

内的要因（解剖的）

井口 傑

Anatomical pathogenesis of the hallux valgus

Key words : anatomy, biomechanics, hallux valgus, pathogenesis

はじめに

本邦では外反母趾は少ないといわれてきたが、近年、生活や履き物が欧米化するにつれて、急増している¹⁾。外反母趾は靴を履く人々、とくにハイヒールを履く女性に多く、その主な原因は靴にあるとされてきた。しかし、ファッショナブルなハイヒールを常用しても外反母趾にならない女性も少なくない。また、裸足で生活し一生漣靴を履かない民族のなかにも、外反母趾が発生することが知られている²⁾。著者も、めったに靴を履かない中年男性の板前に著明な外反母趾が発生した症例を経験している。そこで、外反母趾に関係する解剖とバイオメカを中心に、外反母趾発生の内的要因について述べる。

運動と肢位

足と手の運動と肢位の表示はよく似るが、内側、外側が逆なため、混乱の原因となる。人体の肢位を表す基本肢位で、足は足背を手は手掌を前面に向ける。したがって、足では脛骨側すなわち母趾側が内側、手では尺骨側すなわち小

指側が内側となる。また、足では第2趾が中心で、これに近づく運動が内転、遠ざかる運動が外転である。したがって、母趾は母趾の外側にある内転筋で内転し外反位をとり、内側にある外転筋で内反位をとる。回内、回外は手と同様で、足底が地面に着いた状態から母趾側が離れるのが回外、小趾側が離れるのを回内という。回外、底屈、内旋の複合運動が内返し、回内、背屈、外旋が外返しとなる。

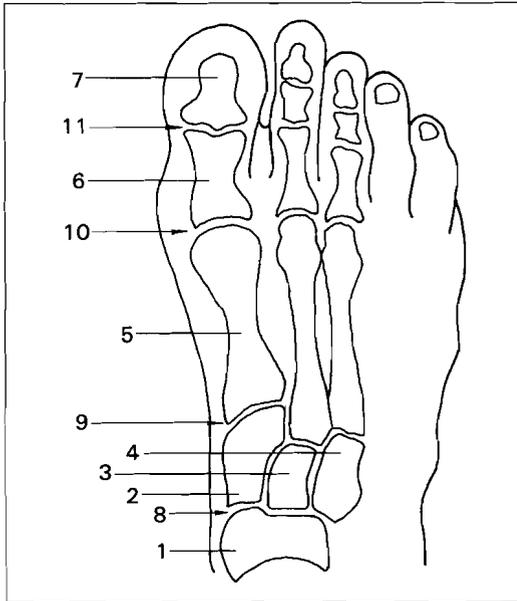
解剖¹⁾

母趾は母趾球で足の縦アーチ、横アーチの一脚を形成し、踵、小趾球とともに三点支持の一点として体重を支え、歩行に際しては離床時 (toe off) に体を前方に加速する重要な働きをもつ。

内側縦アーチを形成する母趾列は、要となる舟状骨から前方に内側楔状骨、第1中足骨、母趾基節骨、末節骨が並び、それぞれ舟楔関節 (cuneonavicular joint)、Lisfranc関節の第1足根中足関節 (tarometatarsal joint : TM関節と略す)、母趾中足趾節関節 (metatarsophalangeal joint ; MTP関節と略す)、母趾趾節間関節 (interphalangeal joint ; IP関節と略す) で連結している (図1)。第1TM関節はやや内側を向いた曲率の大きな橢円関節でわずかに可動性をもつ。母趾MTP関節も橢円関節であるが可動性は大きく屈曲が35度、伸展は60度に達し、外転も20度程度可能である。MTP関節の側副靭帯は偏心性に付着し背屈位では弛緩するので、背屈位では内外側への不安定性が増す。母趾中足骨

S. Inokuchi : 慶應義塾大学医学部整形外科

図1

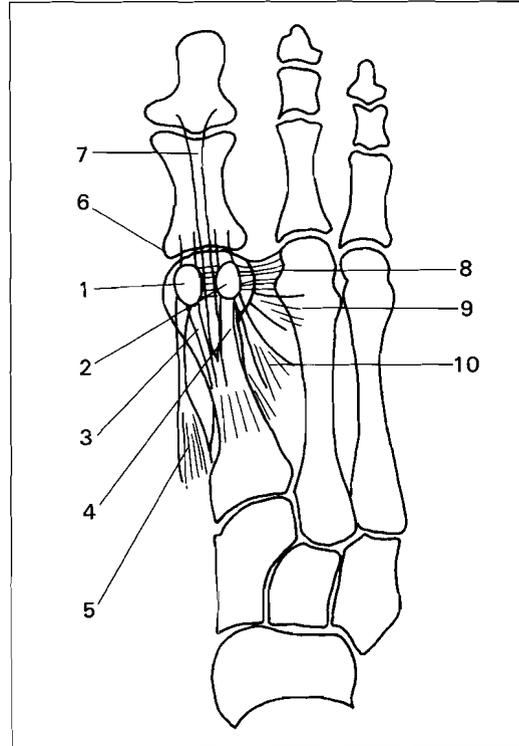


1：舟状骨，2：内側楔状骨，3：中間楔状骨，4：外側楔状骨，5：第1中足骨，6：母趾基節骨，7：母趾末節骨，8：舟楔関節，9：第1足根中足関節，10：母趾中足趾節関節，11：母趾趾節間関節。

骨頭の足底側は、中央を縦走る稜 (crista) で内外に二分され、内側、外側の種子骨に対向する浅い溝状の関節面をもつ。IP関節も橈円関節で、60度の屈曲が可能であるが伸展は0度である。

背側には長母趾伸筋腱が走り末節骨基部に停止する。基節骨基部で長母趾伸筋腱は背側腱膜と帽靱帯 (hood ligament) で蹠側板に固定され、長母趾伸筋腱の内側には短母趾伸筋腱が停止する。底側には長母趾屈筋腱が末節骨基部に停止し、短母趾屈筋腱はその両側で内側、外側種子骨を介して基節骨基部に停止する。母趾外転筋は内側種子骨を介して、母趾内転筋斜頭、横頭は外側種子骨を介してそれぞれ基節骨基部に停止する (図2)。基節骨近位関節面は中足骨骨頭の関節面に比べ小さい。MTP関節包は背側が薄く、側面は厚く、底側には底側繊維軟骨があり内側、外側種子骨は容れている。骨頭側面と種子骨は種子骨靱帯で結ばれ、種子骨同士は種子骨間靱帯で結合される。種子骨と基節骨基

図2



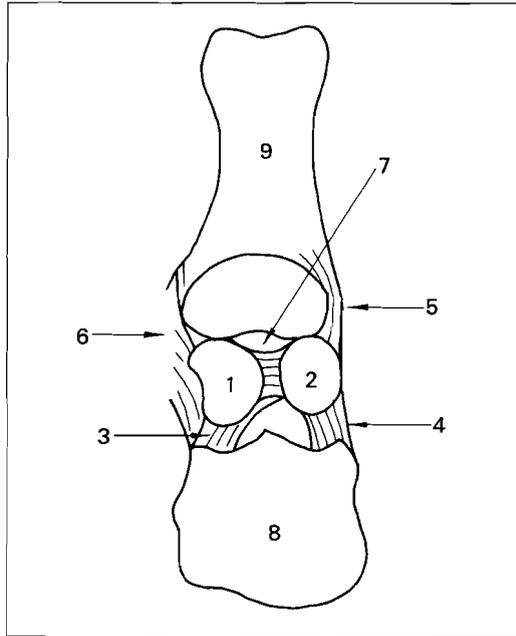
1：内側種子骨，2：外側種子骨，3：短母趾屈筋腱内側頭，4：短母趾屈筋腱外側頭，5：外転筋，6：横種子骨間靱帯，7：長母趾屈筋腱，8：深横中足骨間靱帯，9：内転筋横頭，10：内転筋斜頭。

部は厚い繊維軟骨の蹠側板で結合するので、種子骨は基節骨と一緒に動き、中足骨との間は柔軟な関節包で連結する。この底側には長母趾屈筋腱の腱鞘があり、深横中足骨間靱帯で第2趾の屈筋腱腱鞘と強固に連結している (図3, 4)。

外反母趾の病態

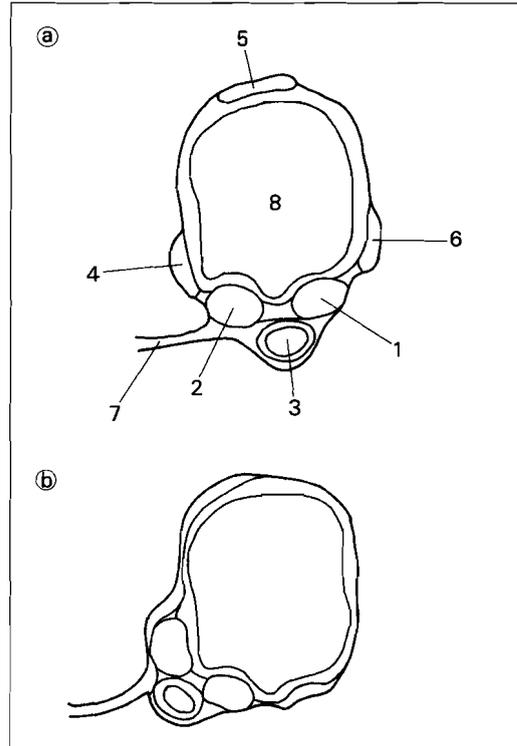
外反母趾では母趾は外反、回内し、基節骨と中足骨のなす角度を外反母趾角という。第1中足骨はTM関節で内反し中足骨骨頭は内側に移動するが、MTP関節の種子骨は元の位置に止まるので相対的には骨頭の外側に転位している。内側のMTP関節包と側副靱帯は厚く短縮、外側は菲薄化して伸展している。内転筋斜頭、横頭には拘縮があり、外転筋は弛緩し伸展している。

図3 母趾趾節種子骨機構



母趾MTP関節背側関節嚢を切除し関節を屈曲した状態。1：内側種子骨，2：外側種子骨，3：内側中足種子骨靱帯，4：外側中足種子骨靱帯，5：外側短種子骨趾節靱帯，6：内側短種子骨趾節靱帯，7：横種子骨間靱帯，8：第1中足骨骨頭，9：母趾基節骨。

図4 第1中足骨骨頭部横断面



④：正常，⑤：外反母趾で種子骨は外側に転位。1：内側種子骨，2：外側種子骨，3：長母趾屈筋腱，4：内転筋腱，5：長母趾伸筋腱，6：外転筋腱，7：深横中足骨間靱帯，8：第1中足骨骨頭。

MTP関節内側の皮膚は胼胝となり，その下には大きな壁の厚い滑液嚢があり，しばしば炎症を起こしている。背側固有趾神経はMTP関節内側で圧迫により扁平となり菲薄化し癒着している。中足骨骨頭の内側には骨性の胼胝形成があり，突出部は骨頭の関節軟骨と溝で境界されている。前足部全体として回内し，横アーチが崩れて開排扁平足の変形が多くみられる。とくに第1中足骨は外転し，第2中足骨となす角度，M1M2角が増大している。

外反母趾の発生機序

外反母趾を荷重により生じた母趾外反が脱重により元の間位に復帰する代償期，荷重を除いても母趾が外反位にある非代償期，筋力により外反が強くなる増悪期，MTP関節が垂脱臼する終末期に分けて考える（表1）。

表1 外反母趾の進行段階

正常	母趾球への荷重
	↓
代償期	第1中足骨の内反
	↓
非代償期	母趾の外反
	↓
増悪期	屈筋腱による外反の増強
	↓
終末期	母趾MTP関節の垂脱臼

正常なMTP関節（図1）

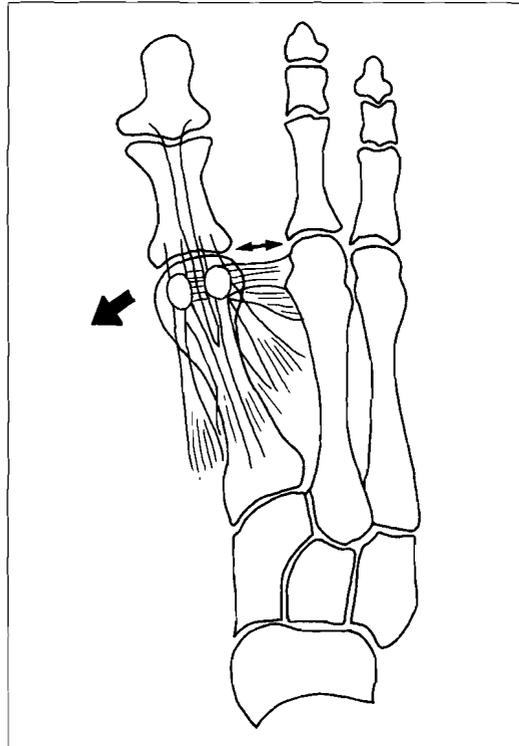
歩行周期の接地期後半には，荷重は踵から小趾球を経て母趾球に移動する。このとき，足関節は背屈，足部は回外し，内側に集中した荷重と蹴り出しの力により，趾列は開排，第1中足

骨は外転する。立ち上がりなど他の日常動作においても同様であり、前足部に荷重する場合にはいつでも第1中足骨を外転させる力が働く。前足部に重心がかかるときに趾列が開排するのは安定性を増し合目的である。

これに拮抗する力には、動的に働く内転筋と静的に働く深横中足骨間靭帯がある。内転筋は斜頭と横頭のいずれも外側種子骨を介して基節骨基部外側に停止し、基節骨を内転させるが、内側の関節包や側副靭帯により基節骨の内転が制限される場合には、第1中足骨を内転させることができる。また、第2趾により母趾の内転が阻止され、末梢に支点ができると、内転筋は第1中足骨を内転する。外転筋は内転筋に拮抗するが、各々が種子骨に付着する角度が異なるので、基節骨が内外半中間位で均衡した場合、中足骨骨頭の回転中心に対してはバランスがとれても、TM関節に対しては中足骨が内転する力のベクトルが残るので、荷重による中足骨を外転する力に拮抗しうる。しかし、いずれの場合にも、種子骨、基節骨、関節包、側副靭帯などを介して中足骨遠位部に力が伝達されるので、関節周囲軟部組織の弛緩が生じると中足骨を内転することは困難となり、もっぱら基節骨を内転し外反させることになる。

一方、深横中足骨間靭帯は長母趾屈筋腱鞘に付着し、繊維軟骨性の蹠側板を介して中足骨を錨止している。靭帯の付着が足底方向に偏位しているため、中足骨を外転させる力が作用するとき、反力として働く力は単に内転力だけでなく基節骨を回内するベクトルを生じ、母趾を回内する。内転筋も同様に母趾を回内する作用をもち、これに対して外転筋は内側種子骨に停止するので外転ばかりでなく回外作用をもつが長軸に対する付着角度が浅いため十分に拮抗しえない。このように、MTP関節周囲の軟部組織と母趾外転筋が正常に機能している場合には、母趾内転筋と深横中足骨間靭帯が体重負荷による中足骨を外転する力に拮抗して均衡を保っている。

図5 外反母趾の発生機序



荷重により第1中足骨は内転するが、内外転の均衡は保たれ母趾は中間位にある。

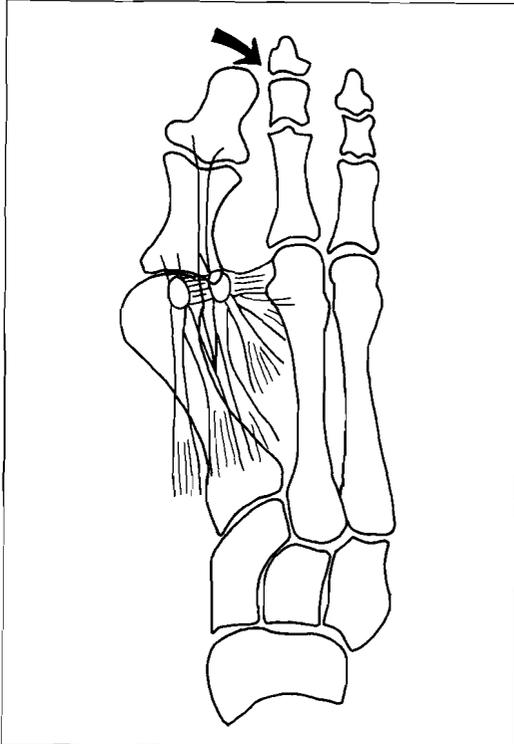
代 償 期 (図5)

第1中足骨の内反 (metatarsus primus varus) は外反母趾発生の要となる重要な因子である。すなわち、なんらかの原因で第1中足骨の内反が生じると、その原因が何であれそれ以降は一定の機序により外反母趾が進行していくと考えられる。また、第1中足骨の内反を伴わない外反母趾はごく限られた特殊なものである。

第1中足骨の外反の原因には、体重や活動性の増加から外反扁平足や回内足まで、母趾球部への絶対的、相対的な荷重の集中と増大があり、またTM関節、MTP関節の過剰可動性、内転筋や外転筋の筋力低下があげられる。

なんらかの原因で内転筋や外転筋の機能が低下したり、MTP関節の周囲組織が弛緩すると、

図6



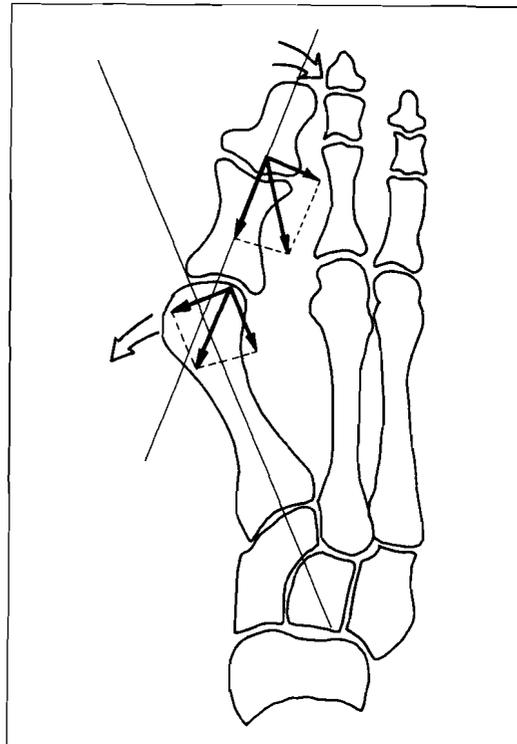
母趾MTP関節外側の軟部支持組織が弛緩し、母趾は内転し種子骨は外側に転位する。

前述した内転筋や深横中足骨間靭帯の第1中足骨を元の位置にとどめる力が減少する。すると体重負荷による中足骨に対する外転力が優位となり、第1中足骨が外転し内反する。このとき、種子骨、長母趾屈筋腱鞘、蹠側板などの蹠側機構は深横中足骨間靭帯と内転筋で元の位置に鑑止されるので、種子骨を含む蹠側機構と強く結合した基節骨は内転回内し外反、回内位をとり、外反母趾が発生する。しかし、初期には荷重を除けば内転筋や伸筋屈筋の内転作用により正常な肢位に復帰する。

非代償期 (図6)

初期には代償されて正常な位置にまで戻っていても、常に母趾の外反が強制されていたり、関節の炎症などで関節周囲組織が減弱していくと、内転筋による代償作用が弱まって、第1中

図7



母趾MTP関節は脱臼し、母趾は第2趾の下に潜り込む。

足骨が内反したままとなり、非代償期に入っていく。この時期には第1中足骨が内反した分だけ基節骨は内反する。程度の差はあれ種子骨や屈筋腱、伸筋腱は中足骨骨頭部に止まり、基節骨を内反させる力は内転筋であり、屈筋腱、伸筋腱の力はまだまだあまり関与しない。

増悪期 (図7)

本来、屈筋腱も伸筋腱もMTP関節の底背屈の可動域面に含まれ、内外転のベクトルをもたない。しかし、さらに第1中足骨の内反と関節支持組織の脆弱化が進み、中足骨骨頭が内側に移動するのに対して、屈筋腱や伸筋腱が蹠側機構とともに元の位置にとどまるので、骨頭に対して相対的に外側に転位する。MTP関節の矢状面から外側に、はずれた屈筋腱と伸筋腱は、MTP関節において母趾を内転するベクトルを生じ

る。この内転ベクトルは屈筋、伸筋の張力に長軸となす角度の正弦を乗じた大きさなので、張力が一定でも外反母趾角が増えると増加する。また、余弦を乗じた長軸上の圧迫力は中足骨骨頭を押し、これにさらに外反母趾角の正弦を乗じた中足骨の外転ベクトルを生む。すなわち、外反母趾角が増加するに従って、母趾節の内転力と中足骨の外転力が増加するという悪循環に陥る。また、外反母趾角が増加すると、内側種子骨に停止する外転筋の作用は減弱し、逆に外側種子骨に停止する内転筋の作用効率は増加するので、外反母趾を進行させる。外反母趾が進行し内側の側副靭帯や関節包が弛むと、基節骨から第1中足骨に内転力を伝達することが不可能となり、もはや体重負荷による第1中足骨の内反を阻止する力はなくなり、外反母趾は増悪の一途をたどる。

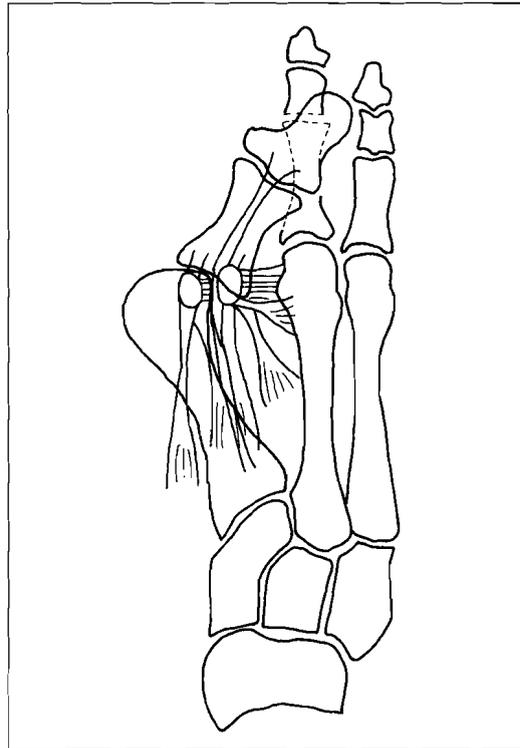
終末期 (図8)

悪循環に陥った外反母趾も第2趾に阻まれて一時その進行を緩めるが、ついには第2趾の下に潜り込みさらに進行する。最終的にはMTP関節で基節骨が外側に亜脱臼し、回転中心を失って内転方向のベクトルが消失し、外反母趾の進行は停止する。しかし、その間外側趾列にまで外反変形は波及し、第2趾、ときには第3趾まで外反母趾に押し上げられてMTP関節が背側脱臼する。また、伸筋、屈筋、内転筋、外転筋のいずれも生理的緊張を失い機能不全に陥る。このように、外反母趾の終末期では、単に母趾の外反変形と疼痛にとどまらず、前足部の荷重に対する負荷能力が著しく障害される。

その他の原因、促進要因

以上の第1中足骨の内反に始まりMTP関節の亜脱臼に終わる外反母趾の進行過程において、常に促進的に働くのはMTP関節、TM関節を中心とした関節の周囲軟部支持機構の脆弱性、破綻に基づく過剰な可動性である。Ehlers-

図8 外反母趾における長母趾屈筋腱の作用



末節骨における長母趾屈筋腱の張力は趾節骨の内転力と長軸の圧迫力となる。さらに圧迫力は中足骨骨頭に働き、中足骨の内転力と長軸の圧迫力となる。

Danlos症候群や慢性関節リウマチ関節など全身的に過剰な可動性、不安定性を生じる疾患はもちろん、種々の局所的関節炎、変形性関節症、外反母趾自体のMTP関節内側の滑液囊炎など関節周囲の炎症など、関節に不安定性をもたらす疾患は外反母趾を促進する³⁾。

外転筋の筋力低下も外反母趾の発生原因の一つである可能性もあるが、それだけで外反母趾が発生するとは考えにくく、前述したごとく第1中足骨の内反を介して関与すると考えられる。

また、中足骨骨頭の水平面における曲率が小さいと外反母趾になりやすいとされているが、これは同じ外反角度であれば曲率が小さいほど移動距離も短いので、内側関節包や側副靭帯の抵抗が少ないためであり、促進要因である。

外反母趾は遺伝性疾患ではないが、家族内発

生の傾向は強く、いわゆる遺伝的要因を認めている。とくに、ハイヒールなどの外的要因の関与の少ない若年性の外反母趾にはこの傾向が強い。しかし、外反母趾に遺伝性があるというより、外反母趾の発生や増強に関与する解剖学的要因、特徴が親子で似る、履き物を中心とした生活様式、環境が似るという類のものであろう。

従来、母趾が第2趾より長いのをエジプト型、短いのをギリシャ型とよび、エジプト型は靴を履いた際に母趾の先が押されて外反し、外反母趾になりやすいとされているが、発生機序からは考えにくく、両者の明らかな相関を示した報告も少ない³⁾。小さな靴をむりやり履かなければ、第1中足骨の内反は起こらないので、母趾から小趾まですべての趾が外反するような靴や、第2趾の下に母趾が潜り込むような靴を常用しないかぎり、促進要因になっても原因とはならない。

特殊な原因としては、第2趾の切断や欠損がある。この場合には第2趾による母趾の外反阻止作用が欠如するので、第1中足骨の内反がなくてもなんらかの原因で母趾が内転すれば外反母趾の過程が進行する。また、脳性麻痺など神

経・筋疾患でアキレス腱拘縮により外旋底屈の傾向があると母趾列の負荷が増大し、第1中足骨の内反を起こす。後脛骨筋腱の断裂による著明な外反足も同様に母趾列の負荷が増大し、第1中足骨の内反を起こす。

ま と め

外反母趾の発生機序を進行段階で分けて検討した。内的な原因としては、荷重による第1中足骨の内反が関節支持機構の破綻により非可逆化することが最も重要である。

■文 献

- 1) Kato, T., Watanabe, S. : The etiology of hallux valgus in Japan. Clin. Orthop., 157 : 78, 1981.
- 2) MacLennan, R. : Prevalence of hallux valgus in a neolithic New Guinea population. Lancet, 1 : 1398, 1966.
- 3) Mann, R. A., Coughlin, M. J. : Surgery of the foot and ankle. St. Louis, 1993.
- 4) Sarrafian, S. K. : Anatomy of the foot and ankle. Philadelphia, 1993.