

易転倒性を有する内旋歩行患児の歩行解析と inner wedge 足底板の効果

京都府立医科大学大学院医学研究科運動器機能再生外科学(整形外科学教室)

毛利尚史・金 郁 喆・浦出英 則

野村嘉彦・久保俊 一

京都府立医科大学リハビリテーション科

久保秀 一・長谷 斉

要 旨 内旋歩行による易転倒性を有する麻痺のない健常小児で、5 mm 高の inner wedge 足底板が有効であった6例(男児2例、女児4例)に対し、三次元歩行解析システムを用いて足底板装着時、非装着時における歩行解析を行った。装着時年齢は平均4歳5か月、計測時年齢は平均5歳4か月であった。歩行解析は、両側の肩峰、大転子、膝関節、足関節および第5趾 MTP 関節部に反射マーカーを設置し、自由歩行をさせ、5台のカメラでマーカーの位置を記録した。解析ソフトを用いて、足部歩行角の最大変化、一歩行周期、両肩の傾斜角、膝の最大挙上値および歩幅を算出し、比較検討した。足底板装着によって足部歩行角の最大変化の減少、一歩行周期の延長、肩の傾斜角の増大および膝の最大挙上値の有意な増加を認めた。Inner wedge 足底板によって、歩行の安定性を獲得でき、足部歩行角の最大変化が減少したことで易転倒性が改善したと考えた。

はじめに

内旋歩行を有する幼小児は、歩行時や走行時に容易に転倒することが多いが、易転倒性は成長とともに自然軽快することが多いため、一般的には積極的な治療は行われていない。しかし、易転倒性が改善するまで患児の怪我が絶えず、両親の心配も大きい。そのため、筆者らは易転倒性を有する患児には5 mm 高の inner wedge 足底板を処方し、転倒防止を図ってきた。この足底板によって易転倒性が改善した症例について、足底板が歩行にどのような変化をもたらしたのかを明らかにするため、三次元歩行解析システムを用いて足底板装着時、非装着時における歩行解析を行い、その変化について比較検討した。

対象と方法

内旋歩行による易転倒性に対して、足底板が有効であった麻痺のない健常小児6例(男児2例、女児4例)を対象とした。足底板装着時年齢は平均4歳5か月(3歳3か月～7歳2か月)、歩行解析時年齢は平均5歳4か月(3歳8か月～7歳5か月)、足底板装着開始から計測までの装着期間は平均11か月(1週～29か月)であった。足底板は5 mm 高の inner wedge を使用した(図1)。歩行解析には ELITE plus(Bioengineering Technology & System, Italy)を使用した。座標は歩行路の進行方向を X 軸、進行方向と床に垂直な方向を Y 軸、進行方向と直行し、床と平行な方向を Z 軸として設定した(図2)。直径15 mm の球形赤外線反射マー

Key words : toe in gait(内旋歩行), gait analysis(歩行解析), inner wedge insole(inner wedge 足底板)

連絡先 : 〒 602 8566 京都市上京区河原町通広小路上ル樺井町 465 京都府立医科大学整形外科 毛利尚史

電話(075)251 5549

受付日 平成16年11月4日

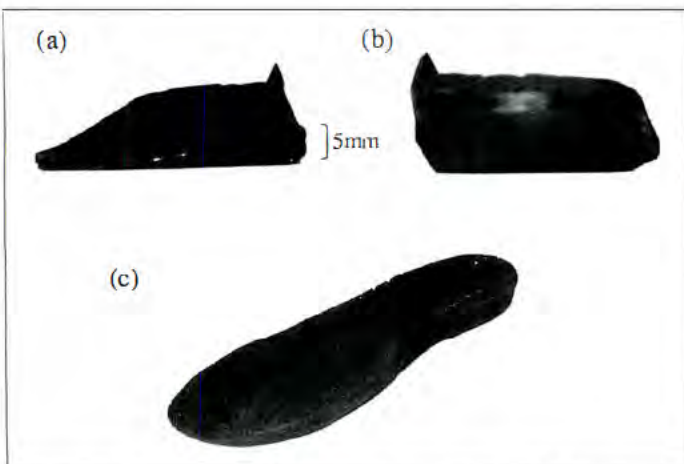


図 1 5 mm 高の inner wedge 足底板(右足用)
(a) 正面像, (b) 後面像, (c) 全体像

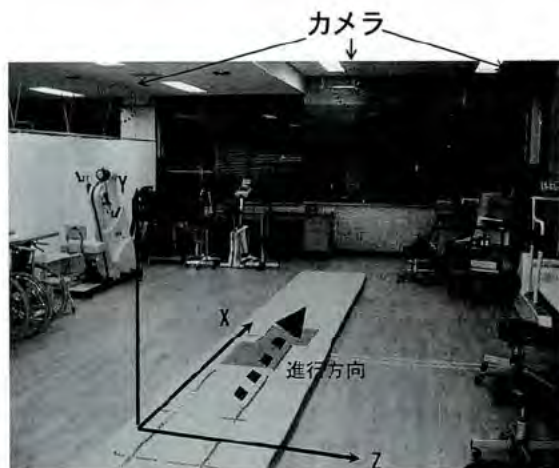


図 2. 歩行路写真
進行方向: 点線→, カメラ: 前方から3台, 後方から2台, 座標: 実線→

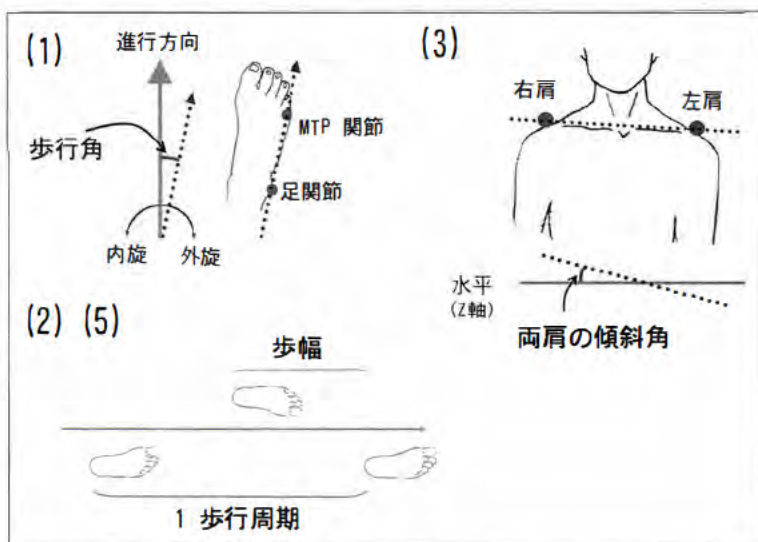


◀図 3
赤外線反射マーカ―設置位置
上方から肩, 大転子, 膝外顆, 足関節外果および第5趾 MTP 関節上に設置した

計測方法

- (1) 立脚期における歩行角の最大外旋角と最大内旋角の差(度)
- (2) 一歩行周期(秒)
- (3) 両肩の傾斜角の最大値(度)
- (4) 歩幅(cm)

図 4. ▶



カーを, 被検者の両側の肩峰, 大転子, 膝外顆, 足関節外果および第5趾 MTP 関節部に設置した(図3)。マーカ―の位置を記録するカメラは, 歩行路周囲の壁に5台設置した。足底板装着時, 非装着時に分け, 歩行路上を被検者に自由歩行をさせて, 各反射マーカ―の位置を三次元的に記録した。得られたデータを ELITE plus の解析ソフトを用いて, 足底板装着時と非装着時の比較を行った。比較項目は, ① 立脚期における足歩行角(XZ 座標上で, 足関節外果と第5趾 MTP 関節のマーカ―を結んだ線と進行方向の成す角度とする)の最大外旋角と最大内旋角の差, ② 片側の踵接地から次の踵接地までの時間, ③ 一歩行周期内の, 左右の肩のマーカ―を結んだ線と Z 軸の成す角度

の最大値, ④ 遊脚期での膝外顆マーカ―の最大 Y 座標値および⑤ 片側の踵接地から対側の踵接地までの距離とした(図4)。統計学的には対応のある t 検定を用い, 有意差は危険率5%未満とした。

結果

各計測項目について, ① 足歩行角の最大変化は, 足底板非装着時に $24 \pm 14^\circ$ (平均値 \pm 標準偏差), 装着時に $14 \pm 10^\circ$ であった。② 一歩行周期は非装着時に 0.9 ± 0.05 秒, 装着時に 1.0 ± 0.12 秒であった。③ 両肩の傾斜角は非装着時に $9 \pm 2^\circ$, 装着時に $11 \pm 3^\circ$ であった。④ 膝の最大挙上値は非装着時に 33 ± 4 cm, 装着時に 36 ± 4 cm であった。⑤ 歩幅は非装着時に 47 ± 9 cm, 装着時に 50 ± 8

図 5 ▶

各計測項目結果

(1)~(4)について、有意差(p<0.05)を認めた

(1) p=0.008, (2) p=0.036, (3) p=0.037, (4) p<0.001

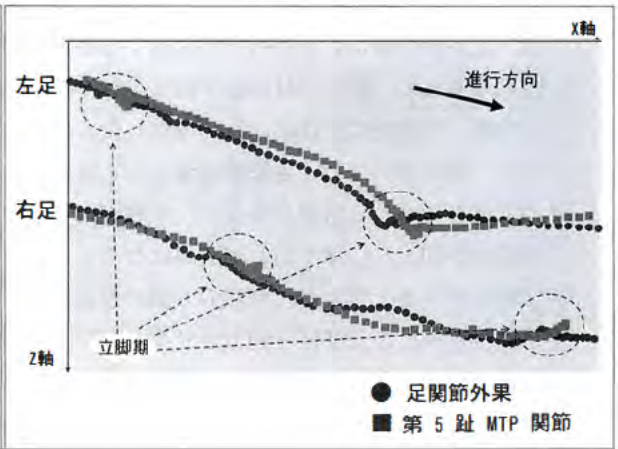
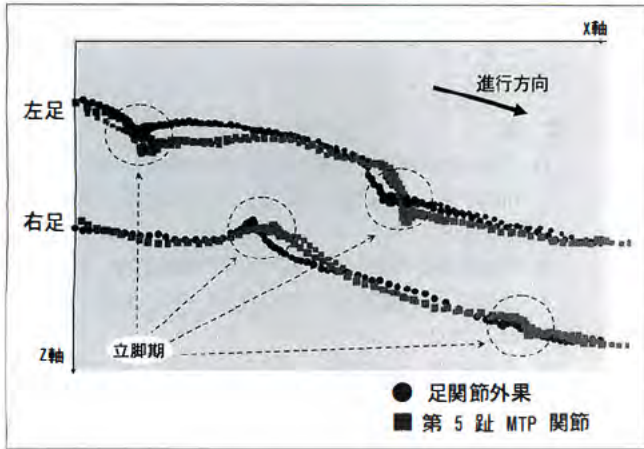
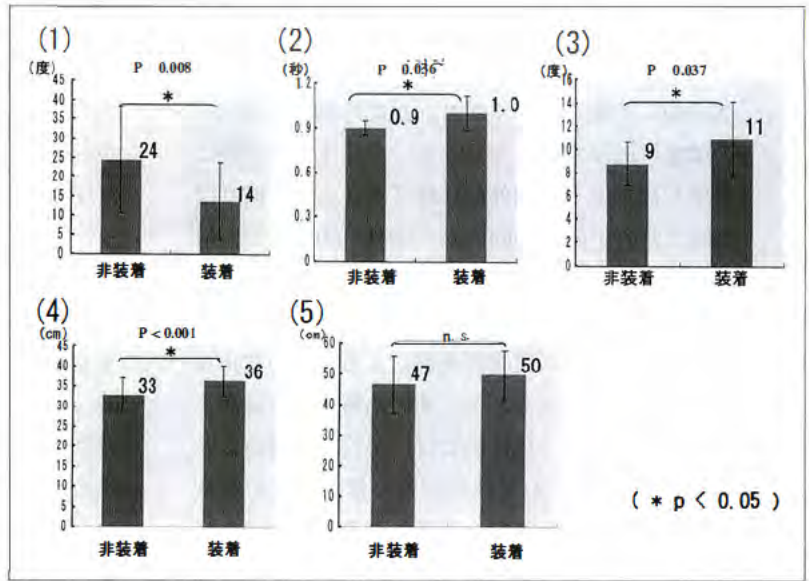
▼図 6.

a|b

上から見た足底板非装着時(a)と装着時(b)の歩行の軌跡(XZ座標)

a: 遊脚期での足部の振り回し、立脚期での足部の大きなおれを認めた

b: 遊脚期の足部の振り回しが減少し、立脚期の足部のおれが減少した



cmであった。①~④の項目では統計学的有意差を認めた(図5)。

症 例

5歳2か月の男児。足底板装着期間は1年3か月であった。歩行を上から見た軌跡(XZ座標)では、足底板非装着時に遊脚期の足部の振り回しと、立脚期での足部歩行角の大きな変化を認めた。これに対して、装着時には遊脚期の足部の振り回しが減少し、立脚期の足部歩行角の変化が減少した(図6)。

考 察

内旋歩行を有する幼小児は、歩行時や走行時に容易に転倒することが多い。その原因として、生後の大腿、下腿の内捻残存や足部の内転、下肢筋力発達の不均衡などが考えられる。歩行の特徴と

して、遊脚期の足部の振り回しと立脚期の足部の過度の内転があり、これらによって歩行時に足がもつれて、容易に転倒する。通常、成人の歩行では次の特徴が明らかになっている。ひとつは、踵部で接地し、重心が足部外側、中足骨骨頭を移動し、最後に母趾末節部荷重で離床することである²⁾。もうひとつは、立脚期前半に、接地と同時に距骨下関節が回内することにより、ショパール関節の可動性が増して、衝撃吸収の役目を果たすに対し、立脚期後半では距骨下関節が回外し、ショパール関節が固定された状態になり、蹴り出しが容易になることである¹⁾³⁾。筆者らは、これらの特徴が小児の歩行にもあてはまると仮定し、足底板によって足部の安定性が得られた機序を推察した。すなわち、内旋歩行を有する小児において、立脚時に足部外側から母趾へと容易に体重移動を

できなかったものが、足底板を装着することで足部内側に荷重しやすくなり、足部外側から母趾への体重移動が容易になりうる。そして、立脚時に足部を通常よりも回外位に保てることで、蹴り出し時に距骨下関節の回内から回外への移行が円滑になり、足部の安定性を獲得しうると推察した。上記の機序を今回の歩行解析で定量化することは困難であったが、足底板装着による歩行の変化を客観的に評価することで、その治療効果を確認することができた。具体的には、足底板装着時における①立脚期での足部歩行角の最大変化の有意な減少、②一歩行周期の有意な延長、③両肩の傾斜角の有意な増大および④遊脚期での膝最大挙上値の有意な増加であった。この①と②の結果は、足底板装着による進行方向に対する歩行の安定化と考えた。③は下肢の振り回し歩行を制動した結果、代償性に上体のぶれが増加したものと考えた。④については、足底板装着による膝の高さの上昇も考慮する必要があるが、立脚期の足部の安定性が向上し、蹴り出しが容易になったことに関連していると考えた。今回の6例の患児では、足底板が歩行の安定性を向上させることで、易転倒性の防止に有効に作用しているものと考えた。足底板は、内旋歩行で易転倒性を有する小児全例

に有効であるとは言えないが、易転倒性が自然軽快するまでの、有効な治療法のひとつであることが明らかになった。今後、足底板の効果がなかった症例の検討も必要と考えている。

まとめ

三次元歩行解析システムを用いて、内旋歩行による易転倒性を有する小児を対象に足底板装着時、非装着時での歩容の比較を行った。足底板装着によって有意に立脚期での足部歩行角の最大変化の減少、一歩行周期の延長、肩の傾斜角の増大および遊脚期での膝の最大挙上の増加を認めた。足底板には歩行の安定性を向上させることで、易転倒性を防止する効果があり、有効な治療法のひとつであると考えた。

文 献

- 1) Matsusaka N : Control of the medial lateral balance in walking. Acta Orthop Scand 57 : 555-559, 1986.
- 2) 高倉義典, 北田 力(編) : 足の機能解剖. 改訂版図説足の臨床, メジカルビュー社, 東京, 20-21, 2002.
- 3) 高倉義典, 山本晴康, 木下光雄(編) : 足の生体力学. 足部診療ハンドブック, 医学書院, 東京, 16-17, 2000.

Abstract

Gait Analysis of Toe in Gait Children with Easily Falling Down and Effect of Inner Wedge Insole

Hisashi Mouri, M. D., et al.

Department of Orthopaedics, Graduate School of Medical Science,
Kyoto Prefectural University of Medicine

Gait analysis was performed for six toe in gait children (two boys and four girls) treated with a 5 mm thick inner wedge insole to help prevent them from easily falling down. The 3 dimensional gait analysis system was used to investigate the effectiveness of the insole. Their mean age at wearing the insole was 4 years 5 months, and their mean age at analysis was 5 years 4 months. Markers were put on both shoulders, greater trochanters, knees, ankles, and fifth metatarsuses. Five cameras were used to take pictures of each child while walking straight, and the markers were recorded and analysed. The largest change in foot progression angle (FPA) in the stance phase, one gait cycle, tilt angle of both shoulders, the highest knee raising position, and step length were measured and compared with and without insole. Using the insole resulted in a significant decrease in the largest change of FPA, increase in gait cycle, tilt angle of both shoulders, and in the knee raising position. The inner wedge insole was effective to prevent falling down, through stabilizing gait.