

Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA
PRESIDENTE: *Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi*

TESI DI LAUREA

Il trattamento conservativo dell'Alluce Valgo: revisione della letteratura.

Conservative treatment of Hallux Valgus: a literature review.

RELATORE: Prof. Volpe Giovanni

LAUREANDO: Allegri Marco

Anno Accademico: 2021/2022

Indice

<u>Riassunto</u>	3
<u>Introduzione</u>	4
<u>Anatomia funzionale</u>	5
Anatomia fisiologica dell'alluce.....	5
Anatomia patologica dell'Alluce Valgo.....	7
<u>Biomeccanica</u>	10
Sviluppo del Hallux Abducto Valgus.....	13
Sviluppo del Metatarsus Primus Adductus.....	14
<u>Fisiopatologia dell'Alluce Valgo</u>	16
Generalità.....	16
Cause.....	16
Epidemiologia.....	16
Patogenesi e Progressione.....	16
Classificazione.....	17
Trattamento.....	18
<u>Materiali e metodi</u>	19
Banche dati.....	19
Disegno dello studio.....	19
Parole chiave.....	19
Criteri di inclusione/esclusione.....	19
Elaborazione dei risultati.....	19
<u>Risultati</u>	20
<u>Discussione</u>	29
Tossina Botulinica.....	29
Ortesi.....	30
Taping.....	31
Terapia Manuale.....	32
Scarpe minimaliste.....	32
Combinazione di più trattamenti.....	33
<u>Conclusione</u>	35
<u>Bibliografia</u>	36

Riassunto

Introduzione: L'Alluce Valgo è la deformità del piede più comune tra gli adulti, che ricorrono sempre più spesso all'operazione chirurgica per correggere questa deviazione del primo dito. Tuttavia, in letteratura sono riportate complicanze post-chirurgiche (accorciamento del primo raggio, osteonecrosi, Hallux Varus, recidiva) in circa il 50% dei casi. Questa ricerca si pone quindi l'obiettivo di verificare se esiste un trattamento conservativo per l'alluce valgo in modo che il paziente possa evitare l'operazione chirurgica.

Materiali e metodi: La ricerca si è articolata attraverso tre banche dati: PubMed, PEDro, Cochrane Library, ed è stata condotta tra maggio e agosto 2022. Gli articoli sono poi stati divisi in base alle diverse categorie d'intervento e sintetizzati in tabelle per facilitarne la discussione.

Risultati: La revisione comprende 24 articoli riguardanti il trattamento conservativo di alluce valgo, poi divisi nelle seguenti categorie: *Tossina Botulinica* (2 articoli), *Ortesi* (7 articoli), *Taping* (7 articoli), *Terapia Manuale* (2 articoli), *Scarpe minimaliste* (2 articoli), *Combinazione di più interventi* (4 articoli).

Conclusioni: In generale, tutti i trattamenti analizzati in questa revisione hanno portato benefici e hanno permesso di stilare un protocollo che potrebbe essere una valida soluzione per i pazienti che preferiscono evitare l'operazione chirurgica.

Abstract

Background: Hallux Valgus is the most common foot deformity among adults, who increasingly resort to surgery to correct this deviation of the first toe. However, post-surgical complications (shortening of the first ray, osteonecrosis, Hallux Varus, recurrence) are reported in the literature in about 50% of cases. This research therefore aims to verify if there is a conservative treatment for hallux valgus so that the patient can avoid surgery.

Methods: The research was divided into three databases: PubMed, PEDro, Cochrane Library, and was conducted between May and August 2022. The articles were then divided according to the different categories of intervention and summarized in tables to facilitate their discussion.

Results: The review includes 24 articles regarding the conservative treatment of hallux valgus, then divided into the following categories: *Botulinum Toxin* (2 studies), *Orthoses* (7 studies), *Taping* (7 studies), *Manual Therapy* (2 studies), *Minimalist Shoes* (2 studies), *Combinated treatments* (4 studies).

Conclusions: In general, all the treatments analyzed in this review have brought benefits and have made it possible to draw up a protocol that could be a valid solution for patients who prefer to avoid surgery.

INTRODUZIONE

Gli esseri umani, in quanto unico primate bipede obbligato, hanno un piede altamente modificato rispetto agli altri. Il piede ha la funzione di sostenere e controllare la direzione del peso corporeo mentre cade in avanti durante la fase di appoggio del passo.^[1] Di grande importanza per la larghezza dell'avampiede e il ruolo stabilizzante del piede è la posizione e la funzione dell'alluce. La funzione principale dell'alluce è quella di dirigere il peso corporeo attraverso il piede nella direzione di marcia.^[2]

Il controllo neurale e muscolare indipendente dell'alluce ne sottolinea l'importanza nel camminare e nel correre in cui gli esseri umani sono specializzati.^{[3][4]} La struttura, la posizione e il controllo unici dell'alluce si sono evoluti per dirigere le forze associate alla camminata e alla corsa. Il disallineamento compromette il controllo del peso corporeo attraverso il piede, creando instabilità e carico dannoso al ginocchio. I piedi funzionali richiedono la piena espansione e l'impegno dell'alluce con il suolo.^[5]

La deformità dell'alluce valgo è una delle patologie più comuni osservate da un chirurgo del piede e della caviglia, con un'incidenza stimata del 23% negli adulti di età compresa tra 18 e 65 anni e del 35,7% nei pazienti di età superiore ai 65 anni.^[6] Per questi motivi, ma anche per motivi estetici, si ricorre sempre più spesso all'operazione chirurgica per correggerlo. Tuttavia, è stato riportato che le complicanze successive alla chirurgia per Hallux Valgus (accorciamento del primo raggio, osteonecrosi, Hallux Varus, recidiva) raggiungono il 50%, con una delle complicanze più comuni che è la recidiva. Ancora oggi non si hanno dati precisi: i tassi di recidiva variano in letteratura dal 2,7% al 16%. La causa della recidiva di alluce valgo è solitamente multifattoriale (come la patogenesi primaria dello stesso) e include fattori correlati al paziente, come predisposizione anatomica, non compliance rispetto alle istruzioni post correzione chirurgica, nonché fattori chirurgici come la scelta della procedura appropriata per correggere la deformità.^[7]

L'impatto dell'alluce valgo sul sistema sanitario è considerevole, in quanto è una delle condizioni più comuni trattate dai podologi e dai chirurghi ortopedici. Un'analisi sui dati di assistenza primaria ha rivelato che i medici di medicina generale in Australia incontrano circa 60.000 casi di alluce valgo ogni anno (un costo approssimativo di AU \$ 2,2 milioni), mentre circa 7.000 procedure chirurgiche di Hallux Valgus sono eseguite da chirurghi ortopedici nel settore privato per anno, ad un costo stimato di AU \$ 3 milioni. Tuttavia, questo dato non rende ancora l'idea dell'onere economico della chirurgia di Valgus Hallux, poiché molte procedure vengono eseguite anche negli ospedali pubblici e dai chirurghi podiatrici.^[8]

Lo scopo di questa revisione, dunque, data l'alta percentuale di complicazioni post-chirurgiche, è quello di verificare se il trattamento conservativo può essere un intervento valido e quali risultati si possono raggiungere con la fisioterapia, evitando così l'operazione chirurgica.

ANATOMIA FUNZIONALE

Anatomia fisiologica dell'alluce

L'articolazione metatarso-falangea differisce dalle articolazioni delle altre dita per la partecipazione delle ossa sesamoidi. Il primo metatarsale si articola distalmente con la falange prossimale dell'alluce e prossimalmente con il primo cuneiforme e – occasionalmente – con il secondo metatarsale. La testa del metatarso presenta una prominenza arrotondata, coperta da cartilagine, più larga della base della falange con cui si articola. Sulla superficie plantare si sviluppano due scanalature, separate da una cresta arrotondata (cresta intersesamoidale), per permettere ai due sesamoidi di articolarsi (Figura 1). I sesamoidi sono collegati alla superficie plantare dal tendine del flessore breve dell'alluce; sono poi interconnessi dal legamento intersesamoideo e stabilizzati da legamenti collaterali.^{[9][10]}

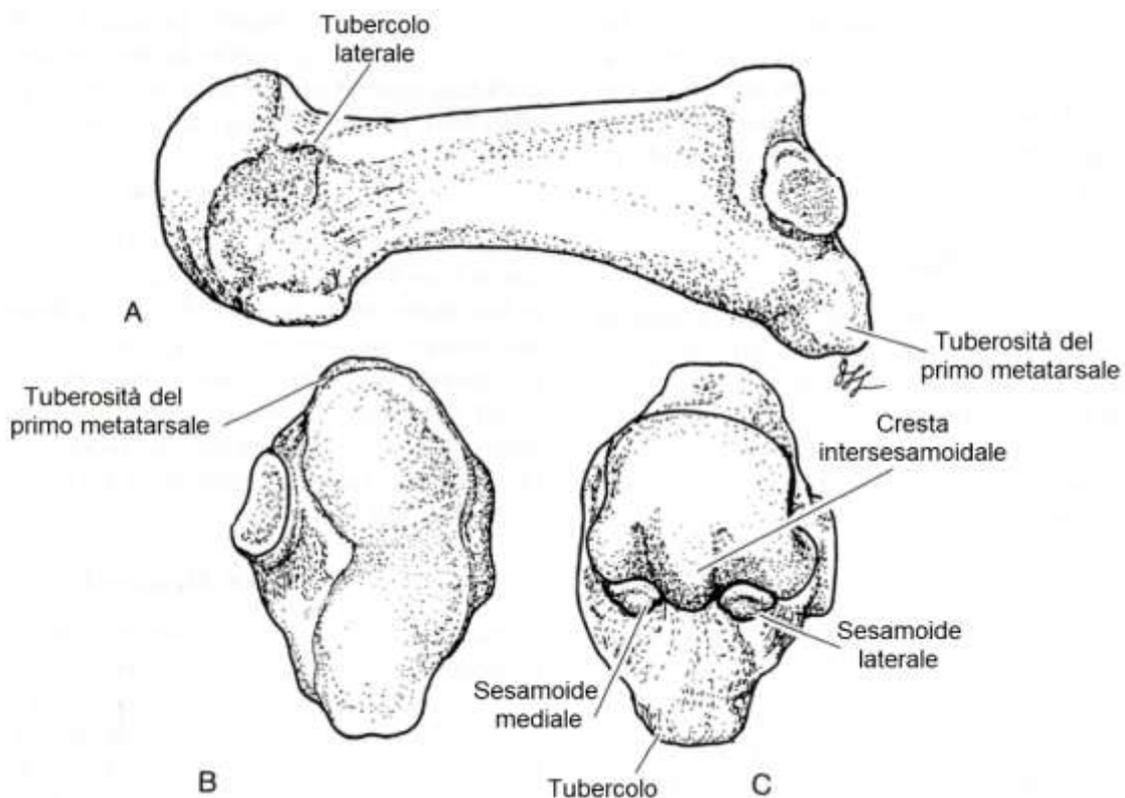


Figura 1. Caratteristiche strutturali del primo metatarsale. (A) Visione laterale. (B) Visione posteriore. (C) Visione anteriore.

Tutti i legamenti (descritti nella Tabella 1 e visibili nella Figura 2) e i tendini si fondono in un'unica massa fibrosa che è fortemente aderente a ciascun sesamoide.

Mentre le dita minori hanno due articolazioni interfalangee, l'alluce ne ha una sola. L'articolazione interfalangea è un ginglymo angolare che connette le due falangi: si instaura tra la troclea della testa della falange prossimale e la cavità glenoidea della base della falange distale. L'articolazione è completata dalla capsula articolare e dai legamenti interfalangeo plantare e i due legamenti collaterali.

Legamenti	Descrizione
Legamento Metatarso-falangeo plantare	Si attacca prossimalmente alla testa del metatarso e alla base della falange distalmente. Il legamento si estende plantarmente dal tubercolo mediale al tubercolo laterale lungo la superficie plantare dell'articolazione.
Legamenti Metatarso-sesamoidei	Parte del legamento metatarso-falangeo plantare; sono attaccati al metatarso prossimalmente ai sesamoidi distalmente.
Legamenti Sesamoide-falangei	Parte del legamento metatarso-falangeo plantare; si attaccano da ciascun sesamoide prossimalmente all'aspetto plantare della base della falange prossimale.
Legamento Intersesamoideo	Il legamento intersesamoideo è un piccolo legamento largo; le fibre legamentose si estendono dal sesamoide mediale a quello laterale.
Legamenti Metatarso-falangei accessori	Questa sezione del legamento metatarso-falangeo plantare si estende dai tubercoli mediali e laterali ai sesamoidi mediali e laterali.
Legamenti Collaterali	Prossimamente questi legamenti sono attaccati ai tubercoli sull'aspetto dorsomediale e dorsolaterale della testa del metatarso.
Legamento Metatarsale Trasverso Profondo	Questo legamento è in realtà un legamento intermetatarsale, ma è qui considerato per il suo ruolo nella stabilità della prima articolazione metatarso-falangea. La struttura del legamento tra la prima e la seconda testa metatarsale si divide in due lembi, tra i quali passa il tendine del muscolo adduttore dell'alluce (Figura 3)

Tabella 1. Descrizione dei legamenti che agiscono sulla prima articolazione metatarso-falangea

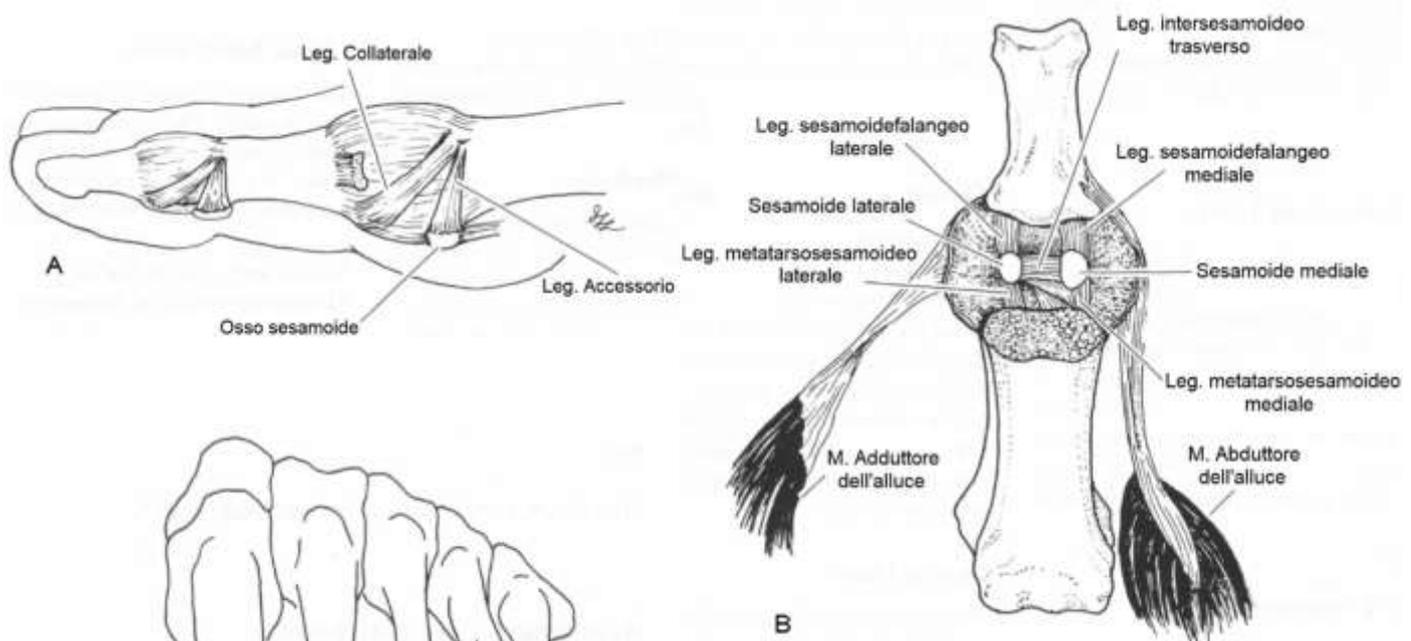


Figura 2 (sopra). Legamenti interessati nella prima articolazione metatarso-falangea. (A) Visione mediale. (B) Visione intra-capsulare. La testa del primo metatarsale è stata rimossa.



Figura 3 (a sinistra). Visione anteriore del legamento metatarsale trasverso profondo e del tendine del muscolo adduttore dell'alluce. Tra la prima e la seconda articolazioni metatarsali il legamento è diviso in due fasci, tra i quali passa il tendine dell'adduttore dell'alluce per inserirsi a livello della falange prossimale del primo dito.

Di seguito, la Tabella 2 sintetizza i muscoli che agiscono sul primo dito del piede.

Muscolo	Inserzioni	Innervazione
Estensore lungo dell'Alluce	Terzo medio della faccia mediale del perone; faccia dorsale della falange prossimale e base della falange distale	n. peroniero profondo (L4-S1)
Flessore lungo dell'Alluce	2/3 inferiori della faccia posteriore e margine laterale del perone; base della falange distale	n. tibiale (L5-S1)
Flessore breve dell'Alluce	Cuboide e Cuneiforme; porzioni mediale e laterale della base della falange prossimale	n. plantare mediale
Abduttore dell'Alluce	Tuberosità del Calcagno e fascia plantare; base della falange prossimale	n. plantare mediale
Adduttore dell'Alluce	Capo obliquo: Cuboide, III osso cuneiforme e II, III e IV metatarsali; base laterale della falange prossimale Capo trasverso: articolazioni metatarso-falangee del III, IV e V dito; base laterale della falange prossimale	n. plantare laterale

Tabella 2. Muscoli che interessano l'alluce.

Anatomia patologica dell'alluce valgo

Nell'alluce valgo il dito è spostato lateralmente e di solito è pronato sulla testa del metatarso, i sesamoidi sono spostati rispetto al dito e i legamenti sul lato mediale dell'articolazione sono allungati. Generalmente la testa metatarsale è caratterizzata da un assottigliamento della cartilagine sulla superficie articolare. I solchi per i sesamoidi possono essere colpiti da un fenomeno artrosico erosivo, il quale può interessare anche la cresta intersesamoidale (nella Figura 4 l'erosione riguarda solo il solco mediale e una piccola porzione di cresta). Una linea di piccoli osteofiti segue il margine articolare conferendo all'eminenza un peculiare aspetto squadrato che contrasta con il margine arrotondato dell'osso normale.

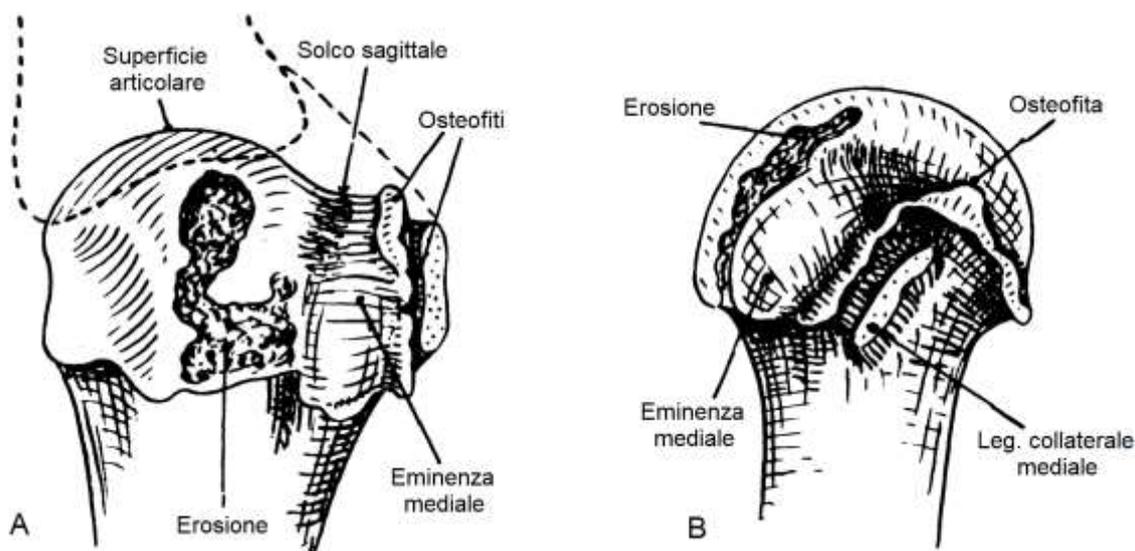


Figura 4. Testa metatarsale di un alluce valgo. (A) Visione inferiore. (B) Visione mediale.

I primi ricercatori credevano che l'eminenza mediale fosse una vera esostosi: Froriep (1834) suggerì che una deviazione primaria del dito allungasse e infiammasse i legamenti della zona mediale dell'articolazione metatarso-falangea, causando una crescita fibro-cartilaginea che alla fine si ossificava.^[11] Lane (1887), invece, considerava l'eminenza mediale non come una

nuova crescita, ma una parte del metatarso che prima si articolava con la falange, ma che con la deviazione laterale di quest'ultima diventava esposta.^[12] Nei casi lievi la cartilagine è ben conservata, ma col tempo l'eminanza mediale può perdere il suo strato corticale, esponendo una superficie irregolare dell'osso spugnoso.^{[13][14]}

Il legamento metatarso-sesamoideo mediale è solitamente ispessito dal momento in cui viene allungato, probabilmente in risposta all'aumento dello stress esercitato su di esso. Nei casi più gravi è sottile e ammorbidito, forse a causa di un'inflammazione cronica. Sembra probabile che finché il legamento è forte la pressione che esercita sulla testa metatarsale mantenga in salute l'eminanza su cui gioca, ma quando è infiammato e indebolito l'eminanza si atrofizza.

Nonostante la deviazione del primo metatarso nell'alluce valgo, le cartilagini della prima articolazione cuneo-metatarsale e i legamenti sono forti e consentono un range articolare normale. Edwald (1912), da uno studio radiografico, trovò che la deviazione in varo del è solitamente associata ad un'obliquità della superficie articolare del primo cuneiforme o, più raramente, ad una impostazione obliqua della base del metatarso.^[15] Payr (1894) sostenne che la presenza di una articolazione tra le basi del primo e del secondo metatarso, sebbene spesso descritta come una deformità normale, fosse in realtà una deformità acquisita dovuta alla deviazione mediale del primo metatarso. Il primo metatarso varo, infatti comporterebbe uno spostamento laterale della sua base, costringendola contro il secondo.^[16]

Anche nel piede normale il muscolo flessore lungo ed i due muscoli estensori sono posti alquanto obliquamente in modo da addurre l'alluce verso il secondo oltre alle loro azioni principali, in particolare quando l'alluce è già addotto, e quando i legamenti sono tesi questa componente di adduzione diventa molto forte. Il legamento collaterale mediale viene allungato (Figura 5) in modo tale che il tendine dell'estensore lungo sia spostato lateralmente e quando viene contratto non solo estende la punta, ma la adduce.

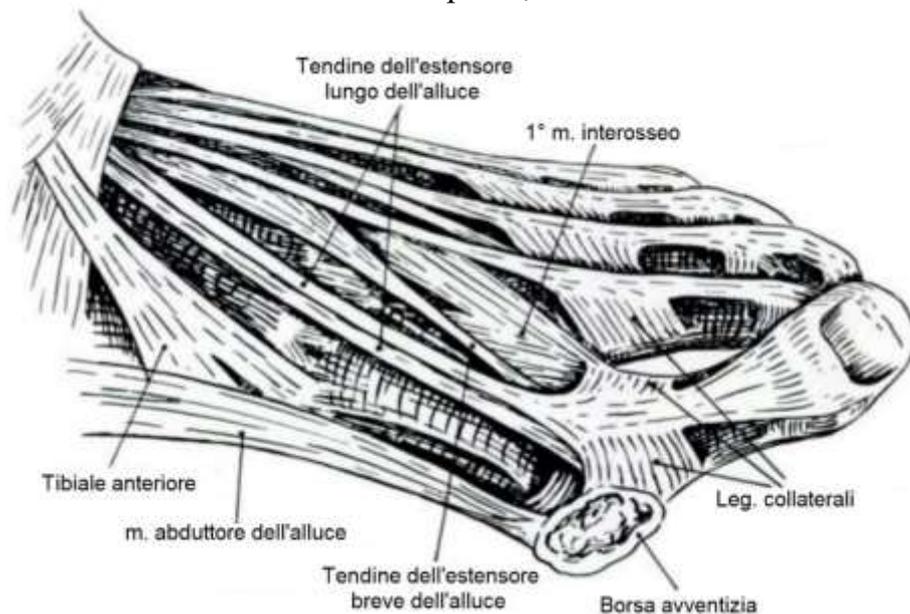


Figura 5. Visione dorsale dei muscoli del piede in un quadro di alluce valgo.

I sesamoidi sono molto spostati e l'abdotto dell'alluce tende a spostarsi sulla superficie plantare del metatarso perdendo così ogni potere di abduzione.^[17] Il tendine del flessore lungo si sposta lateralmente con i sesamoidi e ora funge da corda dell'arco attraverso l'angolo dell'articolazione in modo che la tensione di questo muscolo aumenti nuovamente il valgismo dell'alluce (Figura 6).

Girdlestone e Spooner (1937) affermavano che nell'alluce valgo la falange e i sesamoidi rimangono trattenuti dal lavoro dei muscoli adduttori, mentre la prima testa metatarsale si allontana senza controllo, poiché i muscoli sopracitati non si inseriscono sulla testa metatarsale, ma solo sulla falange.^[18] Nel piede normale c'è già una certa tendenza per la punta del piede a essere tirato in valgo, poiché i muscoli agenti sull'alluce hanno una risultante complessiva che determina l'abduzione del primo metatarso e l'adduzione delle falangi.^[19] Tuttavia, in quadro normale l'apparato legamentoso e i sesamoidi sono intatti questa tendenza non si realizza. Invece, una volta che la punta ha iniziato a muoversi, è probabile che la deformità sia progressiva.

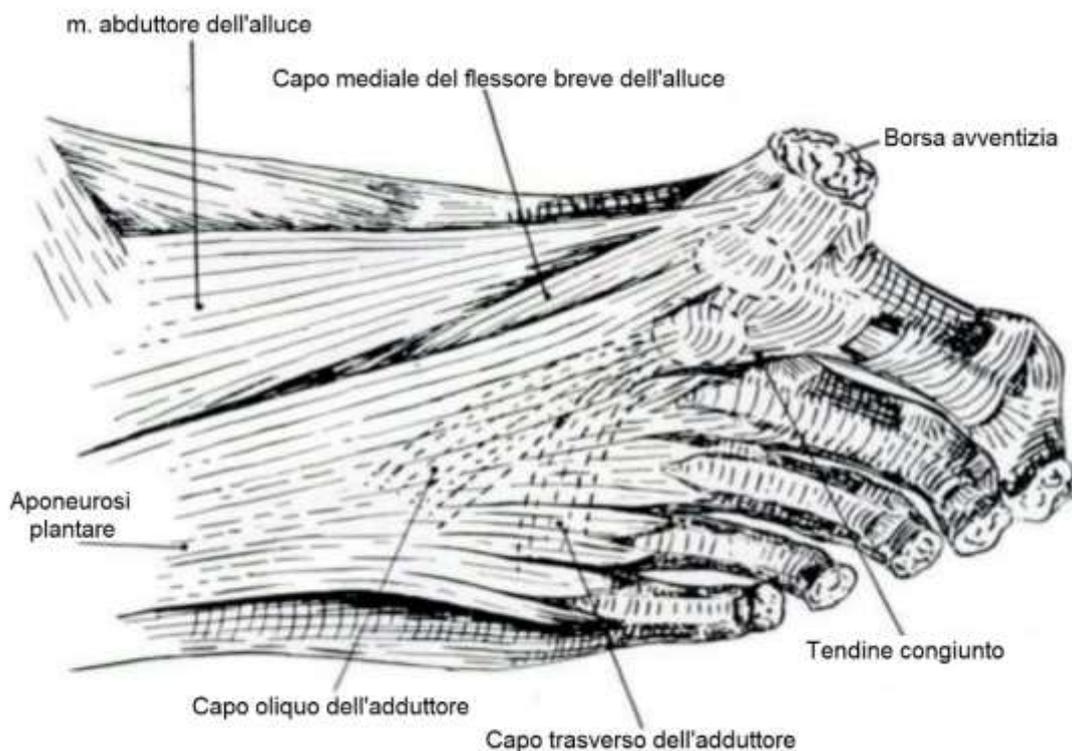


Figura 6. Visione plantare dei muscoli del piede in un quadro di alluce valgo.

BIOMECCANICA

Il movimento principale della prima articolazione metatarso-falangea è la dorsi-flessione sul piano sagittale. La testa metatarsale distale è sferica da un lato all'altro ed è leggermente a forma di spirale sul piano sagittale.^[20] Il raggio di curvatura della superficie articolare della falange da un lato all'altro è all'incirca uguale alla larghezza della testa metatarsale, consentendo così alla falange non solo il movimento di dorsiflessione, ma anche il movimento di abduzione-adduzione. Questi movimenti sul piano trasversale sono generalmente ridotti al minimo dai legamenti collaterali dell'articolazione e dai sesamoidi che occupano i loro solchi. Pertanto, affinché l'alluce possa abdure, i sesamoidi devono essere portati lateralmente, leggermente fuori dai loro solchi. Se i sesamoidi sono ben compressi nei loro solchi, l'articolazione è molto più difficile da abdure che se non c'è compressione tra i sesamoidi e i loro solchi. Quando l'alluce viene abdotto, il legamento del sesamoide laterale viene tirato a causa della compressione del sesamoide laterale nel suo solco e il legamento sesamoide mediale si allenta. Se la punta è in posizione dorsiflessa al massimo, entrambi i legamenti sono già tesi e il range di movimento in abduzione/adduzione è ridotto. Nessuno ha studiato a fondo il movimento sul piano trasversale nella prima articolazione metatarso-falangea; tuttavia, si presume che si verifichi attorno al centro di curvatura della testa metatarsale se vista sul piano trasversale, il che significa che questo asse verticale passerebbe direttamente tra i sesamoidi. Se questo è il caso, allora la forza dell'abducente dell'alluce in direzione plantare-mediale è combinata con una uguale forza dell'adduttore dell'alluce in direzione plantare-laterale (Figura 7). Una contrazione di entrambi i capi del flessore breve dell'alluce produrrebbe una flessione plantare diritta dell'articolazione, così come una trazione del flessore lungo dell'alluce e una trazione dell'estensore lungo dell'alluce; ciò si verifica perché tutti e tre producono

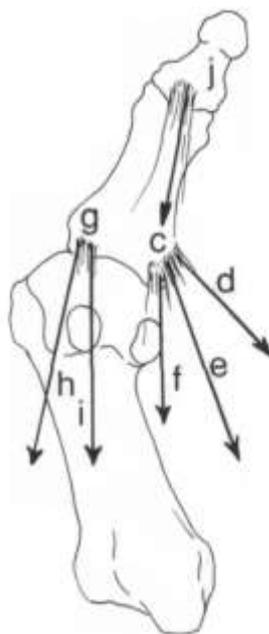


Figura 7. Forze vettoriali dei muscoli intrinseci plantari che agiscono sulla falange prossimale quando l'articolazione è in posizione abdotta. La figura mostra che vi è un significativo sovraccarico dei muscoli sul lato laterale. **c**, inserzione del tendine congiunto laterale; **d**, capo trasversale dell'adduttore dell'alluce; **e**, capo obliquo dell'adduttore dell'alluce; **f**, tendine laterale del flessore breve dell'alluce; **g**, inserzione del tendine congiunto mediale; **h**, abducente dell'alluce; **i**, tendine mediale del flessore breve dell'alluce; **j**, flessore lungo dell'alluce.

un vettore che passa direttamente attraverso l'asse verticale di movimento. Più è arrotondata la prima testa metatarsale, più l'asse verticale sarebbe vicino alla superficie articolare. Pertanto, piccoli spostamenti mediali o laterali nella prima testa metatarsale rotonda produrranno cambiamenti angolari maggiori rispetto alla prima testa metatarsale più piatta. A causa della forma a spirale della prima testa metatarsale sul piano sagittale, l'asse della dorsiflessione non rimane fisso. Quando la prima articolazione metatarso-falangea dorsiflette in una situazione di scarico, l'asse di movimento si sposta in modo circolare dal centro verso il distale, poi dorsale e infine disto-prossimale, producendo un'azione di scorrimento della superficie articolare.^[21] Tuttavia, quando il piede è in una situazione di carico, l'alluce rimane fisso e l'intero metatarso si solleva e ruota attorno ad un asse che si muove dalla superficie centrale in un arco che va da prossimo-inferiore a prossimo-superiore (Figura 8A). A causa dell'azione di scorrimento dell'alluce sulla falange, se il primo metatarso ruotasse esclusivamente attorno a questo asse rotolerebbe anche in avanti, producendo così una compressione anormale tra la falange prossimale e la testa metatarsale che indurrebbe un danno alle superfici articolari. Questa compressione anormale è evitata, dalla rotazione del metatarso attorno ad un asse prossimale in modo tale da muoversi prossimalmente, in direzione plantare (Figura 8B). Infatti, se all'avampiede viene impedita la flessione plantare, alla prima articolazione metatarso-falangea sarà impedita la dorsiflessione, anche quando non è in carico.^[22]

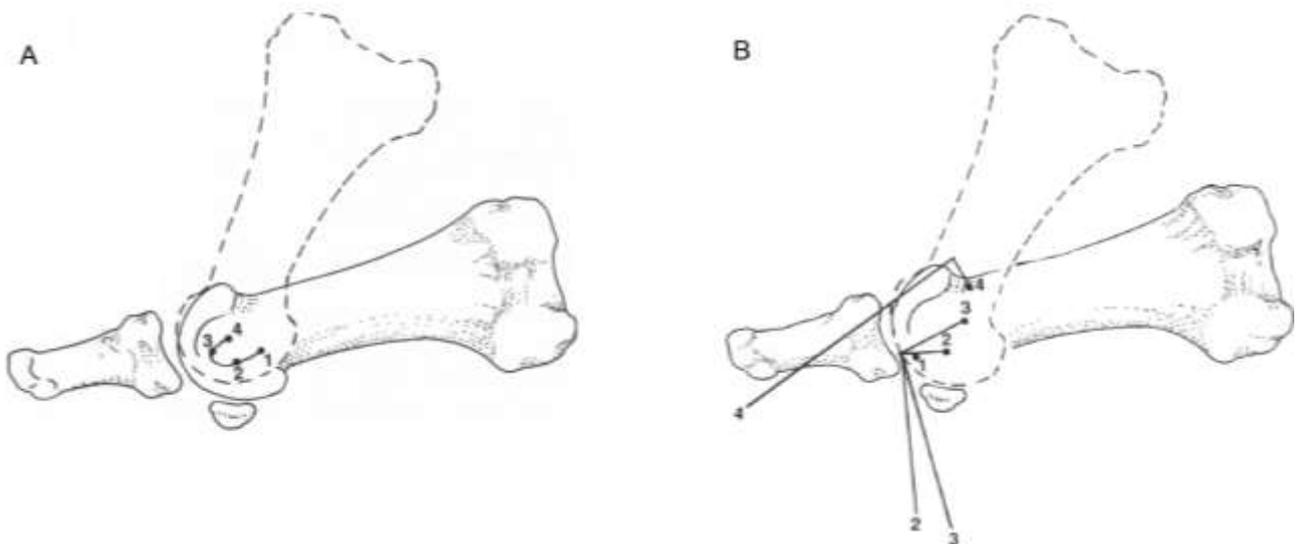


Figura 8. (A) L'asse della prima articolazione metatarso-falangea nella catena cinetica aperta si muove con uno schema semicircolare mentre la falange prossimale cambia la sua posizione dalla flessione plantare completa alla flessione dorsale completa. Si noti che se il primo metatarso si muovesse attorno a questo asse in una catena cinetica chiusa, la prima testa metatarsale perderebbe il contatto con il suolo (linea tratteggiata). (B) Combinando un movimento di flessione plantare del primo metatarso con la dorsiflessione della prima articolazione metatarso-falangea, il primo metatarso ruota attorno ad un asse mobile

La dorsiflessione a catena cinetica chiusa di tutte le articolazioni metatarso-falangee si verifica durante la fase propulsiva dell'andatura. Ciò si verifica mediante il sollevamento del tallone e la flessione plantare della caviglia mentre tutte le ossa del piede ruotano attorno agli assi di movimento nelle teste metatarsali. Se si osservano le teste metatarsali, tuttavia, si nota una linea abbastanza retta che collega le porzioni centrali della seconda, terza, quarta e quinta testa metatarsale. Questa linea è quasi parallela all'asse dell'articolazione della caviglia

(Figura 9). Una linea che collega la prima e la seconda testa metatarsale è perpendicolare alla direzione del movimento. Quando l'articolazione sottoastragolica è in posizione neutra, l'asse della caviglia è direzionato lateralmente rispetto alla direzione di movimento. Per questo motivo quando la caviglia va in flessione plantare, le teste dei metatarsali minori rimarrebbero attaccate al suolo e la prima testa metatarsale si staccerebbe dal suolo, a meno che non vada anch'essa in flessione plantare. Durante la propulsione, le articolazioni metatarso-falangee dorsiflettono tra 40° e 60° ; tuttavia l'articolazione della caviglia si flette solo della metà. Quindi, affinché tutte le articolazioni metatarso-falangee rimangano a terra attraverso un normale movimento di propulsione, devono verificarsi entrambi questi meccanismi; cioè, l'ar-

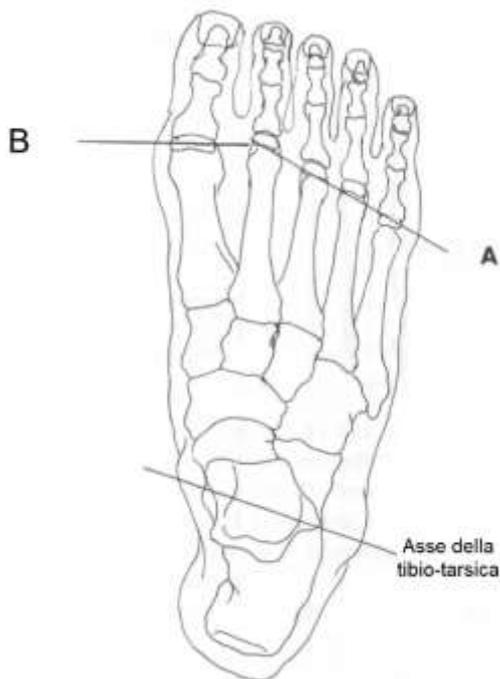


Figura 9. Durante la propulsione le articolazioni metatarso-falangee minori ruotano attorno ad un asse che giace lungo la linea A, mentre la prima articolazione metatarso-falangea ruota attorno alla linea B. Per mantenere tutte e cinque le teste metatarsali contro il suolo, l'articolazione della caviglia deve flettersi plantarmente attorno ad un asse che è quasi parallelo con la linea A mentre l'articolazione sottoastragolica supina e il primo metatarso si flette per mantenere a terra la prima testa metatarsale.

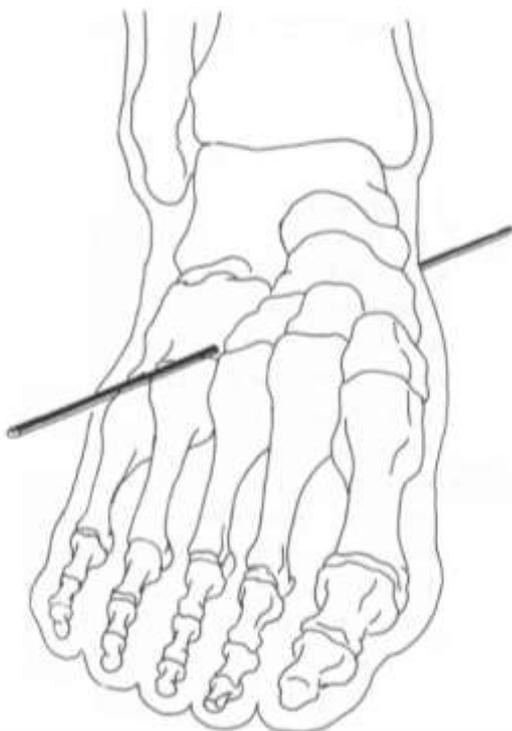


Figura 10. L'asse del primo raggio è stato determinato da Hicks come quasi 45° rispetto ai piani frontale e sagittale e leggermente inclinato verso il basso mentre procede in direzione prossimodistale

ticolazione della caviglia e il primo metatarso devono flettersi plantarmente e il retropiede deve supinare.

Il movimento del primo metatarso prossimale è stato descritto per primo da Hicks^[23]; descrisse il movimento combinato del primo metatarso e del primo cuneiforme attorno a un unico asse chiamato asse del primo raggio. Questo asse procedeva dalla tuberosità navicolare - leggermente inferiormente - alla base del terzo metatarso - leggermente superiormente. Ciò significa che l'asse è di circa 45° angolato lateralmente al piano frontale e leggermente angolato verso l'alto (Figura 10).

Le funzioni dei sesamoidi includono elevare il primo raggio in modo che il primo metatarso possa flettersi plantarmente durante l'estensione dell'alluce, aumentare la capacità di carico del primo metatarso e migliorare la leva meccanica per i mu-scoli intrinseci inseriti su di essi.^[24]

Sviluppo del Hallux Abducto Valgus

Robinson propose che il problema dell'alluce valgo fosse nell'apparato sesamoideo e che la rimozione di entrambi i sesamoidi avrebbe impedito il verificarsi della deformità.^[25] Nayfa e Sorto^[26] hanno mostrato che l'angolo dell'alluce valgo aumentava rapidamente entro 29 mesi dalla rimozione del sesamoide tibiale, mostrando così l'importanza del sesamoide tibiale nel bilanciare la forza pro-veniente dal sesamoide fibulare. Cralley et al.^[27] hanno scoperto che esisteva una elevata correlazione positiva tra l'alluce valgo, la massa del flessore breve dell'alluce e la massa del capo obliquo dell'adduttore dell'alluce, che potrebbe sopraffare l'azione dell'abductore dell'alluce. Se la punta fosse anche leggermente estro-flessa, che sposterebbe i sesamoidi lateralmente in modo tale che l'asse verticale attorno al quale si verifica il movimento sul piano trasversale non passerebbe direttamente tra i sesamoidi, allora verrebbe prodotta una forza sul piano trasversale quando i loro muscoli corrispondenti si contraggono entrambi con uguale forza, che consentirebbe all'alluce di spostarsi sul lato laterale del primo metatarso.^[28]

L'abductore e l'adduttore dell'alluce si contraggono durante la fase intermedia tardiva e nella fase di propulsione. Tuttavia, nel piede altamente pronato questi muscoli iniziano a contrarsi quasi dall'inizio del contatto con il tallone.^[29] Ciò significa che questi muscoli iniziano a contrarsi prima che il primo metatarso possa entrare in contatto con il suolo, mentre è ancora dorsiflesso e invertito rispetto al secondo metatarso, e l'equilibrio di abduzione e adduzione attorno al primo metatarso viene perso nelle prime fasi del contatto.

Tutti i casi di alluce valgo mostrano un apparato sesamoideo che si è spostato lateralmente sotto la prima articolazione metatarso-falangea. Spostandosi lateralmente, i legamenti sesamoidali mediali e collaterali mediali si allungano; si sviluppano microlacime che successivamente guariscono in modo ispessito ma più disorganizzato, rendendo così i legamenti mediali più deboli di quelli laterali.^[30] Il sesamoide mediale si avvicina all'asse verticale mentre il sesamoide laterale si è allontanato ulteriormente, in modo tale che se l'adduttore dell'alluce, il flessore breve dell'alluce e l'abductore dell'alluce si contraessero tutti con la stessa forza ci sarebbe un movimento laterale netto dell'articolazione. Quando il

sesamoide mediale si muove lateralmente, colpisce la cresta intersesamoidale sull'aspetto plantare della prima testa metatarsale. Appaiono prima la condromalacia e poi le erosioni..^[31] Inoltre, si forma nuova cartilagine per il sesamoide laterale sulla zona plantare laterale della prima testa metatarsale.^[32] Con l'alluce in questa posizione deviata lateralmente, le forze di compressione diminuiscono al centro dell'articolazione metatarso-falangea e aumentano intorno alla periferia dell'articolazione falangea.^[33] Pertanto, il bordo mediale della falange aumenta la sua pressione sulla testa metatarsale mentre compie il movimento di dorsiflessione, creando disorganizzazione della cartilagine articolare, degenerazione e atrofia, formando un solco nel lato mediale della testa metatarsale.^[34] Questo dà l'apparenza di un'ipertrofia della parte mediale della testa del primo metatarso, ma se si misura la prominenza mediale della prima testa metatarsale rispetto alla diafisi dell'osso si troverà che è della stessa dimensione sia nel piede normale che nel piede con alluce valgo. L'eminanza mediale è quindi l'epicondilo mediale originale del primo metatarso.^[9]

In un piede normale, l'asse verticale dell'articolazione metatarso-falangea passa direttamente attraverso il tendine flessore lungo dell'alluce in modo tale che quando il muscolo si contrae si produce una compressione diretta sulla parte plantare della articolazione, facendo sì che l'articolazione si muova verso il basso. Nell'alluce valgo, invece, con i sesamoidi spostati lateralmente, l'asse verticale giace medialmente al tendine. C'è quindi un braccio di leva tra il flessore lungo dell'alluce e l'asse verticale, il che significa che quando il flessore lungo dell'alluce si contrae, genera una forza che porta l'alluce in una posizione addotta.

È ancora discussa l'implicazione dell'estensore lungo dell'alluce nella formazione dell'alluce valgo, che secondo alcuni quando si contrae porta l'alluce in adduzione poiché si sposta lateralmente rispetto alla testa metatarsale. Rega e Green^[35] e anche Schuberth et al.^[36], tuttavia, hanno dimostrato che l'estensore lungo dell'alluce non si sposta lateralmente in grande misura sopra il centro della testa del metatarso, ma rimane invece ancorato sopra l'articolazione metatarso-falangea dal meccanismo dell'imbracatura degli estensori. Va anche notato che tutti i muscoli plantari si contraggono durante la fase di appoggio dell'andatura, mentre l'estensore lungo dell'alluce è fondamentalmente un muscolo in fase oscillante. Se fosse un importante contributore diretto dell'alluce valgo, l'alluce diventerebbe più dorsiflesso, senza la rotazione in valgo, con deformità crescente. È più probabile che l'estensore lungo dell'alluce contribuisca allo sviluppo solo dopo che l'alluce addotto è già ben sviluppato.

Sviluppo del Metatarsus Primus Adductus

A Truslow^[37] viene attribuito il merito di aver coniato il termine Metatarsus Primus Varus sebbene altri avessero riconosciuto la deformità e consigliato di trattarla prima di lui. Molti dei fallimenti terapeutici sono stati attribuiti al mancato trattamento completo della prima deformità metatarsale.^[38] In realtà, la deformità è principalmente una deformità sul piano trasverso e quindi dovrebbe essere propriamente chiamata metatarsus primus adductus o metatarsus primus adducto varus. Si riconosce dall'aumento dell'angolo e della distanza tra la prima e la seconda testa metatarsale. Molti hanno trovato una correlazione tra il grado

dell'alluce addotto e l'angolo tra i primi due metatarsali.^[39] Di solito si considera che un angolo di 5° - 9° tra il primo e il secondo metatarso sia considerato il valore normale.^[40] Tuttavia, è stato anche proposto che se l'angolo tra il primo e il quinto metatarso è maggiore di 29° quindi un angolo intermetatarsale anormale può essere inferiore a un patologico 10° .^[41] Esiste inoltre una relazione tra il grado dell'alluce addotto e il primo angolo intermetatarsale, in quanto all'aumentare del grado dell'alluce addotto aumenta anche il grado del primo angolo intermetatarsale. Heden e Sorto^[42] hanno confermato che il paziente medio con alluce valgo mostrava un primo metatarso leggermente più lungo e anche una falange prossimale più lunga. Pertanto, maggiore è il grado di abduzione dell'articolazione interfalangea, o più lungo è il dito, meno l'alluce sarà in grado di addurre prima di entrare in contatto con il secondo dito.

Con il movimento laterale dell'alluce la risultante della somma delle forze di tutti i muscoli plantari produce un momento torcente laterale attorno all'asse verticale della articolazione metatarso-falangea. Quando l'alluce viene tirato lateralmente ed è compresso contro la prima testa metatarsale, c'è anche una forza esercitata in direzione mediale contro la prima testa metatarsale, che spingerebbe il primo metatarso lontano dal secondo metatarso. Snijders et al.^[43] hanno sviluppato un modello completo, mostrando che, all'aumentare dell'angolo dell'alluce addotto, c'è un aumento esponenziale del momento di abduzione attorno all'articolazione metatarso-falangea e del momento di adduzione dell'articolazione metatarso-cuneiforme quando i muscoli flessori si contraggono. Così il marcato aumento dell'angolo intermetatarsale si osserva con gradi crescenti dell'alluce addotto (Figura 12).

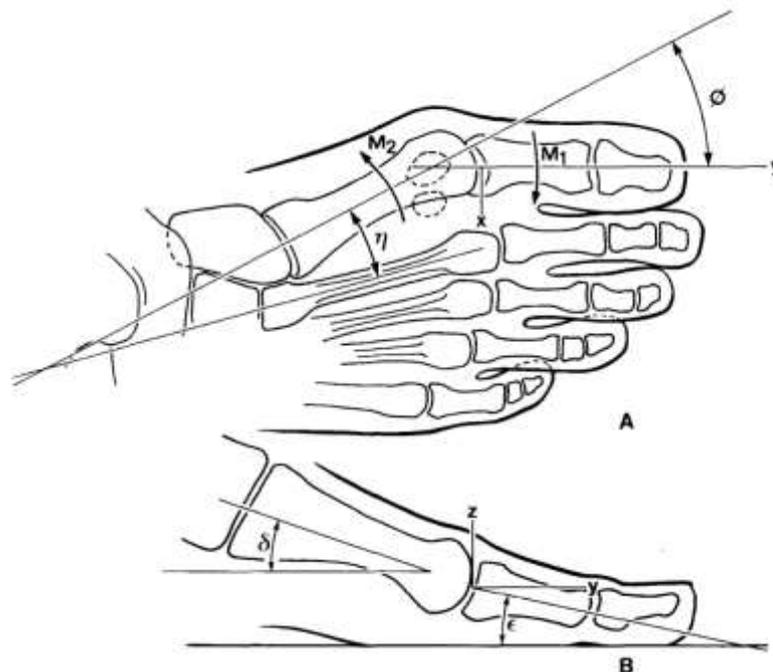


Figura 11. Sistema di coordinate e definizione degli angoli. (A) L'angolo in valgo θ e l'angolo in varo η . I momenti M_1 e M_2 sono responsabili dell'aumento di questi angoli. (B) Quando si eseguono raggi X, la cassetta viene posizionata parallelamente al piano verticale y-z. Gli angoli ϵ e δ indicano l'inclinazione della falange prossimale e del primo metatarso.

FISIOPATOLOGIA DELL'ALLUCE VALGO

Generalità

Negli adulti, l'alluce valgo è il problema dell'avampiede più comune. La deformità dell'alluce valgo è progressiva e comincia con la deviazione laterale dell'alluce e la deviazione mediale del primo metatarsale. Negli stadi successivi, l'alluce valgo comporta la progressiva sublussazione della prima articolazione metatarso-falangea. In diverse occasioni è stato indicato come il "complesso dell'alluce valgo", il che significa che quando si verifica è associato a una moltitudine di altri sintomi o deformità dell'avampiede. Questi includono calli sotto l'avampiede, metatarsalgia, piede piatto, fascite plantare e dita a martello.^[44]

La prima menzione di tale deformità nella letteratura risale al diciottesimo secolo. Durante il diciannovesimo secolo, la sua presenza e l'eziologia furono discusse molte volte.

Cause

La causa dell'alluce valgo è ancora fonte di dibattito, ma per il momento sembra essere dovuto a predisposizione genetica, altre deformità del piede come la pronazione del retropiede o il piede piatto, ipermobilità delle articolazioni del piede, contrattura del tendine di Achille e disordini neuromuscolari, e calzature strette.^[45] Non è stata trovata nessuna associazione tra alluce valgo e attività, ad eccezione della danza classica.^[46]

Fattori estrinseci	Fattori intrinseci
Calzature (tacchi alti, scarpe strette) Sovraccarico	Familiarità Sesso (femmine>maschi) Lassità legamentosa Altre deformità del piede (piede piatto, pronazione del retropiede, primo metatarso varo) Età Disordini neuromuscolari Retrazioni muscolari Diminuzione ROM della tibiotarsica

Tabella 3. Potenziali cause/concause dell'Alluce Valgo.

Epidemiologia

Solitamente gli adulti sono più colpiti rispetto ai bambini, anche se l'alluce valgo può comparire anche in età giovanile. Nelle donne è diagnosticato più frequentemente rispetto agli uomini, con un rapporto di 15:1 in alcuni studi. Un rapporto così alto è associato all'uso più frequente di calzature più strette o scarpe col tacco. Inoltre, le donne tendono ad essere più soggette a lassità legamentosa e differente struttura ossea.

Patogenesi/Progressione

Il primo raggio sopporta una notevole quantità di peso in quanto mantiene la posizione dell'arcata mediale. Qualsiasi deformità che perturba l'integrità del primo raggio può portare all'alluce valgo. Sono diverse le cause che concorrono nella progressione dell'alluce valgo (Tabella 3), ma i passaggi non sono necessariamente seguiti in un ordine specifico. Poiché le strutture mediali della prima articolazione MTP sono deboli, inclusi il legamento collaterale

mediale e l'osso sesamoide mediale, tendono a cedere per prime. La testa metatarsale alla fine si sposta medialmente, la falange prossimale si sposta in valgo, la borsa dell'eminanza mediale diventa infiammato e prominente, e l'estensore lungo dell'alluce e il flessore lungo dell'alluce tendono la corda dell'arco lateralmente, esagerando la deformità.

Classificazione

La classificazione tradizionale dell'Alluce Valgo considera tre angoli: HVA (Hallux Valgus Angle), IMA (InterMetatarsal Angle) (Figura 12A) e DMAA (Distal Metatarsal Articular Angle) (Figura 12B). Normale è definito come HVA <15 gradi, IMA <9 gradi e DMAA <10 gradi. Una deformità lieve corrisponde a HVA <20 gradi e IMA <11 gradi. L'alluce valgo moderato ha un HVA da 20 a 40 gradi e un IMA da 11 a 16 gradi. Una deformità grave corrisponde a un HVA >40 gradi e un IMA >16 gradi (Tabella 4).^[47]

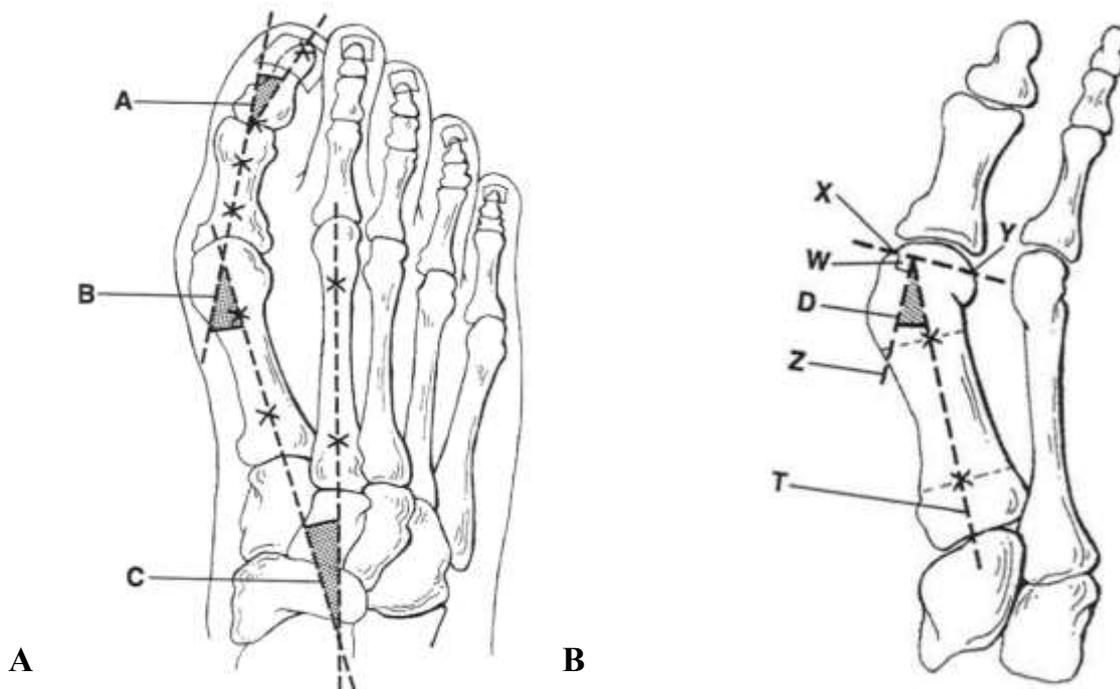


Figura 12. Tecniche di misurazione degli angoli per la classificazione di Alluce Valgo. **(A)** A: IPA (InterPhalangeal Angle), B: HVA (Hallux Valgus Angle), C: IMA (InterMetatarsal Angle). **(B)** Tecnica di misurazione del Distal Metatarsal Articular Angle (DMAA).

Gravità della deformità	HVA	IMA
Normale	<15°	<9°
Lieve	<20°	9-11°
Moderato	20-40°	11-16°
Grave	>40°	>16°

Tabella 4. Classificazione alluce valgo.

Tuttavia, questa classificazione ha un limite, che è quello della bidimensionalità. I parametri radiografici sul piano trasversale non considerano il piano frontale. I dati riportati hanno rivelato la presenza di una netta rotazione metatarsale sul piano frontale associata a una deformità in valgismo dell'alluce, rendendola così una deformità triplanare. Sulla base di ciò è stata proposta un'altra classificazione, riassunta nella Tabella 5.^[48]

Grado	Descrizione Anatomica	Stato della articolazione MTF
1	HVA e IMA aumentati. Non pronazione del primo metatarsale Sesamoidi potrebbero essere sublussati	Assente evidenza clinica o radiografica di malattia degenerativa dell'articolazione
2A	HVA e IMA aumentati. Evidente pronazione del primo metatarsale in AP. Non sublussazione dei sesamoidi.	Assente evidenza clinica o radiografica di malattia degenerativa dell'articolazione
2B	HVA e IMA aumentati. Evidente pronazione del primo metatarsale in AP. Sublussazione dei sesamoidi.	Assente evidenza clinica o radiografica di malattia degenerativa dell'articolazione
3	HVA and IMA aumentati. Metatarso addotto > 20°	Assente evidenza clinica o radiografica di malattia degenerativa dell'articolazione
4	HVA e IMA aumentati con o senza pronazione del primo metatarso.	Presente evidenza clinica e/o radiografica di malattia degenerativa dell'articolazione

Tabella 5. Classificazione triplanare alluce valgo.

Trattamento

Trattamento conservativo

Il trattamento conservativo dell'alluce valgo consiste nella gestione sintomatica con l'obiettivo di ridurre l'irritazione dell'eminanza mediale. I pazienti devono essere istruiti all'uso di calzature adeguate e includere scarpe comode con una ampia punta per aiutare a ridurre il dolore, la formazione di vesciche e l'infiammazione della borsa.^[49] I separatori e i cuscinetti per le dita possono anche aiutare ad attenuare ulteriormente il dolore. I pazienti devono essere informati che, sebbene le modifiche alle scarpe e all'attività fisica possano ridurre i sintomi, non correggono la patologia sottostante e quindi non riducono la deformità. Farmaci antinfiammatori da banco, paracetamolo e (raramente) iniezioni possono essere usati per alleviare il dolore.^[50] Stecche per alluce, distanziatori per le dita e cuscinetti possono essere utilizzati per migliorare l'allineamento ed evitare lo sfregamento sull'eminanza mediale delle scarpe.^[51]

Trattamento chirurgico

In letteratura sono state proposte oltre 100 procedure per la correzione di questa deformità, generalmente mediante osteotomie suddivise in prossimali, diafisarie e distali; tali tecniche possono, a loro volta, venir combinate con differenti procedure di bilanciamento dei tessuti molli. Ciascuno degli approcci chirurgici presenta maggiore o minore invasività, specifiche indicazioni e controindicazioni oltre a relativi vantaggi e svantaggi per il paziente. Sebbene le tecniche di chirurgia percutanea possano ridurre il trauma chirurgico e il tempo operatorio, attualmente in letteratura non esistono ancora evidenze che ne dimostrino la superiorità rispetto alle tecniche classiche.^[52]

MATERIALI E METODI

Banche dati

La ricerca si è articolata attraverso tre banche dati: PubMed, PEDro, Cochrane Library, ed è stata condotta tra maggio e agosto 2022.

Disegno dello studio

L'obiettivo dello studio è quello di verificare che in letteratura ci siano delle evidenze scientifiche che stabiliscano l'efficacia del trattamento conservativo di alluce valgo ed eventualmente provare a proporre un possibile protocollo di trattamento conservativo. Sono stati inclusi studi RCT e case report.

Il PICO dello studio è il seguente:

- P: pazienti affetti da alluce valgo
- I: trattamento conservativo
- C: confronto tra i diversi tipi di trattamento
- O: riduzione del dolore, riduzione della deformità e aumento della mobilità

Parole chiave

Per quanto riguarda le parole chiave, il tema principale è stato ricercato attraverso i termini "Hallux Valgus", "Hallux Abductovalgus", "Hallux Abducto Valgus" insieme all'operatore booleano OR. Altre parole chiave da includere nella ricerca con l'operatore booleano AND: "Conservative Treatment", "Taping", "Orthoses", "Splint", "Minimalist Shoe", "Exercise", "Manual", "Botulinum Toxin".

Invece sono state escluse le parole chiave, quando necessario, con l'operatore booleano NOT: "Surgical treatment", "Surgery", "Osteotomy", "Postoperative", "Pre-operative".

Criteri di inclusione/esclusione

Uno studio veniva incluso nella ricerca se rispettava i seguenti criteri: trial clinici o studi randomizzati controllati, comprendenti almeno una tecnica di trattamento riabilitativo di per Hallux Valgus, case report, redatti in lingua italiana o inglese, il titolo deve contenere le parole chiave della ricerca.

I criteri di esclusione sono stati: assenza del testo completo in formato elettronico attraverso l'accesso istituzionale con la mail di Ateneo ai siti degli editori, interventi chirurgici, fisioterapia post-chirurgica, fisioterapia pre-chirurgica, risultati dello studio non ancora pubblicati.

Tra i risultati ottenuti sono stati eliminati gli articoli doppi e di seguito gli studi non conformi ai criteri di inclusione, procedendo per scansione del titolo e lettura dell'abstract e del full text.

Elaborazione dei risultati

Successivamente gli articoli sono stati catalogati in gruppi di intervento simili e sintetizzati in tabelle, per facilitare la discussione dei risultati ottenuti.

RISULTATI

La ricerca ha condotto ad un totale di 248 articoli, di cui 136 duplicati. Dei rimanenti, 25 sono risultati rientrare nei criteri di inclusione e non appartenere ai criteri di esclusione.

Gli studi inclusi sono stati ritenuti classificabili in 6 gruppi di intervento:

- *Tossina Botulinica*: comprende due studi sull'efficacia di iniezioni periodiche di tossina botulinica nella prima articolazione metatarso-falangea con un follow-up massimo di 6 mesi. Entrambi gli studi valutano il dolore; uno valuta anche se c'è una riduzione del Hallux Valgus Angle (HVA). (Tabella 6)
- *Ortesi*: 8 studi che valutano come si modifica l'Hallux Valgus Angle (HVA) se vengono utilizzate ortesi quali plantari, separatori per dita elastici e stecche rigide con follow-up massimo di 12 mesi. (Tabella 7)
- *Taping*: 7 studi che analizzano come si modifica l'angolo HVA e il dolore grazie a tecniche di tape con nastri rigidi o elastici. Di questi, uno si sofferma anche su come cambia il carico a livello delle teste metatarsali. (Tabella 8)
- *Terapia Manuale*: due studi che indagano la bontà della terapia manuale nel trattamento riabilitativo di alluce valgo. Il primo valuta il ROM della prima articolazione metatarso-falangea e il dolore in scala VAS%, mentre il secondo esamina un miglioramento del HVA e un aumento dell'area di contatto sotto la prima articolazione metatarso-falangea. (Tabella 9)
- *Scarpe minimaliste (o di tipo "barefoot")*: due articoli degli stessi autori, di cui un caso controllo, su come incidono le scarpe minimaliste sulla deformità di alluce valgo. (Tabella 10)
- *Combinazione di più tipi di intervento*: si tratta di 4 articoli "misti", cioè che non indagano l'efficacia di un solo trattamento, ma di più tipi di intervento combinati insieme, come ad esempio esercizi di allungamento o rinforzo muscolare unitamente a ortesi o sessioni di terapia manuale. (Tabella 11)

Di seguito (a pagina 21), il diagramma di flusso su come si è sviluppata la ricerca.

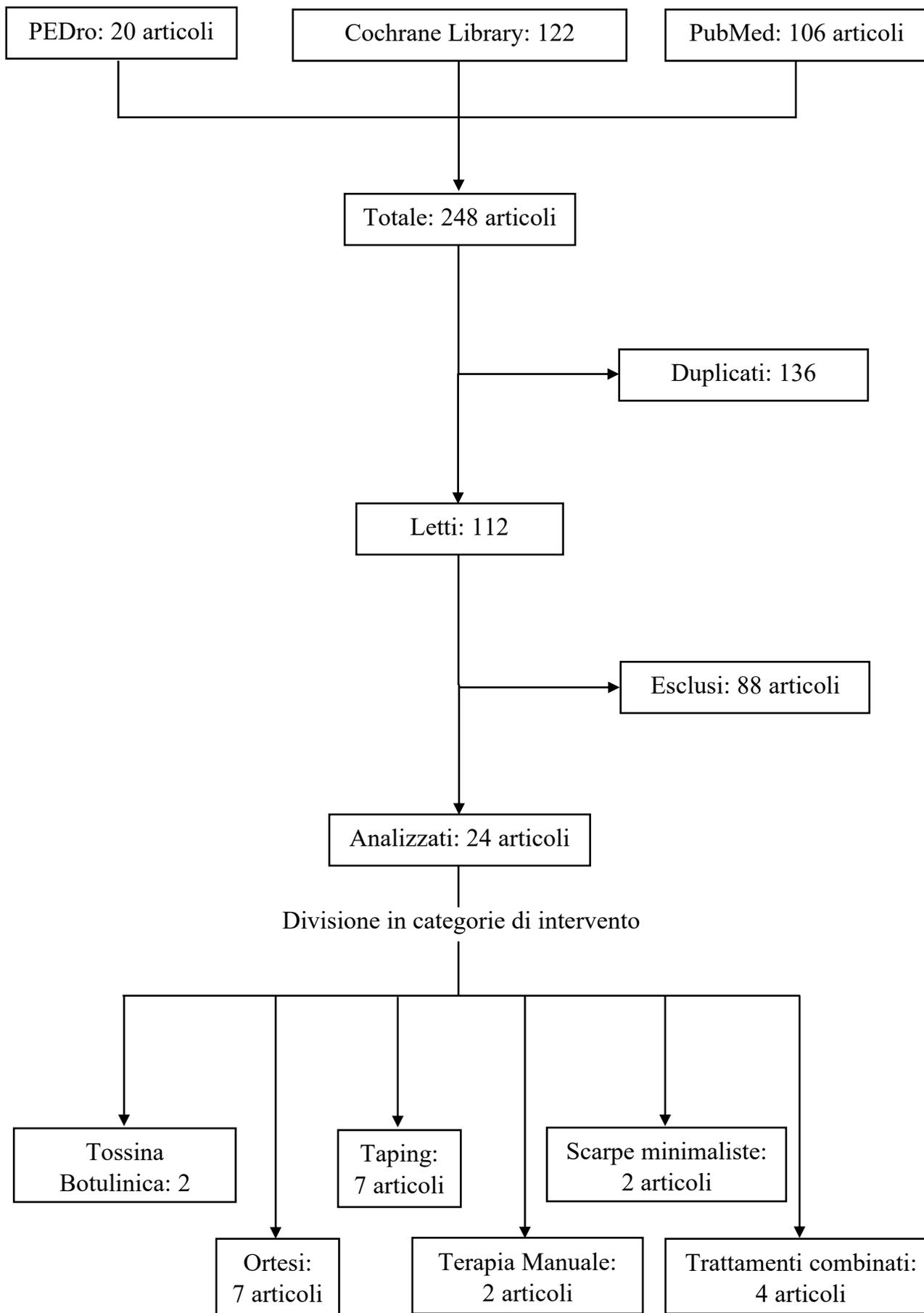


Tabella 6. Sintesi degli studi sulla Tossina Botulinica.

Autori (anno)	Grandezza del campione	Condizioni dei pazienti	Misurazione dei risultati
Wu et al. (2015) ^[53]	26 pazienti	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppo BTX-A (12 pz) Età: 42.8 ± 11 HVA: $26.3^\circ \pm 4.9^\circ$ Dolore: 33.5 ± 14.2 • Gruppo NS (soluzione fisiologica) (14 pz) Età: 42.9 ± 13.6 HVA: $29.3^\circ \pm 8.0$ Dolore: 27.0 ± 17 	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppo BTX-A HVA: $25.0^\circ \pm 1.4^\circ$ (1 mese); 24.3 ± 1.5 (2 mesi) Dolore: 18.8 ± 3.0 (1 mese); 12.4 ± 3.0 (2 mesi) • Gruppo NS (soluzione fisiologica) HVA: 28.4 ± 2.1 (1 mese); 28.7 ± 2.2 (2 mesi) Dolore: 20.0 ± 5.5 (1 mese); 25.0 ± 5.9 (2 mesi)
Parekh et al. (2021) ^[54]	186 pazienti	Età ≥ 18 anni HVA: 15° - 30° NPRS score ≥ 4	Gruppo di trattamento: valore medio[errore standard] aboBoNT-A 300 U: $-1.7[0.3]$ aboBoNT-A 500 U: $-2.4[0.3]$ Placebo: $-2.0[0.3]$

Tabella 7. Sintesi degli articoli sul trattamento con ortesi (prosegue a pagina 24).

Autori (anno)	Grandezza del campione	Condizioni dei pazienti	Tipo di ortesi	Misurazione dei risultati
Tehraninasr et al. (2008) ^[55]	30 donne	Età: 27 ± 8.91 BMI: 21.10 ± 1.92	Soletta e separatore per dita (primo gruppo) Stecca notturna (secondo gruppo)	Follow-up di 3 mesi • Primo gruppo Dolore (VAS): 4.26 ± 1.48 → 2.66 ± 1.34 HVA: 25.46° ± 3.68° → 25.36° ± 3.68° IMA: 13.56° ± 2.00° → 13.43° ± 2.00° • Secondo gruppo Dolore (VAS): 4.13 ± 1.78 → 4.00 ± 1.13 HVA: 24.13° ± 2.05° → 24.16° ± 2.09° IMA: 12.46° ± 1.12° → 12.43° ± 1.16°
Mirzashahi et al. (2011) ^[56]	30 pazienti	Età: 8-60 anni HVA > 15° IMA > 9°	Stecca su misura (primo gruppo) Stecca notturna (secondo gruppo)	Follow-up di 12 mesi • Primo gruppo HVA _{sx} : -0.34° ± 0.14° HVA _{dx} : -0.37° ± 0.19° IMA _{sx} : -0.21° ± 0.12° IMA _{dx} : -0.24° ± 0.16° • Secondo gruppo HVA _{sx} : -0.09° ± 0.07° HVA _{dx} : -0.05° ± 0.12° IMA _{sx} : -0.07° ± 0.06° IMA _{dx} : -0.08° ± 0.05°
Reina et al. (2013) ^[57]	54 donne	15° < HVA < 40° Crescita ossea completata	Plantari su misura	Follow-up di 12 mesi: non differenza statistica tra i due gruppi
Chadchavalpanichaya et al. (2016) ^[58]	90 pazienti	Età: 60.3 ± 9.4 BMI: 23.9 ± 3.1	Separatore per dita in silicone (tra primo e secondo dito)	HVA all'inizio e a 12 mesi di follow-up Trattamento: 32.0° ± 4.8° → 28.8° ± 5.8° Controllo: 30.6° ± 5.2° → 32.5° ± 5.4°
Moulodi et al. (2019) ^[59]	24 pazienti	Età: 19-33 anni HV lieve/moderato ROM limitato	Ortesi statica Ortesi dinamica	• Gruppo ortesi statica HVA: -2.67° (p=0.001) ROM: +1.35° (p=0.99) • Gruppo ortesi dinamica HVA: -2.13° (p=0.001) ROM: +9.77° (p=0.01)
Nakagawa et al. (2019) ^[60]	53 pazienti	Età: 63 (60; 69) BMI: 20	Plantare	Il trattamento ha avuto successo per meno della metà dei pazienti.

Kwan et al. (2021) ^[61]	16 donne (6 con HV)	Età: 24.17 anni BMI: 20.28 HVA: 17.83°	Ortesi elastica Ortesi rigida mobile	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppo elastica HVA: -4° (p=0.005) • Gruppo ortesi rigida HVA: -2.5° (p=0.014)
------------------------------------	---------------------	--	---	---

Tabella 8. Sintesi degli articoli sulla tecnica del Taping per Hallux Valgus.

Autori (anno)	Grandezza del campione	Condizioni dei pazienti	Misurazione dei risultati
Karabicak et al. (2015) ^[62]	20 pazienti (33 piedi)	Età: 18-59 anni 15° < HVA < 40° Dolore (VAS) > 6	Valore iniziale → Giorno 3 → Giorno 10 → Giorno 30 HVA: 20.2° ± 4.7° → 13.8° ± 3.8° → 13.2° ± 4.9° → 14.3° ± 5.0° Dolore (VAS): 7.45 ± 1.5 → 2.2 ± 2.8 → 1.2 ± 1.8 → 1.1 ± 1.7
Lee & Lee (2016) ^[63]	1 donna	26 anni HVA dx: 21°; IMA dx: 15° HVA sx: 22°; IMA sx: 14°	Follow-up 3 mesi; trattamento con tape quotidiano HVA dx: 21° → 14°; IMA dx: 15° → 14,5° HVA sx: 22° → 11°; IMA sx: 14° → 12° La paziente alla fine del trattamento non riferisce dolore
Gur et al. (2016) ^[64]	18 donne	Età: 55.5 anni BMI: 27.1 HVA: 25.5°	Non differenza statistica tra il gruppo trattamento e il gruppo controllo sull'equilibrio. Anzi, in alcuni casi il tape rappresenta un fattore di rischio in più nel breve periodo.
Formosa et al. (2017) ^[65]	35 pazienti	Età > 18 anni HV grado 1-4	Sottoscala FHSQ: media pre-tape ± DS → media post-tape ± DS Dolore: 66.50 ± 17.783 → 85.45 ± 13.350 Foot function: 68.04 ± 18.675 → 84.46 ± 15.997 Salute generale del piede: 40.50 ± 23.396 → 53.43 ± 24.209
Żłobiński et al. (2020) ^[66]	23 pazienti (40 piedi)	Età: 55.8 ± 16.3 anni BMI: 24.6 ± 3.4	Durante il cammino, dopo un mese di utilizzo e la rimozione del tape il carico attorno alla prima testa metatarsale è aumentato dell'1.2%, mentre è diminuita dell'1% intorno alle teste metatarsali 2-3.
Taheri et al. (2021) ^[67]	20 pazienti (31 alluci)	HVA < 40° IMA < 15° Età: 25-60 anni	Gruppo Kinesiotape (2 mesi di follow-up) Dolore: 6.35 ± 0.94 → 1.60 ± 1.64 HVA: 27° ± 6.5° → 26.6° ± 6.7° IMA: 12.10° ± 1.9 → 11.90° ± 1.77 Gruppo fonoforesi (2 mesi di follow-up) Dolore: 5.75 ± 0.95 → 1.10 ± 1.10 HVA: 21.4° ± 10° → 21.25° ± 9.9° IMA: 11.9° ± 5.3° → 11.8° ± 5.3°
Żłobiński et al. (2021) ^[68]	14 pazienti (25 piedi)	Età: 59.1 ± 14.8 anni BMI: 23.66 ± 3.3 HVA: 17°	HVA con tape: 11° HVA senza tape dopo un mese di trattamento: 15°
Żłobiński et al. (2021) ^[69]	23 pazienti (40 piedi)	Età: 58.8 ± 16.3 anni HVA: 17°	Dolore: con tape -1.9; dopo un mese di trattamento -2.4 HVA: con tape 10.5°; dopo un mese di trattamento 15° HVA nel 30% dei pz dopo un mese era tornato come prima.

Tabella 9. Sintesi degli articoli sul metodo di intervento con Terapia Manuale.

Autori (anno)	Grandezza del campione	Condizioni dei pazienti	Misurazione dei risultati
du Plessis et al. (2010) ^[70]	30 pazienti	—	Dorsiflessione dell'alluce Dolore (VAS in %) Gruppo controllo (stecca notturna) $33.3^\circ \pm 7.8^\circ \rightarrow 41.5^\circ \pm 10^\circ$ $37.7 \rightarrow 18.7$ Gruppo trattamento (metodo Brantingham) $39.7^\circ \pm 5.7^\circ \rightarrow 52^\circ \pm 8.8^\circ$ $33.6 \rightarrow 0.33$
Moon et al. (2022) ^[71]	25 pazienti (9 M; 16 F)	HVA > 15° Età: 26.48 ± 5.00 BMI: 25.60 ± 1.92	HVA pre-MSM → HVA post-MSM (media ± deviazione standard) $20.58^\circ \pm 2.8^\circ \rightarrow 16.96^\circ \pm 3.0^\circ$ Area di contatto sotto l'alluce in fase di carico (mm ²) pre e post MSM $60.32 \pm 29.0 \rightarrow 75.36 \pm 29.2$

Tabella 10. Articoli sulle scarpe minimaliste (o di tipo barefoot).

Autori (anno)	Grandezza del campione	Condizioni dei pazienti	Misurazione dei risultati
Xiang et al. (2018) ^[72]	15 pazienti	—	IMA: $18.62^\circ \pm 1.38^\circ \rightarrow 14.68^\circ \pm 1.55^\circ$ HVA: $20.22^\circ \pm 1.75^\circ \rightarrow 16.06^\circ \pm 1.09^\circ$ Larghezza(mm): $114.5 \pm 6.8 \rightarrow 104.8 \pm 3.7$ Lunghezza(mm): $259.8 \pm 0.8 \rightarrow 260.5 \pm 0.7$
Xiang et al. (2022) ^[73]	1 paziente	Sesso: M Età: 26 anni BMI: 21.22 HVA: 19.7°	Follow-up di 12 settimane HVA: $19.7^\circ \rightarrow 14.8^\circ$ Evidenziato un riallineamento in varo della prima articolazione metatarso-falangea

Tabella 11. Sintesi degli articoli con combinazione di più trattamenti insieme.

Autori (anno)	Grandezza del campione	Condizioni dei pazienti	Tipo di trattamento	Misurazione dei risultati
Brantingham et al. (2004) ^[74]	60 donne (30 gruppo trattamento; 30 gruppo placebo)	HV sintomatico Età: 49.43 (21-64) HVA > 15°; IMA > 9°	Manipolazione e ghiaccio	Foot Function Index dopo una settimana FFpain: 55.23 → 15.30 FFdis: 53.31 → 11.98
Bayar et al. (2011) ^[75]	20 donne	Età: 52.4 ± 4.62 anni HVA > 15° Senza artrite reumatoide	Taping ed esercizi (10 rip, 2 v/giorno) di abduzione attiva e passiva dell'alluce	HVA _{dx} : 22.8°±4.16° → 17.4°±3.81° HVA _{sx} : 23.6°±2.84° → 17.8°±2.86° Dolore passo: 67.0±21.13 → 33.3±20.40 Dolore riposo: 33.3±20.40→19.7±10.94
Kim et al. (2015) ^[76]	24 pazienti	Età: 22.2 ± 2.04 anni (19-29) Sesso: 13 M; 11 F HVA: 18.3° ± 3.42° HVA durante l'abduzione attiva: 15.2° ± 6.64°	Toe-Spread-Out (TSO) exercise e ortesi	Follow-up di 8 settimane HVA: 18.33° ± 3.42° → 14.92° ± 3.36° HVA durante l'abduzione attiva: 15.17° ± 6.64° → 8.75° ± 4.31° Area della sezione del muscolo abduttore dell'alluce(cm ²): 0.48 ± 0.28 → 2.52 ± 0.66
Abdalbary SA (2018) ^[77]	56 donne	Età: 45.7 ± 6.8 anni HV lieve o moderato	Mobilizzazione del piede e programma di esercizi in combinazione con separatore per alluce in silicone	Pre intervento → 24 sessioni → 1 anno HVA(°): 32.7±4.2→23.8±3.1→25.8±2.1 IMA(°): 14 ± 1→11.8 ± 0.5→12 ± 0.9 Dolore(VAS): 5.6 ± 1→2.2 ± 1→2.4 ± 1 Nel gruppo controllo non variazioni statistiche significative.

DISCUSSIONE

La ricerca ha portato a studi relativamente recenti, considerando che gli articoli analizzati rientrano nel periodo 2004-2022 e che solo due sono stati pubblicati prima del 2010 (2004; 2008), i quali sono stati inclusi nella revisione poiché sono stati considerati utili ai fini della ricerca. Per facilitare la discussione dei risultati, gli articoli analizzati sono stati divisi in sei categorie di intervento. È bene fare alcune considerazioni preliminari riguardanti gli studi effettuati. Innanzitutto, come analizzato precedentemente, il campione medio dei pazienti inclusi negli studi è basso: sarebbe interessante capire se e come cambiano i risultati con una coorte maggiore. Poi, i risultati dipendono da molti fattori come gravità della deformità, la costanza degli interventi, la compliance del paziente, il fatto che il trattamento sia anche terapeuta-dipendente — per esempio, alcuni studi sul taping hanno risultati diversi anche perché il tipo di fasciatura applicata dal terapeuta è diverso. Inoltre, nonostante l'assenza di deformità gravi gli angoli di alluce valgo nei pazienti trattati erano molto variabili (da una media di 17° a una media di 32.7°): questo comporta risposte diverse anche a parità di trattamento. Un'altra considerazione può essere fatta sull'età dei pazienti: l'ipotesi è quella che tessuti più giovani siano più facilmente modificabili rispetto a una deviazione che persiste da più tempo in un paziente più anziano. In aggiunta, la maggior parte dei trattamenti visti sono volti a ridurre il dolore e la deformità, ma non tengono conto delle deformità delle dita minori, mobilità della tibiotarsica e alcuni nemmeno dell'angolo intermetatarsale. Infine, gli articoli hanno un follow-up massimo di 12 mesi, quindi non è dato sapere quali siano gli effetti a lungo termine e se siano necessarie sedute fisioterapiche di mantenimento.

Tossina Botulinica

Le iniezioni intramuscolari di tossina botulinica di tipo A inducono l'inibizione muscolare, bloccando il rilascio di acetilcolina presinaptica alla giunzione neuromuscolare. In un caso studio, Radovic e Shah^[80] hanno dimostrato che l'iniezione di tossina botulinica di tipo A non solo riduceva il dolore indotto dall'alluce valgo, ma ne riduceva anche la deformità.^[53] Sulla base di queste conoscenze è Wu et al. (2015)^[53] hanno condotto uno studio su 26 pazienti (12 trattati con tossina botulinica; 14 con soluzione fisiologica) a cui venivano fatte delle iniezioni sui capi obliquo e trasverso dell'adduttore dell'alluce, sul flessore breve dell'alluce e a livello dell'estensore lungo dell'alluce. Nel gruppo dell'esperimento è stata notata una riduzione immediata dell'intensità del dolore. La riduzione del dolore ha raggiunto il plateau dopo il

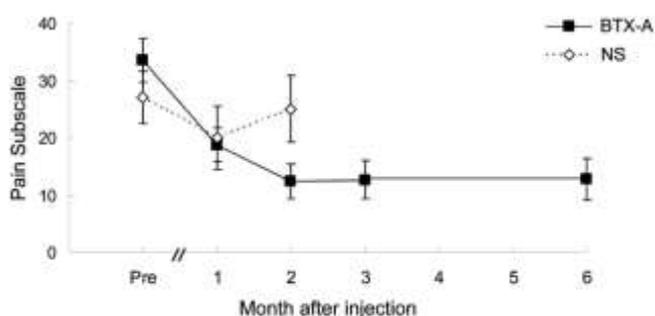


Figura 13. Cambiamenti temporali del dolore nei due gruppi. BTX-A: Botulinum Toxin Type-A. NS: Normal Saline group.

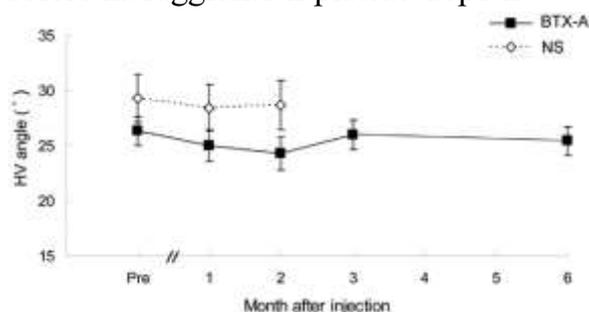


Figura 14. Cambiamenti temporali del HVA nei due gruppi.

secondo mese ed ha resistito fino a sei mesi dopo l'intervento. I pazienti trattati con soluzione fisiologica, invece, hanno visto una riduzione del sintomo che ha raggiunto il picco un mese dopo l'iniezione; tuttavia, il dolore è tornato ai livelli iniziali al follow-up di 2 mesi (Figura 13). All'inizio, HVA non differiva tra i due gruppi. Il gruppo trattamento ha mostrato una continua riduzione dell'angolo fino al terzo mese, salvo poi vederlo tornare vicino al valore iniziale a tre e sei mesi di follow-up; il gruppo controllo si è comportato in maniera simile, ma con tempistiche più veloci (Figura 14).

Nel 2021, Parekh et al.^[54] hanno diviso 186 pazienti in tre gruppi, due gruppi trattamento (aboBoNT-A 300 U, 63 pazienti; aboBoNT-A 500 U, 60 pazienti) e un gruppo controllo (placebo, 63 pazienti). Lo studio aveva l'obiettivo di verificare le variazioni dell'intensità del dolore: non sono state riportate grandi differenze statistiche tra i vari gruppi. Dopo 12 settimane, il gruppo aboBoNT-A 300 U ha visto una riduzione del dolore (scala NPR) di 1.7, il gruppo aboBoNT-A 500 U di 2.4 e il gruppo placebo di 2.0. È stato riportato che il beneficio del gruppo aboBoNT-A 500 U è durato di più del beneficio ricevuto dal gruppo placebo.

Ortesi

Gli studi di questo gruppo analizzano gli effetti di ortesi diverse: plantari, separatori per dita in silicone, stecche, ortesi elastiche o rigide.

Tehrinasr et al. (2008)^[55] hanno messo a confronto l'efficacia di un plantare associato a una ortesi dinamica e di una stecca notturna. Al follow-up di tre mesi nel primo gruppo il dolore è diminuito di 1.6 punti della scala VAS, mentre non si apprezzano grandi differenze tra le misurazioni di HVA e IMA prima e dopo l'intervento; nel secondo gruppo non si segnalano differenze che hanno rilevanza statistica in nessuna delle tre voci menzionate in precedenza.

Nemmeno Reina e colleghi^[58] sono riusciti a dimostrare una piena efficacia dei plantari per il trattamento dell'alluce valgo. Nel 2019, Nakagawa et al.^[60] hanno portato avanti un esperimento che ha portato benefici a meno della metà dei pazienti (23 su 50). Mirzashahi e altri^[56] hanno comparato l'efficacia di una stecca su misura rispetto a una stecca commerciale da usare di notte. I risultati sono positivi per entrambe le ortesi, ma non possono essere certo considerati soddisfacenti, visto che dopo 12 mesi di follow-up il miglioramento di HVA e IMA non arriva nemmeno a 0.4° per l'ortesi su misura e rimane sotto lo 0.1° per la stecca notturna. Nel 2016, Chadchavalpanichaya et al.^[58] hanno somministrato a 90 pazienti affetti da alluce valgo delle scarpe cosiddette minimaliste, con la parte anteriore particolarmente larga e la suola piatta. A 45 di questi, inoltre, è stato dato un separatore per dita in silicone da indossare tra alluce e secondo dito. Si è notato che, dopo 12 mesi, il gruppo trattato solo con le scarpe nuove non ha visto alcun miglioramento, anzi, la media del HVA è aumentata. Al contrario, nel gruppo trattato con le scarpe e il separatore in silicone è andato incontro a un miglioramento portando la media del HVA da $32.0^\circ \pm 4.8^\circ$ a $28.8^\circ \pm 5.8^\circ$. Moulodi et al. (2019)^[59] e Kwan e colleghi (2022)^[61] hanno messo a confronto un'ortesi rigida rispettivamente con un'ortesi dinamica e un'ortesi elastica. Nel primo studio l'ortesi dinamica risulta più valida nonostante un miglioramento del HVA leggermente minore poiché permette

un guadagno maggiore sul ROM della articolazione metatarso-falangea dell'alluce. Nel secondo studio, invece, l'ortesi elastica risulta più efficace anche per quanto riguarda il HVA.

Taping

In generale le tecniche di taping sono risultate efficaci sia contro il dolore che contro la deformità. Tuttavia, bisogna guardare ai risultati ottenuti (in alcuni studi anche negativi) sapendo che non tutti gli studi avevano lo stesso obiettivo, che sono stati usati tape differenti, diverse tecniche di taping e che comunque è un trattamento terapeuta-dipendente. Un altro limite di questi studi è che il follow-up massimo è di due mesi, quindi rimangono sconosciuti gli effetti a lungo termine di questo tipo di intervento. Karabicak et al. (2015)^[62] hanno indagato gli effetti a breve termine del kinesioteaping sul dolore e sull'allineamento articolare nel trattamento conservativo dell'alluce valgo. I risultati mostrano una forte riduzione del dolore (scala VAS), che va da una media di 7.45 iniziale a una media di 1.1 dopo un mese di trattamento. Per quanto riguarda l'angolo dell'alluce valgo la media diminuisce di 7° dopo 10 giorni (con tape indossato), per poi risalire di 1.1° al follow up dopo 30 giorni. Nel 2016 i due autori coreani SM Lee e JH Lee^[63] hanno presentato il caso studio di una donna di 26 anni a cui quotidianamente per 30 giorni veniva applicato il kinesiotape sull'alluce per contrastarne il valgismo (Figura 13). Lo studio condotto ha riportato dei buoni risultati dal momento che la paziente al trentesimo giorno non riferiva dolore e il HVA è passato da 21° a 14° a destra e da 22° a 11° a sinistra. Anche se di poco, pure gli angoli inter-metatarsali sono diminuiti. L'articolo pubblicato nel 2021 da Taheri e colleghi^[67] dimostra nuovamente l'efficacia del taping contro il dolore, ma meno per quanto riguarda l'angolo dell'alluce valgo. Nel 2020, Żłobiński et al.^[66] hanno notato che dopo un mese di utilizzo del tape e la sua rimozione, durante il cammino, il carico sotto la prima testa metatarsale aumenta dell'1,2% e diminuisce dell'1% sotto le teste metatarsali 2 e 3. Nell'anno seguente, gli stessi autori^{[68][69]}, hanno condotto due studi con risultati molto simili sugli effetti del taping sul HVA: in entrambi gli articoli è descritta una riduzione dell'angolo dell'alluce valgo di 2°. Gur et al. (2016)^[64] hanno cercato di capire se il taping potesse migliorare l'equilibrio e il cammino: 18 donne con età media di 53.5 anni e HVA medio di 25.2° sono state incluse nello studio. Tuttavia, la ricerca non ha condotto ai risultati sperati, poiché non è stata rilevata alcuna differenza statistica tra il gruppo trattamento e il gruppo controllo. Inoltre, in alcuni casi, il taping è stato segnalato come fattore di rischio in più per la perdita di equilibrio.



Figura 13. Un esempio di applicazione di kinesioteape per abduire l'alluce. Immagini dallo studio di Sun-Min Lee e Jung-Hoon Lee (2016).^[64]

Terapia Manuale

Manovre di terapia manuale, come mobilizzazione passiva e stretching, possono essere utili per ridurre il dolore e aumentare il range articolare della prima articolazione metatarso-falangea. Ne è la dimostrazione l'articolo pubblicato nel 2010 da du Plessis e colleghi^[70] che concludono affermando che il protocollo descritto da Brantingham^[74] nel 2004 è efficace come una stecca notturna nel breve termine (3 settimane) per l'alluce valgo sintomatico lieve o moderato, ma già al mese di follow-up la terapia manuale continua a risultare efficace, mentre la stecca notturna no.

Moon et al. (2022)^[71] hanno investigato gli effetti delle manovre di stretching manuale (MSM) sull'alluce valgo. Il protocollo MSM dura 15 minuti e consiste in 4 step nel seguente ordine:

1. *Stretching manuale globale*: come primo passo, il terapeuta applica un allungamento dei muscoli adduttori, flessori ed estensori di tutte le dita e la fascia plantare per un minuto, in modo da raggiungere un rilassamento generale della pianta e del dorso del piede.
2. *Trazione manuale*: il terapeuta tiene l'articolazione metatarso-falangea del paziente con una mano e con l'altra fa delle trazioni di grado 2-3 in direzione distale per 8 volte, per 13 secondo ciascuna con intervalli di 2 secondi, per un totale di 2 minuti. La trazione serve per ridurre il dolore e l'ipomobilità.
3. *Stretching manuale locale*: la parte laterale della falange prossimale dell'alluce, che è il punto di inserzione dei capi obliquo e trasverso dell'adduttore dell'alluce è stata stimolata e allungata nella direzione dell'abduzione per 5 minuti.
4. *Mobilizzazione manuale dell'articolazione*: l'alluce è stato mantenuto in flessione dorsale, flessione plantare e abduzione. Il mantenimento di queste posizioni è durato 1 minuto ed è stato effettuato due volte.

In questo studio l'angolo dell'alluce valgo è passato da 20.58° (pre MSM) a 16.96° (post MSM), la sezione del muscolo abduzione dell'alluce è aumentata da 14.00 mm² a 16.11 mm². Inoltre, anche la superficie di contatto sotto l'alluce (il paziente in piedi) è aumentata considerevolmente in percentuale.

Scarpe minimaliste

Le scarpe minimaliste sono un tipo di calzatura progettato per avvicinarsi il più possibile alle condizioni di camminata o corsa a piedi nudi. L'obiettivo delle scarpe minimaliste è quello di fornire un contatto più sensoriale per il piede a terra e allo stesso tempo forniscono ai piedi una certa protezione dai pericoli e dalle condizioni del terreno. La ricerca dimostra che indossare una scarpa minimalista può aiutare a migliorare l'economia della corsa, la forza del piede e la funzione dell'arco plantare.^[80]

Nel 2018, Xiang e collaboratori^[72] hanno portato avanti uno studio su 15 pazienti per valutare gli effetti della corsa con scarpe minimaliste sull'alluce valgo. Una settimana prima dell'inizio del trattamento vero e proprio sono state fornite ai pazienti delle scarpe minimaliste con

cinque scomparti separati, uno per ogni dito, in modo che potessero familiarizzare con questo nuovo tipo di scarpe. Ad ogni partecipante è stato chiesto di attenersi alle seguenti istruzioni:

1. Riscaldamento di cinque minuti sul tapis roulant.
2. Le scarpe minimaliste erano necessarie per correre sul tapis roulant durante ogni sessione.
3. La velocità di corsa è stata impostata nell'intervallo di 11 ± 1 km/h e il sistema di monitoraggio della frequenza cardiaca (Polar, Finlandia) è stato utilizzato per controllare l'80% della frequenza cardiaca massima del partecipante (220 meno l'età).
4. La distanza da percorrere ad ogni sessione è di 5 km.
5. L'intervento consisteva in 3 sessioni/settimana per 12 settimane.

Come riportato nella Tabella 10 (a pagina 27), i dati dimostrano importanti riduzioni degli angoli intermetatarsale e dell'alluce valgo. Di conseguenza, anche lunghezza e larghezza del piede si modificano.

Sempre gli stessi autori, nel 2022, hanno condotto un caso studio su un intervento di 12 settimane con scarpe minimaliste su un giovane di 26 anni con HVA di 19.7° . Dopo un intervento di calzature minimaliste di 12 settimane, la prima articolazione metatarso-falangea ha mostrato allineamento in varo (HVA: 14.8°) e maggiore flessibilità, e i carichi di stress sono diminuiti nei metatarsali, in particolare nei metatarsali mediali.^[73]

Nello studio di Chadchavalpanichaya et al. (2016)^[58] sono state usate scarpe minimaliste nel gruppo controllo, che però non ha visto miglioramenti. Dopo 12 mesi, infatti, il HVA era addirittura aumentato. Tuttavia, bisogna considerare che l'angolo medio era molto maggiore rispetto a quello dello studio appena discusso (32.0° vs 19.7°), quindi una condizione che potrebbe essere irreversibile se si agisce indirettamente come con le scarpe. Questa è la dimostrazione che per scegliere il trattamento conservativo adatto è molto importante classificare la deformità dell'alluce valgo e capire se si può intervenire indirettamente o se è necessario un approccio più localizzato.

Combinazione di più trattamenti

Siccome l'Hallux Valgus è una patologia multifattoriale la combinazione di più interventi può essere una soluzione migliore rispetto ad un trattamento mono-intervento.

Nel 2004, Brantigham et al.^[74] hanno proposto un protocollo con approccio chiropratico, poi ripreso da du Plessis e colleghi^[70]. Il protocollo prevede innanzitutto la verifica della presenza o meno di malattie come gotta, artrite reumatoide o più in generale la presenza di un processo degenerativo dell'articolazione, poiché con la presenza di queste, le procedure manipolative sono controindicate. Poi bisogna seguire i seguenti passaggi:

1. Leggera trazione dell'alluce (elongazione assiale di grado 3) seguita da applicazione di ghiaccio.
2. Lo step successivo prevede trazione assiale e una leggera abduzione dell'alluce usando una mobilizzazione di gradi 3-4; a seguire applicazione del ghiaccio.
3. Segue una mobilizzazione dell'articolazione di grado 4 e, infine, un thrust manipolativo ad alta velocità e corto range. Il thrust indirizza l'alluce in abduzione e il primo metatarsale in adduzione. Si ricorda che la linea mediana di riferimento è la linea mediana del piede (secondo raggio).

Gli autori sottolineano l'importanza del costante monitoraggio del paziente. Il tempo che passa dal primo (trazione leggera) all'ultimo (thrust di grado 5) passaggio dipende dal paziente in termini di dolore e funzionalità del piede. I ricercatori hanno utilizzato il Foot Function Index^[81] per valutare dolore e funzionalità del piede nei pazienti con alluce valgo. I

risultati del questionario hanno visto una forte diminuzione nel punteggio (punteggio più basso indica minore disabilità e dolore) del gruppo trattamento, mentre sono rimasti pressoché invariati nel gruppo placebo.

Per determinare l'efficacia del taping insieme ad esercizi, Bayar e altri^[75] hanno selezionato 63 donne con HVA minimo di 15°. Per il taping è stato usato un nastro non elastico e gli esercizi consistevano di 10 ripetizioni di abduzione passiva e abduzione attiva dell'alluce, da eseguire due volte al giorno per 8 settimane. Il gruppo controllo ha eseguito soltanto gli esercizi, senza ricevere il taping; nonostante questo il gruppo controllo ha ottenuto dei miglioramenti, soprattutto sull'angolo HVA, passando da una media di 19.1° a 17.5° a destra e da una media di 21.2° a 19.0° a sinistra. Il gruppo studio invece ha visto una riduzione del HVA di 5.4° a destra e di 5.8° a sinistra. Inoltre, alla fine del trattamento, il dolore riportato dal gruppo studio – sia a riposo che durante il cammino – era di circa la metà rispetto a quello riportato dal gruppo controllo.

Kim et al.^[76] hanno accostato un esercizio per le dita dei piedi (Toe-Spread-Out exercise) alla applicazione di un'ortesi. Il gruppo controllo doveva solo portare l'ortesi per 8 settimane. Alla fine del trattamento il HVA del gruppo controllo era diminuito di 0.5°, mentre quello del gruppo TSO+ortesi era diminuito di 3.41°. Inoltre, l'area della sezione del muscolo abduktore dell'alluce è aumentata nel gruppo studio, mentre è leggermente diminuita nel gruppo controllo. In uno studio osservazionale Stewart e colleghi^[82] hanno trovato una relazione tra la sezione del muscolo abduktore dell'alluce e l'alluce valgo, riportando una sezione del muscolo molto più larga in pazienti non affetti da Hallux Valgus rispetto a pazienti colpiti.

Più recentemente, nel 2018, Abdalbary ha portato avanti un programma di trattamento su 56 donne con alluce valgo moderato con 3 sessioni a settimana per 12 settimane e un follow-up programmato a un anno dall'inizio del trattamento. Alle pazienti del gruppo sperimentale sono stati dati un separatore per l'alluce in silicone da indossare per almeno 8 ore al giorno l'intervento fisioterapico consisteva in manipolazioni volte ad aumentare la dorsiflessione di tutte le articolazioni metatarso-falangee e la mobilizzazione di tutte le articolazioni della caviglia. Lo stretching del tendine d'Achille è stato effettuato manualmente dal terapeuta. Al gruppo controllo, invece, è stato chiesto di non operare chirurgicamente l'Hallux Valgus, ma semplicemente di continuare le eventuali cure antinfiammatorie già cominciate. Come si poteva prevedere, il gruppo trattamento è andato incontro a peggioramenti per quanto riguarda gli angoli HVA (da 31.9° a 32.9° dopo un anno) e IMA (da 14° a 15° dopo un anno). Il gruppo sperimentale, invece, ha visto migliorare entrambi gli angoli da 32.7° a 25.8° (HVA) e da 14° a 12° (IMA).

CONCLUSIONI

Questa revisione ha mostrato l'esistenza di tecniche di trattamento conservativo per la gestione dell'alluce valgo.

È difficile stabilire quale sia il tipo di intervento migliore: in generale tutti i trattamenti sono risultati efficaci sia per la gestione del dolore, sia per la correzione della deformità, anche se non tutti gli articoli hanno condotto a risultati positivi.

Il trattamento con la tossina botulinica risulta essere il meno efficace: l'HVA va incontro a una riduzione minima e anche il dolore si riduce di molto meno rispetto, ad esempio, a quanto si riduce con l'applicazione del tape. Si tratta poi di un trattamento a breve termine che non modifica in alcun modo l'anatomia della prima articolazione metatarso-falangea.

Tra le ortesi, il plantare non è risultato efficace, così come non lo è stata la stecca notturna. Il separatore per dita in silicone, invece, ha ridotto di molto la deformità nei pazienti che l'hanno indossato; in più si trattava della deformità con l'HVA più alto tra tutti gli studi. Poca differenza tra ortesi rigide e mobili/elastiche.

Come anticipato, il taping è risultato utile per la riduzione del dolore, ma anche per la riduzione dell'angolo. Non è stato considerato efficace per migliorare l'equilibrio, anzi in alcuni casi è stato segnalato come un fattore di rischio aggiuntivo. Questo fatto suggerisce che il taping va considerato per pazienti che non hanno problemi di equilibrio dovuti all'alluce valgo.

Anche la terapia manuale è risultata fruttuosa, soprattutto per quanto riguarda il dolore e per la mobilità (metodo Brantingham). Le manovre di stretching manuale hanno condotto a risultati positivi, riducendo notevolmente la deformità.

Le scarpe minimaliste hanno corretto l'angolo in casi in cui questo non era troppo grande.

La combinazione di più trattamenti è risultata efficace in tutti i casi. È chiaro che bisogna scegliere la giusta combinazione in base al tipo di paziente che si presenta. Gli esercizi attivi si sono rivelati utili alla correzione della deformità e l'ipotesi è che gli esercizi attivi facciano sì che la correzione si mantenga per un periodo di tempo più prolungato.

Per concludere, maggiori studi su gruppi più ampi e con diverse combinazioni di trattamenti possono essere utili alla discussione su un possibile protocollo per la gestione e il trattamento di Hallux Valgus.

Ad ogni modo, con questa revisione possiamo suggerire un protocollo di trattamento di tipo conservativo per ridurre dolore e deformità in pazienti affetti da alluce valgo che consiste in:

- Sedute di terapia manuale (metodo Brantingham e manovre di stretching) per ridurre dolore e la trazione laterale dei muscoli adduttore dell'alluce e flessore lungo dell'alluce.
- Educazione del paziente nella scelta di calzature comode durante la giornata. La scarpa in questione non deve essere per forza minimalista, ma deve far sì che il piede venga accolto senza che le dita (non solo l'alluce) vengano deviate verso la linea mediana del piede (secondo raggio).
- Somministrazione di un separatore per dita in silicone (è risultato essere l'ortesi migliore per questa deformità) da indossare il maggior tempo possibile.
- Esercizi attivi per il muscolo abducente dell'alluce. Si può pensare di aggiungere anche una resistenza elastica per aumentarne la forza.

Bibliografia

- ¹ Rolian, C., Lieberman, D. E., Hamill, J., Scott, J. W., & Werbel, W. (2009). *Walking, running and the evolution of short toes in humans*. *Journal of Experimental Biology*, 212(5), 713-721 doi:10.1242/jeb.019885
- ² Yavuz, M., Hetherington, V. J., Botek, G., Hirschman, G. B., Bardsley, L., & Davis, B. L. (2009). *Forefoot plantar shear stress distribution in hallux valgus patients*. *Gait & Posture*, 30(2), 257–259. doi:10.1016/j.gaitpost.2009.05.002
- ³ Hashimoto, T., Ueno, K., Ogawa, A., Asamizuya, T., Suzuki, C., Cheng, K., Iriki, A. (2013). *Hand before foot? Cortical somatotopy suggests manual dexterity is primitive and evolved independently of bipedalism*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1630), 20120417-20120417. doi:10.1098/rstb.2012.0417
- ⁴ Aiello L, Dean C, Cameron J. *An Introduction to Human Evolutionary Anatomy*. Elsevier Science; 1990
- ⁵ Willems TM, Witvrouw E, Delbaere K, Mahieu N, De Bourdeaudhuij L, De Clercq D. *Intrinsic Risk Factors for Inversion Ankle Sprains in Male Subjects: A Prospective Study*. *The American Journal of Sports Medicine*. 2005;33(3):415-423. doi:10.1177/0363546504268137
- ⁶ Reeves, C. L., & Shane, A. M. (2017). *Complications of Hallux Valgus Surgery*. *Complications in Foot and Ankle Surgery*, 135–149. doi:10.1007/978-3-319-53686-6_11
- ⁷ Raikin, S. M., Miller, A. G., & Daniel, J. (2014). *Recurrence of Hallux Valgus*. *Foot and Ankle Clinics*, 19(2), 259–274. doi:10.1016/j.fcl.2014.02.008
- ⁸ Menz HB, Lim PQ, Hurn SE, Mickle KJ, Buldt AK, Cotchett MP, Roddy E, Wluka AE, Erbas B, Munteanu SE. *Footwear, foot orthoses and strengthening exercises for the non-surgical management of hallux valgus: protocol for a randomised pilot and feasibility trial*. *J Foot Ankle Res*. 2022 Jun 3;15(1):45. doi: 10.1186/s13047-022-00553-4. PMID: 35655233; PMCID: PMC9162879.
- ⁹ Haines R.W., McDougall A. *The anatomy of hallux valgus*. *J Bone Joint Surg Br*. 1954 May;36-B(2):272-93. doi: 10.1302/0301-620X.36B2.272. PMID: 13163115.
- ¹⁰ Hetherington V. J., *Hallux Valgus & Forefoot Surgery*, Kent, Churchill Livingstone, 1994, pp. 11-26
- ¹¹ Froriep, R: *Commentatiuncula de Ossis Metatarsi Primi Exostosi*. Breolini: Joanni de Wiebe, 1834 pp. 1-8
- ¹² Lane, WA: *The Causation, Pathology, and Physiology of Several of the Deformities Which Develop During Young Life*, Guy's Hospital Reports, 1887, p. 241
- ¹³ Röpke W. *Über den Hallux valgus*. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie*, 1904, pp. 71, 137.
- ¹⁴ Thordarson D. B., Krewer P., *Medial Eminence Thickness with and without Hallux Valgus*. *Foot & Ankle International*, 2002 23(1), 48-50. doi: 10.1177/107110070202300109
- ¹⁵ Ewald P., *Die Aetiologie des Hallux valgus*, *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie*, 1912, p. 114
- ¹⁶ Payr E., *Pathologic und Therapie des Hallux valgus*. *Beiträge zur klinischen Medizin und Chirurgie*, Vienna, Lipsia, 1894
- ¹⁷ Silver D., *The Operative Treatment of Hallux Valgus*. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 1923, p. 225.
- ¹⁸ Girdlestone, G. H., Spooner, H. J., *A New Operation for Hallux Valgus and Hallux Rigidus*. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 1937.
- ¹⁹ Lastrico M., *Biomeccanica Muscolo-Scheletrica e Metodica Mézières*, Roma, Marrapese Editore, 2009
- ²⁰ Yoshioka Y, Siu DW, Cooke TD, Bryant JT, Wyss U. *Geometry of the first metatarsophalangeal joint*. *J Orthop Res*. 1988;6(6):878-85. doi: 10.1002/jor.1100060612. PMID: 3171768.
- ²¹ Shereff MJ, Bejjani FJ, Kummer FJ. *Kinematics of the first metatarsophalangeal joint.*, *J Bone Joint Surg Am.*, 1986 Mar;68(3):392-8. PMID: 3949833
- ²² Mygind H.B., *Some views on the surgical treatment of hallux valgus*, *Acta Orthop Scand.*, 1953;23(2):152-8. doi: 10.3109/17453675308991208 PMID: 13138112
- ²³ Hicks J.H., *The mechanics of the foot. II. The plantar aponeurosis and the arch.*, *J Anat.*, 1954 Jan;88(1):25-30. PMID: 13129168; PMCID: PMC1244640.
- ²⁴ Ward M Glasoe, H John Yack, Charles L Saltzman, *Anatomy and Biomechanics of the First Ray*, *Physical Therapy*, Volume 79, Issue 9, 1 September 1999, Pages 854–859, doi: 10.1093/ptj/79.9.854
- ²⁵ Robinson H.A., *The etiology of bunion*, *Mil Surgeon*, 62:807, 1928
- ²⁶ Nayfa T.M., Sorto L.A. Jr, *The incidence of hallux abductus following tibial sesamoidectomy*, *J Am Podiatry Assoc*. 1982 Dec;72(12):617-20. doi: 10.7547/87507315-72-12-617. PMID: 7175075.
- ²⁷ Cralley J.C., McGonagle W., Fitch K., *The role of adductor hallucis in bunion deformity (Part II)*. *J Am Podiatry Association*, 1978 Jul;68(7):473-83. doi: 10.7547/87507315-68-7-473. PMID: 670632.
- ²⁸ McBride E.D., *A conservative operation for bunions*. *J Bone Joint Surg* 10:735, 1928
- ²⁹ Mann R., Inman V. T., *Phasic Activity of Intrinsic Muscles of the Foot*. *The Journal of Bone & Joint Surgery*: April 1964 - Volume 46 - Issue 3 - p 469-481
- ³⁰ Grode S.E., McCarthy D.J. *The anatomical implications of hallux abducto valgus: a cryomicrotomy study*. *J Am Podiatry Assoc*. 1980 Nov;70(11):539-51. doi: 10.7547/87507315-70-11-539. PMID: 7430534.
- ³¹ Scranton PE Jr, Rutkowski R. *Anatomic variations in the first ray: Part II. Disorders of the sesamoids*. *Clin Orthop Relat Res*. 1980 Sep;(151):256-64. PMID: 7418315.
- ³² Alvarez R, Haddad RJ, Gould N, Trevino S. *The Simple Bunion: Anatomy at the Metatarsophalangeal Joint of the Great Toe*. *Foot & Ankle*. 1984;4(5):229-240. doi: 10.1177/107110078400400502
- ³³ Miller F, Aronson D, Weil LS. *Incongruity of the first metatarsophalangeal joint. The effect on cartilage contact surface area*. *J Am Podiatry Assoc*. 1977 May;67(5):328-33. doi: 10.7547/87507315-67-5-328. PMID: 864195.
- ³⁴ Jaworek TE. *The histologic patterns in functional bony adaptation as applied to congruous and subluxed joints*. *J Am Podiatry Assoc*. 1975 Oct;65(10):953-62. doi: 10.7547/87507315-65-10-953. PMID: 1165376
- ³⁵ Rega R, Green DR. *The extensor hallucis longus and the flexor hallucis longus tendons in hallux abducto valgus*. *J Am Podiatry Association* 1978 Jul;68(7):467-72. doi: 10.7547/87507315-68-7-467. PMID: 670631.
- ³⁶ Schuberth, J., Cralley, J., & Wingfield, E. (1982). *Extensor hallucis tendons of normal and hallux abducto valgus feet*, *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 72(3), 125-129.

- ³⁷ Truslow W., *Metatarsus Primus Varus Or Hallux Valgus?*. The Journal of Bone & Joint Surgery: January 1925 - Volume 7 - Issue 1 - p 98-108
- ³⁰ Mitchell C.L., Fleming J.L., Allen R., Glenney C., Sanford G.A. *Osteotomy-bunionectomy for hallux valgus*. J Bone Joint Surg Am. 1958 Jan;40-A(1):41-58; discussion 59-60. PMID: 13491607.
- ³⁹ Maldin RA. *Axial rotation of the first metatarsal as a factor in hallux valgus*. J Am Podiatry Association 1972 Mar;62(3):85-93. doi: 10.7547/87507315-62-3-85. PMID: 5059757.
- ⁴⁰ Carr Chalmers R., Boyd Basil M., *Correctional Osteotomy for Metatarsus Primus Varus and Hallux Valgus*. The Journal of Bone & Joint Surgery: October 1968 - Volume 50 - Issue 7 - p 1353-1367
- ⁴¹ Price GF. *Metatarsus primus varus: including various clinicoradiologic features of the female foot*. Clin Orthop Relat Res. 1979 Nov-Dec;(145):217-23. PMID: 535278.
- ⁴² Heden RI, Sorto LA Jr. *The Buckle point and the metatarsal protrusion's relationship to hallux valgus*. J Am Podiatry Assoc. 1981 Apr;71(4):200-8. doi: 10.7547/87507315-71-4-200. PMID: 7217597.
- ⁴³ Snijders CJ, Snijder JGN, Philippens MMGM. *Biomechanics of Hallux Valgus and Spread Foot*. Foot & Ankle. 1986;7(1):26-39. doi:10.1177/107110078600700106
- ⁴⁴ Roan LY, Tanaka Y, Taniguchi A, Tomiwa K, Kumai T, Cheng YM. *Why do lesser toes deviate laterally in hallux valgus? A radiographic study*. Foot Ankle Int. 2015 Jun;36(6):664-72. doi: 10.1177/1071100715573051. Epub 2015 Feb 24. PMID: 25712119.
- ⁴⁵ Hecht PJ, Lin TJ. *Hallux valgus*. Med Clin North Am. 2014 Mar;98(2):227-32. PMID: 24559871. doi: 10.1016/j.mcna.2013.10.007
- ⁴⁶ Seki H, Miura A, Sato N, Yuda J, Shimauchi T (2020) *Correlation between degree of hallux valgus and kinematics in classical ballet: A pilot study*. PLOS ONE 15(4): e0231015. doi: 10.1371/journal.pone.0231015
- ⁴⁷ Coughlin, M. J., & Jones, C. P. (2007). *Hallux Valgus: Demographics, Etiology, and Radiographic Assessment*. Foot & Ankle International, 28(7), 759-777 doi: 10.3113/fai.2007.0759
- ⁴⁸ Hatch, D. J., Santrock, R. D., Smith, B., Dayton, P., & Weil, L. (2018). *Triplane Hallux Abducto Valgus Classification*. The Journal of Foot and Ankle Surgery. doi:10.1053/j.jfas.2018.02.008
- ⁴⁹ Coughlin MJ. *Hallux valgus*. J Bone Joint Surg Am. 1996 Jun;78(6):932-66. PMID: 8666613.
- ⁵⁰ Ray JJ, Friedmann AJ, Hanselman AE, et al. *Hallux Valgus*. Foot & Ankle Orthopaedics. April 2019. doi: 10.1177/2473011419838500
- ⁵¹ Smith JT, Bluman EM. *Hallux valgus and hallux varus*. In: Orthopaedic Knowledge Update: Foot and Ankle. 5th ed. Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2014
- ⁵² Cortese F., Mercurio D., Santandrea A., Giardini P., Niccoli G., *Le tecniche chirurgiche di correzione dell'alluce valgo*, Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia, 2018;44:114-132
- ⁵³ Wu KP, Chen CK, Lin SC, Pei YC, Lin RH, Tsai WC, Fuk-Tan Tang S. *Botulinum Toxin type A injections for patients with painful hallux valgus: a double-blind, randomized controlled study*. Clin Neurol Neurosurg. 2015 Feb;129 Suppl 1:S58-62. doi: 10.1016/S0303-8467(15)30014-7. PMID: 25683315.
- ⁵⁴ Silva R, Parekh SG, DiDomenico LA, Armstrong DG, Baravarian B, Volteau M. *AbobotulinumtoxinA in the Management of Hallux Valgus in Adult Patients: Results of a Randomised And Placebo-Controlled Phase 2 Trial*. Foot Ankle Orthop. 2020 Nov 6;5(4):2473011420S00448. doi: 10.1177/2473011420S00448. PMID: PMC8702769.
- ⁵⁵ Tehraninasr A, Saedi H, Forogh B, Bahramizadeh M, Keyhani MR. *Effects of insole with toe-separator and night splint on patients with painful hallux valgus: A comparative study*. Prosthetics and Orthotics International. 2008;32(1):79-83. doi:10.1080/03093640701669074
- ⁵⁶ Mirzashahi B, Ahmadifar M, Birjandi M, Pournia Y. *Comparison of designed slippers splints with the splints available on the market in the treatment of hallux valgus*. Acta Med Iran. 2012;50(2):107-12. PMID: 22359079.
- ⁵⁷ Reina M, Lafuente G, Munuera PV. *Effect of custom-made foot orthoses in female hallux valgus after one-year follow up*. Prosthet Orthot Int. 2013 Apr;37(2):113-9. doi: 10.1177/0309364612447097. Epub 2012 Jun 12. PMID: 22691724.
- ⁵⁸ Chadchavalpanichaya N, Prakotmongkol V, Polhan N, Rayochee P, Seng-Iad S. *Effectiveness of the custom-mold room temperature vulcanizing silicone toe separator on hallux valgus: A prospective, randomized single-blinded controlled trial*. Prosthet Orthot Int. 2018 Apr;42(2):163-170. doi: 10.1177/0309364617698518. Epub 2017 Mar 20. PMID: 28318407.
- ⁵⁹ Moulodi N, Kamyab M, Farzadi M. *A comparison of the hallux valgus angle, range of motion, and patient satisfaction after use of dynamic and static orthoses*. Foot (Edinb). 2019 Dec; 41:6-11. doi: 10.1016/j.foot.2019.06.002. Epub 2019 Jun 25. PMID: 31675599.
- ⁶⁰ Nakagawa R, Yamaguchi S, Kimura S, Sadamasu A, Yamamoto Y, Muramatsu Y, Sato Y, Akagi R, Sasho T, Ohtori S. *Efficacy of foot orthoses as nonoperative treatment for hallux valgus: A 2-year follow-up study*. J Orthop Sci. 2019 May;24(3):526-531 doi: 10.1016/j.jos.2018.11.003. Epub 2018 Dec 1. PMID: 30509733.
- ⁶¹ Kwan MY, Yick KL, Yip J, Tse CY. *The immediate effects of hallux valgus orthoses: A comparison of orthosis designs*. Gait Posture. 2021 Oct; 90:283-288. doi: 10.1016/j.gaitpost.2021.09.174. Epub 2021 Sep 15. PMID: 34537497.
- ⁶² Karabicak GO, Bek N, Tiftikci U. *Short-Term Effects of Kinesiotaping on Pain and Joint Alignment in Conservative Treatment of Hallux Valgus*. J Manipulative Physiol Ther. 2015 Oct;38(8):564-71. doi: 10.1016/j.jmpt.2015.09.001. Epub 2015 Oct 3. PMID: 26435086.
- ⁶³ Lee SM, Lee JH. *Effects of balance taping using kinesiology tape in a patient with moderate hallux valgus: A case report*. Medicine (Baltimore). 2016 Nov;95(46):e5357. doi: 10.1097/MD.0000000000005357. PMID: 27861365; PMID: PMC5120922.
- ⁶⁴ Gur G, Ozkal O, Dilek B, Aksoy S, Bek N, Yakut Y. *Effects of Corrective Taping on Balance and Gait in Patients With Hallux Valgus*. Foot Ankle Int. 2017 May;38(5):532-540. doi: 10.1177/1071100716683347. Epub 2016 Dec 20. PMID: 28271903.
- ⁶⁵ Formosa MP, Gatt A, Formosa C. *Evaluating Quality of Life in Patients with Hallux Abducto Valgus Deformity After a Taping Technique*. J Am Podiatr Med Assoc 2017 Jul;107(4):287-291. doi: 10.7547/15-110. PMID: 28880597.
- ⁶⁶ Żłobiński T, Stolecka-Warzecha A, Hartman-Petrycka M, Błońska-Fajfrowska B. *The short-term effectiveness of Kinesiology Taping on foot biomechanics in patients with hallux valgus*. J Back Musculoskelet Rehabil. 2021;34(4):715-721. doi: 10.3233/BMR-200231. PMID: 33720876.

- ⁶⁷ Taheri, P., Maghroori, R., & Heidari, A. (2021). *Assessment of Kinesio Taping Versus Phonophoresis for the Treatment of Painful Hallux Valgus: A Pilot Study*. *Galen Medical Journal*, 10, e1888. <https://doi.org/10.31661/gmj.v10i0.1888>
- ⁶⁸ Żłobiński T, Stolecka-Warzecha A, Hartman-Petrycka M, Błońska-Fajfrowska B. *Effect of Hallux Valgus Correction with Kinesiology Taping on Hindfoot Position*. Pilot Study. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2021 Aug 31;23(4):295-303. doi: 10.5604/01.3001.0015.2367. PMID: 34511429.
- ⁶⁹ Żłobiński T, Stolecka-Warzecha A, Hartman-Petrycka M, Błońska-Fajfrowska B. *The Influence of Short-Term Kinesiology Taping on Foot Anthropometry and Pain in Patients Suffering from Hallux Valgus*. *Medicina (Kaunas)*. 2021 Mar 26;57(4):313. doi: 10.3390/medicina57040313. PMID: 33810238; PMCID: PMC8066713.
- ⁷⁰ du Plessis M, Zipfel B, Brantingham JW, Parkin-Smith GF, Birdsey P, Globe G, Cassa TK. *Manual and manipulative therapy compared to night splint for symptomatic hallux abducto valgus: an exploratory randomised clinical trial*. *Foot (Edinb)*. 2011 Jun;21(2):71-8. doi: 10.1016/j.foot.2010.11.006. Epub 2011 Jan 14. PMID: 21237635.
- ⁷¹ Moon KA, Kim YJ, Kim JH, Park JH, Jeon HS. *Effect of the manual stretching maneuver for hallux valgus*. *Foot (Edinb)*. 2022 May; 51:101900. doi: 10.1016/j.foot.2021.101900. Epub 2021 Dec 23. PMID: 35255404.
- ⁷² Xiang L, Mei Q, Fernandez J, Gu Y. *Minimalist shoes running intervention can alter the plantar loading distribution and deformation of hallux valgus: A pilot study*. *Gait Posture*. 2018 Sep;65:65-71. doi: 10.1016/j.gaitpost.2018.07.002. Epub 2018 Jul 5. PMID: 30558948.
- ⁷³ Liangliang Xiang, Qichang Mei, Alan Wang, Vickie Shim, Justin Fernandez, Yaodong Gu, *Evaluating function in the hallux valgus foot following a 12-week minimalist footwear intervention: A pilot computational analysis*, *Journal of Biomechanics*, Volume 132, 2022, 110941, ISSN 0021-9290, <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2022.110941>.
- ⁷⁴ James W. Brantingham, Sioban Guiry, Heidi H. Kretzmam, Victoria J. Kite, Gary Globe, *A pilot study of the efficacy of a conservative chiropractic protocol using graded mobilization, manipulation and ice in the treatment of symptomatic hallux abductovalgus bunion*, *Clinical Chiropractic*, Volume 8, Issue 3, 2005, Pages 117-133, ISSN 1479-2354, <https://doi.org/10.1016/j.clch.2005.06.001>.
- ⁷⁵ Bayar, Banu & Erel, Suat & Simşek, Ibrahim & Sumer, Erkan & Bayar, Kilichan. (2011). *The effects of taping and foot exercises on patients with hallux valgus: A preliminary study*. *Turkish Journal of Medical Sciences*. 41. 403-409. 10.3906/sag-0912-499.
- ⁷⁶ Kim MH, Yi CH, Weon JH, Cynn HS, Jung DY, Kwon OY. *Effect of toe-spread-out exercise on hallux valgus angle and cross-sectional area of abductor hallucis muscle in subjects with hallux valgus*. *J Phys Ther Sci*. 2015 Apr;27(4):1019-22. doi: 10.1589/jpts.27.1019. Epub 2015 Apr 30. PMID: 25995546; PMCID: PMC4433967.
- ⁷⁷ Abdalbary SA. *Foot Mobilization and Exercise Program Combined with Toe Separator Improves Outcomes in Women with Moderate Hallux Valgus at 1-Year Follow-up A Randomized Clinical Trial*. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2018 Nov;108(6):478-486. doi: 10.7547/17-026. Epub 2018 Apr 23. PMID: 29683337.
- ⁷⁸ Külünkoğlu BA, Akkubak Y, Çelik D, Alkan A. *A comparison of the effectiveness of splinting, exercise and electrotherapy in women patients with hallux valgus: A randomized clinical trial*. *Foot (Edinb)*. 2021 Sep;48:101828. doi: 10.1016/j.foot.2021.101828. Epub 2021 May 25. PMID: 34388424.
- ⁷⁹ Radovic PA, Shah E. *Nonsurgical treatment for hallux abducto valgus with botulinum toxin A*. *J Am Podiatr Med Assoc* 2008;98:61-5.
- ⁸⁰ Miller, Elizabeth E.; Whitcome, Katherine K.; Lieberman, Daniel E.; Norton, Heather L.; Dyer, Rachael E. (2014-06-01). *The effect of minimal shoes on arch structure and intrinsic foot muscle strength*. *Journal of Sport and Health Science*. Special Issue on "Barefoot and Minimal Shoe Running". 3 (2): 74–85. doi:10.1016/j.jshs.2014.03.011
- ⁸¹ Budiman-Mak E, Conrad KJ, Roach KE. *The Foot Function Index: a measure of foot pain and disability*. *J Clin Epidemiol*. 1991;44(6):561-70. doi: 10.1016/0895-4356(91)90220-4. PMID: 2037861.
- ⁸² Stewart S, Ellis R, Heath M, Rome K. *Ultrasonic evaluation of the abductor hallucis muscle in hallux valgus: a cross-sectional observational study*. *BMC Musculoskelet Disord*. 2013 Jan 28;14:45. doi: 10.1186/1471-2474-14-45. PMID: 23356426; PMCID: PMC3564793.