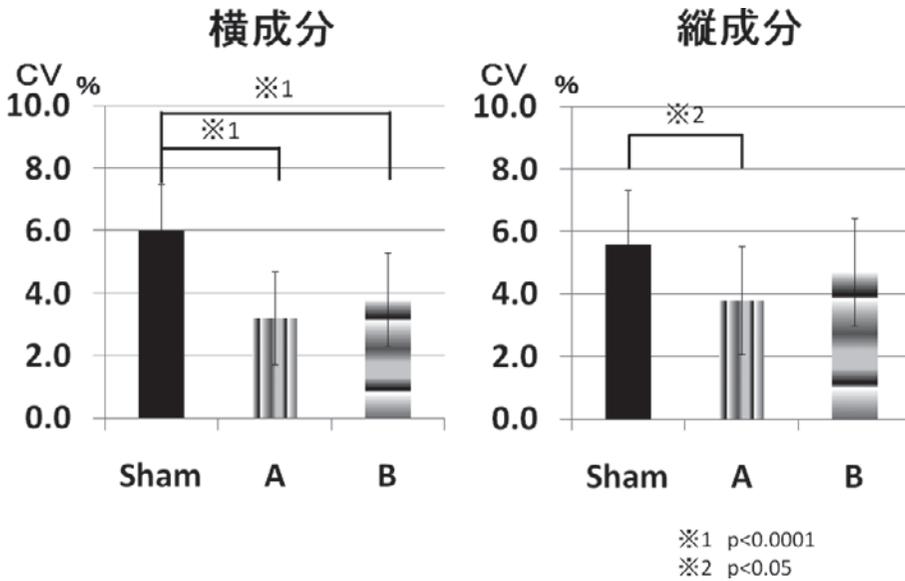


図2. 歩行時 COP 軌跡の変動係数 (CV) の比較

2) インソールの成型方法

インソールの作製は立位成型法と座位成型法の2種類とし、それらを装着して歩行時の COP 軌跡を計測した。本研究に使用したインソールの材質は、熱可塑性のヒートプラスティック内挿の3層構造一体型インソール (Schein 社製) である。(図 1a) インソールの成型にはシリコンバキューム式成型器 (SIDAS 社製) を使用した。(図 1b) 座位成型法(図 1c)で作製されたインソールをインソール A、立位成型法(図 1d)で作製されたインソールをインソール B とした。また、被験者には同じ靴を履かせその靴に使用されているインソールを Sham インソールとした。

3) 歩行時 COP 軌跡の計測

歩行立脚期における COP 軌跡を足底圧分布測定システム F-SCAN Version 5.23(ニッタ株式会社)を用いて計測した。具体的には、まず、左右両足の靴内にシートタイプのセンサーを挿入し、その上にインソールを挿入した。歩行条件は、直線 10 m の自由歩行とし、テスト歩行回数は 5 回とした。センサーから送られる歩行中の足底圧信号を A/D ボードを介して 60Hz で PC に取り込み、記録・保

存した。得られたデータのうち 1 回の歩行につき定常歩行となる 4 歩目以降で最後の 2 歩を除いた右足のデータを解析に用いた。

得られた COP 軌跡の 1/60 秒毎に変位する方向ベクトルを足横軸方向(横成分)と足長軸方向(縦成分)に分解した。そして、10m、5 回歩行で得られた歩数分の平均値と標準偏差および変動係数(以下 CV) を算出した。

4) 統計学的分析

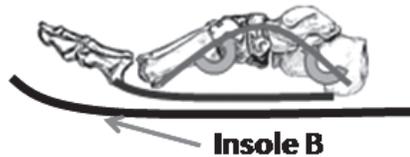
統計学的検定には、Stat view 5.0J を用いて COP 軌跡の横成分と縦成分の CV を 3 群間で比較検討した。群間比較には反復測定の一元配置分散分析を用い、Post hoc テストには Scheffe 法を行い、危険率 5% 未満を有意水準として判定した。

c) 結果

COP 軌跡における方向ベクトルの横成分と縦成分それぞれの CV の比較結果を図 2 に示す。CV 横成分ではインソール A は平均 3.2%、インソール B は平均 3.8% であり、Sham インソールが平均 6.0% であったのに比べ有意に低値 ($p < 0.0001$) を示した。また CV 縦成分では、インソール A は 3.8% で、

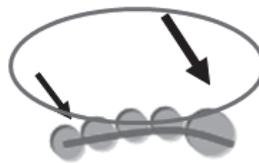
内側縦アーチ

- 強制的で高いアーチ
- 内側縦アーチの拳上
- 外側縦アーチの拳上
- 過緊張した足底腱膜等の足底組織



横アーチ

- 横アーチの扁平化
- 中足部の回外
- 前足部の回外



回内誘導

図3. 立位成型法（インソール B）が足部に与える影響

Sham インソールの 5.6% に比して有意に低値 ($p < 0.05$) を示した。インソール A と B の間では、有意な差は認められなかったが、インソール A の方がインソール B より小さい傾向にあった。

d) 考 察

本岡ら⁹⁾は、歩行中の COP 軌跡のパターンには、大きく分けて内側型、中央型、外側型が、あると報告し、また桜井ら¹⁰⁾は健康成人の歩行時の COP 軌跡は多様性に富んでいることを報告している。この COP 軌跡のパターンを左右する因子として足部の形状、距骨下関節や横足根関節の可動性、第 1 列や第 5 列の可動性等、足部の様々な要因があげられる。これらの関節運動を制動したり、誘導したりする目的でインソールは成型される。大橋ら¹¹⁾は、インソールによって足部運動の自由度が減少

することを、入谷¹²⁾は足部の過剰な動きの制動や適切な方向への誘導が引き起こることを、Guldemond ら¹³⁾は足部アライメントの力学的コントロールが生じることを報告している。

本研究では、COP 軌跡の変動量がインソール A でも B でも横成分で減少し、インソール A ではさらに縦成分の減少も見られた。これは、足部の関節運動が横方向や縦方向に制動されていることを示していると考えられる。特に、インソール A では横方向と縦方向の両方向に制動効果があると考えられる。

立位成型法は、荷重を加えた状態で Windlass mechanism により足底腱膜等を緊張させて足部の剛性が高まった状態でアーチ構造を型取っている。そのため、インソール B 装着時には足底腱膜等の足底組織は成型時よりも緊張が緩和され、関節運

内側縦アーチ

- ドーム状の生理的なアーチ
- 内側縦アーチの挙上
- 外側縦アーチの低下
- リラックスした足底腱膜等の足底組織



横アーチ

- ドーム状の生理的なアーチ
- 中足部の回外
- 前足部の相対的な回内



図4. 座位成型法（インソール A）が足部に与える影響

動がある程度許容される状態となっていることが考えられる。（図3）

一方、座位成型法は非荷重で足底腱膜等の足底組織の緊張を緩めた状態でドーム状にアーチを成型しているため、インソール A 装着時の足部の剛性はインソール B 装着時よりも高くなり、関節運動への制動力が高まったと考えられる。（図4）以上のことから座位成型法も立位成型法も足部の運動を制動し、COP 軌跡変動量の減少を引き起こすが、座位成型法の方がより制動効果が大きいことが推察された。

e) 結 語

本研究では、熱可塑性インソールの異なる成型方法により出来る2種類のインソールが歩行時の

身体機能に与える影響を検討するため、歩行時のCOP 軌跡変動量の比較を行なった。

その結果、成型されたインソールが足部構造を支持することにより運動を一時的に制動することでCOP 軌跡変動量が減少するという変化をもたらした。

今後の課題として、2種類の成型方法の違いが歩行時の関節運動、筋活動、床反力などに、どのような影響を与えるのかを足部の様々な要因も考慮しながら詳細に追求していきたいと考える。

文 献

- 1) 吉村直樹, 蒲田和芳他. 足底板による足部アライメントコントロール～踵方関節の下方からの支持効果に着目して～. J Athletic Rehab 2003; 4: 69-75.
- 2) 木下光雄. 思春期扁平障害の病態と治療. 整形・災害

- 外科 2004;47 (10):1141-6.
- 3) Nester C J, Lindel M L, et al. Effect of foot orthoses on the kinematic and kinetics for normal walking gait. *Gait and Posture* 2003; 17: 180-7.
 - 4) Branthwaite HR, Payton CJ, et al. The effect of simple insole on three-dimensional foot motion during normal walking. *Clin Biomech* 2004; 19: 972-7.
 - 5) Root ML, Weed JH, Orien WP. *Neutral Position Casting Techniques*. Los Angeles: Clin Biomechanics Corp; 1971.
 - 6) Hicks JH. The mechanics of the Foot II The Planter aponeurosis and arch. *J Anat* 1954; 88: 25-31.
 - 7) 小林裕和, 伊藤浩充, 安倍浩之他. 異なる成型方法で成型された熱可塑性インソールが歩行時の足底圧分布に与える影響. *靴の医学* 2009; 23 (2): 9-14.
 - 8) 小林裕和, 伊藤浩充, 安倍浩之他. 異なる方法で成型された熱可塑性インソールが歩行に与える影響. *臨床バイオメカニクス* 2010; 31: 439-44.
 - 9) 本岡 勉, 佛淵孝夫, 田中博史. 健常者の歩行分析—足圧中心は足部外側を通るか—. *日本足の外科学会雑誌* 2005; 26 (2): 22-5.
 - 10) 桜井進一, 坂本雅昭, 中澤理恵他. 健常成人女性の歩行分析—足圧中心軌跡による分類法の検討—. *理学療法科学* 2007; 22 (2): 209-13.
 - 11) 大橋ゆかり. 足底挿板と身体アライメント. *理学療法* 2000; 17 (5): 462-6.
 - 12) 入谷 誠. 痛みに対する足底板療法. *理学療法* 2006; 23 (1): 219-25.
 - 13) Guldemond NA, Leffers P, Sanders AP, et al. Casting methods and plantar pressure—effects of custom made foot orthoses on dynamic plantar pressure distribution—. *JAPMA*, 2006; 96 (1): 9-18.

歩行安全性を考慮したハイヒール用中足骨パットの開発と検証

Development and verification of metatarsal pad for high-heeled shoes that considers walking safety

¹⁾株式会社 AKAISHI

²⁾新潟医療福祉大学 運動機能プロジェクト研究センター

³⁾新潟医療福祉大学大学院 医療福祉研究科

¹⁾AKAISHI CO, LTD.

²⁾Movement & Neuromuscular Research Center, Niigata University of Health and Welfare

³⁾Graduate School of Health and Welfare, Niigata University of Health and Welfare

佐々木博美¹⁾, 阿部 薫²⁾, 赤石 恒一³⁾
Hiromi Sasaki¹⁾, Kaoru Abe²⁾, Kouichi Akaishi³⁾

Key words : ハイヒール (high-heeled shoes), 足底圧 (Plantar pressure), 中足骨骨頭痛 (Metatarsalgia)

要 約

従来型のハイヒール用中足骨骨頭痛対策パットの、不安定感や甲の圧迫などの問題点を考慮した靴底用免荷パットの開発と検討を行った。対象は健常女性9名とし、比較条件は、パット未使用、新構造、従来型の3種類とした。検討内容は、足底圧分布測定により本来の目的機能の評価を行い、重心動揺計や感応評価を用いて、甲の圧迫感や安定感の検討も行った。足底圧分布測定の結果では、新構造において、他の2条件よりも接触平均圧力等で有意な減少がみられた。また、安定性の評価ではヒール面積が狭いサンダルを使用した場合に、従来型に比べ新構造では有意に安定しており、ヒール面積やヒール高により効果が左右されることが

示唆された。

緒 言

近年、外反母趾を筆頭にヒールの高い靴による足への弊害は、広く認識されるようになり、ヒールの低いデザインのパンプスやミュールも多くみられるようになってきた。しかし、冠婚葬祭やビジネスシーンでのやむをえない事情により、痛みを我慢しながら使用している女性も後を絶たないのも現状である。中足骨骨頭痛もその弊害のひとつであるが、最近では、前足部の痛みを軽減するための対策として、PU製の中敷タイプのクッションパットが使用されることが多い。しかし、アッパーが窮屈になることによる弊害が生じたり、ミュールなどは靴底形状が凹になっているために、不安定感が問題となることがある。そこで今回、バタフライロールを応用した中足骨骨頭痛の免荷と安定性保持を目的としたハイヒール用靴底パットの開発を行い、有用性を比較検討した。

(2010/11/01 受付)

連絡先: 佐々木博美 〒421-0103 静岡県静岡市駿河区丸子6955-3 株式会社 AKAISHI 商品開発セクション
TEL 054-256-5551 FAX 054-256-5550
E-mail sasaki@akaishinet.com

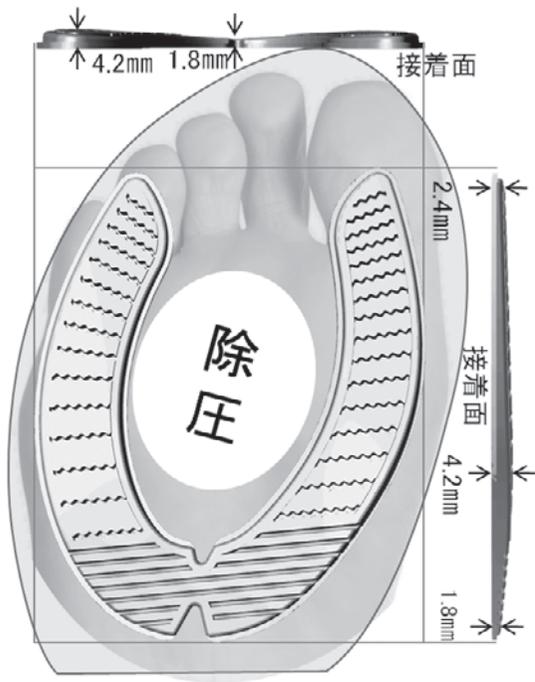


図1. 靴底パットの構造

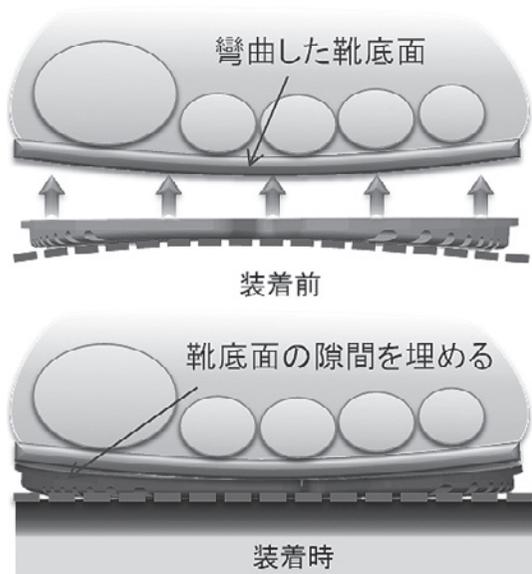


図2. 装着後の隙間埋めの様子

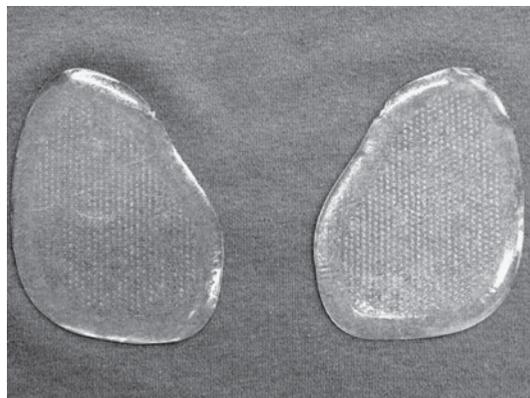


図3. 比較対象とした従来品

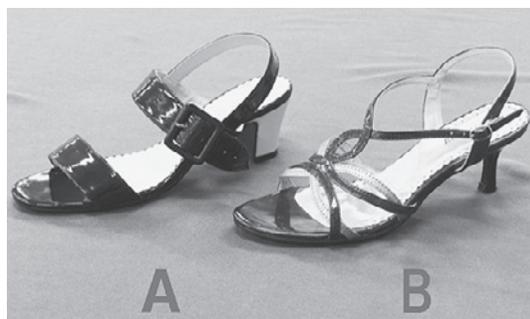


図4. 使用したサンダル

対 象

(1) 対象

対象は健康女性9名(平均年齢 21.8 ± 0.9 歳, 平均身長 158.7 ± 2.1 cm, 平均体重 52.6 ± 2.4 kg, ヒールの長時間使用による疼痛経験有り8/9名)とし, ストッキングなどを使用しない裸足での測定を行った. なお, 被験者には研究の目的, 方法, など十分説明し同意を得た上で行った.

(2) 構造

本法では, 中敷きタイプの従来品では前足部や甲の部分を圧迫してしまうため, 靴底に貼るタイプのものを検討した. 矯正靴で用いられるバタフライロールを応用した形状(図1)になっており, 中足骨骨頭下の圧力の免荷とミュールやサンダルに多い, 靴底面の隙間を埋める歩行時の安定性を

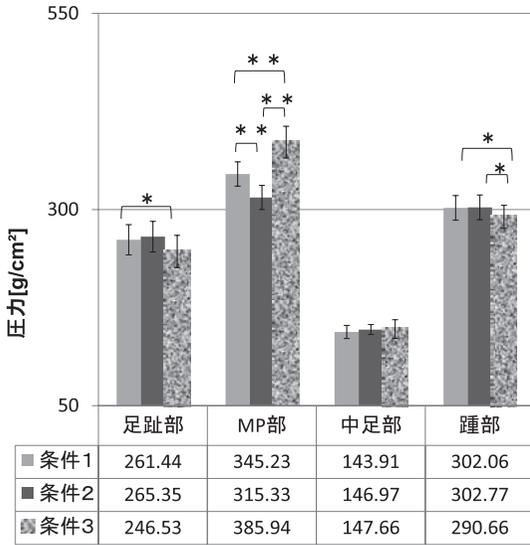


図5. 足部4分割領域における接触平均圧力

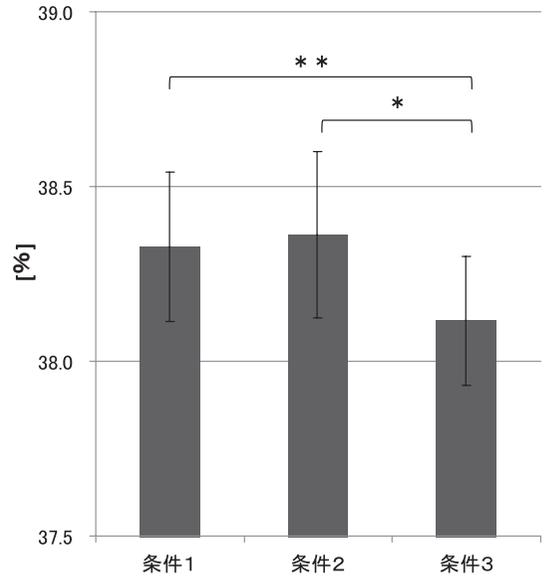


図7. 1歩行周期における単脚支持期の割合

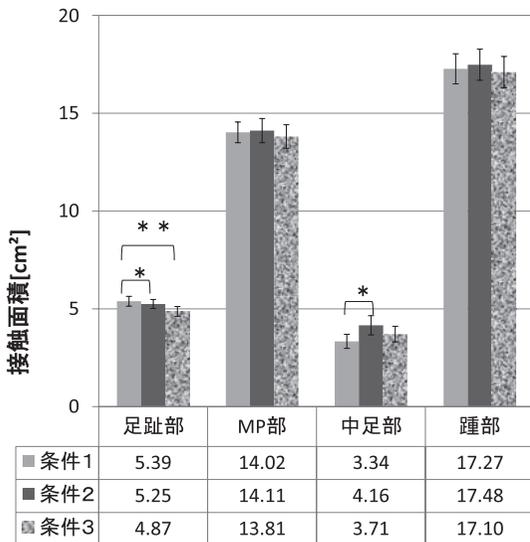


図6. 足部4分割領域における接触面積

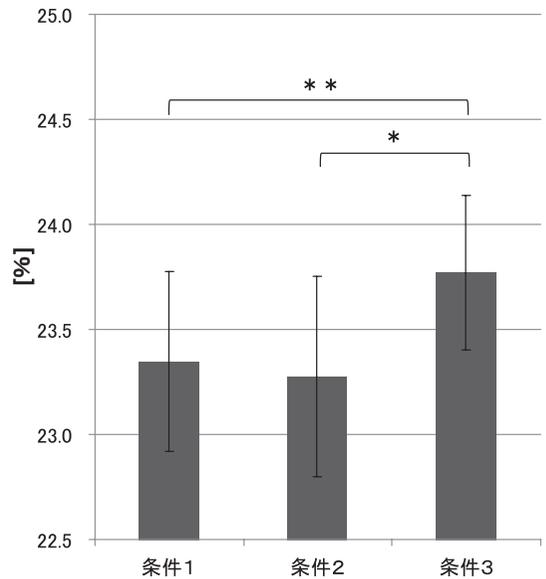


図8. 1歩行周期における両脚支持期の割合

高める構造(図2)になっている。材質は合成発泡ゴムを使用、硬度はASKER C 44 (JIS K 7312)に設定。

方法

(1) 比較条件

パッド類未使用を条件1, 新構造の靴底パッドを

条件2とし, 条件3には一般に市販されているポリウレタン製従来型中敷きパッド(硬度: ASKER C 26 厚さ: 25mm) のものを使用。(図3)

(2) 靴条件

使用したヒールはバックベルト付きのサンダルA(図4)で, ヒール高は販売店での販売量の多い

表1. 開眼片足時のCOG総軌跡長[cm]

比較条件	サンダル A	サンダル B
条件 1	145.3±10.6	142.1±10.7
条件 2	137.8±7.5	137.6±9.3
条件 3	145.9±9.2	150.2±13.2

6.0cm, ヒール面積は 8.48cm² のものを使用した。また, 安定性の評価では, ヒール面積の影響も考慮するため, ヒール高 6.0cm でヒール面積 1.32cm² の細いヒール B での検討も行った。サンダル A と B はヒール高以外の重量や前足部面積などの条件も極力同じものを選び使用している。

(3) 計測方法

まず, トレッドミル上での 3km/h 歩行中の足底圧分布を F-スキャン(ニッタ株式会社)で 100Hz, 一分間計測を行い, 解析には連続する 30 歩行周期分を抽出・解析を行った。また, 安定性の評価は, グラビコーダ G-5000(アニメ株式会社)を用いて, 開眼片足時の COG を 1 分間計測, 各手技間の休憩時間を 5 分と設定し, 試行順はランダムとした。片足立ち時の支持足は, 初回の試行時に被検者自身の任意とした上で, 以降は初回と同じ足での計測を行っている。

(4) 統計分析

各条件間の比較は対応のある T 検定を用いた。

結 果

(1) 足底圧分布測定

足部 4 分割領域における接触平均圧力は, MP 部では, 他の 2 条件より条件 2 が有意に減少しており ($p < 0.01$) (図 5), 接触ピーク圧力の平均値も同様の傾向を示していた。また, 条件 3 では, 足趾部, 踵部で, 有意に減少する傾向があり ($p < 0.05$), 足趾部では接触面積の減少も同様にみられた。(図 6) 前後方向の COF 軌跡長も, 条件 3 では, 短縮しており, 特に踵側後方の短縮が顕著にあらわれた。

(2) 時間因子

図 7 は, F-スキャンにおいて計測された 1 歩行周

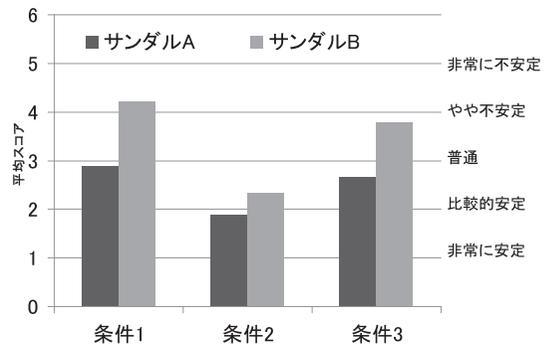


図 9. 自由歩行後の安定感

期における単脚支持期の割合を左右で平均したものであるが, 条件 3 では他の 2 条件に比べ有意に短くなっており, それと相反する形で両脚支持期が有意に増加していた。(図 8)

(3) 片足重心動揺および感応評価

サンダル A を用いた計測では, 条件 2 において COG の短縮傾向はみられるものの, 有意な結果は得られなかった。そこで, ヒール面積の狭いサンダル B を用いて試験を行ったところ, 条件 2 と条件 3 で有意差がみられ ($P < 0.05$), 特に左右方向の揺れに影響していることが分かった。(表 1) また, 同様の比較を自由歩行後の感応評価で行ったところ, サンダル A で不安定な評価だった条件ほど, サンダル B との結果の差が大きくなっている。(図 9) 甲の圧迫に関しては, サンダル A で 5 名, サンダル B で 4 名が条件 3 での圧迫感を訴えており, 条件 1, 2 よりも著しく圧迫されていた。

考 察

足底圧分布測定の結果から, 条件 2 の新構造では MP 部および中足骨骨頭下の接触圧力を有意に減少させており, 中足骨骨頭下の圧迫による痛み軽減が示唆された。逆に, 従来型の中敷きパッドでは, 裸足以上に MP 部を圧迫しているのではないかと考えられた。原因としては甲の圧迫や歩行の不安定さが要因の一つとなっており, その結果が COF や単脚支持期の短縮, 両脚支持期の延長に現れていると推測される。また, 歩行安定性の

面から考えた場合、新構造では、パットつけない場合よりも有効ではあるが、ヒールの面積によっても影響を受けており、ヒール面積が大きい場合は、有意ではなく、ヒール面積が小さいほど、安定性に関与していることが、片足重心動揺や感応評価から考えられた。

今回の結果から、本構造は、従来型の中敷きタイプのパッドにみられる甲の圧迫、不安定感を解消した中足部免荷構造であることが確認され、健康足における第2,3趾中足骨頭下の免荷が示された。しかし、実際の疼痛の改善や開張足などの足部変形を伴う足の場合の適応は今後の検討課題で

あり、足部疾患の進行度、足部剛性なども考慮に入れた検討を行う。また、メタターサルパッドの併用など、効果的な使用法を模索していきたい。

文 献

- 1) 石塚忠雄. 新しい靴と足の医学. 金原出版; 1992. 59-92.
- 2) 武田 功訳. ペリー歩行分析 正常歩行と異常歩行. 医歯薬出版; 2007. 2-8.
- 3) 月城慶一, 山本澄子, 江原義弘他. 観察による歩行分析. 医学書院; 2005. 5-21.
- 4) 江原義弘, 山本澄子. 臨牀歩行計測入門. 医歯薬出版; 2008. 85-94.
- 5) 赤城家康. 足と靴. フスウントシュー インステイテュー; 2002. 241-9.

インステップ囲付近に作用する締め付け圧が生理心理的な 着衣快適性に及ぼす影響

Effect of Clothes Pressure in the Instep division on the Clothing Comfort

¹⁾信州大学繊維学部, ²⁾佐藤整形外科

¹⁾Faculty of Textile and Technology, Shinshu University

²⁾Sato Orthopedics Clinic

細谷 聡¹⁾, 佐藤 雅人²⁾

Satoshi Hosoya¹⁾, Masato Sato²⁾

Key words : 衣服圧 (clothes pressure), 着衣快適性 (clothing comfort), 心電図 (electrocardiogram)

要 旨

本研究ではインステップ囲付近に作用する締め付け圧と着衣快適性の関係を、生理的および心理的な計測から検討することを目的とした。健常な成人男女 10 名を被験者とし、座位にてマジックテープ式バンドでインステップ囲付近に締め付け圧を 10~50gf/cm² の範囲で 10gf/cm² ずつ段階的に作用させ、その時の心電図計測による生理的ストレス評価および着衣快適感(締め付け感)評価を行なった。その結果、インステップ囲付近に作用する締め付け圧が 20gf/cm² (19.6hPa) の時、着衣快適性が最も高いことが明らかとなった。このことは、着衣快適性に富むフットウェア設計で一つの指標となる可能性が示唆された。

緒 言

靴下は、靴と素足の間で皮膚を保護し、緩衝材としての役目も果たす。また、足を暖かく保つ保温作用、汗を吸収して乾燥させ通気性を確保する機能のほか下腿における衣服としての役割がある。近年、衣服圧による疲労軽減効果などを謳った着圧ソックスが流通しているが、足部に作用する衣服圧と着衣快適性の関係は明確ではない。そこで、本研究ではインステップ囲付近に作用する締め付け圧と着衣快適性の関係を、生理的および心理的な計測から検討することを目的とした。

対象と方法

被験者は、表 1 に示すように健常な成人男女 18 名(男性 15 名, 女性 3 名)である。実験では、椅子に腰かけた姿勢でマジックテープ式バンドを両足のインステップ囲付近に装着し(図 1)、締め付け圧を 10~50gf/cm² (9.8hPa~49.0hPa) の範囲で 10gf/cm² (9.8hPa) ずつ変化させた。図 2 の実験プロトコルは 10gf/cm² (9.8hPa) から 50gf/cm² (49.0

(2010/11/01 受付)

連絡先: 細谷 聡 〒386-8567 長野県上田市常田 3-15-1 信州大学繊維学部創造工学系感性工学課程
TEL 0268-21-5558 FAX 0268-21-5511
E-mail hosoya@shinshu-u.ac.jp

表 1. 被験者

	人数	年齢 (才)	身長 (cm)	足長 (cm)	インステップ囲 (cm)
男性	15	22.3±3.1	169.3±5.8	26.0±0.7	24.5±1.5
女性	3	22.3±0.6	163.0±2.6	23.3±0.3	22.6±0.7



図 1. 圧力センサと装着位置

hPa)へ実施している例であるが、実験に際しては圧作用の順序効果を考慮して締め付け圧の順序は被験者によってランダムにした。圧計測には、エイムアイ・テクノ社製のエアパック式薄型圧力センサを使用した。また、心電図計測はBIOPAC Systems社製MP150およびECGユニットを使用した。さらに、着衣快適感にはSD法(-2点から+2点の5段階)にて評価してもらった。SD法(Semantic Differential Method; 意味微分法)とは、相反する形容詞対を用いて対象を数値的に評価することで、人の情緒的な印象を明らかにする方法である。本研究では、着衣快適感について「快適な—不快な」という対を用いた。なお、これら実験計測は信州大学倫理委員会にて承認されたものである。

次に、生理的な着衣快適性評価のために心電図計測をもとにして心拍変動解析を行なった。図3に示すようにこの解析方法は、心電図からR波を抽出し、RR間隔の時間変動を周波数解析するものである。0.06Hz~0.14Hzの周波数帯域は自律神経系の主に交感神経の活動(ストレスを受けた時に活発になる)を反映し、0.14Hz~0.4Hzは副交感神

経の活動を反映するため、該当する周波数スペクトルの比をもとに安静時と比較して生理的ストレスの大きさを判断できることがわかっている¹⁾。この解析手法は、手術中における外科医のストレス評価²⁾や温泡バスの快適性評価³⁾など様々な分野の研究に活用されている。

結 果

心拍変動解析から得られた生理的ストレス評価を加圧前の安静時を1として示したものが図4である。この図に示すようにインステップ囲付近に作用する締め付け圧が20gf/cm²(19.6hPa)において、40gf/cm²(39.2hPa)および50gf/cm²(49.0hPa)に比べ生理的ストレスが有意に(p<0.05~0.01)低い結果となった。また、締め付け圧が50gf/cm²(49.0hPa)を超えると安静時の値よりも大きくなることがわかった。

図5は締め付け感(着衣快適感)評価である。20gf/cm²(19.6hPa)および30gf/cm²(29.4hPa)の締め付け圧において、図5に示すように他の締め付け圧に比べて有意に(P<0.05~0.01)高い評価になった。さらに、10gf/cm²、40gf/cm²、50gf/cm²(9.8hPa、39.2hPa、49.0hPa)では、着衣快適感(締め付け感)評価が安静時よりも低いことがわかった。

考 察

心拍変動解析による生理的ストレス評価および締め付け感評価の結果から、インステップ囲付近に作用する締め付け圧が20gf/cm²(19.6hPa)の時、着衣快適性が最も高いことが明らかとなった。また、締め付け圧が30gf/cm²(29.4hPa)の場合、締め付け感評価については良好であった。皮膚に対する適度な加圧は、血行が促進するなどの効果を

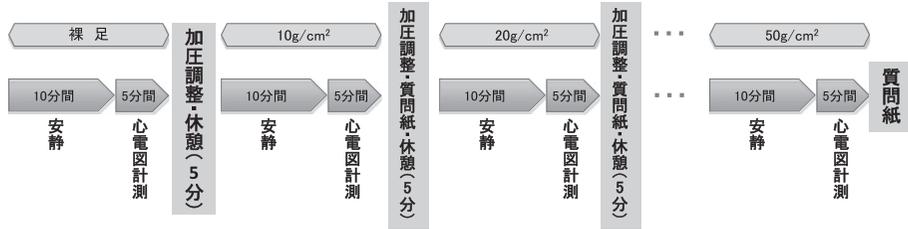


図2. 実験プロトコル

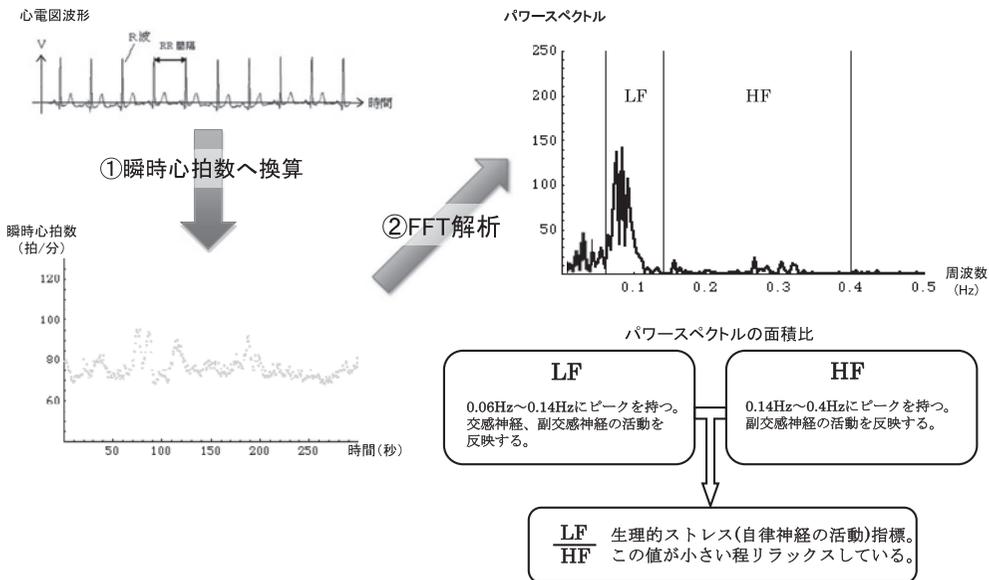


図3. 心拍変動解析

もたらし^{4)~6)}、その結果、生理的ストレスが低減し、良好な着衣快適感をもたらすと推測される。一方、50gf/cm² (49.0hPa)を超えるような比較的高圧の場合は血行が阻害され生理的ストレスが大きくなり着衣快適感が悪くなるのではないかと推測される。

また、今回は実験では被験者にはアットランダムに圧を作用させ、その順序効果を排除して主観的評価および客観的評価から得られる結果の正確性を確保した。その上で、それぞれの評価において適度な締め付け圧が20gf/cm² (19.6hPa)と一致したことから、一連の計測ならびにこの結果は信頼できるものと考えられる。

以上のことから、生理的・心理的に良好な着衣

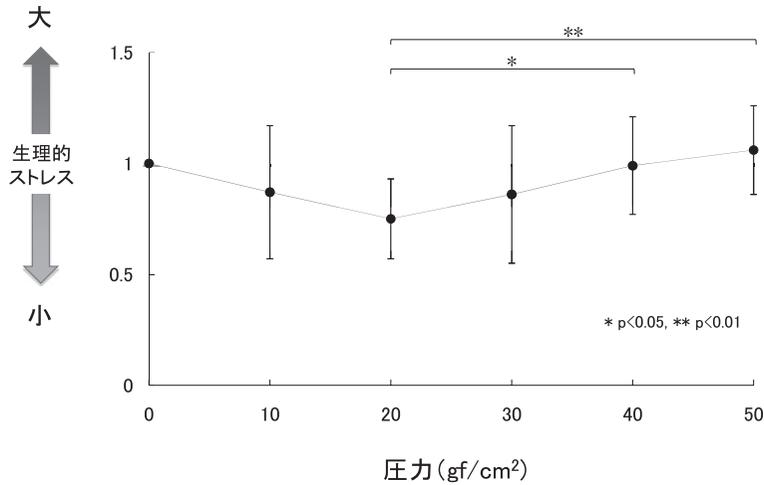
快適性をもたらすインステップ囲付近の締め付け圧(衣服圧)には、適度な値の存在が明らかとなった。

結 語

本研究では、インステップ囲付近に作用する締め付け圧と着衣快適性の関係を、生理的および心理的な計測から検討することを目的とした。以下に結論を示す。

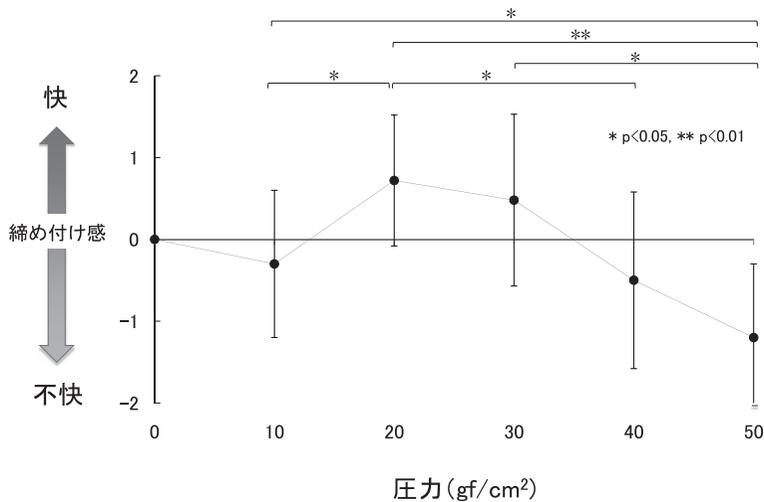
1) インステップ囲付近に作用する締め付け圧が20gf/cm² (19.6hPa)の時、心理的にも生理的にも着衣快適性が最も高い。

2) 生理的・心理的に良好な着衣快適性をもたらすインステップ囲付近の締め付け圧には、適度な



(無加圧(0gf/cm²)・安静時の値を1として標準化)

図4. 生理的ストレス評価



(無加圧(0gf/cm²)・安静時を0として加圧時を評価)

図5. 締め付け感の評価

値が存在する。

これらのことから着衣快適性に富むフットウェア設計で、一つの指標となる可能性が示唆された。

謝辞 本研究は科研費(21500730)の助成を受けたものである。

文献

1) 林 博史. 心拍変動の臨床応用. 第1版. 東京:医学

書院; 1999. 15-6.

2) 堀口寛子他. 手術中における外科医のストレス評価の試み—自律神経活動と血圧変化—. 電子情報通信学会技術研究報告. MBE, MEとバイオサイバネティクス 2005;105 (46):9-12.

3) 長谷川貴之他. 心拍変動による温泡バスの快適性・生体負担度の評価. 電子情報通信学会技術研究報告. MBE, MEとバイオサイバネティクス 2003;102 (727):29-32.

4) 田中希弥他. ガードル着用直後の鼠径部周囲圧迫が足

- 底部皮膚血流量と皮膚表面湿度に及ぼす影響. 日本繊維製品消費科学会誌 1999;40 (3):46-53.
- 5) 伊藤佳代子他. 弾性ストッキングにおける生理的動態の研究—皮膚表面圧, 血流量, 血流速度の変化について—. 富山医薬大医誌 1999;12 (1):48-53.
- 6) 中橋美幸他. 下腿部周径上の加圧割合が皮膚血流量に及ぼす影響. 日本繊維製品消費科学会誌 1998;39(6):64-9.

甲部にかかる圧力値—靴紐の締め付け具合の定量化に向けて—

The value of pressure on shoes instep

—For quantification of shoelace tightening—

新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科

Graduate School of Health and Welfare, Niigata University of Health and Welfare

斎藤 淳, 阿部 薫

Atsushi Saitoh, Kaoru Abe

Key words : 甲部 (instep), 靴紐の締め付け具合 (shoelace tightening)

要 旨

靴紐を締める適切な基準値がないため、靴紐の締め方を示す際に困難をきたす。そこで、甲部の圧力特性より靴紐の締め付け具合の基準値を検討した。対象は普段から甲部を締め付ける靴を使用している健常成人男性 12 名 24 足とし、甲部に段階的に圧力をかけ圧力センサを用いて測定を行った。被験者の靴の履き方を目視により確認したところ、靴を締めて履く群と締めないで履く群に分けられた。いずれの群でも靴を足背荷重値 4.8kg 程度で履くことにより心地良さを感じ、横アーチも上昇した。靴を締める際に 4.8kg 程度の値を甲部へ荷重することが適正であり、靴を快適に履くことができることが示唆された。

緒 言

靴の履き着心地を左右する要因として、靴と足部の適合性があげられる。適合性はあらゆる靴に

対して最重要の機能とされている¹⁾。靴と足部が適合していることにより、足部は靴内部で必要以上の滑り動作が制限され、下肢の易疲労性や疼痛を予防することが可能である²⁾。適合性を高めるため、靴紐などの適合調整装置が足背部に具備されている。靴紐の締め付け加減には個人差があり、その好みや感じ方も様々であろう。適切に靴を履かないと靴擦れなどのトラブルを生じ³⁾、紐靴については靴紐をしっかりと締めて履くことが推奨される。しかしながら、適正な締め付け具合について基準値がないため、靴紐の締め方を示す際に困難をきたす。そこで、適切な靴の締め付けとは何かについて研究を行うこととした。まず甲部の圧力特性を知るために段階的に圧力をかけ、圧力センサを用いて測定を行った。そして適切な締め付け具合を知るために、心地良く感じる値ときつく感じる値を見つけ出し、さらに靴を履くことにより靴内部で起る足部の変化から適正值を検討することを目的とした。なお本研究では、靴紐等を締めたときに甲部へかかる荷重値を足背荷重値、圧力を足背圧力とした。

対 象

対象は普段から甲部を締め付ける靴を使用して

(2010/11/02 受付)

連絡先 : 斎藤 淳 〒950-3198 新潟県新潟市北区島見町 1398 番地 新潟医療福祉大学大学院 靴人間科学研究室
TEL・FAX 025-257-4525 (研究室直通)
E-mail ham09002@nuhw.ac.jp



図1. 足部締め付け器具

いる健常成人男性 12 名, 年齢は 23~29 歳 (平均 25.0 ± 3.5 歳) の 24 足とした。

方 法

(1) 靴の履き方の観察

靴を履くときの靴紐の取り扱いには個人差があるため, 課題動作として被験者に普段靴を履くときの様子を再現してもらい, その動作を観察・記録した。同時に足背荷重値については被験者が使用している紳士靴 (靴紐付き革靴) を用い, 靴下の甲部に面圧分布測定システム I-SCAN (ニッタ株式会社製, 精度: 空間分解能 1.27 [mm], 最大測定圧力 $35 \text{ [kgf/cm}^2] \pm 10\%$) の測定シート (測定面は $56\text{mm} \times 56\text{mm}$, 厚さ 0.1mm) を両面テープで貼付して測定した。

(2) 甲部の測定

1) 足部締め付け器具

被験者の甲部を靴で締め付けているような感覚

が得られる「足部締め付け器具」(図1)を作製した。土台を木で組み足と接地する板はアクリル板を使用した。足部を締め付ける部分は靴のタンを想定し, 靴に用いられる皮革 (表革: カーフ, 裏革: ピックスキン) を張合わせたものを使用した。締め付ける角度はスポーツシューズに用いられているベルト状のシューレースホールを参考にし, 踵を基準として $45^\circ \sim 60^\circ$ で甲部に接触するよう設定した。締め付け機構には登山のアイゼンやスノーボードのバイディングに用いられているラチェットを使用し, 段階的に締め付けが行えるようにした。また, 締め付けの際に起る足底部の滑りを抑制するために, ヒールカップを有するインソールを足底面に設定した。

2) 測定方法

足部締め付け器具を使用して, 被験者の感覚により「心地良い締め付け」, 「きつい締め付け」の 2 条件を設定した。測定時間は各 5 秒間とし, 面圧分布測定システム I-SCAN 使用して, 足背荷重値 [kg], 足背平均圧力 [g/cm^2], 足背ピーク圧力 [g/cm^2], 足背平均接触面積 [cm^2] を記録した。なお, 測定シートは靴と密に接触する中間楔状骨を中心として設定し, 靴下の甲部に両面テープで貼付した。

(3) 靴内部に起る足部の変化

靴紐締め動作中の足底面圧分布を観察するため, 足底面圧分布測定システム F-SCAN (ニッタ株式会社製) を用いて測定シートを靴内部に設定し, 靴履き動作を行わせた。

(4) 統計分析

甲部測定の各条件間の比較には, ウィルコクソン順位和検定 (Wilcoxon t-test) を用い, 足底面圧分布の各条件間の比較においてはマン・ホイットニー順位和検定 (Mann-Whitney U-test) を用いた。

(5) 倫理

本研究は新潟医療福祉大学倫理委員会の承認許可 (第 17198-100811) を得て行われた。

表 1. 心地良く感じる値 (平均±SD) の比較と有意差検定

	締める群	締めない群	検定結果
足背荷重値 [kg]	4.80±0.42	3.90±0.31	P<0.01
足背平均圧力 [g/cm ²]	159.57±14.02	130.33±10.04	P<0.01
足背ピーク圧力 [g/cm ²]	694.93±110.85	690.93±225.39	n.s.
足背平均接触面積 [cm ²]	29.81±0.51	30.05±0.41	P<0.01

n.s. は有意差無し

表 2. きつく感じる値 (平均±SD) の比較と有意差検定

	締める群	締めない群	検定結果
足背荷重値 [kg]	7.00±0.92	7.40±0.48	P<0.01
足背平均圧力 [g/cm ²]	227.07±29.68	245.23±16.86	P<0.01
足背ピーク圧力 [g/cm ²]	878.40±216.79	955.37±133.96	n.s.
足背平均接触面積 [cm ²]	30.71±0.22	30.34±0.21	P<0.01

n.s. は有意差無し

表 3. 心地良く感じる値の相関係数 (r)

締める群

	足背平均圧力 [g/cm ²]	足背ピーク圧力値 [g/cm ²]	足背平均接触面積 [cm ²]
足背荷重値 [kg]	0.976	0.381	0.095
足背平均圧力 [g/cm ²]	—	0.342	0.277
足背ピーク圧力 [g/cm ²]	—	—	0.174

締めない群

	足背平均圧力 [g/cm ²]	足背ピーク圧力値 [g/cm ²]	足背平均接触面積 [cm ²]
足背荷重値 [kg]	0.998	0.295	0.003
足背平均圧力 [g/cm ²]	—	0.301	0.139
足背ピーク圧力 [g/cm ²]	—	—	0.131

結 果

(1) 靴の履き方の観察と普段靴による足背荷重値

靴の履き方を観察した結果、その動作から2群に分けられることが判明した。それは靴を履く際に、靴紐を解き足を入れしっかりと靴紐を締める群(締める群)と、靴紐を全く気にせずスリッポンタイプの様に脱ぎ履きする群(締めない群)であった。

靴を履く際に甲部にかかる足背荷重値を測定したところ、「締める群」が平均4.9±0.5kg、「締めない群」が平均0.9±0.3kgであった。

(2) 甲部の測定

足背荷重値[kg]、足背平均圧力[g/cm²]、足背ピーク圧力[g/cm²]、足背平均接触面積[cm²]の測定を心地良く感じる時、きつく感じる時の2条件で行った。結果を靴の履き方の観察より2群に分け比較を行った。各条件の平均と標準偏差および2群間の検定結果を表1、2に示した。足背ピーク圧力[g/cm²]以外には2群間で有意差を認めず、また、2群の心地良く感じる値の相関係数を表3に、きつく感じる値の相関係数を表4に示した。いずれの場合にも足背荷重値と足背平均圧力には極めて強い相関がみられたが、心地良く感じる値(表3)の相関分析においては、足背ピーク圧力と他の測定値に相関は認められず、きつく感じる値(表

表 4. きつく感じる値の相関係数 (r)

締める群			
	足背平均圧力 [g/cm ²]	足背ピーク圧力値 [g/cm ²]	足背平均接触面積 [cm ²]
足背荷重値 [kg]	0.996	0.652	0.476
足背平均圧力 [g/cm ²]	—	0.640	0.421
足背ピーク圧力 [g/cm ²]	—	—	0.427
締めない群			
	足背平均圧力 [g/cm ²]	足背ピーク圧力値 [g/cm ²]	足背平均接触面積 [cm ²]
足背荷重値 [kg]	0.995	0.834	0.654
足背平均圧力 [g/cm ²]	—	0.873	0.697
足背ピーク圧力 [g/cm ²]	—	—	0.806

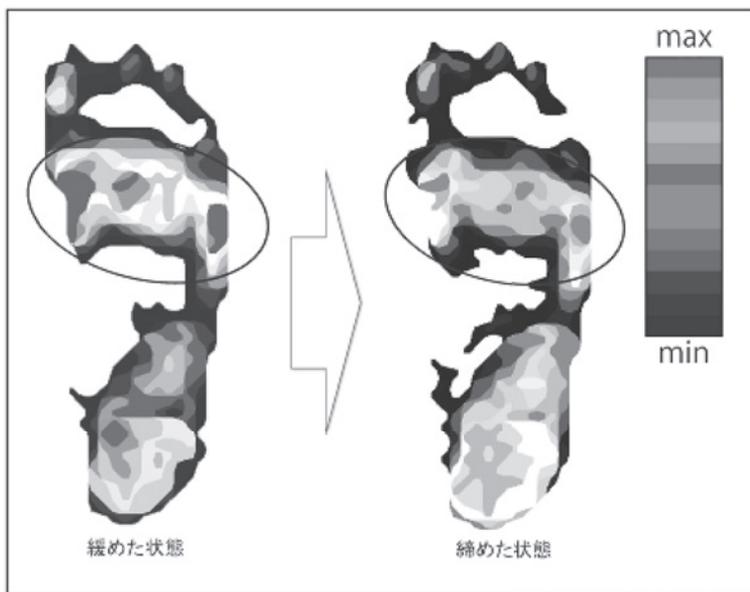


図 2. 横アーチの上昇

4)の相関分析では、逆に足背ピーク圧力は他の測定値と強い相関が認められた。

(3) 靴内部に起る足部の変化

靴を締めて履く群の足背荷重値を用いて、被験者の靴紐締め動作中の足底圧分布を観察したところ、横アーチが上昇する様子が24足中12足で確認された。横アーチが上昇する様子を図2に示した。靴紐を締めた状態と締めない状態の第2～4中足骨頭部のピーク圧力を表5に示した。いずれの被験者でも靴紐を締めた場合にピーク圧力が低

下し、統計分析より $P<0.01$ で有意差が認められた。

考 察

締める群と締めない群の比較において、心地良く感じる値(表1)およびきつく感じる値(表2)共に、足背荷重値、足背平均圧力、足背平均接触面積に有意差($P<0.01$)を認め、足背ピーク圧力に有意差は認められなかった。これは普段靴紐をきちんと締めて履く習慣のある人たちは、足背荷重値および足背平均圧力がある程度高いと心地良

表5. 第2～4中足骨頭部のピーク圧力

被験者	締めない状態 ピーク圧力 [g/cm ²]	締めた状態 ピーク圧力 [g/cm ²]
1	841	681
2	836	697
3	707	692
4	718	687
5	749	661
6	1038	666
7	898	671
8	934	683
9	888	703
10	841	659
11	826	673
12	779	650

く感じ、靴紐を締める習慣のない人たちは、文字通りゆるく履くことが心地良いと感じていたことを示していた。一方、アッパーが足背を圧迫する部位は骨突起部である内側楔状骨と中間楔状骨の接合部に集中しており、ここが足背ピーク圧力の検出部位と一致していた。心地良く感じる値(表1)およびきつく感じる値(表2)共に、足背ピーク圧力に有意差は認められなかったことから、足背の骨突起部に対する圧感覚には靴紐の使用習慣は関係がなかった。したがってアッパーが足背を全体的に締め付ける場合において、その感じ方は靴紐の使用習慣に依存することが明らかになった。

きつく感じる値(表2)では、普段靴紐を締めない人たちは、締める人たちに比較すると、逆に足背荷重値および足背平均圧力が高い数値できつく感じる事が示された。これはどれくらい靴紐を締めれば、足部と靴の適正な適合度を確保できるか感覚的に体験していないため、単に実験の過程において過度に締め付けを行ってしまったためではないかと考えられた。

心地良く感じる値(表3)の相関分析においては、足背ピーク圧力と他の測定値に相関は認められなかった。したがって骨突起部である内側楔状骨と中間楔状骨の接合部において足背ピーク値を検出したことを併せて勘案すると、心地良く感じる程度に靴紐を締める場合には足背の骨突起部は考慮

しなくても良いことが示された。きつく感じる値(表4)の相関分析では、逆に足背ピーク圧力は他の測定値と強い相関が認められた。過度な締め付けを行うことは、締め付け量である足背荷重値を上昇させることであり、続いて足背平均接触面積が増加し、さらに足背平均圧力が増えることになるが、「心地良い/きつい」の違いを判断しているのは、足背の骨突起部における値(足背ピーク圧力)であると考えられた。

靴内部に起こる足部の変化として、第2～4中足骨頭の足底ピーク圧力(表5)の比較により、全例において靴紐を締めない状態に比較し、締める状態で履いた方が低値を示したことは、横アーチの拳上動態によるものと考えられた。これは第1中足骨頭および第5中足骨頭を側方から圧迫するだけではなく、中足部を中心としてアッパー全体が包み込むようにし、足骨格に対して適切な保持機能を果たしたものと考えられた。

結 語

靴を履く際に「心地良い/きつい」の違いを判断しているのは、結果的に足背の骨突起部における値(足背ピーク圧力)であると考えられた。そして、靴を履く際に足背荷重値4.8kgで履くことにより心地よく、足底部横アーチも上昇することから、靴を締める際に4.8kg程度の値を甲部へ荷重することが適正であり、靴を快適に履くことができることが示唆された。

文 献

- 1) 森安健太他. 着用時のアッパー変形に基づくフィット性評価. 日本機械学会 2007;07-24:135-8.
- 2) 塩之谷香他. 不適切な靴が原因とされる成長期の下肢障害. 靴の医学 2008;22:83-8.
- 3) Leng J, et al. A deformation method for shoe last customization. Computer-Aided Design & Applications 2005;2:11-8.
- 4) 社団法人 人間生活工学研究センター編. ワークショップ人間生活工学 第2巻 人間特性の理解と製品展開. 東京:村田誠四郎(丸善);2005.57-103.

靴の適合性が歩行に与える影響

The influence of suitable size shoes on gait

¹⁾戸塚共立リハビリテーション病院リハビリテーション科, ²⁾NPO オーソティックスソサエティー

¹⁾Department of Rehabilitation, Totuka Kyoritu Rehabilitation Hospital

²⁾Nonprofit Organization of Orthotics Society

小林 文子¹⁾, 東 佳徳¹⁾, 金森 輝光¹⁾, 久保 実¹⁾, 内田 俊彦²⁾
Fumiko Kobayashi¹⁾, Yoshinori Higashi¹⁾, Terumitsu Kanamori¹⁾,
Minoru Kubo¹⁾, Toshihiko Uchida²⁾

Key words : ゆるい靴 (Loose shoes), ぴったり靴 (Fitting shoes), 歩行分析 (gait analysis),
靴の適合 (suitable size shoes for a foot)

要 旨

本研究は、足と靴の適合性が歩行に与える影響を Gait Scan を用いた歩行分析により明らかにすることを目的とした。

整形外科疾患を有する独歩可能な患者 23 名を対象に日常履いている状態でのひも靴 (以下 Loose 靴) と Fitting したひも靴 (以下 Fit 靴) の 2 種類を用い各群に対し歩行分析を行った。歩行はそれぞれ 5 試行ずつ、普段歩く快適な速度で歩行を実施した。歩行分析は Gait Scan8000(ニッタ社製)を使用、重複歩幅、歩幅、両足接地時間、歩行速度を計測、各項目の平均値を算出し、2 群間での比較検討を行った。足の計測より、実際の足長よりも 1cm 以上大きい靴を使用していたのは 23 名中、12 名と普段から大きくゆるい靴を使用している者が多い傾向にあることが示された。Loose 靴に対して、Fit 靴の方が重複歩幅・歩幅の有意な拡大、両足接地時間の有意な短縮、歩行速度の有意な向上と結

果が得られた。歩行訓練場面において Fit 靴の提唱をしていくことで歩行の安定性・効率性の向上に繋がる可能性があることが示唆された。

緒 言

リハビリテーションにおいて歩行訓練を行う際、患者が使用している靴はスリッパ、バレースューズ、リハビリシューズなど様々である。入院生活上、便宜さを優先し患者側は脱ぎ履きしやすい靴を履いているケースが多く、実際の足長・足囲よりサイズの大きいゆるい靴を履いている傾向にある。臨床上、ゆるい靴よりぴったりした靴の方が、歩容を改善させることを多く経験しており、サイズの大きいゆるい靴は歩行時のバランスに影響を与えていると予測される。足の計測を行った上での fitting した靴における足部機能に関する研究は少ない。今回、我々は足と靴の適合性が歩行にどのように影響するのか、Loose な状態と Fit した状態のひも靴どうして比較検討したので報告する。

対象及び方法

対象は、当院に受診した整形外科疾患を有する独歩可能な患者 (腰部疾患 6 名, 大腿骨頸部骨折 4 名, 膝関節疾患 3 名, 下腿骨折 2 名, 足関節骨折

(2010/11/10 受付)

連絡先 : 小林 文子 〒245-0016 神奈川県横浜市泉区
和泉町 4259-1 戸塚共立リハビリテーション病
院リハビリテーション科
TEL 045-800-0320 FAX 045-800-0321
E-mail f-kobayashi@tmg.or.jp

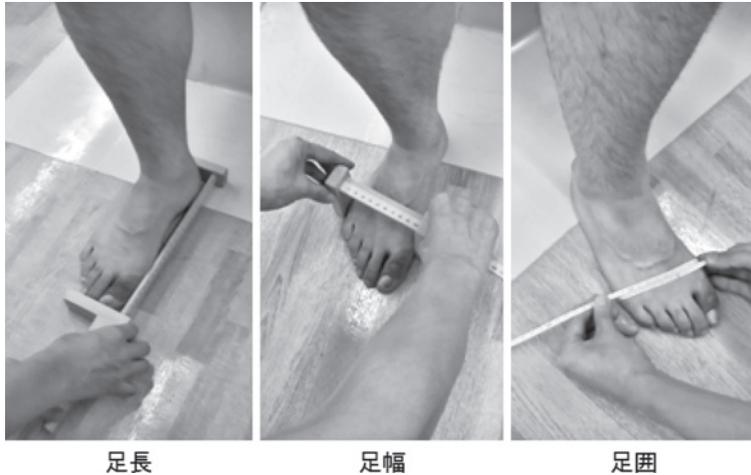


図 1

6名, 外反母趾2名) 23名(男性4名, 女性19名)である。本研究の主旨を説明, 同意を得て以下の計測を行った。年齢は25歳から85歳, 平均61.4歳である。

方法は, ①足の計測(図1), ②歩行分析(図2)とした。

足の計測は, 足長と実際に履いている靴の長さを比較した。フットゲージを用い足長・足幅を, メジャーにて足囲を計測した。足幅・足囲は荷重, 非荷重ともに計測し, 計測用の靴は非荷重位サイズを参考に処方した。

対象に対し, Loose靴とFit靴の2種類を用い, 各群に対し歩行分析を行った。被験者にはLoose靴とFit靴で, 歩行をそれぞれ5回ずつ, 普段歩く快適な速度で歩くよう指示, 計測歩行路を5mとし, 予備歩行距離として前後5mを設定した。歩行分析はニッタ社製Gait Scan 8000を使用し, 重複歩幅, 歩幅, 両足接地時間, 歩行速度を計測した。各項目の平均値を算出し, Loose靴とFit靴との間での比較検討を行った。統計解析はWilcoxon検定を用い5%未満を統計学的有意とした。

結 果

足の計測結果では, 靴の足長が適合サイズにびっ

たりあっていた者は3名, 5mm大きい者は8名, 10mm以上, 大きい者は12名だった。(図3)

足囲については, 記載のない靴が多く正確な情報が得られなかったが, 大部分の靴において幅が大きい傾向にあった。

歩行分析の結果では, Loose靴に比べFit靴の重複歩幅は右平均1145.2mmから1168.7mmと23.5mmの拡大, 左平均1145.6mmから1168.8mmと23.2mm伸び, 左右とも有意($p<0.01$)に広がった。(図4)歩幅は右平均566.0mmから581.7mm($p<0.05$)と15.7mmの拡大, 左平均576.8mmから586.1mm($p<0.01$)と9.3mmの広がりを示し, Fit靴において有意に拡大した。(図5)両足接地時間においても右平均0.19sec.から0.18sec.左平均0.18sec.から0.17sec.と, 左右ともに0.01sec. Fit靴の方が有意($p<0.01$)に短縮した。(図6)歩行速度に関しても平均1040.1mm/sec.から1064.4mm/sec.と24.3mm/sec. Fit靴が有意($p<0.01$)に向上した。(図7)疾患にかかわらず, 全ての項目においてLoose靴に比しfit靴が有意な差を示した。

患者の感想として, Fit靴の方が「軽く感じる」, 「足に吸付いている感じ」, 「蹴り出しやすい」などが多く聞かれた。

Gait Scan8000 (ニッタ社製)



図 2

考 察

靴の機能には足のアーチを支える役目¹⁾、推進効率の改善や衝撃性の緩和²⁾などがあり、靴が足の動きを助ける役割をしている。過去の研究では、田村らはバレーシューズとスポーツシューズを比較し、使用する靴の種類によって歩行能力に影響がでる²⁾と報告している。我々は、バランスの取れた効率の良い歩行に導く為には靴の種類別に加え非荷重位を参考にした足サイズ(足長・足囲)に合わせ、正しい靴の履き方がなされているかが重要であると考えている。

今回、足の計測から自分の足長よりも 1cm 以上

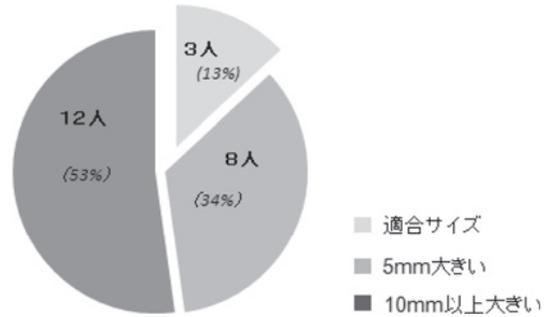


図 3

大きい靴を使用していたのは 23 名中 12 名と半数を超えており、普段から大きく幅の広い、ゆるい靴を使用している。また、1 社を除いて足囲表示している靴が無いことも問題であり、特にスポーツシューズではその傾向が目立つ。

適切なサイズの靴を履いた場合、姿勢変化、強い蹴りだしの出現、歩幅拡大、歩行の安定性や歩行速度向上、痛みの軽減・消失など、Fit した靴に履き替えただけで相違が得られることは日常臨床の中でしばしば経験することである。

歩行分析において、歩幅が広がった要因としては Fit 靴では靴内での足のズレが少ないため、より強い蹴り出しにより、歩幅が拡大したと考えられる。両足接地時間が短縮した要因として、林らの研究によると靴の足長サイズが適合サイズより 1 cm 以上大きくなると靴内での足のズレがより大きくなり、歩行中の荷重点の移動軌跡がなす面積が大きくなる³⁾という報告がある。

Fit 靴ではヒールカウンターの密着性がより高くなることで、距骨下関節の回内外の余分な動きを制御することで安定した後足部のアライメントを保証している。このことから Fit 靴では靴内での足のズレが小さいため、移動軌跡が小さくなることが推測される。よって立脚期での骨盤側方動揺が少なく、立脚期でのバランスが改善し両足接地時間が短縮した歩行を可能にしたと思われる。

図 8 では歩行時の左立脚期にて左踵部内側を通る垂線を引き、Loose 靴と Fit 靴着用時での比較を

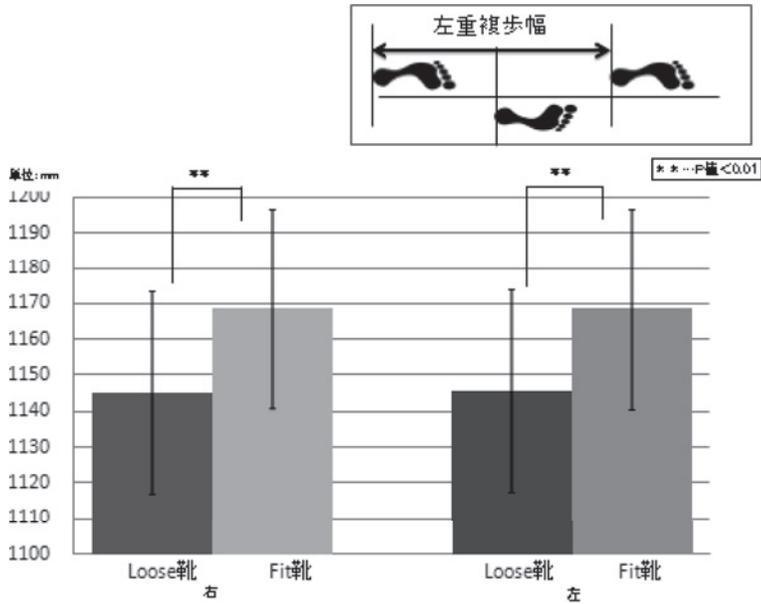


図 4

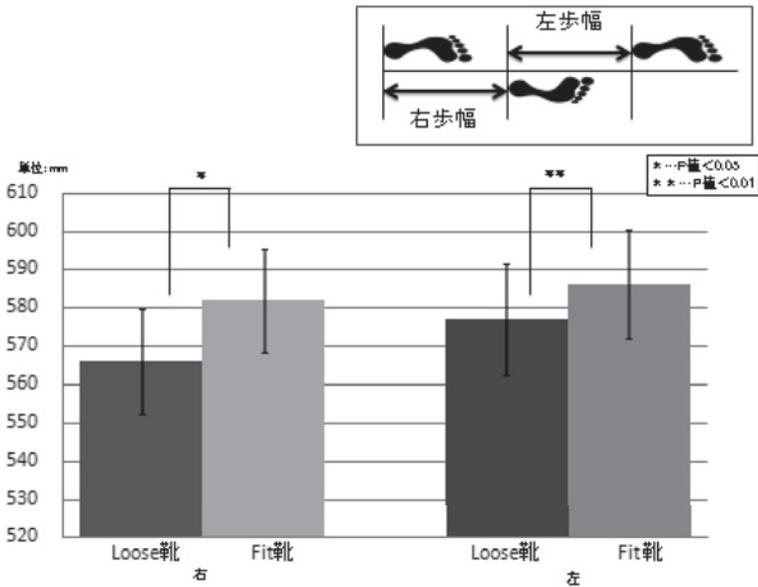


図 5

示している。Fit 靴着用時では立脚期での骨盤の側方変位、左肩甲帯の下制が改善している。

結果的に Fit 靴を履くことでバランスの取れた効率の良い歩行を獲得したことが距離因子の歩幅・

重複歩幅の拡大と時間因子の両足接地時間を短縮させ歩行速度の向上に繋がったと考えられる。

我々の研究結果から多くの者がゆとりを重視した緩く当たらない靴を選ぶ傾向が示されている。

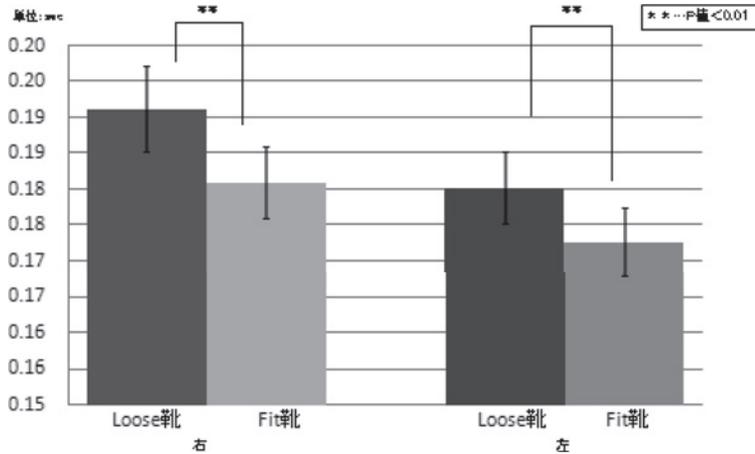


図 6. 両足接地時間

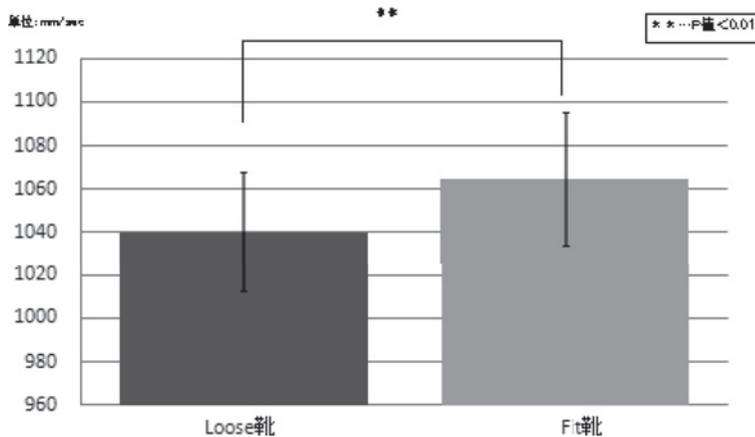


図 7. 歩行速度

内田らは足に合わない靴はパフォーマンスを悪くしたり、足や下肢の障害を招く原因になる可能性がある⁴⁾と報告しており、今回の結果はこれを裏付けるものと考えられる。

足の計測をした上で、ぴったり足サイズの合った靴を選択することがバランスの取れた効率の良い歩行や痛みの改善を得る方法としてまず最初に行うべきことと考える。

今後、リハビリテーションにおいて歩行訓練を行う際には適切なサイズの靴の選択と正しい靴の履き方の指導をすることが効率性の高い歩行訓練

に繋がることが示唆された。

結 語

1. 整形外科疾患を有する独歩可能な患者 23 名を対象に、ひも靴での Loose な状態と fitting した状態で足と靴の適合性が歩行に与える影響を歩行分析にて比較検討した。
2. Fit 靴の方が Loose 靴より重複歩幅、歩幅は有意に拡大した。
3. Fit 靴において有意に両足接地時間は短縮した。



図 8

4. Fit 靴での歩行速度は有意に向上した。

5. 歩行訓練場面において Fit 靴を提唱していくことで日常生活場面でも歩行の安定性、効率性の向上に繋がる可能性がある。そのためには足の計測を必ず行うべきである。

文 献

- 1) 橋本健史. 足の障害と靴の医学. Jpn J Rehabil Med 2009; 46:622-7.
- 2) 田村孝広他. 下肢疾患患者における靴別歩行能力の比較検討. 靴の医学 2009;23:29-32.
- 3) 林 亮誠他. 靴のサイズと歩行動作の関係に関する研究. 靴の医学 2009;23:19-24.
- 4) 内田俊彦他. スポーツシューズと足サイズ—靴と足サイズの検討—. 靴の医学 2006;20:115-9.

小児外反扁平足に対するアーチサポートの効果

Effect of arch support for flexible flatfoot in children

宮城県拓桃医療療育センター

Department of Orthopaedic Surgery, Takuto Rehabilitation Center for Children

高橋 祐子, 落合 達宏, 佐藤 一望, 千本 英一
Yuko Takahashi, Tatsuhiko Ochiai, Kazumi Sato, Eiichi Chimoto

Key words : 外反扁平足 (flexible flatfoot), 小児 (children), 足底装具 (shoe insert), アーチサポート (arch support)

要 旨

小児外反扁平足に対するアーチサポート使用の矯正効果と治療効果を検討した。対象は小児外反扁平足 35 例 70 足。初回アーチサポート装着時平均年齢は 2 歳 4 ヶ月。方法は、X 線立位正面・側面像より、正面距骨第 1 中足骨角 (AP-TM1)、側面距骨第 1 中足骨角 (LAT-TM1) を計測した。AP-TM1 は裸足時平均 $23.8 \pm 8.3^\circ$ がアーチサポート装着時 $7.8 \pm 5.5^\circ$ に、LAT-TM1 は裸足時 $22.6 \pm 8.2^\circ$ がアーチサポート装着時 $5.3 \pm 4.7^\circ$ に矯正され、即時的な矯正効果を示した。4 年後の裸足時平均 AP-TM1 は $5.7 \pm 2.6^\circ$ に、LAT-TM1 は $5.3 \pm 2.8^\circ$ に改善し、経年的な治療効果を示した。

目 的

距骨の内下方への落ち込みの強い小児外反扁平足の症例は、自然経過としてのアーチ形成はあまり期待できない。このような症例には、本来のアーチ形成の時期にアーチサポートを使用することにより形成を促す必要があると考える。小児外反扁

(2010/11/10 受付)

連絡先 : 高橋 祐子 〒982-0241 宮城県仙台市太白区秋保町湯元字鹿乙 20 宮城県拓桃医療療育センター
TEL 022-398-2221 FAX 022-397-2697
E-mail yuko-t@lapis.plala.or.jp

平足に対するアーチサポートの効果を検討した。

使用しているインソール

内側および外側の縦アーチをサポートするように採型し、ヒール部は、アーチからカウンターにかけて連続したカップ状に形成した。表面には発泡ウレタンを使用し、アーチからカウンターにかけて熱可塑性樹脂を用いて補強する構造とした。(図 1)

対象と方法

対象は小児外反扁平足 35 例 70 足。男児 20 例、女児 15 例。初回アーチサポート装着時平均年齢は

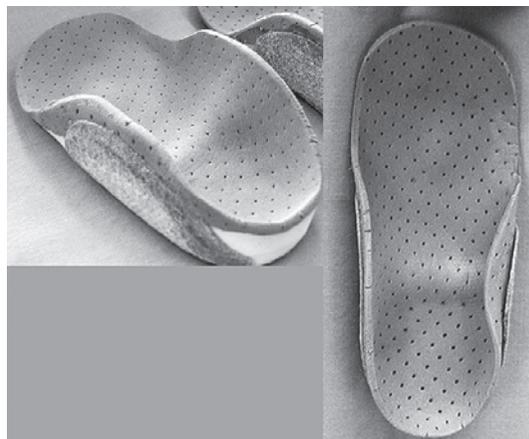


図 1. 使用しているインソール

2歳4ヶ月。方法は、X線立位正面・側面像より、正面距骨第1中足骨角（AP-TM1）、側面距骨第1中足骨角（LAT-TM1）を計測した。集計は、1) 初回裸足とアーチサポート装着の計測により即時的な矯正効果を判定した。2) 治療開始から1年後、2年後、3年後、4年後の裸足の計測により経年的な治療効果を判定した。

結 果

1) AP-TM1は裸足時平均 $23.8 \pm 8.3^\circ$ ($12^\circ \sim 44^\circ$) がアーチサポート靴装着時 $7.8 \pm 5.5^\circ$ ($0^\circ \sim 17^\circ$) に

矯正され、LAT-TM1は裸足時 $22.6 \pm 8.2^\circ$ ($12^\circ \sim 48^\circ$) がアーチサポート靴装着時 $5.3 \pm 4.7^\circ$ ($0^\circ \sim 16^\circ$) に矯正された。(図2)

2) 裸足時平均 AP-TM1は、初回 $23.8 \pm 8.3^\circ$ が1年後 $13.6 \pm 5.0^\circ$ (N=32)、2年後 $10.3 \pm 5.2^\circ$ (N=38)、3年後 $7.7 \pm 4.1^\circ$ (N=38)、4年後 $5.7 \pm 2.6^\circ$ (N=30) に改善した。裸足時平均 LAT-TM1は、初回 $22.6 \pm 8.2^\circ$ が1年後 $14.8 \pm 7.0^\circ$ (N=32)、2年後 $10.1 \pm 5.1^\circ$ (N=38)、3年後 $6.7 \pm 3.1^\circ$ (N=38)、4年後 $5.3 \pm 2.8^\circ$ (N=30) に改善した。(図3)

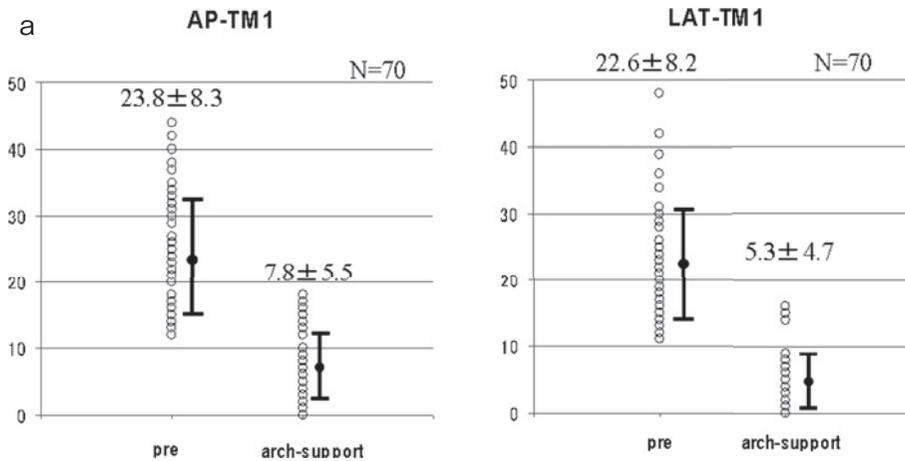


図2. アーチサポートによる即時的な矯正効果
a: AP-TM1, b: LAT-TM1

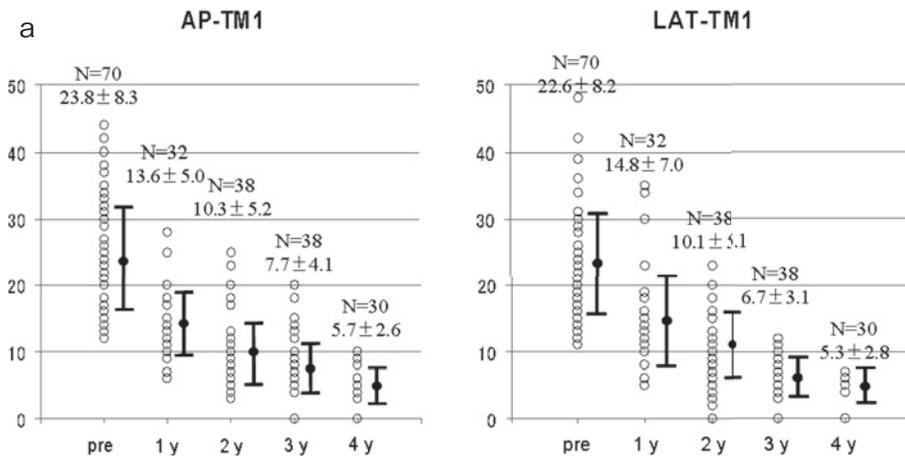


図3. アーチサポートによる経年的な治療効果
a: AP-TM1, b: LAT-TM1



図4. 1歳5ヶ月男児. アーチサポート装着例

a: 初回裸足 AP-TM1 38°, b: アーチサポート装着時 AP-TM1 9°, c: 3歳8ヶ月時裸足 AP-TM1 10°, d: 初回裸足 LAT-TM1 48°, e: アーチサポート装着時 LAT-TM1 16°, f: 3歳8ヶ月時裸足 LAT-TM1 8°

症 例

症例1: 1歳5ヶ月男児, 距骨の内下方への落ち込みを認める. 初回裸足 AP-TM1 38° が, アーチ

サポート装着により 9° となり, 即時的な矯正が得られた. 最終調査時の3歳8ヶ月時の裸足では, 10° まで改善し, 経年的な治療効果が得られた. 初回裸足 LAT-TM1 48° が, アーチサポート装着

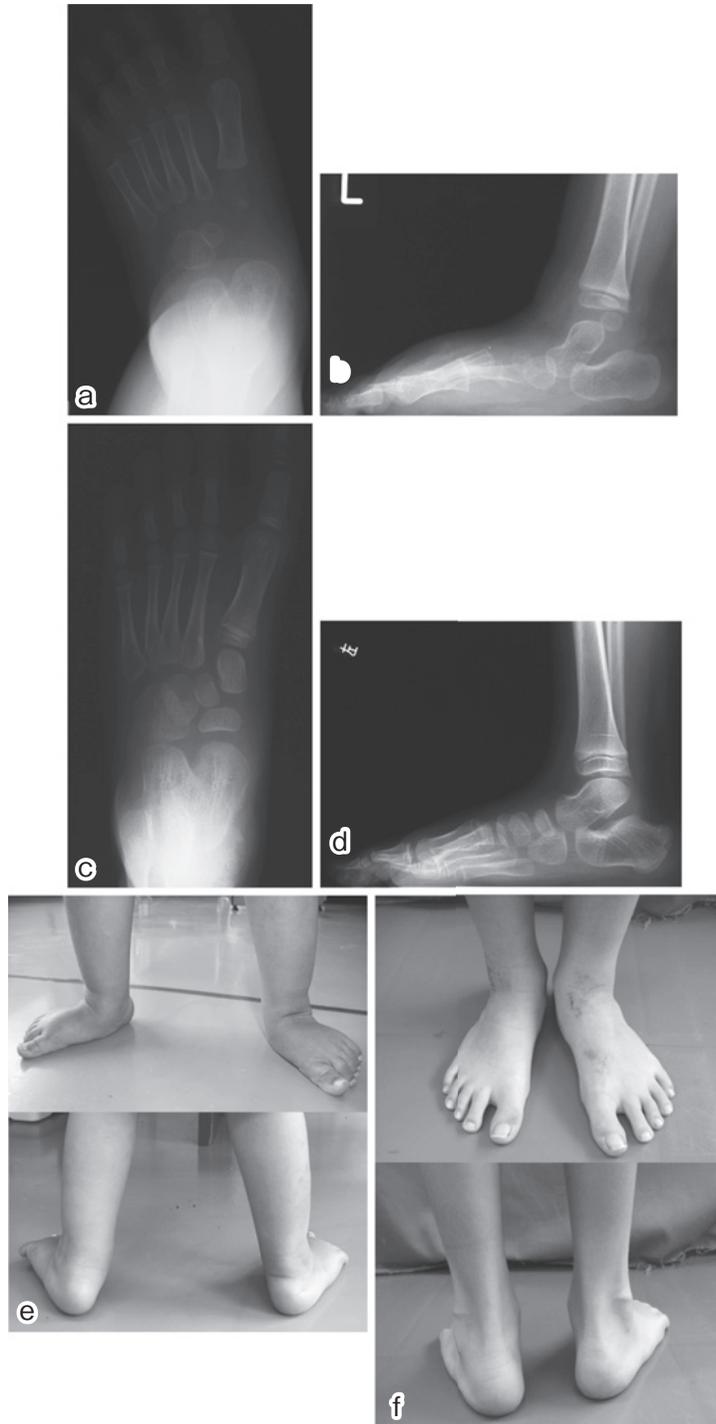


図5. 2歳1ヶ月男児. アーチサポート装着例
 a: 初回裸足 AP-TMI 33°, b: 初回裸足 LAT-TMI 30°, c: 5歳6ヶ月時裸足 AP-TMI 5°, d: 5歳6ヶ月時裸足 LAT-TMI 3°, e: 初回. 踵骨の外反, 距骨の内下方への落ち込みを認める, f: 5歳6ヶ月時. 踵骨外反, 距骨の内下方への落ち込みの改善を認める

により 16° と即時的な矯正が得られた。最終調査時の裸足では 8° まで改善し、経年的な治療効果が得られた。(図 4)

症例 2: 2 歳 1 ヶ月男児, 距骨の内下方への落ち込みがみられ, 踵骨は外反し, 前足部は回内している。初回裸足 AP-TM1 33°, 裸足 Lat-TM1 30° であった。アーチサポート装着を続け, 5 歳 6 ヶ月時裸足 AP-TM1 が 5°, 裸足 Lat-TM1 が 3° まで改善した。距骨の内下方への落ち込み, 踵骨外反, 前足部の回内は改善された。アーチサポートは不要となった。(図 5)

考 察

小児外反扁平足に対して治療が必要であるか否かに関して, アーチは自然に形成されるため積極的な装具治療は不要との報告¹⁾もみられるが, ごく一部に遺残による強い症状を来す症例があるとの報告^{2) 3)}もみられる。我々も, アーチの自然形成が促されず症状を呈してくる症例があることを経験しており, アーチの形成の期待できない症例には装具治療をする必要があると考えている。

装具治療による効果に関しては, 除痛や歩容改善に効果的であるが, 骨格の永続的矯正能はないとする報告⁴⁾がみられる。しかし, 装着開始時期が遅いためであると思われる。骨格の矯正を得るためには, アーチ形成時期のできるだけ早い時期から装着が必要である。アーチ形成の時期に関しては, 6 歳までに著しくすすむ⁵⁾との報告や, 3 歳までにアーチ形成が良好か不良か決まる⁶⁾との報告がみられる。我々は, 3 歳までがアーチ形成の流れを決定する重要な時期であると考えており, 1~3 歳のできるだけ早い時期から装着を開始し, アーチ形成時期とされる 6 歳までに形成を促すのが良いと考えている。

当センターでは, 踵骨外反があり, 距骨の亜脱臼をみとめる症例, つまり, 立位で距骨の内下方への落ち込みを認める症例は自然改善が期待できないと考えており, アーチサポートを使用している。アーチサポートによる矯正が適切になされて

いるか X 線で確認することと, アーチ形成に重要な時期である就学前までに改善へ導くことが重要である。内下方へ落ち込んだ距骨の位置を支えることにより, 後脛骨筋などの筋収縮を促しやすくする, アーチ形成に重要な足根骨相互の靭帯の弛みを助長させないようにするなどの効果があると考え使用している。距骨亜脱臼がみられない場合はアーチサポートを使用せず靴の指導を行っている。距骨の亜脱臼を認める小児外反扁平足に対して, 早い時期からの管理のもとにアーチサポートを使用することは, 就学前に変形を治癒させることが可能であるため, 有用であった。

結 語

1) 小児外反扁平足 35 例 70 足に対しアーチサポートを使用し, 即時的な矯正効果と経年的な治療効果を評価した。

2) AP-TM1 は裸足時平均 $23.8 \pm 8.3^\circ$ がアーチサポート装着時 $7.8 \pm 5.5^\circ$ に, LAT-TM1 は裸足時 $22.6 \pm 8.2^\circ$ がアーチサポート装着時 $5.3 \pm 4.7^\circ$ に矯正された。

3) 裸足時平均 AP-TM1 は, 初回 $23.8 \pm 8.3^\circ$ から 4 年後 $5.7 \pm 2.6^\circ$ に改善し, 裸足時平均 LAT-TM1 は, 初回 $22.6 \pm 8.2^\circ$ から 4 年後 $5.3 \pm 2.8^\circ$ に改善した。

4) 小児外反扁平足に対して, 1~3 歳の早い時期からのアーチサポートの使用により, 装着時の矯正効果を示しただけでなく, 3~4 年の経過で裸足時の治療効果を示した。

文 献

- 1) Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch. J. Bone Joint Surg 1987; 69: 426-8.
- 2) Miller GR. The operative treatment of hypermobile flatfeet in the young child. Clin Orthop 1977; 122: 95-101.
- 3) Powell HDW, Cantab MA. Pes planovalgus in children. Clin Orthop 1983; 177: 133-9.
- 4) Mereday C. Evaluation of the university of California biomechanics laboratory shoe insert in "flexible" pes planus. Clin Orthop 1972; 82: 45-58.
- 5) Volpon JB. Footprint analysis during the growth period. J. Bone Joint Surg 1994; 14: 83-5.
- 6) 下枝京子, 佐藤雅人, 佐藤栄作, 梅村元子. 幼児の足底アーチの発達と靴の調査. 1996; 10: 162-4.

運動負荷増強機能を有するパーツを内蔵した

サンダルの開発とその効果

Development and effects of sandals with the parts having the function of increase in exercise load

新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科

Graduate School of Health and Welfare, Niigata of University of Health and Welfare

阿部 薫, 江原 義弘, 小松 聡子, 赤石 恒一

Kaoru Abe, Yoshihiro Ehara, Satoko Komatsu, Koichi Akaishi

Key words : 運動負荷 (exercise load), サンダル (sandal), トラス構造 (Truss Structure)

要 旨

日常生活の中で常用するサンダルを用いれば、時間を有効に活用しながら運動効果を上げることが期待できる。今回、運動負荷を増強できる特殊構造のパーツを具備したサンダルを開発し、心拍数・積分筋電値・足底圧分布によって運動負荷の程度を検討したところ、新パーツは硬度 85 の条件が最適であることが明らかとなった。また本サンダルを履くことによって、大殿筋・外側広筋・前脛骨筋を運動効果の目的筋として設定することが可能であった。履物は立位時および歩行時とも使用されるため、本サンダルでは静止立位時にはアライメントが安定し、歩行時には運動効果が得られることが確認された。

背 景

体力や脚力が低下している中高齢者の効果的な

(2010/11/17 受付)

連絡先: 阿部 薫 〒950-3198 新潟県新潟市北区鳥見町 1398 番地 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科
TEL・FAX 025-257-4525 (研究室直通)
E-mail kao-abe@nuhw.ac.jp

健康増進のため、ウォーキングが推奨されている。しかし、ウォーキングシューズを履いて、時間を設定しウォーキングを習慣化することは、忙しい現代社会の生活者にとっては実際のところかなりの困難が予想される。このため日常生活の中で常用するサンダルを用いて、歩行の key muscle に対する運動負荷を増強させることができれば、時間を有効に活用しながら運動効果が上げられると考えた。

履物は立位時および歩行時とも使用され、本研究のテーマである運動負荷増強を目的とするものであれば、それぞれ立位時の安定と歩行時の運動効果が両立するものでなければならない。先行研究^{1)~6)}では、歩行時における運動効果を上げる目的により、靴底が台形になっているか踵部分がない靴が見受けられた。また、つま先部より踵部の方が低くなっている履物⁷⁾もあったが、何れも静止立位時には足関節に対して底屈または背屈モーメントが発生し、必ずしも安定的に立位アライメントを保持できる構造ではなかった。

そのため本研究は、これら両方の機能を具現化することを目指して、特殊構造のパーツを具備したサンダルを開発し、その効果を検証することを

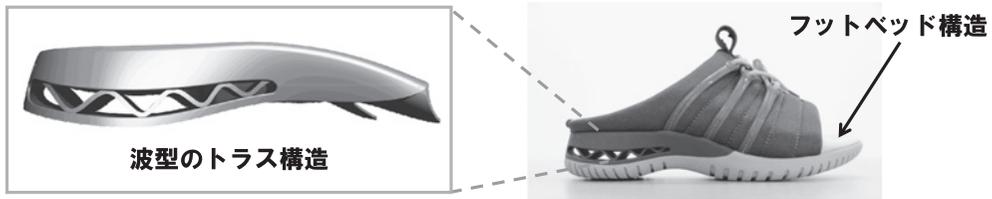


図 1. 新パーツとサンダルの構造

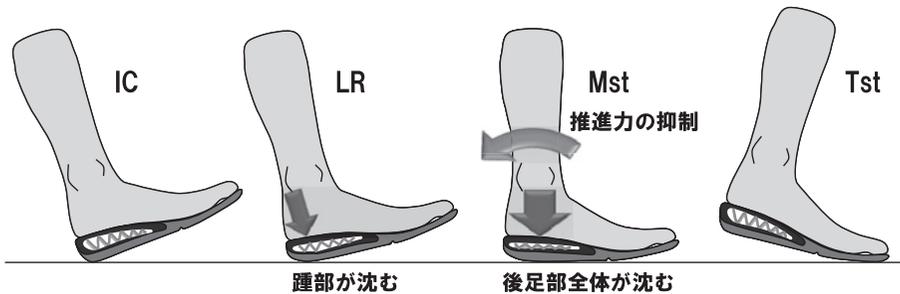


図 2. 歩行時の沈み込み作用



図 3. 荷重負荷試験

によって踵部が沈み込み、歩行の推進力を抑制させ下肢筋に負荷をかけるものであった。(図2)

2. 新パーツの硬度特性評価

使用者の基準体重を 50kg と設定し、各種硬度別のパーツを用いた予備実験の結果、条件1の硬度90と条件2の硬度85のパーツを使用した場合において、立位時の安定性を確保しつつ、歩行時には変形することが観察された。また沈み込ませ過ぎると過負荷を自覚するため、予備実験の被験者から使用感を聴取して、最適に作用しうる硬度をこれら2つの条件に絞り込んだ。

続く本実験として垂直荷重試験機を用い、これら2条件により垂直荷重試験を行なった。新パーツを内蔵したサンダルに靴木型を入れた状態を試験条件とし、この靴木型の上面を印加治具により荷重速度 1mm/分で垂直荷重をかけて変位量を求めた。(図3)なお減荷重測定は不能のためヒステリシスは測定できなかった。

3. 新パーツの硬度の違いによる運動負荷計測
条件1(硬度90)と条件2(硬度85)では、どちらが最適なのかを判断するため、運動負荷につ

目的とした。

方 法

1. 新パーツおよびサンダルの構造

新パーツの材質はTPU製で中空の「波型トラス構造」とし、フットベッド構造を有するサンダルの踵部に設定した。(図1)目的とする機能はInitial Contact から Mid Stance の phase において、荷重

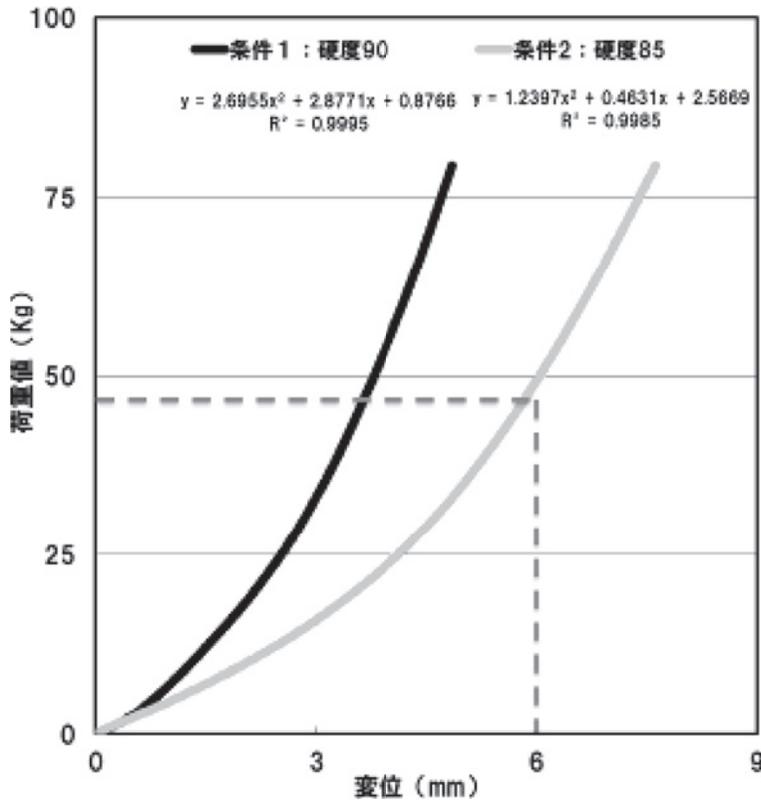


図4. 垂直荷重における各条件の変位量

いては心拍数，筋活動については動作筋電図，適合性については足底圧分布を計測した．なお身体運動負荷の測定については無酸素性代謝域値を用いることもあるが，健常人においては心拍数と無酸素性代謝域値は直線的に比例する⁸⁾ことがわかっているため，本研究では心拍数の比較を採用した．

7名の健常女性を被験者とし，心拍数および動作筋電図測定はMQ16(キッセイコムテック製)を使用し，被検査筋は大殿筋，外側広筋，内側ハムストリングス，前脛骨筋，腓腹筋とした．測定プロトコルは多段階漸増負荷法⁷⁾とし，トレッドミル上1km/hで3分歩行後，30秒毎に時速0.5kmずつ増加させ，運動限界は時速6.0kmまたは被験者の合図で中止とした．

足底圧分布測定にはF-スキャン(ニッタ製)を用い，接触面積・接触平均圧力・接触ピーク値について検討した．トレッドミル歩行により快適歩

行速度の時速3.5kmにて10秒間計測し，歩行開始と終了時を除いた中間の7歩を解析対象とした．

4. 統計分析

2群間の比較はWilcoxon t-test, 3群間以上の比較はKruskal Wallis H-test 後に, Mann-Whitney U-test with Bonferroni correction を行った．

5. 倫理

本研究は新潟医療福祉大学倫理委員会に研究倫理申請を行ない，第17095-080807号の承認許可を得て行われた．

結 果

1. 新パーツの硬度特性

設定基準体重である50kg荷重時に，条件1(硬度90)では3.7mm，条件2(硬度85)では6.0mm沈み込むことが判明した．(図4)

また静止立位時の使用感比較については，両条

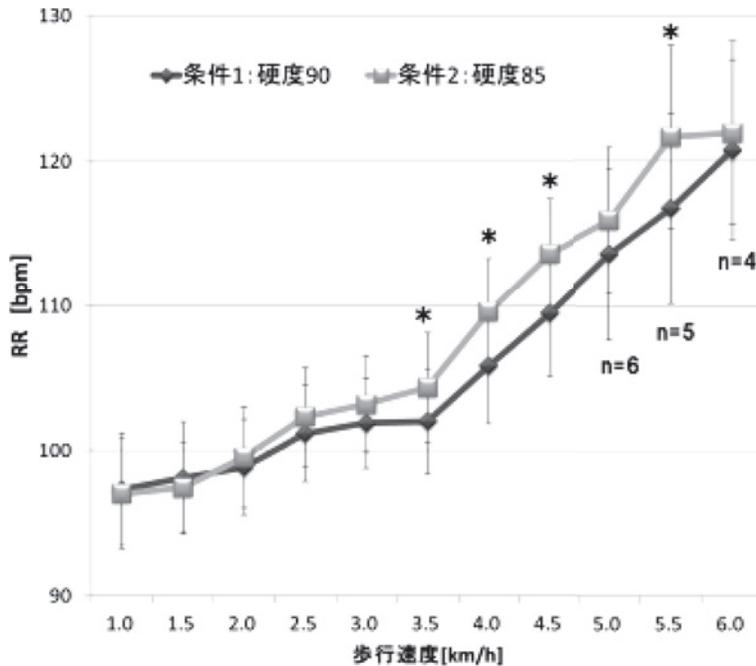


図5. 心拍数の条件間比較
(* : $p < 0.05$)

件とも 50kg 荷重時における変形の程度では、全ての被験者が立位は安定していると回答した。

2. 新パーツの硬度の違いによる運動負荷

(1) 心拍数による比較

心拍数測定の結果では、時速 3.5km の快適歩行速度以降において、条件 2 が条件 1 に比べて有意 ($p < 0.05$) に増加した。(図 5) なお条件 1 および条件 2 の使用感比較では、全ての被験者は運動負荷の差異を自覚しなかった。

(2) 筋電積分値による比較

条件 2 で計測したところ、外側広筋および前脛骨筋において、他の歩行速度条件と比較して快適歩行速度付近である時速 3.0km では、筋電積分値は有意に大きかった ($p < 0.05$) が、筋発火量全体の傾向を観察すると、快適歩行速度(時速 3.5km)を中心として大殿筋・外側広筋・前脛骨筋の活動は大きくなる一方、腓腹筋および内側ハムストリングスでは減少した。なお図 6 は条件 2(硬度 85)における各歩行速度時の筋電積分値であるが、硬

度 90 に対して有意差が検出された歩行速度の上にはアスタリスクを示した。

(3) 足底圧分布による比較

接触面積は足趾部 ($p < 0.01$) および中足部 ($p < 0.05$) において、条件 2 が条件 1 よりも有意に減少し、また接触圧力およびピーク圧力では、踵部において条件 2 が条件 1 よりも有意 ($p < 0.05$) に増加することが認められた。(図 7)

考 察

心拍数測定の結果より、条件 2 (硬度 85) を使用しても運動負荷量の差異を自覚せず、快適歩行速度以降で有意に増加したことから、日常生活での使用で過度な負担を自覚せず、運動負荷効果を発揮するものと考えられた。これは Initial Contact から Mid Stance の phase において、荷重によって踵部が沈み込み、歩行の推進力を抑制させ、歩行継続のためには下肢筋に負荷が増強されるためと考えられた。

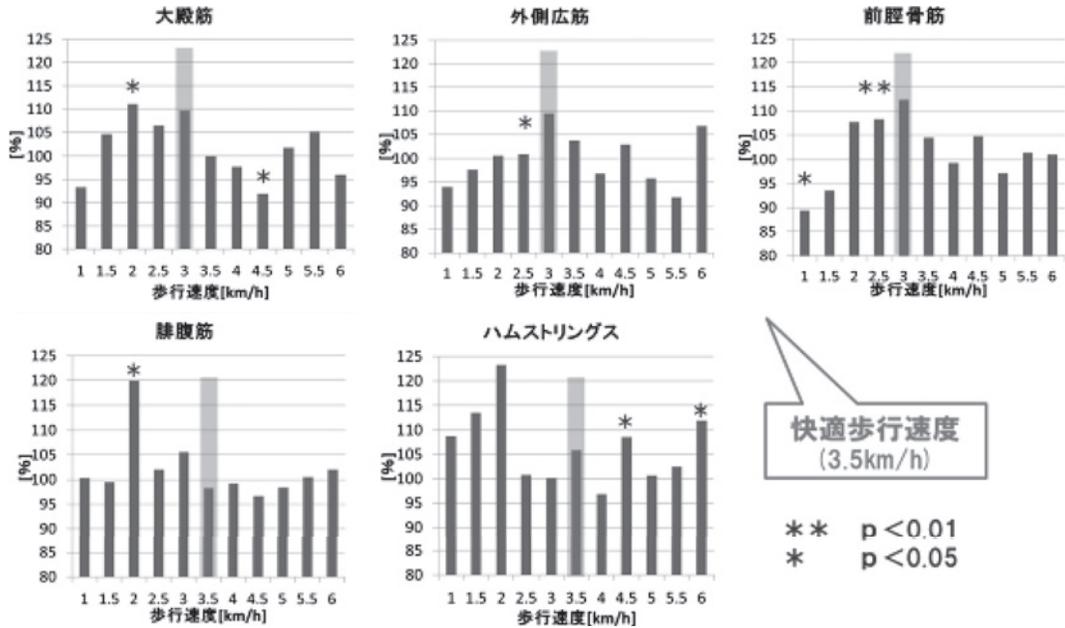


図6. 条件2 (硬度 85) 使用における歩行時の筋電積分値 (p は硬度 90 に対する有意差を示している)

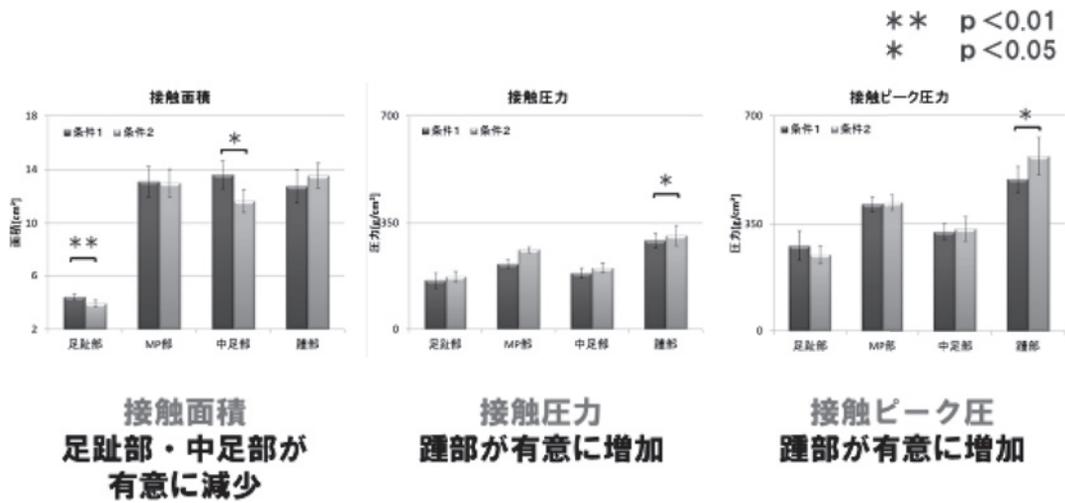


図7. 足底圧分布の2条件間比較

筋電積分値の結果より、快適歩行速度における大殿筋・外側広筋・前脛骨筋の活動が大きくなったことから、新パーツを内蔵したサンダルを用いた歩行においては、その効果が及ぶ目的筋の設定が可能であることが示唆された。歩行中の新パー

ツの変形動態を考慮すると、Initial Contact から Mid Stance の phase に足関節へ背屈モーメントがかかり、これに対抗する足関節底屈筋である腓腹筋の筋発火が増大することが予想されたが、結果は快適歩行速度時に腓腹筋の筋活動は最も低下した。

最も踵部が沈み込んだ時点における足関節角度はビデオ上で背屈 15~20 度と観察された。この場合、歩行運動を継続するためには腓腹筋に過大な活動が要求されるが、むしろ後方転倒の予防のために足関節の背屈筋である前脛骨筋によって足関節のぐらつきを抑制し、ハムストリングスの活動を低下させ、腸腰筋などの股関節屈曲筋を働かせることによって下肢を持ち上げる動作を行ない、次の phase に連動させることによって円滑な歩行を継続できたのではないかと考えられた。

足底圧分布測定の結果より、接触面積は足趾部および中足部が有意に減少したことから、使用したフットベッドの効果を確認できた。また接触圧力およびピーク圧力の値では、踵部が有意に増加しており、踵部が沈み込む新パーツの動的特徴が確認された。

静止立位時の使用感比較については、両条件とも 50kg 荷重時における変形の程度においては、全ての被験者が立位は安定していると回答した。これは過大な足関節背屈角度を呈することがないためであると考えられた。これにより、静止立位時には安定的に立位アライメントを保持でき、かつ歩行時には上述のように効果が確認されたため、これら両方の機能を具現化するという研究の目的が達成された。

結 語

時間の有効活用と運動効果を上げるため、日常

生活の中で常用するサンダルを用いて、歩行の key muscle に対する運動負荷を増強させる「波型トラス構造」を具備したサンダルを開発した。心拍数・積分筋電値・足底圧分布によって検討したところ、新パーツは硬度 85 の条件が最適であった。また本サンダルを履くことによる運動効果は、大殿筋・外側広筋・前脛骨筋を目的筋として設定することが可能であると判明した。なお静止立位時にはアライメントが安定し、歩行時には運動効果が得られることが確認された。

文 献

- 1) 元田博敏他. 踵の無いトレーニングシューズにおける歩行の運動生理学的解析. 靴の医学 1996;10:110-3.
- 2) 松浦義和. 踵なしスリッパが肥満および脊柱起立筋などに及ぼす影響. 靴の医学 1997;11:75-9.
- 3) 辻 博明. 足関節の運動性と安定性を高めるための靴底構造. 靴の医学 1998;12:20-6.
- 4) 辻 博明. 特殊な靴による歩行が中年女性の脚筋力・体脂肪・骨密度に及ぼす影響. 靴の医学 2000;14(2):31-4.
- 5) 松浦義和. 高齢者用踵なし靴について. 靴の医学 2000;14(2):35-40.
- 6) 阿部 薫他. ダイエットウォーキング用サンダルの開発と効果検証. 靴の医学 2007;21(2):100-3.
- 7) 石黒圭応他. 呼気ガス分析装置による歩行分析. 臨床歩行計測入門. 第1版. 江原義弘他編. 東京:医歯薬出版;2008.129-37.
- 8) 栗原直嗣. 総合的心肺運動負荷テストにおける測定項目. 運動負荷テストの原理とその評価法(原書第2版). 谷口興一監訳. 南江堂;1994.61-89.

医師による足と靴の相談会 10 年を振り返って

Reviewing Medical Doctor's Footwear Counseling for 10 years

¹⁾バン産商株式会社フスウントシューカルチャー²⁾東京女子医科大学 糖尿病センター³⁾バン産商株式会社フスウントシューインスティテュート¹⁾Fuss und Schuh Culture, Vansan-sho, Inc.²⁾Tokyo Women Medical University Diabetic Center³⁾Fuss und Schuh Institut, Vansan-sho, Inc.片桐 透¹⁾, 新城 孝道²⁾, 遠藤 拓³⁾Tohru Katagiri¹⁾, Takamichi Shinjo²⁾, Hiraku Endo³⁾**Key words** : 靴の相談会 (footwear counseling), コピラスシステム (Covilas system), F スキャン (F-scan), アンケート調査 (questionnaire survey), 靴加工 (shoe treatment)

要 旨

2000年4月より医師による足と靴の相談会を開始して10年が経過した。2006年にFスキャンおよびビデオ動作解析を取り入れた現在の相談会の流れになってからの顧客に対して、アンケート調査を実施し、装用効果および満足度について分析した。両者ともに良好な成績を得られた。

目 的

2000年4月より弊社直営店において、足と靴で悩まれている顧客のうち、医学的説明を希望する方に対して、専門医による相談を行ってきた。これについては第15回の本学会において赤木らと共にその有用性を報告している¹⁾。今回我々は専門医による足と靴の相談会を開始して10年が経過し、

2006年より現在までは図1のような相談会の流れで実施している。弊社直営店において、足と靴で悩まれている顧客の主訴や要望をもとに医師が問診、視診、触診を行い、現在顧客が履かれている履物の甲革における、履きジワのつき具合、および靴底の磨耗分布を評価する。また静止立位の姿勢の観察により、体幹の前傾・後傾または回旋などの問題点を推測する。さらにFスキャン(図2)を使用して、裸足および靴装着での、歩行時の圧力分布を測定する。さらに、ビデオ歩行解析のコピラスシステム(図3)を使用して、歩行映像を顧

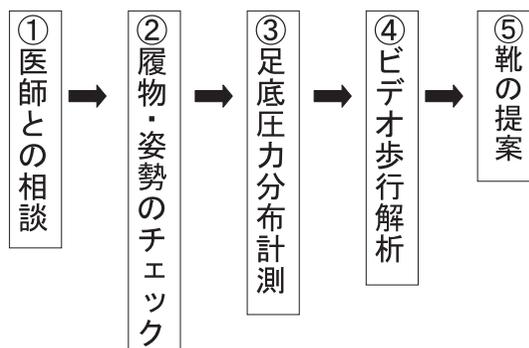


図1. 足と靴の相談会の流れ

(2010/11/01 受付)

連絡先: 片桐 透 〒111-0043 東京都台東区駒形1-7-11 バン産商株式会社フスウントシュー カルチャー
 TEL 03-5806-3393 FAX 03-5806-3394
 E-mail fsc.honten@vansan.co.jp

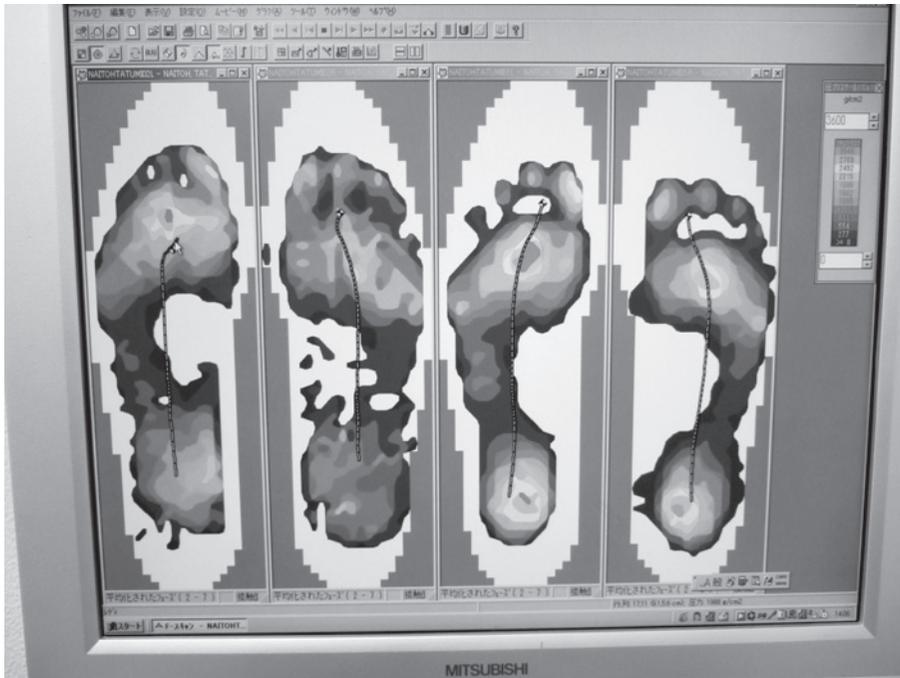


図2. 足底圧力分布計測 (F スキャン) のデータ画像

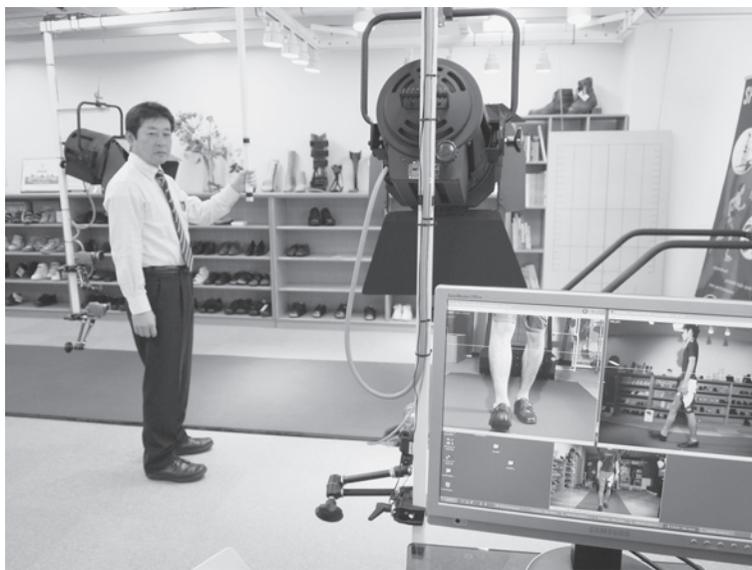
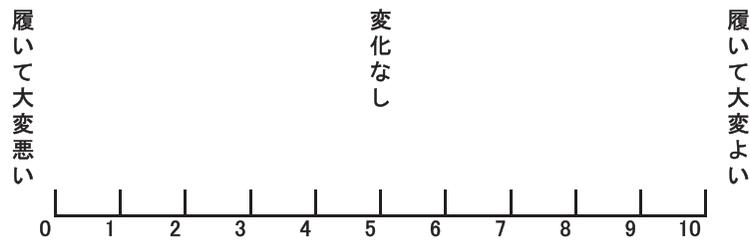


図3. ビデオ歩行解析 (コピラスシステム) の機器とデータ画像 (パソコン画面)

客に見せながら、問題点の分析をし、靴および靴の加工の提案を行っている。このような相談会の流れにより、アンケート調査を実施し、顧客への

装用効果および満足度を分析・検証した。

装用効果



満足度

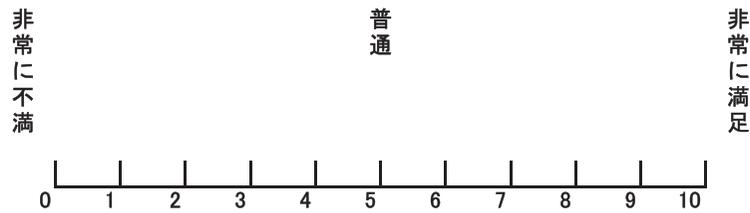


図4. VAS (Visual Analog Scale) によるアンケート

表1. VASによる装用効果

評価 (VAS)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計
人数	0	0	2	3	5	8	8	15	26	3	0	70
相対度数 (%)	0.0%	0.0%	2.9%	4.3%	7.1%	11.4%	11.4%	21.4%	37.1%	4.3%	0.0%	100.0%

表2. VASによる満足度

評価 (VAS)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計
人数	0	0	1	3	5	8	10	17	24	2	0	70
相対度数 (%)	0.0%	0.0%	1.4%	4.3%	7.1%	11.4%	14.3%	24.3%	34.3%	2.9%	0.0%	100.0%

対象と方法

2006年6月より2010年3月までの期間に、医師による足と靴の相談会において、医師の指示のもと、フルオーダーメイド靴、インソールまたは既製靴に対する加工を提案し、そのいずれかを販売した顧客を対象に、装用効果および満足度についてのアンケート調査を実施した。アンケート方法はVAS(Visual Analog Scale)(図4)を使用し、靴および靴加工に対する装用効果を「大変良い」を10とし、「大変悪い」を0とした。相談会に対する満足度については「非常に満足」を10とし、「非

常に不満」を0とした。アンケートを回収した70例(男性17例、女性53例)、年齢8から84歳(平均年齢57歳)に対し装用効果および満足度について検討した。

結果

表1の装用効果については「2」の2.9%から「9」の4.3%までであり、最も多かったのが「8」の37.1%であった。また、相談会に対する満足度(表2)については「2」の1.4%から「9」の2.9%まであり最も多かったのが「8」の34.3%であった。

考 察

医師の指示通りに患者が治療効果の高い靴を買わない、買えないという現状は以前から指摘されている²⁾。また、医療機関では足と靴に対する分析装置の設置場所からも導入が困難である。今回、医師による顧客の履物や姿勢のチェックやFスキャン、コピラスシステムの分析機器のデータにもとづいて、医師が問題点を指摘し、提案した靴および靴加工の装用効果に対する評価について比較的良好な結果を得ることができた。また分析装置を用いた結果について、医師より医学的見地に立って説明を受け、顧客が靴および靴加工の必要性を、深く理解することが可能になったことで満足度が高かった。

結 論

靴小売店においては、医療機関ではないため、医療的検査が不可能であるが、糖尿病足など靴選定の判断が難しい顧客に対しては、靴販売は医師の指導のもとに行われることが必要であり、靴小売店での医師への相談は有用であると考えられる。今回は対象顧客からのアンケート回収により、顧客の主観的な感想を評価した結果であったが、今後は客観的な評価をおこなうことが課題である。

文 献

- 1) 赤木家康他. 医師・義肢装具士・ドイツ人シューマイスターによる足と靴のクリニックの試み. 靴の医学 2001;15:33.
- 2) 遠藤 拓他. 病院での靴販売会の試み. 靴の医学 2004;18:23-5.

歩行リハビリテーションにおける我々の足底挿板療法 —Shoe-Insole Treatment in Walking Rehabilitation—

¹NPO オーソティックスソサエティー

²東京女子医科大学整形外科

³戸塚共立リハビリテーション病院

¹Nonprofit Organization of Orthotics Society

²Department of Orthopedic Surgery Tokyo Women's Medical University

³Totsuka Kyoritu Rehabilitation Hospital

内田 俊彦¹, 佐々木克則¹, 野口 昌彦², 庄野 和²,
小林 文子³, 東 佳徳³, 金森 輝光³, 久保 実³

Toshihiko Uchida¹, Katsunori Sasaki¹, Masahiko Noguchi², Kazu Shono²,
Fumiko Kobayashi³, Yoshinori Higashi³, Terumitsu Kanamori³, Minoru Kubo³

Key words : 足底挿板 (shoe-insole), 観察による歩行分析 (Gait analysis by observation), 処方 (prescription)

要 旨

下肢に障害を持つ人の歩行姿勢は、健常歩行から逸脱した動きを必ず呈している。我々は、この逸脱した動きを観察による歩行分析を用いて確認し足底挿板の処方・作製を行っている。足底挿板作製前後におけるビデオ撮影でこの逸脱した動きが改善されたことが確認できた69例に対してVAS評価を行った。10~20ポイントの改善をやや改善、20~30ポイントを改善、30ポイント以上を著明改善とすると、おのおの6例、45例、18例と全ての例において改善が認められた。足底挿板の処方、作製にあたり、健常歩行から逸脱した歩行姿勢の改善を得ることがその効果を引き出す事につなが

ることが確認できた。足底挿板の処方・作製にあたり、歩行姿勢の観察は必要不可欠な要素である。

緒 言

足底挿板の処方、作製は一般的に変形の矯正や除圧などを目的にされている。そのためアーチの高さや除圧目的のためのパッド、中敷きの硬度などがよく議論されている。我々は歩行姿勢を観察し健常歩行から逸脱している動きを特定し、その動きを左右のバランスのとれたものに変えることを目的として、足底挿板を処方・作製してきた。本研究の目的はこの観察による歩行分析による足底挿板処方・作製の妥当性を検討することである。

対象及び方法

対象は男性16例、女性53例の69例である。年齢と対象疾患を表1に示す。

歩行姿勢は前後方向からの観察で、健常歩行から逸脱した動きを捉え、その動きを改善するためのパッドを処方する。パッドを装着後逸脱した動

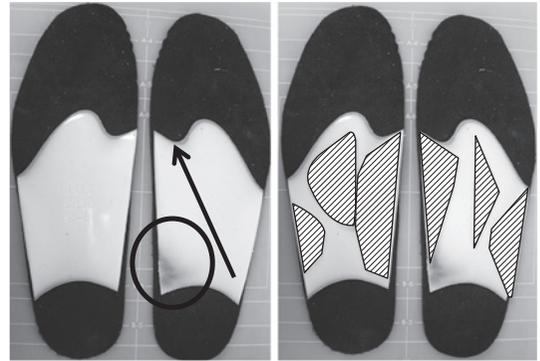
(2010/11/09 受付)

連絡先 : 内田 俊彦 〒100-0014 東京都千代田区永田町1-11-4 永田町パレスサイドビル1F NPO
オーソティックスソサエティー
TEL 03-3595-4355 FAX 03-3595-4356
E-mail dymocofoot7@mac.com

表 1

年齢 16～83歳 平均65歳

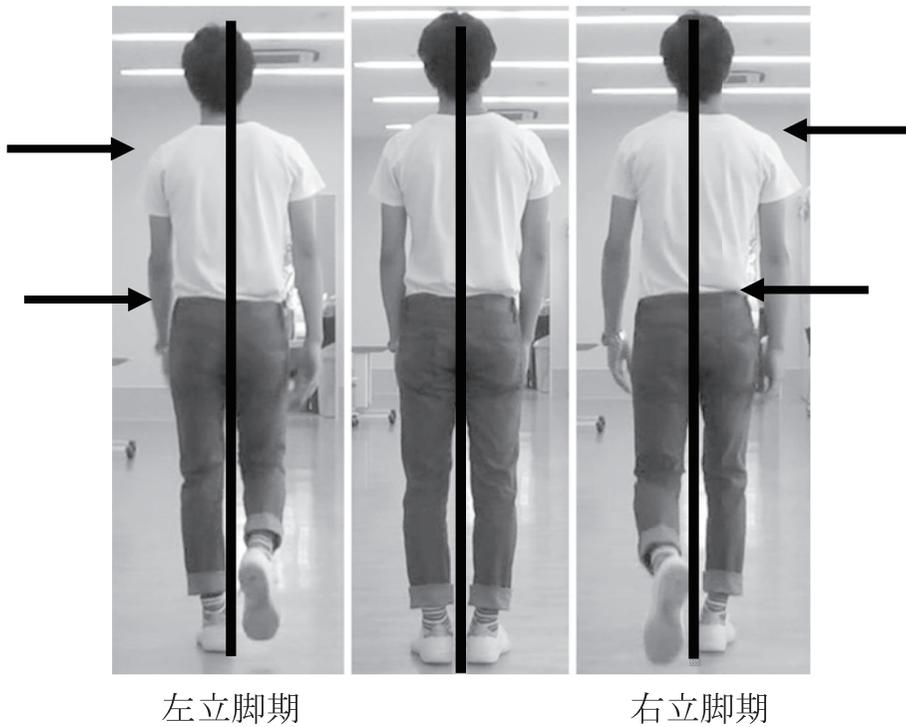
変形性膝関節症	29例
外反母趾	23例
変形性股関節症	3例
変形性足関節症	2例
その他（骨折後、強剛母趾など）	12例



A 既成パッド B 既成パッド+高さの調整

図1. 既成パッド

Aの円部分の載距突起は削っており、足圧中心が母趾方向に移動しやすい形状としてある。Bは内側・外側・横アーチの高さの調整部分を示す。



左立脚期

右立脚期

図2. 歩行姿勢の観察

きが改善されたか否かを再度観察し、歩行姿勢が改善されなければパッドの高さをさらに調整する。(図1)

歩行姿勢の捉え方は、体幹に正中線を想定し、左右の立脚期にどちらの方向に身体が傾いて行き

易いのか、肩甲骨帯・骨盤帯の挙上や下制はどちらが大きいか、骨盤帯の回旋はどちらが大きいか、など大きな左右の動きの違いをチェックする。(図2)

身体の動きは足部からの連動した動きであり、



A 足底挿板無し B 足底挿板有り

図3. 過回外の動き

足底挿板装着により、体幹の右方向への傾きが減少している

我々が観察による歩行分析で捉えてきた足の動きに伴う身体の動きの特徴を述べる。足部の小さい動きを捉えるよりは足部から遠い骨盤帯や体幹の動きの方がより大きく偏った動きを呈するため、その部分を観察した方がわかりやすい。動画が一番わかりやすいが紙面で紹介するため静止画であり、わかりにくい部分もあるかと思われる。その点をご容赦願いたい。

過回外の動きの特徴は、正中線から骨盤帯と肩甲帯が接地側の外方に大きく傾いていく動きである。肩甲帯は下制というより外側方に傾く動きである。脚長差のある例ではこの身体の動きがさらに強調されるし、変形性膝関節症では膝のスラストも観察される。(図3)

過回内の動きは接地側の骨盤帯の内方へのスウェーと肩甲帯の下制の動きである。体幹も正中



A 足底挿板無し B 足底挿板有り

図4. 過回内の動き

足底挿板装着により、右肩甲帯の下制が抑制されている

線より側方に傾くが、肩甲帯は傾くというより下方に落ちるという感じ(下制)の動きを呈する。もちろん足は回内の動きが出てくるが、観察するうえでは足部より身体の方がより大きく不自然なうごきを示すため観察しやすい。(図4)

歩行姿勢の観察以外に靴の変形、靴底の削れ、靴中敷きの足圧痕なども逸脱運動の手がかりとなるものである。(図5)

これらを参考にして逸脱運動の特定を行い、脚長差があれば補高を行い、回外の動きを呈する例であれば回内の動きを誘導する形状の足底挿板の処方を行う。逸脱運動が変化することで足底挿板の効果が出ることを確認するため、作製前後でVAS評価を行った。VASの内容は、痛みの軽減、歩きやすさなどそれぞれの症例ごとの目標である。



回外変形

回内変形

母趾 MP 部の削れ

図 5. 逸脱運動の手がかり

表 2

足部の(過)回外による	51例
脚長差による	19例
足部の(過)回内による	18例
関節可動域の低下による	8例
麻痺や筋力低下による	4例

(単独ないし重複あり)

結 果

健常歩行から逸脱した動きの原因では、足部の(過)回外によるものが51例と最も多く、脚長差によるもの19例、(過)回内によるもの18例であった。詳細は表2に示す。足底挿板を処方し、作製した後、再度歩行姿勢の観察を行い、全例で処方前の歩行姿勢が変化している事が確認できた。VAS評価では、10~20ポイントの改善をやや改善、20~30ポイントを改善、30ポイント以上を著明改善とすると、おのおの6例、45例、18例と全ての例において改善が認められた。すなわち歩行姿勢が変化すれば、足底挿板の効果は確実にあるといえる。

症例供覧

66歳の男性で右脛骨近位端、左足関節内骨折後の変形性関節症例である。右膝の内反変形と右下肢短縮を認める。裸足歩行では、右下肢短縮に伴い、右立脚期に体幹は大きく右に傾き、右足は過回外の動きを呈している。左立脚期に体幹の大きく異常な傾きは観察されない。足底挿板の処方、脚長差の補正と右足過回外の防止のため回内方向

への動きを誘導することと、左足は回外方向への動きを誘導するようにした。足底挿板装着により、右立脚期における体幹の側方への傾きは明らかに改善されている。

靴内の補高で下肢短縮を補い、足底挿板形状は、右は左よりも外側アーチを高くして右立脚期に体幹が外側に傾くのを防ぎ、内側アーチの載距突起部分を削って足部の動きを回内方向に、左は載距突起部分を厚くして足部の動きを回外方向に誘導するよう作製した。(図6)

考 察

足底挿板の作用に関しては1)変形の矯正、2)足部アーチの支持、3)疼痛・炎症部分の免荷、4)代償(脚長差、骨盤の傾斜・外傷や麻痺あるいは足関節固定による)といった四つの要素があるといわれている¹⁾。足底挿板は使用しているうちに疼痛は序々に楽になるのか、すぐに楽になるのか、変形は矯正されるのかなど、使ってみないと効果の有無が確認出来ない部分が多い。扁平足であれば内側アーチの挙上、変形性膝関節症であれば外側楔状板というようにある疾患イコールこの形の足底挿板というような処方がされている場合が多いが、では内側アーチはどの部分を何ミリあげるのか、外側楔状板の高さは何ミリにするかなどといった内容は作製側にまかせるよりほかはない。どういった処方が変形を矯正できるのか、そのためにはどう作製するかといった処方側の意図を、作製側

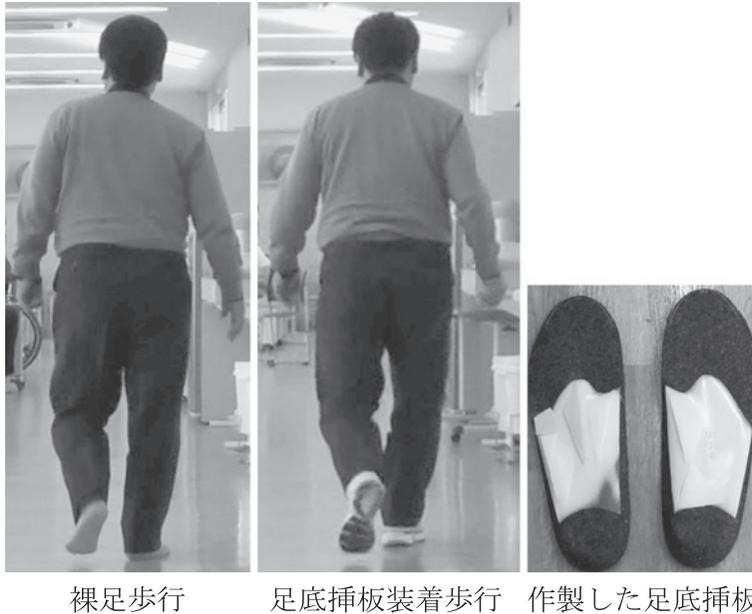


図 6. 症例

に伝えるシステムは構築されていないのが現状であろう。

我々は以前より足底挿板は歩行姿勢を変化させるものであり、そのために既成パッドを考案し臨床応用し報告してきた^{2)~4)}。足底挿板の効果は歩行姿勢の変化として捉える事が可能であり、逆に歩行姿勢が変化しなければその足底挿板は効果がない、と判断してきた。健常歩行から逸脱した動きの見極めが出来れば、その逸脱した動きをどのように変化させるかが足底挿板の処方考えになる。すなわち足アーチを何ミリ持ち上げるといった指示ではなく、左右のアンバランスな歩容を変化させるように、といった指示である。過回外の動きを呈する例であれば回内方向に誘導する足底挿板の作製、過回内の動きを呈する例であれば回外方向に誘導する足底挿板を処方するわけである。そして処方どうりの歩容が獲得されたかどうかを歩行姿勢の観察から確認すればよい。今回のVASの結果からもこの方法は支持されるものと考え。

踵骨骨折は扁平足ぎみになるからといって内側アーチを高く作製された足底挿板と歩行姿勢を示

す。(図7-A)内側アーチを高くしすぎたため、足部は回外の動きが大きくそのために体幹が大きく左側方に傾いている。図7-Bは作製された装具を修正したものと歩行姿勢である。過回外の動きを制限するために外側ウェッジと外側アーチを高くし歩行姿勢を観察したものである。体幹の左側方への傾きが少なくなり、背筋も伸びて姿勢が明らかに変化していることがみてとれる。この際、歩行時の疼痛は軽減している事が確認された。

このように歩行姿勢の観察に習熟すれば、処方・作製された足底挿板の効果も自ずと判断可能であると考え。痛みや障害のある人の歩行姿勢は偏った形態をとり、その原因は様々であるが、必ず特徴をもっている。異常歩行を歩行姿勢の観察から特定し、その動き方を変える目的で図1に示した既成パッドを作製し処方している。VASの結果からも歩行姿勢が変化する事で痛みの改善や歩行しやすさが獲得されており、観察による歩行分析は足底挿板の処方に際して有効な方法であると考え。



A 作製されたままの装具 B 修正した足底挿板

図7. 踵骨骨折例の歩行姿勢と足底挿板

結 語

観察による歩行分析は、足底挿板の処方・作製にあたり必要不可欠な手法であるといえる。この手法が出来れば足底挿板作製の標準化は可能と考える。

文 献

- 1) B. レニョー. 8章足底挿板. 足一病因・病理・病態と治療法一. レニョー編. 東京：シュプリンガー・フェアラーク東京：1986. 553-6.
- 2) 内田俊彦他. 外反母趾に対する足底挿板療法. 日本足の外科学会雑誌 1992; 13: 198-203.
- 3) 佐々木克則他. ダイナミックシューインソールシステムについて. 靴の医学 1997; 10: 31-4.
- 4) 内田俊彦他. 強剛母趾に対する足底挿板療法. 靴の医学 2004; 17: 45-50.

糖尿病患者における履物に対する意識およびその選択

Attitude survey for footwear selection of diabetic patients

¹⁾神戸大学発達科学部

²⁾神戸大学大学院人間発達環境学研究所

³⁾有限会社フットクリエイト

¹⁾Faculty of Human Development, Kobe University

²⁾Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

³⁾Footcreate Co Ltd.

櫻井 寿美¹⁾, 中村 晴信²⁾, 櫻井 一男³⁾

Toshimi Sakurai¹⁾, Harunobu Nakamura²⁾, Kazuo Sakurai³⁾

Key words : 履物 (footwear), 糖尿病 (diabetes mellitus), 患者 (patients), アンケート (questionnaires)

要 旨

糖尿病足病変は、履物の選択がその予防に大きな役割を果たすことが報告されている。本研究では効果的な履物教育を実施するための基礎資料を得る目的で、足病変の無い糖尿病患者に対して履物に対する意識およびその選択に関する調査を行った。調査方法は質問紙調査および調査日に着用していた履物についての調査である。靴の選択に対する意識は高い一方で、実際に着用している履物では、55.2% が足に負担がかかる可能性のある履物を着用していた。また履物教育を受けていた者は18.3% であり、教育を受けていない者の履物には問題箇所が見られた。以上の結果より、糖尿病患者に対する早期の履物教育の重要性が示唆された。

緒 言

糖尿病足病変は、歩行制限などに伴う Activity of Daily Living (以下, ADL) や Quality of Life (以下, QOL) の低下を招き、個人、家族、社会への負担を生じるが、履物の不適合が糖尿病足病変のリスクを高めることが明らかになっている¹⁾。また、糖尿病患者の足に生じている病変が、その時点では糖尿病足病変ではなくても、将来的に潰瘍や壊疽などの糖尿病足病変へと移行する可能性もある。従って、糖尿病発症の早期の段階から履物やフットケアの重要性、およびそれらの選択についての教育を実施することは重要である。従来の報告では糖尿病患者の履物²⁾やフットケア³⁾についての意識調査や履物についての実態調査⁴⁾などが報告されている。しかしながら、糖尿病足病変の早期予防に着目し、履物に対する意識や実際に着用している履物の実態、および履物教育の関連性を詳細に検討した報告はない。本研究では、糖尿病足病変を発症していない糖尿病患者について、履物に関する意識や行動、履物教育の関連性を検討した。

(2010/11/11 受付)

連絡先: 櫻井 寿美 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲 3-11 神戸大学大学院人間発達環境学研究所
中村晴信研究室
TEL 078-803-7740 FAX 078-803-7740
E-mail toshimi@footcreate.com

表 1. 靴の分類の項目別基準

項目	内容
靴構造	厚みが無く狭いトゥボックス部 紐の無い靴 つま先部やかかと部がおおわれていない かかと部が高く足の親指の付け根部に大きな力がかかる
着用状況	ひもを締めずに着用 かかと部を踏んで着用 靴が極端に小さいまたは大きい
靴の状態	靴底の摩耗が激しい 靴全体の消耗や汚れが激しい 靴全体の変形が激しい

注：各項目に1つでも該当するものを問題箇所所有りに分類した

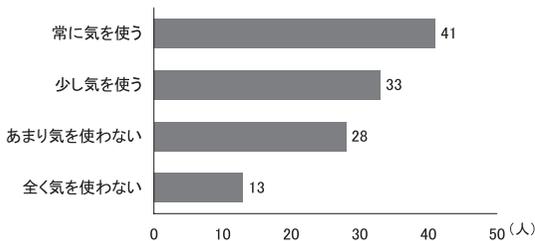


図 1. 履物選択の意識 (n=116)

対象と方法

西日本地区の6病院に通院中で、本研究への参加同意を得られた糖尿病足病変を有していない糖尿病患者116名(男性65名, 女性51名)を対象とした。調査は神戸大学大学院人間発達環境学研究科研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。調査は2010年6月~7月に実施した。調査方法は質問紙調査, および調査当日着用していた履物の実態調査である。質問紙の調査項目は基本属性(年齢, 性別, 職業, 家族, 身長, 体重, BMI (Body Mass Index) 値, 糖尿病歴, 糖尿病型, HbA1c (Hemoglobin A1c) 値, 合併症の有無, 糖尿病の治療方法), 自覚している足の疾患, 糖尿病合併症に関する知識, 履物に関する意識および知識, フットケアに関する意識および知識, 一般的健康観である。尚, BMI 値は, 身長と体重の値から計算し

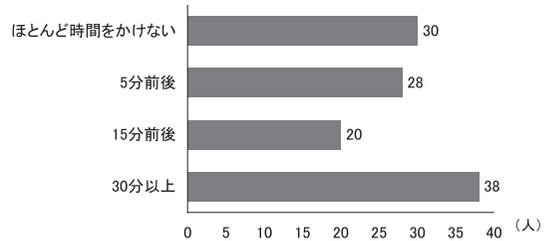


図 2. 履物選択の時間 (n=116)

た ($[\text{体重 (kg)}]/[\text{身長 (m)}]^2$)。

対象者が着用していた履物は「構造」, 「着用状況」, 「状態」の3要素から問題箇所の有無に分類した。構造の判定では Tovey Shoe classification を用いた先行研究の基準を用い⁵⁾, 「最適」「適合」「不適合」に分類後, 「最適」および「適合」を「適合」とし, それ以外を「不適合」とした。さらに着用状況, 状態の2要素を加味し, いずれかの項目に該当するものを「問題箇所所有り」, 該当しないものを「問題箇所無し」に分類した。(表1)

履物意識, 履物教育, 履物の問題箇所の関係における検定には χ^2 検定を用いた。統計解析は SPSS Ver. 18 (エス・ピー・エス・エス株式会社, 東京) を使用し, 有意水準は 5% とした。

結 果

対象者の年齢は 69.1 ± 10.1 歳 (男性 67.3 ± 10.6 歳, 女性 71.4 ± 10.5 歳), 身長は 1.60 ± 0.89 m, 体重は 64.2 ± 14.4 kg, BMI 値は 25.0 ± 4.6 であった。対象者の 96.6% は 2 型糖尿病であり, 糖尿病歴は 11.4 ± 9.7 年, HbA1c 値は 6% 台が 39.7% と最も多く, 糖尿病治療は経口血糖降下薬が 63.8% と最も多かった。

糖尿病合併症が「有る」と回答した者は全体の 33.6% であった。糖尿病合併症以外では, 足白癬, 外反母趾など, 自覚している足疾患が「有る」と回答した者は 55.7% であった。

履物を選択する際の意識や実際に購入する際の選択時間についての質問項目では, 履物選びに「常に気を使う」あるいは「少し気を使う」と回答し

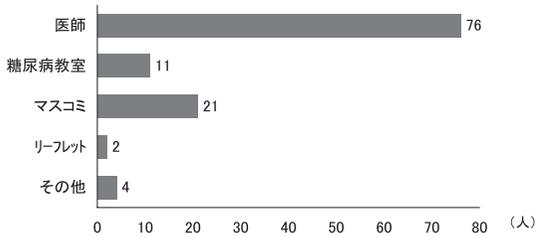


図 3a. 糖尿病合併症の知識を得た機会 (n=114)

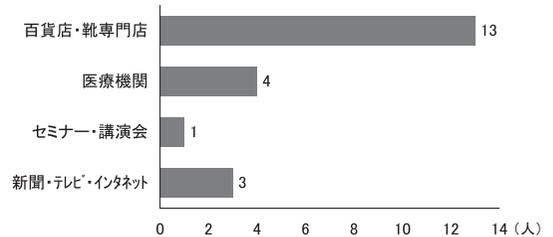


図 3b. 履物教育を受けた場所 (n=21)

たものは74名(64.4%)であった。(図1)履物の選択時間は、15分以上時間をかけて選択している者は58名(50.4%)であった。(図2)

糖尿病合併症に関する知識の有無については、114名(99.1%)が「有る」と回答していた。この114名のうち医師および医療機関で開催される糖尿病教室を通じて知識を得たと回答した者は87名(76.1%)であった。(図3a)一方、履物教育を受けたことが「有る」と回答した者は21名(18.3%)、無いと回答した者は95名(81.7%)であった。この21名について、履物教育を受けた場所は、百貨店や靴専門店と回答した者が13名であったのに対し、医療機関と回答した者は4名であった。(図3b)

調査当日、対象者が着用していた履物構造の判定では、「適合」は58名(50.0%)、「不適合」は58名(50.0%)であった。また着用状況、状態の2要素を加味した判定では、「問題箇所有り」は64名(55.2%)、「問題箇所無し」は52名(44.8%)であった。

履物選び意識と履物構造との間には有意な関係があり($p<0.05$)、履物選び意識有りの者が適合と判定された履物を着用していたケースが多かった。(表2a)履物教育と履物構造との間にも有意な関係が認められ($p<0.05$)、履物教育を受けた者が適合と判定された履物を着用していたケースが多かった。(表2b)さらに、履物選び意識と履物教育との間にも有意な関係が認められ($p<0.05$)、履物教育を受けた者に履物選び意識が高い者が多かった。(表2c)

考 察

本研究は、効果的な履物教育やフットケア教育を実施するための基礎資料を得る目的で、糖尿病足病変を発症していない糖尿病患者について、履物選択における知識や意識、および行動、ならびに実際に選択している履物についての調査を行った。

履物選択意識については、「常に気を使う」あるいは「少し気を使う」と回答した者が全体の64.4%であった。着用していた履物の構造が「適合」であった者は50.0%であり、着用状況や状態を加味すると、55.2%に問題箇所がみられた。履物選択の意識や履物教育の有無と履物構造の適合、不適合との関連性では、履物選択の意識の低い者や履物教育を受けていないと回答した者に不適合な履物を選択しているケースが多かった。さらに履物教育を受けたものは履物選択の意識が高かった。以上の結果より、履物の選択には、履物に対する意識や履物教育が関連していることが示された。

不適切な靴の着用などによる靴擦れが足潰瘍を引き起こすという報告や⁶⁾⁷⁾、履物の選択や着用の仕方などの知識やフットケアに対する知識の欠如が糖尿病足病変の危険因子となりうるという報告がされている⁸⁾。これらの報告は、履物の意識・知識が履物選択と関連があるとする我々の結果を支持するものであり、履物選択への意識を高めることの重要性が示唆された。

一方、糖尿病足病変を有しない場合には、ウォーキングシューズなど市販靴を着用していることが

表 2

a 履物選択意識と履物構造

	適合	不適合	合計
意識有り	43 (58.1)	31 (41.9)	74 (100.0)
意識無し	15 (36.6)	26 (63.4)	41 (100.0)
合計	58 (50.4)	57 (49.6)	115 (100.0)
$\chi^2 = 4.89$ ($df = 1$), $p = 0.027$			

注：数字は人数，（ ）内は %

b 履物教育と履物構造

	適合	不適合	合計
教育無し	43 (45.7)	51 (54.3)	94 (100.0)
教育有り	15 (71.4)	6 (28.6)	21 (100.0)
合計	58 (50.4)	57 (49.6)	115 (100.0)
$\chi^2 = 4.53$ ($df = 1$), $p = 0.033$			

注：数字は人数，（ ）内は %

c 履物教育と履物選択意識

	意識有り	意識無し	合計
教育無し	55 (58.5)	39 (41.5)	94 (100.0)
教育有り	18 (90.0)	2 (10.0)	20 (100.0)
合計	73 (64.0)	41 (36.0)	114 (100.0)
$\chi^2 = 7.10$ ($df = 1$), $p = 0.008$			

注：数字は人数，（ ）内は %

多いが、市販靴を着用している場合にも、フットケアや教育が有効である⁹⁾という報告もある。本研究における対象者は、潰瘍や壊疽などの糖尿病足病変を有しておらず、全員が市販の履物を着用していたが、知識や教育が不十分であるために、履物の状態や着用状況に問題点がみられるケースが多かった。以上より、糖尿病足病変予防のためには、履物教育やフットケア教育を受ける機会を増加させる必要性が示唆された。

結 語

糖尿病は罹病期間も長く、患者は長期にわたり通院するケースが多い。糖尿病足病変を予防するためには、通院の機会等を利用し、糖尿病患者教育の一環として早期の履物教育を実践することが重要であることが示された。

文 献

- 1) Lavery LA, Peters EJG, Armstrong DG. What are the most effective interventions in preventing diabetic foot ulcers?. *International Wound Journal* 2008;5:425-33.
- 2) 新城孝道. 履物によると思われる糖尿病性足病変の臨床的検討. *靴の医学* 1988;2:47-50.
- 3) 沢村美祝, 安村みどり, 南谷絹代. 当院糖尿病外来患者のフットケアの認識調査を行って. *新薬と臨牀* 2005;54:1256-60.
- 4) 新城孝道, 藤倉知子. 足病変を有する糖尿病患者の靴の観察と評価. *靴の医学* 1995;9:78-80.
- 5) Reiber GE, Smith DG, Wallace CM. Footwear used by individuals with diabetes and a history of foot ulcer. *Journal of Rehabilitation Research and Development* 2002;39:615-22.
- 6) Macfarlane RM, Jeffcoate W J. Factors Contributing to the Presentation of Diabetic Foot Ulcers. *Diabetic Medicine* 1997;14:867-70.
- 7) Nixon BP, Armstrong DG, Wendell C, et al. Do US Veterans Wear Appropriately Sized Shoes?. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 2006;96:290-92.
- 8) Chandalia HB, Singh D, Kapoor V, et al. Footwear and foot care knowledge as risk factors for foot problems in Indian diabetics. *International Journal of Diabetes in Developing Countries* 2008;28:109-13.
- 9) Reiber GE, Smith DG, Wallace C, et al. Effect of Therapeutic Footwear on Foot Reulceration in Patients With Diabetes. *American Medical Association* 2002;287:2552-58.

足白癬症と靴内の衛生状態の比較

The comparison between the foot fungus infection and the hygiene of the shoes

東京女子医科大学 糖尿病センター

Diabetes Center, Tokyo Women's Medical University

新城 孝道

Takamichi Shinjo

Key words : 糖尿病足病変 (Diabetic Foot), 足白癬症 (Tinea Pedis), 靴の観察 (Observation in the shoes), 足白癬症と靴 (Tinea pedis and shoes), 靴の衛生 (hygiene of the shoes)

要 旨

対象は糖尿病 (DM) 55 例 (男 35 女 20) で非糖尿病 (NDM) 10 例 (男 6 女 4)。皮膚、爪と靴の検査で白癬菌を診断。足白癬症は DM 55 名中 51 名 (92.7%), NDM 10 名中 4 名 (40.0%) で、男女比は各々約 3 : 2。爪白癬症は DM 55 名中 49 名 (89.0%), NDM 10 名中 4 名 (40.0%)。足白癬症と爪白癬症の両方合併は DM 55 名中 47 名 (89.4%), NDM 10 名中 2 名 (20.0%)。靴内のごみは、DM では無い 55 例中 4 例 (7.27%), 軽度 17 例 (30.9%), 中等度 23 例 (41.8%), 高度 11 例 (20.0%) で、NDM は無い 10 例中 2 例 (20.0%), 軽度 5 例 (50.0%), 中等度 2 例 (20.0%), 高度 0 例。靴内の白癬菌は DM 55 例中 52 例 (94.5%) で、NDM 10 例中 8 例 (80.0%)。DM は高頻度に足と靴の白癬菌を合併し、靴の衛生は不良であった。

a) 緒 言

渡辺らによる 1999~2000 年間の 21,820 人に関する本邦における足白癬症の調査では、40.4% の頻度でみられた¹⁾。しかし糖尿病と足白癬症との有意差はみられなかったとしている。外国での報告では糖尿病患者の約 1/3 ないし 1/2 に爪白癬があり^{2) 3)}とのことであった。足白癬症は足以外の履物、家庭内環境が大きく影響している。筆者のフットケア外来での足白癬症例の頻度と履物に関して調査した。

b) 対象と方法

2009 年 3 月より 2010 年 2 月までの間に当フットケア外来受診者のなかで足ないし爪白癬症が疑われる例を対象とした。糖尿病 55 名で非糖尿病 10 名。既往歴に足白癬症と診断され治療した事ありが各 40 名と 3 名であった。糖尿病は合併症を有している例が多かった。(表 1) 白癬菌検出に関してはネイルニッパーで爪を採取し、毛抜きかセロテープを用い皮膚を採取。各材料をスライドグラスにのせ、KOH 液を滴下し検鏡した。また一部は白癬菌寒天培地 (平板, 斜面) にて培養。培養は室内

(2010/11/17 受付)

連絡先 : 新城 孝道 〒162-8666 東京都新宿区河田町
78-1 東京女子医科大学 糖尿病センター
TEL 03-3353-8111 (代表) 内線 27114
FAX 03-3358-1941
E-mail asieso@dance.ocn.ne.jp

表 1. 対象

	DM	NonDM
総数	55 (男 35, 女 20 名)	10 (男 6, 女 4 名)
・年齢 (歳)	55±22 (38～77)	50±18 (32～68)
・既往歴：足白癬症があり治療した事あり	40 名	3 名
・糖尿病		
—I型/II型	0/55 名	
—罹病期間	19±11 年	
—治療法：食事/血糖降下剤/インスリン	3/22/30 名	
—合併症		
・神経障害	50 名	
・網膜症	28 名	
・腎症	20 名	
—HD	2 名	
空腹時血糖	145±56mg/dl	
HbA1c	7.2±2.4%	
・その他の合併症		
—I高血圧	32 名	1 名
—I脳血管障害	1 名	0 名
—I虚血性心疾患	10 名	0 名

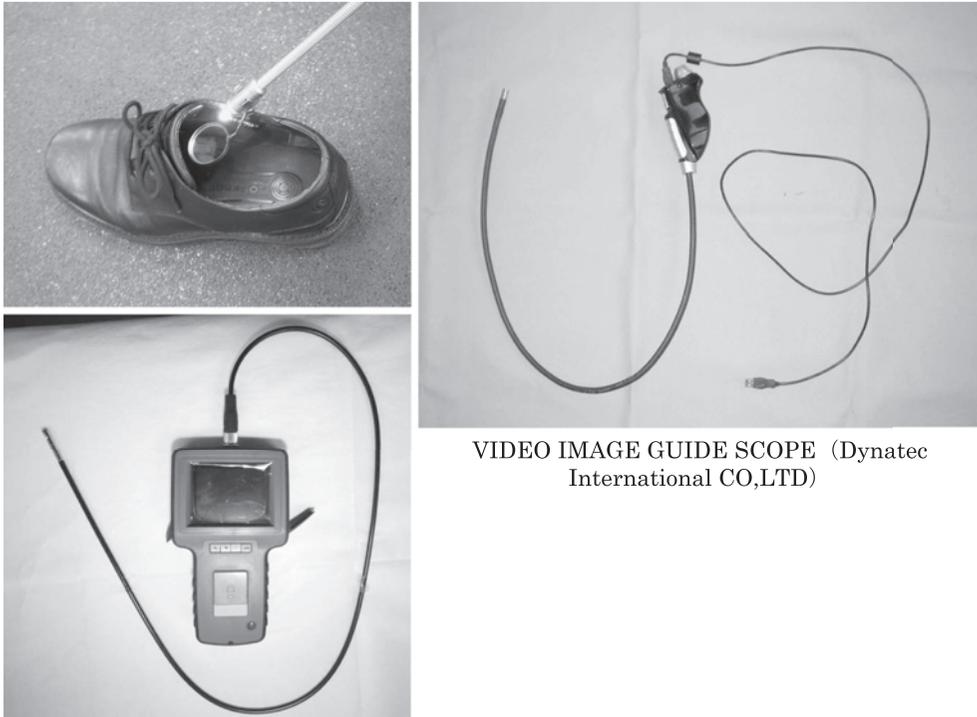


図 1. 靴の中敷きの白癬菌検査：靴内や中敷きは滅菌綿棒を生食に浸し接触後、白癬菌培地に先端を切り落とし培養した。

静置とインキュベーターを使用した。培地で増殖した例はフェノールコットンブルー染色をし、検

鏡で観察。靴内や中敷きは滅菌綿棒を生食に浸し接触後、白癬菌培地に先端を切り落とし培養した。

光源付き反射鏡



VIDEO IMAGE GUIDE SCOPE (Dynatec International CO,LTD)

Industrial LCD Monitor Endoscope

図2. 靴内の観察：反射鏡と細径工業用内視鏡（2社製）を用い観察した。

(図1) 靴内は肉眼で観察し、深部は光源付き反射鏡を用いた。ブーツや爪先が深い靴は VIDEO IMAGE GUIDE SCOPE (Dynatec International CO, LTD) と Industrial LCD Monitor Endoscope (MICROSCOPE OME-TOP SYSTEMS CO., LTD) の細径工業用内視鏡を用いて観察した。(図2)靴内の衛生状態を目視で観察し、ごみの状態より無し、軽度、中等、高度と大別した。(図3)観察した靴は全例市販靴で表2の如き内容であった。

c) 結 果

足白癬症は趾間型、小水疱型び角質増殖型を総合したものである。表3のごとく糖尿病例55名中51名(92.7%)が足白癬症を合併し、非糖尿病例では10名中4名(40.0%)であった。男女別では各々約3:2の比率であった。爪白癬症は糖尿病例では55名中49名(89.0%)、非糖尿病例は10名中4名

(40.0%)に認められた。足白癬症と爪白癬症を両方合併する例は糖尿病例では55名中47名(89.4%)、非糖尿病例では10名中2名(20.0%)に認められた。靴内の衛生状態は、糖尿病例では無いは55例中4例(7.27%)、軽度17例(30.9%)、中等度23例(41.8%)、高度11例(20.0%)で、非糖尿病例では無いは10例中2例(20.0%)、軽度5例(50.0%)、中等度2例(20.0%)、高度無しであった。靴内のごみの多少に関しては、糖尿病例と非糖尿病例とも靴を購入してまもない例や外出用にたまたま履く例がほとんどであった。全対象例中靴の中の手入れをした例は皆無であった。各例での性差は男性が多かった。中敷きを含めた靴内での白癬菌培養結果は糖尿病55例中52例(94.5%)で、非糖尿病例では10例中8例(80.0%)であった。各例での性差は男性が多かった。

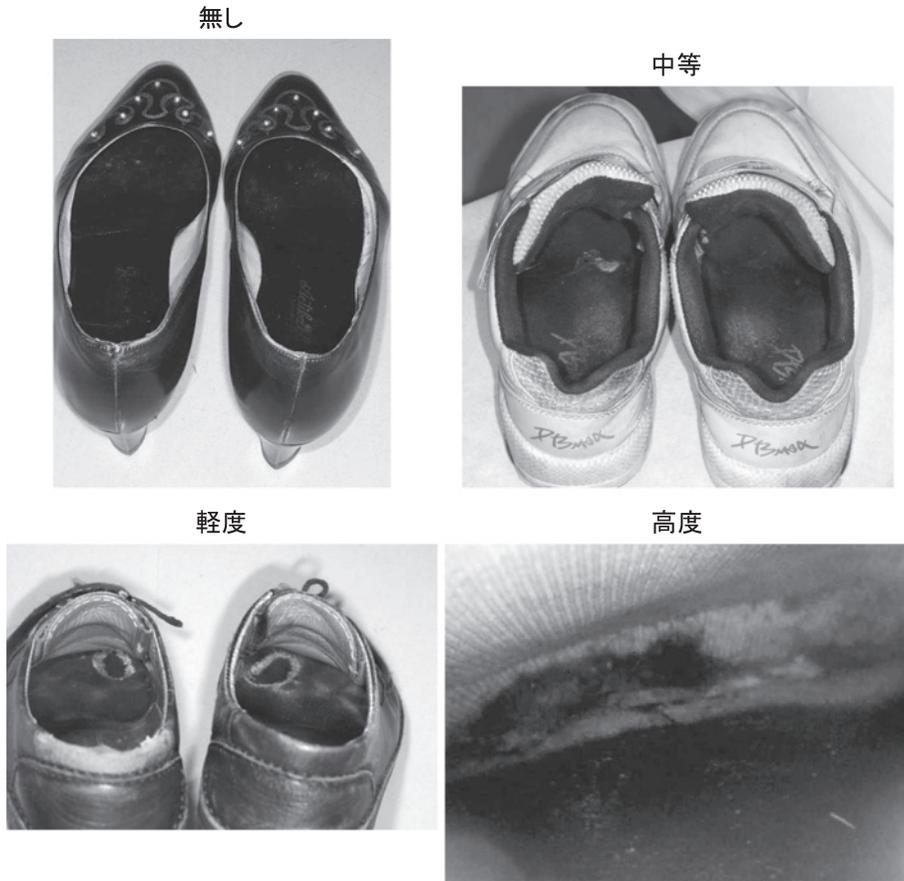


図3. 靴内のごみの評価：ごみは目視で無し，軽度，中等，高度に大別した。

表2. 調査した履物

靴の種類	DM 55名		NON DM 10名		合計
	男 35	女 20	男 6	女 4	
オックスフォード	5	0	1	0	6
スリッポン	26	17	5	4	52
ブーツ	0	3	0	0	3
スニーカー	4	0	0	0	4

d) 考 察

白癬症に関して糖尿病例では足白癬症及び爪白癬症の合併例が高頻度にみられた。これは対象患者がフットケア外来の受診者であることと、既往歴での白癬症の診断例が多く含まれたためのサンプリングバイアスと思われる。対象患者数は異なる

が非糖尿病例に比し糖尿病例に白癬症例の合併が高かった。非糖尿病例でも40%の足白癬症合併があり、前記渡辺らの全国調査とほぼ一致していた。従来靴内の観察は目視や光源付き反射鏡でなされてきた。爪先の深い靴やブーツ例では困難なことが多かった。今回筆者は工業用内視鏡を用いた靴内の観察を初めて施行した。過去の類似の報告は調査した範囲ではなかった。本内視鏡では光源よりの光で明るくなり、かつ接写して詳細な観察ができた。動物の毛、綿埃、靴の破損箇所での繊維の露出等が鮮明に識別できた。靴の先端、天井、側部や靴底と靴内全体を観察しえたことは画期的なことと思われる。この工業用内視鏡での靴内の観察より、ごみの評価をした。靴内のごみは両郡で高頻度にみられた。靴の手入れが全対象例

表 3. 検査結果

	DM			NonDM		
	男	女		男	女	
人数	55	35	20	10	6	4
足白癬症	51	33	18	4	2	2
爪白癬症	49	32	17	4	2	2
足+爪白癬症	47	30	17	2	1	1
足白癬症無し	4	2	2	6	4	2
靴内のごみ	無し	4	1	3	2	1
	軽度	17	3	14	5	4
	中等	23	21	2	2	1
	高度	11	10	1	0	0
靴内の白癬菌陽性	52	33	19	8	5	3

でなされていなかったことと大いに関係している。足白癬症や爪白癬症の温床としての靴内の衛生状態が良好に保持がなされていなかった。フットケアは重要であるが、靴の手入れの重要性の認識が欠如していた。フットケアに関する医療従事者の今後のさらなる啓蒙が必要である。今回筆者の研究は足と靴に言及したものであったが、本邦での過去の報告^{6) 7)}では履物、靴下、足袋、ストッキングに関する白癬症の報告があった。それによるとストッキングはうすく白癬症の予防はできないが、それより厚い靴下は有用であったとしている。また靴内のふき取り、洗浄その他の衛生的対応で白癬菌の予防ができたとの事であった。履物では靴以外のサンダルと足白癬症との関連に関するタイよりの報告があり⁸⁾、夏場や温暖な地域での注意が必要である。糖尿病患者の足白癬症例に対する薬物治療はもとより患者及び家族教育、定期的なフットケア及び履物の点検指導等が予防的に重要であるとの報告があり⁹⁾、同感である。本邦では高頻度に白癬症が足に合併しているが、無症状のため医療者側と患者側の治療及びケアに対する熱心さが低下ないし欠如しているものと思われる。皮膚科では白癬症の診断及び治療に関するガイドラインがあり十分な対応がなされている。糖尿病フットケアに従事する医師ないし看護師が皮膚科医への積極的な紹介と連携診療を行うことが重要である。

e) 結 語

非糖尿病例は本邦の白癬症合併率がほぼ同等であったが、糖尿病患者では足及び爪白癬症がより高頻度に合併していた。靴内の白癬菌の検出も糖尿病及び非糖尿病例ともに高頻度で検出された。靴内のごみは両郡で多くみられ衛生状態が不良であった。白癬症対策として足のみならず履き物に対しても十分な対策と患者教育が重要である。

文 献

- 1) 渡辺晋一, 西本勝太郎, 浅沼廣幸他. 本邦における足・爪白癬の疫学的調査成績. 日本皮膚科学会誌 2001; 111: 2101-12.
- 2) Gupta AK, Komnikov N, Rich P, et al. Prevalence and epidemiology of onychomycosis in diabetics: a multicenter study. Br J Dermatol 1998; 139: 665-71.
- 3) Romano C, Massai L, Asta F, et al. Prevalence of dermatophytic skin and nail infections in diabetic patients. Mycoses 2001; 44: 83-6.
- 4) Knudsen EA. Isolation of dermatophytes from footwear with adhesive tape strips. J Med Vet Mycol 1987; 25 (1): 59-61.
- 5) 新城孝道他. 糖尿病フットケア外来における白癬症の診断. 日本成人病(生活習慣病)学会誌 2010; 36: 68.
- 6) Tanaka K, et al. Preventive effects of various types of footwear and cleaning methods on dermatophyte adhesion. J Dermatol 2006; 33 (8): 528-36.
- 7) Katoh T. Dermatophytosis and environment. Nippon Ishinkin Gakkai Zasshi 2006; 47 (2): 63-7.
- 8) Ungpakorn R, et al. Prevalence of foot diseases in out-

patients attending the Institute of Dermatology, Bangkok, Thailand. Clin Exp Dermatol 2004 ; 29 (1) : 87-90.

9) Tosti A, et al. Patients at risk of onychomycosis—risk

factor identification and active prevention. J Eur Acad Dermatol Venereol 2005 ; 19 Suppl 1 : 13-6.

陥入爪・巻爪に対する“コットン充填固着法”の紹介

The introduction of the cotton filling adherence method on ingrown toenail and incurvated nail

長谷川整形外科医院
Hasegawa Orthopaedic Clinic

長谷川徳男
Norio Hasegawa

Key words : 陥入爪 (ingrown toenail), 巻爪 (incurvated nail), コットン充填固着法 (cotton filling adherence method), コットンパッキング (cotton packing), 超弾性ワイヤー (super elastic wire)

要 旨

コットンパッキング^{1) 2)}の外れ易く長持ちせず深爪例には使えないという欠点を解消するために、コットンを細長く丸めて爪先をコの字型に覆うように硬く充填し医療用瞬間接着剤を浸み込ませて爪に固着させるコットン充填固着法を考案した。その基本手技について解説し肉芽形成例や乳児の爪周囲炎等への応用例を紹介した。当院で経験した足趾の陥入爪・巻爪症例 1,163 例中、コットン充填固着法単独で治療した 495 例について検討した結果、主因が巻爪だったものと肉芽形成例では治療期間が長かった。治療回数が 1 回のみであったものは、1 回の処置で炎症が消退したために以後来院しなかった例が多かったものと推測された。

緒 言

陥入爪・巻爪の治療は、一部の爪治療専門医を

除けば皮膚科、形成外科、整形外科、外科等の医師によって、抗生剤の軟膏や内服処方、爪縁部分切除、抜爪、硝酸銀処置などが行われている例が多いと思われる。爪の角による物理的刺激が原因の例が殆どのため抗生剤は原則として不要であり、爪縁部分切除や抜爪をしても爪が伸びると再発する事が多く、治療に難渋して巨大肉芽を形成したり、多数回手術により高度の変形爪となったりする例も散見される。

当院では、平成 14 年 9 月より採用した超弾性ワイヤーによる矯正法³⁾、コットンパッキングを独自に改良したコットン充填固着法、人工爪²⁾、フェノール法⁴⁾による爪床形成術の 4 種類から、爪の変形、肉芽の程度、患者の生活環境などを総合的に判断して最適な治療法を選択してきた。人工爪に関しては殆どがコットン充填固着法で対処出来るために、最近には主に爪甲ごと指先を切った切創に使用している。

対象と方法

平成 14 年 9 月から平成 22 年 5 月までの 7 年 8 ヶ月間に当院で経験した足趾の陥入爪・巻爪症例 1,163 例の治療法についてまとめ、うちコットン充

(2010/10/08 受付)

連絡先：長谷川徳男 〒970-8026 福島県いわき市平字
五色町 78 長谷川整形外科医院
TEL 0246-25-5691 FAX 0246-25-5873
E-mail n-hsgw@nifty.com

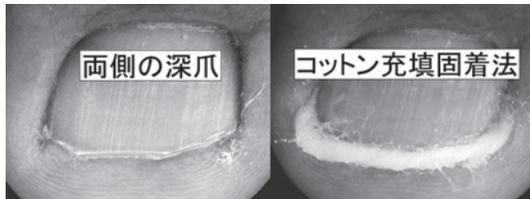


図1. コットン充填固着法の基本手技

填固着法単独で治療した例について検討を加え、コットン充填固着法を考案した経緯とその基本手技について解説し、肉芽形成例や乳児の爪周囲炎等への応用例を紹介する。

結 果

治療法の内訳は、コットン充填固着法単独が495例42.6%、ワイヤー矯正法単独が443例38.1%、フェノール法による爪床形成術単独が79例6.8%、人工爪単独が19例1.6%、複数治療併用例が127例10.9%であった。

コットン充填固着法単独で治療した495例の年齢は6ヶ月～95歳、性別は男性204例、女性291例であり、治療期間は最短1日、最長は2,288日で平均治療日数は69日であった。1年以上経って再発して来院する例も多いため、治療期間が365日以内の症例421例について検討すると平均治療日数は27日であった。主因が深爪だったものは205例48.7%で平均23日、主因が巻爪だったものは216例51.3%で平均31日であった。421例中の肉芽形成例は76例18.1%で平均治療日数は39日であり、主因が巻爪だったものと肉芽形成例では治療期間が長い傾向にあった。

治療回数が1回のみであった例は、421例中245例58.2%であった。主因が深爪だったものが111例45.3%、主因が巻爪だったものが134例54.7%であり、245例中の肉芽形成例は30例12.2%であった。肉芽形成例では、陥入部の炎症が1回の処置で消退せずに複数回の治療で徐々に炎症が消退する例が多かった。治療回数が1回のみであったものは、1回の処置で炎症が消退したために以後来院

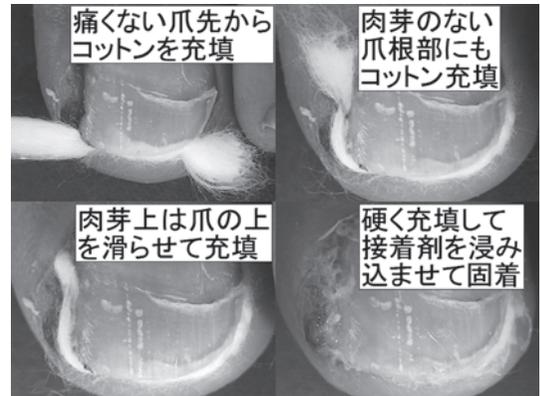


図2. 肉芽形成例への応用

しなかった例が多かったものと推測された。

コットン充填固着法を考案した経緯

コットンを小さく丸めて爪の角に挟むコットンパッキングは、外れ易く長持ちせず深爪例ではコットンを挟む事が出来ない。この欠点を解消するために、コットンを細長く丸めて爪甲側縁先端の下から爪甲側縁の奥まで爪の先全体をコの字型に覆うように硬く充填し、医療用瞬間接着剤をコットンに浸み込ませて爪に固着させるコットン充填固着法を考案した。

1) コットン充填固着法の基本手技

通常は爪の下にコットンを充填するが、図1の様な深爪例で爪の下に充填出来ない場合でも、コットンを爪甲側縁にまでコの字型に硬く充填して固着させれば、激しいスポーツをしても数日間は外れることはない。処置後すぐに痛みは軽快するが、コットンが外れたら症状が悪化する前に速やかに来院してもらい、爪先まで爪が伸びるまではコットン充填固着法を繰り返す。

2) 肉芽形成例への応用

爪先か爪根部よりコットンを充填し、肉芽上はコットンを爪の上を滑らせる様にして充填すれば痛みが少なく処置出来る。滲出が多い間は外れ易いが、炎症が消退して滲出が減るに従いコットンが外れ難くなり肉芽も自然に消退する。(図2)

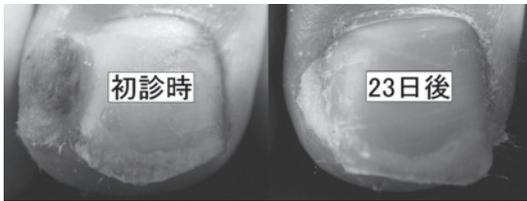


図3. 局麻下コットン充填固着法



図4. 治療難渋例への応用



図5. 乳児の爪周囲炎への応用

3) 局麻下コットン充填固着法

大きな肉芽形成例では、初回のみ局所麻酔下にコットン充填固着法を行い、根気良く入替えを継続すれば、コットン充填固着法のみでも対処可能である。(図3)

4) 治療難渋例への応用

5年来の左母趾陥入爪で2年前に部分抜爪後に再発。自分でティッシュを詰めたり、他院でコットンパッキングを受けたり、ドライアイスで肉芽を焼却されたりしたが再発を繰り返して来院した。内外側の爪は爪根部まで剥離しており、爪を部分切除すると爪の下にまで肉芽を形成していた。残った爪の爪縁にコットン充填固着法を行い炎症は消退に向かい爪の成長を待っている。(図4)

5) 乳児の爪周囲炎への応用

乳児は爪が小さく薄く大人しくしてられないためにコットンを充填するのに難儀するが、1回の処置と爪切り指導のみで以後の来院はなかった。

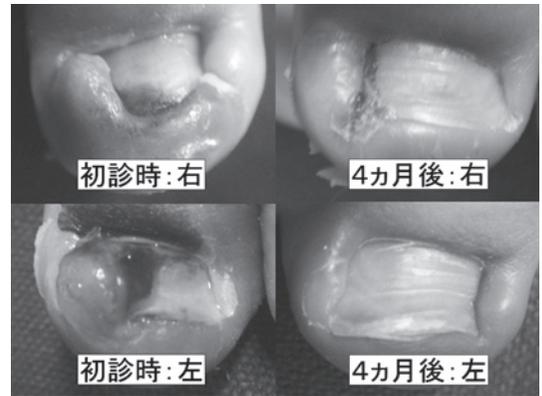


図6. 乳児爪周囲炎の治療難渋例への応用

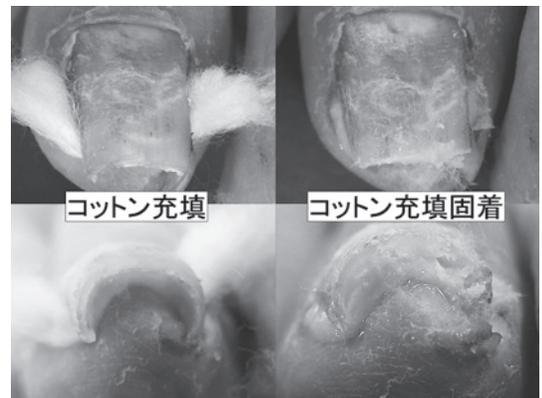


図7. 他の治療を希望しない巻爪例への応用

(図5)

6) 乳児爪周囲炎の治療難渋例への応用

生後間もなく両母趾陥入爪を発症し、生後4ヶ月時に形成外科で局麻下に爪縁切除を受けたが再発。生後9ヶ月時に硝酸銀処置を受けても軽快せず来院した。右は内外側に分けてコットン充填固着法を施行、左はフェノールで腐食され軟化していた爪縁を部分切除した。4ヵ月間で両側共10回程コットン充填固着法を繰り返して軽快した。(図6)

7) 他の治療を希望しない巻爪例への応用

認知症で施設入所中の73歳女性で、施設のスタッフが出血しているのを発見して受診させた。家族もワイヤー矯正治療や手術を希望しなかったため、

コットン充填固着法を行い施設スタッフに爪切り指導をして経過をみている。(図7)

考 察

コットン充填固着法は、陥入爪・巻爪の色々な病態に応用可能であった。陥入爪・巻爪の治療方針は、爪の変形、肉芽の程度、患者の生活環境などを総合的に判断して選択する必要がある、当院で採用している3つの治療法の特徴をまとめて当院の治療方針について検討する。

1) コットン充填固着法の利点欠点

コットン充填固着法は、数日から数週間は長持ちし入浴やスポーツ等も可能であり、肉芽形成例でも軽症ならば本法だけで治療可能で、保険診療のため自己負担も軽い。欠点は、変形爪の矯正効果がなく、医療用瞬間接着剤に陥入爪の保険適応がない事が挙げられる。

2) ワイヤー矯正法の利点欠点

ワイヤー矯正法は、矯正効果が確実であり、痛みも日常生活の制限もなく繰り返し行える。欠点は、再発する例も少なくない事、爪の端が引っ掛って邪魔になる事、自費診療である事が挙げられる。

3) フェノール法の利点欠点

フェノール法は、術後の痛みや爪変形が少なく、保存的治療で再発を繰り返す例や経済的に自費診療が困難な例にも行える。欠点は、創治癒の遷延、爪甲幅狭小変形、骨髄炎の報告⁵⁾がある事である。

当院では以上の特徴を踏まえて、深爪による陥入爪に対してはコットン充填固着法、巻爪変形が強ければワイヤー矯正法を第一選択としている。巻爪例で深爪した状態で来院した場合には、コットン充填固着法で爪が伸びるのを待ち二期的にワイヤー矯正法を行っている。巻爪に肉芽を伴った例では、ワイヤー刺入後に肉芽部に限定してコッ

トン充填固着法を併用している。経済的理由等でワイヤー矯正法を選択出来ない巻爪例にはコットン充填固着法を行うが、再発を繰り返して手術を希望する例にはフェノール法を行う事もある。治療に難渋して巨大な肉芽を形成して来院した例にはフェノール法を勧めている。

結 語

コットン充填固着法は、爪の痛みを伴う幅広い病態に応用可能であり、医師であれば誰にでも簡単に行える治療法である。ワイヤー矯正法、コットン充填固着法、フェノール法の3種類の治療法を組み合わせる事により殆どの陥入爪・巻爪に対処可能であった。いずれの治療法で症状が再発したとしても、深爪さえしなければ痛まずに生活出来る例は多く、深爪しない様に指導する事が最も重要である。

近年、ネイルサロンや接骨院等でも巻爪矯正等の施術を行っている施設があるが、少なくとも肉芽形成例では医師による治療が必要であり、医師としては、爪切り指導や爪ヤスリ使用を推奨したりするなどの日常生活指導から手術まで含めたトータルケアを提供する事が重要だと考える。

文 献

- 1) 町田英一他. 陥入爪に対するコットン・パッキングと形状記憶合金プレートによる矯正治療. 靴の医学 1996; 10:56-60.
- 2) 東 禹彦. 爪—基礎から臨床まで— 第1版. 東京: 金原出版; 2004. 139-42.
- 3) 江川雅昭. 超弾性ワイヤーを利用した爪変形治療. 大阪医学 2000; 35:76-8.
- 4) 神田弘貴他. フェノール法による陥入爪の治療. 皮膚臨床 1996; 38:71-7.
- 5) Gilles GA, et al. Periostitis associated with phenol matricectomies. J Am Podiatr Med Assoc 1986; 76:469-72.

足底面から見た踵部蜂巢組織の変形動態量

The amount of tissue deformation dynamics of heel fad pad seen from the plantar surface

新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所

Graduate School of Health and Welfare, Niigata of University of Health and Welfare

菅野 拓也, 阿部 薫
Takuya Sugano, Kaoru Abe

Key words : 踵 (heel), 蜂巢組織 (fad pad), 変形 (deformation)

要 旨

歩行時に重要なことは足部と靴の密着度を高めることであり、方法としてインソールの使用があげられる。しかし、足部は柔らかく変形するのに対して、インソールは固く変形しづらいため歩行時の各 phase で隙間が生じてしまう。歩行時に最も衝撃がかかる heel contact 時に、踵部の圧緩衝系である蜂巢組織が変形しながら衝撃吸収の役割を担っているが、踵部蜂巢組織の変形とインソールの間にも隙間が生じてしまうため、適切な形状とは言えない。そこで本研究は、踵部の変形に適切に対応するインソールのヒールカップ形状を設計するため、歩行時における踵部の変形動態量を明らかにすることを目的とした。

被験者は健常男性 13 名 26 足とし、足部計測と歩行時における足底面からのビデオ撮影を行い比較検討した。踵部の計測位置 3 点の間で各 phase に統計的有意差が認められ、踵部の変形は一定で

はないことが確認された。これらのことより、踵部に対するインソール形状は、その目的によって部位毎に変える必要があることが明らかになった。

背 景

Heel Contact(HC)・Foot Flat(FF)・Mid-Stance(MS)・Heel Off(HO)・Toe Off(TO)と、歩行中における足部形状は刻一刻と変化しており、各 phase で足部の形状は異なる。歩行中に最も衝撃がかかる HC 時に踵部の圧緩衝系である蜂巢組織が適切に変形しながら衝撃吸収に大きな役割を果たしているが、踵部の蜂巢組織についてはエコーやレントゲンを使用した組織厚についての報告^{1) 2)}があるものの、変形動態についての報告が少ないため歩行にどのような影響を及ぼしているのか不明な点が多い。

また歩行の際、衝撃吸収効果を高めるにはインソールを靴内部に挿入し、足と靴の密着度を高める方法が一般的である。しかし、インソールにも足部の機能をサポートするためのものや、隙間を埋めるだけのものがあり形は統一されている訳ではない。インソールは静止立位の状態で計測及び型取りするため、足部とインソールの間に各 phase で異なる隙間が生じてしまう。中でも、縦・横アー

(2010/10/15 受付)

連絡先 : 菅野 拓也 〒950-3198 新潟県新潟市北区高見町 1398 新潟医療福祉大学大学院 靴人間科学研究室
TEL・FAX 025-257-4525 (研究室直通)
E-mail ham09003@nuhw.ac.jp

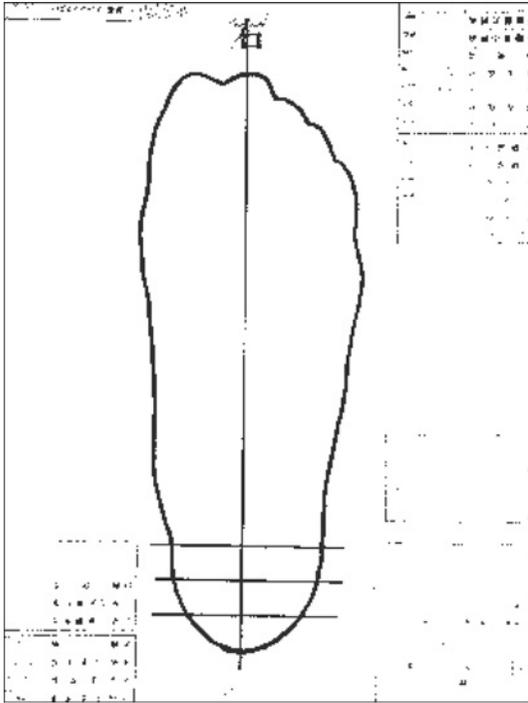


図1. 計測点



図2. 計測風景



図3. 計測風景

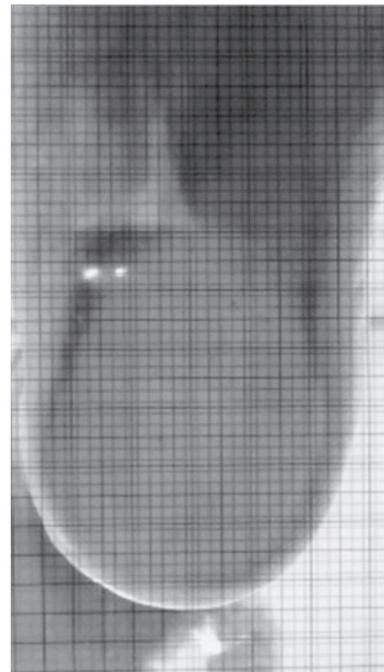


図4. 足底面から見た踵部の変形

チ構造や中足骨パッドの機能に比べ、踵をサポートするためのヒールカップの形状については、材質に関する比較や評価³⁾があるだけで、蜂巢組織の変形に対して適切に対応出来る形状とは言い難い。

そこで本研究は踵部の変形に適切に対応するインソールヒールカップ形状を設計するため、歩行時における踵部の最大荷重値および最大変形期を特定し、踵部蜂巢組織の変形動態を明らかにする

ことを目的とした。

対象と方法

被験者は足部に異常がなく内外反5°までを健常とした男性13名で、両側26足を対象とした(身長 170 ± 4.7 cm, 体重 63 ± 6.6 kg, 年齢 25.7 ± 2.2 歳, 足長 252 ± 6.0 cm)。

ペドカルテを用い、足部外形のトレース線から足長を計測した。人体特性文献データベース⁴⁾を参考に足長から踵幅(足長の16%)を算出し、足長

表 1. 計測点別の統計結果

5.3% 部	HC	FF	MS	TS	HO
非荷重	ns	ns	*	*	ns
HC		ns	ns	ns	*
FF			ns	ns	**
MS				ns	**
TS					**

10.6% 部	HC	FF	MS	TS	HO
非荷重	*	**	**	*	ns
HC		*	**	ns	**
FF			ns	ns	**
MS				ns	**
TS					**

16% 部	HC	FF	MS	TS	HO
非荷重	*	**	**	*	ns
HC		*	*	ns	ns
FF			ns	ns	**
MS				ns	**
TS					**

* = P<0.05 ** = P<0.01 ns = no significant difference

の16%部分から近位に三分割した3点(16%部, 10.6%部, 5.3%部)を計測部位とした。(図1)3点の非荷重時の踵幅を基準値とし, HC・FF・MS・TS・HOの5期における床面との接触幅の増減値を計測した。非荷重時を含めた各 phase を比較の対象とした。

次に図2から4に示すように2mm四方のマトリクスを印刷した透明シートをガラス板に張り付け撮影台に設置し, その撮影台の下からデジタル HD ビデオカメラレコーダー (SONY HDR-CX370V) で歩行の様子を撮影した。その映像をパソコンに取り込み, 動画編集ソフト Vegas Movie Studio HD Platinum 10.0 を使用し, 3/100 秒の分解能にてコマ送り再生して踵部の変形動態を分析した。歩行路は5mに設定し, 自由歩行速度による計測とした。記録は歩行中の片足5歩のうち定常状態に至った3歩目を録画対象とした。

統計手法は Kruskal Wallis H-test 後に, Mann-

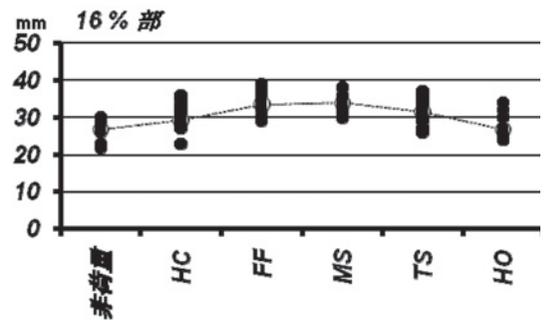
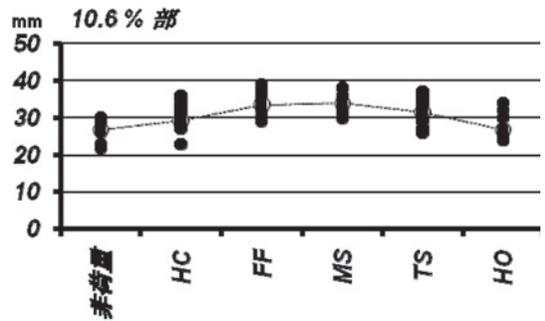
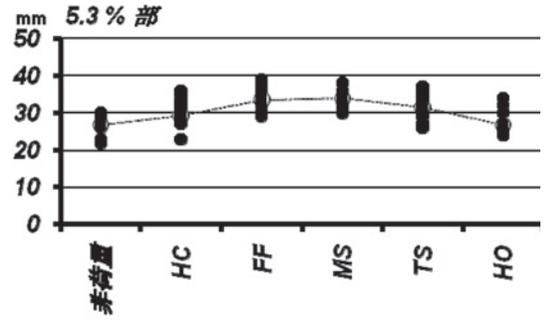


図 5. 計測点別の変形量

Whitney U-test with Bonferroni correction を行い, 有意水準を5%とした。

なお, 本実験は新潟医療福祉大学倫理委員会の承認許可 (第 17197-100811) を得て行った。

結 果

結果を表1および図5に示した。踵部蜂巣組織はHC時からHO時の各 phase において, 内側と比較し外側へ踵部接触幅が有意に増加することが判明した。

計測部位別の結果では, HC時からTS時につ

て5.3%部と比較して10.6%および16%部において踵部接触幅が有意に増加する傾向が認められた。歩行 phase 別の結果では、FF 初期から MS 時で踵部接触幅の増加のピークを迎え、MS 時以降踵部接触幅の増加が減少していく傾向が認められたが、FF 初期 - TO 時の間で統計学的有意差は認められなかった。また FF 初期および MS 時における計測部位 16% 部のみに統計学的有意差が認められた。

したがって最大荷重期は、FF 初期および MS 時における 16% 部であることが判明した。

考 察

自由歩行速度のため、HC から HO までにおよそ 0.15 から 1.03 秒とばらつきがあったが、歩行速度に関係なく非荷重時と比較して、荷重中の踵部接触幅は最大で 5mm 以上増加することが観察された。踵部接触幅の増加量は計測部位の 3 点間で異なり、インソールヒールカップ形状を作製するにあたり、歩行 phase ごとの踵部接触幅の増加量を考慮した形状が必要ではないかと考えられた。

また、HC から最大荷重期である FF 初期に到達するまで、0.03 から 0.09 秒というわずかな時間であった。そのため COF は踵中央から発生し、やや外側へ向かう。踵部接触幅の増加量の多かった 16% 部を通過し、母趾に抜ける方向に軌跡を描くため、重心の側方動揺が発生すると考えられた。

足部に異常のない健常者においても、側方動揺が発生することにより、蜂巢組織が踵部接触幅の増加量の多い外側へ広がるため、外側が沈み外果の位置が下がる。その結果、外果端がトップラインに接触すると、疼痛を引き起こす原因になるとも考えられた。

たとえば膝外側側副靭帯損傷の症例では、側方動揺を最小限にし、直ちに歩行の推進方向へ重心を収束させる必要がある。このためには踵中央から母趾に向かって COF 軌跡が直線的に抜けることが理想的であろう。したがってヒールカップ形状の外側の 5.3% 部から 10.6% 部の間で高さを上げながら次第に垂直にしていき、最も踵部接触幅の増加量の多かった 16% 部で高さおよび角度がピークになる形状にすれば、重心の側方動揺を減少させ、運動エネルギー効率の良い歩行になるのではないかと考えられた。

結 語

- 1) 健常成人男性 13 名 26 足を対象に踵部蜂巢組織の変形動態量を計測した。
- 2) 非荷重時に比較し歩行時では、足長の 16% 部における外側にて最大変形量を示した。
- 3) 非荷重時に比較し、FF 初期から MS 時にかけて変形量がピークを示した。
- 4) インソールのヒールカップ形状を検討する上で、足長の 16% 部に対するサポートが適切であると考えられた。

文 献

- 1) Rome K, et al. Reliability of weight-bearing heel pad thickness measurements by ultrasound. *Clinical Biomechanics* 1998; 13: 374-5.
- 2) Prichasuk S, et al. The heel-pad compressibility. *Clin. Orthop. and Rel.* 1994; 197-200.
- 3) Wang C-L, et al. Cushioning effect of heel cups. *Clinical Biomechanics* 1994; 9, Issues5: 297-302.
- 4) <http://riodb.ibase.aist.go.jp/dhbodydb/properties/index.html>

変形性膝関節症内側型の疼痛が足部変形に与える影響
—内側裂隙の疼痛と外反母趾, 扁平足, 開張足との関係—
Influence of the knee pain in the medial osteoarthritis
of the knee on foot deformity

¹⁾三仁会 春日井整形外科

²⁾三仁会 あさひ病院

³⁾愛知ブレース

¹⁾Sanjinkai Kasugai Orthopaedic Clinic

²⁾Sanjinkai Asahi Hospital

³⁾Aichi Brace

清水 新悟¹⁾, 花村 浩克²⁾, 佐橋 政次³⁾
Shingo Shimizu¹⁾, Hirokatsu Hanamura²⁾, Seizi Sabashi³⁾

Key words : 変形性膝関節症 (medial osteoarthritis of the knee), 内側裂隙の疼痛 (medial joint pain), 足部変形 (foot deformity)

要 旨

変形性膝関節症内側型はFemorotibial Angle (FTA)増大による疼痛を軽減するために後足部を回内する疼痛防御機能が存在するとされている。後足部回内は内側縦アーチや外反母趾角に影響を与え、外反母趾は横軸アーチとの関係が強いといわれている。そこで今回は変形性膝関節症内側型の内側裂隙の中1/3の疼痛と外反母趾, 扁平足, 開張足などの足部変形との関係を明らかにすることを目的として両変形性膝関節内側型である男性11例22足, 女性43例86足の計54例108足を対象とした。疼痛は100mm線分のVisual Analogue

Scale (VAS)を用いて, 母趾外反の程度は全履協式計測法(第1趾側角度), 扁平足は内側縦アーチ高率, 開張足は開張角を用いて相関性をみた。その結果, 疼痛と縦アーチ高率には $rs=0.407786$ と相関性を認めた。疼痛が弱くなれば縦アーチは低下する傾向を示し, 後足部回内や中足部, 前足部の回内による疼痛回避の可能性が考えられた。

はじめに

変形性膝関節症内側型はFTA増大による内反モーメント増大から疼痛が強くなるとされている¹⁾。またFTA増大による疼痛回避のために後足部を回内に移動する生理的な疼痛防御が存在するとされている²⁾。我々は後足部回内とFTA, 疼痛との関係を調査し, 検討をしてきた結果, 内側裂隙の疼痛と後足部回内には相関性を認め, 生理的な防御機構が存在することを報告した^{3)~5)}。後足部回内は内側縦アーチや外反母趾角に影響を与え,

(2010/10/18 受付)

連絡先: 清水 新悟 〒486-0817 愛知県春日井市東野町 3-15-1 三仁会 春日井整形外科
TEL 0568-82-3711 FAX 0568-82-3768
E-mail dynamicinsole@bc4.so-net.ne.jp

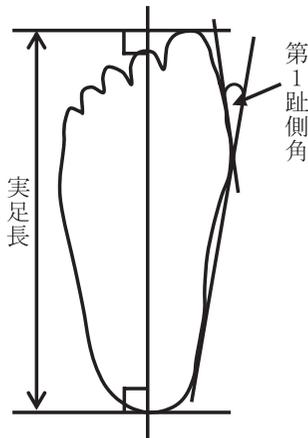


図1. 外反母趾角と実足長の計測方法⁸⁾

外反母趾は横軸アーチとの関係が強いといわれている⁶⁾⁷⁾。したがって後足部は、内側縦アーチや横軸アーチ、外反母趾角にも影響を与えていると推察され、今回は変形性膝関節症内側型の内側裂隙の疼痛と外反母趾、扁平足、開張足などの足部変形との関係を検討したので報告する。

対 象

H21.3.28~11.28までに当院を受診し、特記すべき既往歴がなく、膝伸展制限がない両変形性膝関節症内側型である男性11例22足、女性43例86足の計54例108足である。症例は平均身長が 154.6 ± 6.6 cm、平均体重が 56.2 ± 8.1 kg、平均FTAが $179.2 \pm 2.3^\circ$ 、KL分類にて関節裂隙の狭小化がみられないIが54膝、内側裂隙が外側裂隙の1/2以上であるIIが33膝、内側裂隙が外側裂隙の1/2以下であるIIIが19膝、内側裂隙が完全に消失しているIVが2膝であった。

方 法

疼痛と足部変形の関係を見るために踵骨二等分線角にて後足部回内タイプと回外タイプの2つのタイプに分別する^{3)~5)}。内側裂隙の疼痛は10m最大努力歩行後に100mm線分でのVASを用いて内側裂隙の中1/3の疼痛を評価した。母趾外反の程度

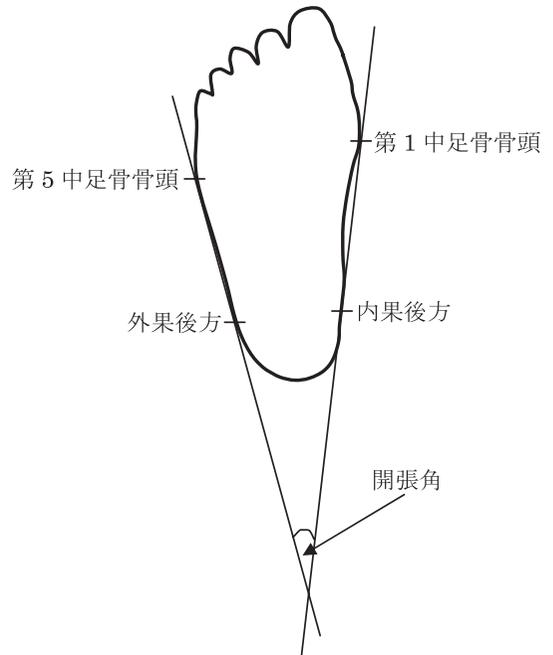


図2. 開張角の計測法¹⁰⁾

は全履協式計測法(以下第1趾側角度)⁸⁾(図1)、扁平足は床面から舟状骨下端の高さを実足長で除した値とする内側縦アーチ高率⁹⁾、開張足は開張角にて評価した¹⁰⁾。(図2)足部の形態計測採取は、フットプリントを用いて、肩幅に両足を開き、足先の方向を体の垂直方向に向けるために水平面で足の内側が左右の上前腸骨棘を結んだ線に対し直角になるようにした。その状態から足を一步前に出し、後方にある足を足関節背屈 5° に設定した。(図3)計測は後方にある足を計測した。

内側裂隙の中1/3の疼痛と足部の関係をみるために後足部回内タイプと回外タイプそれぞれタイプ別にVASと第1趾側角度、VASと内側縦アーチ高率、VASと開張角の相関性を確認した。また扁平足評価指標は、内側縦アーチ高率にて男性15.4%、女性14.4%と考えられ、何例が扁平足なのかを調査した⁹⁾。

属 性

後足部回内タイプは男性2例4足、女性18例36

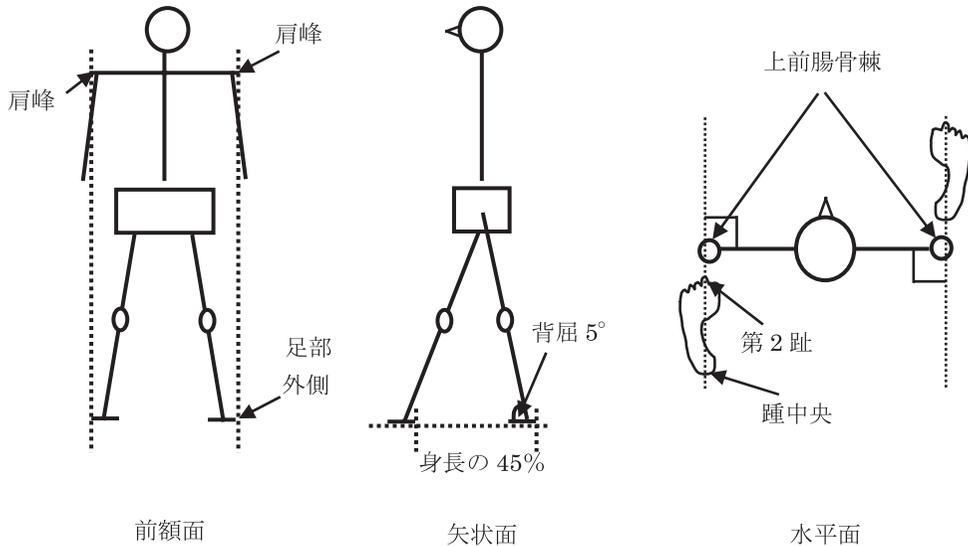
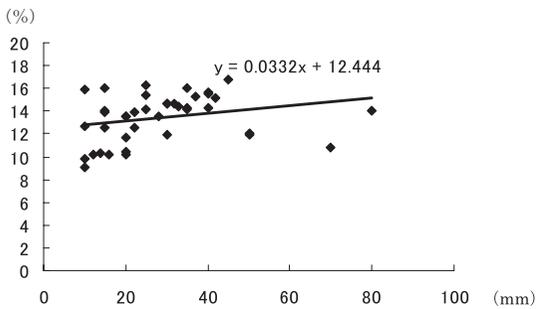
図 3. フットプリント計測肢位⁹⁾

図 4. 後足部回内タイプの疼痛と内側縦アーチ高率の相関性

足の計 20 例 40 足, 平均年齢 65 ± 6.3 歳, 平均身長 155.2 ± 7.3 cm, 平均体重 55.6 ± 7.8 kg, 平均 FTA $179.3 \pm 2.7^\circ$, KL 分類改にて I が 15 膝, II が 11 膝, III が 13 膝, IV が 1 膝であった。

後足部回外タイプは男性 9 例 18 足, 女性 25 例 50 足の計 34 例 68 足, 平均年齢 67.2 ± 9 歳, 平均身長 154.2 ± 6.2 cm, 平均体重 56.6 ± 8.4 kg, 平均 FTA $179.1 \pm 2.0^\circ$, KL 分類改にて I が 39 膝, II が 22 膝, III が 6 膝, IV が 1 膝であった。

結 果

後足部回内タイプは膝内側裂隙の疼痛が平均 28.6 ± 15.7 mm, 第 1 趾側角が平均 $15.4 \pm 9.1^\circ$, 内側

縦アーチ高率が平均 $13.4 \pm 2.1\%$, 開張角が平均 $17.2 \pm 2.6^\circ$ となった。相関係数は VAS と第 1 趾側角度が $rs = 0.110319$ ($p = 0.4909$), VAS と内側縦アーチ高率が $rs = 0.407786$ ($p = 0.0109$), VAS と開張率が $rs = 0.017402$ ($p = 0.9135$) となり, 疼痛と内側縦アーチには正の相関性が得られた。(図 4)扁平足は 40 足中 23 足 (57.5%) も存在した。

後足部回外タイプは膝内側裂隙の疼痛が平均 43.6 ± 12 mm, 第 1 趾側角が平均 $10.8 \pm 6.7^\circ$, 縦アーチ高率が平均 $15.2 \pm 1.6\%$, 開張角が平均 $17.8 \pm 2.2^\circ$ となった。相関係数は VAS と第 1 趾側角度が $rs = -0.384$ ($p = 0.0017$), VAS と内側縦アーチ高率が $rs = 0.3706$ ($p = 0.0024$), VAS と開張角が $rs = 0.0075$ ($p = 0.9510$) となり, 疼痛と外反母趾は負の相関性, 疼痛と内側縦アーチは正の相関性が得られた。(図 5)

考 察

FTA と後足部の関係において FTA が増大すればするほど後足部は回内し疼痛から回避する生体防御反応が存在すると言われている²⁾。我々は過去の研究により FTA と後足部との関係には弱く, 疼痛と後足部との関係が強いことを明らかにしてお

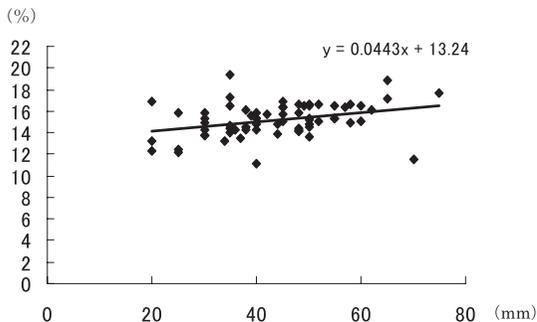


図5. 後足部回外タイプの疼痛と内側縦アーチ高率の相関性

り、後足部回内により疼痛軽減が得られると思われた⁴⁾⁵⁾。今回の結果にても後足部回内タイプは疼痛が弱くなれば縦アーチは低下する傾向を示し、後足部回内による内側縦アーチ低下の疼痛軽減を推察した。また後足部回内だけではなく、中足部や前足部の回内による疼痛回避の可能性も考えられた。内側縦アーチの低下による扁平足評価指標は、内側縦アーチ高率にて男性 15.4%、女性 14.4%と考えられ、扁平足と思われる足が 40 足の内 23 足と 57.5% 存在し、疼痛軽減により扁平足傾向を示したと思われた⁹⁾。後足部回外タイプは回外すればするほど膝内反モーメントが増大することで疼痛が増加すると考えられたが我々の先行研究では回外に関しては相関性が得られなかった。今回の結果では疼痛が増大することで外反母趾変形が軽減し、内側縦アーチが増加する結果となった。このことは外反母趾においては今後、検討していかなければならないが、内側縦アーチは疼痛が強ければ低下することで内反モーメントを軽減させ、疼痛を緩和する防御機構の可能性を示唆した。先行研究での後足部と疼痛との相関性は得られなかったものの内側縦アーチと疼痛との相関性は得られ、内側縦アーチ低下から中足部回内による疼痛軽減が行われている可能性が考えられた。

疼痛は各個人によって差が出現するため今回の様に相関係数が $rs = \text{約 } 0.4$ と弱く、信頼性が低いとも考えられ、疼痛評価の検討が必要と思われた。

疼痛評価は現状では VAS しか考えられず、他の評価方法を考案していく必要がある。今後は疼痛評価の個人差を無くす方法を考案し、後足部やアーチなどの関係を調査していきたい。

結 語

内側裂隙の疼痛と足部の関係をみるために VAS と第 1 趾側角度、VAS と内側縦アーチ高率、VAS と開張角の相関性を確認した。後足部回内タイプの相関係数は VAS と第 1 趾側角度、VAS と開張角は相関が得られなかった。VAS と内側縦アーチ高率は $rs = 0.407786$ となり相関性が得られ、疼痛と内側縦アーチの関係が示唆された。また、扁平足と思われる足が 40 足の内 23 足と 57.5% 存在した。

後足部回外タイプは疼痛と外反母趾は負の相関性、疼痛と内側縦アーチは正の相関性が得られた。

文 献

- 1) 梁 裕昭, 木下光雄, 森下 忍他. 下肢アライメントと距骨下関節の動き. 日足外 1992; 13: 127-30.
- 2) 竹内良平, 腰野富久, 吉田晃士他. 下肢内反変形緩和に対する距骨下関節回内動作の効果. MB Orthop 2000; 13 (13): 1-10.
- 3) 清水新悟, 花村浩克, 佐橋次他. 変形性膝関節症内側型の後足部回内外と FTA・KL 分類との関係. 靴の医学 2008; 22 (2): 11-3.
- 4) 水野陽太, 清水新悟, 牛島秀明他. 変形性膝関節症の後足部回内外と歩行時痛の関係. 東海北陸理学療法学会大会, 2009. 109.
- 5) 清水新悟, 花村浩克, 佐橋次他. 変形性膝関節症内側型の後足部回内と内側裂隙の関係. 靴の医学 2009; 23 (2): 77-80.
- 6) 田中康仁, 高倉義典, 杉本和也他. 外反母趾と扁平足の関係について. 日足外 1990; 12: 16-9.
- 7) 田中康仁, 田北武彦, 高倉義典他. 荷重時における前足部の X 線学的変化について. 日足外 1990; 11: 94-7.
- 8) 内田俊彦, 藤原和朗, 高岡 淳他. 外反母趾角の計測. 靴の医学 2002; 16: 47-50.
- 9) 清水新悟, 加藤幸久. 扁平足に対するフットプリントとアーチ高率値の信頼性. 臨床バイオメカニクス 2009; 30: 243-8.
- 10) 清水新悟, 花村浩克, 徳田康彦他. 開張足のフットプリント診断基準値の検討. 日本フットケア学会雑誌 2009; 72.

母趾趾神経損傷に対して、神経断端骨内包埋術を行った1例

Burial into bone for dorsal medial hallucal nerve injury : A case report

水戸赤十字病院・第1整形外科

1st Orthopaedic Department of Mito Red Cross Hospital

倉茂 聡徳

Toshinori Kurashige

Key words : 母趾 (great toe), 神経損傷 (nerve injury), 神経断端 (stump of nerve), 神経腫 (neuroma), 骨内包埋術 (burial into bone)

要 旨

神経損傷後に疼痛や異常知覚が残った場合、神経断端や神経腫の骨内包埋術は成績が安定しているが、本邦では、渉猟し得た範囲では足趾での報告はなかった。

本症例は、1年半前に母趾巻き爪に対し、趾神経ブロック後に爪部分切除を行われた。その後、母趾背内側にしびれと疼痛を生じたため、当院を受診した。保存治療では改善せず、手術を行った。Tinel 様徴候のあった部位で神経が著しく癒着しており、神経を切断後、第1中足骨基部で、神経断端骨内包埋術を行った。

数日の膝下シーネ固定の後、可及的に全荷重、歩行を開始した。術後3ヵ月現在、Tinel 様徴候は消失したが痺れは残存し、経過観察中である。

緒 言

(はじめに)

神経損傷後に強い疼痛や異常知覚を生じ、保存

治療が無効な場合、手術を要することがある。神経断端や神経腫の骨内包埋術は術後成績が安定しており、手の外科やペインクリニックでの報告は多いが、本邦では、渉猟し得た範囲では足趾での報告はない。

今回、当科では注射後に遺残した母趾神経痛に対して、本法を行った1例を経験したので報告する。

対象と方法

(症例)

26歳、女性。既往に特記すべきことはない。

平成20年12月、他院で左母趾巻き爪に対して、趾神経ブロック後に爪部分切除を行われたが、その後も爪部痛が改善せず、また母趾背内側のしびれと注射部の疼痛も生じたため、別の病院で消炎鎮痛剤やイミプラミンを処方されたが改善しなかった。

平成21年1月、当科初診時、母趾MTP関節のやや近位内側にTinel様徴候があり、母趾背内側に痺れと疼痛を訴えた。また、靴は当たって痛いため、常にサンダルを履いていた。

爪外側部の疼痛も残存していたため、コットン法やテーピングを行いながら爪が伸びるのを待ち、その後、マチワイヤーを用いて矯正を行った。母

(2010/10/20 受付)

連絡先 : 倉茂 聡徳 〒310-0011 茨城県水戸市三の丸
3-12-48 水戸赤十字病院・第1整形外科
TEL 029-221-5177 FAX 029-227-0819
E-mail to-kurashige@mito.jrc.or.jp



図1. 術中所見. 遠位3本を可及的遠位で切断. 近位で本幹も切断した.



図3. 包埋後.



図2. レントゲン写真. 第1中足骨基部に2カ所の骨孔が見える.

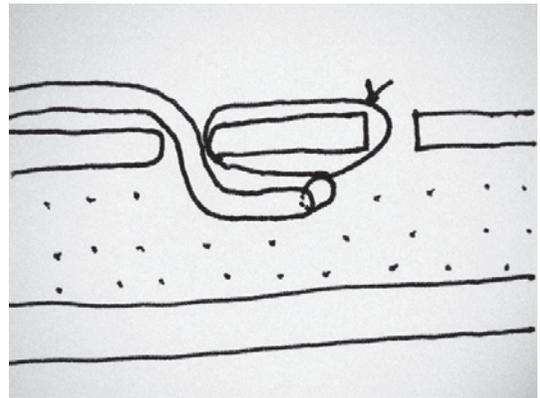


図4. 包埋術の模式図.

趾背内側のしびれと疼痛は保存治療では改善せず、手術を希望された。

神経損傷後の慢性的な痛みで、前医からの情報によって疼痛部位に当初、浮腫があったらしいこと、腰椎MRIで椎間板ヘルニアなど他の疾患が無いことから、国際疼痛学会分類でCRPSの2型と考えられた。

(手術)

平成22年6月、発症から1年6ヵ月で手術を行った。Tinel様徴候があった部位を中心に、母趾背内側皮神経を展開。神経はかなり細く、MTP関節のやや近位で3本に分かれていた。(図1)そのうち、一番太くて底側よりにある枝がTinel様徴候の部位

と一致し、同部での癒着が著しかった。拡大鏡を用いて観察したが、明らかなPerineurial windowは観察されなかった。

創内の可及的遠位で各神経枝を切断し、さらに近位でも切断した。第1中足骨基部、長母趾伸筋腱のやや内側で骨膜を切開、剥離後、直径3mmのKワイヤーで2カ所骨孔を作成。(図2)遠位骨孔から近位骨孔に向けて通したナイロン糸を用いて、神経断端を骨内に誘導。足関節の底背屈で、神経に緊張がかからないようにして、図3、4のように骨孔間に縫合。骨膜も縫合し、洗浄後、閉鎖した。

結 果

術後、創部の安静を保つため、数日間膝下シーネ固定とし、その後、可及的に全荷重歩行を開始した。術後約3ヵ月現在、神経包埋部に叩打痛はあるが、Tinel 様徴候は消失した。痺れは残存し、現在経過観察中である。

考 察

Surgery of Foot and Ankle 第8版によれば、足部での末梢神経損傷の保存治療は困難であり、切断を要する場合には、断端は筋や骨内に包埋する方が成績がよいとされている¹⁾。

実際、神経剥離や神経切断術のみでは術後成績が不良であったとの報告が諸家によりなされている^{2) 3)}。

神経断端の処理については、筋内や骨内包埋術、静脈内挿入術など、いくつかの方法が報告されている^{4) 5)}。

これらの中でも、骨内包埋術は簡便で成績が安定しており、筋内包埋術よりも成績が優れている^{6) 8)}。また、本例のような足趾では、周辺にあまり大きな筋が存在しないため、筋内包埋術は選択しづらい。

骨内包埋術の注意点としては、神経断端の脱出と術前評価が不十分なことがあげられる。

Melamed らは、骨髓内圧、骨髓からの出血などで、断端が骨外に脱出しないよう、深く差し込むことが重要であるとし⁹⁾、Mass や露口らも、成績不良例は神経断端が骨外に脱出した例で、二つの骨孔を使って十分骨内へ導き、確実に神経断端を固定することを強調している^{6) 7)}。

また、術前評価として、川島らは、成績良好例と不良例を分析し、中枢性疼痛の発現機序が完成する前に手術するのが理想だが、手術で必ずしも明確な効果が得られないこともあり、複数回の手術を要す可能性もあることを、患者が理解、納得

できていなければならないとしている³⁾。

足の外科、特に足趾での骨内包埋術の報告は、渉猟し得た範囲では本邦では本症例が初めてであり、海外でも Miller の母趾背内側皮神経損傷の10例のみであった。Miller の報告によると平均20ヵ月のフォローで、全例良好な成績が得られたとしている¹⁰⁾。

今回の症例は、術後まだ3ヵ月のため、今後も引き続きフォローをしていく予定である。

結 語

注射後に遺残した母趾神経痛に対して、神経断端骨内包埋術を行った1例を報告した。

文 献

- 1) Coughlin MJ, Saltzman CL, Mann RA. Surgery of foot and ankle. 8th ed. USA : Mosby ; 2006. 659-63.
- 2) 千田博也, 太田周介, 北田裕之他. 末梢神経損傷後疼痛に対する手術治療の成績. 日本マイクロサージャリー学会会誌 2009; 22: 22-6.
- 3) 川島秀一, 堀内行雄. 神経損傷を伴う神経因性疼痛に対する手術療法の可能性. ペインクリニック 2008; 29: 443-51.
- 4) Inada Y, Morimoto S, Moroi K, et al. Surgical relief of causalgia with an artificial nerve guide tube. Pain 2005; 117: 251-8.
- 5) Koch H, Hubmer M, Welkerling H, et al. The Treatment of Painful Neuroma on the Lower Extremity by Resection and Nerve Stump Transplantation Into a Vein. Foot Ankle Int 2004; 25: 476-81.
- 6) Mass DP, Ciano MC, Tortosa R, et al. Treatment of Painful Hand Neuromas by Their Transfer into Bone. Plast Reconstr Surg 1984; 74: 182-5.
- 7) 露口雄一, 行岡正雄. 有痛性神経腫に対する骨内包埋. 別冊整形外科 1995; 27: 210-3.
- 8) Chiodo CP, Miller SD. Surgical Treatment of Superficial Peroneal Neuroma. Foot Ankle Int 2004; 25: 689-94.
- 9) Melamed EA, Schon LC. Deep Burial Of Resected Nerve In Bone : A Simple Technique. Foot Ankle Int 2002; 23: 952-3.
- 10) Miller SD. Dorsomedial Cutaneous Nerve Syndrome : Treatment with Nerve Transection and Burial Into Bone. Foot Ankle Int 2001; 22: 198-202.

健常人と外反母趾患者のウィンドラスメカニズムの比較検討

Comparison of windlass mechanism between normal feet and feet with hallux valgus

¹白十字病院 リハビリテーション科, ²整形外科

¹Dept of Rehabilitation, Hakujuuji Hospital

²Dept of Orthopaedic Surgery, Hakujuuji Hospital

田村 孝広¹, 井上 敏生²

Takahiro Tamura¹, Toshio Inoue²

Key words : ウィンドラスメカニズム (windlass mechanism), 外反母趾 (hallux valgus)

要 旨

外反母趾群, 健常群を対象に, 座位にて母趾他動背屈を行った際のウィンドラスメカニズムによる内側縦アーチ挙上角度とアーチ高率の変化を計測した. 内側縦アーチ挙上角度は外反母趾群で平均 $-0.18 \pm 0.35^\circ$, 健常群で平均 $0.74 \pm 0.58^\circ$, アーチ高率は外反母趾群で平均 $-0.18 \pm 0.36\%$, 健常群で平均 $0.51 \pm 0.83\%$ の変化を示した. 外反母趾群の平均 HVA は $42.5 \pm 5.9^\circ$ と変形重度であり, 第1基節骨の足底腱膜付着部も偏位すると考えられる. その結果, 母趾背屈時の足底腱膜の巻き上げも長軸方向から外れる為, 外反母趾群はウィンドラスメカニズムによるアーチ高の変化が乏しかったのではないかと考えられる.

緒 言

足底腱膜は踵骨隆起に起始し, 第1-5基節骨に

停止する強靱な腱組織である. 足趾背屈時に足底腱膜が緊張し踵骨が前方に引き寄せられ, アーチ高が高くなることが報告されており, この一連の運動はウィンドラスメカニズムと呼ばれている¹⁾²⁾. 正常歩行において, ウィンドラスメカニズムは足部を強固にすることで, 効率の良い蹴り出しを可能にしている. 一方, 外反母趾患者の歩行では, アーチの低下や足趾の蹴り出しが不十分などの特徴が見られる. そこで, 本研究は, 外反母趾患者のウィンドラスメカニズムに着目し, 調査, 研究を行ったので報告する.

対象と方法

外反母趾群はHVA20度以上(平均HVAは $42.5 \pm 5.9^\circ$)で, 当院整形外科にて外反母趾と診断された女性3名4足, 平均年齢 72.3 ± 5.7 歳. 健常群は足部に明らかな変形を有しない女性5名8足, 平均年齢 63.2 ± 8.5 歳を対象とした.

両群ともに股関節 90° , 膝関節 90° , 足関節 0° の椅子座位にて, 母趾の他動的な背屈を行い, その際の内側縦アーチ挙上角度とアーチ高率の変化をダートフィッシュ・ソフトウェア(動作分析ソフトウェア・ダートフィッシュ社製)にて計測し

(2010/10/25 受付)

連絡先: 田村 孝広 〒819-0025 福岡県福岡市西区石丸3-2-1 白十字病院 リハビリテーション科
TEL 092-891-2511 FAX 092-881-4491
E-mail behappytakanori1009@watch.ocn.ne.jp

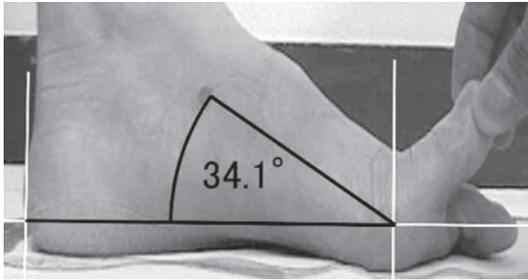


図 1. 内側縦アーチ挙上角度

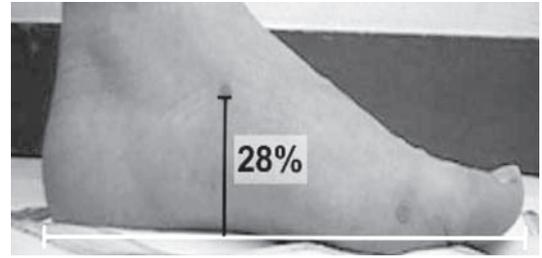


図 2. アーチ高率

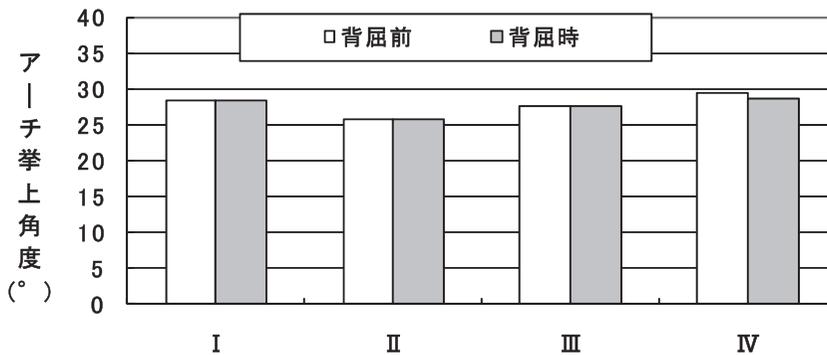


図 3. 内側縦アーチ挙上角度 (外反母趾群)

た。

内側縦アーチ挙上角度は、体表より、MTPと舟状骨結節にランドマークを置き、MTPを通る床面に平行な線とMTPと舟状骨を結ぶ線の成す角度とした。(図1)アーチ高率は大久保ら³⁾の報告を基に、舟状骨高/足長×100(%)の値を算出した。(図2)

内側縦アーチ挙上角度とアーチ高率、各々の母趾背屈前後での値の差を外反母趾群と健常群で比較検討を行い、統計検定にはWilcoxonの符号付き順位和検定、順位和検定を用いた。

結 果

内側縦アーチ挙上角度は外反母趾群で平均 $-0.18 \pm 0.35^\circ$ 、健常群で平均 $0.74 \pm 0.58^\circ$ 、アーチ高率は外反母趾群で平均 $-0.18 \pm 0.36\%$ 、健常群で平均 $0.51 \pm 0.83\%$ の変化を示した。外反母趾群は4足ともに内側縦アーチ挙上角度、アーチ高率の上昇を認めず、健常群では、1足を除き、7足で内側縦アーチ挙上角度、アーチ高率の上昇を認めた。

(図3~6)

健常群は外反母趾群に比べ、有意にアーチ挙上角度($P < 0.05$)、アーチ高率($P < 0.05$)の上昇を認めた。また、外反母趾群では、 $P < 0.05$ で有意にアーチ挙上角度、アーチ高率が減少し、また、健常群では $P < 0.05$ で有意に増加していた。

考 察

伊藤ら⁴⁾は、足趾他動背屈時に足底腱膜の巻き上げ機構により、内側アーチが挙上することを報告している。また、健常男子の症例において、第1趾背屈時に内側アーチの挙上変化が大きく、第2趾、3趾、4趾、5趾といくほど変化は小さくなったことも述べている。

これらを踏まえると本研究のアーチ高の変化は、特に母趾の足底腱膜の巻き上げ機構の影響が大きいと考えられる。今回、外反母趾群の平均HVAは $42.5 \pm 5.9^\circ$ と変形が重度であり、変形に伴い第1基節骨の足底腱膜附着部の偏位、第1基節骨の回

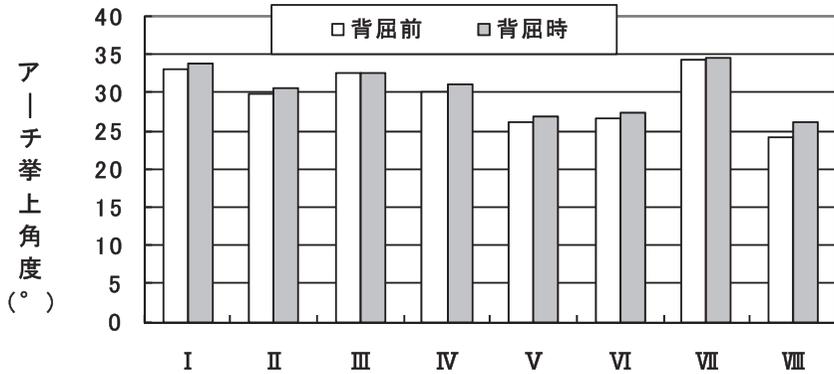


図4. 内側縦アーチ挙上角度 (健常群)

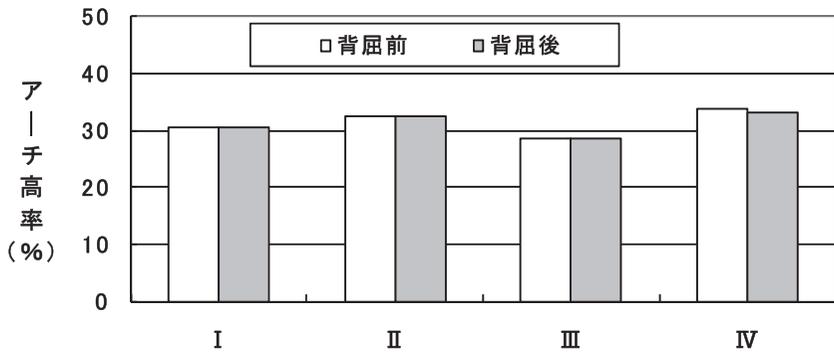


図5. アーチ高率 (外反母趾群)

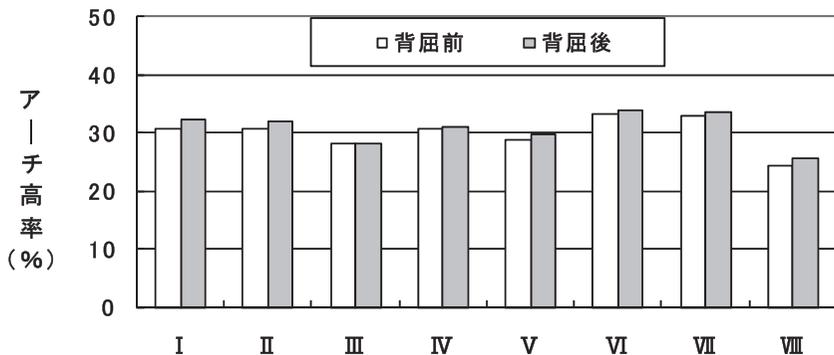


図6. アーチ高率 (健常群)

旋, 種子骨の偏位が考えられる。結果として, 外反母趾では, 母趾を背屈した際の足底腱膜の巻き上げ機構は長軸方向からやや外れることが考えられ, 母趾背屈時の足底腱膜の緊張は弱まり, 外反母趾群のアーチ挙上に繋がらなかったのではない

かと考えられる。

今後は, 症例数を増やし, 外反母趾群のアーチ高率や角度が減少する理由について立体的に計測し, 検討していく必要があると考える。

結 語

外反母趾群, 健常群を対象に, 座位での母趾他動背屈を行い, ウィンドラスメカニズムによる内側縦アーチ挙上角度とアーチ高率の変化を計測した.

外反母趾群は健常群より, アーチ高の変化が乏しく, ウィンドラスメカニズムの機能低下が考えられた.

文 献

- 1) Alexandria K. B, Richard W, Mark C, et al. The windlass mechanism during normal walking and passive first metatarsalphalangeal joint extension. *Clinical Biomechanics* 1998; 13 (3) : 190-4.
- 2) Eric A.F. The windlass mechanism of the foot a mechanical to explain pathology. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 2000; 90 (1) : 35-46.
- 3) 大久保衛, 島津 晃, 上野憲司他. メディカルチェックにおける足アーチ高測定方法の検討. *臨床スポーツ医学* 1989; 6 (別冊) : 336-9.
- 4) 伊藤大介他. 巻き上げ作用時の足内側アーチと後足部内反との関係. *整形外科と災害外科* 1996; 45(1) : 69-72.

足部内側縦アーチの高さと足底圧中心軌跡の関連

The relationship between height of the medial longitudinal arch and tracking of center of pressure

¹⁾弘前大学大学院保健学研究科総合リハビリテーション科学領域理学療法学分野 (博士前期課程在学中)

²⁾津軽保健生活協同組合 健生病院リハビリテーション科

³⁾弘前大学大学院保健学研究科健康支援科学領域

⁴⁾大館市立総合病院リハビリテーション科

¹⁾Department of Physical Therapy, Division of Comprehensive Rehabilitation Sciences,
Hirosaki University Graduate School of Health Sciences (Master's Course)

²⁾Department of Rehabilitation, Kensei Hospital

³⁾Division of Health Sciences, Hirosaki University Graduate School of Health Sciences

⁴⁾Department of Rehabilitation, Odate Municipal General Hospital

高橋 信人¹⁾²⁾, 尾田 敦³⁾, 成田 大一³⁾, 石川 大瑛¹⁾⁴⁾

Nobuto Takahashi¹⁾²⁾, Atushi Oda³⁾, Hirokazu Narita³⁾, Takaaki Ishikawa¹⁾⁴⁾

Key words : 内側縦アーチ (medial longitudinal arch), 足底圧中心 (center of pressure), 歩行 (gait)

要 旨

本研究の目的は、静的立位時の足部内側縦アーチの高さが足底圧中心 (COP) 軌跡に及ぼす影響を明らかにすることである。健康成人 30 名 60 足を対象とし、アーチ高率と、足部長軸方向中央における COP 軌跡の位置を測定した。アーチ高率を低値群と高値群に分けて群間比較を行った結果、低値群に有意な COP 軌跡の内側変位を認め、内側縦アーチの低い足部では足部中央における COP 軌跡は足部内側を通過することが示唆された。し

かし、アーチ高率と COP 軌跡の関連性は認められなかった。以上のことから、静的立位時の内側縦アーチの高さが足部中央における COP 軌跡に及ぼす影響は小さく、内側縦アーチの評価のみでは COP 軌跡の個体差を予測できないと考えられた。

緒 言

足底挿板が歩行にあたる影響を調査した報告では、評価の手段としてさまざまな指標が用いられている。その指標には、足底圧分布や足底圧中心 (center of pressure ; COP) の軌跡、下肢関節角度、床反力、関節モーメント、筋活動、歩行速度、疼痛の程度などがある。その中でも、歩行立脚相の各時期における足底圧分布の COP を結んだ COP 軌跡は、歩行中の体重移動や足底面の状態の経時的変化を表し、足底圧分布に比べ、簡便で有用な指標であると考えられる。この COP 軌跡について、

(2010/10/28 受付)

連絡先 : 高橋 信人 〒036-8564 青森県弘前市本町 66-1
弘前大学大学院保健学研究科義肢装具学研究室
TEL 0172-39-5979 FAX 0172-39-5981
E-mail h10gg404@stu.hirosaki-u.ac.jp

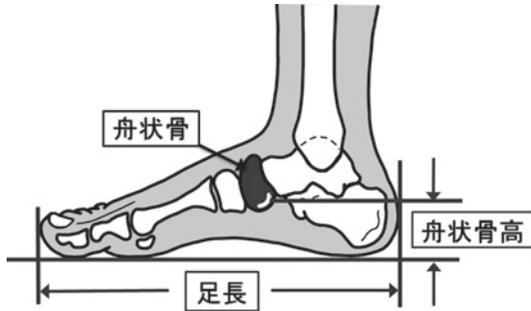


図1. アーチ高率

アーチ高率 (%) = 舟状骨高 (mm) / 足長 (mm) × 100
 舟状骨高: 床から舟状骨粗面下端までの垂直距離
 足長: 踵後端から最も長い足趾までの距離

本岡ら¹⁾は、健常人の COP 軌跡が多様であることを報告し、桜井ら²⁾は、COP 軌跡に分類の可能性があることを報告している。しかしながら、このような COP 軌跡に関する先行研究では、COP 軌跡に個体差があるにもかかわらず、その要因は明らかにされていない。このことから、足底挿板が COP 軌跡に及ぼす影響を明らかにするためには、健常人の足底圧分布や COP 軌跡の多様性の要因を明らかにする必要があると考えられる。

歩行中の足底圧分布に関する報告では、足底挿板による下肢アライメントの変化によって歩行中の足底圧分布が変化するという報告^{3) 4)}や内側縦アーチの高さや Leg Heel Angle の大きさの個体差によって歩行中や静的立位時の足底圧分布が異なるという報告^{5)~7)}があり、足部形態を含めた下肢アライメントに着目し、その関連性を示している。以上のような足底圧分布を観察した報告から、足底圧分布や COP 軌跡の個体差は、足部形態の個体差によるものであると推察される。しかしながら、COP 軌跡と足部形態の関連性についての報告は少ない。足部形態の中でも内側縦アーチは、歩行立脚期の体重移動に重要な役割を果たすため、その高さの程度は COP 軌跡に影響を及ぼすと推測される。

そこで、本研究では、内側縦アーチの高さが COP 軌跡に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

対象と方法

対象は、過去 6 か月以内に下肢に整形外科疾患の既往のない健常成人 30 名 60 足(男 15 名, 女 15 名)とした。対象者の年齢(平均値±SD)は 21.6 ± 1.9 歳, 身長は 164.2 ± 8.7cm, 体重は 57.0 ± 11.9kg であった。対象者には口頭と書面にて本研究の趣旨と方法を事前に説明し、研究への協力に同意を得た後、本研究を実施した。

内側縦アーチの高さを表す指標として、アーチ高率を用いた。アーチ高率は、足長 (mm) に対する舟状骨高 (mm) の割合 (%) により算出した。(図 1) 足長は、安静立位にて、踵後端から最も長い足趾までの距離を計測した。舟状骨高は、立位荷重位における舟状骨粗面下端を触診し、床からの垂直距離を計測した。このアーチ高率の平均値より低値を示す群を低値群、高値を示す群を高値群とした。

COP 軌跡を表す指標として、足部長軸方向中央における COP 軌跡の通過点を採用し、この通過点を定量的に評価するため、以下の方法を用いた。歩行中の COP 軌跡の測定には、Verg 社製圧力分布測定装置 Force Sensitive Applications (FSA) と付属のオルソテストセンサーマットを使用した。対象者に口頭指示とデモンストレーションを実施後、センサーマットの位置を調節し、テープで床面に固定した。対象者には、視線を進行方向に向け、裸足で歩くように指示した。(図 2) また、歩幅や歩行速度は対象者の任意とした。測定は、歩行開始から第 3 歩目の踵接地から足尖離地までの足底圧と COP を画像として記録し、左右足部各 5 試行を繰り返した。採取した画像は、Deneba 社製統合グラフィックソフト Canvas8 を用いて処理した。1 試行の足底圧分布において、踵後縁から前足部前縁までの内側接線の中点 A を通る垂線を引き、外側接線との交点を B とした。この A-B 間の距離 β と A から COP 軌跡との交点までの距離 α を計測した。(図 3) 本研究では、 $(\alpha/\beta) \times 100 = \%COP$ と定義して算出し、5 試行の平均を 1 足の %COP

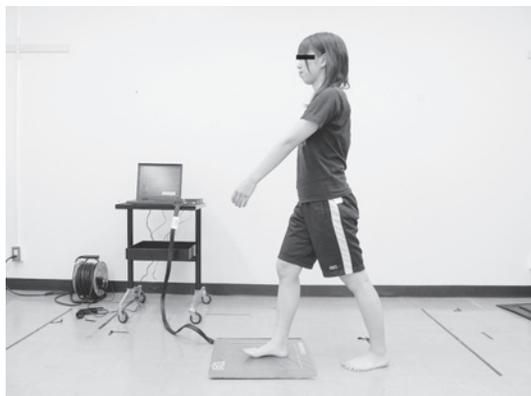


図2. FASを用いた歩行時の足底圧測定

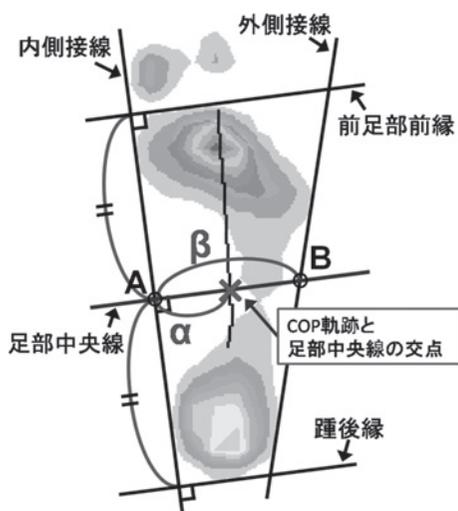


図3. %COPの算出

A: 踵後縁から前足部前縁までの内側接線の中点
 B: Aを通る内側接線の垂線と外側接線との交点
 α : 線分AB上のAからCOP軌跡との交点までの距離
 β : AとBの距離
 $\%COP = (\alpha/\beta) \times 100$

とした。

アーチ高率の低値群と高値群の% COPの群間比較には2標本t検定を用い、アーチ高率と% COPの関連性の分析にはPearsonの積率相関係数を用いた。有意水準は0.05とした。統計解析にはSPSS 16.0 J for Windowsを使用した。

結果

全対象者のアーチ高率(平均値±SD)は、13.79±

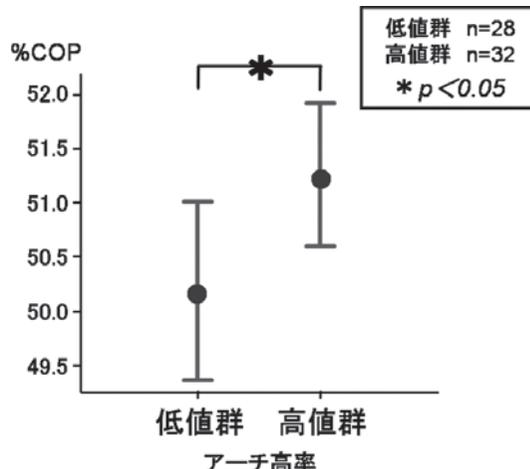


図4. 各群の% COPの群間比較

2.36%であり、低値群は28足、高値群は32足であった。低値群、高値群のアーチ高率は、それぞれ11.66±1.16%、15.66±1.33%であった。

群間比較の結果を図4に示す。低値群では高値群に比べて% COPが有意に小さく($p < 0.05$)、COP軌跡が内側に変位していた。

相関分析の結果、アーチ高率と% COPの間に有意な相関はなかった($r = 0.253$, $p = 0.051$)。

考察

群間比較の結果から、内側縦アーチが低い場合、足部長軸方向中央におけるCOP軌跡の通過点は内側縦アーチが高い場合に比べて内側に変位することが示唆された。歩行立脚相における足部からの運動連鎖では、歩行立脚初期の距骨下関節の回内が足部内側縦アーチの低下と下腿の内旋を引き起こし、歩行立脚中期には、下腿内旋に伴う大腿骨の外旋と後方移動が起こる⁸⁾といわれている。このことから、静的立位時に内側縦アーチが低下した足部では、歩行立脚初期における距骨下関節の回内が大きくなり、それに伴う歩行立脚中期の下腿内旋、大腿骨外旋が大きくなったために、膝関節が外反し、重心が内側に変位したと考えられる。しかし、相関分析の結果からアーチ高率と% COPの関連性は有意でなかった。このことから、静的

立位時の内側縦アーチの高さが足部長軸方向中央における COP 軌跡に及ぼす影響は小さく、COP 軌跡の違いには他の要因の影響を考慮する必要があると考えられ、内側縦アーチの評価のみでは COP 軌跡の個体差の予測は難しいと考えられる。

本研究では、COP 軌跡の定量的評価方法を考案し、採取したデータを処理した。COP 軌跡を量的に評価し、分類や比較した報告は少ない。桜井ら²⁾は、COP 軌跡の位置を座標として表す方法を考案している。しかしながら、座標を踵骨中央部にあたるセンサー上の任意の点からの距離 (mm) として表しており、個体の足長や足幅による違いが考慮されていないのが問題であると考えられた。今回は、桜井ら²⁾の方法を参考にし、より簡便な方法として、足底圧の足部内側接線から COP 軌跡までの距離を足部内側接線から外側接線までの距離に対する割合で示した値を採用した。この定量的評価方法は、COP 軌跡を量的に評価できる点において、有用であると考えられる。

また、本研究では、“足部長軸方向中央における” COP 軌跡の通過点に着目した。COP 軌跡は、歩行立脚相における踵接地から足尖離地までの COP という点の集合であるという特性から、COP 軌跡の観察では、軌跡上の各点に着目する必要があると考えられる。その各点の中でも、足部長軸方向中央における COP 位置は、内側縦アーチが足部長軸方向の中央部に位置することや立脚相の体重移動に関与するといわれていることから、内側縦アーチの高さによる影響を反映していると考え、足部長軸方向中央における COP 軌跡に着目し、内側縦アーチの高さとの関連を調査した。

今回の方法の問題点として、使用した機器による限界があった。本研究で使用した機器は、1つのセンサーが 1cm×1cm と大きかったため、足部長軸方向中央を通過したときの詳細な COP の位置を捉えることが困難であった。また、センサーマットのサイズが 35cm×35cm と十分な大きさではなく、歩行時に間違いなくセンサーマットの中央を踏むのが困難であった。本研究では内側縦アーチ

の高さという足部形態に着目したため、筋力など他の因子をできるだけ除くために自由歩行⁹⁾を採用したが、使用したサイズのセンサーマットでは、必ずしも自由歩行の観察であるとはいえない状況であった。

これらの問題点を改善し、他の足部形態を含めた検討や足部長軸方向中央以外に着目した検討が必要であると考えられる。

結 語

健康成人 30 名 60 足を対象に、足部内側縦アーチの高さの違いによって足部長軸方向中央における COP 軌跡の通過点にどのような違いがあるのかを検討した。足部内側縦アーチが低い足部では、足部長軸方向中央において COP 軌跡が内側を通過することが示唆されたが、足部内側縦アーチが COP 軌跡に与える影響は小さいと考えられ、他の要因を考慮する必要があると考えられる。

文 献

- 1) 本岡 勉, 佛淵孝夫, 田中博史. 健康者の歩行分析—足圧中心は足部外側を通るか—. 日足外会誌 2005; 26:22-5.
- 2) 桜井進一, 坂本雅昭, 中澤理恵他. 健康成人女性の歩行分析—足圧中心軌跡による分類法の検討—. 理学療法科学 2007; 22:209-13.
- 3) 大畑光司, 市橋則明, 竹村俊一. 外側ウェッジが歩行に与える影響—筋電図学的分析を中心に—. 理学療法科学 2004; 31:175-81.
- 4) 鶴田文男, 倉 秀治, 石井清一他. 足底板の動的使用効果. 靴の医学 1993; 7:128-31.
- 5) Teyhen DS, Stolenbreg BE, Collinsworth KM, et al. Dynamic plantar pressure parameters associated with static arch height index during gait. Clinical Biomechanics 2009; 24: 391-6.
- 6) 篠塚信行, 鳥居 俊. 歩行時の中足骨部足底圧と足部アライメントの関係. 靴の医学 2007; 21: 87-90.
- 7) 三秋泰一, 加藤逸平. アーチ高率の違いによる内外側方向における足底圧中心位置の検討. 理学療法科学 2007; 22: 409-12.
- 8) 山口光國, 福井 勉, 入谷 誠. 結果の出せる整形外科理学療法. 東京: メジカルビュー社; 2009. 191-3.
- 9) 村田 伸, 忽那龍雄, 北山智香子. 最適歩行と最速歩行の相違—GAITRiteによる解析—. 理学療法科学 2004; 19: 217-22.

クリップ型形状記憶合金製矯正器具による陥入爪, 巻き爪の治療 Treatment of ingrown and pincer nails using nail clip devices made of shape-memory alloys

¹⁾仙台赤十字病院 皮膚科

²⁾仙台赤十字病院 整形外科

³⁾すえたけ皮膚科

⁴⁾東北大学大学院工学研究科

¹⁾Department of Dermatology, Japanese Red Cross Sendai Hospital

²⁾Department of Orthopaedic Surgery, Japanese Red Cross Sendai Hospital

³⁾Suetake Dermatology Clinic

⁴⁾Graduate School of Engineering, Tohoku University

田畑 伸子¹⁾, 北 純²⁾, 末武 茂樹³⁾, 大森 俊洋⁴⁾, 貝沼 亮介⁴⁾
Nobuko Tabata¹⁾, Atushi Kita²⁾, Takaki Suetake³⁾, Toshihiro Omori⁴⁾, Ryosuke Kainuma⁴⁾

Key words : 陥入爪 (Ingrown toe nail), 巻き爪 (Pincer nail), 形状記憶合金製矯正器具 (The device of shape memory alloys)

要 旨

爪甲遊離縁にはめる形の形状記憶合金製矯正器具を用いて, 陥入爪, 巻き爪の治療を行い, 爪甲数 193 例について, 適応, 効果, 問題点について検討した. 80% 以上が有効で, 彎曲率の測定では, 1 週間以内の改善が顕著であった. 再発例についての対処も容易であった. 適用を考えて使用すれば, さらに有効率は上がると思われる. 装着が容易である一方, はずれやすいという面があったが, 固定の仕方を指導することで継続可能と思われた. 適用可能範囲の広い簡便な器具として, 今後多くの症例の第一選択となり得るものと考えた.

緒 言

陥入爪, 巻き爪は頻度の高い日常的な疾患で, 医療機関を受診しない例も含めれば, 罹患者はかなりの数にのぼるとされる. 原因として, 不適切な靴や爪切り, 体重の増加, 外傷などいろいろ指摘されているが, 必ずしもこれらに該当しない場合も多く, 様々な要因の関与が考えられる. 再発もしばしばみられ, 明らかな誘因が不明な例では特にその傾向が強い. 我々は 2006 年から, 爪甲の遊離縁にはめるタイプの形状記憶合金製矯正器具を用いた治療に取り組んでいる¹⁾²⁾. 使用法は簡便で, 患者自身や家族による着脱も可能である. 爪甲が伸びた際には, 適切な長さに爪を切りながら継続できる. 再発した場合の対応も極めて容易である. 適応範囲は広く, 陥入爪, 巻き爪のかなりの例に効果が認められる. 現在までの使用例について, 適応, 効果, 問題点についてさらに検討

(2010/11/10 受付)

連絡先: 田畑 伸子 〒982-8501 宮城県仙台市太白区
八木山本町 2-43-2 仙台赤十字病院 皮膚科
TEL 022-243-1111 FAX 022-243-1101
E-mail noburcs@sendai.jrc.or.jp

を加えた。

対象と方法

2006年12月から2009年12月までの期間で、陥入爪、巻き爪と診断した231例について検討した。このうち当器具を使用した例は152例あった。初回のみ受診の30例を除いた、判定可能な122例、爪甲数として193例について検討した。性別は、男性28例、女性94例で、年齢は11歳から87歳であった。器具は、金属の板にフックのついた形

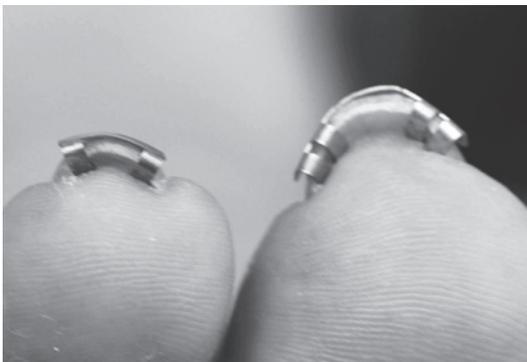


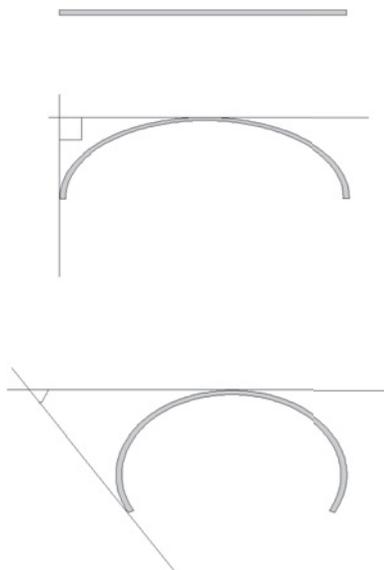
図1. 爪甲の遊離縁をはさみこむように装着する。

になっており、図1のように爪甲の遊離縁を挟み込むように装着し、脱落を防ぐために器具をテープで爪甲に固定する。検討にあたり、爪甲遊離縁の形を3型に分類した。(図2)再発の有無に関わらず、経過中爪甲の形状と自覚症状の両方に改善を認めた例、形状には変化がなくても自覚症状が改善した例を‘効果あり’と判定した。どちらも改善なく他の治療法に切り替えた例、形状が改善しても自覚症状に改善のない例、希望により中止した例を‘効果なし’と判定した。

また、小坂ら³⁾の報告に基づき彎曲率を測定した。装着後、1ヶ月以内で、写真によって経過の追えた‘効果あり’の症例について、彎曲率の推移を検討した。

結 果

結果を爪甲の形状別に分けて示す。(表1) III型がもっとも効果が高く、86%に効果を認めた。II型でも82%に効果が認められたが、I型の効果発現は44%にとどまった。効果あり、なしと判定した例を図に示す。(図3, 4, 5, 6)彎曲率の推移をみると、治療開始後1週間の効果が大きいこと



I 型 爪甲がほぼ水平

II 型 爪甲と爪縁の接線の
角度がほぼ90~180度

III 型 爪甲と爪縁の接線の
角度が90度以下

図2. つま先からみた爪甲の遊離縁の形状

表 1. 爪甲遊離縁の型別結果

爪甲数 193 例

爪甲の型	I	II	III
効果あり (81%)	4 (44%)	116 (82%)	37 (86%)
効果なし (19%)	5 (56%)	25 (18%)	6 (14%)

がわかった。(図7)

考 察

陥入爪は爪甲の側縁が側爪郭を損傷して炎症が生じた状態で、巻き爪は爪甲の側縁が内側に彎曲し、爪床を挟み込むように伸びて痛みを生じる状態である。我々はこれらの定義によらず、爪甲遊離縁の形に注目して、新しい矯正器具の効果を評価した。当器具はCu-Al-Mn からなる形状記憶合金⁴⁾で、器具の中央を支点として爪甲全体を持ち上げるので、適正で安定した矯正力が働き、効果発現が早いと考えられる。最大の特長は、爪甲の遊離縁にはめるので、穴をあけるなどの侵襲を加えることなく装着できる点である。しかし、爪甲が割れているもの、凹凸の著しいもの、削ってもフックと板のあいだにはまらない位厚いもの、はめられるだけの爪の伸びのないものなどには装着できない。対策として短い爪の場合は、他の方法を併用して伸びるのを待つ。側方の彎曲が強くてそのままでは装着できないものは、その部分の爪甲を切って装着できれば効果が期待できる。今回、II型はもちろんIII型でも高い改善率をみたことで、陥入爪、巻き爪のかかなりの例で治療効果があることが証明された。

次に改善率の低かったI型と“効果なし”と判定した例について問題点を検討した。I型では、爪甲の形状には変化がなくても、装着して痛みの軽減する例もあったが、本来彎曲のない例に矯正器具を使用するのは適応外と考え、初期の例を除いて最近では使用していない。(図6a) またII型やIII型で、爪甲の彎曲が改善されてくるに連れ、持ち上がってきた爪甲が側爪郭にあたり、痛みや腫脹をひきおこす例があった。(図6b)この例ではさら

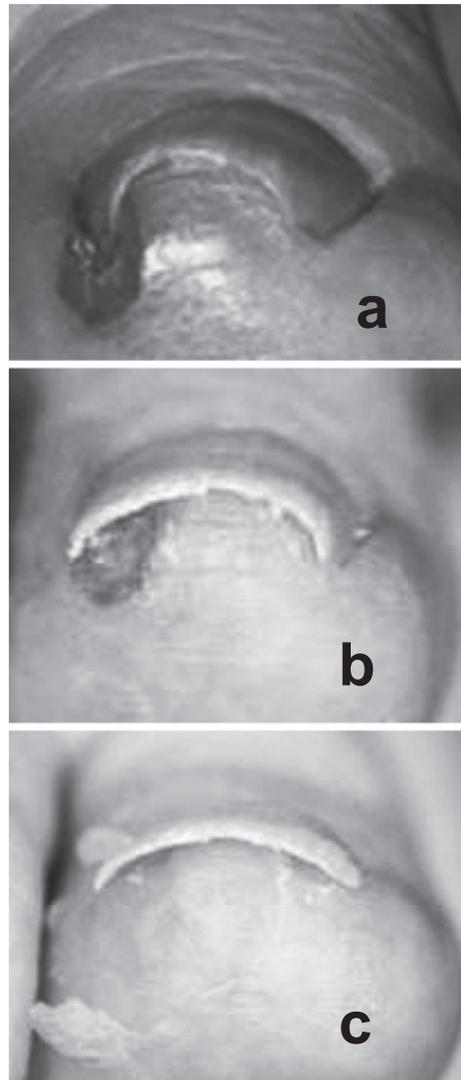


図3. II型. 76歳 女性. a 開始時 b 2週後 c 3週後

に彎曲が改善しても自覚症状に変化がなく、手術によって治癒した。これらの例では、もともと爪甲の中の広いことが主たる原因であると考えられるため、矯正器具による治療そのものが適応外ではないかと考えた。その他、爪甲全体が厚く効果が不十分だった例(図6c)では、痛み発現の原因が爪甲の彎曲ではなかったと考えられ、不適切な使用法だったと判断した。

問題点として、爪甲の割れた例が3例あった。



図4. III型. 66歳 女性. a 開始時 b 15週後

これらは、爪甲が薄い傾向があり、矯正力の弱いものを使う、装着時間を短くするなどの対応が考えられる。逆に効果なしと判断したものの中に、爪甲の厚さや固さに対して矯正力が弱かったと考えられる例もみられた。矯正力は強くすることも弱くすることも可能で、弱いと判断される例が多ければ、それに対応する器具を作製することができる。また、当器具固有の問題点は、はずれやすいということである。本人や家族に固定の仕方を指導することで、ほとんどの例で装着継続が可能だったが、効果なしの例では、十分に装着できていない場合もあることが予想される。爪甲の厚い場合に、よりはずれやすい傾向があるようである。厚い爪甲にも対応できるように、遊離縁をはさむフックの部分の改良を検討中である。

今回の検討中、再発の確認できた例は30例で、いずれも再装着によって改善している。再発時の症状は当初より軽度であることが多く、より改善

が早い。また、痛いときのみ装着している例、ひろがりすぎると痛いので調節して着脱している例などもあった。

以上より、当器具はII型, III型に対して効果が高く、効果発現も早いと思われる。適応を考えた治療を行えば、改善率はさらに上昇することが考えられる。再発例にも、速やかに対応可能である。今後さらに改良を重ねて、より多くの例に対応できるようにしていきたい。

結 語

爪甲遊離縁にはめるタイプの形状記憶合金製矯正器具について効果、問題点を検討した。装着できれば効果発現は早く、再発例に対しても速やかに対応できる。変形が高度で装着できない例を除く、広い範囲の矯正適応症例に有効と思われる。

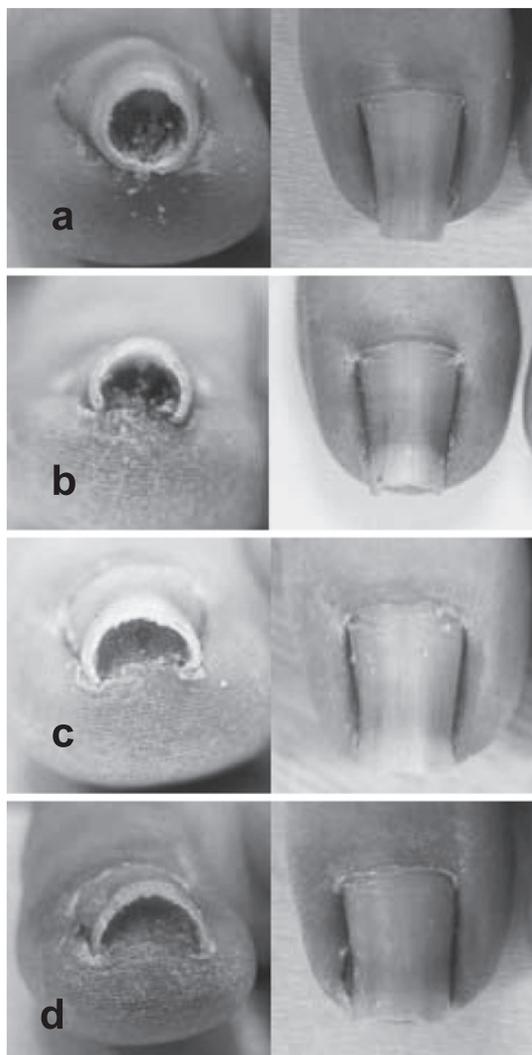


図5. III型. 30歳 女性. a 開始時 b 2週後 c 4週後 d 10週後

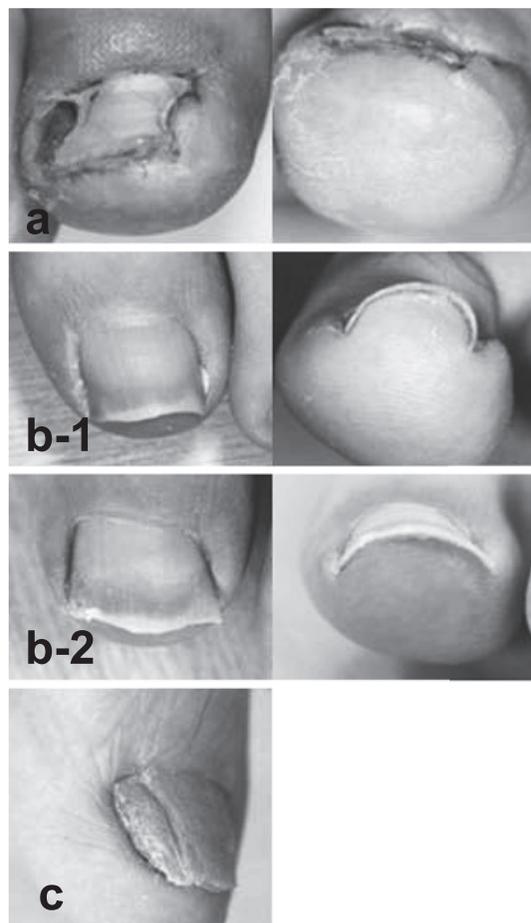


図6. 効果なしと考えた例

- a I型 彎曲なし.
- b 彎曲が改善しても痛みの改善なし.
1 開始時 2 手術時
- c 爪甲全体の肥厚.

1999. 形成外科学会誌 小坂ら

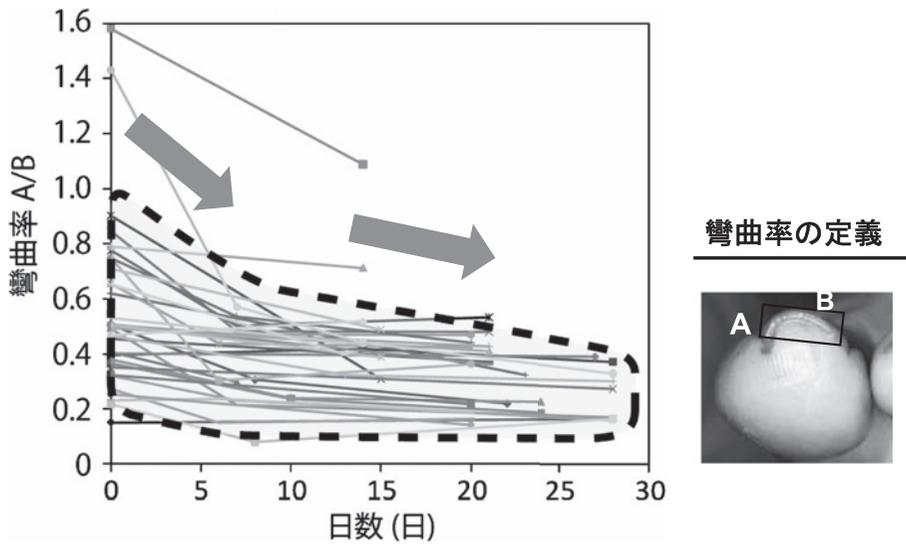


図7. 彎曲率の推移 治療開始後1週間の効果が大きい.

文 献

- 1) 田畑伸子, 石橋昌也, 北 純他. 新しい形状記憶合金製矯正器具による陥入爪の治療. 靴の医学 2008; 22 (2): 65-9.
- 2) Ishibashi M, Tabata N, Suetake T, et al. A simple method to treat an ingrowing toenail with a shape-memory alloy device. J Dermatology Treat. 2008; 19 (5): 291-2.
- 3) 小坂正明, 上石 弘. 巻き爪に対する新しい術式と評価法. 日本形成外科学会誌 1999; 19 (12): 676-81.
- 4) Sutou Y, Omori T, Wang JJ, et al. Characteristics of Cu-Al-Mn-based shape memory alloys and their applications. Mater Sci Eng. 2004; A 378: 278-82.

足底挿板が歩行時において足に与える影響についての運動学的研究

A biomechanical study of the function of the insole during gait

¹⁾慶應義塾大学月が瀬リハビリテーションセンター整形外科

²⁾至誠会第2病院整形外科

³⁾星野整形外科クリニック

⁴⁾永寿病院整形外科

⁵⁾慶應義塾大学整形外科

⁶⁾立川共済病院整形外科

¹⁾Department of Orthopaedic Surgery, Keio University, Tsukigase Rehabilitation Center

²⁾Department of Orthopaedic Surgery, Shiseikai-daini Hospital

³⁾Department of Orthopaedic Surgery, Hoshino-seikeigeka Clinic

⁴⁾Department of Orthopaedic Surgery, Eiju Hospital

⁵⁾Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Keio University

⁶⁾Department of Orthopaedic Surgery, Tachikawa-kyousai Hospital

橋本 健史¹⁾, 井口 傑²⁾, 宇佐見則夫²⁾, 星野 達³⁾,
平石 英一⁴⁾, 須田 康文⁵⁾, 小久保哲郎⁶⁾, 池澤 裕子²⁾

Takeshi Hashimoto¹⁾, Suguru Inokuchi²⁾, Norio Usami²⁾, Tohru Hoshino³⁾, Eiichi Hiraishi⁴⁾,
Yasunori Suda⁵⁾, Tetsuro Kokubo⁶⁾, Hiroko Ikezawa²⁾

Key words : 足アーチ (foot arch), バイオメカニクス (biomechanics), 歩行 (gait)

要 旨

本研究の目的は動的歩行解析の手法を用いて、足底挿板が歩行時における足縦アーチ構造の冠状面での動態に与える効果を検討することである。対象は足に愁訴のない若年成人男子4名とした。足部に赤外線反射マーカーを貼り付け、裸足と足底挿板装着時で歩行させた。この3次元座標から、足縦アーチ面の法線ベクトルを計算して冠状面での動態を検討した。足底挿板の歩行時における足

アーチに対する冠状面での効果をみると踵接地時の急激な外反を抑制し、歩行相全体でも内外反変化を減少させた。

a) 緒 言

足底挿板は、歩行時にどのような動的機能を持っているのだろうか。

本研究の目的は動的歩行解析の手法を用いて、足底挿板が歩行時における足縦アーチ構造の冠状面での動態に与える効果を検討することである。

b) 対象と方法

対象は足に愁訴のない若年(平均29歳)男性4名の健常ボランティアとした。裸足で足関節内果、踵骨内側部、舟状骨結節部、第1中足骨頭部内側

(2010/11/05 受付)

連絡先: 橋本 健史 〒410-3293 静岡県伊豆市月ヶ瀬
380-2 慶應義塾大学月が瀬リハビリテーション
センター整形外科
TEL 0558-85-1701 FAX 0558-85-1810
E-mail aineth@j06.itscom.net

および母趾末節部に赤外線反射マーカを貼り付け歩行させた。マーカの反射光を CCD カメラで取り込み、3次元動態解析装置(ProReflex, Gothenburg, Sweden)を使用してマーカの3次元座標を120Hzで計測した。踵骨内側部、舟状骨結節部、第1中足骨頭部内側のマーカを含んだ面を縦アー

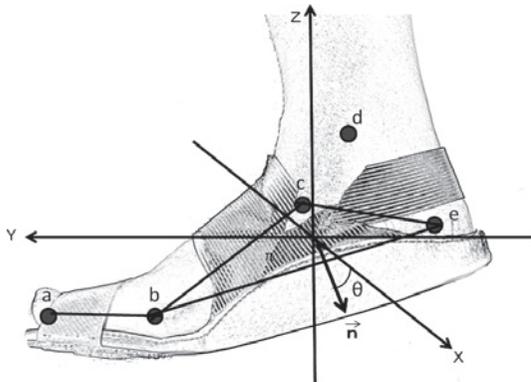


図1. 足部に添付した赤外線反射マーカを示した。X, Y, Z: 3次元空間座標。a: 母趾末節部内側。b: 中足趾節間関節内側。c: 舟状骨部。d: 脛骨内果部。e: 踵骨内側部。平面 π : 足アーチ面。n: 足アーチ面 bce (平面 π) に対する法線ベクトル。 θ : ベクトル n と X 座標軸のなす角度。

チ面とした。この面に対する法線ベクトルと矢状面に対する法線ベクトルとのなす角度を計算した。(図1)

この角度 θ が裸足歩行時と足底挿板装着歩行時において、どのように変化するかを検討した。使用した足底挿板は足底全長にわたり、内側アーチサポートを5mm作り、足関節前後にストラップをつけて足部に固定できるものとした。(図1)

c) 結 果

4例全例が同一傾向を示したので、代表例を示す。裸足歩行時においては、踵接地直前において縦アーチ面(π)は内反し、踵接地時において、外反した。外反は趾接地まで続き、その後、立脚期では徐々に内反した。趾離地後に最大内反となった。(図2)

足底挿板装着時には、踵接地時には裸足同様に外反したが、踵接地から趾接地までの外反の程度は裸足歩行時に比較して抑制された。立脚後期では裸足歩行時と同様に内反した。歩行相全体での内外反の変化量が小さくなる傾向があった。(図2)

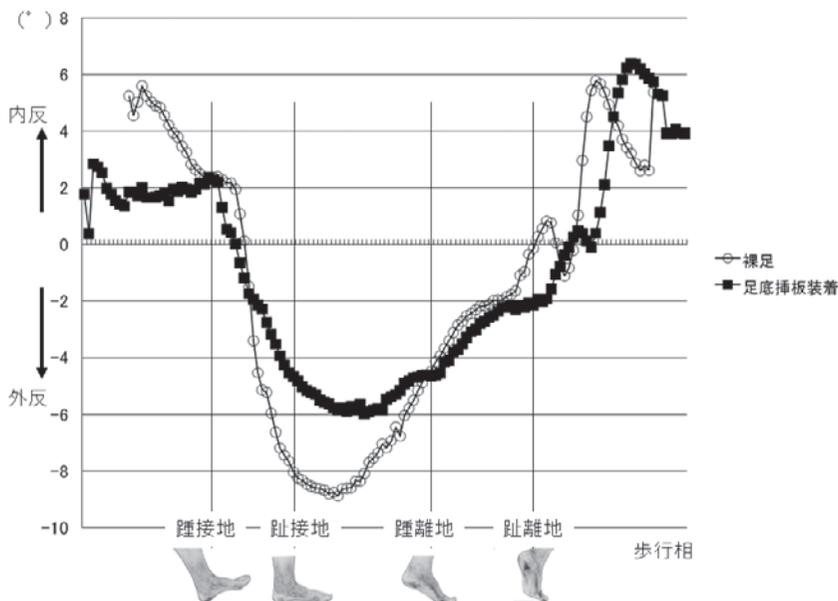


図2. 歩行時における裸足と足底挿板装着時の足アーチ面の内外反変化。

d) 考 察

歩行時の足アーチの動態について、過去いくつかの詳細な報告がある¹⁾。また、バイオメカニクスについてのすぐれた研究もある²⁾。われわれは、3次元動態解析法を用いて歩行時の足アーチのふるまいを報告してきた^{3)~7)}。本研究では、足底挿板が歩行時における足縦アーチ構造の冠状面での動態に与える効果を検討した。

裸足歩行時には踵接地直後に足アーチ面は急激に外反する。これは、この時後脛骨筋腱が収縮していないので、柔らかい足部となっており、荷重負荷が足部全体に拡がるため truss mechanism が働いたと考えられる^{8) 9)}。今回使用した足底挿板は、ストラップによって足部をしっかりと固定でき、足部をサポートすることによって、この踵部の外反を抑制したと考えられる。(図2)言い換えれば、truss mechanism の過激な変化を和らげたといえる。

また、歩行相全体としての内外反の変化量も足底挿板装着時には小さくなり、歩行時の足部の内外反変化量を抑制したと考えられた。これは、足部障害を持つ患者にとっては、歩行時の足部の過剰な内外反が抑えられるため、足部への負荷が減少して、疼痛が抑制されるのではないかと推測された。

e) 結 語

足底挿板の歩行時における足アーチに対する冠状面での効果をみると踵接地時の急激な外反を抑制し、歩行相全体でも内外反変化を減少させた。

文 献

- 1) 寺本 司. 靴と歩行分析—歩行分析のこれまでと今後の展望—. 靴の医学 2004; 18: 104-9.
- 2) Thordarson DB, Schmotzer H, Chon J, et al. Dynamic support of the human longitudinal arch. A biomechanical evaluation. Clin. Orthop. 1995; 316: 165-72.
- 3) 橋本健史, 池澤裕子, 星野 達他. 歩行時における靴の機能についての運動学的検討. 靴の医学 2003; 17: 92-5.
- 4) 橋本健史, 池澤裕子, 谷島 浩他. 歩行時における靴の機能についての運動学的検討—windlass mechanism に対する効果について—. 靴の医学 2004; 18: 76-80.
- 5) 橋本健史, 井口 傑, 宇佐見則夫他. 高齢者の靴についてのバイオメカニクスの検討. 靴の医学 2007; 21: 108-12.
- 6) 橋本健史, 井口 傑, 宇佐見則夫他. 足アーチ構造の機能解明—加齢による変化—. 靴の医学 2008; 22: 56-60.
- 7) 橋本健史, 井口 傑, 宇佐見則夫他. 足アーチ構造の機能解明—歩行時における冠状面での動態および加齢変化—. 靴の医学 2009; 23: 51-3.
- 8) 橋本健史. 足アーチ構造の機能. 慶應医学 2004; 81: 17-21.
- 9) Eiftman H. The transverse tarsal joint and its control. Clin. Orthop. 1960; 16: 41-6.

幼稚園児における足アーチ形成過程の時系列的検討

Study of temporal series of foot arch formation stage in kindergarteners

¹⁾フラウブラッツ

²⁾新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科

¹⁾Frau Platz

²⁾Graduate School of Health and Welfare, Niigata University of Health and Welfare

伊藤 笑子¹⁾, 阿部 薫²⁾

Emiko Ito¹⁾, Kaoru Abe²⁾

Key words : こども (children), 幼稚園児 (kindergarteners), アーチ形成 (arch formation), 室内履き (school shoes), 靴の選択 (selection of shoes)

要 旨

同一幼稚園在園中の園児を対象に、年1回同一月にフットプリントの採取と踵部の外反角度測定を3年間連続計測した53名(同一人物)について検討した。

足アーチの形成および踵部外反を指標として足の状態を点数化し、3~5歳に至る評価点数の推移特徴からA~E群に分類した。これにより3~5歳における幼稚園時期の子どものアーチ形成の変化パターンに特有の傾向が判明した。とりわけ4~5歳の年齢域は足アーチ形成の変化期であると考えられた。この4~5歳の足の変化期こそ、靴の選択は重要であり、足の変化パターンに基づいた靴の選択指標を示した。幼稚園在園期間中の子どもの靴の選択はサイズごとの画一的なものではなく、足の状態推移に鑑みた選択が望ましいと考えられ

た。

緒 言

歩行開始後から5, 6歳頃までは、足底アーチは段階的に高くなると同時にしっかりとした足に発達, 成長していく時期である¹⁾。この足の形成時期は、幼稚園在園期間に相当している。子どもにとっては、園内で過ごす時間が生活時間の約半分を占め、室内履きを含む靴の選択について、多くの相談を受けている。保護者が子ども靴を選択する際、サイズ表示に沿った選択方法が一般的であり、また靴販売員によるサイズ計測や経験に基づいた足の特徴別の選択方法などもある。

靴メーカーによる既成靴では、外反母趾や扁平足を予防する靴、裸足感覚を損なわない等の機能を主張する子ども靴も散見され、さらに海外から性能の良い子ども靴も輸入販売されている。しかしこれらは外履き靴に限られており、幼稚園における指定靴である室内履きについては、これらの機能性を有する子ども靴は極端に少ない。幼稚園関係者によれば、園児の各家庭の経済状態は様々であり、靴に限らず指定されるものについては最

(2010/11/08 受付)

連絡先: 伊藤 笑子 〒603-8122 京都府京都市北区小山花ノ木町56 フラウブラッツ
TEL 075-493-5533 FAX 075-493-5534
E-mail emiko@ein-weg.com

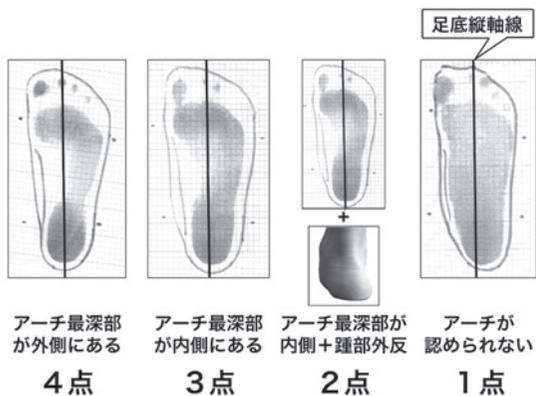


図1. フットプリントに基づいた点数化

低限の価格帯のものを選定せざるを得ないとのことである。低価格帯の靴であれば機能性も少なく、また同一タイプであるため子どもの足の発達状態を鑑みた選択は望めない。

そこで本研究は健やかなる子どもの足の発達を促進するために、同一園児の足を年1回3年にわたって時系列的に記録し、足のアーチ形成過程に注目した独自の分類を行い、足の状態に応じた靴の選択指標を示すことを目的とした。

対象と方法

同一幼稚園在園中の年少(3-4歳)・年中(4-5歳)・年長(5-6歳)を対象とし、年1回同一月にフットプリントの採取と踵部の外反角度測定を3年間連続計測した53名(同一人物)について検討した。

フットプリントの採取肢位は、下肢アライメントが垂直になるように両足の間隔を設定して平行開脚立位とした。踵部の外反角度測定は分度器を用いて目視的に判断した。これらの情報から間隔尺度としての点数化(coding)については、H-line判定法²⁾に準拠し足底縦軸線(第2趾先端から踵点までの直線)よりアーチ最深部が外側にあるものを4点、内側にあるものを3点、内側にあつてかつ踵部が5度以上の外反を呈するものを2点、フットプリント印影からアーチ部が認められないもの

を1点とした。(図1)

なお足の状態の時系列変化については codingされた数値を用いて、3, 4, 5歳の各年代を経る毎に点数の増減パターンにより、次のA~E群に分類した。

- ・A群: 3歳の時点で踵外反があり、4歳で踵骨が中間位になりアーチが形成され、5歳に至る。
- ・B群: 3歳の時点で踵骨が中間位でアーチは低形成、4歳から5歳にかけてアーチが形成されている。
- ・C群: 変化なし。
- ・D群: 3歳から4歳は踵骨中間位でアーチは低形成、4歳から5歳でアーチが低下している。
- ・E群: 3歳から4歳は踵骨外反位になりアーチは低下、4歳から5歳で踵骨が中間位になりアーチが形成されている。

倫理的配慮

主任研究者の勤務先には倫理委員会が設置されていないため研究倫理申請を行っていないが、研究実施にあたっては被験者の保護者に研究目的・研究方法・研究結果の使われ方・プライバシーの保護・研究に参加しないことによる不利益はないこと等を口頭説明し、その内容を記載した文書を交付した。なお研究参加に同意した場合は、同意書に署名をしてもらい保管した。特に個人情報に関するデータは1台のパソコンを用いてパスワード管理し、紙資料については鍵のかかる保管庫で管理した。

結 果

年齢毎の点数変化パターンは、状態が良くなれば上向き矢印、変化がなければ横向き、悪くなれば下向きの矢印で示している。(表1)なお各群の点数変化パターンについては、Wilcoxon t-testにより有意差が確認されたグループに基づいて群分類を行い、A~Eの5群に分類された。

3, 4, 5歳とも変化のないC群の変化パターンが最も多く、全体の43%であった。各群とも3~4

表 1. 年齢毎の点数変化パターンによる群分類

年齢毎の点数変化パターン	群分類	n	%
3↑4→5	A群	9	17.0
3→4↑5	B群	10	18.9
3→4→5	C群	23	43.4
3→4↓5	D群	5	9.4
3↓4↑5	E群	6	11.3

↑ 点数上昇
→ 変化なし
↓ 点数下降

4歳～5歳の年齢域は足形成の変化期

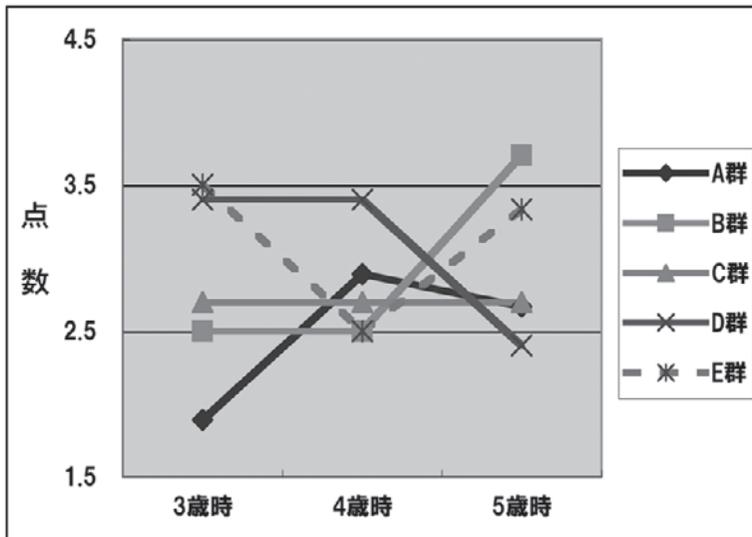


図 2. 年齢毎の点数変化パターン

歳では点数変化が少なく、4～5歳では、5群中4群に変化が認められた。群別の平均点の変化を見ると3, 4, 5歳とも変化ないC群の点数は、2.6点であった。(図2)

考 察

本研究は対象幼稚園へ研究者が出向き、データを取得したものであった。足部の状態を評価するには3D デジタイザーを用いる方法や、ピドスコ

プ、圧力センサー等がある。しかし対象者が幼稚園児であるため計測指示が理解できず、また計測に要する時間を短縮しなければならないといった現実的な問題があった。そのため足部の評価についてはフットプリントを使用した。

フットプリントは複数の検者が実施する場合、採取技術や再現性が問題となるため、一人の検者に固定して実施した。またフットプリントによる評価については議論のあるところであるが、先行

表2. 足の状態分類に基づく靴の選択指標

群	点数パターン	室内履きの選択ポイント
A群	3 ↑ 4 → 5	カウンターのしっかりした靴
B群	3 → 4 ↑ 5	運動の奨励 (運動しやすい靴)
C群	3 → 4 → 5	2点例: A D群に同じ 3点例: B群に同じ 4点例: 足の形状に合った靴 カウンターのしっかりした靴
D群	3 → 4 ↓ 5	4歳まではカウンターのしっかりした靴
E群	3 ↓ 4 ↑ 5	5歳では運動の奨励 (運動しやすい靴)

研究においてもその有用性は確認されている。たとえば今回点数化で準用した H-line 判定法とフットプリントの組合せによる評価について、近藤ら³⁾は足部の判定については、臨床的には X 線や臨床所見などから総合的に診断されているが、多数を検査対象とする場合には、簡便であり非侵襲的である H-line 判定法などフットプリントを使用した方法が適していると述べている。またフットプリントと縦アーチ高率の関係性については、清水ら⁴⁾や Queen ら⁵⁾が相関性を認めている。フットプリントを用いた足部の判定として、Staheli ら⁶⁾はフットプリントによる扁平足の判定方法として中足部と後足部の幅の比率を提唱している。そのフットプリントの判定結果によって、Stavlas ら⁷⁾は6歳から17歳まで5866人のフットプリントを6つに分類し、特有の足部疾患に関連性があったと報告している。したがってフットプリントには欠点はあるものの、採取条件を固定化し再現性を確保した本研究においては、足の分類情報として有効であると考えられた。

3年間の追跡調査により時系列的変化パターンによって足の状態を A~E の5群に分類し、その点数推移 (図2) から、A 群の3~4歳では状態は良好であるが、5歳に至ると2.5点を下回り踵外反を呈していたことから3~4歳の時点から踵外反を支えるためにカウンターのしっかりした靴が推奨されると考えられた。

B 群の3~4歳の時点においては2.5点で推移し

ており、その後5歳の時点で3.5点を越えて状態が好転していることから、4~5歳の時点で、足アーチの形成促進のために足内筋を積極的に使わせるために運動を奨励し、運動をしやすい靴が推奨されると考えられた。

C 群は平均点の推移は変化がないように図示 (図2) されているが、2~4点例が混在しているため、2点推移例では踵外反を支えるためにカウンターのしっかりした靴が、3点推移例では運動を奨励し運動をしやすい靴が推奨され、そして4点例では特別な配慮は必要ないものと考えられるが、足に適合した靴の選択は必要であると考えられた。

D 群は3~4歳の時期において状態は良好であるが、その後5歳に至ると点数が降下することから、3歳の時点からカウンターのしっかりした靴の使用が推奨されると考えられた。

E 群は3~4歳の時点で点数が降下し、また5歳に向かって上昇していたことから、4歳まではカウンターがしっかりした靴を、5歳では運動を奨励し運動をしやすい靴が奨励されると考えられた。(表2)

なお適切な運動によって足アーチが促進されることについては、西山ら⁸⁾は幼児期の土踏まずの形成は加齢に伴い進行し、日常的な運動量の増加によって促進されると述べている。また Barton ら⁹⁾は後足部の運動制御が要求される時に、ヒールカウンターの剛性は重要な条件であるとしており、これら先行研究結果によっても本研究の足の状態

分類に基づく靴の選択指標は支持されるものと考えられた。

結 語

3～5歳における幼稚園時期の子どものアーチ形成の変化パターンに特有の傾向が判明した。とりわけ4～5歳の年齢域は足アーチ形成の変化期であると考えられた。この4～5歳の足の変化期こそ靴の選択は重要であり、足の変化パターンに基づいた靴の選択指標を示した。幼稚園在園期間中の子どもの靴の選択はサイズごとの画一的なものではなく、足の状態別により選択されることが望ましいと考えられた。

なお今回の選択指標は、足の変化を Retrospective に検討した結果であり、この変化パターンを幼稚園入園時の3歳の段階で予見できれば、より良い靴選択が図られると考えられるため、今後の研究課題としたい。

文 献

1) 佐藤雅人. 子どもの足と子ども靴. 靴の医学 2006;

20:6-13.

- 2) 原田硯三, 斎藤とみ子. 足からの健康づくり. 東京: 中央法規出版; 1997. 33-6.
- 3) 近藤高明, 平野幸伸, 堀 容子他. 小中学生の footprint を用いた扁平足の評価と骨密度との関連. 社会医学研究 2005; 23: 1-8.
- 4) 清水新悟, 加藤幸久. 扁平足に対するフットプリントとアーチ高率値の信頼性. 日本臨床バイオメカニクス学会誌 2009; 30: 243-8.
- 5) Queen RM, Mall NA, Hardaker WM, Nunley JA 2nd. Describing the medial longitudinal arch using footprint indices and a clinical grading system. Foot Ankle Int 2007; 28 (4): 456-62.
- 6) Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. J Bone Joint Surg Am 1987; 69: 426-8.
- 7) Stavlas P, Grivas TB, Michas C, et al. The evolution of foot morphology in children between 6 and 17 years of age: a cross-sectional study based on footprints in a Mediterranean population. J Foot Ankle Surg 2005; 44: 424-8.
- 8) 西山清子, 宇都辰郎, 東 眞美. 幼児の土踏まず形成に対する運動の影響. 大阪教育大学紀要第 III 部門 2007; 55 (2): 11-9.
- 9) Barton CJ, Bonanno D, Menz HB. Development and evaluation of a tool for the assessment of footwear characteristics. J Foot Ankle Res 2009; 23: 2-10.

強剛母趾に対する関節唇切除術 (Cheilectomy) の治療経験

The outcome of cheilectomy for hallux rigidus

¹⁾奈良県立奈良病院 整形外科,

²⁾奈良県立医科大学 整形外科

¹⁾Department of Orthopaedic Surgery of Nara, Prefectural Nara Hospital,

²⁾Department of Orthopaedic Surgery of Nara Medical University

勝井 龍平¹⁾, 佐本 憲宏¹⁾, 磯本 慎二¹⁾, 杉本 和也¹⁾, 田中 康仁²⁾

Ryuhei Katsui¹⁾, Norihiro Samoto¹⁾, Shinji Isomoto¹⁾, Kazuya Sugimoto¹⁾, Yasuhito Tanaka²⁾

Key words : 強剛母趾 (hallux rigidus), 関節唇切除術 (cheilectomy), 中足趾節関節 (MTP joint)

要 旨

重度の関節症変化を認めない強剛母趾に対する関節唇切除術の結果について報告する。対象は8例8足, 男性1例1足, 女性7例7足, 手術時平均年齢は68.0歳, 平均経過観察期間は25.4ヵ月であった。手術方法は, 背側または内側皮切で展開し関節包を切開, 中足骨頭背側を1/4~1/3切除し, 背側および内外側の骨棘を切除, 基節骨側および中足骨底側の骨棘も切除した。結果, 術前母趾MTP関節の伸展/屈曲の平均が28.1度/21.6度であったのに対し, 術後58.8度/23.8度と可動域の改善が得られ, 特に伸展は著明に増大した。Cheilectomyは軽~中等度の強剛母趾に対して非常に有効であった。

緒 言

強剛母趾は重症度分類により治療が選択される。軽症例ではまず足底挿板などを用いた保存治療を

行い, それに抵抗する場合や中~重症例に手術治療が行われる。手術治療は関節唇切除術 (以下 cheilectomy), これにMoberg骨切りなどの基節骨骨切りを加えたもの, 関節形成としてインプラントやKeller法や中間物挿入, そして関節固定術などが行われる。和式の生活では母趾MTP関節の伸展は不可欠であり, 本邦では関節固定術・形成術に高い満足度を求めることは難しく, 軽度の疼痛が残存したとしても, 可動性の温存が必要である。そこで我々は重度の関節症変化がない限り, 関節唇切除術を行ってきた。その方法と結果について若干の文献的考察を加えて報告する。

対象と方法

症例は8例8足, 男性1例1足, 女性7例7足, 手術時平均年齢は68.0 (59-77)歳, 平均経過観察期間は25.4ヵ月 (3-66ヵ月)であった。

重症度分類は可動域・レントゲン所見・臨床症状により分類されるCoughlinらの分類³⁾を用い, 原則としてCoughlin分類のGrade3までをcheilectomyの適応とした。

手術方法は背側または内側切開で展開し関節包を切開した。つぎに母趾中足骨頭背側を1/4~1/3切除し, MTP関節の背側および内外側の骨棘を切

(2010/11/19 受付)

連絡先: 勝井 龍平 〒631-0846 奈良県奈良市平松1-30-1 奈良県立奈良病院
TEL 0742-46-6001 FAX 0742-46-6011
E-mail n3s7321@yahoo.co.jp

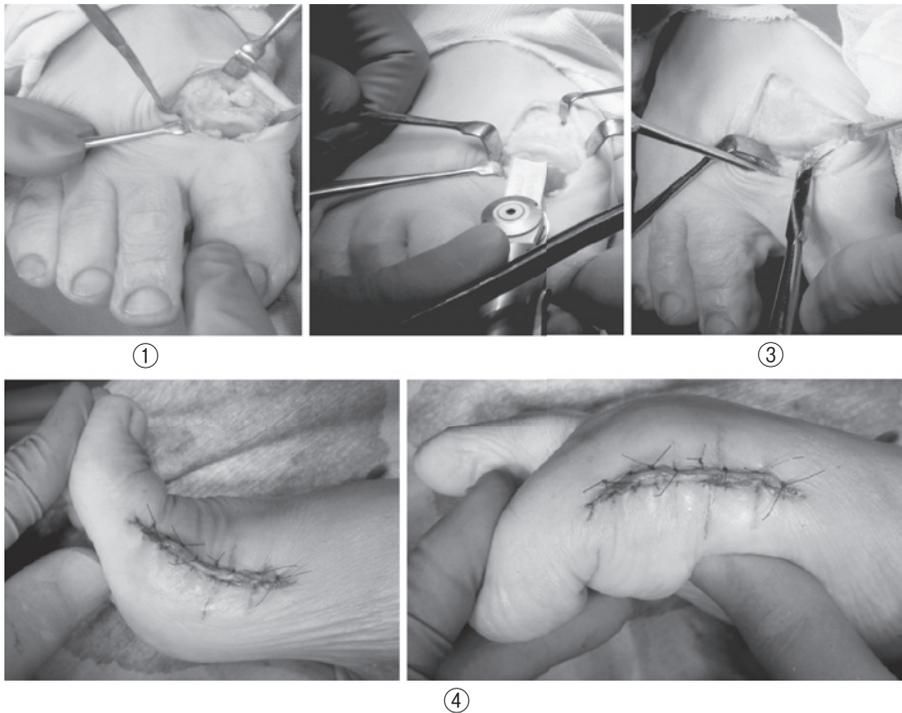


図1. 手術方法

- ①背側または内側皮切で展開し関節包を切開し中足骨頭を露出した.
- ②中足骨頭背側を1/4～1/3切除した.
- ③MTP関節の背屈および内外側の骨棘を切除した.
- ④手術直後に可動域の確認をする. : 母趾MTP関節は伸展80度, 屈曲50度に改善した.

表1. 症例一覧: 術後可動域の改善が得られ, 特に伸展角度は著明に増大した.

症例	手術時年齢	性別	左右	術後経過期間	Grade	術前 伸展/屈曲	術後 伸展/屈曲
1	73歳	男	右	15ヵ月	3	45/20	70/30
2	72歳	女	右	72ヵ月	2	60/20	75/20
3	63歳	女	右	12ヵ月	2	30/20	45/20
4	77歳	女	右	24ヵ月	4	0/20	10/20
5	66歳	女	右	4ヵ月	3	40/20	70/20
6	69歳	女	右	66ヵ月	4	0/20	65/30
7	59歳	女	左	7ヵ月	3	30/20	75/40
8	65歳	女	右	3ヵ月	3	20/30	50/20
平均	68歳	—	—	25.4ヵ月	—	28.1/21.6	58.8/23.8

除した. さらに基節骨側, および中足骨底側の骨棘も切除して, 術中に可動域の改善を確認した. (図1)

術後はバルキードレッシングを行い, 5日目から自動運動と他動運動の可動域訓練を開始して歩行

も許可した.

結 果

術前母趾MTP関節の可動域は伸展が平均28.2度, 屈曲が平均21.3度であったのに対し, 術後伸



図2. 左：術前レントゲン：母趾 MTP 関節の関節裂隙の狭小と骨棘形成（矢印）を認めた. 右：術後レントゲン：母趾 MTP 関節中足骨頭背側と骨棘の切除（矢印）を確認できた.



図3. 術後3カ月の可動域とレントゲン：母趾 MTP 関節の伸展70度，屈曲20度と経過良好である.

展58.8度，屈曲23.8度であり，可動域の改善が得られ，特に伸展角度は著明に増大した．また術後合併症は重篤なものは認められなかった．(表1)

症例供覧

症例1：65歳女性．(表1：症例8)

現病歴：以前から右母趾の動きが悪いことを自覚していた．3年前から疼痛も出現し徐々に増強してきたため，近医整形外科受診し右強剛母趾と診断されて当院に紹介となる．

初診時現症：右母趾 MTP 関節は伸展20度，屈

曲30度であった．

術前レントゲン：母趾 MTP 関節の関節裂隙狭小化，骨棘形成を認めた．(図2)

Cheilectomy 施行し，術後母趾 MTP 関節は伸展80度，屈曲50度に改善した．(図1④)

術後レントゲンにて，母趾 MTP 関節の中足骨頭背側，および骨棘切除を確認できた．(図2)

術後3カ月現在は，母趾 MTP 関節は伸展70度，屈曲20度で経過良好である．(図3)

症例2：77歳女性．(表1：症例4)

現病歴：歩行時，右母趾底側と第4趾 PIP 関節



図4. 術前レントゲン：母趾 MTP 関節の関節裂隙狭小，骨棘形成（矢印）を，また足関節，距骨下関節，Chopart 関節の関節裂隙狭小も認めた。

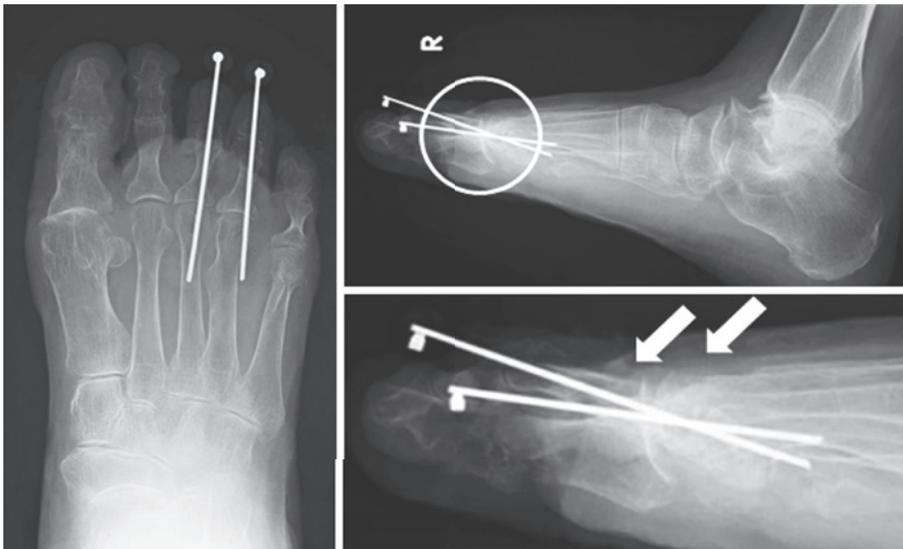


図5. 術後レントゲン：母趾 MTP 関節の cheilectomy（矢印）および右第3，4趾 PIP 関節形成術を施行した。

背側の疼痛が増強してきたため近医整形外科を受診。右強剛母趾，右第3，4趾槌趾変形と診断され当院紹介となる。

初診時現症：右母趾 MTP 関節は伸展0度，屈曲20度で右第3，4趾槌趾変形を認めた。

術前レントゲン：母趾 MTP 関節の関節裂隙狭小，骨棘形成を，また足関節，距骨下関節，Chopart

関節の関節裂隙狭小も認めた。（図4）

母趾 MTP 関節の cheilectomy および右第3，4趾 PIP 関節形成術を施行した。（図5）

術後1カ月の母趾 MTP 関節伸展は30度，屈曲が20度であったが，5か月经過時には伸展10度，屈曲20度と減少し可動域の改善は得られなかった。



図6. 母趾 MTP 関節の可動域：欧米人に比べて靴を脱ぐ生活が基本である本邦では，母趾 MTP 関節の可動性は重要である。

考 察

強剛母趾は，母趾 MTP 関節の変形性関節症で，形成された骨棘により MTP 関節に伸展可動域制限と伸展強制時の疼痛が生じる。

治療法を決定する病期分類は Hatrup らの分類¹⁾，Regnauld の分類²⁾など様々なものが報告されているが筆者はより細分化され，より実際的な Coughlin らの分類³⁾を用いている。

軽症例では NSAIDs の内服や外用，足底挿板，靴の工夫，ステロイドやヒアルロン酸の関節内注射，テーピングなどの保存療法が選択され，軽～中等度例では Moberg⁴⁾などの骨切り術，cheilectomy などが選択される。

重症例では MTP 関節固定術，Keller 法，軟部組織中間物挿入関節形成術，インプラント関節形成術などが選択される。

欧米人に比べて靴を脱ぐ機会の多い日本人にとって，足底挿板や靴の工夫による保存療法には限界がある。また，手術を選択した場合でも母趾 MTP 関節の伸展は和式の生活には不可欠なものであり(図6)，関節固定術の適応には慎重を要する。したがって，欧米で報告されている固定術の良好な結果が日本人においても同様に得られるかどうかには疑問が残る。

Cheilectomy は Nilsson⁵⁾によってはじめて提案

され，Duvries⁶⁾により術式を提唱され，その後 Mann, Coughlin, Duvries⁷⁾は cheilectomy の良好な長期術後成績を報告している。最近では Coughlin と Shurnas³⁾が 92% の患者に満足の結果を報告している。Cheilectomy は軽～中等度例，若い活動的な患者が対象であり，術後母趾 MTP 関節の可動域の改善，疼痛の軽減が期待される。一方重症例においては可動域の改善が得られない場合もあるとされる。

今回，8例8足の強剛母趾(重度2例2足含む)に対して cheilectomy を施行し，おおむね術後に可動域の改善が得られたが，症例4については可動域の改善は得られなかった。その理由として，病期が4と重症であり適応の限界であったこと，背側皮切のため底側の骨棘切除は行わなかったこと，第3,4趾 PIP 関節の resection arthroplasty を行ったことで術後安静が長くなり，十分な ROM 訓練ができなかったことなどが挙げられる。

Cheilectomy の術式は通常背側皮切で展開し，中足骨頭の背側 1/4～1/3 を切除し，基節骨基部の骨棘も存在すれば切除するものである。我々の工夫は内側皮切で展開し，通常術式に加えて底側の骨棘や種子骨の骨棘も切除するところである。これにより屈筋腱の滑走が円滑になり伸展の改善も寄与すると考える。

術後疼痛の原因は関節軟骨の損傷によるものと，

皮膚・関節包切開によるものがある。今後は、関節軟骨の評価とそれによる術式決定のため、また皮膚や関節包切開による疼痛の軽減のために関節鏡下による cheilectomy を考慮すべきと考えている。

結 語

強剛母趾に対して cheilectomy を行い、良好な結果を得た。重度であっても cheilectomy が有用で可動域の改善により患者の満足度が高い場合がある。内側皮切により背側および内外側のみならず底側も骨棘切除を行うべきと考えられた。

文 献

- 1) Hattrup, S.J., et al. Subjective results of hallux rigidus following treatment with cheilectomy. *Clin Orthop* 1988 ; 226 : 182-91.
- 2) Regnauld, B. Disorders of the great toe. In : *The Foot : Pathology, Aetiology, Semiology, Clinical Investigation and Treatment*. Regnauld B, editors. Berlin : Springer-Verlag ; 1986. 345-59.
- 3) Coughlin, M.J., et al. Hallux rigidus. Grading and long-term results of operative treatment. *J Bone Joint Surg* 2003 ; 85-A : 2072-88.
- 4) Michet CJ, Machado EB, Ballard DJ, McKenna CH. Epidemiology of Reiter's syndrome in Rochester, Minnesota : 1950-1980. *Arthritis Rheum* 1988 ; 31 (3) : 428-31.
- 5) Nilsson H. Hallux rigidus and its treatment. *Acta Orthop Scand* 1930 ; 1 : 295-303.
- 6) Duvries HL. *Surgery of the Foot*. Mosby-Year Book ; 1959. 392-9.
- 7) Mann RA, Coughlin MJ, DuVries HL. Hallux rigidus : A review of the literature and a method of treatment. *Clin Orthop Relat Res* 1979 ; 142 : 57-63.
- 8) 野口昌彦他. 強剛母趾に対する cheilectomy の成績. *整・災外* 1999 ; 42 : 1361-7.
- 9) 野口昌彦. 強剛母趾の治療. *MB Orthop* 2008 ; 21 (12) : 49-56.

レントゲン計測と体表計測による足部形態の相関 Reliability of the arch index measured with three-dimensional measuring apparatus —a comparison with radiographic measurement

¹慶應義塾大学整形外科

²至誠会第二病院 足と靴の医療センター

¹Department of Orthopaedic Surgery, Keio University School of Medicine

²The Institute of Shoes, Foot and Ankle Disorders, Shiseikai 2nd Hospital

早稲田明生¹, 須田 康文¹, 井口 傑², 宇佐見則夫², 戸山 芳昭¹
Akeo Waseda¹, Yasunori Suda¹, Suguru Inokuchi², Norio Usami², Yoshiaki Toyama¹

Key words : 足部アーチ (foot arch), 三次元計測装置 (three-dimensional measuring apparatus), レントゲン計測 (radiographic measurement)

要 旨

25例50足を対象として足部の荷重位レントゲン撮影および三次元足計測装置 (INFOOT) を用い足部形状の計測を行った。三次元足計測装置で計測した足部アーチ高の計測結果がアーチ高の評価に应用可能かレントゲン計測と対比した結果、足長は強い相関を示した一方、舟状骨高は高い相関を示していた。三次元足計測装置を用いた体表計測においてもほぼレントゲン計測と同様の信頼性があると考えられたが、舟状骨高に関してはマーカーの貼付により一定の誤差が生じてしまうことを念頭に評価をする必要性があると考えた。

緒 言

従来扁平足などの足部形態の評価方法として臨床においてはおもにレントゲン計測により、また学校や職場などの医療機関以外などにおいては体表計測をもとにした評価が行われている。レントゲン計測や体表計測による足部形態に関する報告はそれぞれ数多くみられる^{1)~3)}がそれらの相関に関する報告は少ない⁴⁾。

われわれは2006年から三次元足計測装置 (INFOOT, アイウェアラボラトリー) を用い足部形状の計測を行っている。本装置は赤色レーザーの投影ラインを8台のCCDカメラを用いて光切断法による計測を行う非接触三次元足形計測装置である。今回、三次元足計測装置で計測した足部アーチ高の計測結果がアーチ高の評価に应用可能かレントゲン計測と対比して検討したので報告する。

(2010/12/13 受付)

連絡先 : 早稲田明生 〒160-8582 東京都新宿区信濃町
35番地 慶應義塾大学整形外科
TEL 03-5363-3812 FAX 03-3353-6597
E-mail akeowaseda@hotmail.co.jp

対象と方法

対象は2009年~2010年の間に足部痛を訴え当科

に来院した患者のうち、足部の荷重位レントゲン撮影および荷重位で三次元足計測装置(INFOOT)を用い足部形状の計測を行った25例50足を対象とした。男性3例6足、女性22例44足で、年齢は28~73歳(平均60歳)であった。三次元足計測装置による足部形状の計測は舟状骨結節にマーカーを貼付したのち足長(S-FL:踵後方から母趾先端までの距離)および舟状骨高(S-NH:舟状骨結節から床に下ろした垂線の距離)の計測を行った。またレントゲン上でも同様に足長(X-FL:踵後方から母趾先端までの軟部組織の距離を計測)および舟状骨高(X-NH)を計測し両者間の相関を検討した。レントゲン上での舟状骨高の計測は方法1として三次元足計測装置による計測で用いたランドマークに対応する点を舟状骨結節同心円の中心

として計測(XL-NH)し、方法2としては舟状骨高を横倉法に準じて距舟関節の midpoint として踵骨後方から種子骨まで結んだ線までの垂線の距離として計測(XY-NH)した。

結 果

足長はS-FLが218mm~272mm(平均238mm±11.6mm)でX-FLは226mm~288mm(平均246mm±13.8mm)で、相関係数0.922であった。また舟状骨高はS-NHが24mm~51mm(平均38mm±6.3mm)でXL-NHは29mm~55mm(平均40mm±6.7mm)、XY-NHは36mm~59mm(平均46mm±5.9mm)であった。相関係数は各々0.657, 0.660であった。(表1, 図1, 2)

三次元足計測装置で計測した足長(S-FL)は、レントゲン計測(X-FL)と強い相関を示した一方、舟状骨高(S-NH)は方法1(XL-NH), 2(XY-NH)のいずれにおいても高い相関を示していた。

考 察

従来よりメディカルチェックや小児の足部成長の評価としてノギスや定規を使用した体表計測に

表 1

	三次元足計測装置	レントゲン計測	
足長	S-FL	X-FL	
	238±11.6	246±13.8	
舟状骨高	S-NH	XL-NH	XY-NH
	38±6.7	41±5.9	47±6.3

(単位: mm) mean±SD

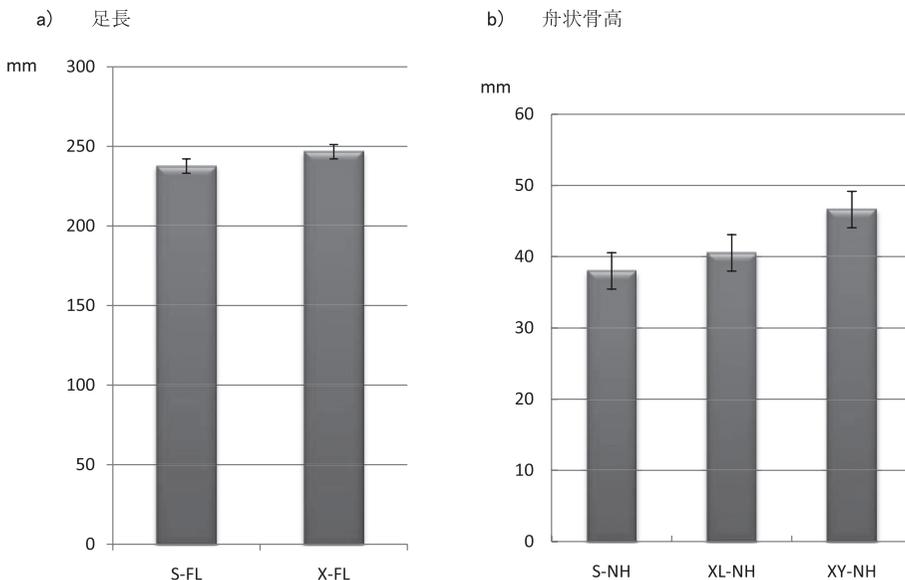
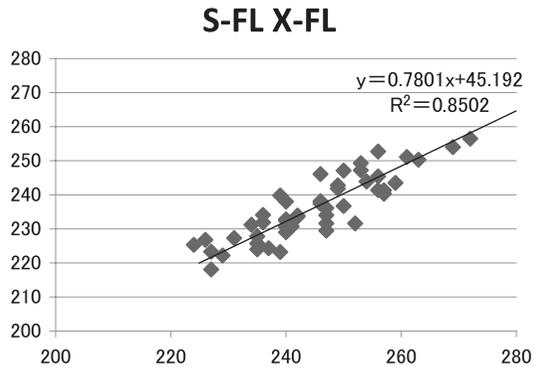


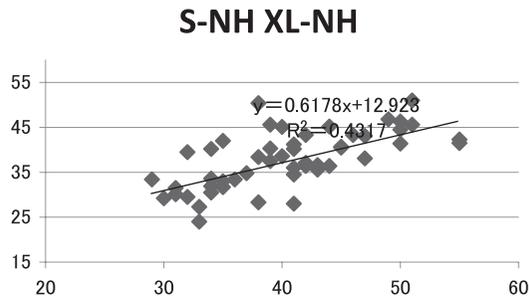
図 1

a) 三次元足計測装置での計測とレントゲン計測との相関
 S-FL 足長の相関 (相関係数=0.922)
 mm



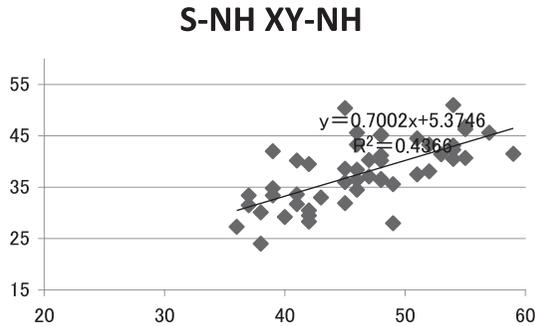
X-FL
mm

b) 舟状骨高(方法1)の相関 (相関係数=0.657)
 S-NH
mm



XL-NH
mm

c) 舟状骨高(方法2)の相関(相関係数=0.660)
 S-NH
mm



XY-NH
mm

図 2

よる報告が多くみられる。一方、扁平足などの足部形態の評価方法としては臨床においてはおもにレントゲン計測をもとにした評価が行われてきた。足部形態の評価法としてレントゲン計測は定着し

ているが、被曝の問題、医療機関においてしか計測が出来ないことおよび多数の対象に計測を行うことが出来ないことが欠点である。

これに対し今回使用した三次元足計測装置によ

る計測は被曝の問題がなく、学校や職場などの医療機関以外において大量の被検者を対象として計測することが可能である。しかしながら三次元足計測装置による計測ではランドマークの貼付部位の正確性および再現性の問題がある。このため三次元足計測装置による体表計測の結果を従来より用いられてきた骨格計測であるレントゲン計測との対比によりその信頼性を検討する必要があると考えた。今回の調査の結果、足長は強い相関を示したが、舟状骨高はいずれの方法においても高い相関を示した。これらの結果より、足部形態の評価に関しては体表計測においてもほぼレントゲン計測と同様の意義があると考えられたが、舟状骨高に関してはマーカーの貼付によりどうしても一定の誤差が生じてしまうことを念頭に評価をする必要があると考えた。

今後は、舟状骨高における相関が低くなる原因に関し、ランドマークとして舟状骨結節に貼付したマーカーがレントゲン上の舟状骨結節と認識した部位とどのようにずれているかも検証する必要があると考えた。

結 語

1. レントゲンおよび三次元足計測装置を用いた足長および舟状骨高の計測において、いずれも高い相関を認めており体表計測においてもほぼレントゲン計測と同様の信頼性があると考えられた。
2. 舟状骨高に関してはマーカーの貼付により一定の誤差が生じてしまうことを念頭に評価をする必要があると考えた。

文 献

- 1) 横倉誠次郎. 本邦成人内外両長軸足穹窿ノ基準ヲ定メ扁平足ノ分類ニ及ブ. 日整会誌 1928;3:331-60.
- 2) Komeda T, Tanaka Y, Takakura Y, et al. Evaluation of the longitudinal arch of the foot with hallux valgus using a newly developed two-dimensional coordinate system. J Orthop Sci. 2001;6:110-8.
- 3) 荒木智子, 鳥居 俊. 幼児における足部形態. 成長会誌 2007;13:3-10.
- 4) 大久保衛, 鳥津 晃, 上野憲司他. メディカルチェックにおける足アーチ高測定方法の検討. 臨床スポーツ医学 1989;6:336-9.

足関節の角度変化が足趾筋力に及ぼす影響

Influence on the toe muscle strength by changing the angle of ankle joint

岐阜保健短期大学

Gifu Junior College of Health Science

杉浦 弘通, 酒向 俊治, 廣渡 洋史, 小島 誠

Hiromichi Sugiura, Shunji Sako, Hirofumi Hirowatari, Makoto Kojima

Key words : 足趾筋力 (toe muscle strength), 足関節 (ankle joint)

要 旨

本研究は足関節の角度変化が足趾筋力に及ぼす影響を検証するため、健康な女性 10 名を対象に足関節の角度を中間位 0°, 底屈位 5°, 背屈位 5° の 3 条件下で足趾筋力を測定した。足趾筋力の測定方法は床方向へ垂直に押す足趾圧力と、足趾で把持する足趾把持力の 2 種類の 방법으로測定した。その結果、各条件の比較では、2 種類の足趾筋力共に中間位、背屈位、底屈位の順に高い値を示し、有意差が認められた。足趾圧力と足趾把持力の関連性では各条件に高い相関が認められた。このことから、足関節の角度変化は足趾筋力に影響を与え、足趾筋力の測定には足関節中間位が最も適切した角度であることが示唆された。

緒 言

足趾機能は姿勢制御に重要な役割を持っている¹⁾。高齢者の転倒予防にも足趾の機能評価が行わ

れており、その中でも足趾筋力の評価がよく用いられている。足趾筋力の評価について先行研究では足趾が床を垂直に押す筋力として足趾圧力^{2) 3)}や、足趾が把持する筋力として足趾把持力⁴⁾などが報告されており、足趾が筋力発揮する運動方向について様々な検討がなされている。

足趾には多数の筋肉が様々な起始部から付着しており、足根骨から起始する足部の内在筋だけでなく、下腿から足関節を通り足趾へ付着する外在筋も存在する⁵⁾。特に外在筋では足趾の動きだけでなく、足関節の動きにも作用していることから、状況に合わせて足趾を効率的に操作し、日常生活においても姿勢バランスの保持などに適切な足趾筋力を発揮していると考えられる。本研究では、足関節の角度変化と足趾筋力の関連性を明らかにするため、足関節の角度が異なった条件で足趾筋力を測定し、足関節の角度変化が足趾筋力に及ぼす影響を検証することにした。

対象と方法

対象

健康な女性 10 名(年齢 19.6±0.5 歳, 身長 159.2±4.1cm, 体重 55.0±5.7kg)とし、足趾、足部に変形(外反母趾, 扁平足)がないことを確認した。本研

(2011/01/06 受付)

連絡先: 杉浦 弘通 〒500-8281 岐阜県岐阜市東鶉 2-92 岐阜保健短期大学
TEL 058-274-5001 FAX 058-274-5260
E-mail sugiura@bz03.plala.or.jp

究は研究の趣旨を説明し同意を得て行った。

方法

測定姿勢は座位で、体幹を直立位とした。足関節の角度は中間位 0° （以下、中間位）、底屈 5° （以下、底屈位）、背屈 5° （以下、背屈位）の3条件を設定し（図1）、測定時には踵を測定台から離さないように指示した。

足趾筋力の測定は床方向へ押す足趾圧力、足趾が把持する足趾把持力の2種類の 방법으로測定した。足趾圧力では全足趾が床方向へ垂直に押すことができるようにアタッチメントを作製し、筋力をデジタルフォースゲージ(DTG-100, デジテック株式会社)を使用し測定した³⁾。(図2-1) 足趾把持力では全て足趾が接触できるようにアタッチメントを作製し、足趾圧力と同様のデジタルフォースゲージを使用し測定した。(図2-2 左)なお、従来の報告

されている測定器のアタッチメントはフラット(直線)バーであり、個々の足部の形によっては第4趾、第5趾の把持が不十分であった。そのため、今回、足趾把持力のアタッチメントの作製は実験の事前に足趾、足部の変形のない女性30名の足型を基にアタッチメントを作製した。(図2-2 右)

各条件の測定順序はランダムで行い、各測定の間隔は疲労の影響を考慮して1分以上の休憩を設けた。各条件の測定は3回施行し、そのデータをパーソナルコンピュータに保存し、その後オフラインでデータの平均値を求めた。

分析

2種類の測定方法の再現性を検証するため、各条件の3回測定した値の級内相関(Intraclass correlation coefficient: ICC)を求めた。各条件の足趾筋力を比較するため、一元配置分散分析を行い、有意差が認められた場合、多重比較検定を行った。各条件の足趾圧力と足趾把持力との関連性を検証するため、各条件の相関係数を求めた。すべての検定の有意水準は5%以内とした。

結 果

足趾圧力の平均値と標準偏差は、中間位 4.78 ± 1.28 kg, 底屈位 3.71 ± 1.05 kg, 背屈位 4.42 ± 1.44 kgであった。足趾把持力の平均値と標準偏差は、中間位 5.58 ± 2.33 kg, 底屈位 4.17 ± 1.48 kg, 背屈位 5.06 ± 2.06 kg

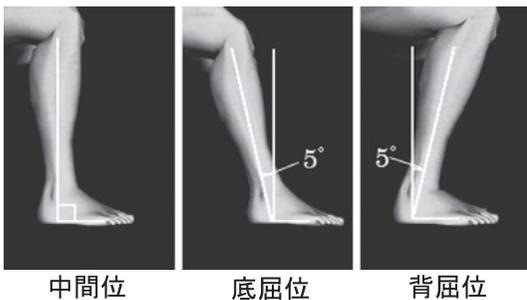
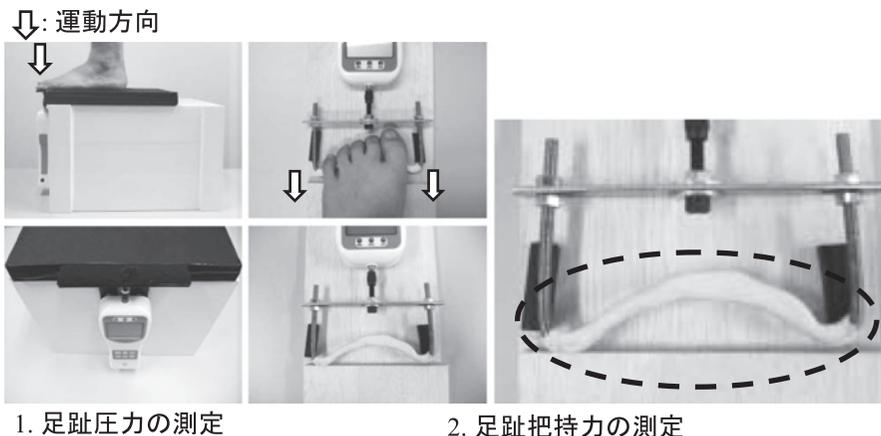


図1. 足関節の条件設定



1. 足趾圧力の測定

2. 足趾把持力の測定

図2. 足趾筋力の測定機器

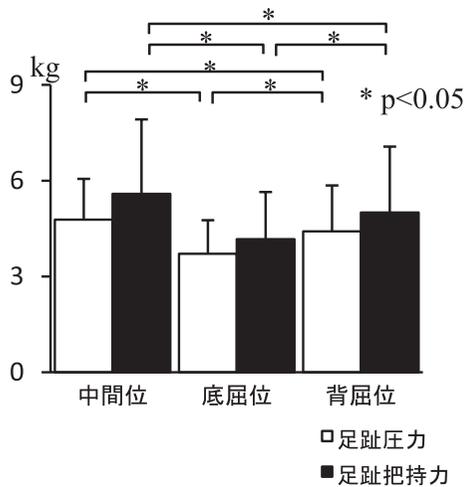


図3. 各条件の足趾筋力の比較

であった。2種類の測定方法の ICC の結果, 足趾圧力では中間位 0.92, 背屈位 0.92, 底屈位 0.89 であり, 足趾把持力では中間位 0.96, 背屈位 0.95, 底屈位 0.93 であった。いずれも有意な相関を認めた。各条件の足趾筋力を比較した結果, 足趾圧力, 足趾把持力共に中間位, 背屈位, 底屈位の順に高い値を示し, 有意差を認めた。(図3)各条件の足趾筋力の相関では中間位 0.72, 背屈位 0.77, 底屈位 0.72 と有意な相関を認めた。

考 察

足趾筋力の低下は転倒の危険性を招くことが報告されている⁶⁾。足趾筋力の評価は転倒予防の観点からも重要な評価項目の一つである。足趾に作用する筋肉には足関節の動きにも関与するものもあり, 足関節の角度によって足趾に発揮される筋力も異なることが考えられた。

本研究で作製した足趾圧力, 足趾把持力の測定機器の再現性を検証した結果, すべての条件に高い再現性⁷⁾が得られ, 先行研究⁴⁾と同等の再現性が得られた。また, 足関節の角度を変化させた各条件では足趾圧力, 足趾把持力共に中間位が最も高い筋力を示した。足趾把持力と足趾圧力との関連性ではすべての条件に高い相関性が認められた。このことから, 足趾筋力の測定では足趾圧力, 足

趾把持力共に足関節の角度が影響しており, 中間位が最も適した角度であることが示唆された。

足関節角度が足趾筋力に影響する因子として, 関節角度が足趾に付着する筋長を変化させ, 筋力の発揮に影響を与えたことが考えられる。筋力は筋長と筋張力との関係により, 筋内の2種類のフィラメントのオーバーラップが最大になる筋長で最大筋力を発揮するとされ, この時の長さを至適長としている⁸⁾。本研究における結果において, 足関節の底背屈によって変化する長趾屈筋, 長母趾屈筋の筋長は, 最大の足趾筋力を示した足関節中間位で至適長となることが考えられる。よって, 足関節の角度は長母趾屈筋, 長趾屈筋など下腿から起始し足関節を通り中枢側に位置する外在筋が影響され, 底屈位で筋長が短縮し, 背屈位で伸長されることで筋力を十分発揮することができなくなることが推察される。一方, 各条件の比較により, 有意差は認められたが, 足趾把持力の平均値の差に比べ, 足趾圧力の平均値の差は少なく, 足関節の角度の影響は足趾把持力よりも足趾圧力の方が影響を受けないことが考えられる。足趾把持力では, 足趾の全関節が屈曲方向へ作用するが, 足趾圧力では足趾を床へ押し当てるように作用するため, 足部の内在筋によって足趾の各関節の固定が必要となり, 短母趾屈筋や短趾屈筋などの内在筋が足趾圧力の中心となることが考えられた。しかし, 各条件の足趾圧力, 足趾把持力との関連性により, 各条件において高い相関が認められることから, 足趾筋群は足関節の角度や足趾で把持すること, 床を押し当てることなど環境や条件によって相乗的, 協同的に働いていると考えられた。

結 語

足関節の角度変化は足趾筋力に影響を与え, 足趾圧力, 足趾把持力共に測定時に適した角度は足関節の中間位であると示唆した。また, 足趾筋力には測定方法の違いや, 足関節の角度が影響することから, 日常生活で行う姿勢や動作時においても足関節の角度変化によって発揮される足趾筋力

も異なる可能性があり、足趾筋力の測定も足関節の角度を変化させて評価することも一つの方法となる。今後も足趾機能が身体能力にどのような影響を及ぼしているかを検証するため、さらに足趾機能と姿勢制御との関連性を明らかにする必要がある。

文 献

- 1) 浅井 仁, 奈良 勲, 立野勝彦他. 立位姿勢保持における足指の作用に関する研究. PT ジャーナル 1989; 23 (2): 137-41.
- 2) 竹井和人, 村田 伸, 甲斐義浩. 足趾圧力測定器の開発. 理学療法科学 2007; 22 (4): 479-82.
- 3) 杉浦弘通, 酒向俊治, 太田清人他. 試作足趾筋力測定器による足趾筋力の測定. 靴の医学 2009; 23(2): 62-5.
- 4) 村田 伸, 忽那龍夫. 足把持筋力測定の試み—測定器の作製と測定値の再現性の検討. 理学療法科学 2002; 17 (4): 243-7.
- 5) 高野 健. 運動に作用する筋. 運動学テキスト. 細野多穂監. 東京: 南江堂; 2010. 259-65.
- 6) 木藤伸宏, 井原秀俊, 三輪 恵他. 高齢者の転倒予防としての足指トレーニングの効果. 理学療法科学 2001; 28 (7): 313-9.
- 7) 桑原洋一, 津田 彰, 稲垣義明. 検者内および検者間の Reliability(再現性), 妥当性の検討. 呼と循 1993; 41 (10): 945-52.
- 8) 市橋則明. 筋の構造と機能. 運動療法学. 第1版. 市橋則明編. 東京: 文光堂; 2009. 60-74.

着地動作からの方向転換時における下肢筋活動量推定に 必要な身体的因子

Physical factors to predict muscular activity in lower extremity at change of direction from landing movement

甲南女子大学看護リハビリテーション学部
Faculty of Nursing and Rehabilitation, Konan Women's University

伊藤 浩充
Hiromitsu Itoh

Key words : アーチ高率(arch height ratio), 下肢アライメント(lower extremity alignment), 筋活動(muscular activity)

要 旨

本研究では、方向転換動作時における下肢筋活動量の推定に必要な身体的因子を探索することである。健康男子大学生を対象に、下肢アライメントなど6項目、方向転換動作時の膝外反角度変位量と下肢筋活動量を計測した。そして、重回帰分析を用いて膝外反角度変位量と下肢筋活動量の推定に必要な計測項目を抽出した。その結果、腓腹筋外側頭、前脛骨筋、長腓骨筋および腓腹筋内側頭の筋活動量の推定に必要な計測項目は、股関節外転筋力・アーチ高率・Navicular drop・Q角であった。また、アーチの高い群と低い群とでは筋活動量推定に必要な項目は異なっていた。推定モデルのあてはめは $R^2=0.81\sim0.99$ と良好であった。動作時の下肢筋活動量の推定に必要な説明因子は

アーチ高率の高低により異なるが、下肢アライメントや筋力などから方向転換時の筋活動量を客観的に推定できることが明らかとなった。

緒 言

変形性関節症やスポーツ傷害などの発生機序解明には、生体工学的な観点から身体のアライメントの関与が重要視されている。また、身体の静的アライメントは動的アライメントに影響するので、静的アライメント評価を利用して動的アライメントを予測し、それによって動作障害発生機序を推測する研究も報告されている¹⁾²⁾。しかし、静的アライメントと動的アライメントの相関性は必ずしも高くはない³⁾。そこには筋活動の関与を重要視する必要がある。

下肢の各関節の運動やそれらをコントロールしている筋活動の推定は、観察では経験を要し、簡便にかつ客観的に評価をするのは困難である。下肢のアライメントや筋力などから動作時の関節運動と筋活動の特徴を客観的に推定できる因子が明らかになれば、対象者の動作の問題を把握し、最適な足挿板の作成や運動療法の立案に役立てるこ

(2010/10/28 受付)

連絡先: 伊藤 浩充 〒658-0001 兵庫県神戸市森北町
6-2-23 甲南女子大学看護リハビリテーション
学部
TEL 078-413-3647 FAX 078-413-3647
E-mail hitoh@konan-wu.ac.jp

表 1. 被験者の身体属性

項目	L 群 (n=6)	H 群 (n=5)	p 値
身長 (cm)	169.1±5.1	174.8±5.0	n.s
体重 (kg)	61.6±4.6	65.0±4.3	n.s
BMI (kg/m ²)	21.6±1.3	21.3±1.0	n.s
股関節外転筋力 (体重比: N/kg)	2.74±0.52	2.76±0.64	n.s
立位アーチ高率 (%)	12.7±0.7	21.5±1.0	<0.001
座位アーチ高率 (%)	14.6±1.4	23.0±0.7	<0.001
Navicular drop (mm)	4.8±2.4	3.3±2.4	n.s
股関節内旋可動域 (°)	43.3±10.8	35.0±5.0	n.s
Q 角 (°)	18.6±3.5	14.9±3.7	n.s

※n.s.: Mann-Whitney の U 検定にて両群間に有意差なし (mean±SD)



図 1. 基本開始肢位

動作課題を行う被験者の反射マーカの貼付位置は、両側上前腸骨棘と大転子、利き足の膝外内側裂隙・外果・内果である。

とが期待できる。

本研究では、片脚着地動作からの方向転換時における膝関節運動や下肢筋活動を足部アーチ高率などの静的な下肢アライメントなどから推定することが可能かどうかを検証することを目的とした。

対象と方法

1) 対象

骨・関節および神経疾患のない健常男性 41 名に

対し、事前に身長・体重・BMI・股関節外転筋力・足長・立位および座位の足部アーチ高率（舟状骨高/足長）、Navicular drop・股関節内旋可動域、Q 角を計測・算出した。その後、被験者の利き脚の立位アーチ高率の平均値と標準偏差から、[平均値 - 2SD] 以下の低アーチ群 (L 群) 6 名と、[平均値 + 2SD] 以上の高アーチ群 (H 群) 5 名を抽出した。(表 1) なお、利き脚はボールを蹴る側の脚とした。

被験者にはヘルシンキ宣言に基づき、予め研究の目的と内容を説明し、被験者はそれらを十分に理解した上で研究への参加を承諾した。

2) 方法

a) 動作課題

動作課題は、30cm 台からの片脚着地動作からの瞬時の方向転換動作とした。着地に用いる脚は利き脚とした。具体的には、図 1 で示した肢位を開始肢位として試技を行った。着地点は前方にある床反力計の矢状方向に引かれた直線とし、その直線に足が沿うように接地させ、かつ、接地瞬時に非利き脚方向（90 度側方：9 時の方向）に方向転換するよう指示をし、3 回計測を行った。

b) 三次元動作解析

リアルタイム動作解析システム EvaRT5.04 (Motion Analysis 社製) を用いて行った。8 台の Eagle カメラを使用して、サンプリング周波数 120Hz で身体上の反射マーカの空間座標を PC に取り込み、解析を行った。(図 1) また、床反力は AMTI 社製の床反力計を用い、三次元動作解析装置と同

表2. 各筋の活動電位導出部位

筋名	導出部位
腓腹筋内側頭 (GM)	筋腹の最大膨隆部
腓腹筋外側頭 (GL)	腓骨頭と踵部を結ぶ近位 1/3
大腿二頭筋 (BF)	坐骨結節と脛骨外顆を結んだ線の中央部
半腱様筋 (ST)	坐骨結節と脛骨内顆を結んだ線の中央部
前脛骨筋 (TA)	腓骨頭と内果を結ぶ近位 1/3
長腓骨筋 (PL)	腓骨頭と外果を結ぶ近位 1/4

期してサンプリング周波数 1200Hz で PC に取り込んだ。

c) 表面筋電図の計測

方向転換動作時の筋活動を調べるため、ニホンサンテック社製表面筋電図を用い計測を行った。測定筋は腓腹筋内側頭 (GM)・腓腹筋外側頭 (GL)・大腿二頭筋 (BF)・半腱様筋 (ST)・前脛骨筋 (TA)・長腓骨筋 (PL) の 6 筋とした。(表 2) 具体的には皮膚の電極間インピーダンスが 5k Ω 以下になるように皮膚処理した後、電極間中心距離を約 30mm 空け、電極 (株式会社メッツ) を各筋の筋走行と平行となるよう筋腹に貼付し、またアース電極は腓骨頭に貼付した。動作課題中の筋活動を高域フィルタ 3000Hz で生波形を小型多用生体アンプに取り込み、A/D 変換ボードを介して、サンプリング周波数 2000Hz で全波整流し、PC に保存した。

三次元動作解析装置と床反力計および筋電図とを同期させるためにマットスイッチを設置し、マットスイッチからの信号により動作開始を判別した。

d) 解析方法

動作課題中のデータの解析に関しては、接地瞬間の床反力計からの信号を Initial Contact (IC) とし、IC から IC 後 0.1 秒間をデータ解析区間とした。

まず、三次元動作解析から記録されたデータのうち、股関節の位置の推定には倉林らの報告⁴⁾を、膝関節と足関節の位置の推定には小笠原らの報告⁵⁾を参考にした。そして、小笠原の報告⁵⁾に基づいて、解析区間内の膝外反角度変位量を求めた。

次に、筋活動については、各筋の実行値 (RMS) を求めた。筋活動量の正規化には、ダニエルスらの徒手筋力検査法の正常段階の検査肢位で各筋の

5 秒間の最大等尺性収縮時の筋活動を測定し、最大振幅時の前後 0.5 秒の計 1 秒間の RMS 値を 100% MVC (Maximal Voluntary Contraction) として使用した。そして、解析区間の各筋の %MVC を求めた。

e) 統計学的分析

各被験者の 3 試行から得られるデータについて、膝外反角度変位量と各筋の %MVC の平均値を算出した。そして、重回帰分析のステップワイズ法を用いて、被験者の下肢のアライメントや筋力などから膝外反角度変位量や各筋の筋活動量の推定に必要な項目を抽出し、重相関係数 (R) および決定係数 (R²) を求めた。なお、統計学的有意水準は危険率 5% 未満とした。

結 果

膝外反角度変位量および下肢の 6 筋の筋活動量の推定に必要な項目を調べると表 3 の如くとなった。

まず、H 群では、股関節外転筋力・座位アーチ高率・Navicular drop・Q 角が PL, TA, GL の筋活動量推定に必要な項目として抽出された。しかし、膝関節外反角度変位量と ST, GM, BF の推定に必要な項目は特に抽出されなかった。

次に、L 群では、股関節外転筋力 (体重比)・立位アーチ高率・座位アーチ高率・Q 角が GM の筋活動量推定に必要な項目として抽出された。しかし、膝関節外反角度変位量と PL, TA, ST, GL, BF の推定に必要な項目は抽出されなかった。

考 察

Morag らは、足部を含めた身体構造 24 項目や運

表 3. 方向転換時の筋活動推定に必要な説明因子

説明因子	PL		TA		GL		GM		ST		BF	
	L 群	H 群	L 群	H 群	L 群	H 群	L 群	H 群	L 群	H 群	L 群	H 群
股関節外転筋力	—	●	—	—	○	—	●	—	○	—	—	—
立位アーチ高率	—	—	—	—	—	—	●	—	○	—	—	○
座位アーチ高率	—	—	—	●	—	—	●	—	—	—	—	—
Navicular Drop	—	●	—	●	○	●	—	○	○	○	—	—
股関節内旋可動域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—
Q 角	○	●	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—
重相関係数 R	0.68	1.00 ^{*1}	—	0.99 ^{*2}	0.84	0.92 ^{*3}	0.99 ^{*4}	0.65	0.95	0.95	—	0.85
決定係数 R ²	0.47	1.00	—	0.99	0.71	0.86	0.99	0.42	0.92	0.91	—	0.73

● : 推定に有用な因子で R が有意

○ : 推定に有用な因子ではあるが, R が有意でない

*1 : P=0.0008

*2 : P=0.0397

*3 : P=0.0229

*4 : P=0.0111

動機能 14 項目から歩行時の足底分布圧の推定式を導き出している。そして、踵部, 中足部, 第一中足骨頭部, 母趾にかかる足底圧の推定式のあてはめでは, 重相関係数がそれぞれ 0.75, 0.74, 0.75, 0.70 であったと報告している⁶⁾。彼らの研究では足部・足関節の筋活動は考慮されておらず, しかも, 複雑な計測を要する項目を含めたかなり多くの計測項目をあてはめており, 臨床的汎用性に乏しいと考えられる。今回の研究結果では, 股関節外転筋力を含む静的アライメントなど合計 6 項目を計測するだけで, 動作中の下腿筋群の活動量を推定できることが明らかとなった。

我々の先行研究の結果では, 膝関節内旋や外反の変位量と下肢の筋活動量との関係を見ると, H 群と L 群とは全く異なる関連性を示すことが明らかになった⁷⁾。特に ST・TA・PL の活動が異なっていた。今回の結果としては, H 群と L 群とは動作時の下肢筋活動量推定に必要な静的アライメントなどの計測項目が異なっていた。

このように, 人の動作中の筋活動量を足部の形状, 局所の筋力やアライメントを計測するだけで客観的に推定することが可能となれば, 動作中に活動している筋肉の過剰活動や代償活動の判別が可能となり, 運動療法による異常動作の修正にも

応用できると考えられる。

しかし, まだまだ推定困難な筋活動があり, また, 膝外反角度変位量の推定も困難であった。これらについては, 三次元動作解析の精度を高めるとともに静的アライメントや筋力に関する他の項目についても検討し, また, 様々な基本動作においても追試を重ねていく必要があると考えられた。

文 献

- 1) Krivickas LS. Anatomical factors associated with overuse sport injuries. *Sports Med* 1997; 24: 140-1.
- 2) Sommer HM, Vallentyne SW. Effect of foot posture on the incidence of medial tibial stress syndrome. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1995; 27: 800-4.
- 3) Razeghi M, Batt ME. Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait Posture* 2002; 15: 282-91.
- 4) 倉林 準. 股関節中心推定方法の比較・検討. *バイオメカニズム学会誌* 2003; 27 (1): 29-35.
- 5) 小笠原一生. 前十字靭帯損傷リスクの簡便なスクリーニング指標としての前額面膝関節偏位指標の提案. *体力科学* 2008; 57: 553-62.
- 6) Morag E, Cavanagh PR. Structural and functional predictors of regional peak pressures under the foot during walking. *J. Biomech* 1999; 32: 359-70.
- 7) 伊藤浩充, 沖田祐介他. 片脚着地時の下肢筋活動の推定—アーチ高率の影響—. *理学療法学* 2010; 37: Suppl. 2: 1390.

膝スクリューホームムーブメント計測システムの開発

—歩行時の踵接地点・立位中期点・踵離地点の特定について—

Development of the measurement system

of the screw-home movement in the knee joint at the upright posture

—The identification of heel-contact, mid-stance and heel-off points—

¹⁾九州産業大学大学院情報科学研究科

²⁾アサヒコーポレーション

³⁾小野整形外科

¹⁾Graduate School of Information Science, Kyushu Sangyo University

²⁾Asahi Corporation

³⁾Ono Orthopaedic Clinic

隅田 康明¹⁾, 林 政喜¹⁾, 松永 勝也¹⁾, 合志 和晃¹⁾,

江西浩一郎²⁾, 平川 和生²⁾, 泉 貴浩²⁾, 小野 直洋³⁾

Yasuaki Sumida¹⁾, Masaki Hayashi¹⁾, Katsuya Matsunaga¹⁾, Kazuaki Goshi¹⁾,

Kouichirou Enishi²⁾, Kazuo Hirakawa²⁾, Takahiro Izumi²⁾, Naohiro Ono³⁾

Key words : スクリューホームムーブメント (screw home movement), 膝関節 (knee joint), 動作解析 (motion analysis)

要 旨

膝関節回旋角度データ解析の自動化による解析時間の短縮を目的とし、磁気式3次元位置測定装置による測定データからの踵接地時点、立位中期時点、踵離地時点の3時点の特定方法及び、特定時点を用いた解析データの表現方法を研究・開発した。ビデオカメラによる同時記録を測定時に行うことにより、健常者8名を対象として本方式の

妥当性の確認実験を行った。その結果、本研究において開発した3時点の特定方法が、ビデオ画像と1/15s以内の精度で一致することを確認できた。解析結果の表現方法として、歩行時の一步における平均的回旋角度の描画方式が、膝関節の回旋の問題を評価する上で有効であることを確認できた。

緒 言

健常な膝においては、無荷重時には脛骨は大腿骨に対し内旋するが、膝の伸展時、大腿骨から脛骨に荷重されると、大腿骨顆部と脛骨顆部の形状により外旋する動き (Screw Home Movement : 以下 SHM) が生じる。このことにより靭帯に緊張が生じ、膝関節の安定が得られる。一方、この荷重

(2010/10/29 受付)

連絡先 : 隅田 康明 〒813-8503 福岡県福岡市東区松香台 2-3-1 九州産業大学大学院情報科学研究科
TEL 092-673-5400 FAX 092-673-5454
E-mail matsnaga@is.kyusan-u.ac.jp

時の回旋により膝軟骨の摩耗が徐々に生じ、高齢化するに従い膝に障害が発生するようになる場合があると考えられている。また、SHMが正常に生じていない場合は、膝関節が不安定となり、このことにより膝周囲の筋肉に過負荷がかかり、障害の発生する場合が生じると考えられている。このような問題の解消を意図して、直立前、膝関節部に最大荷重が付加される前にSHMを生じさせる靴の試作¹⁾などが行われている。

大腿骨と脛骨間の相対的な回旋運動を確認する為に、膝関節の動きを正確に測定、解析するシステムの開発を試みた。歩行時における膝関節の回旋角度測定方法としては、画像解析などの光学的な計測法²⁾と動き検出センサを使用した計測法³⁾などが試みられている。本研究では高精度かつセンサ間の相対角度の校正が比較的短時間で行え、歩行に影響の出にくい小型の磁気センサを用いた測定方法を採用し、計測システムの研究・開発を行った。

荒木らの磁気センサによる膝関節の回旋角度の計測⁴⁾では、腓骨頭と大腿骨外側上顆部の皮膚上にセンサを粘着テープによりそれぞれ固定し、2つのセンサの相対的な角度差などから膝関節の回旋角度を解析し、腓骨頭に固定したセンサ（以下、センサ1）の高さ情報から踵が地面に着いた時点（踵接地時点）を特定し、踵接地後の膝関節の回旋角度を解析している。この解析方法では、解析者が測定データをグラフ化し、そのグラフから踵接地時点特定する作業が必要であり、また、踵接地時点特定には試行錯誤が必要であった。その為、解析に多くの時間を要し、解析プログラムの内容を熟知した者以外の解析は困難であった。このようなことから、測定後の解析を自動で行える方式とその処理が可能なソフトウェアを開発した。

対象と方法

1 測定方法

膝伸張時荷重の掛かる時点を自動的に解析する為に、本方式では荒木らの計測方式に加えて腓骨

外果に3つ目の磁気センサ(センサ3)を取り付け、その位置情報を指標として踵接地時点の解析を行うこととした。3次元位置計測装置としては、磁気計測方式のものを使用した(Polhemus社製:FAS-TRAK)。磁気センサ3つ使用時の各センサに対するサンプリング周期は40Hzであった。また、測定データ及び解析結果の妥当性を検証する為にビデオカメラ(SONY社製:HDR-UX7,SANYO社製:DMX-FH11)で前方、後方及び右方向から下半身の撮影を行った。

2 解析方法

歩行時の膝伸張荷重時(立位中期時)測定値の特定を行う為には、足が地面に接している間の膝関節の動きを知る必要がある。本研究では踵接地時点だけでなく、立位中期時点と踵離地時点の特定も行った。また、測定した歩行の平均的な回旋角度の変化を確認する目的で、一步ごとに分割した回旋角度値を時系列上で平均化した。立脚中期時点を基準とした回旋角度の平均値は下記の手順により算出した。

1) 歩行開始前の直立静止時の各センサの値を基準値(以下、立位時基準値)に設定する。

2) 測定データを1歩ごとに分割する。

測定データにおけるセンサ3の上下成分(以下、センサ3Z)の標準偏差を求め、それ以上の変化をしたものを足振り上げ時として一步ごとに分割した。

3) 歩行開始直後と歩行終了直前のデータを解析対象データから除外する。

歩行開始直後と歩行終了直前は歩行が安定せず、解析結果もはずれ値である場合が殆どであった為に、歩行開始直後と歩行終了直前のそれぞれ10歩分程度を除去した。

4) 1歩ごとに踵接地時点、立脚中期時点、踵離地時点を解析基準時点として特定する。

各解析基準時点でのセンサ1とセンサ3の間の値は図1のような変化をする。被験者の正面を前としたセンサ1とセンサ3の前後成分をそれぞれセンサ1Y、センサ3Yとすると、センサ1Yから



図1. 解析基準時点特定イメージ図

センサ3Yを減じた値は、踵接地時点では負方向に大きく、立脚中期時点で立位時基準値に近くなり、踵離地時点で正方向に大きくなる。この周期的な変動を測定データからも確認出来た為、これを主な指標として解析基準時点の特定を行った。

踵接地時点は、立位時基準値のセンサ3Zの値が $\pm 3.81\text{cm}$ 以内で、センサ1Y-センサ3Yの値が最大の時点とする。立脚中期時点は、立位時基準値のセンサ3の上下成分(センサ3Z)の値が $\pm 3.81\text{cm}$ 以内、かつセンサ3の上下方向の角度が立位時基準値の値 $\pm 10^\circ$ 以内で、センサ1Y-センサ3Yの絶対値が最小の時点とする。踵離地時点は、立位時基準値のセンサ3の上下成分(センサ3Z)の値が $\pm 5.08\text{cm}$ 以内で、センサ1Y-センサ3Yの値が最小の時点とする。

5) 1歩ごとの膝関節回旋角度を、立脚中期時点を基準とした相対的な角度に補正する。

膝関節伸展荷重時点は立脚中期時点と見なし、立脚中期時点を基準にその前後の膝の回旋角度を得る為に、立脚中期時点の回旋角度値を基準として一歩ごとに分割した回旋角度値を立脚中期時点との相対角度差に補正、更に時系列上でも立脚中期時点を基準時点として補正する。

6) 相関係数0.7未満のデータを除去する。

時系列上の回旋角度の平均値を算出する際に、他の回旋角度の変化と大きく違ったデータがあると平均化の際に問題となる為、1歩ごとの回旋角度

値の相関を取り、相関係数が0.7未満のはずれ値を除去する。

7) 時系列上の回旋角度の平均値を算出する。

3 検証実験

2010年4月29日に男性2名、女性2名、7月2日に男性4名の合計8名を対象に、測定システム及び本研究の手法による解析方法の妥当性を検証する目的で実験を行った。全ての被験者は歩行に影響を与えるような外傷や痛みのない健康な成人とした。使用した磁気式3次元位置計測装置は、磁界発生器(トランスミッタ)を中心とした半径75cmの半球内のセンサの3次元座標とオイラー角の6自由度を測定する。その為、トランスミッタは床面から75cm以上かつ被験者の体節に取り付けた3つのセンサが75cmの範囲から出ないように位置に設置した。また、計測装置本体やPCはトランスミッタの発する磁界に影響を与えないよう、トランスミッタから2m以上離れた場所に置いた。測定時には、前述のように3方向からビデオカメラで被験者の下半身を撮影した。使用したビデオカメラの撮影コマ数は30フレーム/sであった。センサを図1の位置に固定し、歩行に問題がない事を確認した後に測定を開始した。被験者はそれぞれ裸足と靴を装着した状態で、男性は5km/h、女性は4km/hに設定したトレッドミル上を3分間歩行した。

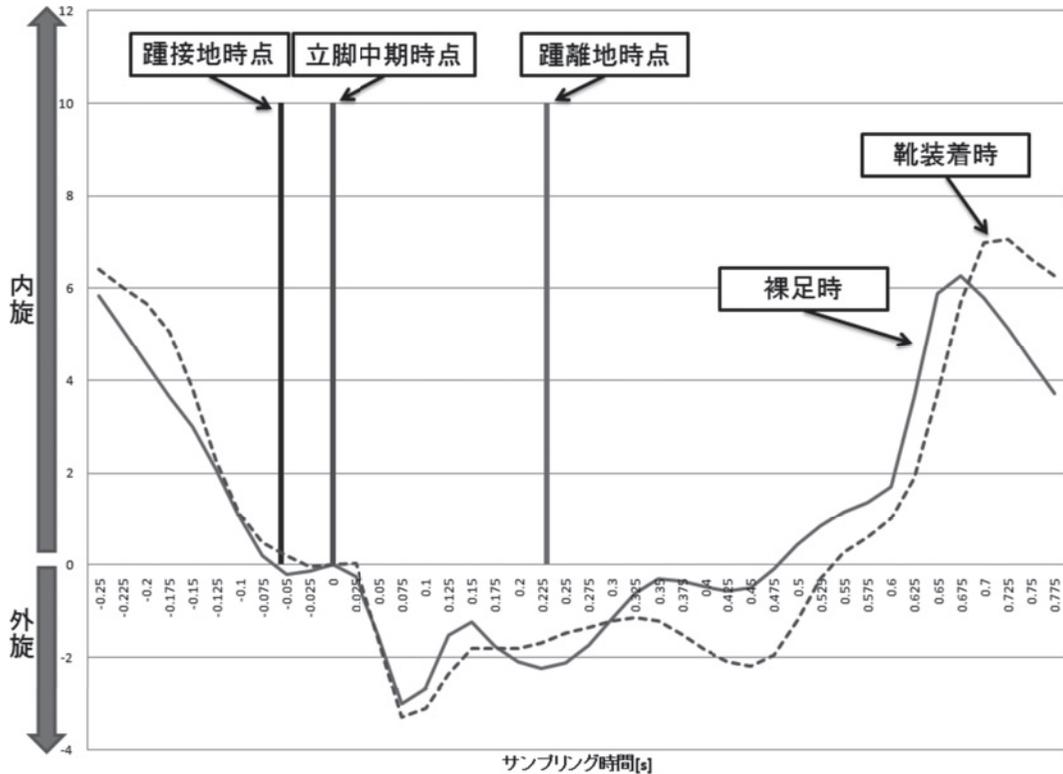


図2. 解析結果表示例 (健常者・男性)

結 果

全てのデータについて40歩分の歩行データを抽出し、1/30s間隔のコマ送りで撮影映像を再生し、自動的に特定された3時点を目視により確認した。測定データのサンプリング間隔が1/40sに対して、ビデオカメラによる撮影は1/30s単位であった為、完全な一致を確認することは出来なかったが、1/15sの精度で特定出来ていたことを確認した。

図2と図3に男性1名、女性1名それぞれについての裸足と靴装着時の解析結果を示す。図は測定したデータを前述の解析方法によって生成した時系列上の回旋角度の平均値をグラフ化したものである。全てのデータで膝伸展時に大腿骨に対して腓骨が外旋するSHMが確認出来た。また、個人差や、裸足と靴装着時の差はあるが、踵接地時点から外旋傾向が弱まり内旋傾向に転じ、立脚中期時点から再び外旋傾向を示していた。

考 察

健常者8名の裸足と靴装着時の計16歩行実験データにおける踵接地時点、立脚中期時点、踵離地時点に関し、高い精度で特定できた。また、足の接地時の時系列上の膝の内旋・外旋傾向に個人差、及び、裸足と靴装着時において差のあることを確認出来た。さらに、本測定においては、センサの取り付けを短時間に行うことが出来、かつ、データ解析を自動化することが出来た。これらのことから、立脚中期時点を基準とした膝関節の回旋角度を解析する本研究の方法は、歩行時の膝関節回旋にかかわる問題点を解明する上で有用と考えられる。

結 語

膝の伸展荷重時の膝関節の回旋角度を測定・解析する磁気方式計測システムの開発を行い、妥当

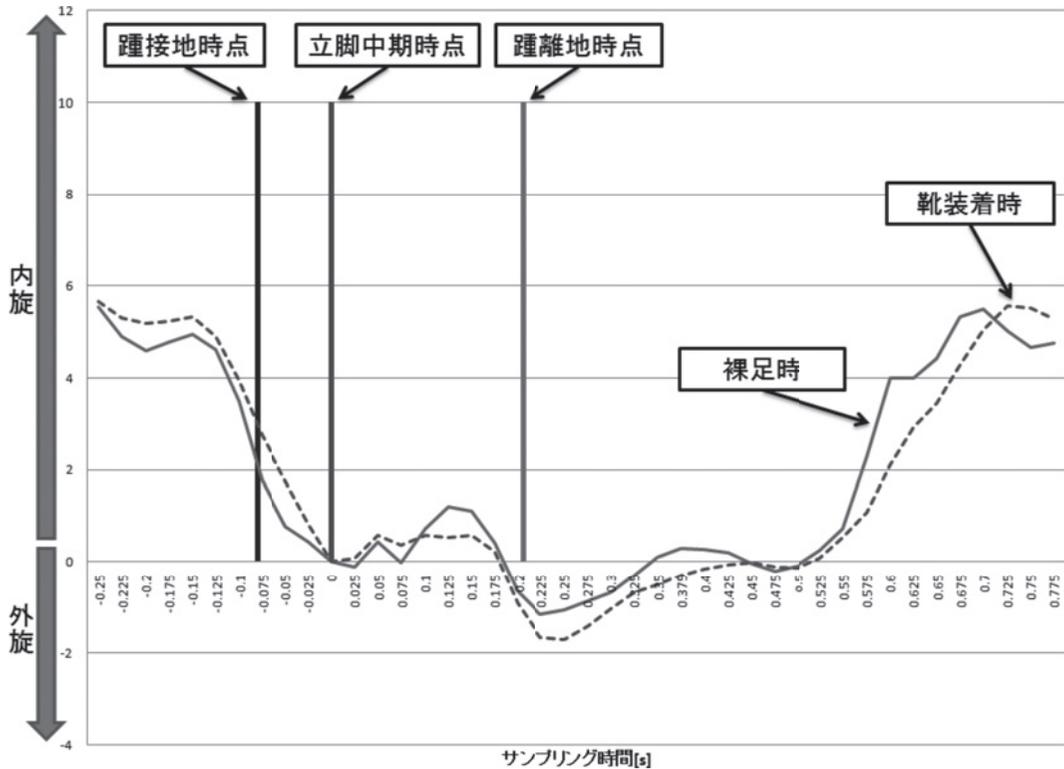


図3. 解析結果表示例 (健常者・女性)

性の検証実験を行った。その結果、本研究で考案した踵接地時点、立脚中期時点、踵離地時点の特定方法による解析時点が、画像計測による時点と1/15s以内の精度で一致することを確認できた。また、立脚中期時点を基準とした膝関節の回旋角度の時系列上の平均化を行うことで、歩行時の平均的な一步の解析値を求めることが可能となり、また、その解析結果の表現方式は膝関節の回旋を評価する上で有効であることを示すことができた。

文 献

- 1) 木下信博, 日高滋紀, 塚本裕二他. 特殊な靴による変形性膝関節症の予防 第2報. 日本理学療法学会大会 2006;33:213.
- 2) 菅田由香里, 田中浩介, 浦辺幸夫. 着地動作における膝関節運動の解析. 理学療法科学 2008;23:145-9.
- 3) 石井慎一郎, 山本澄子. 非荷重時の膝関節自動伸展運動におけるスクリーホームムーブメントの動態解析. 理学療法科学 2008;23:11-6.
- 4) 荒木滋朗, 崔 正烈, 志堂寺和則他. SHM靴装着歩行時における大腿, 下腿の回旋角度. 生体医工学 2006;44:122-9.

特別講演

日本靴医学会の歩みと展望

The Japanese Society for Medical Study of Foot wear, Past and Future

日本靴医学会理事長

The Director general of the Japanese Society for Medical Study of Foot wear.

井口 傑
Suguru Inokuchi

Key words : 日本靴医学会 (The Japanese Society for Medical Study of Foot wear), 歴史 (history), 展望 (future)

これまでの歩み

日本靴医学会は真にユニークな学会です。

会則に日本靴医学会の英語名称として, The Japanese Society for Medical Study of Footwear と, 記されています。Shoe ではなく Footwear であることに注目して下さい。ですから靴医学も Medical Study of Footwear となります。履き物医学では余りにも泥臭く, と言って, 靴に限りたくはないと言う先達の意気込みが込められています。足と大地を結びつけ, 足を護り, 機能を向上させる, 全てのインターフェースを扱おうとした意欲が感じられます。大げさかもしれませんが, 言葉から創り出そうとしたフロンティア精神は, 明治維新の頃の逞しさに匹敵するかもしれません。もっとも, 創立当時, 世の中に「〇〇する」と言う流行があり, 科学する, 医学する, などと言う言い回しはやっていたので, 結構ミーハー的であったのかもしれませんが。

日本靴医学会の会則第2条には「本会は, 靴の医学的知識と技術の進歩, 普及をはかり, 学術文

化の向上に寄与することを目的とする。」とあります。高邁な目的であると共に, 進歩ばかりでなく普及も同列に扱った所に本会の特徴があります。ホームページにも本会の構成として, 「会員は医師ばかりでなく, 医療関係者から, 靴の研究や製造, 流通, 販売に携わる専門家, スポーツ, 教育, 保育, 介護などの分野で靴に関心を持つ人々で, 広く窓口を開けて活動しています。もちろん, 靴を購入し, 履く立場の人も参加しています」とのべ, 医学会と名乗りながら, 20 数年前に既に医師以外の会員が半数を占める先進性を持った学会でした。

1987年の創立当時の役員は

理事長 鈴木良平

理事 (5名)

石塚忠雄 荻原一輝 加倉井周一 桜井 実
中嶋寛之

評議員 (23名)

明石 謙 安積和夫 阿曾沼要 安達長夫
新垣 敏 石井清一 岩倉博光 上野博嗣
大庭 健 加藤 正 加藤 宏 金井司郎
小山由喜 佐藤安正 佐野精司 首藤 貴
高橋 公 高山 榮 田村 清 松崎昭夫
三好邦達 横江清司 吉峰泰夫

です。その後歴代の学会長は,

第1回 (1987年) 鈴木良平

第2回 (1988年) 石塚忠雄

(2011/01/17 受付)

連絡先: 井口 傑 〒113-0021 東京都文京区本駒込
6-6-7
TEL 03-3945-3188 FAX 03-3945-3188
E-mail suguru@dr-inokuchi.com

- 第3回 (1989年) 中嶋寛之
- 第4回 (1990年) 桜井 実
- 第5回 (1991年) 島津 晃・城戸正博
- 第6回 (1992年) 加倉井周一
- 第7回 (1993年) 佐野精司
- 第8回 (1994年) 石井清一
- 第9回 (1995年) 松崎昭夫
- 第10回 (1996年) 荻原一輝・田村 清
- 第11回 (1997年) 加藤 正・加藤哲也
- 第12回 (1998年) 小林一敏・横江清司
- 第13回 (1999年) 井口 傑
- 第14回 (2000年) 寺本 司
- 第15回 (2001年) 佐藤雅人
- 第16回 (2002年) 高橋 公
- 第17回 (2003年) 高倉義典
- 第18回 (2004年) 山本晴康
- 第19回 (2005年) 宇佐見則夫

- 第20回 (2006年) 大久保衛
- 第21回 (2007年) 木下光雄
- 第22回 (2008年) 町田英一
- 第23回 (2009年) 新城孝道
- 第24回 (2010年) 羽鳥正仁
- 第25回 (2011年) 田中康仁

でした。2011年には25周年を迎えます。

これは、機関誌である「靴の医学」第1巻の目次ですが、靴医学会創立の中心となり、初代の会長、理事長を務められた鈴木良平先生が会長挨拶を、永年、事務局長として靴医学会の屋台骨を支えてこられた石塚忠雄先生が、編集後記を執筆されています。現副理事長の寺本司先生が著者第一号として名前が挙がっている他、佐藤雅人先生、星野達先生、横江精司先生など現役の役員の名前が、懐かしい先輩達の名前と共に、著者として挙がっています。息の長い、地道な研究活動に頭が

目 次

会長挨拶	鈴木 良平
------	-------

[論文]

1. 実験靴装着時の足内側アーチの変化について	寺本 司・他 1
2. PLANTER ANALYSERによる足底部の面積と動揺に関する研究	石塚 忠雄 4
3. CPの装具療法	石田 和宏・他 8
4. 歩行開始期の靴について	佐藤 雅人・他 13
5. 整形外科医の考えを取り入れた新しい婦人靴の開発について	中嶋 寛之・他 15
6. 看護婦の足部愁訴と履物の調査	鈴木 精・他 18
7. 当院におけるナースシューズの現状調査	木村 敏信・他 21
8. 外反母趾有病率調査	丸山 政昭 25
9. 外反母趾を主訴としない外反母趾	荻原 一輝 29
10. 足の変形に優しい靴の開発	竹田 宣弘 30
11. 前足部の型と靴	加藤 正 34
12. 新しい外反母趾装具について	星野 達・他 37
13. シューズから見たランニング障害	横江 清司 39
14. スポーツ選手の扁平足障害におけるアーチサポートの評価について	都留 隆行・他 42
15. スキー靴の変遷とスキー外傷との関連について	竹政 敏彦・他 47
16. 逆ヒールの検討	加藤 哲也・他 50

[特別講演]

1. 靴の工学的評価	山崎 信寿 54
2. 足と靴の関係	近藤 西郎 62

編集後記	石塚 忠雄 68
------	----------

下がる思いです。

特別講演としては、

- 第1回 靴の工学的評価 山崎信寿
足と靴の関係 近藤四郎
- 第2回 着地動作の滑りと衝撃 小林一敏
足の障害とその役割 William A. ROSSI
- 第3回 Now Frontiers in the Science of Shoe Design P. R. Cavanagh
- 第4回 Non surgical treatment of foot disorders L. D. Lutter
- 第5回 滑りと緩衝およびフィット性の評価 小林一敏
- 第6回 我が国の履物の歴史と今後の課題 潮田鐵雄
- 第7回 靴とスポーツ傷害 高倉義典
外反母趾 (RA 趾も含む) と靴 石塚忠雄
- 第9回 Der diabetische Fuss, konservative, operative und orthopadische schuhtechnische Versorgung G. Neff
- 第10回 医師のための靴の話 靴を作る 熊谷温生
整形外来における足底挿板治療 高倉義典
- 第11回 靴の材料について 大澤 宏
- 第12回 二足性を支える足—その進化と生体機構— 岡田守彦
- 第13回 靴を測る・足を測る 堀内敏夫
足の外科医に必要な靴の基礎知識 石塚忠雄
靴医学を志す人のための足の解剖と生理 星野 達
- 第14回 足部形態の変異 河内まき子
日本の履物の歴史 千葉剛次
- 第15回 足袋の歴史と行田足袋 斎藤国夫
直立二足歩行の獲得から靴まで 鈴木良平
- 第16回 民俗事例をとおしてみる東北地方の履物—仙台地方を中心として—

- 中富 洋
足に多い皮膚疾患, 靴で生じやすい疾患 牧野好夫
- 人間と履物の歴史的考察 桜井 実
- 第17回 人類 600 万年の足の進化 中務真人
スポーツ障害と靴 横江清司
足装具の処方のポイント 加藤哲也
- 第18回 理想の靴を求めて —運動靴からの展開— 大久保衛
下肢障害に対する足底挿板療法 内田俊彦
靴と歩行分析 寺本 司
- 第19回 糖尿病足の病態と治療 内村 功
外反母趾の病態—予防は可能か— 山本晴康
- 第20回 日本靴医学会の歩みと今後の課題 井口 傑
- 第21回 足のバイオメカニクスの研究から臨床へ 寺本 司
靴による前足部, 爪の障害とその治療 町田英一
- 第22回 子供の足の変形 町田治郎
間違った靴選び 久世泰雄
- 第23回 整形外科医から見た足と靴 内田俊彦
靴医学の健康への関わり 田中康仁
- と, 毎回, 学会会長の肝いりで選ばれた演者とテーマにより, 行われています。
- 靴医学会の目的の一つである靴の医学的知識の普及のために, 市民公開講座が開かれています。会場から宣伝まで, 全てが学会会長の努力で開催されていることも強調したい。
- 第8回 靴と足の病気
- 第9回 靴と身体の間わり
- 第10回 良い靴を履きましょう
- 第11回 靴と外反母趾
- 第12回 スポーツシューズを考える
- 第14回 足の健康と履物 in 長崎
- 第15回 足の健康と靴
- 第16回 医科学の研究成果を生かした・楽しい

ウォーキング

第17回 関節リウマチと足の健康

第18回 正しい靴の選び方

第19回 スポーツ現場で生じる障害と靴—理想の靴とは?—

第20回 健康靴の選び方・金メダルの靴づくり

第21回 世界の屋根を歩く エベレストからのチャレンジ

靴とクラシックバレエと足の体操

この様に、日本靴医学会は、多くの先輩達の奉仕と努力の結果として4半世紀の歴史を経てきています。

明治の先達達が economy に経済, orthopedic に整形と言う新しい言葉を創り与えて新天地を切り開き、学問を進展させてきたように、靴医学と言う言葉を創設し、新たな分野を開拓してきた先輩達の努力の結晶を守り育て、更に発展普及させていくことが我々にかせられた責務と言えます。

明日への展望

我々の祖先が海から陸に上り、無重力の環境から重力に身をさらしたのは3億年前と言われています。両生類から爬虫類、哺乳類に至るまで、4本の足で体を支え重力に抗してきました。ところが我々人類は何を思ったのか、300万年前に、2本の足で立ち上がり、常時直立2足歩行を始めました。それ以来、万物の霊長と言われる一方で、足は4本でやっていた仕事を2本でこなす過重労働を強いられてきました。

足に関しては、その間さしたる進化もなかったと思われませんが、300年前の産業革命によって靴の大量生産が可能となると、多くの人が靴を買って履くことが可能となりました。靴は足にとって福音であり、足を保護し機能を向上させる物となりました。靴を履いて育った我々が、進化したのか退化したのかは別として、靴を履かずに生活することが考えられなくなったのは確かです。靴はもはや足の一部として考えられるほど、切っても切れない関係となりました。

3億年前に4本足で重力に逆らい、300万年前に2本足で立ち上がり、300年前に靴を履くことを覚えた人類は、今や未曾有の高齢化を迎えています。100年前には40歳そこそこだった平均寿命が、80歳と2倍に延びています。真にお目出度い話ですが、その間に体が進化して長生きできるようになった訳ではありません。平均寿命が伸びた理由は、医学の発達や栄養、社会環境の改善の結果であり、体の耐久性が増して寿命が延びたわけではありません。先史時代の寿命を考えれば、神様に頂いた寿命は長くても20歳程度で、それ以上は社会の発達による負担の軽減と大切に使ったおかげと言えます。

しかし、その恩恵は体全体に均一に及んでいるわけではありません。確かに、自動車や飛行機の発達は移動距離や速度を飛躍的に増大させましたが、足に関して言えば、一日に歩く距離、立っている時間が、100年で半減したとも思えません。それどころか、加齢の影響は4本分の仕事を2本でこなしている足には、強く出てきています。

また、足を保護する靴は、発育時に足を強化する機会を奪ったとも言えます。特に戦後靴を履いて育つようになった日本では、靴の世代が初めて還暦を迎え、大げさに言えば日本の歴史始まって以来の転換期にあると言って良いくらいです。いくら環境が改善し、負担が軽減し、大切に使ったとしても、足における長寿化の影響は覆いようもなく、後脛骨筋腱機能不全など加齢による足のアーチの低下、変形が目立ってきています。

一方で、2足歩行は足のアーチと踵骨結節の増大化によって成し遂げられたと言って過言ではありません。その足のアーチが長寿化した人生の後半で崩れてしまうことは、即、歩行能力の低下や足の痛み、変形に結びついてきます。特に、アーチの低下を引き起こす変形は、足のアライメントの破綻により悪循環を起し加速度的な足の変形を来してしまいます。

従って、長寿化による足の障害を防止するには、靴によって悪循環のきっかけになる初期のアーチ

の低下を防止することが肝心です。一度潰れてしまったアーチを手術や足底板で作り直そうとしても非常に難しい事になります。強くて軟らかい足のアーチを再現させることは不可能であると言っても過言ではありません。それ故、人生の後半に置いては、足のアライメント、特に縦横のアーチを80歳、90歳まで保てるように、保護しなければなりません。

靴は、足を保護し、足の能力を向上するという役割を担ってきました。しかし、人生80年が当たり前になってきた現在、足の保護とは、足を凸凹

な地面から護るのだけではなく、積極的に老化から起こるアーチの破綻を予防しなければなりません。足の外科が疾患という観点から個々の長寿化による足の障害に対応を迫られているのに対し、靴医学は国民、人類というグローバルな観点から対応していく必要があります。

「足の外科で手術しても、合う靴が無い」と言う要望から発足した靴医学ですが、全人類が靴を履き、高齢化社会を迎える現在、「歩いて長寿を全うする為の靴が欲しい」と言う要求に応える新たな展望が求められています。

教育研修講演

形状記憶合金の材料特性と陥入爪矯正具への応用

Material properties of shape memory alloy and its application to ingrown nail correcting device

東北大学大学院工学研究科金属フロンティア工学専攻

Department of Materials Science, Graduate School of Engineering, Tohoku University

大森 俊洋, 須藤 祐司, 貝沼 亮介, 石田 清仁
Toshihiro Omori, Yuji Sutou, Ryosuke Kainuma, Kiyohito Ishida

Key words : 形状記憶合金 (shape memory alloy), 超弾性 (superelasticity), 巻き爪 (pincer nail), 陥入爪 (ingrown nail)

要 旨

形状記憶合金には, 変形後, 力を緩めた後の加熱により変形前の記憶形状に戻る“形状記憶効果”と, 変形後, 力を緩める過程でゴムのように記憶した形状に戻る“超弾性”の2種類の性質がある. 現在, 実用形状記憶合金としてはほぼ唯一, Ti-Ni合金が工業・医療分野を中心に利用されている. 著者らは, 近年, 加工性に優れ, 良好な形状記憶特性を示すCu-A-Mn合金を開発した. さらに, Cu-Al-Mn超弾性合金を利用したクリップタイプの新しい巻き爪・陥入爪矯正器具を考案し, 良好な臨床結果を得た. 本巻き爪・陥入爪矯正器具は, 装着が簡便で早期の治療効果があるために, 新しい治療法としての普及が期待できる.

1. 形状記憶合金とは何か

通常, 形状記憶合金には主に2つの性質, すな

(2010/11/29 受付)

連絡先: 貝沼 亮介 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区
荒巻字青葉 6-6-02 東北大学大学院工学研究科
金属フロンティア工学専攻
TEL 022-795-7321 FAX 022-795-7323
E-mail kainuma@material.tohoku.ac.jp

わち変形後の加熱により変形前の記憶形状に戻る“形状記憶効果”(図1a)と, 変形後に力を緩める過程でゴムのように記憶した形状に戻る“超弾性”(図1b)がある. 通常, 金属は0.3%程度の弾性変形域(フックの法則に従う変形域で, 一般的な“ばね”の性質が出る領域)があり, それ以上の変形を加えると塑性変形(ばねの性質が発現する領域を超えて, 変形が元に戻らなくなる)を起こす. しかし, 形状記憶合金は数%~約10%の範囲で変形が元に戻るという特異な性質を示す.

形状記憶合金は1951年に米国で発見されたとされており(厳密には1932年), Ti-Ni合金が1962年に発見されてから工業化が進んだ. 1970年代にF-14戦闘機の油圧配管の継ぎ手として開発され, 1980年代には本邦でブラジャーのワイヤーに用いられ形状記憶合金実用化の先駆けとなった¹⁾. 医療用途では, カテーテル治療用ガイドワイヤー, ステント, 歯列矯正ワイヤーなどが現在でも利用されており, 形状記憶合金の主要な応用分野のひとつとなっている.

形状記憶効果や超弾性は“マルテンサイト変態”と呼ばれる固体内の結晶構造変化に起因して現れる現象である. 図2に原子配列の変化と(a)形状

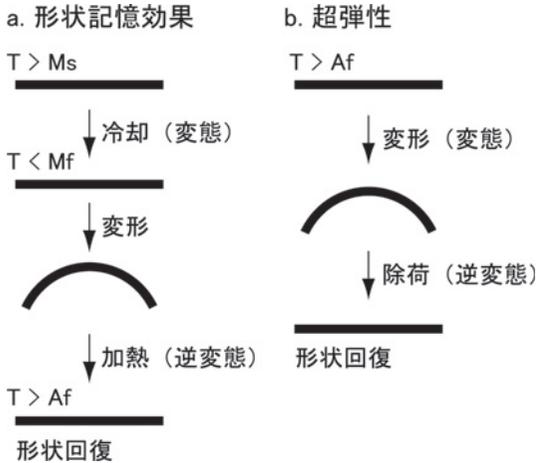


図1. (a) 形状記憶効果と (b) 超弾性効果の模式図. ここで, M_s および M_f はそれぞれマルテンサイト変態開始および終了温度, A_f は逆変態終了温度である.

記憶効果, (b) 超弾性の関係を模式的に示した. 形状記憶効果では, 高温から冷却すると, 個々の原子がばらばらに動くのではなく, 原子の連携運動に基づく将棋倒し的なせん断変形が起こり, 高温で安定な正方形格子から低温で安定な菱形格子に変化する. これがマルテンサイト変態である. 冷却ままの状態では, 異なる場所から出現した多数の領域が鏡面对称の関係を持つ双晶として存在しており, 変形を与えると双晶界面の移動により特定の方向に揃う. 通常の金属では, 結晶の原子間結合を部分的に切りながら (すべり欠陥を入れながら) 塑性変形が起こるのに対し, 形状記憶合金では, 格子は全く結合を切らずに双晶界面の原子面が菱形の向きを変えてゆくことで変形が起こ

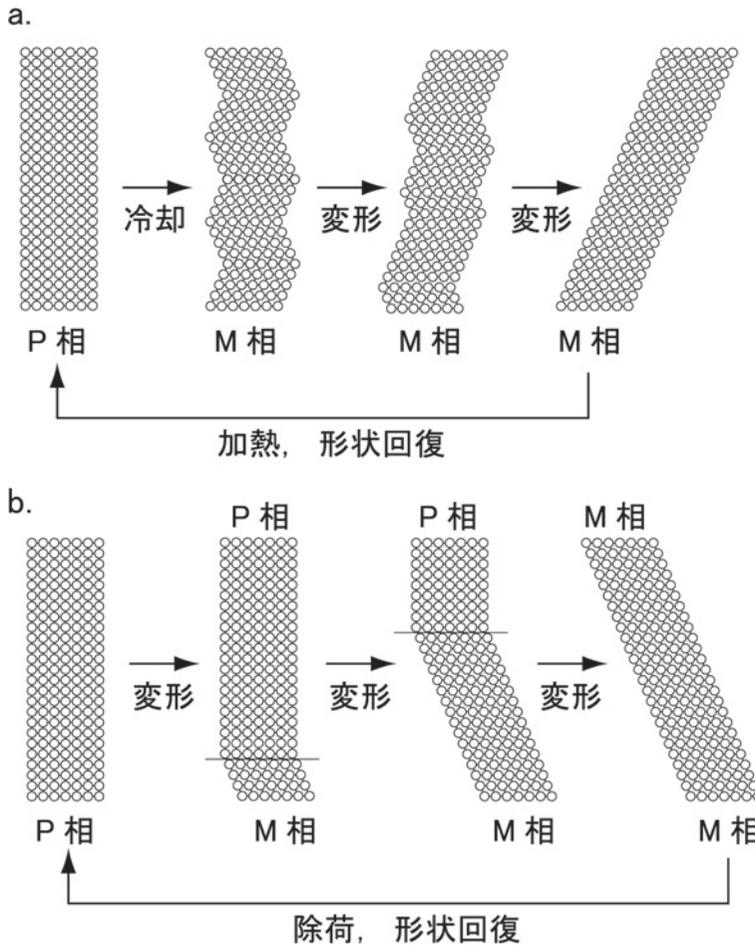


図2. (a) 形状記憶効果, (b) 超弾性効果の発現メカニズムを原子配列を用いて模式的に説明した図. P相は母相, M相はマルテンサイト相を示す.

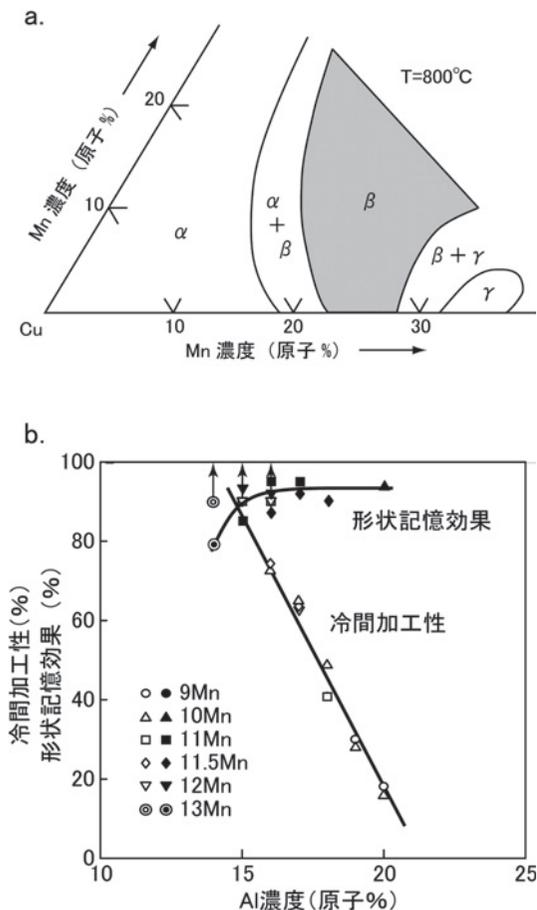


図3. (a) Cu-Al-Mn合金の800°Cでの状態図と(b)冷間加工性及び形状記憶効果のAl濃度依存性.

ることがポイントである。変形後、加熱すると元の正方形格子が安定になるため、菱形から正方形への格子変化を通してマクロ的な形状回復現象、すなわち形状記憶効果、が起こる。超弾性では、変形中に力を加えるとマルテンサイト変態が起こるが、力を緩めた状態では元の正方形格子が安定なため、除荷時には原子配列も元に戻り形状回復現象が起こる。以上のように、形状記憶効果や超弾性は、ともにマルテンサイト変態に起因して生じる現象であり、変形が結晶格子の結合が切れることのない双晶界面の可逆的な移動によってまかなわれる点が重要である。

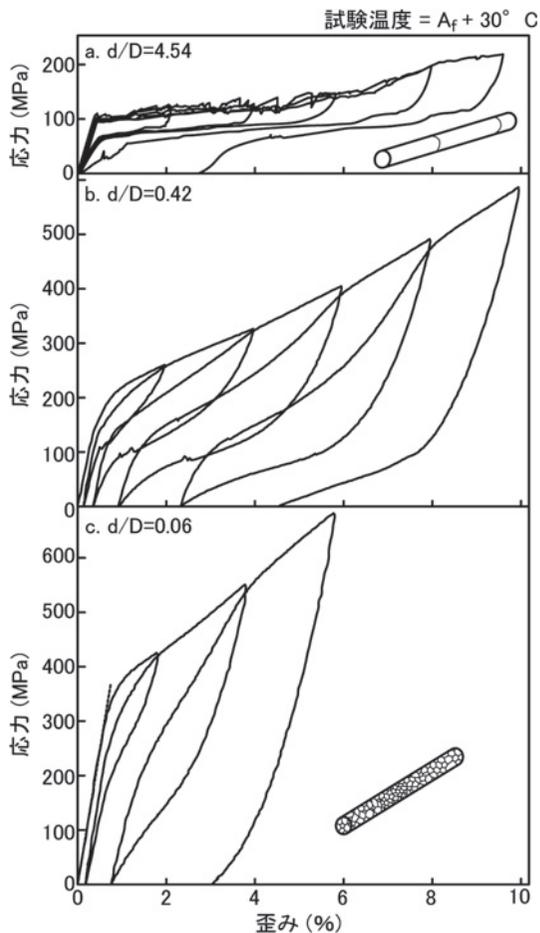


図4. d/D (d : 結晶粒の直径, D : 線の直径) と超弾性特性の関係. A_f (マルテンサイト逆変態終了温度) から 30°C 高い温度で測定を行った.

2. 新しい形状記憶合金

これまでに銅合金(Cu-Al-Ni, Cu-Zn-Al など)、鉄合金(Fe-Mn-Si, Fe-Ni-Co-Ti など)、ニッケル合金(Ni-Mn-Ga, Ni-Mn-In など)等の多くの材料が形状記憶合金として研究がなされてきたが、実用的に広く用いられているのはTi (チタン) とNi (ニッケル) が原子比で約半分ずつ含まれる Ti-Ni 合金のみである。Ti-Ni 合金は形状記憶特性に優れ、約8%の超弾性歪みを発現させることができる。すなわち、100mmの線であれば8mm伸び縮みできる。耐食性も良好なために医療用途にも適して

表 1. Cu-Al-Mn 合金と既存の Ti-Ni, Cu-Al-Ni, Cu-Zn-Al 合金の諸特性比較.

	マルテンサイト 変態温度 (°C)	最大冷間加工率 (%)	超弾性歪量 (%)	超弾性力の温度依存性 (MPa °C ⁻¹)	疲労特性
Cu-Al-Mn	-200 ~ 120	>60	7.5	2.4	○
Ti-Ni	-40 ~ 100	30	8	5.7	◎
Cu-Al-Ni	-200 ~ 170	10	2	—	△
Cu-Zn-Al	-200 ~ 120	30	2	—	×

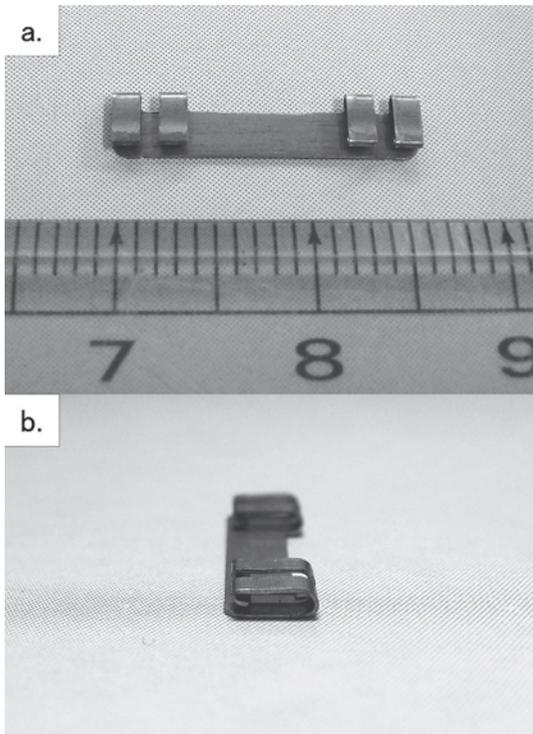


図 5. 開発した巻き爪・陥入爪矯正器具の外観写真.

いる。実際、ステントや歯列矯正ワイヤーなどに利用されている。しかし、加工が難しい材料であるために製造コストが高くとともに、製造できる形状に制約があり、実質的には加工が比較的容易な線や管としての利用がほとんどである。そのため、複雑形状が製造可能な高加工性の形状記憶合金の開発が望まれている。

銅 (Cu) 系形状記憶合金も古くから研究が行われてきた。形状記憶特性が実用に供し得るほど良好でないことや加工性が乏しいことなどが原因で、目立った実用化はなされなかった。著者らは、十

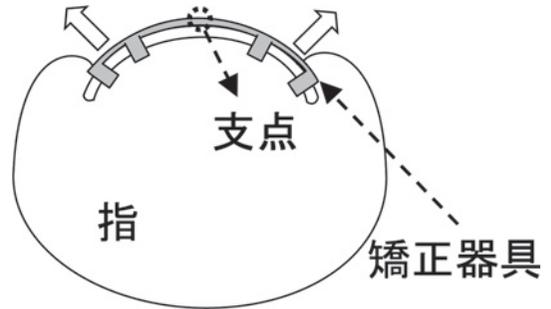


図 6. 開発した巻き爪・陥入爪矯正器具による矯正原理.

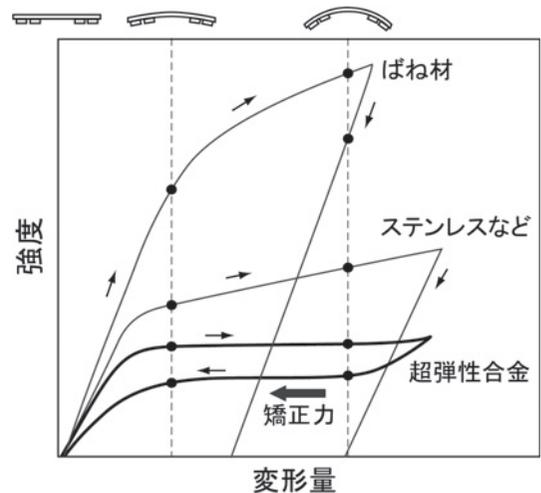


図 7. ステンレス、ばね材のような一般的な金属と超弾性合金の変形量と強度の関係を表す模式図.

数年前から Cu-Al-Mn (銅-アルミニウム-マンガン) 形状記憶合金の研究を行ってきた。以下に説明する材料設計の指針を得て加工性の改善や優れた形状記憶特性を実現し、実用に供し得る材料の開発に成功した。現在、量産化体制の確立を素材メーカーと共同で行っており、巻き爪・陥入爪の矯正器具の実用化などを進めている。

3. Cu-Al-Mn の合金設計

図 3a に Cu-Al-Mn 合金の 800℃ における状態図 (濃度や温度により物質がどのような状態になるかを表した図) を示す。β と書かれた領域では体心立方晶 (BCC) の結晶構造になり、形状記憶特性を示す。β 相の領域は Mn 濃度が増加すると拡大することが特徴であり、これにより Al 濃度を大きく変化させることができるようになる。Al 濃度と加工性及び形状記憶効果の関係を調査した結果が図 3 b である^{2)~4)}。加工性 (冷間圧延率) は Al 濃度が低下することによりほぼ直線的に向上する。これは、

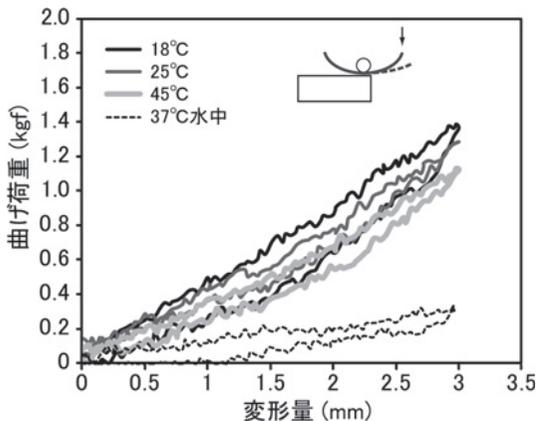


図 8. 第 1 趾の爪の 18℃, 25℃, 45℃ (大気中) と 37℃ (水中) における曲げ試験結果。

Cu-Al-Mn 合金が規則構造 (格子を占める原子種が化合物の様に規則的に配列している構造) を取ることに起因する。すなわち、規則性の高い高 Al 濃度の合金は加工性が悪いが、Al 濃度が低下すると規則性が低下するためである。一方、形状記憶効果による回復率は、原子配列の規則性が低すぎる約 15 原子% Al 以下において低下する。従って、約 17 原子% Al 付近が、形状記憶特性を損なわずに高加工性を有する合金を得るための最適組成である^{2)~4)}。

4. Cu-Al-Mn の超弾性特性

一般の金属材料は、生体における細胞組織の様に数十 μm から数百 μm の微細な結晶粒の集合体 (多結晶体) である。Cu-Al-Mn 合金の超弾性特性は、その様な金属のマイクロ組織に大きく依存する。特に結晶粒サイズの制御により良好な超弾性特性を得ることができる。図 4 は異なる結晶粒サイズ ($d/D=0.06, 0.42, 4.54$) における超弾性特性を示した図である。ここで、 d は結晶粒の平均直径であり、 D は線の直径である。従って、 d/D は試料サイズに対する平均比結晶粒径を意味しており、 d/D が小さい場合は試料内に多数の結晶粒が埋め込まれている状態、1 より大きい場合は結晶粒が線を貫通した竹節のような状態である。図 4 の応力-歪み線図 (力と変形量の関係図) において、 $d/D=0.06$

表 2. ナノインデンテーションにより測定した第 1 趾の爪の
a. 硬さ (MPa) と b. ヤング率 (GPa)。

a.

20 ~ 29 (歳)	30 ~ 39 (歳)	50 ~ 59 (歳)	60 ~ 69 (歳)
348*	356	508**	354
356	380	—	—
410	412	—	—

b.

20 ~ 29 (歳)	30 ~ 39 (歳)	50 ~ 59 (歳)	60 ~ 69 (歳)
7.2*	7.7	9.1**	7.5
7.7	7.3	—	—
7.9	8.1	—	—

*巻き爪, **巻き爪かつ爪甲剥離気味

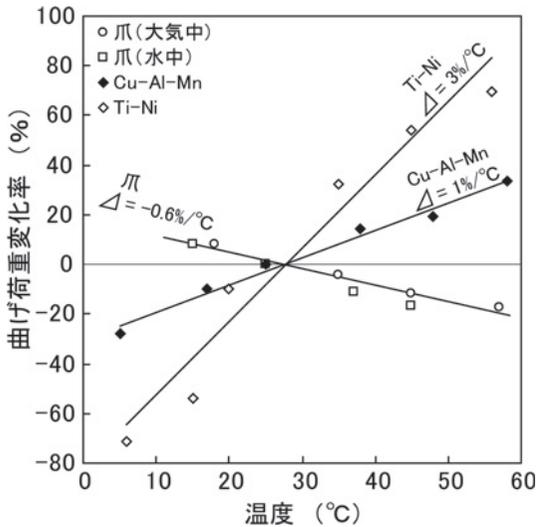


図9. Cu-Al-Mn, Ti-Ni合金と爪の曲げ強度の温度依存性.

のとき応力は高いが超弾性による形状回復特性は悪く、 d/D が大きくなると応力が低く、超弾性が良好になる。これは、超弾性の変態歪量が、結晶方位に大きく依存する（引張方向により変形量が5~10倍も異なる）ことに起因する。すなわち、結晶粒がばらばらな向きで分布する多結晶体では、超弾性歪を生じやすい方向も全体としてばらばらとなるため、 d/D が小さい時には変態歪の小さい方位の結晶粒が変態歪の大きい方位にある結晶粒の変形を阻害し、全体として変形量が落ちるが、 d/D が大きい時には隣り合う結晶粒の数が減るために回りからの拘束が少なく、個々の結晶粒が理想に近い状態で自由に变形できるようになるためである^{3)~5)}。同様の考え方が板など、他の形状にも適用できる。従って、Cu-Al-Mn合金で良好な超弾性特性を得るためには、薄板や細径線を用いるか、結晶粒を大きくする処理をすればよい。

表1にCu-Al-Mn合金の諸特性を他の形状記憶合金と比較してまとめた。マルテンサイト変態温度は極低温から120°C程度までコントロールできるが、80°C以上での熱安定性はあまり高くない。冷間加工性（室温での加工性）は他の形状記憶合金に比べて優れており、本合金の最も大きな特徴のひとつである。超弾性歪み量や形状記憶効果は、

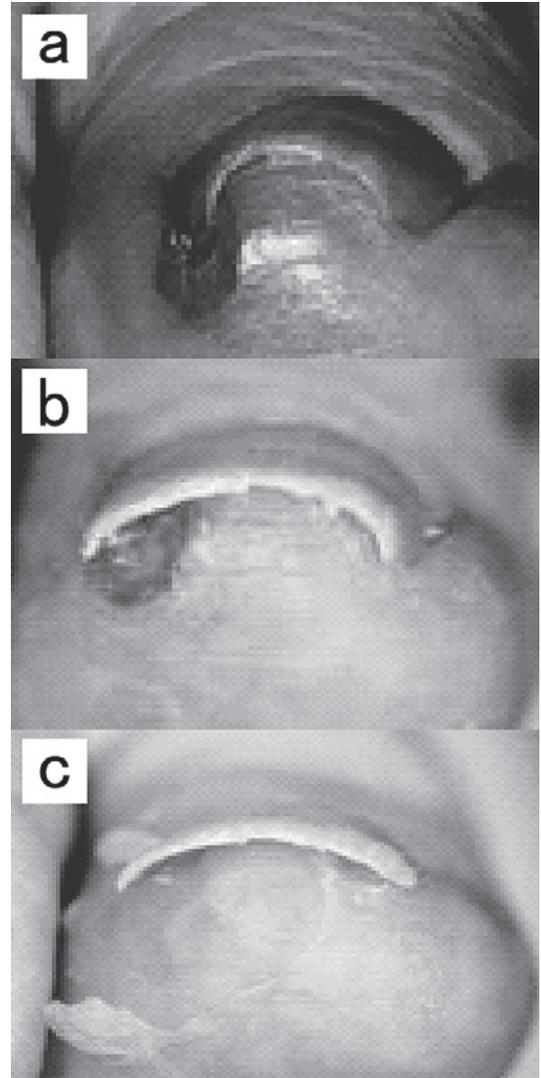


図10. 開発矯正器具による巻き爪の治療例 (a) 矯正前、(b) 矯正開始後1週間、(c) 矯正開始後3週間。

上述のようなマイクロ組織の制御により実用材料であるTi-Ni合金と同等レベルが得られる。Ti-Ni合金と比較して、感覚的にはよりソフトでしなやかである。疲労特性や耐食性はTi-Ni合金に劣る。以上のような特徴を理解した用途開発を行うことが重要であり、特に加工性に優れ、板や複雑形状が可能なのがCu-Al-Mn合金の大きな利点である。

5. 陥入爪矯正器具への応用

巻き爪・陥入爪は患者数の多い疾患であり、ガター法、フェノール法、アクリル人工爪療法、VHO法などの様々な治療法が工夫されてきた⁶⁾。近年、Ti-Ni 超弾性合金を利用した超弾性ワイヤー法も考案され、全国の医療機関に広まりつつある^{6) 7)}。超弾性ワイヤー法は、爪甲の先端に孔をあけ、そこに超弾性ワイヤーを通して矯正する方法であり、優れた矯正力が発揮される。

著者らは、より簡便な矯正器具の開発を目指し、Cu-Al-Mn 超弾性合金板を加工した図5のような矯正器具を考案した。この矯正器具は爪甲先端に挟むことで装着するものであり、基本的には、不測の脱落を防止するためにテープで固定すること以外には、特別な器具や手技を必要としない簡便な手法である。患者の生活様式に応じて適宜、着脱が可能である。折り返しのあるクリップ形状はCu-Al-Mn 合金の高加工性により実現できたものであり、既存の超弾性合金では作製は困難である。現在、爪の幅に合わせて選択できるように、器具の幅が14.5mm, 16.5mm, 18.5mmの3種類を標準サイズとして利用しており、12.5mm, 20mmなどの特別形状も試作している。本矯正器具では、図6のように器具の中心付近を支点として、超弾性の回復力を与え続けることにより陥入した爪甲を持ち上げることで矯正することができる。超弾性合金が通常の金属材料と異なる点は、図7のように、爪の彎曲度合いに大きく依存せず、ほぼ一定の力で矯正力を与えることができることである。歯列矯正のアーチワイヤーや巻き爪・陥入爪のTi-Ni超弾性ワイヤーにもこの原理が働いている。

爪矯正の基礎データとして、爪及び超弾性合金の機械的性質を調査した。男性(31歳)の第1趾の爪(爪甲遊離縁)をおよそ $0.8 \times 2 \sim 3 \times 20\text{mm}^3$ に切り取り、様々な温度で曲げ試験を行った結果が図8である。温度が高くなると爪は柔らかくなり、さらに水中では非常に柔らかくなるのがわかる。切り出した爪形状は不定形であるため、曲

げ試験では得られる情報が形状に依存し、爪の本質的な機械的性質がわかりにくい。そこで、ナノインデンテーション法を用いて評価した。結果を表2に示す。ナノインデンテーションでは、サンプル表面に微小荷重で圧子を押し込み、この時の荷重—変位の関係や圧痕形状から硬さや弾性率等の力学的性質を評価する手法である。微小領域に対する測定であるためサンプル全体の形状に依存しない評価が可能である。20歳代～60歳代までの健常者6名の第1趾の爪甲先端を切り出し、硬さとヤング率を測定した。得られたデータから年齢と機械的性質の相関は見られず、平均の硬さは378MPa、平均のヤング率は7.7GPaであった。また、巻き爪の場合、硬さ348GPa、ヤング率7.2GPa(22歳女性)と健常者とほぼ同等の値が得られたが、巻き爪と同時に爪甲剥離気味の場合、硬さ508GPa、ヤング率9.1GPa(52歳女性)であり、爪が硬くなることがわかった。正確な力学的性質の理解にはデータ数を増やして評価する必要があると考えられる。

超弾性合金は温度が高くなると力が強くなる性質がある。図9は、Cu-Al-Mn合金とTi-Ni合金に対し、種々の温度で測定した曲げ荷重の超弾性回復力を用いて、その温度変化率を常温基準でプロットした図を示している。Ti-Ni合金では約3%/℃の割合で荷重が変化するのに対し、Cu-Al-Mn合金では約1%/℃と小さい。図8のように行った試験から得られた大気中および水中での爪強度の温度依存性も同時に示した。大気中、水中に関わらず爪は温度が高くなると柔らかくなる性質がある上、湿度の影響も大きいので、入浴などにより温度や湿度が大きく変化すると爪と矯正器具の強度差が大きくなり、爪に過度の変形が与えられる危険性があるが、Cu-Al-Mn合金では強度の温度依存性が小さいために温度に対してより安定な矯正力を与えることができる。

試作した矯正器具の効果について、仙台赤十字病院などと共同で評価を行ってきた。図10にその一例を示す。原則として24時間装着であるが、生

活様式に応じて適宜, 着脱可として臨床試験を行った。装着後1週間で既に爪の湾曲が改善されている。本矯正器具は3週間以内に痛みが消失した例が50%以上, 爪甲の湾曲の改善も13週以内が80%^{8)~10)}と早期の効果発現が確認されており, 良好な結果が得られている。爪の湾曲がない陥入爪には適応ではなく, 湾曲が極度に強く装着が困難な場合は, 爪甲の幅を減じたり部分的に小さい矯正器具を用いたりして治療する工夫ができる。詳細は共同研究者による本号掲載の報告や過去の文献^{8)~10)}を参照していただきたい。

6. まとめ

著者らはこれまでに, Cu-Al-Mn合金の基礎から応用に至る材料研究を行ってきた。その結果, 加工性に優れた新しい形状記憶合金を開発することができ, その材料特性に合致した応用例として巻き爪・陥入爪の矯正器具を考案した。臨床試験の結果, 本矯正法は効果発現が早く適用症例も広いことが判明した。また, 侵襲性が低く患者本人による着脱も可能なことから, 患者にとって日常生活に対する制限が少なく, 医師にとっても治療時間の短縮が期待できる。今後, 本矯正具が巻き爪・陥入爪に悩む多くの方々の役に立つことを願うとともに, 利用しやすい矯正器具として広く普及することを期待したい。しなやかで, 人体に優しい本合金の新しい応用用途についても, ご提案いただければ幸いである。

謝辞 本合金の研究及び開発は東北大学山内清教授との共同研究により行われた。巻き爪・陥入爪矯正器具は, 仙台赤十字病院北純先生, 田畑伸子先生, すえたけ皮膚科末武茂樹先生, 東北大学羽鳥正仁先生, 渡部晶子先生のご指導により開発された。また, 臨床試験で用いた矯正器具は, 古河テクノマテリアル(株)の協力により作製された。ここに感謝の意を表す。本研究は独立行政法人医薬基盤研究所保健医療分野における基礎研究推進事業により遂行された。

文 献

- 1) 宮崎修一, 渋谷壽一, 佐久間俊雄. 形状記憶合金の応用展開. 東京: CMC 出版; 2006.
- 2) Kainuma R, Takahashi S, Ishida K. Thermoelastic martensite and shape memory effect in ductile Cu-Al-Mn alloys. Metall Mater Trans A 1996; 27A: 2187-95.
- 3) 須藤祐司, 大森俊洋, 貝沼亮介他. 高加工性 Cu-Al-Mn 基形状記憶合金の開発. あたりあ 2003; 813-21.
- 4) 貝沼亮介, 須藤祐司, 大森俊洋他. 高性能 Cu-Al-Mn 系形状記憶合金の開発. 金属 2004; 26-32.
- 5) Sutou Y, Omori T, Yamauchi K, et al. Effect of grain size and texture on pseudoelasticity in Cu-Al-Mn-based shape memory wire. Acta Mater 2005; 53: 4121-33.
- 6) 東 禹彦. 爪—基礎から臨床まで—. 東京: 金原出版; 2004.
- 7) 町田英一. 巻き爪・陥入爪・外反母趾を治す本. 東京: マキノ出版; 2006.
- 8) 田畑伸子, 石橋昌也, 末武茂樹他. 新しい形状記憶合金製矯正器具による陥入爪の治療. 皮膚科の臨床 2008; 50: 491-6.
- 9) Ishibashi M, Tabata N, Suetake T, et al. A simple method to treat ingrowing toenail with a shape-memory alloy device J Dermatol Treat 2008; 19: 291-2.
- 10) 田畑伸子, 石橋昌也, 北 純他. 新しい形状記憶合金製矯正器具による陥入爪の治療. 靴の医学 2008; 22: 65-9.

教育研修講演

爪の構造と爪甲の役割—第1趾を中心に

Structure of the nail unit and function of the nail plate

—especially the great toenails

東皮フ科医院

Higashi Dermatology Clinic

東 禹彦

Higashi Nobuhiko

Key words : 陥入爪 (ingrowing toe nail), 巻き爪 (pincer nail), 爪甲鉤彎症 (onychogryphosis), アクリル人工爪 (formable acrylic nail)

はじめに

爪の疾患には外界からの物理的な影響による疾患もかなり多い。その治療には爪の構造と爪甲の役割について理解することが必要である。第1趾については体重を支えることによる影響、履物による影響も多い。

1 爪の構造

爪は指趾末節部背面にあって、指趾先端を保護する役割を持っている。

爪は爪母と爪床および爪甲を取り囲む爪郭部から成り立っている。爪母で作られた爪甲は爪床上を遠位方向に移動する。正常では、爪床での角質の形成はほとんどない。爪床部からはその上に存在する爪甲に水分が供給され、爪甲の透明感を維持している。爪甲は爪郭部皮膚角質と繋がることによって(図1)、指趾背面に固定されている。第1趾の爪の役割としては①趾先端の保護、②第1趾

屈側に加わる力を支える、③趾先端の感覚を鋭敏にしている、④趾先の形を整えているなどがある。

2 爪の役割

指の爪甲を短く切ると、指先の皮膚に落屑を生じ、ときには亀裂を生じてくる。このことから爪甲が指先の皮膚を保護する役割を持っていることが判る。冬季には拇指爪甲の深爪のために、拇指爪甲側縁の延長線上に亀裂を生じる(図2)。爪甲を指先まで伸ばすと亀裂は簡単に治癒するが、外用療法では治癒しない。爪甲を指先端よりも短く切るのは不適である。指爪で爪甲側縁を短く切る癖のある人では匙状に変形する。これは側爪郭皮膚と爪甲側縁の繋がりが少なくなるために、指末節部に加わる力を爪甲が支えられなくなるために生じるものである。第1趾の場合には爪甲を短く切ることにより、陥入爪を生じる。また、第1趾では外傷による爪甲の脱落や医師による爪甲除去術が行われ、その後爪甲の伸びが妨げられることがある。爪甲がないために、趾屈側面に加わる力によって、末節骨先端が背面に移動し、新たに伸びてきた爪甲の伸長を妨げる(図3)。その結果爪甲鉤彎症となるのである¹⁾。

(2010/12/20 受付)

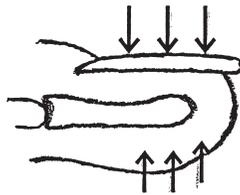
連絡先 : 東 禹彦 〒590-0065 大阪府堺市堺区永代町 1-1-6 東皮フ科医院
TEL 072-226-7778 FAX 072-226-7171
E-mail higashi.derm.clin@nifty.com



図1. 爪甲と側爪郭角質の繋がりを示す。
中央の染色性の淡い部分が爪甲で、左側で爪甲上にある赤く染まった部分が側爪郭に由来する角質である。



図2. 拇指の深爪による指先の荒れ。
拇指爪甲が短いために、指先の皮膚に落屑や亀裂を生じている。指先皮膚に外用薬を塗布しても治癒しないが、爪甲を指先まで伸ばすと落屑も亀裂も治癒する。

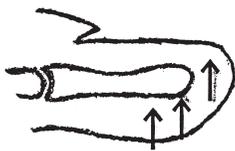


正常第1趾爪

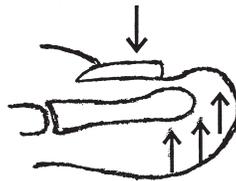
爪甲側縁と側爪郭皮膚角層が繋がっている。
趾腹に加わる力と爪甲の下方に押さえる力が釣り合っている。

↑ 上方に向かう力

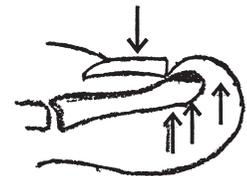
↓ 下方に向かう力



第1趾の爪甲が脱落したり除去されると、上方に向かう力だけになる。



爪甲が再生してくる間に、第1趾末節骨の上方への変位が起きる。



第1趾末節骨挙上と末節部軟部組織の隆起が爪甲の伸長を妨害する。

図3. 爪甲鉤弯症の発症機序

第1趾で爪甲が欠如すると、爪甲が再生する間に末節骨がしだいに挙上され、第1趾先端が隆起し、爪甲の伸びるのを妨害するようになり、爪甲鉤弯症となる。

3 陥入爪と巻き爪の治療

陥入爪は深爪のために起き、巻き爪は先端の窮屈な履物による側面からの圧迫により起きる。両者の合併も認められる。

陥入爪の治療法としては爪母側縁を切除する楔

形切除法(本邦では鬼塚法が広く行われている)や爪母側縁を腐食するフェノール腐食法がある。これらの方法を爪母の両側に行うと、爪甲と側爪郭皮膚の繋がりを断つために、爪甲は趾背面に固定されなくなる。その結果、術後時間が経るにつれて、趾先端が隆起し、爪甲の伸長が妨げられ、爪



図4. 陥入爪に対するアクリル人工爪療法

- A) 短く切られた爪甲下面にレントゲンフィルムを挿入し、絆創膏で固定した状態を示す。爪甲側縁はかなり短くなっている。
B) アクリル人工爪が完成した状態を示す。



図5. 巻き爪に対するアクリル人工爪療法

レントゲンフィルムの下に酒精綿を挿入して、爪甲の彎曲を矯正し、アクリル人工爪を作成します。酒精綿はそのまま放置しておきます。爪甲の下に酒精綿が見えている。

甲は肥厚、混濁する。ときには趾先端に疼痛を生じるようになる。これらの方法では陥入爪は治癒するのであるが、その後種々の問題を残す治療法なのである。行ってはならない治療法と考えている。

保存的な治療法として超弾性ワイヤー（マチワイヤー）法、形状記憶合金製矯正器具法²⁾、VHO法などが近年行われるようになってきている。超弾性ワイヤーを使用する方法は爪甲遊離縁にワイヤーを通し爪甲の彎曲を矯正する方法なので、爪甲が短く切られた陥入爪に対しては利用できない。形状記憶合金製矯正器具による方法も爪甲遊離縁に矯正器具を装着する方法なので、超弾性ワイヤー法と同じである。いずれの方法も陥入爪よりは巻

き爪に対して有用な方法である。しかし、弾力のない肥厚した爪甲に対する矯正力はない。VHO法は爪甲側縁にフックを掛けて、ワイヤーを中央に引き寄せて彎曲を矯正する方法なので、爪甲が少し短くなっても治療することが可能である。しかし、爪甲が厚くなり、硬くなっていると矯正は不能である。これらの方法の欠点は自費診療になることである。また、麻酔をしないで実施するために、医師以外の人も行っている。

4 アクリル人工爪療法³⁾⁴⁾

アクリル人工爪療法は全ての陥入爪、巻き爪に対して有用な方法である。使用する材料は歯科用のアクリル樹脂(UNIFAST II, CLEAR 粉末と液)、レントゲンフィルム、絆創膏、小筆、アセトン、消毒用エタノール、1% キシロカインである。

①第1趾基部で1% キシロカインを用いて、伝達麻酔を行う。

②側爪郭で、片方の爪甲側縁に沿って小さく切ったレントゲンフィルムを挿入し、紙絆創膏でレントゲンフィルムを固定する。

③爪甲表面からレントゲンフィルム上にアクリル樹脂混合物を塗布し、適切な厚さにする。

④アクリル樹脂混合物は数分で硬化するので、硬化すればレントゲンフィルムを除去する。

⑤反対側の爪甲側縁に②～④の手順を繰り返す行う。

以上の方法で、短い爪甲も長くなる(図4)。彎曲

した爪甲に対してはレントゲンフィルム挿入後に、レントゲンフィルムの下に酒精綿を少量挿入して、彎曲を矯正する(図5)。一気に矯正すると、術後の疼痛が強くなるので、徐々に広げるようにする。彎曲した爪甲の矯正には、3ヶ月毎ぐらいに、アクリル人工爪の装着を繰り返して行う。

アクリル人工爪装着後は激しい運動や、早足の歩行は避けるように指導している。なお、健保では麻酔を行えば手術となるので、陥入爪手術簡単



図6. テーピングの方法

趾先端の下げるべき部分にテープを貼り、引っ張りながら趾屈側を通して反対側の趾背面に固定する。テープは伸縮性のないものを使用する。

なもので請求している。

5 爪甲鉤彎症の治療⁵⁾⁶⁾

爪甲鉤彎症では、爪甲が厚く、硬くなり、混濁し爪甲の表面には横走る段々を多数認めるようになり、牡蠣殻状を呈する。爪甲と側爪郭との繋がり断たれ、爪甲剥離の状態になっている。第1趾によく生じる。30歳代から認められ、50歳代、60歳代と増加する。女性に圧倒的に多く男女比は1:10ぐらいである。初期の段階では趾先端の隆起により爪甲の伸長が妨げられた状態で受診する患者もある。重症になると履物による圧迫のために、疼痛を生じたり、爪甲が厚くなり過ぎて靴を履けなくなることもある。

①保存的治療 薄削法

厚くなった爪甲を薄く削る方法である。かならず再発する。80歳を超える高齢者に対してはこの方法を行っている。

②テーピング法

隆起した趾遠位端をテープで牽引して下方に押し下げようとする。日中のみ行い、就寝中はテープを除去する。隆起した趾遠位端を指で押し下げることが可能な症例に対しては成功する場合もある。

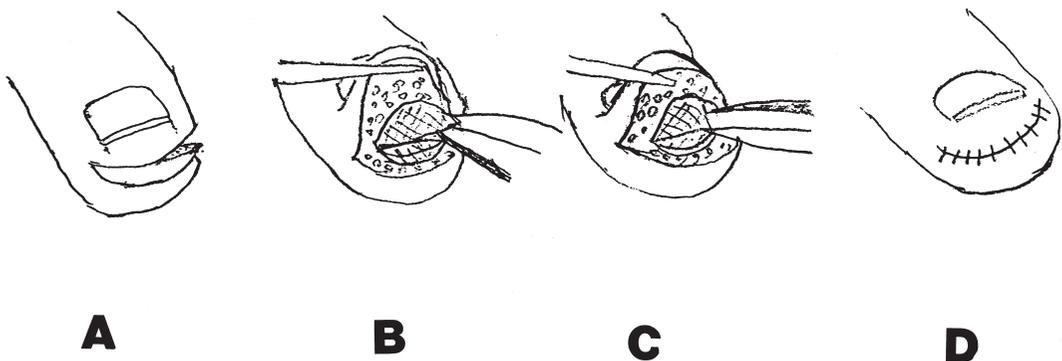


図7. 爪床形成術

A) 第I趾先端で魚口切開を行う。

B) 末節骨背面骨膜上で、爪床部組織を剥離する。

C) 露出した末節骨先端に水平に爪切り箭刀で切れ目を入れ、ついで縦に切れ目を入れ、骨小片をコッヘルで除去する。

D) 爪床部組織を元に戻して、平坦化したことを確認して、第I趾先端皮膚を縫合する。平坦化していない場合には、爪切り箭刀とコッヘルで骨をさらに削る。

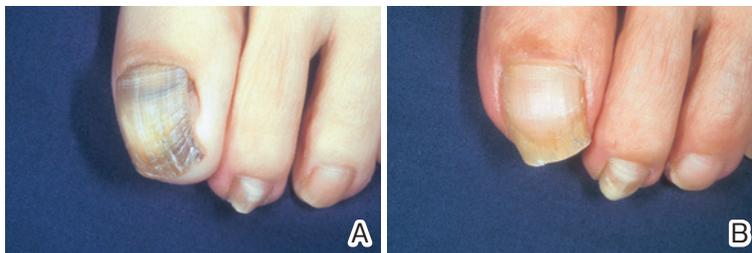


図8. 爪甲鉤弯症の術前と治癒後
A) 57歳, 女性. 爪甲鉤弯症抜爪前.
B) 1年後ではほぼ治癒している.

る(図6).

側爪郭皮膚と爪甲の繋がりが断たれている場合には, 抜爪後にテーピング法を行う。抜爪すると正常な爪甲が再生してくる。

③根治療法

抜爪後数ヶ月して, 再生爪甲が伸びてきた段階で, 爪床形成術を行う(図7)。入院設備はないので, 全て外来通院で行っている。

i) 第1趾基部に輪ゴムを巻いて止血を行う。

ii) 伝達麻酔を行った後に, 第1趾先端に魚口切開を行い, 末節骨の骨膜上で爪床部組織を剥離する。

iii) 末節骨先端に爪切り剪刀で横に切れ目を入れてから, 上半分に爪切り剪刀で縦に切れ目を入れ, 末節骨上半分の小さく切られた骨片を無鉤のコッヘルで除去する。

iv) 爪床部組織を元に戻し, 趾先端の隆起が消失したことを確認する。平坦化していなければ爪切り剪刀とコッヘルを用いて末節骨を削る。骨を削るのにリューゲルが使用されるが, 術野が狭いので使用しがたい。ボーンワックスによる止血は行わない。平坦化していれば縫合する。

v) 術後トレックスガーゼを当て, スポンゼルを載せて包帯をする。抗生物質および鎮痛剤を投与する。

vi) 7日後に半分抜糸し, 残りは10日目に抜糸する。抜糸後はステリストリップを創部に貼付している。入浴は当日から許可している。

vii) 1ヶ月後に受診してもらい, その後はテーピングを日中行うように指導している。

抜爪後治癒までの期間は1年2ヶ月から1年半である(図8)。60例に行い, 48例で治癒しているので, 治癒率は現在のところ80%である⁵⁾。陥入爪術後の症例, 糖尿病患者は適応外である。

6 靴と足

靴の履き方が適切でなかったり, 窮屈な靴を履き続けると第V趾爪の外側に角化性病変を生じたり, 第II趾の長いギリシャ型の足では第II趾に変形を生じる。

①第V趾爪甲の拡大

第V趾爪甲が縮小する例は疼痛がないので, それを主訴に受診することはほとんどない。ところが, 第V趾爪甲が外側に拡大すると, 疼痛を伴うために治療を求められる。一部は爪甲というよりは「たこ」のように見えることもある。一番簡単な方法はニッパー型の爪切りで出血しないように外側に拡大した部分を切り取る方法である。

②第II趾の変形

第II趾先端に角化物「たこ」を生じる。ニッパー型爪切りで丁寧に角化物を除去する。多くの場合靴の履き方が不適切なので, 靴ひもをしっかりと結んで, 靴内面と趾先端の摩擦が起きないように指導する。

むすび

爪の役割を無視した深爪や治療は様々な障害を生じる。また、足に合わない窮屈な履物や不適切な靴の履き方も障害を生じる。これらの点に関しては、啓蒙が必要である。治療に関しては簡単に記したので、詳しくは拙著「爪—基礎から臨床まで」⁷⁾を参考にさせていただきたい。

文 献

- 1) 東 禹彦, 松村雅示. 鉤彎爪の発症機序と原因 (付: 陥入爪の原因). 皮膚 1985;30:620-5.
- 2) 田畑伸子, 石橋昌也, 末武茂樹他. 新しい形状記憶合金製矯正器具による陥入爪の治療. 皮膚臨床 2008;50:491-5.
- 3) 東 禹彦, 久米昭廣, 上田清隆. 人工爪による各種爪変形の治療. 皮膚 1996;38:296-300.
- 4) 東 禹彦, 久米昭廣, 谷口龍生他. 爪甲過度内方彎曲症 (挟み爪, 巻き爪) のアクリル人工爪による治療. 皮膚 2000;42:437-44.
- 5) 東 禹彦. 爪甲鉤彎症の治療. 皮膚の科学 2008;7:347-53.
- 6) 東 禹彦. 爪甲鉤彎症の手術療法. 皮膚病診療 投稿中.
- 7) 東 禹彦. 爪—基礎から臨床まで. 東京:金原出版:2004.

ランチョンセミナー

最新の足部潰瘍治療 —形成外科の取り組み—

Foot Center in the University Hospital

東北大学大学院医学系研究科 外科病態学講座 形成外科学分野

Plastic and Reconstructive Surgery, Tohoku University School of Medicine

館 正弘, 古和田 雪
Masahiro Tachi, Yuki Kowata

Key words : 糖尿病性足壊疽 (Diabetic foot ulcer), 陰圧閉鎖療法 (negative pressure wound therapy), 横断的治療 (multi-disciplinary team approach)

はじめに

東北大学病院は、2009年6月に足病変を対象とした横断的部門であるフットセンター外来を開設し、形成外科はその設立の中心的役割を果たした。また外来受診者の多くを占める糖尿病性足病変について形成外科の最新の試みについて解説する。

1. フットセンターの開設

1. フットセンター開設の機運の盛り上がり

足病変への診療は関係各科の縦割りで行われていた。またフットケアに関しては糖尿病看護認定看護師と糖尿病療養士を中心として病棟での糖尿病教室や主に入院患者のフットケアを行ってきた。横断的チーム医療を立ち上げたいという声が形成外科、血管外科、ナースから上がってきていた。

2. 構成メンバー (図1)

構成メンバーは皮膚科、形成外科、血管外科、整形外科、糖尿病代謝科、リハビリテーション科

(2011/01/05 受付)

連絡先: 館 正弘 〒980-8575 宮城県仙台市青葉区
星陵町 2-1 東北大学大学院医学系研究科 外科
病態学講座 形成外科学分野
TEL 022-717-7334 FAX 022-717-7335
E-mail tachi@med.tohoku.ac.jp

が医師部門で、看護部、事務部門からなる。靴装具士は整形外科・リハビリテーション科が関与する足変形に対して月2回お願いしている。通常のフットウエアをどうするかはしばらく未定のままスタートした。5か月後からオートテックシューマスタをボランティアとして月1回来ていただいている。

3. 場所

外来に関しては、専用の外来を持つことが理想ではあったが、週1回の外来ではバーチャルな部門として開設するのが妥当であろうとなった。当面、水回りが便利な形成外科外来を使用することにした。ゲートキーパーとしての診療は形成外科が月に2回、皮膚科、血管外科が月に1回外来を受け持つようにし、問題のある症例はその都度各科の医師と連絡を取ることにした。

4. 開設後の経緯

現在は8人から12人程度を金曜日午後診察している。症例の内訳は糖尿病性足潰瘍80%、PAD10%、その他10%となっている。毎月一回症例検討会を行っているほか、年1回講演会、年間3回程度の院内講習会を行っている。またホームページを立ち上げた他、医師会等の講演会でPR活動をしている。県内外からの見学や実習はかなりあり、

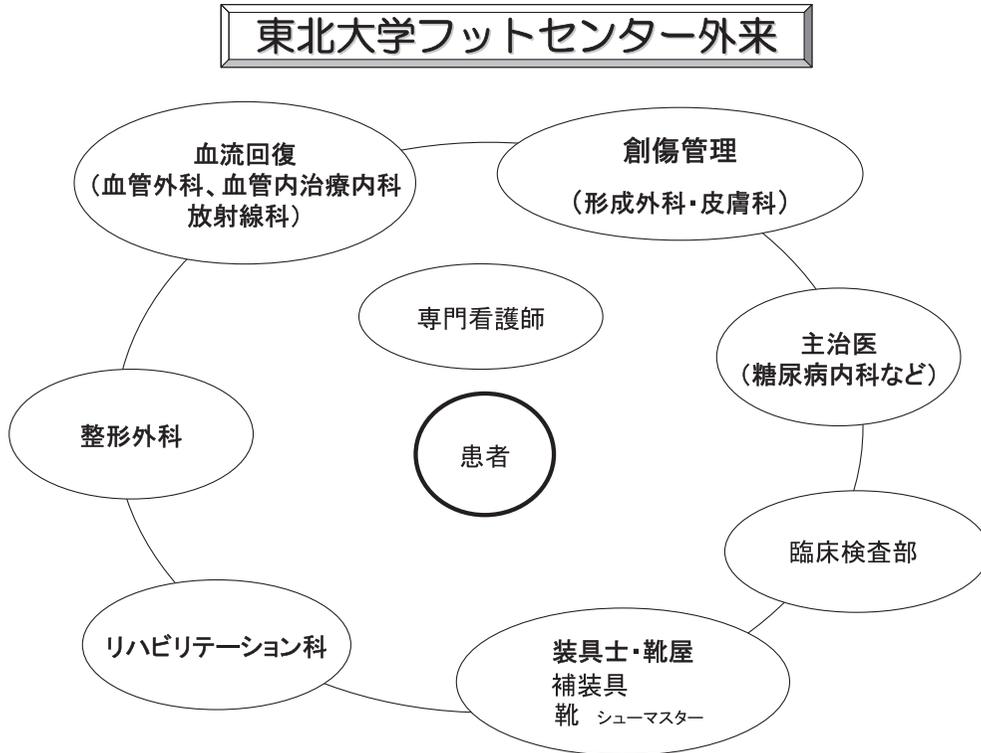


図1. フットセンターの組織図

地域医療のレベル向上には寄与しているものと考えられる。また、週に1回の外来では、急性の救済が必要な患者には対応しておらず、この点が医師サイドとしては多少不満が残る点である。

II. 形成外科としての糖尿病性足病変への取り組み

糖尿病性足潰瘍の患者数は増加しており、下肢の大切断にいたることも少なくない。アメリカでは人口の7%が糖尿病に罹患しており、20歳以上の糖尿病患者のうち足潰瘍を形成する患者の割合は4%から10%と見られている¹⁾。年間の足病変を持つ患者数は全人口あたりにすると1から4%であり、一人の患者が生涯に足病変に罹患する確率は25%に上る²⁾。本邦での正確な統計は無いが同じような傾向にあると予想される。

1. 糖尿病性足潰瘍が難治である原因

一般に糖尿病性足病変の治療は困難であり、神経原性の糖尿病性足潰瘍が20週間の治療で治癒す

る確率は47%に過ぎないという報告もある³⁾。糖尿病性足潰瘍が難治である理由は糖尿病そのものの創傷治癒遅延・易感染性に加えて、解剖学的な足特有の問題がある。

分子生物学的な研究手法により、糖尿病における創傷治癒遅延はさまざまな側面から生じていることが明らかになっている。細胞成長因子の産生低下、血管新生の遅延、マクロファージや線維芽細胞の機能不全、表皮細胞の遊走能の低下などが示されている⁴⁾。鶏眼を伴う潰瘍部分から採取した線維芽細胞に比較して、潰瘍近傍の皮膚から採取した線維芽細胞は増殖因子に対する反応は保持されている⁵⁾。上記の理由から徹底的な鶏眼の除去や壊死の除去が推奨されている。また血管新生に関しても研究が進んでおり、骨髄からの血管内皮前駆細胞の放出が糖尿病において不良で、一旦骨髄から血流に放出された血管内皮前駆細胞も創傷部分に集積しないことも明らかになってきている⁴⁾。



図2. さまざまな感染のパターン：壊死性筋膜炎，骨髄炎，ガス産生菌による組織壊死

解剖学的な問題としては、下腿・足部はコンパートメントがはっきりしており、炎症が起ると浮腫によって、コンパートメント圧が高くなり、血流障害につながる。糖尿病によって神経障害が生じると、発汗の減少により胼胝や亀裂も生じやすくなる。また運動神経麻痺によって骨間筋の萎縮が生じ、hammer toe, claw toeなどの足趾変形が生じる。また動静脈シャントの結果骨吸収が進み、骨・関節が破壊されシャルコー関節と呼ばれる変形を生じる。これらの要因によって足底の圧分布が偏るため、胼胝や鶏眼を生じ、容易に潰瘍化が生じる⁶⁾。このような足部の変形がある場合には除圧がなされなければどのような治療も奏効しない。

2. 非虚血性の糖尿病性足潰瘍の治療

重症下肢虚血における感染症はほかの軟部組織感染症とは異なった特殊性を持っている。また近年の血管内治療の増加によって従来には無い治療的な側面が表面化していることも注意が必要であ

る。

さまざまな臨床の型を呈することがあり、壊死性筋膜炎、ガス産生菌などでは、時間単位で敗血症を呈しながら局所感染の急激な進展を呈することもある。(図2)

3. 起因菌

急性の感染で罹患期間が短い(すなわち未治療)場合はおおむね単一の細菌であることが多く、好気性のグラム陽性菌で具体的には黄色ブドウ球菌かペータ溶連菌が検出される。潰瘍が慢性化しているか、最近入院したような場合にはMRSAなどの耐性菌の割合が増加し、嫌気性菌を含めた3種類以上の多菌種になっていることが多くなる。創傷と細菌の関係は単純ではない。創の感染を生じれば組織が破壊され創傷治癒は遅延することは明らかである。一方少量の細菌が存在しても創部の細菌は酸素を消費し、滲出液中の栄養を生体から取るので、創傷治癒にはネガティブに働く。一方、

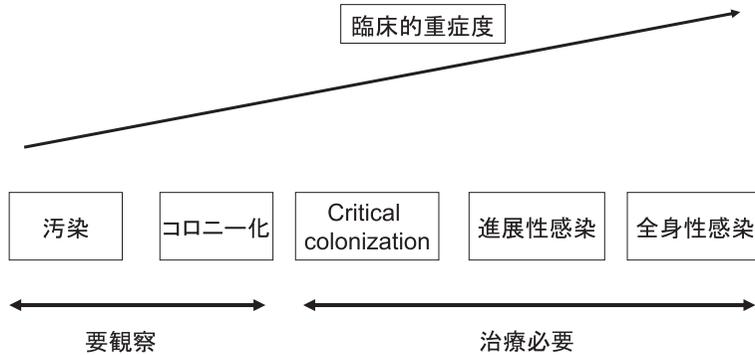


図3. 細菌負荷と臨床的重要度の関係

創傷は無菌であることはありえないし、また治療によって無菌状態を目指すことも意味が無い。また実験動物で創部に細菌を播種するとむしろ創傷治癒が促進されることが観察されている。すなわち創部と細菌の関係は、宿主の免疫状態と細菌の感染性などで決まる相対的なものである。これは Bioburden と呼ばれる概念であり、日本語では細菌負荷状況とも訳すことができる。創部と細菌の状態は図3に示すように contamination, colonization, critical colonization, local infection, systemic infection の状態に分けられる。細菌が存在しているにもかかわらず創があることは前に述べたが、細菌感染を起こしている創との境界線はどこで引けるのであろうか。ある瞬間からいきなり感染になるわけではなく、移行帯が存在すると考えるほうが自然である。その環境では細菌が皮膚潰瘍面で増殖し、創傷治癒を遷延させる。critical colonization と呼ばれ2000年ごろから提唱された新しい臨床的概念である。

4. 局所治療

Critical colonization と診断した場合の治療はホストの抵抗力の改善と局所治療を平行して行う。ホストの抵抗力とは血流と言い換えても良い。褥瘡であれば、除圧により血流を回復することが必要である。下腿の動脈硬化性病変による虚血肢ではバイパス手術や血管インターベンションにより血流を回復させることが必須になる。また糖尿病

を合併する褥瘡ではしばしば深部に感染症を起こすことが経験されるが、高血糖状態では白血球の貪食・殺菌作用が低下するため、血糖値の安定化も重要である。局所に関してはまず何を指すかを考える必要がある。開放創をどのような方法で処置しても無菌状態には出来ない。生体が対処できるレベルまで細菌数を減らすか、あるいはバイオフィルムを破壊することが目標となる。創傷面にバイオフィルムが存在していることが難治化する一因であることが示されたが⁴⁾、その真偽についても研究の緒に就いたばかりである。細菌バイオフィルムが形成された創面では、バイオフィルムによって慢性炎症状態が惹起され、細胞周囲の浮腫が生じる可能性が示唆されているが²⁾、この病態も血流障害の1つとして捉えることができる。

5. 抗菌性を持つ新しい局所治療薬（被覆材）

1990年代後半から抗菌性を持つ新しい局所治療薬（被覆材）の開発が盛んである。これらの抗菌性創傷被覆材は湿潤環境を維持しながら、抗菌活性を持つ被覆材である。抗菌作用を持つ軟膏が抗菌力を主たる薬効としているのに対し、創傷治癒により配慮したものとなっている。本邦では2009年現在アクアセル[®]Agだけが使用できるが、海外ではナノ結晶性銀を用いた製品やヨウ素を含有している製品、蜂蜜を用いた製品がある。その登場が1990年代後半からであり、有効性についての議論が続いていたが、最近になって慢性創傷や感染

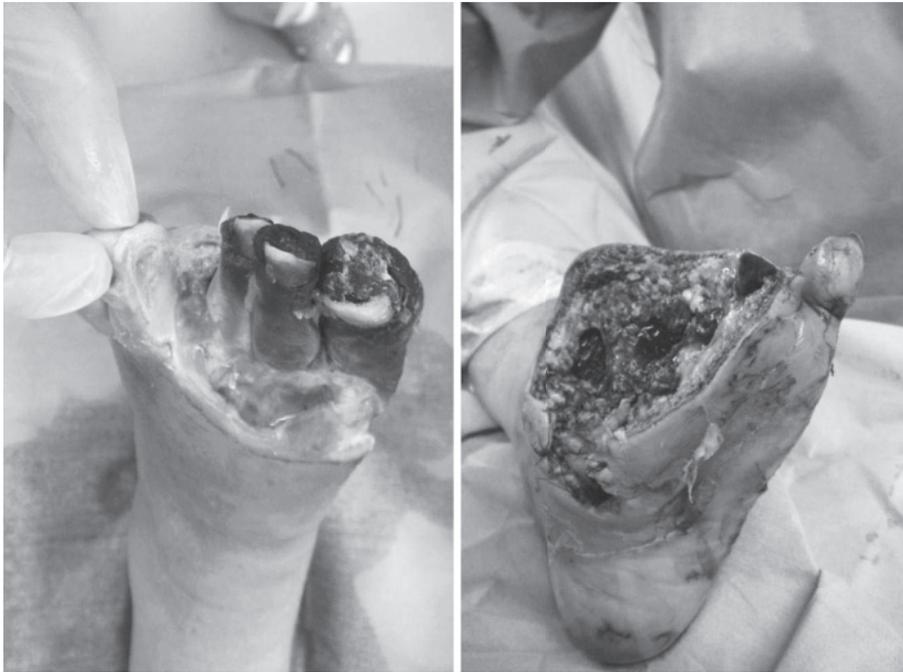


図4. 56歳 女性 DM, Rutherford 6の重症下肢虚血の患者. 他院内科で血管内治療をおこなった. その後17日目に中足骨レベルで切断を施行した.

創に対する有効性を示すエビデンスが増えてきている.

アクアセル[®]Agを例にとると, 創を湿潤環境に保つという特性を持ちながら, 創部へは常に約1 ppmの低濃度の銀イオンが放出される設計となっている. 銀イオンは黄色ブドウ球菌, 緑膿菌, 嫌気性菌に対し抗菌効果を有している. 慢性皮膚潰瘍に対する銀含有ドレッシング材の使用に関しては, 2005年以降2009年までに4編のランダム化比較試験結果が発表されている. おおのこの試験によって疾患対象や観察期間, 使用している被覆材も異なっているが, 潰瘍面積の縮小や肉芽の改善度などの有効性が示されている.

銀含有被覆材は不織布からアルギン酸塩ドレッシング, フォーム材にいたるまで, ほとんどすべての近代的ドレッシング材に銀が組み込まれている. これらは湿潤環境を保ちながら殺菌効果を発揮するようにデザインされている. アクアセル[®]Agでは1ppm, アクチコート[®]は70-100ppm程度の濃

度の銀イオンが持続的に放出される. この濃度では抗菌作用は発揮されるが, ヒト細胞への影響は少ない. これは硝酸銀溶液が熱傷治療に用いられた1970年ごろまでの記録でも, 濃度が1%を超えないかぎり表皮形成は阻害されなかったことから明らかである. 銀の抗菌活性は非常に広く, 好気性細菌, 嫌気性細菌, 薬剤耐性細菌, ウイルス, 酵母, 真菌に抗菌力を示す. 銀イオンは水銀, 銅, 鉛などの他の重金属イオンと同じ“極微量作用”(oligodynamic effect)を持つとされている. 銀イオンはこのように作用点が非常に多いこと, さらに接触した細菌を短時間に殺すために, 抗生物質に比して耐性菌の発生は非常に起りにくいとされている.

慢性皮膚潰瘍に対する銀含有ドレッシング材の使用に関しては, 4編のランダム化比較試験が行われている. 2005年にJorgensenら⁷⁾のグループは静脈性の難治性の下腿潰瘍に対して銀含有フォーム材と対照のフォーム材を比較し, 4週間の治療期間



図5. 切断術後2週間目からNPWTを開始した。

で有意な潰瘍面積の減少を得た。悪臭・滲出液のコントロールも良好であったという。2005年に Meaume ら⁸⁾は局所炎症症状を伴う下腿潰瘍・褥瘡を対象として、4週間銀含有アルギン酸塩と通常アルギン酸塩を比較した。感染症状に関しては有意な改善は見られなかったが、4週間後の創面積の縮小では有意差を持って銀含有アルギン酸塩が有効であった。2006年には Munter ら⁹⁾が主に褥瘡・糖尿病性足潰瘍・静脈性足潰瘍を対象として4週間の銀含有フォーム材と、標準的治療法とを比較した。潰瘍面積の縮小、黄色壊死組織の減少、滲出液のコントロール、肉芽の改善など多くの項目で有意差をもって銀含有ドレッシング材が有用であった。2007年には Jude らがアクアセル(R) Agとアルギン酸塩ドレッシングを非虚血性糖尿病性足潰瘍に使用し、有意な肉芽組織の改善と、感染

を伴っている場合の有用性を報告している¹⁰⁾。

6. 陰圧閉鎖療法

糖尿病性足潰瘍に対する陰圧閉鎖療法（以下NPWTと略す）の適応は血流障害が無く、深い潰瘍やある程度の面積のある場合になる。また切断手術を施行した手術部位の wound bed preparationとして用いることもある。

糖尿病性足病変の場合、骨が潰瘍底に触れる場合には骨髓炎の合併も危惧される病態である。縦隔炎などの感染性病変に対する治療成績も上がっているため、感染した創部を治療するために用いることも可能だろうと考えられている⁷⁾。しかしながら、感染の初期には滲出液が濃厚であるため、スポンジや吸引チューブのつまりを生じやすくなり、陰圧の維持が困難になることがある。また創部の細菌の種類や数に関しては、理論通りには行



図6. NPWT 試行後3週間の状態. 良好な肉芽形成と創収縮を認める. 右は分層植皮を施行したところである.



図7. 植皮後3週間の状態. 植皮は90%生着している.

かない. 動物実験では, 創の細菌数が減少したことが報告されているが⁸⁾, 実際の臨床症例で細菌数の減少を実証したデータは多くない. 実際に私たちが褥瘡に対しておこなった調査結果では細菌数が減少することはなかった⁹⁾. 逆に黄色ブドウ球菌は増加したという報告もある¹⁰⁾. 少なくとも感染の

ある創に対する処置の基本は, 壊死組織の除去と切開排膿, 洗浄であって, NPWT がその原則を代用するものではない.

患者の拘束感があるという調査が1つあったが¹¹⁾, 出血や疼痛, 創傷面の悪化などの副作用の報告は無い. 重症虚血肢に対して, 切断後 NPWT によって創傷管理を行った症例を提示する. (図4-7)

7. 陰圧閉鎖療法のエビデンス

陰圧閉鎖療法が慢性皮膚潰瘍に対して有効であるかの議論が続いている. Gregor らは NPWT を扱った研究は全体的に質が低く, 治験にエントリーされていたのに途中で中止された研究が5件あり, 論文になってない研究も14件あることを挙げ, バイアスがある可能性も指摘している¹²⁾.

糖尿病性足潰瘍に対しては2009年まで5編のランダム化臨床試験が報告されている. 2005年の Armstrong らの研究は足の部分切除後の創部に対して, NPWT とモダンドレッシングを比較したもので,

症例数は162例で、治癒までに至った割合と、治癒日数、肉芽形成の程度、二次的な再切断の割合などを比較し、NPWTが有用であったと結論している¹³⁾。さらに2008年にはBlumeらによる症例数342例の研究が行われ、治癒が得られた時点をend pointとした研究である。治癒にいたる確率、治癒日数、再切断にいたる確率などでNPWTが有意に有効であったとしている¹⁴⁾。

上記のランダム化臨床試験を含むシステマティックレビューが数件報告されているが、2005年のArmstrongらの研究以外はエビデンスレベルが低く、大規模な研究が必要であるという結論であった¹⁵⁾¹⁶⁾。ただし2008年のBlumeらの研究は含まれていないので、この研究がどのような評価を受けるのかが待たれるところである。

文 献

- 1) Edwards R, et al. Bacteria and wound healing. *Curr Opin Infect Dis.* 2004; 17: 91-6.
- 2) Kingsley A. The wound infection continuum and its application to clinical practice. *Ostomy Wound Manage.* 2003; 49 (7A Suppl): 1-7.
- 3) Scotts NA. Wound infection: diagnosis and management. In: *Acute and Chronic Wounds*. Bryant RA, Nix DP, editors. Missouri: Mosby Elsevier; 2007; 161-75.
- 4) James G.A., et al. Biofilms in chronic wounds. *Wound Repair Regen.* 2008; 16: 37-44.
- 5) Schultz G.S., et al. Interactions between extracellular matrix and growth factors in wound healing. *Wound Repair Regen.* 2009; 17: 153-62.
- 6) Fernandez R, et al. Water for wound cleansing. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2002, Issue 4. Art. No.: CD003861. DOI: 10.1002/14651858. CD003861.
- 7) Jorgensen B., et al. The silver-releasing foam dressing, Contreet Foam, promotes faster healing of critical colonized venous leg ulcers: a randomised, controlled trial. *Int Wound J.* 2005; 2: 64-73.
- 8) Meaume S., et al. Evaluation of a silver-releasing hydro-alginate dressing in chronic wounds with signs of local infection. *J Wound Care.* 2005; 14: 411-9.
- 9) Münter K.C., et al. Effect of a sustained silver-releasing dressing on ulcers with delayed healing: the CONTOP study. *J Wound Care.* 2006; 15: 199-206.
- 10) Jude E.B., et al. Silver Dressing Study Group. Prospective randomized controlled study of Hydrofiber dressing containing ionic silver or calcium alginate dressings in non-ischaemic diabetic foot ulcers. *Diabet Med.* 2007; 24: 280-8.
- 11) Morykwas MJ, Argenta LC, Shelton-Brown EI, et al. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: animal studies and basic foundation. *Ann Plast Surg* 1997; 38: 553-62.
- 12) Tachi M, Hirabayashi S, Yonehara Y, et al. Topical negative pressure using a drainage pouch without foam dressing for the treatment of undermined pressure ulcers. *Ann Plast Surg* 2004; 53: 338-42.
- 13) Moues CM, Vos MC, van den Bemd GJ, et al. Bacterial load in relation to vacuum-assisted closure wound therapy: a prospective randomized trial. *Wound Repair Regen* 2004; 12: 11-7.
- 14) Vuerstaek JD, Vainas T, Wuite J, et al. State-of-the-art treatment of chronic leg ulcers: A randomized controlled trial comparing vacuum-assisted closure (V.A.C.) with modern wound dressings. *J Vasc Surg* 2006; 44: 1029-37.
- 15) Gregor S, Maegele M, Sauerland S, et al. Negative pressure wound therapy A vacuum of evidence? *Arch Surg* 2008; 143: 189-96.
- 16) Armstrong DG, Lavery LA. Negative pressure wound therapy after partial diabetic foot amputation: a multi-centre, randomised controlled trial. *Lancet* 2005; 366 (9498): 1704-10.