



HAL
open science

Méthode fonctionnelle versus méthode Ponseti dans le traitement du pied bot varus équin idiopathique

Souad El Batti

► **To cite this version:**

Souad El Batti. Méthode fonctionnelle versus méthode Ponseti dans le traitement du pied bot varus équin idiopathique. Médecine humaine et pathologie. 2014. dumas-01232240

HAL Id: dumas-01232240

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01232240>

Submitted on 23 Nov 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS

FACULTE DE MEDECINE DE NICE

**METHODE FONCTIONNELLE
VERSUS
METHODE PONSETI DANS LE
TRAITEMENT DU PIED BOT
VARUS EQUIN IDIOPATHIQUE**

NICE – AVRIL 2014

Souad EL BATTI

UNIVERSITE DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS

FACULTE DE MEDECINE DE NICE

METHODE FONCTIONNELLE
VERSUS
METHODE PONSETI DANS LE
TRAITEMENT DU PIED BOT VARUS
EQUIN IDIOPATHIQUE

THÈSE

présentée et soutenue publiquement
devant la Faculté de Médecine de Nice

le 28 Avril 2014

par

Melle El BATTI Souad
interne des hôpitaux de Nice
née le 15 Décembre 1983 à Cagnes-sur-mer

pour obtenir le diplôme d'Etat de Docteur en Médecine

UNIVERSITE DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS

FACULTE DE MEDECINE DE NICE

Liste des professeurs au 1er novembre 2013 à la Faculté de Médecine de Nice

Doyen

M. BAQUÉ Patrick

Assesseurs

M. BOILEAU Pascal
M. HÉBUTERNE Xavier
M. LEVRAUT Jacques

Conservateur de la bibliothèque

M. SCALABRE Grégory

Chef des services administratifs

Mme CALLEA Isabelle

Doyens Honoraires

M. AYRAUD Noël
M. RAMPAL Patrick
M. BENCHIMOL Daniel

Professeurs Honoraires

M. BALAS Daniel
M. BLAIVE Bruno
M. BOQUET Patrice
M. BOURGEON André
M. BOUTTÉ Patrick
M. BRUNETON Jean-Noël
Mme BUSSIÈRE Françoise
M. CHATEL Marcel
M. COUSSEMENT Alain
M. DAR COURT Guy
M. DELMONT Jean
M. DEMARD François
M. DOLISI Claude
M. FREYCHET Pierre
M. GÉRARD Jean-Pierre
M. GILLET Jean-Yves
M. GRELLIER Patrick
M. HARTER Michel
M. INGLES AKIS Jean-André

M. LALANNE Claude-Michel
M. LAMBERT Jean-Claude
M. LAPALUS Philippe
M. LAZDUNSKI Michel
M. LEFEBVRE Jean-Claude
M. LE BAS Pierre
M. LE FICHOUX Yves
M. LOUBIERE Robert M. MARIANI Roger
M. MASSEYEFF René
M. MATTEI Mathieu
M. MOUIEL Jean
Mme MYQUEL Martine
M. OLLIER Amédée
M. ORTONNE Jean-Paul
M. SCHNEIDER Maurice
M. TOUBOL Jacques
M. TRAN Dinh Khiem
M. ZIEGLER Gérard

M.C.A. Honoraire

Mlle ALLINE Madeleine

M.C.U. Honoraires

M. ARNOLD Jacques
 M. BASTERIS Bernard
 Mlle CHICHMANIAN Rose-Marie
 M. EMILIOZZI Roméo
 M. GASTAUD Marcel
 M. GIRARD-PIPAU Fernand
 M. GIUDICELLI Jean
 M. MAGNÉ Jacques
 Mme MEMRAN Nadine
 M. MENGUAL Raymond
 M. POIRÉE Jean-Claude
 Mme ROURE Marie-Claire

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

M. AMIEL Jean Urologie (52.04)
 M. BENCHIMOL Daniel Chirurgie Générale (53.02)
 M. CAMOUS Jean-Pierre Thérapeutique (48.04)
 M. DARCOURT Jacques Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
 M. DELLAMONICA Pierre Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales (45.03)
 M. DESNUELLE Claude Biologie Cellulaire (44.03)
 Mme EULLER-ZIEGLER Liana Rhumatologie (50.01)
 M. FENICHEL Patrick Biologie du Développement et de la Reproduction (54.05)
 M. FUZIBET Jean-Gabriel Médecine Interne (53.01)
 M. FRANCO Alain Gériatrie et Biologie du vieillissement (53.01)
 M. GASTAUD Pierre Ophtalmologie (55.02)
 M. GILSON Éric Biologie Cellulaire (44.03)
 M. GRIMAUD Dominique Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
 M. HASSEN KHODJA Reda Chirurgie Vasculaire (51.04)
 M. HÉBUTERNE Xavier Nutrition (44.04)
 M. HOFMAN Paul Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
 M. LACOUR Jean-Philippe Dermato-Vénérologie (50.03)
 Mme LEBRETON Élisabeth Chirurgie Plastique, Reconstructrice et Esthétique (50.04)
 M. MICHIELS Jean-François Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
 M. PRINGUEY Dominique Psychiatrie d'Adultes (49.03)
 M. QUATREHOMME Gérald Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
 M. SANTINI Joseph O.R.L. (55.01)
 M. THYSS Antoine Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
 M. VAN OBBERGHEN Emmanuel Biochimie et Biologie Moléculaire (44.01)

PROFESSEURS PREMIERE CLASSE

M. BATT Michel Chirurgie Vasculaire (51.04)
 M. BÉRARD Étienne Pédiatrie (54.01)
 M. BERNARDIN Gilles Réanimation Médicale (48.02)
 M. BOILEAU Pascal Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
 M. BONGAIN André Gynécologie-Obstétrique (54.03)
 Mme CRENESSE Dominique Physiologie (44.02)
 M. DE PERETTI Fernand Anatomie-Chirurgie Orthopédique (42.01)
 M. DRICI Milou-Daniel Pharmacologie Clinique (48.03)

M. ESNAULT Vincent Néphrologie (52-03)
 M. FERRARI Émile Cardiologie (51.02) M. GIBELIN Pierre Cardiologie (51.02)
 M. GUGENHEIM Jean Chirurgie Digestive (52.02)
 Mme ICHAI Carole Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
 M. LONJON Michel Neurochirurgie (49.02)
 M. MARQUETTE Charles-Hugo Pneumologie (51.01)
 M. MARTY Pierre Parasitologie et Mycologie (45.02)
 M. MOUNIER Nicolas Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
 M. MOUROUX Jérôme Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
 M. PADOVANI Bernard Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
 M. PAQUIS Philippe Neurochirurgie (49.02)
 Mme PAQUIS Véronique Génétique (47.04)
 M. RAUCOULES-AIMÉ Marc Anesthésie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
 Mme RAYNAUD Dominique Hématologie (47.01)
 M. ROBERT Philippe Psychiatrie d'Adultes (49.03)
 M. ROSENTHAL Éric Médecine Interne (53.01)
 M. SCHNEIDER Stéphane Nutrition (44.04)
 M. TRAN Albert Hépto Gastro-entérologie (52.01)

PROFESSEURS DEUXIEME CLASSE

M. ALBERTINI Marc Pédiatrie (54.01)
 Mme ASKENAZY-GITTARD Florence Pédopsychiatrie (49.04)
 M. BAHADORAN Philippe Cytologie et Histologie (42.02)
 M. BAQUÉ Patrick Anatomie - Chirurgie Générale (42.01)
 M. BARRANGER Emmanuel Gynécologie Obstétrique (54.03) M. BENIZRI Emmanuel Chirurgie Générale (53.02)
 Mme BLANC-PEDEUTOUR Florence Cancérologie – Génétique (47.02)
 M. BREAUD Jean Chirurgie Infantile (54-02)
 Mlle BREUIL Véronique Rhumatologie (50.01)
 M. CANIVET Bertrand Médecine Interne (53.01)
 M. CARLES Michel Anesthésiologie Réanimation (48.01)
 M. CASSUTO Jill-Patrice Hématologie et Transfusion (47.01)
 M. CASTILLO Laurent O.R.L. (55.01)
 M. CHEVALLIER Patrick Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
 M. DUMONTIER Christian Chirurgie plastique
 M. FERRERO Jean-Marc Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
 M. FOURNIER Jean-Paul Thérapeutique (48-04)
 M. FREDENRICH Alexandre Endocrinologie, Diabète et Maladies métaboliques (54.04)
 Mlle GIORDANENGO Valérie Bactériologie-Virologie (45.01)
 M. GUÉRIN Olivier Gériatrie (48.04)
 M. HANNOUN-LEVI Jean-Michel Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
 M. IANNELLI Antonio Chirurgie Digestive (52.02)
 M. JOURDAN Jacques Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
 M. LEVRAUT Jacques Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
 M. PASSERON Thierry Dermato-Vénérologie (50-03)
 M. PICHE Thierry Gastro-entérologie (52.01)
 M. PRADIER Christian Épidémiologie, Économie de la Santé et Prévention (46.01)
 M. ROGER Pierre-Marie Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales (45.03)
 M. ROHRLICH Pierre Pédiatrie (54.01)
 M. RUIMY Raymond Bactériologie-virologie (45.01)

M. SADOUL Jean-Louis Endocrinologie, Diabète et Maladies Métaboliques (54.04)
 M. STACCINI Pascal Biostatistiques et Informatique Médicale (46.04)
 M. THOMAS Pierre Neurologie (49.01)
 M. TROJANI Christophe Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
 M. VENISSAC Nicolas Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

M. SAUTRON Jean-Baptiste Médecine Générale

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme ALUNNI-PERRET Véronique Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
 M. AMBROSETTI Damien Cytologie et Histologie (42.02)
 Mme BANNWARTH Sylvie Génétique (47.04)
 M. BENOLIEL José Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
 Mme BERNARD-POMIER Ghislaine Immunologie (47.03)
 Mme BUREL-VANDENBOS Fanny Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
 M. DELOTTE Jérôme Gynécologie-Obstétrique (54.03)
 M. DOGLIO Alain Bactériologie-Virologie (45.01)
 Mme DONZEAU Michèle Biologie du Développement et de la Reproduction (54.05)
 M. FOSSE Thierry Bactériologie-Virologie-Hygiène (45.01)
 M. FRANKEN Philippe Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
 M. GARRAFFO Rodolphe Pharmacologie Fondamentale (48.03)
 Mme HINAULT Charlotte Biochimie et biologie moléculaire (44.01)
 Mlle LANDRAUD Luce Bactériologie-Virologie (45.01)
 Mme LEGROS Laurence Hématologie et Transfusion (47.01)
 Mme MAGNIÉ Marie-Noëlle Physiologie (44.02)
 Mme MUSSO-LASSALLE Sandra Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
 M. NAÏMI Mourad Biochimie et Biologie moléculaire (44.01)
 M. PHILIP Patrick Cytologie et Histologie (42.02)
 Mme POMARES Christelle Parasitologie et mycologie (45.02)
 Mlle PULCINI Céline Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales (45.03)
 M. ROUX Christian Rhumatologie (50.01)
 M. TESTA Jean Épidémiologie Économie de la Santé et Prévention (46.01)
 M. TOULON Pierre Hématologie et Transfusion (47.01)

PROFESSEURS ASSOCIÉS

M. DIOMANDE Mohenou Isidore Anatomie et Cytologie Pathologiques
 M. HOFLIGER Philippe Médecine Générale
 M. MAKRIS Démosthènes Pneumologie
 M. PITTET Jean-François Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale
 Mme POURRAT Isabelle Médecine Générale

MAITRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

Mme CHATTI Kaouthar Biophysique et Médecine Nucléaire
M. GARDON Gilles Médecine Générale
Mme MONNIER Brigitte Médecine Générale
M. PAPA Michel Médecine Générale

PROFESSEURS CONVENTIONNÉS DE L'UNIVERSITÉ

M. BERTRAND François Médecine Interne
M. BROCKER Patrice Médecine Interne Option Gériatrie M. CHEVALLIER Daniel Urologie
Mme FOURNIER-MEHOUAS Manuella Médecine Physique et Réadaptation
M. QUARANTA Jean-François Santé Publique

A ma petite anémone des bois...

REMERCIEMENTS

Aux membres du Jury de cette thèse

Au président du Jury, Monsieur le Professeur Jean BREAUD,

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en présidant mon jury de thèse. Vous avez été l'un de mes premiers chefs de chirurgie en tant qu'interne, merci de m'avoir fait confiance aussi rapidement. Soyez assuré de ma reconnaissance.

Au Directeur de ma thèse, Madame le Docteur Virginie RAMPAL,

Virginie, tu as été bien plus qu'un chef. Mes multiples semestres passés au sein du service m'ont été très enrichissant sur tous les plans, professionnel bien sûr, mais également personnel (c'est toujours bien d'avoir un chef « femme » pour nous comprendre, dans ce monde si macho qu'est la chirurgie !!!). Merci d'avoir accepté de diriger mon travail de thèse, d'être toujours disponible et sympathique pour nous.

A Monsieur le Professeur Fernand De Peretti,

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse. C'est en grande partie grâce à vous si aujourd'hui je suis passionnée d'orthopédie, alors un grand MERCI ! Et aussi, même si certaines fois mes connaissances en anatomie ne vous semblent pas suffisantes... merci pour vos cours d'anatomie de P1!

A monsieur le Docteur Jean-Luc CLEMENT,

Votre présence au sein de ce jury m'honore. Vos qualités pédagogiques, vos conseils ainsi que votre implication dans la merveilleuse spécialité que vous exercez m'ont permis de partager votre passion. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de mon plus profond respect.

A Monsieur le Professeur Philippe WICART,

Vous me faites le plaisir et l'honneur de participer à ce jury de thèse malgré la distance ! Mais connaissant votre intérêt pour le sujet et grâce aux bons conseils du Pr. Kohler et de Virginie, j'ai la chance de vous compter parmi mes « critiqueurs » en ce jour. Merci pour l'attention et l'intérêt que vous avez porté à mon travail, soyez assuré de ma plus profonde gratitude.

A ma famille

A mes formidables parents,

Sans vous je ne serai pas la personne que je suis devenue aujourd'hui. Merci de m'avoir donné tant de valeurs dans la vie, merci d'être comme vous êtes, merci de m'avoir soutenu dans ce long chemin que représente l'internat et merci d'être à mes côtés en ce jour.

Ah oui, j'oubliais le plus important : merci de m'avoir donné cette famille magnifique, si importante à mes yeux.

A ma sœur Ouassila,

Tu as été « the » sœur durant notre enfance et on en a des souvenirs ensembles...les bons comme les mauvais ! Je suis fière de t'avoir pour sœur, surtout ne change pas et surtout prend bien soin de tes deux merveilleuses princesses !

A mes nièces, Tessnym et Inaya, vous êtes deux chipies mais vous restez mes deux merveilleuses princesses, ma « tessnymou grimou » et ma « poupette choupette » je vous aime tellement !

A ma sœur Saphée,

Que te dire à part : arrête d'être stressée ! On en a eu des moments complices ces dernières années et on a vraiment passé de bons moments ! Je te souhaite que du bonheur avec la petite !

A ma petite nièce Intissar, ma choupinette tu es magnifique, je t'aime !

A ma sœur Ibticem,

Tu as toujours été la plus sage d'entre nous et tu continues à l'être ! Tant mieux, il me faut toujours quelqu'un comme toi pour calmer la personne impulsive que je suis ! Merci d'être ma sœur et ne change pas ! Prends bien soin de ta petite tribu !

A mon neveu Anas, mon petit bébé, tu es le plus adorable des petits garçons, je t'aime tellement !

A ma nièce Assya, ma petite poupée, tu deviens chaque jour de plus en plus belle, je t'aime !

A mon seul et unique frère Elyes,
 Tu as quand même une place privilégiée mon cher Elyes, vu que tu es mon seul frère ! Des fois tu peux être agaçant mais sache que je serai toujours là pour toi ! Merci pour tout mon petit fréro !

A ma petite sœur Eslem,
 Ma petite seloumia, j'ai été ta petite maman quand tu étais toute petite, je t'ai chouchouté depuis ton enfance et sache que ça sera toujours le cas, quelque soit ton âge petite chipie !! Tu sais que je t'aime !

A toute la famille El batti, à mes grand-parents, à tous mes oncles et tante et en particulier à mon tonton momo que j'aime tant, à tous mes cousins et cousines,

A toute la famille Bouchkara, à mes grands-parents et à tous mes oncles et tantes, merci à tous ceux qui m'ont gentiment accueillis durant mon semestre à Lyon, à tous mes cousins et cousines,

A mes amis

A toute la bande du « parc » :

Sihem, une mention spéciale pour toi parce que tu tiens une place particulière dans ma vie, et j'espère que tu continueras à l'être à l'avenir dans les moments forts qui vont jaloner ma vie !

Tissem, jalila, lamia et toutes les autres, qu'est-ce qu'on a pu rigoler...et manger !!! J'espère qu'on continuera à avoir des fous rires pour rien et à manger comme des grosses !! Je vous adore, ne changez pas !

A ma petite linda, tu es ma meilleure amie depuis des années maintenant, Qu'est-ce qu'on s'est éclaté pendant toutes ces années, ce furent les plus belles années de ma vie!

A ma Laure, même si on ne se voit pas souvent, tu sais que je pense souvent à toi et chacune de nos retrouvailles est à chaque fois un moment inoubliable ! Ne change pas ma laurette, tu es une perle !

A Cécile et Marine, nous sommes les seules rescapées niçoises de notre ancien groupe et même si les moments passés ensemble en ce moment se font rares, j'espère qu'on continuera à se retrouver de temps à autre !

A ma petite Marie, ma petite co-interne noble... j'espère qu'on continuera nos petites virées « shopping-chauffage de carte bleue » et surtout hâte d'assister à ton mariage, tu vas être superbe !

A ma petite Julia, nous avons été co-internes et ça a fait tilt entre nous ! Ravie de te connaître petit boulet, j'espère que tu continueras à être ma source de scoops ! Au fait, qué latche et grosse bouate! Hâte de profiter cet été !!!

A la dream team : magou, chrystou, mon pédro et mon grégou, je vous adore, vous êtes mon coup de cœur st rochois !! Heureusement que vous avez été là, à mes côtés dans le monde fou de st roch ! Que de bons moments, ne changez pas les amis !! A quand le « traumato show n°2 » avec moi comme héroïne principale !!!!

A ma petite Elo, ravie d'avoir fait ta connaissance et de te compter parmi mes amies, je te souhaite que du bonheur à présent !

A Sarah et Julien, (et au petit Noah) : je suis heureuse d'avoir rencontré le beau couple que vous formez, je vous souhaite que du bonheur avec votre bout de chou !!

A Olivier, Matthieu, Quentin, Marc, Stéphanie,

Au personnel de l'hôpital

Ce merveilleux voyage qu'est l'internat m'a permis de faire de belles rencontres ! Merci à tous pour cette épopée en votre compagnie :

A mes co-internes :

Ronny, mon « bouclier » comme je t'appelais au début, merci de m'avoir pris sous ton aile dès le 1er jour ! Au fait quand est-ce qu'on se marie, mme duranton serait tellement heureuse ! Non je plaisante, je te souhaite tous mes vœux de bonheur avec la jolie Caro !

Julien, Youssef, Yohann, Damien, Giovanna, Saïd, Ji-Wann, Benoit, Thomas, Olivier G., Nicolas, Lauryl, Mickael, Martin, on a bien rigolé pendant le DU d'arthro qu'on a si bien réussi!

Ma Caro et ma Gwenn, vive les « vendredis tout est permis » en votre compagnie ! Que de fous rires !!!

Lionel, Romain, Ben, J-Luc, Géraldine et Mélodie, j'ai vraiment aimé être votre co-interne, et rigoler tous les jours avec vous au bloc ou devant le menu 4 étoiles de l'internat de Lenval ou encore Bambou Beach... Ne changez pas les gars et vive le « Glatz 22 » et le « Elbatti 37 » et merci à tous !!

Antoine et Laurie, Nathalie, Audrey, Anne-Sophie, Marie-Angela, Olivier R., Sarah, Aurore, Alexandra, Fabien, Benjamin, Alberto, Audrey, Aurélie, Nicolas D, Julie S, Audrey R., Romain, Nicolas G,

A mes co-internes lyonnais,

Romain Ga : mention spéciale pour toi, tu sais que tes connaissances de fashion victime m'ont toujours épatées mais tu n'arriveras jamais à me dépasser !!

Romain Gx, Anya, Morgane, Yannick et Charles : merci de m'avoir accueillie de manière aussi sympathique dans votre équipe, on s'est bien marré et on s'est bien goinfré tous ces jeudis soirs aussi !!! Bonne continuation les amis et à bientôt peut-être !

Sarah, ravie de t'avoir connue également, j'espère que nos chemins se croiseront à nouveau, en compagnie de mariette ! Bon courage pour la suite et ne baisse pas les bras !

A tous mes chefs, qui m'ont transmis de leur savoir :

Mr Kurzenne, par où commencer ? Tout d'abord merci de m'avoir accompagné dans mes débuts en tant qu'interne de chirurgie, ça n'a pas été facile...mais vous m'avez été d'un tel soutien ! Ces heures passées au bloc avec vous ont toujours été un réel plaisir, j'ai appris tant de choses à vos côtés, mon seul regret est que vous ne soyez pas orthopédiste...

Veillez trouver ici le témoignage de ma plus profonde estime et soyez assuré de mon amitié sincère.

Antonio, cher Pr. Iannelli devrais-je dire, merci de m'avoir fait confiance dès le début, j'ai adoré travailler aux côtés du merveilleux chirurgien que tu es, ravie de t'avoir rencontré durant cette belle aventure qu'est l'internat et merci de t'être si bien occupé de mon papa !

Imed, nos origines communes ont fait qu'on s'est entendu dès le départ, j'ai été ravie de faire un bout d'internat avec toi, et merci pour tous les services rendu et pour ta disponibilité,

Alexandre, alias Dr. Chocapic, désolée de t'avoir embêté et d'avoir été aussi ch..... durant cette année à St roch, mais au final tu sais que j'ai beaucoup apprécié cette année ou j'ai été TON interne,

Yoanna, j'ai adore bossé avec toi c'est un vrai plaisir de travailler avec toi, d'avoir appris tant de choses à tes côtés, dans la bonne humeur, merci encore !

A tous les autres, Mme Bastiani, Mr Griffet, Mr El Hayek, Federico, Massimo, Domenico, Eric, Aline, Nicolas, Maxime, Benoit, Régis, Julien M: merci pour tout ce que vous avez pu me transmettre.

A l'équipe de l'HFME :

Une mention spéciale pour Mr Kohler : merci de m'avoir accepté dans votre superbe service, j'ai vraiment eu de la chance ! Un grand MERCI, tout d'abord pour tout ce que vous avez pu m'enseigner avec patience et gentillesse au long de ce semestre, ensuite pour tous les documents que vous m'avez donnés notamment pour ce travail de thèse et pour l'intérêt que vous m'avez porté tout au long de ce travail, thèse à laquelle vous avez finalement contribué malgré votre absence pour sa soutenance, enfin merci de m'avoir permis de faire connaissance de l'équipe d'orthopédie pédiatrique de l'HFME.

Pr Chotel, merci pour votre pédagogie et votre quête perpétuelle de l'enseignement toujours dans la bonne humeur;

Dr Cunin, je suis « fan » de vous, de votre humilité et de la façon dont vous exercer votre métier! j'ai vraiment été ravie d'apprendre la neuro-orthopédie à vos côtés ! et merci d'avoir été si indulgent envers mon « accent du sud »....

Karimane, merci pour ta sympathie et ta disponibilité, Alice merci pour ta « cool-attitude » légendaire ; Clémence, avoir vécu avec toi tes premiers jours de clinicat ont été très bénéfique pour moi, merci pour tous tes conseils et je te tiendrais au courant de mes débuts désastreux...; Sébastien, tu es trop gentil !!! mais ne change rien, reste comme tu es !

A Chantal, Jean-Yves, Jean-Elie, Marie-Stéphanie, Laure, Charline, Candice, Mr Jacques

Une mention spéciale pour Mariette et Voicu, mes compagnons d'internat !

Mariette, une citation pile pour toi : « nous ne faisons pas de nouvelles rencontres par accident, elles sont destinées à croiser notre chemin pour une raison ». Effectivement, je pense qu'on était faite pour se rencontrer, seulement je ne connais pas encore la raison, en dehors peut-être pour te pourrir la vie et te faire vivre des situations improbables...! Que de bons moments ensemble, et nos innombrables points communs n'ont fait qu'améliorer notre belle amitié ! Tu fais partie de l'une de mes plus belles rencontres à Lyon, et sache que je serai toujours admirative de ton parcours, jeune maman exceptionnelle ! J'espère seulement que la distance n'entravera pas cette amitié...

Voicu, merci pour tes bons repas préparés avec tant de minutie et d'hygiène ! Merci pour ta spontanéité légendaire qui nous a tant fait rire ! Grâce à vous compagnons d'internat, j'ai passé un excellent semestre, nos repas mémorables, nos sorties et nos fous rires resteront gravés et vont surtout énormément me manquer ! Merci d'avoir amélioré mon quotidien « social », vous êtes au top ! Et merci accessoirement d'avoir amélioré mon anglais, quels progrès nous avons accompli ensemble !

Au dr. Piche : mention spéciale pour celui qui est à l'origine de ma passion pour l'orthopédie, un grand MERCI, je ne vous oublie pas!

A grindaland :

Une mention spéciale pour ma petite Caline, je sais que je suis casse-pied mais c'est pour ça que tu m'aimes...

Louis, Marie, Nathalie, Sylvie, Sbig, Fosto, Julien, Zoubir, vous êtes géniaux, ne changez rien et vive « grinda, le service le plus sympa » !

Au 4èmeB traumato : Julien, Pascal, Karim, Joëlle, Yannick, Emilie, Christine

Au bloc st roch : Achour mon chouchou, J-C Gamot, Bertrand, Xavier, Arnaud, Kheira, Cédric, Lydia et tous les autres

Au service de pédiatrie :

Au bloc opératoire :

Isa tu es un personnage phare du bloc, heureusement que tu es là pour mettre de la bonne humeur tous les jours, et accessoirement pour me tenir au jus des tendances shopping !

Steph A et Lucas O : vous resterez toujours mes anesth préférés !!! Quel dommage de ne plus travailler à vos côtés...

Flo, Laloumette, Agnès, Fanny, Marjorie, Françoise, Béa, Marie, Firouz, Madeleine, Alexandre, Fanny, Magali

A Claude, Philippe, Caro, Robert, Charlotte, Isabelle, Marie-Pierre, Alexandra,

Laurence, Annabelle, Géraldine, Jean-Marc, Sabrina, Ghislaine, Laurent, Leïla, Aminata, Sabrina, Valérie, Katia, Franck, Jean-Marc, Karine, Franck, Leïla, Kheira, ma Soso et ma Sabine,

A toute l'équipe de kiné de Lenval,

A F. Yagoubi, sans qui la partie « stats » aurait été un véritable casse-tête...

A mme Haack, merci pour vos cours d'histoire-géo, vous savez à quel point ils m'ont passionné, j'envie les élèves que vous avez actuellement !
Ravie de vous connaître encore, 15 ans après,

et à tous les autres (pardon pour ceux que j'aurais pu oublier...)

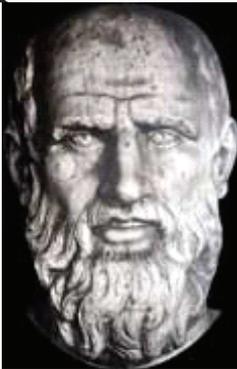
INTRODUCTION	22
<u>I.PIED NORMAL ET PIED BOT VARUS EQUIN</u>	24
<u>A) Le pied normal</u>	25
1) Embryologie et anatomie descriptive.....	25
2) Croissance et ossification du pied	30
3) Variantes de la normale.....	32
4) Etude radiologique.....	33
5) Anatomie fonctionnelle et biomécanique du pied.....	39
a) le pied statique.....	39
b) le pied mobile.....	47
1. Généralités: Axes et plans des mouvements fondamentaux.....	47
2. Les diverses articulations du pied.....	49
3. Synthèse interrelation arrière-pied, médio-pied et avant-pied.....	55
c) le pied dans la marche.....	57
<u>B) Le pied bot varus équin</u>	63
1) Généralités	63
2) Histoire du PBVE.....	65
3) Description.....	67
a) déformations osseuses.....	74
b) attitudes vicieuses articulaires.....	75
c) rétraction des parties molles.....	75
4) Diagnostic.....	78
a) diagnostic anténatal.....	78
b) diagnostic à la naissance.....	79
5) Classification.....	79
a) évaluation de la sévérité.....	79
1. évolution des classifications.....	79
2. classification de Dimeglio.....	83
b) évaluation du traitement.....	92
6) Traitements.....	99
a) phase de réduction de la déformation.....	100
1. méthode de Ponseti.....	101
2. méthode fonctionnelle.....	110
3. méthodes mixtes.....	113
4. traitements associés.....	114
b) phase de consolidation	115
c) phase d'entretien	119
7) Evolution surveillance.....	121
<u>II.ETUDE REALISEE</u>	126
<u>A) Introduction</u>	127
<u>B) Matériel et méthodes</u>	128
1) Critères d'inclusion.....	128
2) Critères de non inclusion.....	128
3) Critères d'exclusion.....	129
4) Recueil de données.....	129
5) Evaluation des résultats.....	130
6) Diagramme de l'étude.....	131
7) Analyses statistiques.....	132

C) Méthodes de traitement	133
1) Méthode de Ponseti modifiée.....	133
2) Méthode Fonctionnelle.....	136
D) Résultats	147
1) Description de la série.....	147
a) Grade de Diméglio initial.....	148
b) Délai de prise en charge.....	148
c) Age au dernier recul.....	149
2) Résultat final.....	149
a) Score global.....	149
b) Score par critères : critères morphologiques.....	150
c) Score par critères : critères radiologiques.....	151
d) Score par critères : critères fonctionnels.....	151
e) Score par critères : satisfaction et compliance.....	153
3) Nécessité de chirurgie.....	153
a) Toutes chirurgies confondues.....	153
b) Ténotomie d’Achille.....	154
c) Chirurgie à l’exclusion de la ténotomie.....	154
4) Facteurs influençant le résultat ou le recours à la chirurgie supplémentaire.....	156
a) Sexe.....	156
b) Diagnostic prénatal.....	157
c) Caractère uni ou bilatéral.....	157
d) Score initial.....	157
e) Influence de la chirurgie.....	158
f) Durée de la rééducation.....	160
g) Durée de port d’attelle.....	160
E) Discussion	161
1) Efficacité de chacune des 2 méthodes.....	162
2) Facteurs influençant le résultat et favorisant les récives.....	165
a) Sexe.....	165
b) Diagnostic prénatal.....	165
c) Caractère uni ou bilatéral.....	166
d) Score initial.....	166
e) Influence de la chirurgie.....	167
f) Délai de prise en charge.....	170
g) Durée de la rééducation.....	170
h) Durée de port d’attelle.....	171
F) Conclusion	176

INTRODUCTION

Avant toute chose, rappelons cette phrase d'Hippocrate écrite il y a plus de 2300 ans...

"Le pied bot est curable dans la majorité des cas. Le mieux est de traiter cette lésion le plus tôt possible avant qu'il ne devienne une atrophie prononcée"



Le traitement du pied bot varus équin (PBVE) demeure extrêmement controversé et encore le plus souvent affaire d'école.

Cette controverse est liée au manque de connaissances sur l'origine véritable de cette déformation. En effet il est bien difficile de concevoir le traitement d'une pathologie mal connue.

Le traitement de cette déformation congénitale représente un véritable « challenge » pour l'orthopédiste pédiatre. En effet il s'agit de mener ce pied à maturité osseuse avec une morphologie acceptable et une fonction la plus normale possible avec un pied plantigrade, souple et indolore.

L'examen clinique initial, rigoureux et méthodique, est réalisé sur un nouveau-né détendu dans un triple but:

- de diagnostic positif
- de diagnostic étiologique
- de diagnostic de gravité

Après confirmation du diagnostic, la prise en charge concerne l'enfant mais aussi et de manière aussi importante, les parents, dont la coopération sera indispensable tout au long du traitement.

Le risque de récurrence pendant toute la croissance justifie une surveillance prolongée et rapprochée de ces patients.

Quel que soit le traitement choisi, et d'autant plus si un geste chirurgical s'est avéré nécessaire, il persistera une atrophie du mollet, un pied de taille réduite, une limitation des amplitudes articulaires, voire une inégalité de longueur des membres inférieurs (ILMI).

Quel traitement choisir ? Fonctionnel ou orthopédique? Faut-il prévoir un geste chirurgical d'emblée lors de la prise en charge d'un pied bot varus équin, et quelles en sont les conséquences possibles le cas échéant ? Quels sont les avantages et inconvénients de chacune des 2 méthodes? Quels en sont les résultats au long terme?

Dans le but de répondre à ces questions, nous avons réalisé une étude clinique et radiologique des patients porteurs de PBVE congénitaux ayant bénéficié de l'une ou de l'autre des méthodes.

L'objectif étant de préciser si l'une des méthodes apporte de meilleurs résultats en terme de fonction, en étant la moins contraignante possible et évitant une récurrence.

Nous présenterons dans une première partie, l'anatomie et l'embryologie du pied, la description et la classification du PVBE selon Diméglio, ainsi que l'apport de l'imagerie dans cette pathologie.

Nous décrirons les 2 types de méthodes dont il est question dans cette étude, et ferons une allusion au traitement chirurgical.

La seconde partie concernera l'étude menée dans le service de Chirurgie Infantile des Hôpitaux Pédiatriques de Nice CHU-Lenval.

Enfin, nous discuterons des résultats en fonction des données de la littérature afin de préciser s'il existe réellement une supériorité d'une méthode sur l'autre.

I) PIED NORMAL ET PIED BOT
VARUS EQUIN

A) LE PIED NORMAL

1) Embryologie et anatomie descriptive

(1) L'embryologie est l'étude de la formation et du développement de l'embryon et de ses formes successives au stade embryonnaire.

Le développement embryologique du pied est indissociable du développement embryologique du membre pelvien.

Chez l'embryon, l'ébauche du membre pelvien va apparaître après celle du membre pectoral (fig 1).

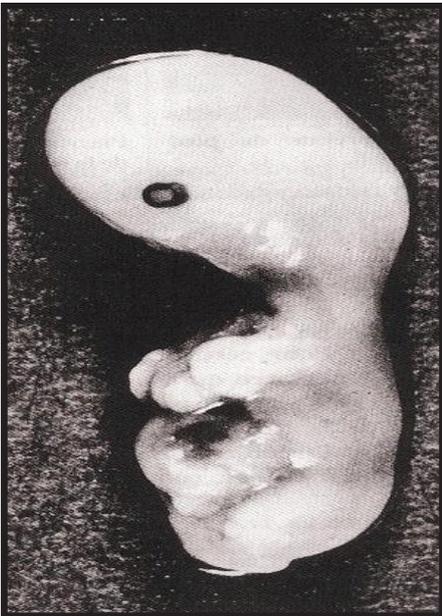


fig. 1: embryon de 21mm à la 7ème semaine montrant le bourgeon pelvien moins bien développé que le bourgeon pectoral.

Le bourgeon du membre pelvien va apparaître au 28ème jour, le long de la crête latérale de l'embryon en regard des somites L3, L4 et L5 (fig 2).



fig. 2: bourgeon d'un membre pelvien

Le développement du membre pelvien va se dérouler essentiellement entre la 4ème et la 8ème semaine et tout sera joué entre la 12ème et la 14ème semaine.

Le membre se développe autour d'un axe mésenchymateux, indifférencié, recouvert d'une coiffe ectoblastique qui dessine elle-même une crête apicale ectoblastique dont le rôle d'induction et de commande de l'organisation future de l'ébauche mésenchymateuse, est fondamentale (fig. 3).

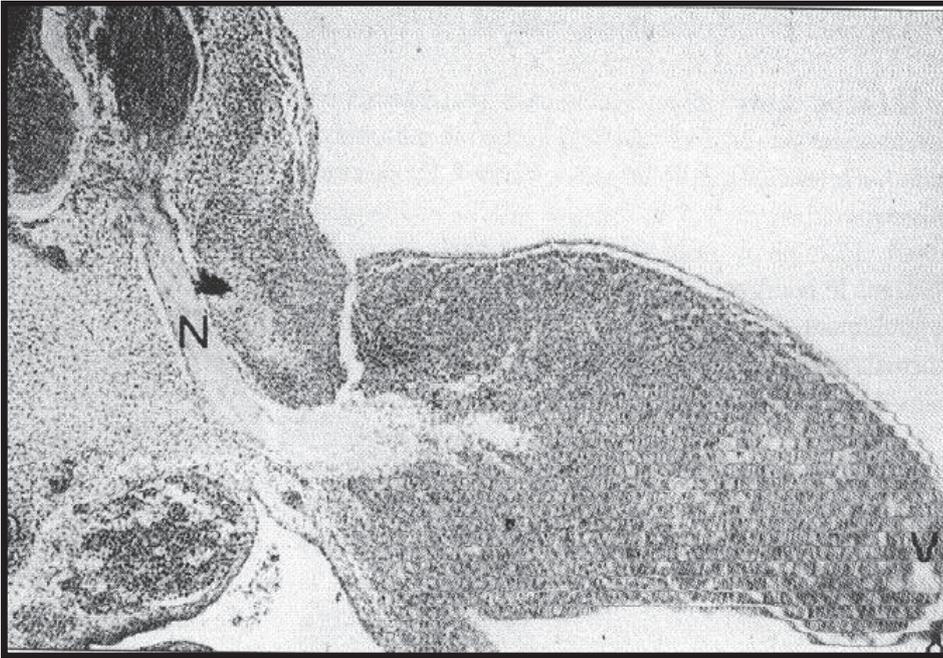


fig 3: bourgeon de membre montrant l'axe mésenchymateux indifférencié, l'envahissement par la racine (N), le pôle apical (A) et vasculaire (V)

Tout se passe comme s'il y avait un phénomène de reconnaissance des cellules constituant cette crête ectoblastique apicale par les cellules mésoblastiques avec comme le prouvent certaines expériences, un dialogue entre ces cellules mésoblastiques et ces cellules ectoblastiques qui sera très différent selon le temps que ces cellules auront passé conjointement.

A la 6ème semaine, les éléments du membre inférieur sont reconnaissables; à j-37, la cuisse, la jambe et le pied sont séparés.

A la 7ème semaine, les orteils sont apparus; à j-47 le membre inférieur a commencé sa flexion et les orteils sont pratiquement séparés.

A j-58, tout est en place.

Le membre pelvien et en particulier le pied vont bénéficier d'une ossification enchondrale.

Les précurseurs cartilagineux apparaissent à la 6ème semaine. Il s'agit d'une condensation mésenchymateuse qui précède une chondrification.

L'ossification proprement dite commencera selon les segments entre la 8ème et la 12ème.

L'ossification des ébauches cartilagineuses du pied sera assez tardive et commencera par la formation d'os périosté qui apparaîtra vers la 10ème semaine alors que les noyaux centraux d'ossification des os du pied apparaîtront plus tard.

A la 12ème semaine l'ensemble des ébauches cartilagineuses de tous les constituants du pied sera présent avec une morphologie parfaite et définitive (fig. 4).

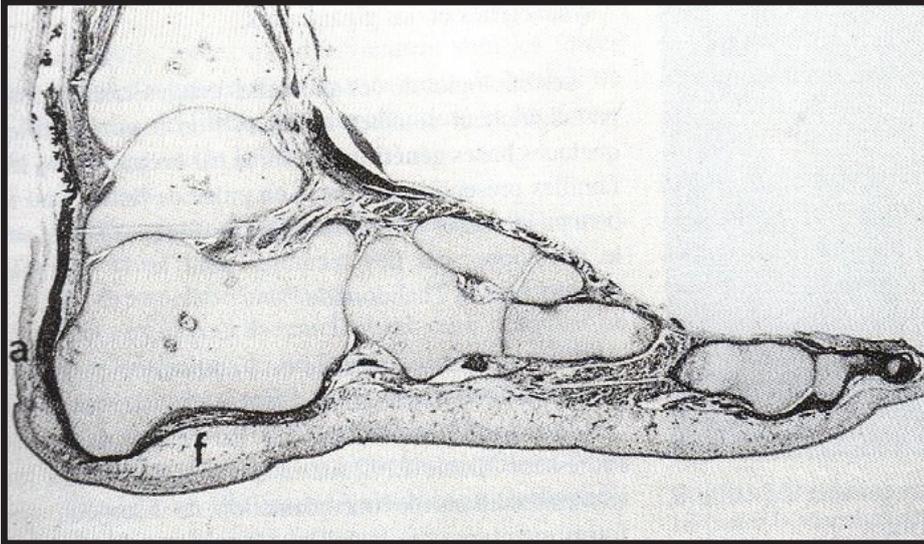


fig. 4: coupe sagittale du pied chez un embryon de plus de 13 semaines; à noter la morphologie parfaite des fentes articulaires de l'arrière-pied.

Les articulations vont apparaître à partir de la 7ème semaine, selon un processus encore non complètement élucidé, qui associe une condensation des cellules mésenchymateuses encore indifférenciées qui vont donner le cartilage articulaire dense et différent des chondrocytes qui, secondairement, seront destinés à s'ossifier pour donner l'os définitif, et une mort cellulaire programmée des cellules qui apparaît au milieu de cette condensation et qui fait ainsi naître la fente articulaire qui va prendre immédiatement la forme définitive de l'articulation mature, alors que les ébauches cartilagineuses des futures pièces osseuses sont encore loin d'être complètement dessinées et surtout loin d'être animées de mouvements chez l'embryon.

La morphogénèse articulaire précède donc la motricité de l'embryon et du fœtus.

C'est le mésoblaste somitique qui va s'étendre dans le bourgeon initial du membre pelvien.

C'est lui qui va donner naissance secondairement aux muscles du membre, tandis que c'est le mésoblaste de la lame latérale qui donnera les tendons, les os et les vaisseaux.

Dans le bourgeon, les ébauches musculaires placées ventralement donneront les fléchisseurs et les adducteurs du membre pelvien, tandis que les ébauches dorsales donneront les extenseurs et les abducteurs.

Pour comprendre la position terminale des groupes musculaires, il ne faut pas oublier qu'entre la 6ème et la 8ème semaine de la période embryologique, le membre pelvien subit une rotation médiale qui amènera la plante du pied qui regarde initialement vers la partie ventrale, tout d'abord en vue médiale et enfin en position dorsale, ici plantaire.

Cette rotation médiale du membre pelvien explique également la disposition spiralée des dermatomes du membre inférieur.

Une fois l'ensemble des structures anatomiques mises en place, la maturation et l'ossification vont se faire sous l'action de facteurs de croissance qui transformeront les chondrocytes initiaux en os cortical et spongieux.

Tout est en place à la fin de la 13ème semaine lorsque le fœtus mesure moins de 100mm et que même les ongles des orteils sont apparus (fig 5).

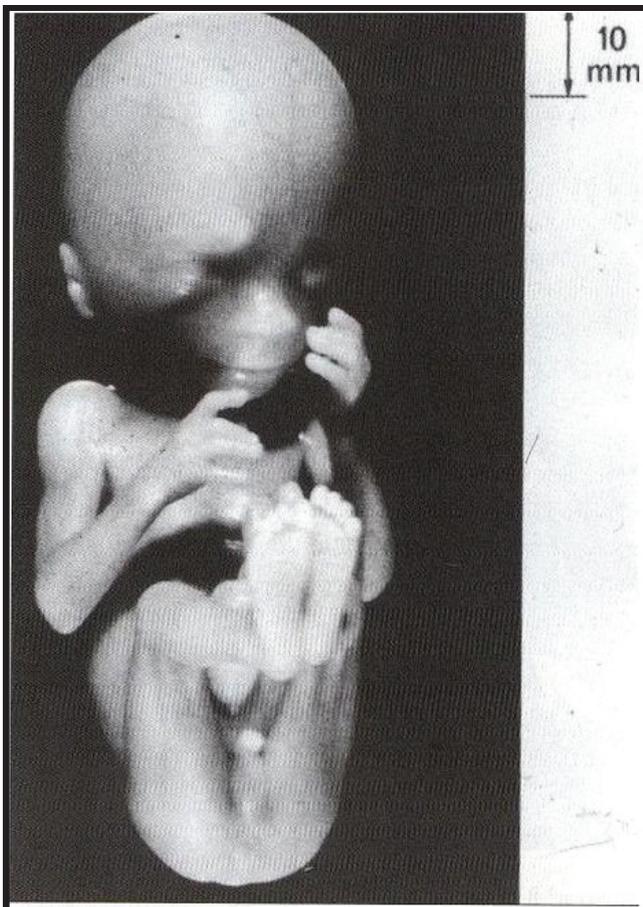


fig 5: fœtus de 13 semaines

A partir de là, le fœtus va augmenter en taille et développer sa motricité intra-utérine.

Durant toute cette phase embryologique, des anomalies peuvent survenir.

Ces anomalies sont de 3 types:

- la réduction de membre avec l'absence partielle ou complète d'un membre,
- les anomalies de duplication avec, par exemple, la polydactylie rencontrée au niveau des orteils,
- enfin les malformations congénitales telles que les syndactylies ou les gigantisme.

Les étiologies de ces anomalies congénitales ne sont pas clairement connues même si l'on a pu identifier quelques bases génétiques comme par exemple dans les familles présentant des pieds en pince de homard ou si on a pu identifier des substances tératogènes jouant sur le développement des membres (exemple célèbre du Thalidomide).

2) Croissance et ossification du pied

Qu'est-ce qu'un chirurgien orthopédiste pédiatre doit savoir de l'Anatomie du pied de l'enfant? C'est la même que celle de l'adulte.

A la naissance, le pied de l'enfant est composé des mêmes éléments anatomiques que celui de l'adulte.

C'est normal puisque c'est lui qui va donner le pied de l'adulte.

La seule et immense différence est qu'il va grandir. La croissance du pied est très importante.

La longueur du pied du nouveau-né est égale à celle de son seul talus adulte! (fig 6)

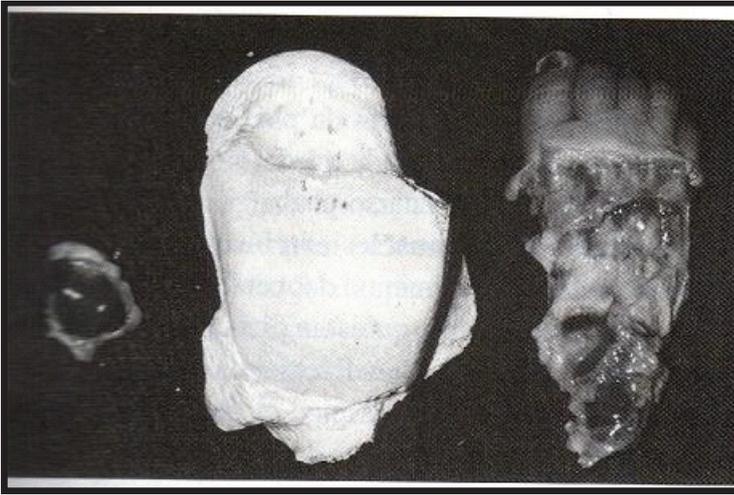


fig 6: le pied d'un nouveau-né a la taille du talus adulte.

L'ossification du pied se fait à partir des points d'ossification primaire, présents à la naissance, et des points d'ossification secondaire apparaissant de la naissance jusqu'à l'âge de 12ans.

La chronologie d'apparition de ces différents points et les âges de fusion sont données dans les figures 7 et 7 bis.

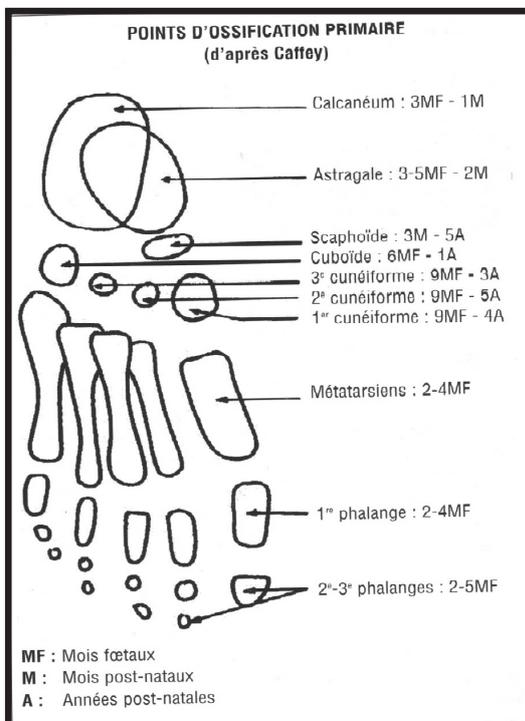


fig 7

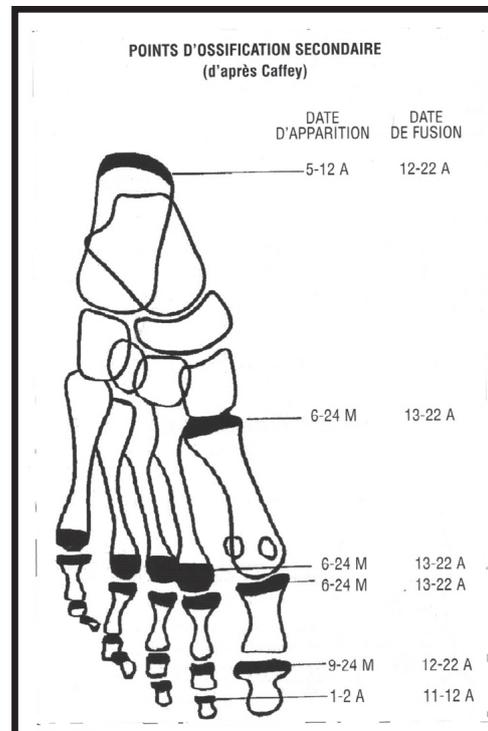


fig 7 bis

3) Variantes de la normale

Les variantes de la normale sont extrêmement fréquentes et posent parfois des problèmes de diagnostic. La réalisation de clichés comparatifs ne permet pas toujours de trancher car les variantes peuvent être unilatérales.

Les principaux os surnuméraires sont:

- l'os tibial externe: il coiffe le tubercule du scaphoïde et correspond au sésamoïde du jambier postérieur. Souvent bilatéral, il peut être double. Il est parfois soudé au scaphoïde. Il peut poser des problèmes de diagnostic différentiel avec une fracture initialement méconnue.
- l'os péronier: il est situé au bord inféro-externe du cuboïde, c'est le sésamoïde du tendon du long péronier latéral.
- l'os trigone: il est situé à la face postérieure du talus, près de la tubérosité externe, il peut être soudé ou articulé avec l'apophyse postérieure de l'astragale.
- les autres os sont plus rares.

Les autres variantes de la normale:

- la corne du talus (Talar Beak) correspond à une hypertrophie non pathologique de la crête d'insertion de la capsule sur le col. Il ne faut pas la confondre avec une exostose ou un ostéome ostéoïde sous-périosté.
- Une fausse image de kyste du calcanéum est fréquemment rencontrée: elle est construite par l'entrecroisement en arc-boutant des travées du système thalamique et du système apophysaire antérieur, qui délimitent une zone de tissu spongieux raréfié triangulaire à base inférieure qui simule un kyste.
- Le noyau d'ossification secondaire du calcanéum qui apparaît entre 5 et 12 ans est souvent fragmenté et condensé. Cet aspect est normal et ne doit pas être interprété comme une ostéochondrose.
- L'apophyse styloïde du 5ème métatarsien présente souvent un point d'ossification secondaire qu'il ne faut pas confondre avec une fracture. Le cartilage est sagittal, parallèle au grand axe de l'os alors que les fractures survenant à ce niveau sont en général transversales, perpendiculaires à l'axe du 5ème métatarsien (fig8).



fig 8

Les sésamoïdes du gros orteil sont souvent bipartites ou multipartites. Le diagnostic peut être difficile avec une fracture de fatigue. En cas de fracture, le trait est irrégulier, en ligne brisée. En cas de bipartition, les bords sont réguliers avec une corticale bien dessinée.

4) Etude radiologique

Elle vient en complément de l'examen clinique, de l'étude de la marche et des points d'appui observés au podoscope.

Les différentes incidences radiologiques sont les suivantes:

*Radio de face du pied : réalisée en décubitus ou en charge, elle permet de bien analyser le tarse antérieur, les métatarses et les orteils mais c'est une mauvaise incidence pour le tarse postérieur (fig 9).

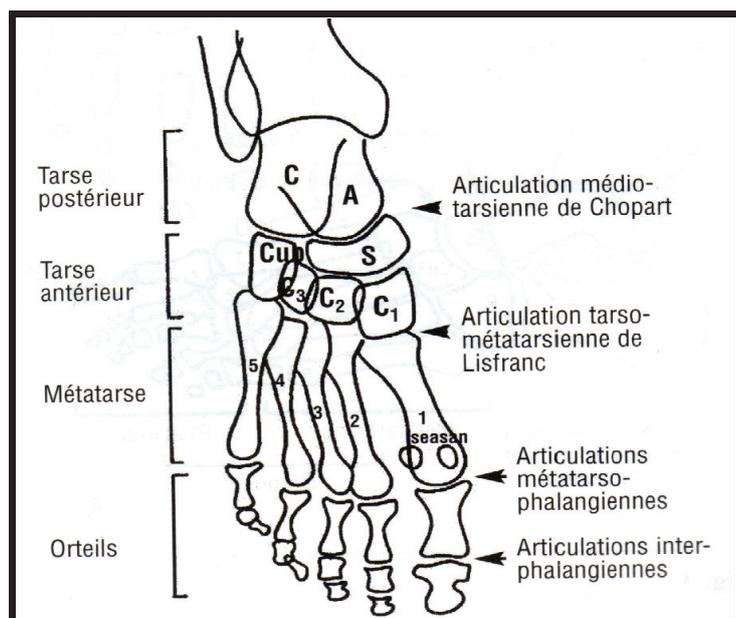


fig 9

* Radio du pied de profil en charge: c'est une bonne incidence pour la région tibio-tarsienne, le tarse postérieur et l'interligne de Chopart. Elle est moins utile pour le tarse antérieur et l'interligne de Lisfranc; la superposition des métatarsiens et des orteils empêche une analyse correcte à ce niveau (fig 10).

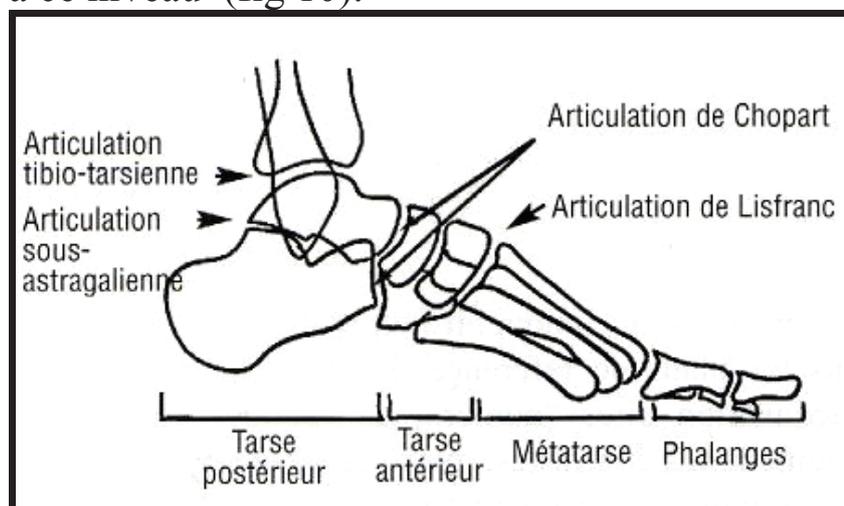


Fig 10

* Radio du pied en oblique: cette incidence déroule bien l'ensemble des métatarsiens et des phalanges en complément de l'incidence de face (fig 11)

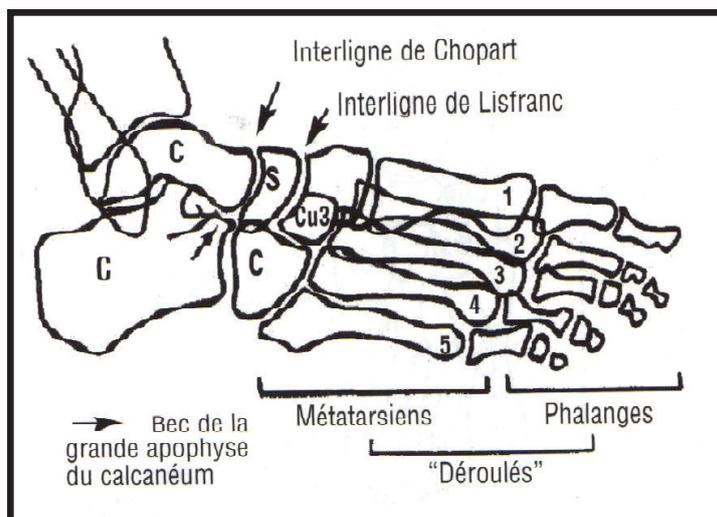


fig 11

Elle permet également l'étude du tarse antérieur mais les trois os cunéiformes se superposent. Au niveau du tarse postérieur, seul le bec de la grande apophyse du calcanéum est bien dégagé.

Une variante de cette incidence peut être réalisée en procubitus (fig 12), permettant ainsi une bonne analyse de l'ensemble de l'interligne de Lisfranc, des cunéiformes et des bases des métatarsiens. Elle peut être délicate à réaliser en cas de traumatisme.



fig 12

* Radio de la cheville face et profil (fig 13 et 13 bis):elles permettent de bien étudier l'articulation tibio-tarsienne avec la poulie du talus, le plan tibial, les malléoles internes et externes, le tarse postérieur de profil. Il faut s'assurer de la parfaite orthogonalité du plan bi-malléolaire par rapport au rayon incident pour pouvoir interpréter correctement les rapports ostéo-articulaires.

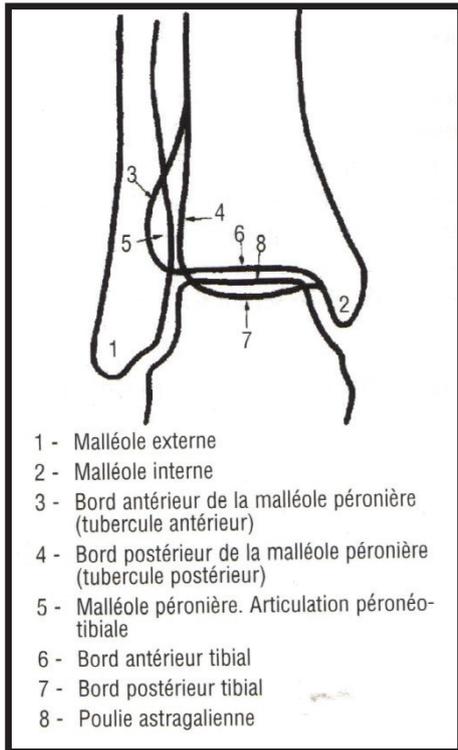


fig 13

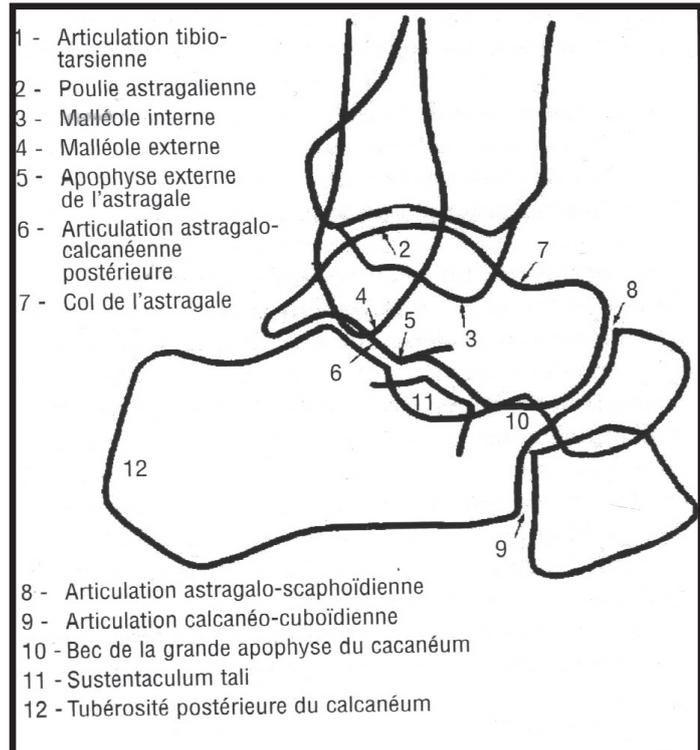


fig 13 bis

* Incidence axiale du calcaneum, dite rétro-tibiale: elle permet l'analyse de la partie postérieure du calcaneum (fig 14).

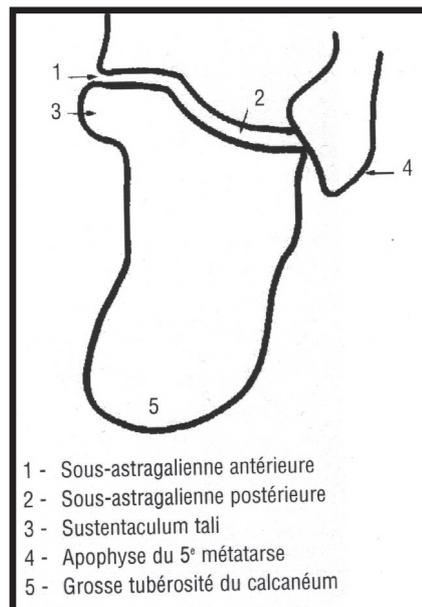


fig 14

Deux axes sont importants chez l'enfant et déterminent l'angle \hat{o} (fig 15):

- l'axe calcanéen
- l'axe talien

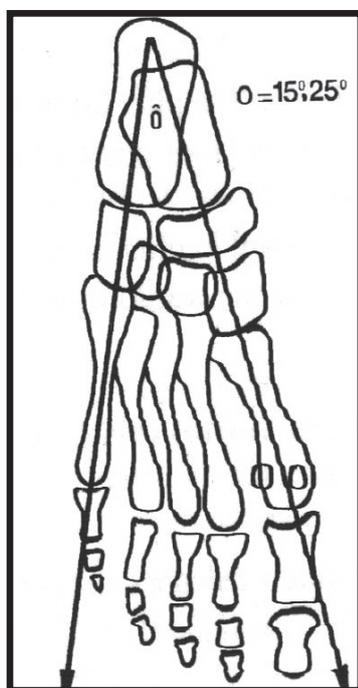


fig 15

Ces 2 axes forment un angle de 15 à 25°, appelé angle de divergence talo-calcanéenne (cet angle s'accroît dans le pied plat et se ferme dans le pied creux).

L'axe du talus correspond à celui de l'arche interne et se poursuit par la partie moyenne du scaphoïde, le 1er cunéiforme et le 1er métatarsien qui sont alignés.

L'axe du calcanéum correspond à celui de l'arche externe et passe par la partie moyenne du cuboïde et par le 5ème métatarsien qui sont alignés. L'axe du 2ème métatarsien fait un angle de 5 à 10° en dehors avec celui du talus (fig 16).

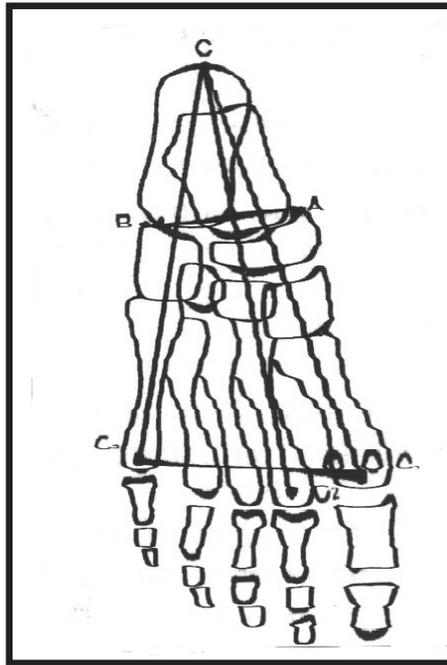


fig 16

5) Anatomie fonctionnelle et biomécanique du pied

a) Le pied statique

Le pied est une structure spécialisée complexe à géométrie variable capable de se figer en un bloc rigide ou à l'inverse de se montrer éminemment adaptable et souple notamment en terrain irrégulier.

Cette capacité lui permet à la fois de supporter le poids du corps tout en l'amortissant, d'assurer la stabilité de la prise d'appui tout en l'adaptant aux surfaces irrégulières, de propulser le pas d'un côté tout en freinant « l'atterrissage » de l'autre.

La croissance se passe en deux temps:

- avant l'acquisition de la marche, le poids du corps n'est pas transmis au pied par le segment jambier.

Les seules forces qui interviennent sont les forces des muscles intrinsèques et extrinsèques du pied (d'où l'importance de l'examen neurologique) et les forces de ce qui appui sur le pied:

- *les draps,
- *le décubitus ventral et son inévitable métatarsus adductus,
- *les éventuelles chaussures,

- après l'acquisition de la marche, où le pied est soumis à 4 fois le poids du corps à chaque appui unipodal, ce qui est énorme.

Dans ces conditions on peut se convaincre que le pied de l'enfant a une anatomie parfaitement adaptée.

L'architecture très cartilagineuse, peu osseuse encore, et très ligamentaire, résiste à plusieurs centaines de kilos de pression très aisément.

L'empreinte de l'appui au sol dessine l'ovoïde du talon prolongé longitudinalement sur le bord externe du pied pour rejoindre transversalement l'avant-pied (fig 17) laissant la partie médiale du pied sans contact. Par conséquent la structure du pied est arquée à concavité plantaire, cela tient à l'agencement squelettique tel qu'on peut le voir sur une radiographie de profil. En aucun cas on ne peut coller à cet agencement un modèle architectural soit de voûte avec clé, soit d'arche ou de tripodes avec bases d'appui. En effet, la distribution des pressions n'est pas uniforme sur les appuis, la structure a une géométrie variable et de plus elle n'est que rarement dans la configuration de l'appui plantigrade où on l'élabore.

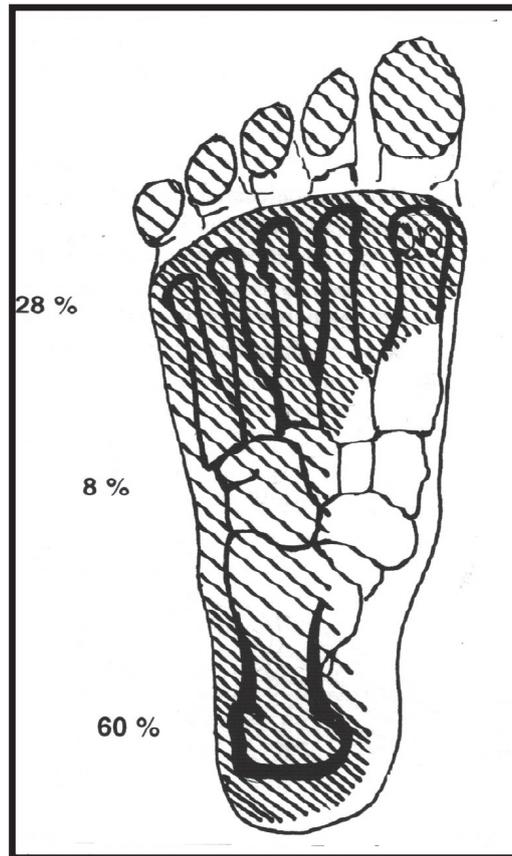


Fig 17: zones de pression et leurs correspondances squelettiques en posture debout immobile. Le talon à lui seul assure 60% de la charge.

En position debout immobile, le centre de gravité se projetant 5cm en avant de l'axe de la cheville, il existe une tendance à la dorsiflexion de celle-ci, contrecarrée par une activité modérée, intermittente des fléchisseurs plantaires. A part cet ajustement postural, l'activité musculaire est absente et le pied est une plate-forme parfaitement stable pour permettre la répartition de la charge du poids du corps. La charge est transmise au talus par le squelette jambier et en retour le pied encaisse la réaction du sol. Du rapport entre le poids du corps et la surface d'appui plantaire dépend la contrainte et de ce point de vue il existe une excellente adéquation entre le poids du corps de l'enfant et la taille de son pied puisqu'en moyenne le ratio poids/surface a été une fois et demi élevé chez l'adulte que chez l'enfant.

➤ Distribution des pressions

Elle n'est pas uniforme puisque les mesures des pressions en position debout révèle que la charge est 2,6 fois plus élevée sur le talon que sur l'avant-pied avec 60% du poids, le médio-pied 8% et l'avant-pied 28% avec des pics de pression plus élevés sur les 2ème et 3ème métatarsiens ; les orteils sont à peine concernés. Il est clair qu'entre les zones d'appui centrées au sol des têtes des 2ème et 3ème métatarsiens en avant et du talon en arrière, ce sont les éléments latéraux qui donnent appui au pied. Ainsi on peut individualiser un ensemble constitué du calcanéum, du cuboïde et des deux métatarsiens latéraux qui forme la zone primaire de stabilité et de transfert de charge du pied. Cet ensemble au plus près du sol contraste avec toute une partie en suspension représentée par le talus et son articulation avec le naviculaire, les cunéiformes et les trois métatarsiens médiaux. Cette portion du pied est celle de l'absorption des forces et de l'adaptabilité nécessaires à ajuster différentes situations fonctionnelles.

Sur une radio, l'orientation des travées osseuses (fig 18) à partir du tibia distal permet bien de repérer la ligne de charge du talus à travers le système tibial postérieur. Il s'agit d'un système à concavité antérieure qui se dirige en bas et en avant passant du talus, au naviculaire, aux trois cunéiformes et aux trois métatarsiens médiaux. Il existe de même un système tibial antérieur à concavité postérieure qui se poursuit en bas et en arrière dans le talus puis le calcanéum pour former le système thalamique calcanéen.

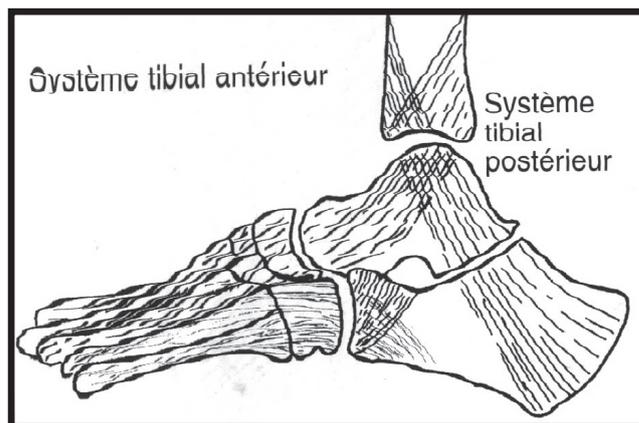


Fig 18: représentation schématique de l'orientation des travées osseuses telles qu'elles peuvent être identifiées sur une radio. Elles témoignent d'une distribution en 2 réseaux principaux: un talien et un calcanéen.

A l'intérieur du calcanéum deux autres systèmes nous intéressent :

- ▲ l'un plantaire antérieur vers le cuboïde et les deux métatarsiens latéraux,
- ▲ l'autre apophysaire antérieur plus ou moins vertical qui va du plancher du sinus du tarse à la surface cuboïdienne du calcanéum et à la partie antérieure de sa face plantaire.

Nous pouvons résumer ainsi l'organisation du squelette du pied en un pied calcanéen et un pied talien, sans perdre de vue leur interdépendance. Le pied calcanéen est le support au sol du pied talien qu'il positionne plus ou moins haut ce que reflète pour une part l'arche plantaire. Le pied talien quoiqu'il arrive assure la distribution la plus large et la plus stable des appuis au sol en avant du support calcanéen; il met en jeu des mécanismes susceptibles de charger ou soulager son support ce que reflète pour une autre part l'arche plantaire. Nous nous cantonnerons ici aux seuls mécanismes passifs.

➤ Support calcanéen

Ayant à l'esprit la fonction de support du pied calcanéen, certains auteurs se sont intéressés à la position du talon en position debout immobile, sorte de position neutre de référence. L'angle de l'arrière-pied (angle en charge entre la ligne médiane longitudinale du tendon d'Achille et la face postérieure du talon) varie entre $3,5^\circ$ et 7° dans le sens du valgus. Dès cet instant il n'est pas surprenant que l'étude de Sobel chez 150 enfants de 6 à 16 ans (2). Il ne retrouve pas l'hypothétique talon vertical aux alentours de l'âge de 7 ans. La valeur moyenne est de 4° de valgus (0° - 9°) mais, fait surprenant, il n'y a pas de différence garçon/fille, selon la taille, le poids et l'âge.

Ayant toujours à l'esprit la fonction de support du pied calcanéen mais aussi son lien avec le pied talien, d'autres acteurs se sont intéressés à la maturation du sustentaculum tali pour expliquer le développement de l'arche plantaire chez l'enfant. C'est notamment le cas de Gould (3) sur une étude longitudinale d'enfants âgés de 11 mois à 5ans qui constate que le sustentaculum tali commence son ossification à 5ans mais poursuit au-delà sa maturation sur une à deux années. La relation avec le développement d'une arche plantaire ne peut être tirée du matériel de l'étude. Par contre l'incidence valgus du talon/ valgus du genou est identique et le lien est établi entre ces éléments et la configuration de l'arche puisque tous les enfants sans valgus du genou ont une arche normale. Accessoirement, les nourrissons avaient tous les critères cliniques, radiologiques et photographiques d'une arche abaissée, ce qui va à l'encontre de l'affirmation selon laquelle l'arche plantaire serait normale à cet âge mais masquée par le coussinet adipeux de la plante. L'étude de pression chez le nourrisson va dans le même sens puisque la charge distribuée sur le médio-pied est plus élevée que celle de l'adulte.

➤ Stabilisation passive de l'arche plantaire, aponévrose plantaire

Lorsque le pied est en charge, le talon est en valgus physiologique comme nous l'avons vu et le pied ne s'effondre pas sous la charge. La mesure de la hauteur de l'arche plantaire montre qu'elle diminue par rapport à sa hauteur en position assise (4), illustrant le réglage de position du pied talien et les possibilités d'amortissement et d'adaptation aux irrégularités de surface d'appui qui en découlent. Aucune activité musculaire significative n'accompagnant la simple mise en charge, ces modifications mettent en jeu des mécanismes passifs.

Sans ignorer la part de stabilisation primaire de l'arche qui revient à la configuration osseuse et articulaire, la stabilité secondaire concerne ce que nous pouvons nommer d'une façon un peu générale les tissus de soutien dont chaque individu a la clé moléculaire. L'arche étant multisegmentée mobile, il existe deux étages de stabilisation : l'un au contact, de stabilisation segmentaire capsulo-ligamentaire, l'autre à distance à partir de fascias qui sous-tendent l'ensemble et protègent le jeu adaptatif intersegmentaire. Les éléments concernés sont pour l'essentiel les ligaments calcanéonaviculaire plantaire et le fascia plantaire.

Le ligament calcanéo-naviculaire plantaire (fig 19) est une lame fibreuse, épaisse, résistante, concave, formée de faisceaux qui vont en divergeant du sustentaculum au bord inférieur et à l'extrémité interne du naviculaire. Il fait partie de la cavité glénoïde de réception de la tête et du col du talus. La face supérieure, articulaire, est infiltrée de cartilage. Son épaisseur augmente de dehors en dedans. Sa surface plantaire est soutenue par le tendon du tibial postérieur médialement et par les tendons du long fléchisseur de l'hallux et du long fléchisseur des orteils. Ces éléments peuvent être considérés comme des éléments dynamiques de support d'un système constitué en une véritable nacelle puisque le ligament calcanéo-naviculaire plantaire est relié à la malléole tibiale par le composant tibio-ligamentaire du ligament deltoïde. Les propriétés biomécaniques de cette partie du ligament deltoïdien sont uniques puisque c'est le plus résistant et le plus étirable des ligaments collatéraux de la cheville. Le ligament calcanéo-naviculaire plantaire était dénommé autrefois ligament à ressort, désignant ses capacités de déformation mais aussi de retour dynamique à l'état initial fournissant la suspension activo-passive au pied talien.

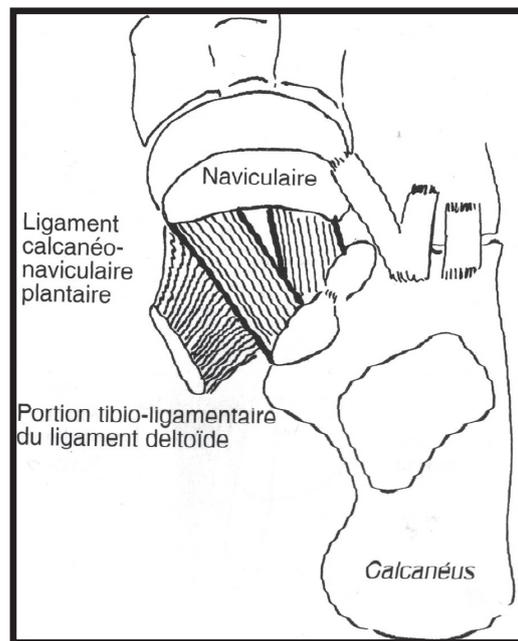


Fig 19: ligament calcanéo-naviculaire plantaire avec ses 2 faisceaux; il est couvert de fibro-cartilage sur sa face dorsale. Par la portion tibio-ligamentaire du ligament deltoïde qui le relie au tibia il assure la suspension du pied talien dans cette nacelle tendue du calcanéum au tibia.

Le fascia plantaire s'attache en arrière sur la tubérosité du calcanéum, longe les articulations tarsiennes et métatarsophalangiennes et s'attache en avant sur les plaques plantaires des articulations métatarso-phalangiennes, la gaine fibreuse du long fléchisseur des orteils et leur phalange proximale (fig 20). Cette structure agit comme un câble entre le talon et les orteils fournissant un mécanisme qui verrouille ensemble toutes les articulations tarsiennes en fonction de la tension du câble.

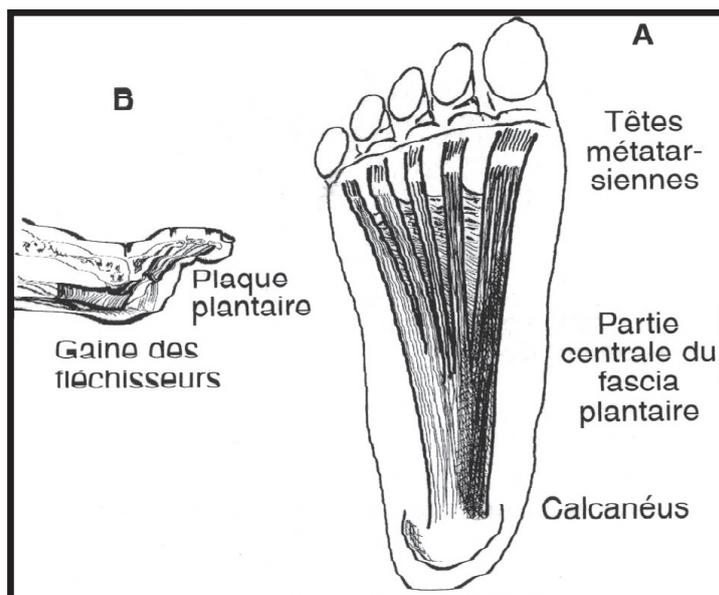


Fig 20: fascia plantaire

A: disposition générale

B: attaches sur la plaque plantaire, la gaine des fléchisseurs, le tissu sous-cutané,

Durant la position plantigrade, la simple analyse ne prenant pas en compte la contrainte additionnelle du jeu musculaire, évalue la mise en tension du fascia plantaire aux alentours de 0,35 fois le poids du corps pour satisfaire les conditions d'équilibre du modèle le plus simple de la structure qui est celui des trois segments articulés (fig 21). Cette mise en tension tend à fléchir les orteils, ce qui favorise l'agrippe au sol et la stabilité. En cas de rupture ou de section de l'aponévrose, certaines conséquences sont prévisibles. Sellman rapporté par Daly a montré le développement d'un pied plat chez des patients avec rupture spontanée du fascia plantaire. Daly quant à lui a étudié les conséquences des fasciotomies réalisées dans le cadre de symptômes douloureux résistants (5), il constate une diminution de la hauteur de l'arche et du ratio de la hauteur sur la longueur ainsi qu'une diminution de l'angle talus/M1. Sharkey (6) à partir d'un modèle

biomécanique prédisent une augmentation du déplacement vertical de 17% et de l'allongement horizontal du pied en charge de 15% après section du fascia plantaire.

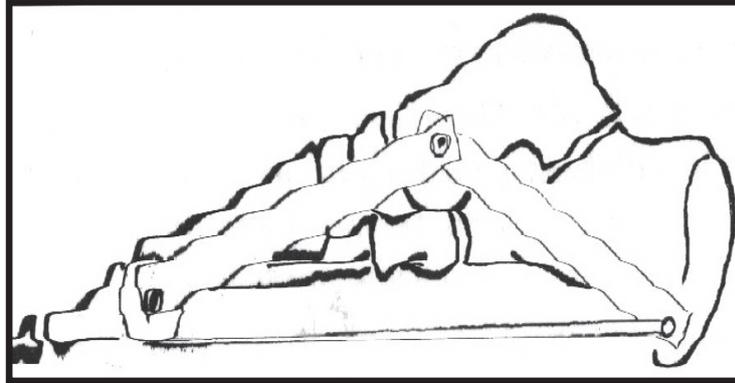


fig 21: fascia plantaire. A partir de sa modélisation comme un câble tendu entre le talon et les orteils, la tension générée par la simple position debout est de 0,35 fois le poids du corps.

b) Le pied mobile

1. Généralités: Axes et plans des mouvements fondamentaux. Mouvements combinés

Le pied est tout d'abord une structure mobile dont les caractéristiques de mouvements dépendent de l'orientation des axes de mouvement.

L'axe d'un mouvement est la ligne imaginaire autour de laquelle se produit ce mouvement. L'orientation ne peut être définie que par rapport à un système de référence. En anatomie, nous utilisons un repère d'axe orthonormé, orientant trois plans principaux de mouvements avec leurs axes respectifs qui leur sont perpendiculaires (fig 22).

- ♣ ainsi le *plan sagittal* du pied est le plan de flexion dorsale et de flexion plantaire selon un axe transversal,
- ♣ le *plan horizontal* est le plan de rotation médiale et de rotation latérale lorsque la partie mobile est la jambe, d'abduction-adduction lorsque la partie mobile est le pied; l'axe est un axe vertical;
- ♣ le *plan coronal* est le plan du mouvement de pronation lorsque la plante du pied regarde latéralement et de supination lorsque la plante

du pied regarde médialement, l'axe est un axe antéro-postérieur, il est aussi l'axe fictif de mouvement de varus lorsque l'arrière-pied est dévié médialement par rapport au tibia et de valgus lorsque l'arrière-pied est dévié latéralement par rapport au tibia.

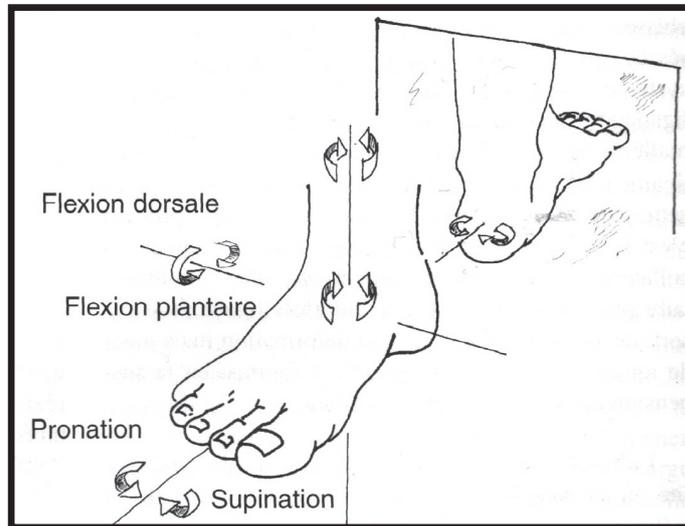


Fig 22: mouvements selon les 3 axes du système anatomique orthonormé.

En fait au pied, le mouvement dans un plan est plutôt l'exception que la règle car la plupart des axes de mouvement sont obliques dans l'espace tridimensionnel. L'anatomie nous a appris à décomposer cette obliquité dans les trois plans de référence et à partir d'un mouvement combiné tridimensionnel à revenir aux mouvements fondamentaux précédemment définis.

On distingue ainsi l'inversion décomposée en flexion plantaire/adduction/supination et l'éversion décomposée en flexion dorsale/abduction/pronation.

Nous envisageons les caractéristiques de mouvements des diverses articulations du pied.

2. Les diverses articulations du pied

a. articulation talo-crurale ou cheville

L'articulation de la cheville met en présence la surface trochléenne du talus avec la portion distale du tibia et de la fibula. Son axe est avant tout transversal, guidant donc des mouvements de flexion dorsale et flexion plantaire. Toutefois dans le plan frontal, il est oblique de 20° sur l'horizontale (fig 23) ce qui introduit une composante axiale verticale d'abduction-adduction du pied ou de rotation latérale-médiale de la jambe. La dorsiflexion de la cheville porte donc le pied en dehors ou la jambe en dedans et la flexion plantaire porte le pied en dedans ou la jambe en dehors. Dans le plan transversal, l'axe est oblique en dehors de $20-30^\circ$ ce qui introduit une composante axiale antéro-postérieure de pronosupination. La dorsiflexion de la cheville porte donc le pied en pronation, la flexion plantaire le porte en supination.

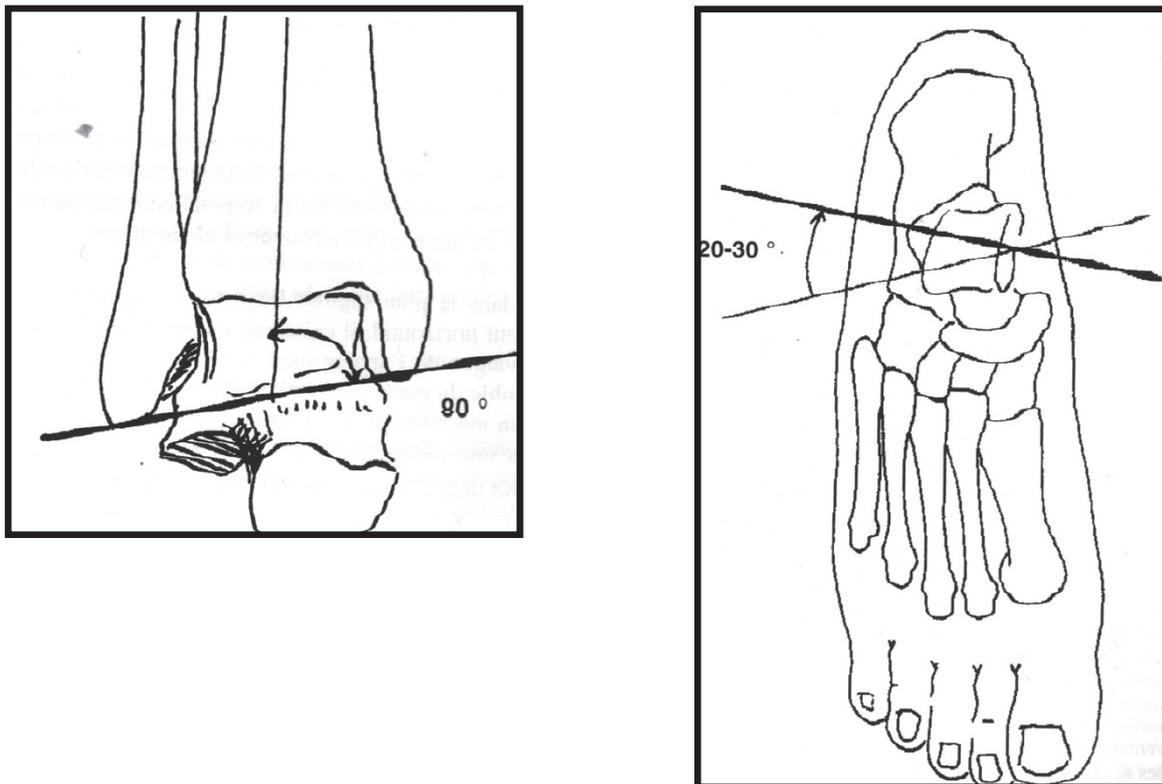


Fig 23: articulation talo-crurale

A: axe non strictement horizontal, d'où une composante verticale avec des mouvements possibles selon cet axe.

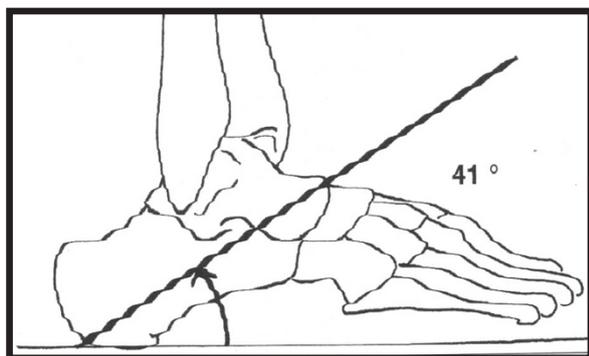
B: axe non strictement frontal mais oblique vers l'arrière d'où une composante antéro-postérieure avec des mouvements possibles selon cet axe.

Au total, l'orientation principale de l'axe fait du mouvement de flexion plantaire-flexion dorsale le champ de mouvement essentiel de la talo-crurale, son obliquité introduit d'autres possibilités: adduction-abduction selon l'axe vertical et supination-pronation selon l'axe antéro-postérieur. C'est l'étude de Lundberg en 1989 (7) qui a établi que lorsque la jambe va d'une rotation interne vers une position neutre elle induit une adduction du talus par rapport au tibia, ce qui est alors le mécanisme principal, ce qui n'est plus le cas pour la rotation externe.

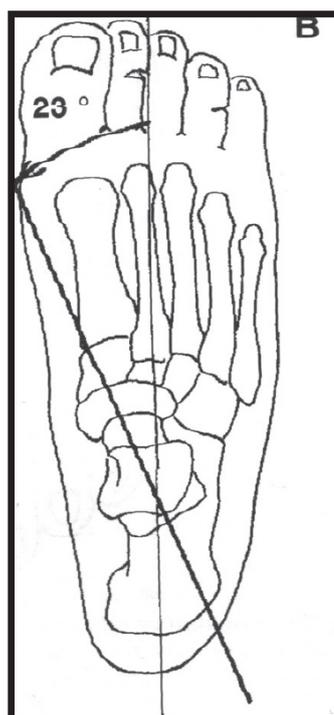
b. articulation sous-talienne

L'articulation sous-talienne est formée par l'articulation du talus avec le calcaneum. Contrairement à l'articulation de la cheville dont la cinématique est assez prévisible à partir de la géométrie de la mortaise et du talus, les surfaces articulaires de la sous-talienne ne permettent pas facilement de retrouver sa cinématique.

Si dans le plan sagittal l'axe de l'articulation était purement horizontal, il existerait un mouvement pur de varus-valgus de l'arrière-pied (prono-supination de l'ensemble du pied); s'il était purement vertical, il existerait un mouvement pur d'abduction-adduction. En fait l'axe a une obliquité de 41° (fig 24) ce qui fait qu'à quelques degrés près les deux composantes de l'obliquité sont liées à part égale: varus-adduction, valgus-abduction. Le même raisonnement s'applique au plan transversal ou l'obliquité de l'axe de 23° par rapport à l'axe longitudinal du varus-valgus introduit une composante transversale flexion plantaire-flexion dorsale respectivement. Nous aboutissons ainsi aux mouvements combinés d'inversion=varus-adduction-flexion et d'éversion=valgus-abduction-flexion dorsale. En moyenne l'articulation sous-talienne peut être inversée de 20° , aucune autre articulation n'assure une telle mobilité et éversée de 5° , secteur où elle est rejointe par la talo-naviculaire.



*Fig 24: articulation sous-talienne
A: l'axe partage son obliquité autant sur la verticale que sur l'horizontale avec des mouvements possibles selon ces 2 axes.*



B: axe non strictement antéro-postérieur mais oblique médialement d'où une composante transversale avec des mouvements possibles selon cet axe.

C'est sur la base de l'obliquité de l'axe de la sous-talienne que l'on a longtemps pensé qu'il revenait à cette seule articulation de transformer la rotation de jambe dans le plan transversal en une prono-supination du pied puisque, pied fixé au sol, le talon se porte en varus en rotation externe et il se porte en valgus en rotation interne de la jambe. Nous avons vu que pour le secteur qui ramène la jambe d'une position en rotation interne vers une rotation neutre une partie de la réponse est dans la talo-crurale, en effet la sous-talienne ne participe à aucune amplitude significative de mouvement. Pour ce qui est de la réponse à la rotation externe de jambe, la sous-talienne se porte en flexion plantaire, adduction et varus, ce qui constitue une partie de la réponse mais elle n'en a pas la plus grande amplitude.

c. articulations du tarse

Les articulations du tarse comprennent l'articulation talo-naviculaire, calcanéocuboïdienne et accessoirement cuboïdo-naviculaire, elles sont les jonctions entre arrière-pied et avant-pied. Dans la mesure où chacune de ces articulations a des propres axes, le concept d'un groupement fonctionnel appelé articulation de Chopart ou médio-tarsienne ou transverse du tarse ne peut être défendu.

- ▲ L'articulation calcanéocuboïdienne est une articulation en selle à concavité verticale et convexité transversale. Les obliquités d'axe sont telles qu'il existe une composante verticale nette dans le sagittal ainsi qu'une composante médiale nette dans le plan transversal d'où l'association supination-adduction-flexion et pronation-abduction-extension. Le mouvement de supination arrive en butée lorsque le bec inféro-médial du cuboïde atteint la fosse coronoïde du calcanéum, les surfaces articulaires au contact sont alors à leur minimum. A l'inverse le mouvement de pronation arrive en butée sur le surplomb du bec calcanéen avec de larges surfaces articulaires au contact. La contribution de l'articulation en flexion dorso-plantaire est faible inférieure à 5°, elle est par contre élevée pour la supination et l'abduction représentant 2/3 des valeurs atteintes par l'articulation sous-talienne.

- ▲ La triple articulation talo-calcanéonaviculaire

L'articulation talo-naviculaire est une enarthrose, la tête du talus arrondie s'emboîte dans un véritable acétabulum constitué de la surface postérieure concave du naviculaire en avant, de la facette articulaire talaire antérieure du calcanéum en bas, de la face dorsale du ligament glénoïdien qui remplit l'espace triangulaire entre le calcanéum et le naviculaire prolongé du composant tibio-ligamentaire du ligament deltoïde.

La flexibilité de cet acétabulum permet l'adaptabilité de forme, de taille et de nature tissulaire mise à contribution selon les nécessités posées par les déplacements du talus, du calcanéum et du naviculaire.

La contribution de l'articulation talo-naviculaire aux divers secteurs de mobilités du pied calque celle de la calcanéocuboïdienne.

Nous retrouvons qu'elle est l'articulation de la pronosupination, d'où son lien avec la sous-talienne avec des amplitudes de 17.7° mesurées par Ouzounian (8) *in vitro* qui dépassent celles de la sous-talienne; pour Lundberg *in vivo*, elle partage avec la sous-talienne la pronation à part égale, la supination à demi-part.

L'autre secteur important est celui de l'abduction. Cette comparaison dans les champs de mouvements ne fige en aucun cas la prééminence des fonctions car en fait l'articulation talo-naviculaire contribue beaucoup plus que la sous-talienne longtemps mise en avant à "absorber" en supination la rotation transversale du membre inférieur.

Si nous replaçons dans la perspective de l'organisation générale en pied talien et pied calcanéen, le pied talien est en suspension par son articulation talo-naviculaire tout en étant soutenu par le pied calcanéen. On ne peut par conséquent traiter de l'articulation talo-naviculaire sans évoquer ses rapports anatomiques et fonctionnels directs avec le calcanéum. Quand l'arrière-pied est en valgus les axes de la talo-naviculaire et de la calcanéocuboïdienne sont parallèles l'un l'autre si bien qu'un certain degré de liberté peut prendre place selon ces axes parallèles sans impliquer d'autres axes de mouvements. L'avant-pied peut se mobiliser sur le médio-pied librement, sans nécessité de mouvement entre talus et calcanéum, ce qui donne au pied sa flexibilité. A l'inverse, lorsque l'arrière-pied est en varus, les axes ne coïncident plus, chacune des articulations se mobilise selon son système d'axes et toute mobilisation du médio-pied sollicite le mouvement du talus par rapport au calcanéum, il s'agit d'un véritable verrouillage fonctionnel du médio-pied.

d. Articulations intertarsiennes

Elles sont distales aux articulations du tarse et proximales aux articulations métatarso-phalangiennes. Elles n'offrent que peu de mobilités car anatomiquement verrouillées et maintenues en place par de puissantes formations ligamentaires. Il faut faire une exception pour le premier rayon : lors de la rotation externe du squelette jambier, la supination de l'articulation talo-naviculaire s'accompagne d'une compensation dans l'articulation naviculaire-cunéiforme qui maintient le premier métatarsien

au sol. Les mesures réalisées in vitro (8) confirment cette mobilité plus importante de ce premier rayon comparativement aux autres tant pour la flexion dorso-plantaire que pour la prono-supination.

e. Articulations tarso-métatarsiennes

Elles permettent avant tout la flexion dorsale et plantaire des rayons métatarsiens, et à un moindre degré pour les rayons extrêmes une rotation axiale longitudinale. Il existe certes une interdépendance de chaque rayon pour les flexions plantaire et dorsale, mais les parties molles solidarissent fonctionnellement l'ensemble. Le deuxième métatarsien est encastré solidement du fait de la disposition des cunéiformes qui constituent une véritable mortaise, il est quasiment immobile et agit comme une sorte de point pivot autour duquel s'organise la rééquilibration des appuis. De part et d'autre, il existe une mobilité inversée des rayons latéral et médial, la flexion plantaire du premier rayon étant accompagnée de la flexion dorsale du cinquième et vice-versa, avec les rayons intermédiaires prenant une position intermédiaire. Ceci aboutit à une torsion de la portion toute antérieure du pied. La proximité du deuxième rayon fait du premier rayon un rayon beaucoup plus stable que les autres, lui permettant de transférer la majorité de la charge à la fin de la phase d'appui.

f. Articulations métatarso-phalangiennes

L'hallux a une amplitude de mouvement de 30° de flexion et de 90° d'extension au niveau de l'articulation métatarso-phalangienne et de 45° de flexion et de 35° d'extension au niveau de l'interphalagienne.

Les amplitudes des 4 orteils latéraux diminuent un peu en extension et augmentent en flexion de la 2ème à la 5ème métatarso-phalangienne, elles diminuent en flexion du 2ème au 5ème rayon pour les interphalangiennes. Les amplitudes articulaires sont identiques pour toutes les interphalangiennes distales.

3) Synthèse sur l'interrelation arrière-pied, médio-pied et avant-pied.

De la même façon que nous avons envisagé la relation qui existe entre le support calcanéen et le talus avec ses conséquences sur le médio-pied, nous pouvons élargir le propos à l'avant-pied en présentant une vue synthétique de l'ensemble du pied en charge régulant le maintien de son appui plantigrade.

Quand le pied n'est pas en charge, l'arrière-pied et l'avant-pied se mobilisent de façon synchrone dans la même direction: durant l'inversion, la plante du pied regarde médialement, durant l'éversion la plante du pied regarde latéralement. Lorsque le pied est en charge, quoi qu'il arrive la plante doit rester à plat au sol ce qui implique un phénomène de rattrapage de l'appui plantigrade qui se joue pour une part par un mécanisme de torsion de l'avant-pied autour du point pivot du deuxième métatarsien.

Ainsi la rotation externe de la jambe (fig 25) n'a que peu d'effet sur le talus, elle cause le varus du talon ce qui réhausse le pied talien mais surtout elle entraîne la supination talo-naviculaire; l'avant-pied aurait donc tendance à être entraîné en supination et à élever le bord médial du pied tout en abaissant son bord latéral. Il n'en est rien, certes parce-que l'avant-pied subit une torsion en pronation mais surtout parce-que l'articulation naviculo-cunéiforme contre-carre la supination talo-naviculaire. Le rehaussement du pied talien associé à la torsion en pronation de l'avant-pied aboutit à un creusement de l'arche plantaire.

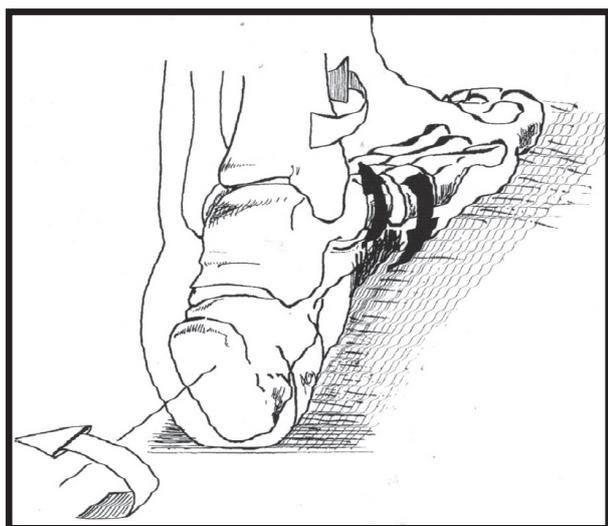


Fig 25: jambe en RE: le varus du talon met le pied talien en appui sur son acétabulum osseux il verrouille le médio-pied; la tendance supinatrice du pied est inversée dans l'articulation cunéo-naviculaire médiale.

La rotation interne de la jambe (fig 26) entraîne l'abduction relative du talus liée à "l'absorption" de cette rotation au niveau de l'articulation talo-crurale en rotation inverse, elle cause le valgus du talon, ce qui met le talus en appui sur son acétabulum dynamique. Le talus est en adduction par rapport à l'axe longitudinal du pied non seulement par le valgus de la sous-talienne mais aussi par l'abduction tant des articulations talo-naviculaire que calcanéocuboïdienne permises par le valgus et le mécanisme de déverrouillage du médio-pied qui en résulte. Il existe une pronation associée de la talo-naviculaire, l'articulation naviculo-cunéiforme suit encore faiblement le mouvement qui tend à entraîner aussi le pied en pronation avec le relèvement de son bord latéral et l'abaissement de son bord médial.

Cette tendance pronatrice est freinée dans l'articulation cunéo-métatarsienne médiale et inversée par la torsion en supination de l'avant-pied. L'adduction du talus associée à l'abduction du pied aboutit à l'effacement de l'arche plantaire.

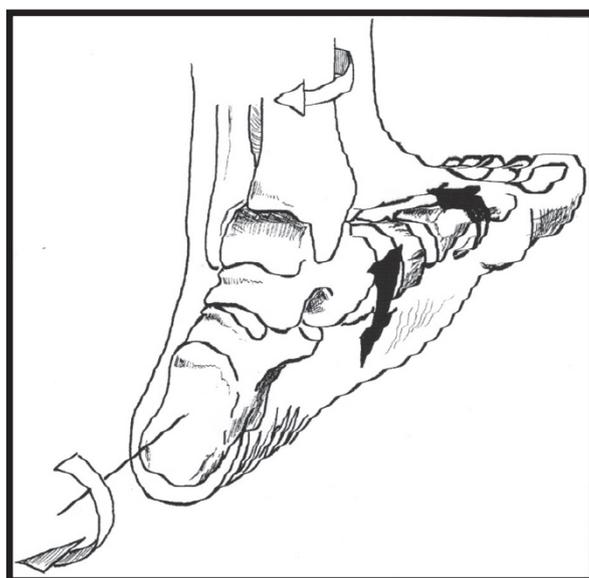


Fig 26: jambe en RI, le valgus du talon met le pied talien en appui sur son acétabulum dynamique; la tendance pronatrice du pied est inversée au niveau de l'articulation cunéo-métatarsienne.

c) Le pied dans la marche

Durant la marche, la progression du pas est marquée par la mise en charge du membre d'appui et par le relèvement de la charge du membre opposé. Outre les forces liées à la gravité et aux actions musculaires, le pied doit supporter les composantes d'inertie ou d'accélération. Celles-ci interviennent du fait des déplacements de la masse corporelle à vitesse variable au cours du cycle de marche, elles interviennent par la relation qui lie la force au produit de la masse par l'accélération. Le contrôle musculaire actif des mobilités articulaires apparaît donc essentiel, nous le verrons notamment pour les activités de freinage. A côté de cet aspect, les mécanismes passifs d'amortissement, de verrouillage ou déverrouillage articulaire sont tout aussi fondamentaux. Ces divers mécanismes en cours de marche sont envisagés selon les diverses étapes du cycle de marche.

1. Contact initial (fig 27)

L'attaque du pas se fait par le talon ce qui est tout à fait spécifique de la marche humaine, le pied est alors en abduction de 15° par rapport à la jambe, sa plante regarde en dedans, il est en supination. Le contact du talon est établi de façon extrêmement brève, inférieur à 5 ms et il s'apparente à une véritable collision du talon sur le sol. Afin d'amortir le pic dynamique de charge, il est nécessaire de dissiper l'énergie de l'impact ce qui peut se réaliser en deux façons: l'allongement du temps de collision ce qui réduit le pic de force et la perte d'énergie du système. Il est important que ceci soit réalisé non seulement pour protéger le calcaneum mais aussi éviter le rebond après impact. La coque talonnière épaisse de 18mm environ, assure cette fonction de coussin amortisseur grâce à sa constitution en un réseau fibreux qui cloisonne des îlots graisseux et à ses plexus veineux.

La perte d'énergie dans la coque talonnière a pu être évaluée à 84%. Incidemment la coque talonnière empêche aussi le pied de déraiper en avant, certes en supprimant le rebond, mais aussi en assurant un accrochage adéquat à chaque pas.

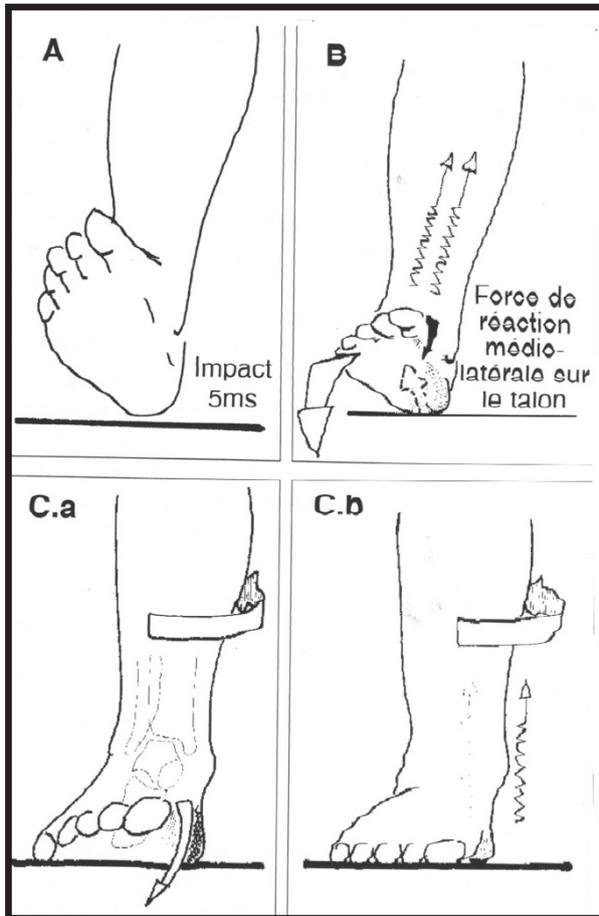


Fig 27: prise d'appui du membre portant lors de la marche

A: contact: le pied se présente en abduction de 15° et en supination.

B: réponse au contact: la force de réaction du sol au talon induit les mouvements:

*flexion plantaire de cheville freinée par les releveurs en contraction excentrique

*valgus de la sous-talienne

C: milieu de l'appui

a) progression de la prise d'appui du rayon latéral vers le rayon médial. RI de jambe associée au moment valgisant.

b) le valgus sous-talien déverrouille le médio-pied et permet l'abduction du pied.

Les fléchisseurs plantaires en contraction excentrique freinent l'avancée tibiale.

2. Réponse au contact

La force de réaction au sol qui agit sur le talon est dirigée en haut et en arrière, elle crée un moment de flexion plantaire de la cheville. Afin d'éviter une frappe de la plante au sol, il est nécessaire qu'un freinage intervienne sur cette flexion plantaire qui précipite le pied vers le sol, il est assuré par la contraction excentrique du tibial antérieur et des longs extenseurs et de l'hallux. La contraction de ces muscles abaisse dans le même temps l'arche plantaire par la dorsiflexion des articulations médio-tarsiennes. La force de réaction au sol a aussi une composante médio-latérale, elle entraîne un moment d'abduction sur la cheville et un moment valgisant sur la sous-talienne. Il en résulte une éversion rapide du pied avec mouvement couplé de rotation interne du tibia et adduction du talus.

“L'atterrissage” pied à plat est amorti par le freinage musculaire mais aussi par le couplage valgus du calcanéum/adduction du talus qui met le pied en suspension dans son acétabulum dynamique. Cet atterrissage permet se faire en terrain irrégulier car autant l'éversion de la sous-talienne que la détente de l'arche plantaire permettent le déverrouillage des articulations du médio-pied. L'ensemble de ces éléments augmente la surface de contact qui s'étend aux orteils puisque les articulations métatarso-phalangiennes qui démarrent avec une dorsiflexion de 25° orteils relevés terminent en position neutre orteils au contact.

3. Milieu de l'appui

Une fois le pied à plat, le poids du corps se déplace vers l'avant en progressant le long de la colonne latérale sur le pied calcanéen, de telle sorte que le 5ème métatarsien est chargé en premier, suivi des autres métatarsiens selon une séquence médiale. Les fléchisseurs plantaires freinent l'avancée du tibia tandis que celui-ci avance au-dessus du talus.

La totalité de l'avant-pied est au contact du sol avec des articulations métatarso-phalangiennes en position neutre.

Le pied en pronation autorise l'abduction de l'avant-pied qui à son tour permet une augmentation de la mobilité des orteils. Ceux-ci peuvent s'étaler pour se conformer aux surfaces irrégulières avant d'accepter une charge accrue durant le mécanisme de 3ème pivot. Au moment où le poids du corps passe à l'aplomb de l'articulation talo-crurale; l'articulation sous-talienne retourne à sa position neutre alors que l'avancée du membre controlatéral génère une rotation externe.

4. Appui terminal

Le transfert du poids sur les têtes des métatarsiens vers le point pivot du deuxième rayon soulage le talon, le pied flexible doit se transformer en un système rigide capable de fournir un bras de levier efficace pour la propulsion. Durant cette phase le pied est porté en supination. Plusieurs facteurs entrent en ligne de compte mais il n'est pas simple de distinguer le facteur principal (fig 28). Tout d'abord l'avancée du membre controlatéral qui se poursuit transmet un couple de rotation externe au membre d'appui, nous en connaissant les conséquences avec le varus de la sous-talienne et la supination du médio-pied. Ce réarrangement des composants squelettiques du pied qui aide à transformer le médio-pied souple en une structure rigide est facilité par le fait qu'au début de cette phase la totalité du poids du corps n'est pas portée par le pied. Parallèlement, le talon se soulevant, les fléchisseurs plantaires sont actifs pour stabiliser la cheville, la dorsi-flexion médio-tarsienne est alors inversée, tandis qu'à l'avant-pied, la dorsiflexion passive des articulations metatarso-phalangiennes met en tension le fascia plantaire. La combinaison du couple de rotation externe et ses conséquences avec le verrouillage par la plante fige le pied en supination. La stabilisation de l'avant-pied qui assure l'appui est assurée par la contraction des inverseurs, soléaire, tibial postérieur, long fléchisseur des orteils et long fléchisseur de l'hallux. Durant ce mécanisme de 3ème pivot, l'essentiel de la mobilité se fait autour des articulations métatarso-phalangiennes en position neutre au début du lever du talon pour atteindre 55° au décollage des orteils. Les fléchisseurs plantaires de cheville (gastrocnémiens et soléaire) continuent à se contracter excentriquement. Ces muscles inversent alors la dorsiflexion de la cheville et commencent la flexion plantaire rapide de la cheville après le lever du talon pour initier la phase oscillante. L'articulation sous-talienne continue à se variser avec un pic au moment du contact final, elle verrouille ainsi les articulations médio-tarsiennes, fournissant une stabilité en phase terminale d'appui et durant toute la phase pré-oscillante.

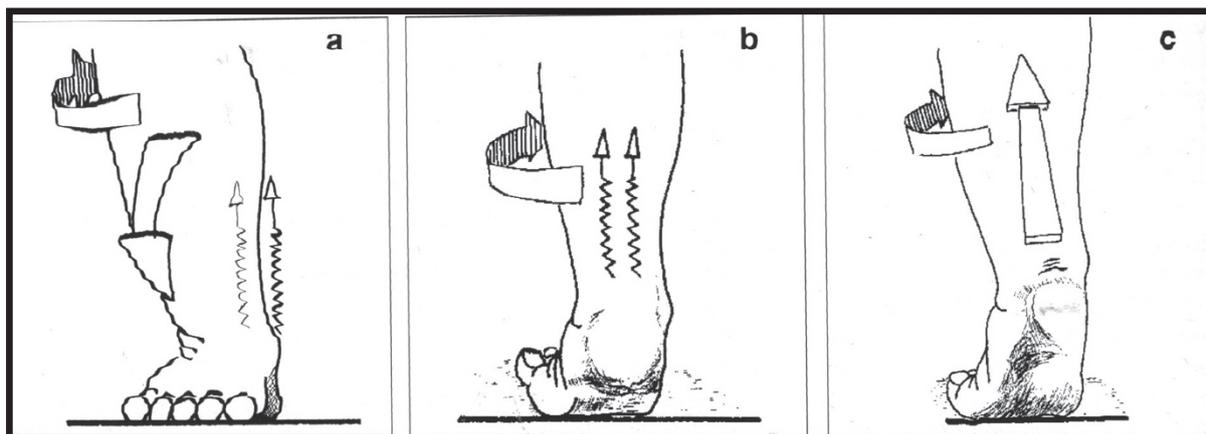


Fig 28: appui terminal.

a) facteurs en cause dans le varus du talon et la supination du pied:

- ▲ RE de jambe par l'avancée de l'autre membre,
- ▲ mise en tension du fascia plantaire par le transfert d'appui sur les MTTP
- ▲ contraction des muscles inverseurs.

b) décollage du talon

c) passage en flexion plantaire rapide de cheville par contraction concentrique des fléchisseurs plantaires.

5. Phase pré oscillante

Cette phase démarre avec le contact du membre opposé et le transfert de forces qui en résulte soulage le pied à un point tel que le gastrocnémien et le soléaire peuvent arrêter de se contracter. Durant cette phase de décharge, la cheville est en flexion plantaire de 20° , avançant le membre en décharge.

6. Phase oscillante

La cheville est en position de flexion plantaire de 20° après le décollage des orteils, les releveurs du pied (tibial antérieur, long extenseur de l'hallux et long extenseur des orteils) interviennent alors pour la ramener en position neutre ou de légère dorsiflexion pour faciliter le passage du pas au milieu de la phase oscillante. L'articulation sous-talienne revient à la position neutre, puis avant le contact initial, retourne à une position de légère supination avant l'attaque du talon pour verrouiller les articulations médio-tarsiennes.

Les articulations métatarso-phalangiennes gardent une certaine dorsiflexion tant que le pied n'a pas passé la partie basse de l'arc oscillant. Les orteils retournent à une position de relâchement à neutre, puis de nouveau en dorsiflexion, en préparation de l'attaque du talon. Cette extension finale des articulations métatarso-phalangiennes tend le fascia plantaire et, combiné avec le verrouillage de la sous-talienne, rigidifie le pied pour préparer l'attaque du talon.

B) LE PIED BOT VARUS EQUIN

1) Généralités

Le pied bot varus équin (PBVE) est une anomalie du développement du pied survenant pendant la période fœtale.

Il s'agit d'une malformation congénitale (c'est-à-dire existant à la naissance).

Le développement du pied pendant la croissance intra-utérine (morphogénèse) est très précoce et s'effectue pendant le 2ème mois de vie. L'anomalie de développement du pied survient entre la 8ème et la 11ème semaine fœtale ; elle peut être diagnostiquée par échographie anténatale entre la 15ème et la 20ème semaine d'aménorrhée (fig 29), permettant ainsi l'organisation des soins avant la naissance et la prise en charge de la famille.



Fig 29 : Fœtus male de 17 SA avec un pied bot bilatéral plus marqué à gauche

On ne parlera pas de guérison : un PBVE, même bien traité, ne sera jamais normal ; en effet la malformation des os et des articulations engendrera toujours des séquelles de gravité variable (9).

La fréquence est de 1 à 2 pour 1000 naissances.

Les garçons sont plus fréquemment touchés, le sex ratio est de 2/1.

Dans 50% des cas, l'atteinte est bilatérale.

Lorsque l'anomalie est isolée au niveau du pied, uni ou bilatérale, il s'agit d'une malformation constituant le PBVE congénital ou idiopathique que nous étudierons uniquement. Toutefois, même dans ces cas-là, les biopsies musculaires faites lorsque les pieds sont très déformés, volontiers bilatéralement, révèlent souvent des anomalies que les progrès

scientifiques aideront à classer comme de véritables affections pathologiques, diminuant alors le nombre authentique de PBVE congénitaux idiopathiques.

Cette malformation est le plus souvent isolée, mais peut parfois entrer dans le cadre de syndromes polymalformatifs ou de troubles neuro-musculaires. (ex: maladie de steinert), dans un dysraphisme spinal, une arthrogrypose, une aberration chromosomique... La recherche étiologique est nécessaire même si le diagnostic en est retardé lors de l'enfance, souvent à l'occasion d'une authentique récurrence de la déformation.

L'étiologie du PBVE congénital reste inconnue mais certaines hypothèses soit anciennes, soit en cours d'évaluation peuvent être retenues:

- ♣ accident in utero de rares pieds bots secondaires à un oligoamnios, à une hémorragie maternelle, à une hypertension gravidique (10);
- ♣ théorie positionnelle intra-utérine : cette théorie est très ancienne (Hippocrate). En réalité, la découverte en échographie de pieds bots dès la 12^{ème} SA alors que le fœtus flotte librement dans le liquide amniotique est en contradiction avec cette hypothèse. Cependant, il ne faut pas sous-estimer les contraintes mécaniques intra-utérines de la fin de la grossesse qui peuvent aggraver l'enraidissement du pied bot ;
- ♣ facteurs tératogènes tels que l'alcoolisme fœtal ou une intoxication médicamenteuse (11-12);
- ♣ facteurs génétiques imprécis en attendant la découverte de gènes spécifiques: l'incidence générale est de 1,24 pour mille. Elle passe à 1/24 pour un garçon qui a déjà un frère touché (11);
- ♣ hypoplasie responsable d'une déformation osseuse, anomalie de l'ossification;
- ♣ arrêt transitoire ou ralentissement du développement pouvant agir lors de l'asymétrie de croissance fibulaire et tibiale entre la 7ème et la 11ème semaine (13);
- ♣ ischémie d'origine vasculaire par hypoplasie de l'artère tibiale antérieure et de l'artère pédieuse rapportée dans un certain nombre de cas pouvant atteindre jusqu'à 90% (14) volontiers corrélé au tabagisme maternel ;
- ♣ étiologie myogène prouvée par la fréquence des anomalies musculaires telle que la diminution des fibres musculaires ou de leur diamètre.

L'étiologie neurologique permettrait de comprendre les anomalies musculaires puisque la formation musculaire est induite par les nerfs périphériques. Feldbrin (15) observe plus de 80% d'anomalies neurologiques électromyographiques dont la gravité est assez bien corrélée à la sévérité clinique. Le déséquilibre musculaire participe ainsi à la déformation du pied.

Une hypothèse intéressante serait d'envisager la survenue d'une perte partielle de l'innervation in utero, causée par un dysraphisme provisoire et suivie d'une ré-innervation. Il serait possible que les modifications d'innervation soient à l'origine du déséquilibre musculaire, d'une augmentation de la fibrose responsable du raccourcissement musculaire, des rétractions articulaires et des déformations osseuses en particulier au niveau de l'os du talus. L'association d'un defect vasculaire majorerait tout ce cortège pathologique.

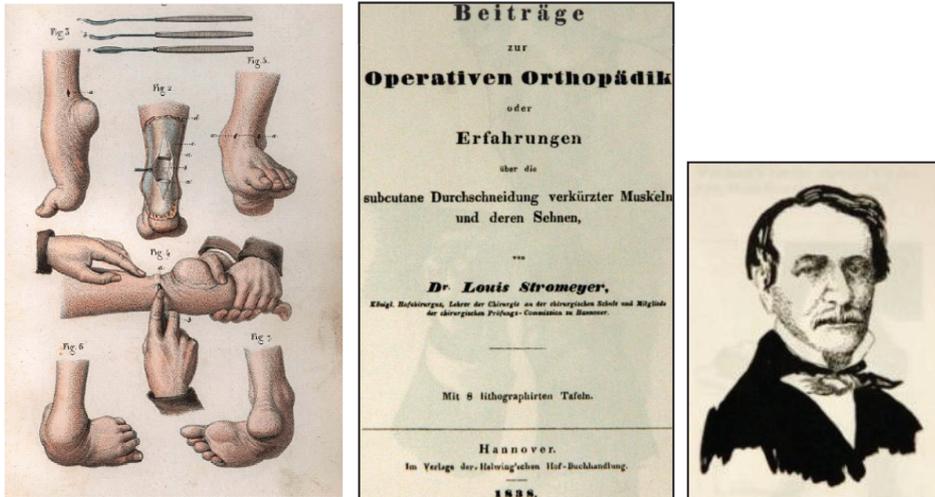
2) Histoire du PBVE

Si l'on souscrit à cette citation de Auguste Comte « on ne connaît bien une science que lorsque l'on en sait l'histoire », il semble nécessaire de faire un bref rappel de l'histoire du PBVE et notamment de l'histoire de son traitement.

Reconnue depuis très longtemps (en Egypte, chez les Aztèques, en Grèce où Hippocrate proposait déjà 400 ans avant J.-C. un traitement par des bandages), cette affection a connu quatre période en ce qui concerne les progrès thérapeutiques (16) :

- Celle des précurseurs, avant 1840
- Une période fructueuse, de 1840 à 1910, marquée par les réductions orthopédiques que l'on peut qualifier de « sauvages » et les premières tentatives de chirurgie (qui se résument à la ténotomie d'Achille). C'est Stromeyer en 1831 qui réalise la première ténotomie percutanée en 1831 à Hanovre.

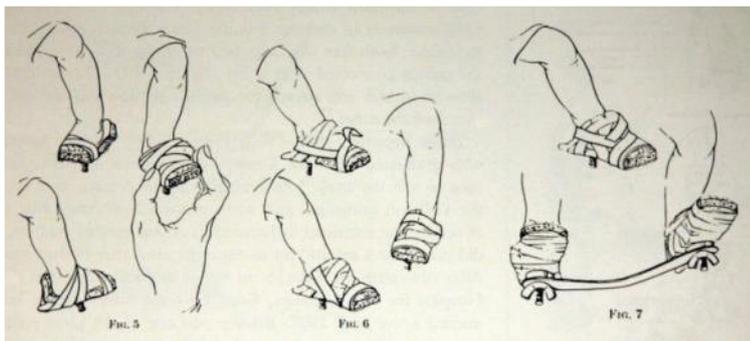
Description de la technique percutanée d'Achille par L. Stromeyer



- Puis l'essor des corrections progressives, de 1910 à 1960 : des auteurs tels que Denis Browne ou Hiram Kite proposent des méthodes de correction progressive et plus douce par bandages ou par plâtre



Denis Browne
LONDRES 1893-1967



Premiers bandages « strapping » et attelles 1942
Principe de la *méthode fonctionnelle* !



Hiram Kite (USA 1891-1986)

Plâtres jambiers correcteurs successifs 1930
Principe repris par Ponseti

- Enfin, la période moderne, de 1960 à 2000, où vont s'opposer diverses stratégies orthopédiques et chirurgicales, jusqu'au relatif consensus actuel.

Aujourd'hui.... et demain

Le PBVE n'a pas livré tous ses mystères et beaucoup de progrès sont encore escomptés :

- dans le domaine de l'étiopathogénie : la nature intime, génétique, de l'affection reste à préciser
- dans son mode d'exploration : l'essor de l'échographie anténatale ouvre des perspectives passionnantes mais aussi des enjeux éthiques nouveaux.

3) Description

Le PBVE est une déformation **irréductible** du pied, principalement de l'arrière pied, qui associe une déviation irréductible de l'arrière-pied dans le plan frontal (varus), sagittal (équin) et horizontal (rotation interne du bloc calcanéopédieux ainsi qu'une adduction du médio-tarse.

Il associe des déformations ostéo-articulaires à des rétractions fibreuses des parties molles

- ⤴ Il est utile de reproduire soi-même les mouvements simples en adduction puis en flexion plantaire pour constater que sa propre plante du pied se place automatiquement en supination et regarde vers l'arrière. Dans le PBVE, cette fausse supination de l'avant-pied induite par la déformation de l'arrière-pied fait que toute tentative de correction majeure le cavus plantaire (fig 30).

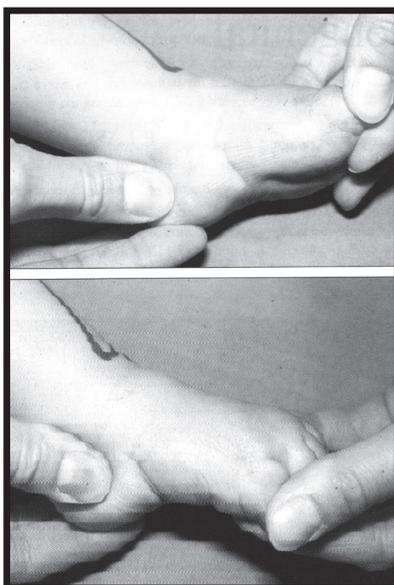


fig 30

Le diagnostic de PBVE repose sur la constatation de **4 anomalies fixées**, non réductibles:

Adduction de l'avant-pied



Supination du pied



Varus de l'arrière-pied



Equin du pied et de la cheville



Le PBVE est donc un pied bot car ses appuis au sol, lors de l'acquisition de la marche, ne sont pas plantigrades. A la déformation de l'arrière-pied s'ajoute une déformation quasiment constante de l'avant-pied sous forme d'un métatarsus varus, c'est-à-dire une adduction fixée en avant de l'interligne médio-tarsien de Chopart: bord externe du pied convexe, pli plantaire interne accompagnant un creux plus ou moins marqué, hallux varus...

Il est intéressant de remarquer une des difficultés de la terminologie articulaire. En effet, selon la nomenclature anatomique, l'adduction de l'arrière-pied (à l'origine du varus) est un mouvement dans un plan sagittal, tandis que l'adduction de l'avant-pied qui siège dans un plan horizontal devient rotation médiale si elle provient de l'arrière-pied.

En 1883, Faraboeuf établit les premières théories bio-mécaniques du PBVE (17). On retiendra le célèbre aphorisme “**le calcanéum roule, vire et tangué sous l'astragale**”. Ce concept, repris par Hudson (18) et plus récemment par Ponseti (19) est toujours d'actualité.

En effet, par un mécanisme encore inconnu, le tarse postérieur est attiré sous l'effet de bras de levier tendino-musculaire, puis fixé par des rétractions fibreuses, dans un mouvement d'adduction (virement dans le plan horizontal) et d'inversion (roulis dans le plan frontal) combiné.

- Seul le talus, tel un tenon bloqué dans la mortaise tibio-fibulaire, est susceptible de résister aux contraintes. Toutefois son col, libre et de nature cartilagineuse, se déforme progressivement (augmentation de l'angle de déclinaison).
- Le pied, à l'exclusion du talus, est assimilé à une unité fonctionnelle: le **bloc calcanéopédieux** (BCP). Cette notion, développée par Queneau et Méary puis reprise par Seringe (20) facilite la compréhension des mouvements guidés et automatiques de l'avant-pied imposés par la déformation du tarse.
- L'**adduction du calcanéum** (fig 31), entraîne une médialisation de l'interligne calcanéocuboïdienne qui passe sous l'interligne talonaviculaire. Il en résulte une verticalisation de l'interligne médio-tarsien, qui entraîne automatiquement l'avant-pied en supination. Cependant cette supination n'est pas répartie de manière équivalente entre arrière et avant-pied; en effet le premier rayon métatarsien est plus en flexion plantaire que ne l'est le 5ème rayon. De ce fait l'avant-pied se trouve en pronation relative par rapport à l'arrière-pied, ceci expliquant la déformation en cavus observée dans le pied bot.
- D'autre part, l'anatomie osseuse sous-talienne impose certains mouvements automatiques. En effet lorsque le calcanéum adducte, il est entraîné en varus.
- **Varus** de l'arrière-pied et **supination** (fig 31) sont donc en majeure partie des mouvements induits par l'adduction du calcanéum.
- L'adduction globale du pied est double: une adduction du calcanéum au sein du BCP et une adduction médio-tarsienne à l'origine de la convexité du bord externe du pied. L'adduction de l'os naviculaire aboutit à une véritable luxation de l'interligne talonaviculaire et au cours de son rapprochement avec la malléole interne, à la création d'une néo-articulation naviculo-malléolaire. La difficulté à éloigner l'os naviculaire de la malléole est pour Ponseti un critère de gravité.

- L'**équisme** est une composante essentielle et obligatoire pour le diagnostic de pied bot. Lors de l'adduction du calcanéum, sa partie antérieure plonge sous le col du talus expliquant ainsi l'équin sous talien (fig 31); il s'y associe par ailleurs un équin tibio-talien habituellement prépondérant et lié à la rétraction tricipitale.

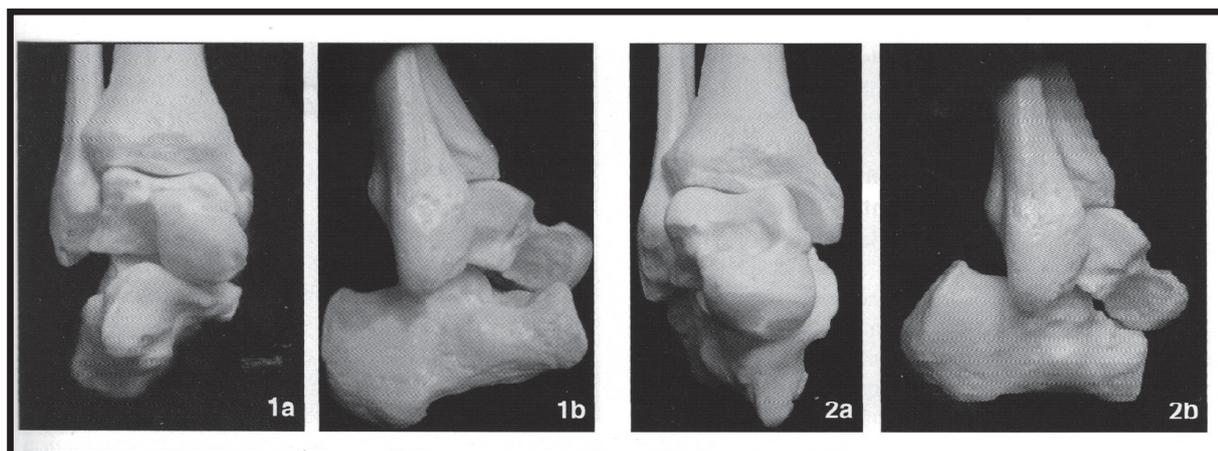
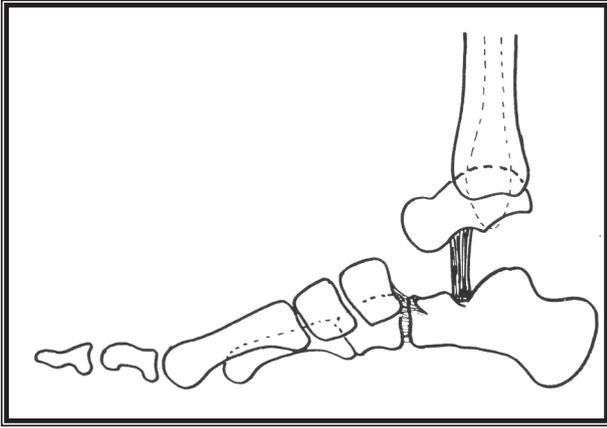


Fig 31:vue de face (a) et de profil (b) du tarse postérieur dans la mortaise tibio-fibulaire. - en situation normale (1), le calcanéum est incliné en discret valgus; l'articulation calcanéocuboïdienne est latéralisée par rapport à l'interligne talo-naviculaire (fig 1a). La tubérosité calcanéenne antérieure est ascensionnée (fig 1b).

- dans le PBVE (2), le calcanéum se déplace en adduction sous le talus, sa tubérosité antérieure plonge sous la tête talienne; il en résulte une bascule automatique en varus et une verticalisation de l'interligne médio-tarsien (fig 2a). L'équin sous-talien est bien visible de profil sous forme d'une diminution de la divergence astragalo-calcanéenne (fig 2b).

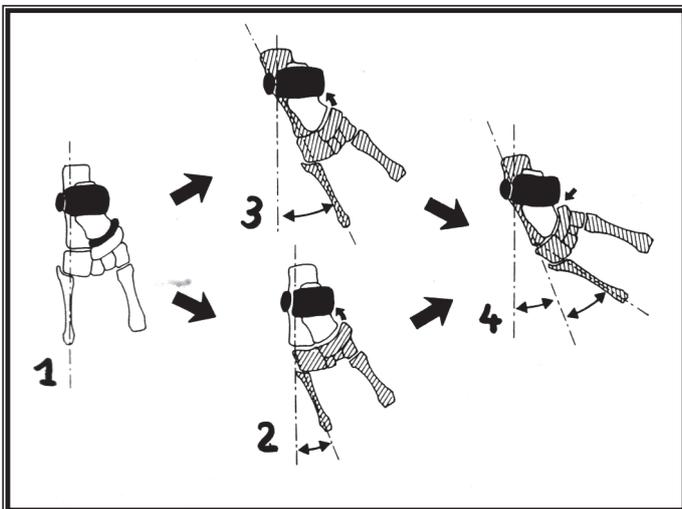
Les déformations principales de l'arrière-pied sont l'équin et le varus. D'un côté se trouve l'ensemble tibio-fibulo-talien et de l'autre le bloc calcanéopédieux. Il est aisé et simpliste de concevoir la déformation comme étant une rotation du bloc calcanéopédieux (BCP) autour d'un axe passant par le ligament interosseux talo-calcanéen (ligament en haie) (fig 32).



Bloc calcanéopédieux (BCP) en vue interne : il tourne sous le bloc talo-jambier autour d'un axe vertical passant par le ligament interosseux talo-calcanéen.

fig 32

Ainsi, en avant de cet axe, l'os naviculaire se déplace en dedans contre la face médiale de l'os talus tandis que la partie antérieure du calcanéum glisse en équin sous l'os talus. En arrière de cet axe, la grosse tubérosité du calcanéum se rapproche de la malléole latérale fibulaire (fig 33).



En 1 : vue dorsale d'un pied normal

En 2 : adduction électorive dans l'articulation médio-tarsienne, ce qui crée un rapprochement naviculo-tibial

En 3 : adduction électorive dans le complexe articulaire entre le bloc calcanéopédieux et le talus, ce qui crée un rapprochement naviculo-tibial

En 4 : effet de sommation des deux attitudes vicieuses aboutissant à un contact naviculo-tibial.

fig 33

En plus de ce déplacement du BCP par rapport à l'ensemble tibio-fibulo-talien s'ajoutent deux déformations:

- △ l'équin de l'os talus dans la pince bi-malléolaire associée à une véritable malposition de cet os,
- △ l'adduction de l'avant-pied dans l'interligne médio-tarsienne qui majore le déplacement médial de l'os naviculaire et translate l'os cuboïde en dedans du calcanéum.

De ces notions fondamentales résultent des déformations osseuses, des attitudes vicieuses articulaires et des rétractions des parties molles regroupées en nœuds fibreux qui ont été identifiés par Seringe dès 1975 (20).

a) Déformations osseuses

* le tibia et la fibula ne sont habituellement pas déformés, certains auteurs retenant cependant un faible degré de manque de rotation latérale du squelette jambier, déformation controversée;

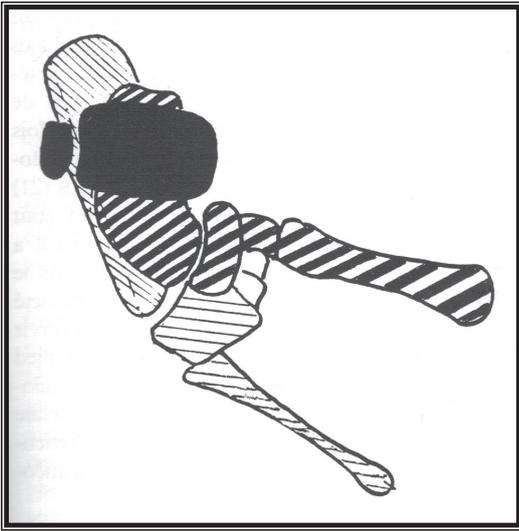
* le talus, hypoplasique en antéro-latéral, présente un angle de déclinaison augmenté, ce qui oriente sa tête vers le dedans tandis que sa surface articulaire naviculaire est encore plus médiale compte tenu de sa position de l'os naviculaire.

* le calcanéum présente un sustentaculum tali volontiers hypoplasique, un bord externe plutôt convexe et une surface antérieure destinée au cuboïde oblique en avant et en dedans;

* l'os naviculaire étalé comporte une tubérosité interne volumineuse où s'insère le tendon tibial postérieur;

* les autres os sont également modifiés mais ont fait l'objet de peu d'études. Si les métatarsiens paraissent normaux à la naissance, certains se déforment franchement pendant la croissance lors de la persistance de véritables metatarsus varus.

Du fait des déformations osseuses et articulaires, l'harmonie de longueur des arches n'est pas respectée. L'arche interne se trouve raccourcie par rapport à l'arche externe (fig 34)



Inégale longueur des arches longitudinales du pied dans le PBVE. L'arche interne (hachuré gras) est plus courte que l'arche externe (hachuré fin)

fig 34

b) Attitudes vicieuses articulaires

* *équin du cou-de-pied*: l'os talus, en équin dans la mortaise, est souvent subluxé en avant de telle façon que le calcanéum peut être en contact avec le rebord postérieur du tibia et/ou de la malléole fibulaire. Le déplacement est tel qu'il existe toujours une incongruence immédiate de l'articulation du cou-de-pied en arrière qui doit faire espérer un remodelage des portions cartilagineuses. En avant, l'équin est entretenu par la partie antérieure du calcanéum placée sous la tête du talus. Il en résulte un parallélisme astragalo-calcaneéen;

* *adduction du BCP*: le calcanéum est fixé en inversion forcée sous l'os talus et entraîne avec lui le reste de l'avant-pied en avant et en dedans tandis que sa grosse tubérosité se rapproche de la malléole latérale fibulaire en arrière;

* *adduction médio-tarsienne*: l'os naviculaire, déjà déplacé en dedans avec le BCP, l'est encore plus par la composante de déformation de l'interligne médio-tarsien. Une grande attention doit être portée au déplacement de l'os cuboïde en dedans du calcanéum responsable du bord externe du pied convexe.

c) Rétraction des parties molles (fig 35 a et b)

(9) Les structures capsulo-ligamentaires, les fascias et les tendons rétractés sont regroupés en nœuds fibreux qui verrouillent le PBVE et sur lesquels toute l'attention du thérapeute doit être portée.

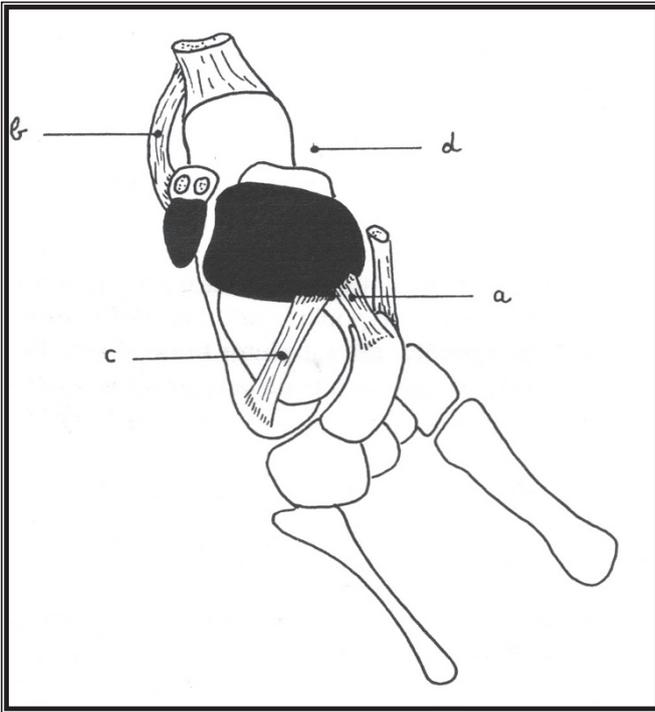
L'équin est secondaire à la rétraction du tendon d'Achille, de la capsule tibio-talienne postérieure et au nœud fibreux postéro-externe qui comprend l'aponévrose superficielle de la jambe renforcée en rétinaculum postéro-externe entre la gaine du tendon d'Achille et la gaine des tendons des fibulaires, l'aponévrose profonde de la jambe, les ligaments talo-fibulaire postérieur et calcanéo-fibulaire.

L'adduction du BCP est verrouillée en 3 sites:

- * *en antéro-médial* par la capsule talo-naviculaire, par le nœud fibreux antéro-interne qui comprend le tendon tibial postérieur, le bloc scapho-tibial (formation fibreuse maintenant l'os naviculaire contre la malléole interne incluant la capsule articulaire talo-naviculaire et une portion toute antérieure ou ligament médial tibio-naviculaire), le ligament calcanéo-naviculaire inférieur tendu depuis le sustentaculum tali dont la rétraction a parfaitement été étudiée par Epeldegui (21), ainsi que la gaine des tendons fléchisseurs des orteils en particulier du fléchisseur commun connu sous le terme de Master knot de Henry. S'y associent les éléments de la loge plantaire, c-à-d le fascia plantaire et le muscle abducteur de l'hallux;

- * *en postéro-externe*, nous retrouvons les mêmes éléments que ceux qui verrouillent l'équin postérieur;

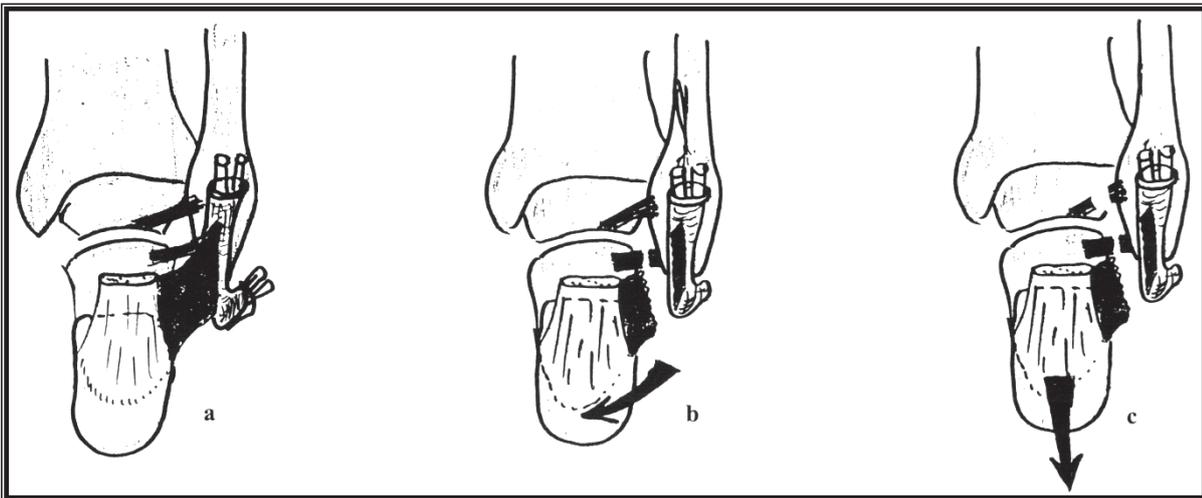
- * *en antéro-externe*, se trouvent la capsule talo-calcanéenne antéro-externe et le nœud fibreux antéro-externe composé essentiellement par le rétinaculum antérieur d cou-de-pied qui maintient le calcanéum tourné vers la malléole interne.



Principaux nœuds fibreux verrouillant l'adduction du bloc calcanéo-pédieux :

- Nœud antéro-médial fixant l'os naviculaire au tibia
- Nœud postéro-latéral fixant la grosse tubérosité du calcaneum à la malléole fibulaire
- Nœud antéro-latéral fixant la grosse apophyse du calcaneum au tibia et au talus
- Absence de nœud fibreux postéro-médial.

Fig 35a



Structures du nœud fibreux postéro-latéral en vue postérieure :

- Sont visibles le ligament talo-fibulaire postérieur, le ligament calcanéo-fibulaire et le rétinaculum des tendons fibulaires
- Section du ligament calcanéo-fibulaire et du rétinaculum permettant une amorce de dérotation du bloc calcanéo-pédieux
- Section du ligament talo-fibulaire permettant un abaissement complémentaire du calcaneum.

Fig 35b

L'adduction de l'articulation médio-tarsienne est verrouillée par la rétraction de la capsule médio-tarsienne associant le ligament en Y de Chopart, et les capsules talo-naviculaire et calcanéocuboïdienne, par le noeud fibreux antéro-interne, par la rétraction des éléments de la loge plantaire associant le muscle abducteur de l'hallux, l'aponévrose plantaire superficielle interne et la cloison intermusculaire, ainsi que l'aponévrose plantaire superficielle moyenne.

4) Diagnostic

a) Diagnostic anténatal

A partir de la 16ème semaine in utéro, l'étude du pied est facile car le liquide amniotique est abondant, ce qui permet de réfuter les théories étiologiques de compression in utéro, et le pied est suffisamment petit pour pouvoir être vu dans son ensemble. La découverte du PBVE repose sur l'image montrant à la fois une coupe frontale du squelette jambier c'est-à-dire le tibia et la fibula, et une coupe "horizontale" du pied dans le même plan en raison de son apparente supination complète (fig 36).



fig 36

Vers la fin de la grossesse, le diagnostic échographique de PBVE congénital est plus difficile voire impossible à différencier d'une malposition.

Le rôle principal de l'échographiste est certes de diagnostiquer le pied PBVE uni ou bilatéral mais aussi de rechercher toutes les autres anomalies qui feraient de cette déformation périphérique le simple signe d'une pathologie bien plus grave (myélo-méningocèle, arthrogrypose, trisomie 18, syndrome polymalformatif...). En présence d'un PBVE idiopathique isolé, des informations précises pourront être données à la famille concernant la prise en charge et le pronostic. Cette consultation prénatale doit être assurée par un orthopédiste pédiatre qui peut répondre clairement à toutes les questions posées, d'où l'intérêt d'un diagnostic échographique aussi précis que possible pouvant justifier un contrôle par un échographiste spécialisé.

b) A la naissance

A la naissance, l'examen clinique du PBVE a plusieurs objectifs: en premier lieu il convient d'examiner l'enfant à la fois sur le plan orthopédique et neurologique que sur le plan général. Puis l'aspect morphologique du pied est apprécié ainsi que sa fonction par de stimulations musculaires. Enfin, la gravité de la déformation est évaluée, en notant les anomalies en position de correction maximale. Ceci sert de référence (bilan initial), permet de classer le PBVE et de choisir le traitement adapté.

Des radiographies des pieds à la naissance ne sont pas obligatoires, si ce n'est pour éliminer une malformation osseuse ou pour étudier la maturité osseuse. L'échographie du pied permet de bien visualiser les structures ostéochondrales tant postérieures qu'internes. L'évaluation dynamique a un intérêt qui permet d'objectiver les progrès obtenus durant la phase de traitement orthopédique. Une échographie cérébrale et médullaire permet dans certains cas d'éliminer une malformation neurologique ou un dysraphisme qui pourrait passer inaperçu.

5) Classification

a) Evaluation de la sévérité

1. évolution des classifications

(1) Classer le PBVE est une priorité: une classification permet de différencier les PB de façon précise. Elle sert de référence pour apprécier l'évolution du traitement, enfin elle permet de standardiser les informations et de comparer les résultats.

Les PBVE ont été pendant longtemps classés en 4 catégories: bénins, modérés, sévères et très sévères. Cependant les critères utilisés étaient souvent approximatifs et ils ne permettaient pas une objectivité suffisante.

Plusieurs classifications ont été proposées.

La classification de ***Manes et Costa*** (22) qui distingue 3 groupes de pieds:

- ♣ des pieds longs, fins avec un varus équin de 20°,
- ♣ des pieds longs fins réductibles avec une déformation supérieure à 20° mais inférieure à 45°
- ♣ des pieds qui ont une déformation supérieure à 45°
- ♣ un groupe très particulier dont l'équin est supérieur à 20° et qui sont des pieds courts gras.

Cette classification ne prend en compte que l'arrière-pied dans son plan sagittal, elle méconnaît totalement la rotation du bloc calcanéopédieux et les rapports entre l'arrière-pied et l'avant-pied.

Cette classification a l'avantage d'attirer l'attention sur la morphologie du pied et sur le caractère très péjoratif des pieds courts et gras beaucoup plus difficile à traiter que les pieds longs et fins.

Catteral (23) a décrit une méthode d'évaluation basée sur un concept dynamique en différenciant les lésions de l'arrière-pied des lésions de l'avant-pied. Il insiste sur l'équin, sur l'aspect latéral du pied qui peut être incurvé ou droit, sur la présence d'une attitude en supination d'un cavus et sur la topographie des sillons qui peuvent être postérieurs ou antérieurs.

Il décrit 4 groupes de pieds:

- ⤴ le pied résolutif, manifestement bénin,
- ⤴ le pied contracturé par des tendons qui est essentiellement caractérisé par une rétraction postérieure sans atteinte de l'articulation médiotarsienne.
- ⤴ le pied rigide qui implique une rétraction dans l'articulation médiotarsienne.
- ⤴ une catégorie à part, le pied bot avec trouble de réduction.

Sa méthode d'analyse est très fine, elle ne présente malheureusement aucune évaluation quantitative; elle ne tient pas réellement compte de la réductibilité du bloc calcanéo-pédieux ou de l'adduction de l'avant-pied sur l'arrière pied.

Seringe propose une méthode simple: la réductibilité de l'équin et du varus est mesurée, l'angle le plus important est retenu pour la classification:

- ⤴ type 1: réductibilité comprise entre 0 et 20°
- ⤴ type 2: réductibilité comprise entre 21 et 40°
- ⤴ type 3: réductibilité au-delà de 41°.

Carroll décrit une évaluation unique basée sur une échelle de valeurs allant de 0 à 10 en donnant un point à chaque anomalie:

- ⤴ atrophie du mollet
- ⤴ déplacement postérieur de la malléole externe
- ⤴ sillon interne ou sillon postérieur
- ⤴ bord externe incurvé droit
- ⤴ cavus
- ⤴ équin fixé
- ⤴ scaphoïde fixé sur la malléole interne
- ⤴ calcanéum fixé au péroné
- ⤴ pas de mobilité médiotarsienne
- ⤴ supination fixée

Cette évaluation différencie ainsi 3 types de pieds: des pieds bénins dont le score est inférieur à 5, des modérés dont le score est entre 5 et 7 et des pieds graves dont le score est entre 7 et 10.

Pandey distingue 4 catégories:

- △ des pieds très sévères avec une réductibilité inférieure à 25%,
- △ des pieds sévères avec une réductibilité entre 25 et 50%
- △ des pieds avec une réductibilité de 50 à 75%
- △ des pieds complètement réductibles ou presque avec une réductibilité de 75%.

Pandey pense que l'évaluation quantitative est impossible. Il intègre d'autres paramètres comme la position du calcanéum, l'atrophie du mollet, la sévérité de l'équin et du varus et l'état de la peau.

Cependant, cette classification laisse une large marge de manœuvre à l'examineur et comporte un certain nombre de risques d'erreurs.

Steven a développé une échelle de valeurs en prenant en compte l'équin, et en considérant que le grade 0 correspondait à une complète dorsiflexion, tandis que le grade 5 correspondait à un équin supérieur à 50°.

Goldner a développé une classification très complète en essayant de couvrir toutes les échelles de sévérité.

Il différencie 6 types de pieds bots:

1. des pieds bots positionnels,
2. des pieds bénins
3. des pieds bots discrets
4. des pieds bots sévères
5. des pieds bots très sévères
6. des pieds tératologiques

Il utilise pour cela un score de 60 points, prenant en compte 10 paramètres avec de multiples nuances et 4 possibilités de choix pour chaque paramètre. Ces multiples paramètres ont l'inconvénient d'accroître le risque d'erreur.

Cette classification utilise néanmoins un paramètre très intéressant : le pourcentage de couverture de la tête du talus au cours de la manœuvre de réduction du bloc calcanéopédieux.

En passant en revue toutes ces classifications, il apparaît que 4 paramètres sont essentiels pour différencier les pieds sévères, les pieds très sévères, les pieds modérés et les pieds bénins:

1. l'équin dans le plan sagittal,
2. le varus dans le plan frontal,
3. la rotation du bloc calcanéopédieux dans le plan horizontal,
4. les relations entre l'arrière-pied et l'avant-pied dans le plan horizontal.

Ceci correspond à la classification de *Diméglio* (24).

2. classification de Diméglio

C'est celle recommandée par l'HAS, référencée depuis 1995 et ayant fait l'objet d'une validation externe. Elle est reconnue sensible et reproductible. Elle apprécie la gravité initiale de la déformation et permet de suivre l'évolution pendant toute la durée du traitement. Ainsi l'impact du traitement peut être chiffré au cours de la croissance de l'enfant.

Il est important de considérer les déformations dans tous les plans de l'espace. La réductibilité du pied doit être prise en compte. Les angles doivent être mesurés avec un petit goniomètre adapté et il est très important de disposer d'une check-list pour hiérarchiser son examen.

La palpation est essentielle; il faut palper le talus sur le bord latéral du pied pour sentir les rapports du calcanéum avec la coque talonnière (fig 37).

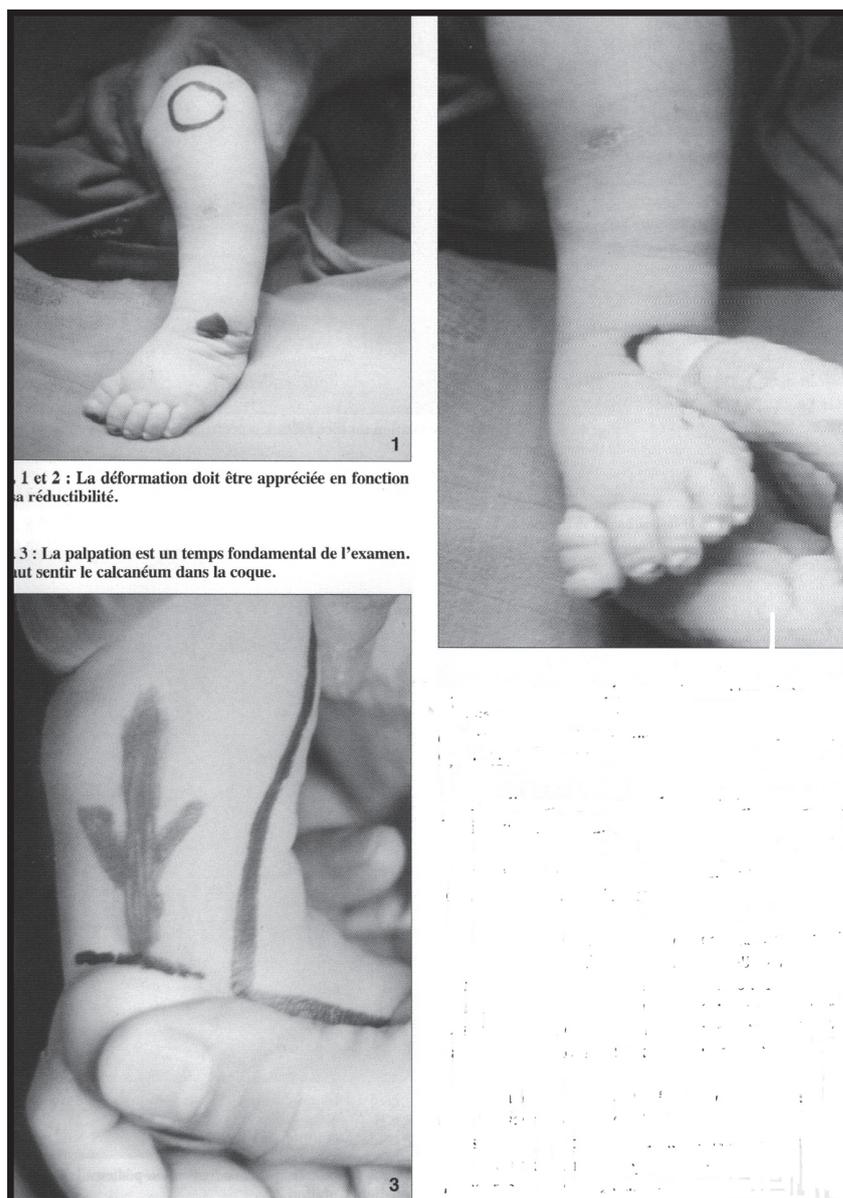


Fig 37

Il faut rechercher une rétraction plantaire, un sillon postérieur, un sillon ou une cassure dans la médiotarsienne; la qualité des muscles est un élément à prendre en compte (Bensahel, 25). Quelques pieds bots sont très fibreux, d'autres ont une bonne réactivité à la stimulation et un bon tonus. La réductibilité est l'élément essentiel de cette classification, elle doit être appréciée avec douceur, on mesure les amplitudes sans forcer au maximum de la réductibilité. Les angles ainsi constatés doivent être rapportés dans l'observation.

Un score est attribué aux 4 paramètres: l'équin, le varus, la dérotation du bloc calcanéo-pédieux et les rapports de l'avant-pied sur l'arrière-pied (fig 38 a, b, c). Ce score est établi sur une échelle de 1 à 4. Pour apprécier le varus, il est essentiel de mettre l'enfant en décubitus ventral. L'équin est souvent sous-évalué et il ne faut pas oublier que chez le nouveau-né, il existe 30° de flexion dorsale. Par conséquent, un pied qui n'a pas de flexion dorsale est un pied qui est en équin avec un déficit de l'ordre d'au moins 30°.

- ⤴ quand la réductibilité est de 90° à 45°, un score de 4 est accordé;
- ⤴ quand la réductibilité est de 45 à 20°, un score de 3 est accordé;
- ⤴ quand la réductibilité est entre 20 et 0°, un score de 2 est accordé;
- ⤴ quand la réductibilité est entre 0 et -20°, un score de 1 est accordé;
- ⤴ quand la réductibilité est supérieure à -20°, un score de 0 est accordé.

(fig 39a, b, c)

La somme de tous ces paramètres constitue un total de 16 points.

4 points supplémentaires doivent être accordés:

- ⤴ 1 point si le sillon postérieur est marqué;
- ⤴ 1 point si le sillon interne médiotarsien est présent;
- ⤴ 1 point s'il existe une rétraction plantaire ou un cavus
- ⤴ 1 point doit être accordé en fonction de l'état des muscles: s'ils sont fibreux ou pas ou hypertoniques. Une sévère hypotrophie du mollet témoigne d'une pauvre musculature et doit être intégrée dans ce dernier point.

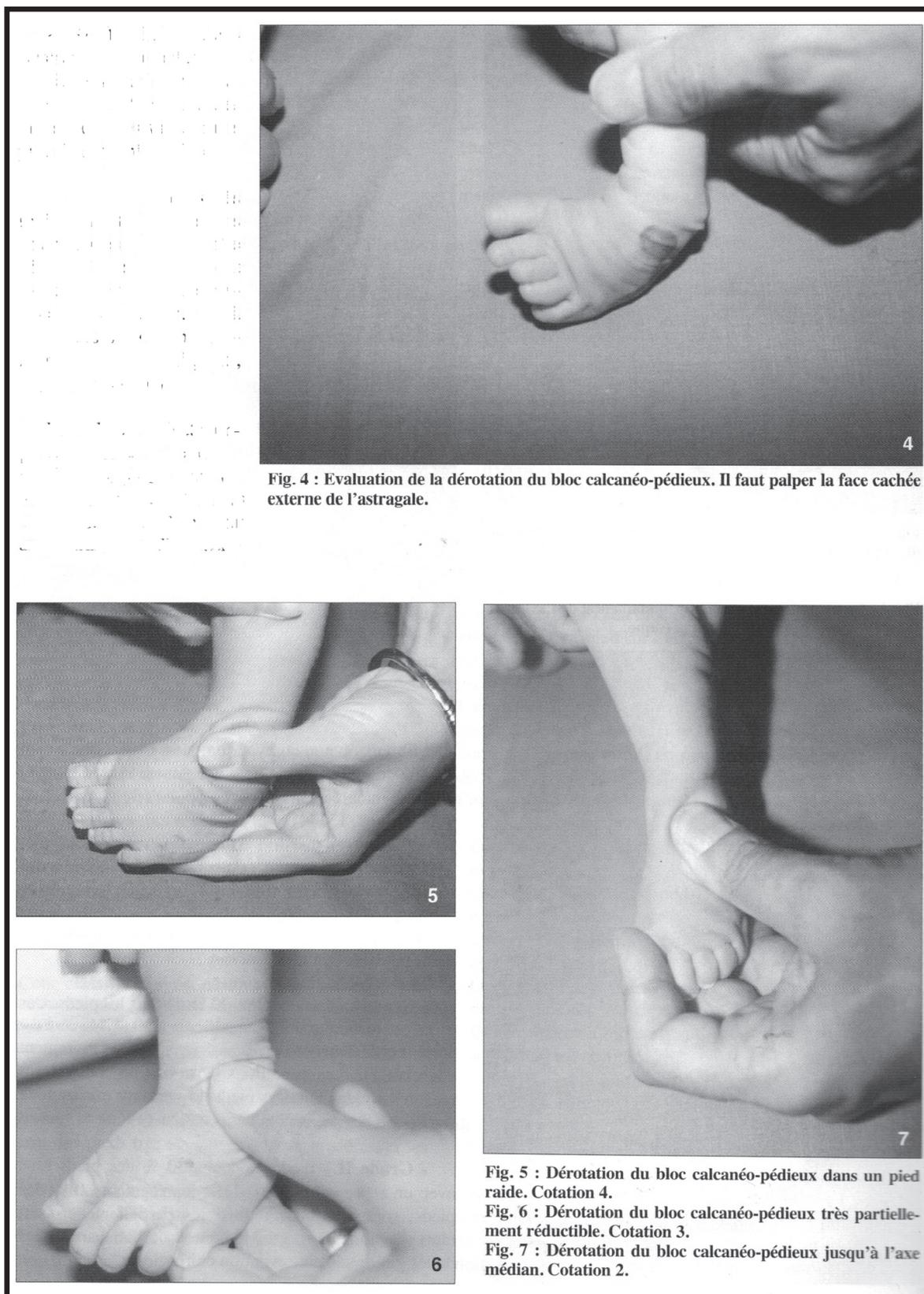


fig 38 a

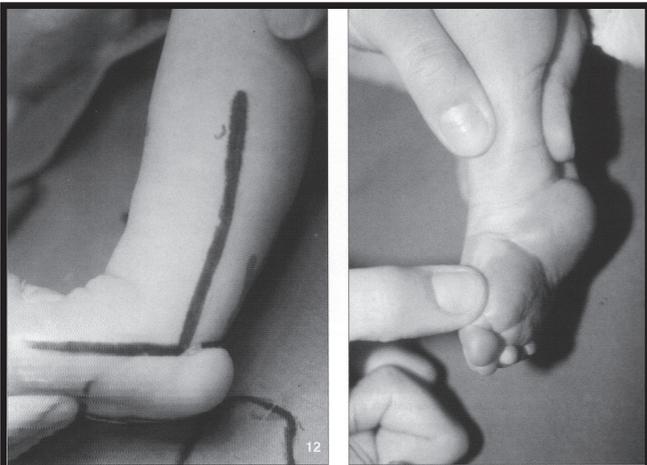


Fig. 12 : Equin. Cotation à 2.

Fig. 14 : Pied sévère avec un cavus (1 point), un pli int (1 point). Ce pied présente aussi un pli postérieur non visible sur la radio (1 point supplémentaire)

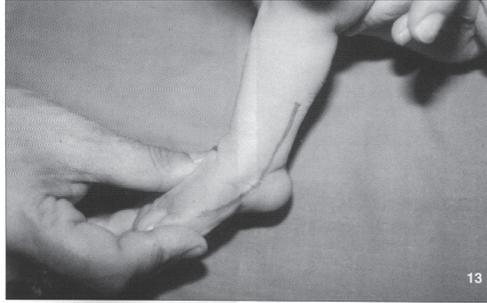


Fig. 13 : Equin. Cotation à 3.

fig 38b

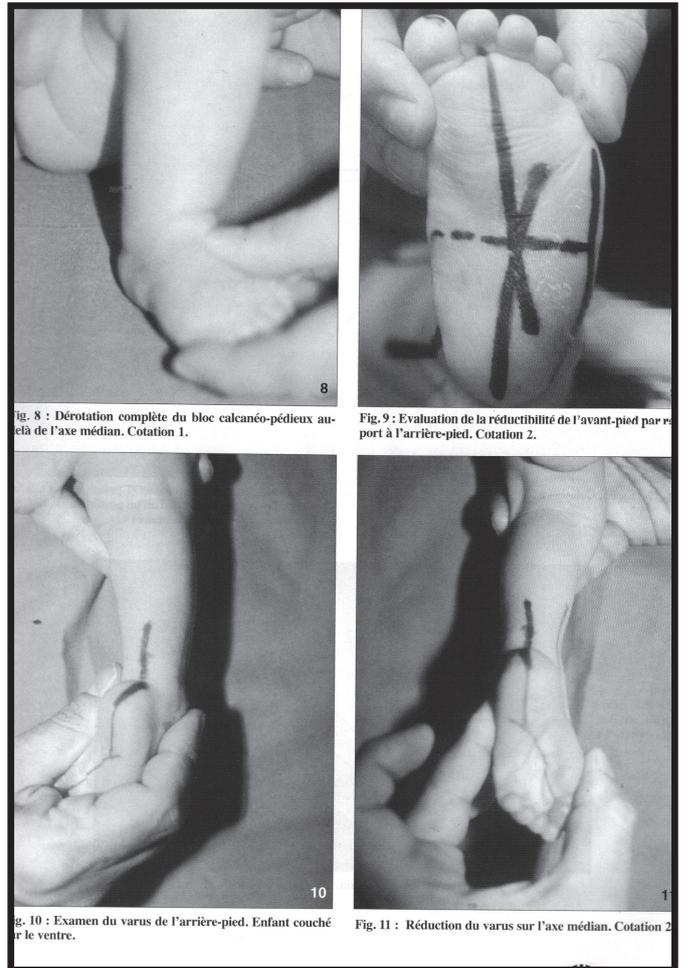


Fig. 8 : Dérotation complète du bloc calcanéopédieux au-delà de l'axe médian. Cotation 1.

Fig. 9 : Evaluation de la réductibilité de l'avant-pied par rapport à l'arrière-pied. Cotation 2.

Fig. 10 : Examen du varus de l'arrière-pied. Enfant couché sur le ventre.

Fig. 11 : Réduction du varus sur l'axe médian. Cotation 2

fig 38c

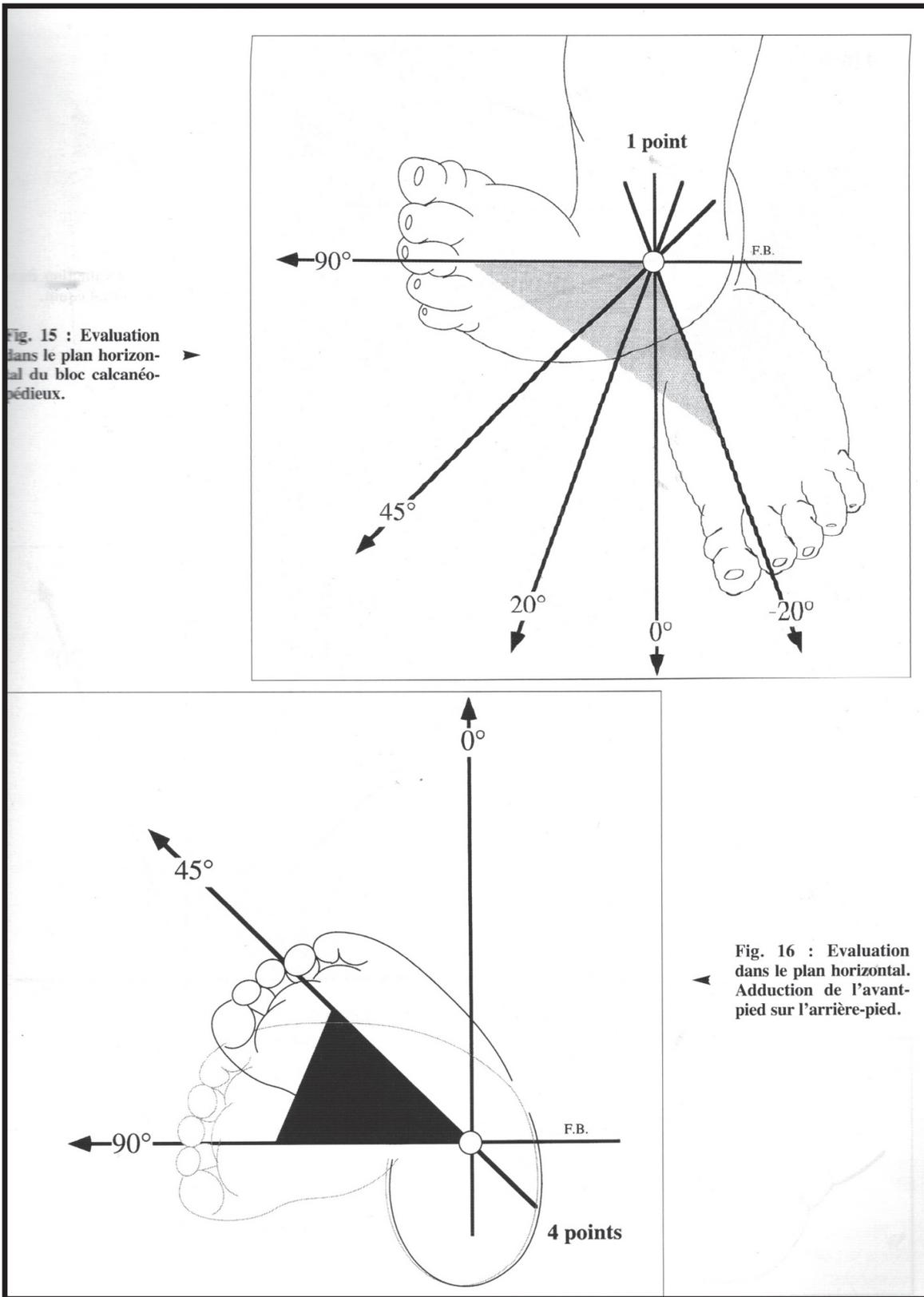


Fig 39a

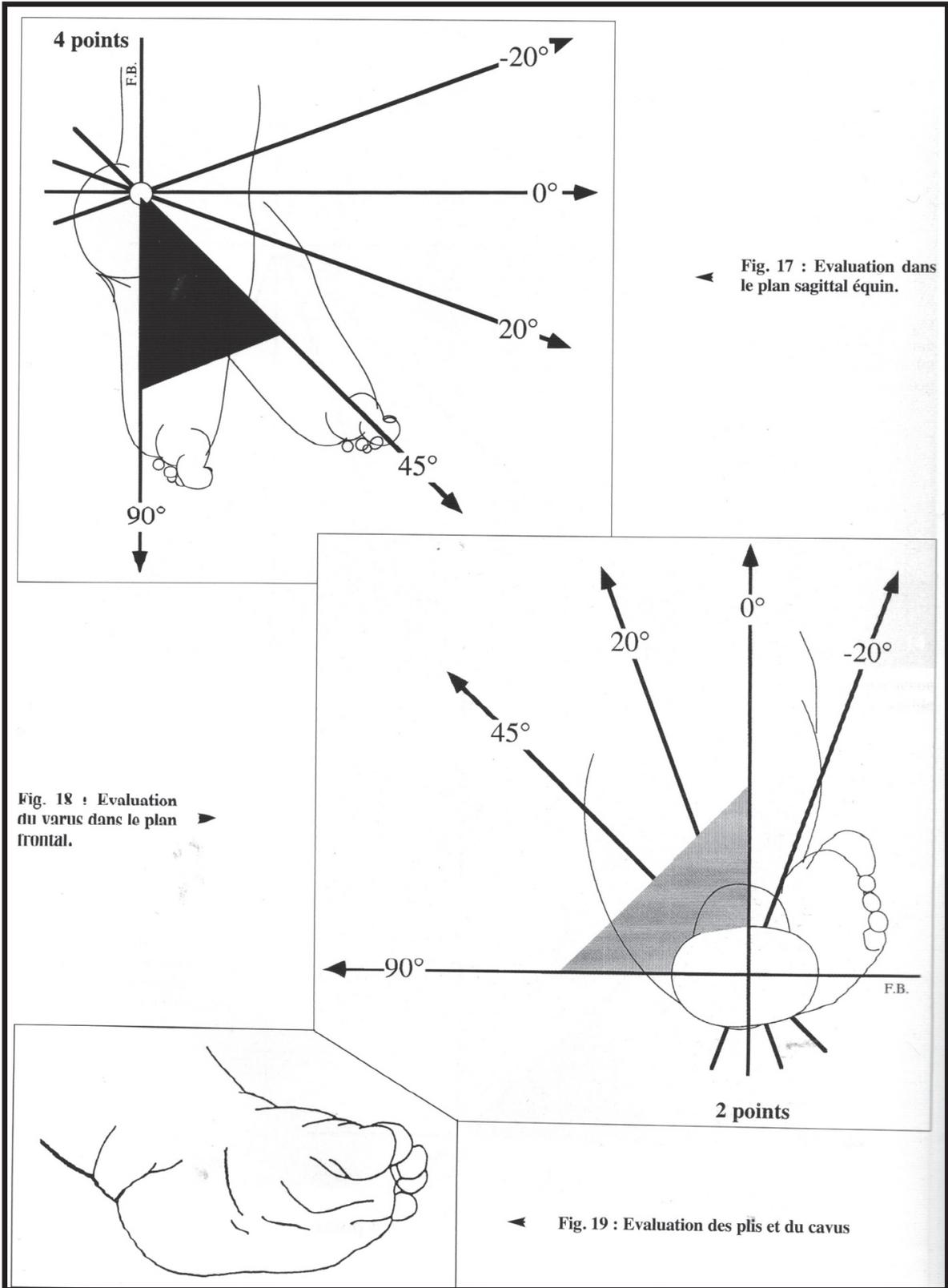


Fig 39b

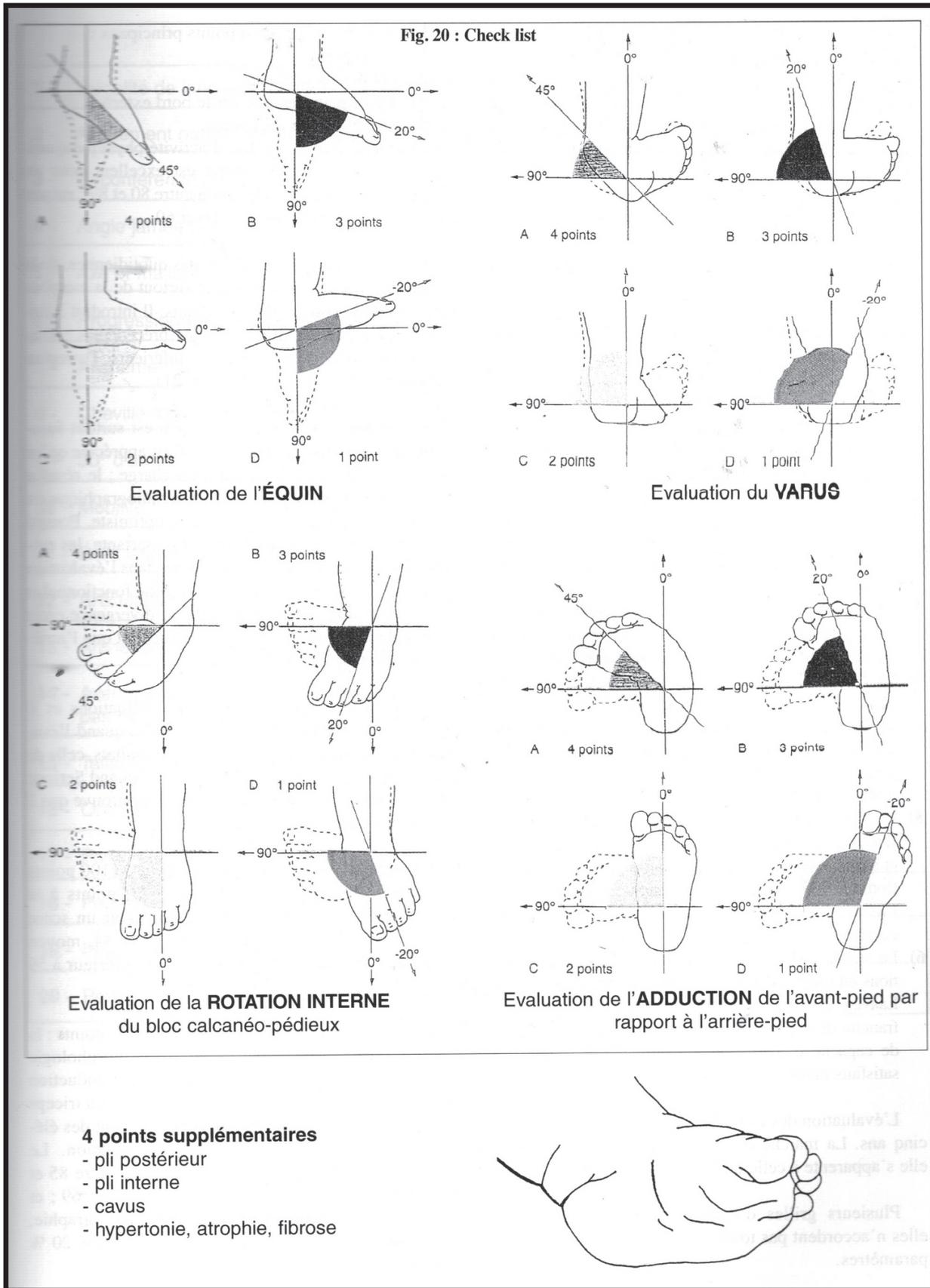


Fig 39c

Au terme de cette évaluation, 4 catégories de pieds peuvent être différenciées:

1. **grade 1**: pieds bénins, 20% de tous les pieds. Ces pieds ont une réductibilité supérieure à 90%, le score est entre **0 et 5**. Tous ces pieds guérissent par le traitement conservateur. Les conditions de normalité sont restaurées très rapidement. Ces pieds doivent être exclus de la statistique des PBVE (++) car il ne s'agit pas au sens strict de PBVE, puisque la guérison complète est possible...
2. **grade 2**: pieds modérés, 30% des pieds bots avec un score entre **5 et 10**. Ils représentent 30% des pieds, sont des pieds réductibles partiellement résistants; le traitement orthopédique a de bonnes chances de les guérir sans traitement chirurgical.
3. **grade 3**: pieds sévères, ils représentent 40% des pieds avec un score entre **10 et 15**. Ces pieds sont résistants mais partiellement réductibles.
4. **grade 4**: pieds très sévères, 10% des pieds bots environ avec un score entre **15 et 20**; ces pieds sont totalement ou presque irréductibles, ils s'apparentent à des pieds rigides pseudo-arthrogryposiques.

Pour classer, il faut s'imposer une stricte discipline.

La classification permet une évaluation simple. Elle différencie les déformations qui prédominent dans le plan sagittal et dans le plan horizontal; certains pieds sont rigides dans le plan sagittal, et relativement réductibles dans le plan horizontal. La situation opposée est exceptionnelle; la rétraction en général progresse d'arrière en avant.

Cette classification a modifié les perspectives en donnant plus de visibilité aux traitements. Sous l'effet du traitement, un pied peut changer de catégorie. L'impact du traitement peut être chiffré objectivement.

b) évaluation du traitement

L'évaluation des PBVE est possible dès l'âge de 5ans. La marche de l'enfant est mieux structurée, elle s'apparente à celle de l'adulte vers l'âge de 7 ans.

Plusieurs grilles d'évaluation ont été publiées: elles n'accordent pas toute la même valeur aux mêmes paramètres.

Kraspe insiste sur 5 points principaux:

1. la douleur
2. la raideur articulaire
3. l'appui pathologique sur le bord externe
4. le problème de chaussage
5. la réduction du niveau d'activité physique quotidienne ou sportive; le résultat est excellent pour un score égal ou supérieur à 90; bon entre 80 et 89; moyen entre 70 et 79; mauvais entre 60 et 69.

Carroll tient compte des activités quotidiennes, de la marche, de la mobilité passive et surtout de la morphologie pour un score total de 20 points. Il introduit 3 originalités par rapport aux méthodes précédentes: l'inégalité de longueur des membres inférieurs, l'atrophie du mollet, la torsion fémorale (fig 40).

	oui	non
1 - Inégalité de longueur (supérieur à 1/2 cm)		
2 - Alignement normal du fémur (antéversion - rétroversion)		
3 - Circonférence du poignet		
4 - Angle jambe-pied		
5 - Axe bi-malléolaire		
6 - Progression du pas en position neutre ou en rotation interne		
7 - Alignement du talon sur l'axe du tibia varus valgus		
8 - Cheville mobile supérieure à 0		
9 - 30° d'amplitude de la cheville		
10 - Mobilité de la sous-astragalienne		
11 - Bord latéral du pied droit		
12 - Articulation entre le scaphoïde et l'astragale réduit		
13 - Arche longitudinal (pas de cavus, pas de luxation en pied plat)		
14 - Avant-pied plantigrade (pas de pronation, pas de supination, pas de cal sur la plante)		
15 - Taille du pied inférieure à 1 cm ou supérieur à 1 cm		
16 - Orteil normal (pas de griffe)		
17 - Porte des chaussures normales (de même taille, sans modification)		
18 - Peut marcher sur les orteils		
19 - Peut marcher sur les talons		
20 - Peut participer à toutes les activités sans aucune restriction		

Fig. 21 : Evaluation selon Carrol

fig 40

L'évaluation de Laaveg et Ponseti est surtout fonctionnelle; la morphologie du pied n'est appréciée qu'en fonction de la position du talon en charge; le résultat subjectif est surévalué et l'évaluation radiographique est inexistante: cette évaluation est très optimiste. Ponseti pense que seule la morphologie est importante, les rapports osseux tiennent une place réduite dans l'évaluation d'un pied et que ce qui compte c'est l'état fonctionnel et l'état musculaire. Peu importe pour lui que la divergence entre le talus et le calcanéum soit imparfaite et que l'arrière-pied comporte des déviations.

Ainsi Ghanem (26) a comparé deux évaluations et il montre dans son travail que sur 35 pieds, quand l'évaluation de Seringe compte 8 excellents, celle de Laaveg en compte 17 (2 fois plus!); quand Seringe compte 9 mauvais résultats, Laaveg n'en retrouve que 2 (soit 4 fois moins!).

Lehman utilise une échelle de valeur de 100 points accordant 70 points à la fonction et 30 points à la morphologie. Le résultat est excellent pour un score compris entre 85 et 100, bon entre 70 et 84, moyen entre 60 et 69 et mauvais pour un score inférieur à 59 (fig 41).

Seringe et Atia (27) utilisent une grille de 100 points (fig 42): la fonction est représentée par 64 points, la morphologie par 36 points: la mesure de torsion tibiale, l'adduction globale du pied, et, l'appréciation de la force du triceps sural par le saut monopodal sur la pointe, sont des éléments particuliers de cette grille d'évaluation. Le résultat est très bon pour un score compris entre 85 et 100, bon entre 70 et 84, moyen entre 55 et 69, mauvais pour un score inférieur à 55. La radio, pièce essentielle d'évaluation ne représente que 20% de la note.

Mac Kay utilise un score de 180 points: 2/3 pour la fonction, 1/3 pour la morphologie. Il insiste sur l'axe bi-malléolaire, la fonction du fléchisseur du gros orteil et la douleur. Cette classification ne me paraît pas très pratique.

Bensahel a publié une évaluation en 50 points: son score se rapproche de 0 pour les excellents résultats. Les paramètres choisis sont similaires à ceux de Lehman et à ceux de Seringe. 30% de la note sont accordés à la morphologie et à l'amplitude, 30% à la radio et 40% à la fonction. Cette évaluation est beaucoup plus exigeante que celle de Laaveg.

Catégorie	Points
1. Dorsiflexion de la cheville (amplitude passive)	
Plus de 90°	15
90°	5
Moins de 90°	
2. Articulation sous-astragalienne (amplitude passive)	
15° ou plus	10
Moins de 15°	5
Raide	0
3. Position du talon quand l'enfant se tient debout	
0-5° valgus	10
Plus de 5° valgus	0
Varus	0
4. Avant-pied (morphologie)	
Neutre	10
Moins de 5° add/abd	5
Plus de 5° add/abd	0
5. Pas	
Normal - sur la pointe des pieds	10
Ne peut marcher sur la pointe des pieds	-4
Ne peut marcher sur les orteils	-4
Pied pas	-5
6. Radiographie	
Divergence 40° ou plus	5
Moins de 40°	0
Angle astragale-1 ^{er} méta 10°	5
Plus de 10°	0
7. Chaussures	
Normal	5
Normal mais avec des douleurs	2
Chaussures orthopédiques ou appareillage	0
8. Fonction	
Pas de limite	15
Limite occasionnelle	8
Limitée habituellement	0
9. Douleur	
Jamais	10
Occasionnelle	5
Habituelle	0
10. Tendon fléchisseur	
Bonne fonction	5
Fonction partielle	3
Pas de fonction	0

Fig 41

ÉVALUATION DES RÉSULTATS DU TRAITEMENT DU PIED BOT VARUS EQUIN

GHANEM et SERINGE

MORPHOLOGIE (40 points)

<u>Avant-pied</u> (10 points)	Adduction (4 points)	> 20°	- 4
		> 5° et < 20°	- 2
		> -10° (hyper-correction)	- 2
		add. orteils	- 1
	Creux (2 points)	cambrure exagérée	- 2
		cambrure inexistante	- 1
		convexité	- 2
	Supination (4 points)	majeure (ou dorsal bunion)	- 4
		modérée	- 2
minime		- 1	
<u>Arrière-pied</u> (10 points)	Varus >5°	- 6	
	Neutre ou varus < 5°	- 4	
	Valgus > 10° (hypercorrection)	- 6	
	Translation latérale du pied	- 10	
<u>Divers</u> (10 points)	Adduction globale (4 points)	10° à 24°	- 2
		25° à 40°	- 3
		> 40°	- 4
	Chaussage (4 points)	Chaussures orthopédiques	- 4
		chaussures basket	- 2
	Cicatrices (2 points)	inesthétiques	- 2
<u>Radiologie</u> (10 points)	Divergence talo-calcaneenne (2 points)	de face <15°	- 1
		de profil <15°	- 1
	Dôme talaire (2 points)	légèrement aplati	- 1
		très aplati	- 2
	Subluxation talo-naviculaire (6 points)	< 1/3	- 2
		> 1/3	- 6
<u>FONCTION (50 points)</u>			
<u>Passive</u> (20 points)	Dorsiflexion pied (8 points)	< -10°	- 8
		< 0° et > -10°	- 4
		> 0° et < 10°	- 2
	Flexion plantaire (8 points)	< 10° (avec FD > 25°)	- 8
		> 10° et < 30°	- 4
		> 30° et < 40°	- 2
	Mobilité sous-talienne (4 points)	enraidie	- 4
		1/2 mobilité	- 2

Active (30 points)	Activités quotidiennes et sportives (8 points)		
		Sérieusement limitées	- 8
		Moyennement limitées	- 4
		Légèrement limitées	- 2
	Douleurs (8 points)	permanente et sévère	- 8
		modérée, aux activités quotidiennes	- 4
		après activité physique sérieuse	- 2
	Triceps sural	Marche sur la pointe impossible	- 12
		Marche sur la pointe possible mais saut monopode impossible	- 8
		Saut monopode sur la pointe possible mais difficile	- 4
Long fléchisseur du I (2 points)	non fonctionnel	- 2	
	hyperactif	- 2	
<u>SATISFACTION PERSONNELLE DU PATIENT (10 points)</u>			
	Très insatisfait	- 10	
	Moyennement satisfait	- 5	
<u>SCORE TOTAL (100 points)</u>			
Procéder par pénalisations en retranchant des points pour chaque défaut en fonction de sa sévérité			
	Compris entre 85 et 100 points	EXCELLENT	
	Compris entre 70 et 84 points	BON	
	Compris entre 60 et 69 points	MOYEN	
	Score inférieur à 60 points	MAUVAIS	

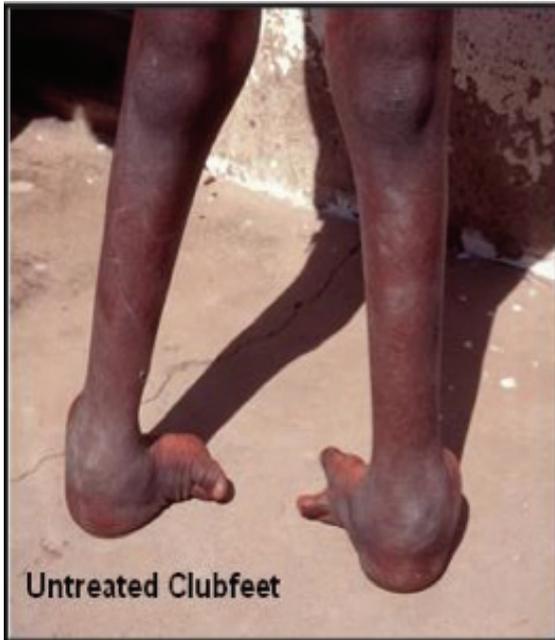
fig 42

La comparaison de toutes ces échelles d'évaluation appelle quelques commentaires:

- ⤴ la mobilité de l'arrière-pied et sa morphologie sont des paramètres fondamentaux. L'amplitude de la cheville doit différencier l'amplitude en flexion dorsale de l'amplitude en flexion plantaire. Ce qui est gagné sur la flexion dorsale est souvent perdu sur la flexion plantaire, un pied qui a une trop bonne flexion dorsale masque souvent une insuffisance du triceps. Il est rare dans un pied bot opéré que l'amplitude complète de flexion dorsale et l'amplitude complète de flexion plantaire soient restaurées. L'amplitude de la cheville dans un PBVE n'est jamais totalement libre, totalement intacte, parfaite.
- ⤴ le varus de l'arrière-pied objective une réduction imparfaite mais il ne faut pas oublier le valgus, témoins d'une hyperextension souvent plus invalidante qu'une hypocorrection.
- ⤴ l'adduction masque une rotation interne du bloc calcanéo-pédieux. Il faut analyser le bord externe du pied, l'enfant étant en décubitus ventral pour mieux chiffrer la rotation interne.
- ⤴ les radios constituent les éléments les plus objectifs de l'évaluation.
- ⤴ le bilan fonctionnel doit prendre en compte la force du triceps: marche sur la pointe des pieds, saut unipodal en sachant qu'il n'est possible qu'à l'âge de 5 ans. La force des autres muscles ne doit pas être négligée. Le triceps doit représenter au moins 10% du score.
- ⤴ la douleur est exceptionnelle chez l'enfant; il ne faudrait pas lui attribuer un bonus. L'absence de douleur, même dans les pieds déformés, est tellement classique, qu'il ne faut pas accorder systématiquement un bonus de 5 points. Il faudrait plutôt retrancher par pénalité, enlever par exemple 2, 3 ou 4 points seulement si la douleur est présente.
- ⤴ l'évaluation doit pouvoir accorder des points de pénalité pour un triceps très faible ou pour un autre facteur constaté au cours de l'examen.
- ⤴ le déroulement du pas doit être pris en compte.

6) Traitement

Quand on connaît l'évolution d'un pied bot non traité :



on comprend qu'il est impératif de prendre en charge rapidement cette pathologie : on sait aujourd'hui que plus la prise en charge du pied bot est précoce et plus les chances de réussite du traitement sont élevées.

Le nouveau-né doit être pris en charge en urgence différée, c'est-à-dire dans la première semaine de vie, afin de profiter d'une part de l'état hypotonique du nouveau-né mais également de lui permettre d'établir des schémas moteurs les plus proches de la normale.

L'objectif thérapeutique est le suivant: correction de la déformation du pied, stabilité de cette correction dans le temps, obtention d'une fonction satisfaisante gage d'un bon équilibre musculaire et bonne mobilité articulaire en particulier en dorsiflexion. Cependant, malgré la qualité des soins apportés, puisqu'il s'agit d'une malformation congénitale, des défauts persisteront: amyotrophie du mollet, petite asymétrie de longueur, diminution des amplitudes articulaires, déformation du pied...

Dans les pays en voie de développement, le traitement représente aussi un enjeu social : il existe en effet une perception très négative du handicap avec une discrimination et une stigmatisation des personnes « handicapées », réduisant ainsi leur indépendance. Les enfants handicapés, et encore plus une fois l'âge adulte atteint, trouvent difficilement une place dans la société ; ils ont tendance à être exclus et les femmes ont du mal à se marier.

Il est utile de relire Ponseti (28) afin de bien comprendre l'enjeu de la correction. Doivent donc être corrigés l'équin, le varus, l'adduction (de l'avant-pied) et le creux. Cette correction doit se faire en étirant les parties molles rétractées sans déformer les os dont la structure cartilagineuse est malléable à ce jeune âge.

Quelque soit la méthode utilisée le traitement du PBVE passe 3 étapes essentielles:

1. la 1ère phase concerne la **réduction de la déformation** proprement dite. Le risque iatrogène par manipulation d'un pied à 75% cartilagineux est important; en matière de pied bot “les tissus mous sont durs et les os sont mous” (29). De bonnes connaissances physiopathologiques et beaucoup de douceur sont donc indispensables.
2. Une phase intermédiaire dite de “**consolidation**” de la correction va suivre.
3. La dernière étape concerne le **maintien du résultat** obtenu et la **gestion du risque de récurrence**.

a) Phase de réduction de la déformation

- à la naissance, la déformation est déjà structuralisée. La réduction ne pourra être que progressive visant à parcourir le chemin inverse de celui constitué in utero depuis la période embryonnaire.
- Cette phase dure 6 à 8 semaines selon les méthodes.
- Elle doit débiter précocement (30) la première semaine de vie.
- Chirurgiens pédiatres et kinésithérapeutes spécialisés collaborent en milieu hospitalier.

Le traitement initial est d'abord "orthopédique" (31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38) au sens conservateur du terme. Si la chirurgie précoce était d'actualité il y a 10 ou 15 ans, très peu d'auteurs la défendent encore d'emblée avant tout traitement orthopédique (39). Cette indication nous semble tout à fait excessive; Pous (40) l'a abandonné depuis 1980, les pieds mêmes très déformés ayant une évolution imprévisible et pouvant réagir avec succès au traitement conservateur.

Les techniques de réduction utilisées varient selon les écoles. Elles peuvent aussi varier dans le temps au sein d'une même école (40).

Elles associent toutes à des degrés divers: **MOBILISATION** et **CONTENTION**.

On distingue 3 options:

- ⤴ Le **traitement orthopédique** privilégie la contention, par plâtres successifs. De plus en plus utilisé en France, il est actuellement très répandu en Amérique du Nord mais également en Europe. Ponseti en est actuellement le chef de file.
- ⤴ Le **traitement fonctionnel** (41) est fondé sur des manipulations passives et actives fréquentes répétées dans la journée. Les auteurs français sont les principaux promoteurs de cette méthode.
- ⤴ D'autres techniques peuvent être qualifiées de "**mixtes**" associant manipulation et immobilisation plâtrée.

1. Traitement orthopédique : plâtres successifs selon Ponseti

-Principe : s'opposer aux forces déformantes des muscles hyperactifs de manière progressive et mettre au repos en situation d'entretien les chefs musculaires rétractés, afin de diminuer les tensions exercées sur leurs jonctions myo-tendineuses. Ceci a pour but de favoriser la croissance musculaire. L'étirement progressif et méthodique concerne également les structures fibreuses capsulo-ligamentaires. L'immobilisation a pour but de limiter la synthèse accrue du collagène observée dans ces zones (42).

Ponseti corrige de façon séquentielle les différentes déformations par des immobilisations plâtrées fémoro-pédieuses, genou en flexion, débutées dès la naissance, répétées toutes les semaines.

Le creux est d'abord corrigé par la mise en supination de l'avant-pied, puis le varus de l'arrière-pied est corrigé par une abduction de l'avant-pied visant à déplacer l'os naviculaire et le cuboïde en dehors ainsi que l'apophyse antérieure du calcanéum qui se dégage dessous l'os talus. Faisant référence à la sémiologie articulaire, il s'agit d'une rotation externe du calcanéum. L'équin est corrigé en dernier, par dorsiflexion progressive en même temps que l'os talus se déplace en valgus. Une ténotomie sous-cutanée d'Achille selon Delpech est volontiers envisagée (43), l'enfant étant âgé de 2 mois environ. Les derniers plâtres, faits après la ténotomie, sont mis en place pour 1 mois et doivent maintenir le pied en rotation externe de 60° et en dorsiflexion de 15°. A l'âge de 3 mois, les plâtres sont arrêtés, et des attelles de Denis Browne mises en place à temps plein pendant 3 mois puis en nocturne pendant 2 à 4 ans.

-Technique: le plâtre doit impérativement être confectionné sur un enfant détendu. L'installation se fait dans une pièce calme, le biberon est donné par un des parents au cours du geste. La confection du plâtre succède à une brève manipulation et est réalisée dans la position d'étirement ligamentaire maximal alors obtenue.

Seul le plâtre de Paris, facile à modeler, doit être utilisé. Une seule couche de coton ou de Velband appliquée sur la peau de l'enfant sans jersey permet un bon ajustement du plâtre et une excellente tolérance cutanée. Tandis que l'opérateur maintient le pied dans la position souhaitée, la bande de plâtre est déroulée par l'aide de distal à proximal, dans le sens horaire pour un pied gauche, anti-horaire pour un pied droit, en se limitant dans un premier temps au segment jambier. L'opérateur peut alors mouler et positionner le pied en rotation sous le talus, tandis que l'aide exerce un contre-appui sur la face dorsale de la cuisse; la voûte plantaire est protégée par le pouce de la main de "maintien". La zone pré-malléolaire interne est modelée par le pouce de la main "modelante", aucun contact avec le talon n'est réalisé (fig 43).



fig 43: le pouce de l'opérateur, au niveau de la voûte plantaire, protège du pied convexe iatrogène.

La botte plâtrée étant terminée, la contention est prolongée sur le genou et la cuisse. En effet, seule une prise fémoro-pédieuse permet de prévenir la perte de correction par rotation de la cheville et du talus. Le plâtre fémoro-pédieux genou fléchi à 90° a pour avantage de détendre les gastrocnémiens (action anti-équin), et d'éviter que le nouveau-né ne perde son plâtre. La réalisation d'une contention par simple botte plâtrée serait pour Ponseti une erreur fondamentale.

La découpe distale vient achever la procédure. La face dorsale des orteils est dégagée, sans en dépasser la commissure (risque d'œdème). Il faut bien conserver le plâtre sous les orteils au-delà des pulpes pour permettre un étirement des fléchisseurs.

La correction est obtenue progressivement selon les principes généraux vus précédemment (fig 43), les plâtres étant renouvelés tous les 5 à 7 jours (délai maximum en période néonatale du fait de la croissance).



Fig 43

L'équin n'est travaillé qu'à partir du 5 ou 6ème temps de plâtre. Une ténotomie percutanée du tendon d'Achille sous anesthésie locale (fig 44) étant réalisée à ce moment là dans 95% des cas, permettant de récupérer les derniers degrés de flexion dorsale manquants. Le pied est alors mené en dorsiflexion et en rotation externe d'environ 70° dans un plâtre confectionné pour 3 semaines (ou 2 plâtres de 10 jours).

A aucun moment la déformation ne doit être hyper-correctée; ceci est important car il y a peu de possibilités d'échappement sous plâtre contrairement aux méthodes de strapping et l'hypercorrection peut être source de douleurs, de compressions voire d'escarres.

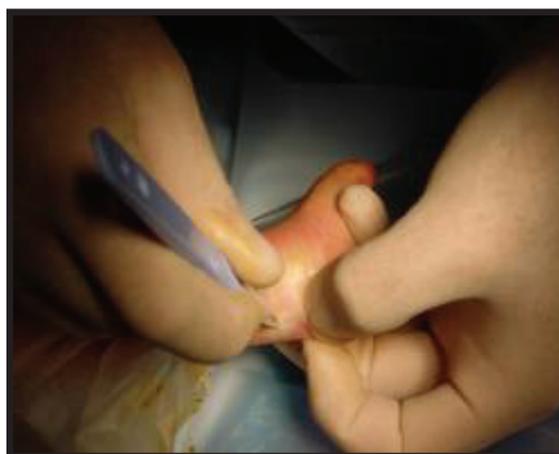


Fig 44

Après la confection du plâtre, l'enfant est gardé 2 heures en secteur hospitalier pour surveillance de sa tolérance. On conseillera de maintenir le membre surélevé les 24 premières heures.

-Avantages: il s'agit d'une très bonne technique de réduction (fig 45 a, b, c), probablement plus liée aux principes de réduction qu'à la technique des plâtres. En effet, malgré 10 à 12 plâtres hebdomadaires, mais sans ténotomie, Nather (39) n'obtient que 58% de correction. De même, Harrold (44) obtient 90% de correction orthopédique pour les déformations de grade 1, 50% dans les formes modérées et seulement 10% pour les pieds sévères.

En revanche pour Ponseti (28), en suivant scrupuleusement sa technique, la correction est toujours possible au terme des 2 mois, quelque soit la sévérité de la déformation.

Les pieds corrigés par ces techniques de plâtres successifs sont souvent et paradoxalement extrêmement souples sans que l'on puisse savoir si ceci est lié à une diminution du taux de collagène des nœuds fibreux, à un meilleur contrôle de l'hypertonie musculaire ou à une autre cause.

Cette procédure est ambulatoire, et n'occasionne aucune séparation maternelle. Elle est très intéressante en cas d'éloignement géographique ou de contexte socio-culturel défavorable; de plus elle est particulièrement économique pour la société.



Fig 45a

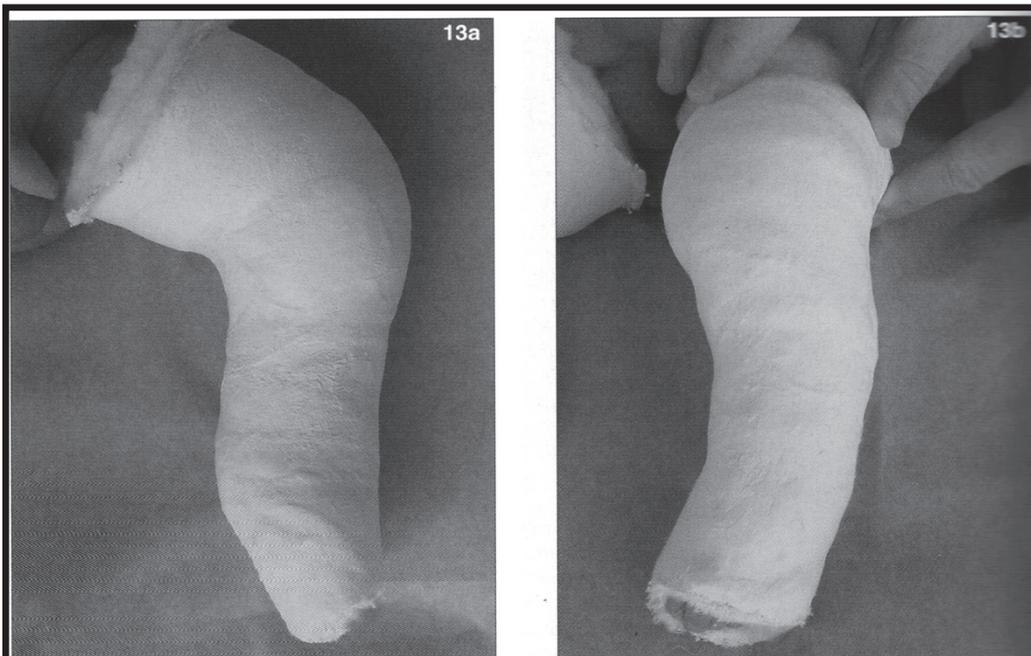


Fig. 13 : Premier plâtre - Correction très partielle de l'adduction, maintenant supination et fort équin.

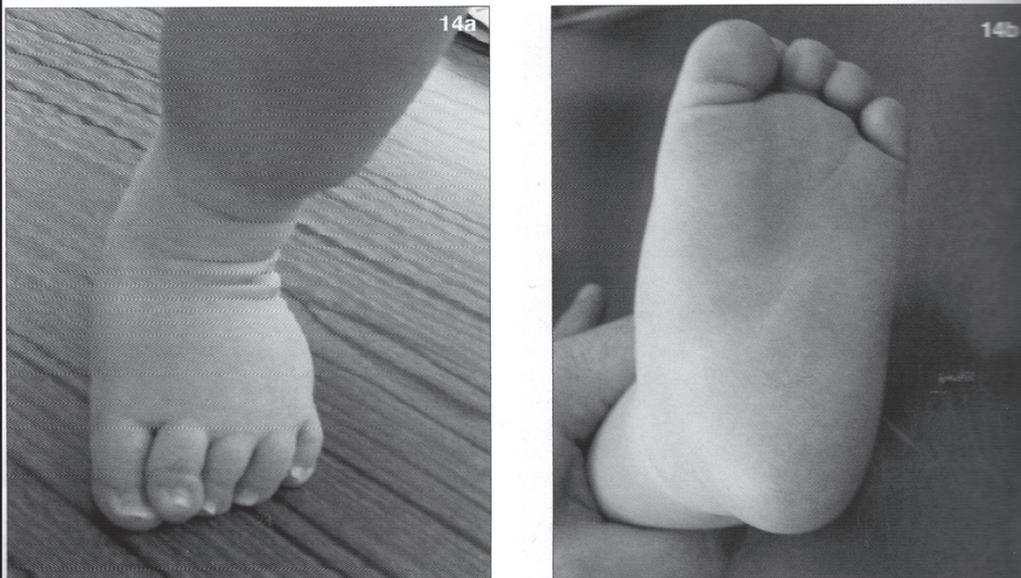


Fig. 14 : Quentin
Aspect morphologique à 9 mois. Bon appui au sol, bord externe du pied rectiligne.

fig 45b

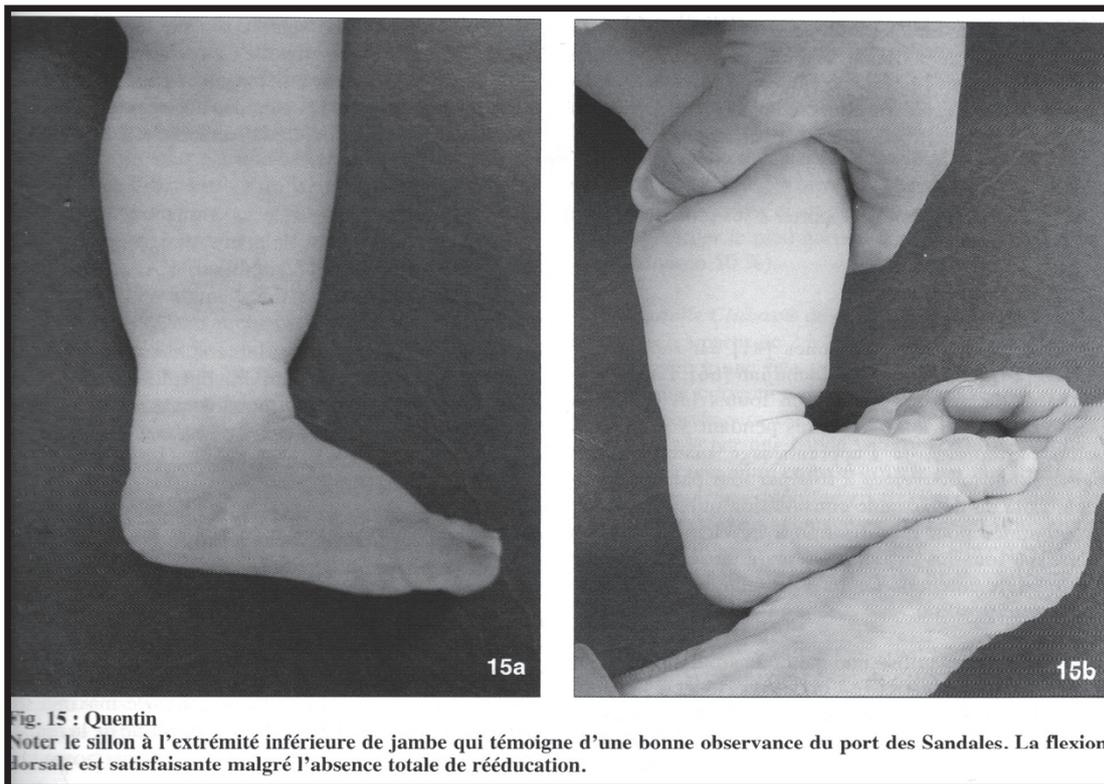


fig 45c

- Inconvénients:

Cette technique de réalisation rigoureuse et méticuleuse nécessite de la part de l'opérateur, un apprentissage basé sur de solides connaissances en physiopathologie pour limiter le risque iatrogène. L'emploi du temps du chirurgien devra être organisé en conséquence. De plus, l'ablation des plâtres à la scie oscillante peut être source de brûlures ou de coupures si elle n'est pas confiée à une personne prudente et avertie de ces risques.

Les opposants à la technique lui reprochent le risque potentiel d'aggraver l'amyotrophie. Cependant Aronson (45) ne retrouve pas de corrélation entre la durée d'immobilisation plâtrée et la circonférence du mollet ou la mobilité des orteils.

- Variantes: durée des plâtres : tous les 2-3 jours pour Karski (37), ou 3-4 jours pour Hutchins (46). Cependant l'accélération de la phase de réduction semble peu compatible avec un remodelage satisfaisant de la déformation cartilagineuse architecturale.

Ténotomie: Nather (39), Hutchins (46) et Pous (47) n'associent pas de ténotomie percutanée du tendon d'Achille au cours des plâtres successifs et recommandent une chirurgie précoce en cas de correction incomplète.

Autre contention : Wedge (42) utilise une méthode de strapping du pied sur une attelle en aluminium malléable et préformée qui sera quotidiennement et progressivement twistée. Ceci permettrait d'après l'auteur une réduction plus rapide (possible en 15 jours), plus douce et moins agressive que les plâtres.

Yamamoto (48) immobilise le pied sur une attelle de Denis Browne (fig 46 a, b,c) par l'intermédiaire d'un chausson moulé en plastique thermoformable sur un positif (plâtre en position de correction de la déformation) et renouvelé régulièrement. Pour l'auteur le réglage angulaire sur la barre d'aluminium est de l'ordre de 25-35°. Notons qu'il fait partie avec Bensahel des rares auteurs à utiliser l'attelle de Denis Brown à cette phase.



fig 46 a



fig 46 b



fig 46c

2) Traitement fonctionnel

Développé en France sous l'impulsion de Masse et Daniel (29), il a été repris et adapté par Bensahel et Guillaume (49) mais aussi par Seringe et Chedeville (50).

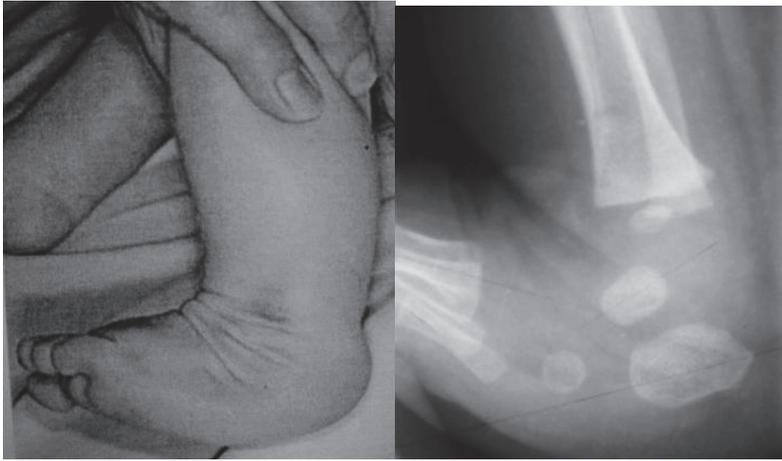
Dans ces méthodes, des actions séquentielles très précises (51) sont effectuées en unité d'hospitalisation orthopédique par un kinésithérapeute spécialisé. L'assouplissement de certains interlignes est le préambule d'une mobilisation plus globale. Les séances sont à la fois passives et actives.

Les **objectifs** de cette méthode :

- assouplir les tissus de l'ensemble du pied et réduire les rétractions musculaires ;
- ré axer les articulations selon une chronologie précise
- éveiller les muscles éverseurs faibles pour rétablir un équilibre musculaire satisfaisant
- maintenir les corrections acquises en dehors des séances de rééducation
- tout en surveillant l'état cutané.

Les **principes** :

- effectuer les mobilisations passives en dé-coaptation pour ne pas détériorer les cartilages qui forment l'essentiel des pièces osseuses de l'enfant,
- la rééducation doit être prudente, c'est-à-dire progressive, précise et infra-douloureuse,
- les prises et contre-prises sont proximales pour cibler l'articulation mobilisée et éviter toute hypercorrection ou fausse correction de l'équin, entraînant un pied convexe (« rockerbottom foot ») qui est beaucoup plus sévère qu'un PBVE (fig 47)
- adapter les exercices en fonction du stade de l'évolution psychomotrice de l'enfant.



Pied convexe : complication due à l'hypercorrection de l'équin dans la médiotarsienne.
 Sur la radio, le calcaneum est en équin et l'axe de l'astragale ne passe plus par celui du premier métatarsien.

fig 47

Masse (29) attire l'attention sur l'importance de la résistance des éléments rétractés. A aucun moment une zone de rétraction ne doit servir d'axe de rotation au mouvement de réduction: le principe de base est d'agir en traction et non en pulsion.

Entre les séances de manipulation, le pied est fixé méticuleusement sur une plaquette par un système de bandes adhésives (52). La contention ne sert alors qu'à maintenir la correction obtenue par les manipulations quotidiennes. Les parents sont éduqués pour la pose des plaquettes.

Masse (29) et Bensahel (49) utilisent des variantes de l'attelle de Denis-Browne.

Seringe (50) place la plaquette sur une attelle cruro-pédieuse en matériau thermo-formable, enlevée par intermittence dans la journée pour favoriser la gesticulation de l'enfant mais en maintenant toujours la plaquette. Elle présente l'inconvénient d'un moins bon contrôle de l'adduction et de la nécessité d'une surveillance régulière pour éviter les points d'appui et escarres.

-Avantages: cette technique serait plus apte pour les auteurs à l'obtention d'une bonne fonction cinétique et d'un schéma moteur équilibré tout en respectant la maturation psychomotrice de l'enfant.

Elle permet un bon développement de l'activité musculaire en luttant contre l'amyotrophie locale. La mobilisation en traction est difficile à mettre en œuvre autrement que manuellement.

- Inconvénients: cette méthode représente une contrainte importante pour les familles: il s'agit d'un traitement “ à plein temps” qui nécessite beaucoup d'assiduité et de discipline (séances de kinésithérapie quotidiennes pendant plusieurs semaines). Certaines équipes préconisent même une hospitalisation prolongée en période néonatale, qui, en dehors du problème de coût, peut perturber gravement la relation mère-enfant.

Il s'agit d'un traitement délicat basé sur la compétence de kinésithérapeutes spécialisés spécifiquement formés. Cette prise en charge n'est malheureusement pas toujours possible; 28% seulement des PBVE de la série de Seringe (50) ayant pu en bénéficier.

Les manipulations obligent la réfection quotidienne de la contention.

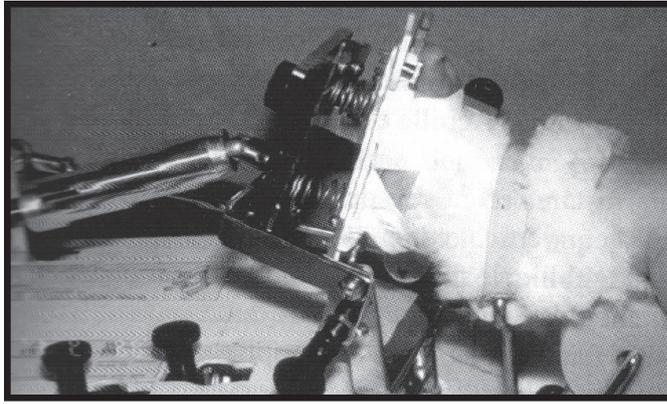
La mobilisation passive serait pour certains susceptible de stimuler la synthèse de collagène.

Les stimulations actives précoces sont dans notre expérience peu fiables, l'enfant contractant souvent préférentiellement les muscles hypertoniques quelle que soit la localisation du stimulus cutané.

Gaubert (53) a recours à l'électro-stimulation sélective de certains groupes musculaires.

-Variantes: la mobilisation passive continue: son concepteur, Métaizeau (30) préconise cette méthode après 5-6 mois, Diméglio (54) et Richards (55) l'utilisant dès la période néonatale.

Elle consiste en une mobilisation passive de l'arrière-pied, durant le sommeil de l'enfant, par un système motorisé pouvant être orienté dans les trois plans de l'espace. Cette mobilisation ne concerne pas l'avant-pied. Les familles doivent être éduquées car l'installation du pied nécessite une grande rigueur. La fixation difficile du pied sur la plaquette, la tolérance et l'acceptation de la part de l'enfant et de sa famille, la surveillance très rigoureuse nécessaire et les difficultés de prise en charge financière par les organismes sociaux (fig 48) en font une technique peu répandue.



*Fig 48 : mobilisation passive continue
par arthromoteur*

3) techniques mixtes

La technique de R. Jones (56) est reprise par Fixsen (57) puis Simons et Tachdjian (58). La mobilisation se fait en hospitalisation toutes les 4 heures (jour et nuit) par les infirmières pendant 3 à 15 jours selon la rapidité de l'apprentissage maternel. Les bandes sont renouvelées 2 fois par jour par le chirurgien. Lors du départ une consultation quotidienne est programmée pour mobilisation avec changement des bandages tous les jours. Le maintien en hypercorrection dure autant de temps qu'il en a fallu pour arriver à cette position.

Berard et Chotel (35) ont utilisés une méthode similaire pendant de nombreuses années. Lors des périodes d'hospitalisation de 4-5 jours, étaient réalisées des manipulations bi-quotidiennes de courte durée (10 à 15 minutes) par des kinésithérapeutes spécialisés, un bandage de Finck étant réalisées en fin de séance. Ces mobilisations alternaient avec des phases d'immobilisation plâtrée sur bandage de 10 jours; 4 temps successifs de réduction étaient réalisés avec ténotomie percutanée du tendon d'Achille au 3ème temps dans 60% des cas. 40% des enfants de leur série ont nécessité à l'âge de la marche une chirurgie secondaire.

4) traitements adjuvants ou associés aux méthodes précédentes

La ténotomie percutanée du tendon d'Achille (fig 49a, b):

Elle fait partie intégrante de la technique de Ponseti. Elle est discutée, proscrite pour certains, presque systématique pour d'autres. Elle diminue les risques iatrogènes de lésion du dôme astragalien; elle doit être **précoce** avant que la rétraction capsulaire postérieure ne se fixe. Cette technique est très ancienne (59). Elle peut être complète ou étagée et partielle comme l'ont décrite White (60) puis Banks (61), les fibres internes varisantes sont alors sectionnées sur leur insertion calcanéenne, les fibres postérieures 1 cm au-dessus.



Fig 49a



fig 49b

Cette technique ne semble pas entraîner d'insuffisance tricipitale à terme si elle est réalisée précocement et de façon percutanée. Forster (62) en souligne l'innocuité. Pour Aronson (45) seuls des allongements répétés sont susceptibles de réduire la force en flexion plantaire et le diamètre du mollet.

Dans la technique de Ponseti, elle est réalisée quasiment systématiquement, lorsque la dérotation du BCP est achevée (fin du 5ème temps de plâtre) sous anesthésie locale.

Dans la méthode fonctionnelle, elle commence également à être pratiquée relativement précocement dans la prise en charge, vers l'âge de 3 à 6 mois, lorsqu'un défaut de flexion dorsale est constaté et qu'elle empêche le pied de progresser.

Delgado (63) propose comme adjuvant thérapeutique des injections de toxine botulinique (BTX-A) qu'il associe à la méthode fonctionnelle avec mobilisation passive continue. Il s'agit pour l'instant d'une voie de recherche.

Au terme de cette période:

Cette phase initiale du traitement qui dure environ 2 mois et aboutit le plus souvent à une morphologie globale satisfaisante du pied qui masque souvent certains défauts résiduels (64). La fin de cette période doit être marquée par un bilan clinique et radiographique (face dorso-plantaire et profil en flexion dorsale maximale sur planchette) permettant une analyse plus fine de la réduction obtenue.

b) Phase de consolidation

Durant cette période et en l'absence de poursuite du traitement, le pied même parfaitement corrigé est particulièrement exposé à la récurrence précoce, surtout en cas de correction rapide. Il faudra à ce stade, savoir modérer l'euphorie parentale souvent observée en fin de phase de réduction, susceptible d'aboutir à l'arrêt prématuré du traitement.

En effet, plus les résultats sont satisfaisants, plus les explications concernant la prise en charge ultérieures seront importantes.

Dans cette phase de consolidation du résultat, qui dure en moyenne **3 mois**, les différences entre méthodes orthopédiques et fonctionnelles s'estompent:

- ♣ **La rééducation** est poursuivie par les promoteurs du traitement fonctionnel (38,65) à raison de 2 à 3 séances par semaine. Ils s'opposent à Ponseti (28) qui limite la rééducation à seulement quelques stimulations maternelles (fig 50)

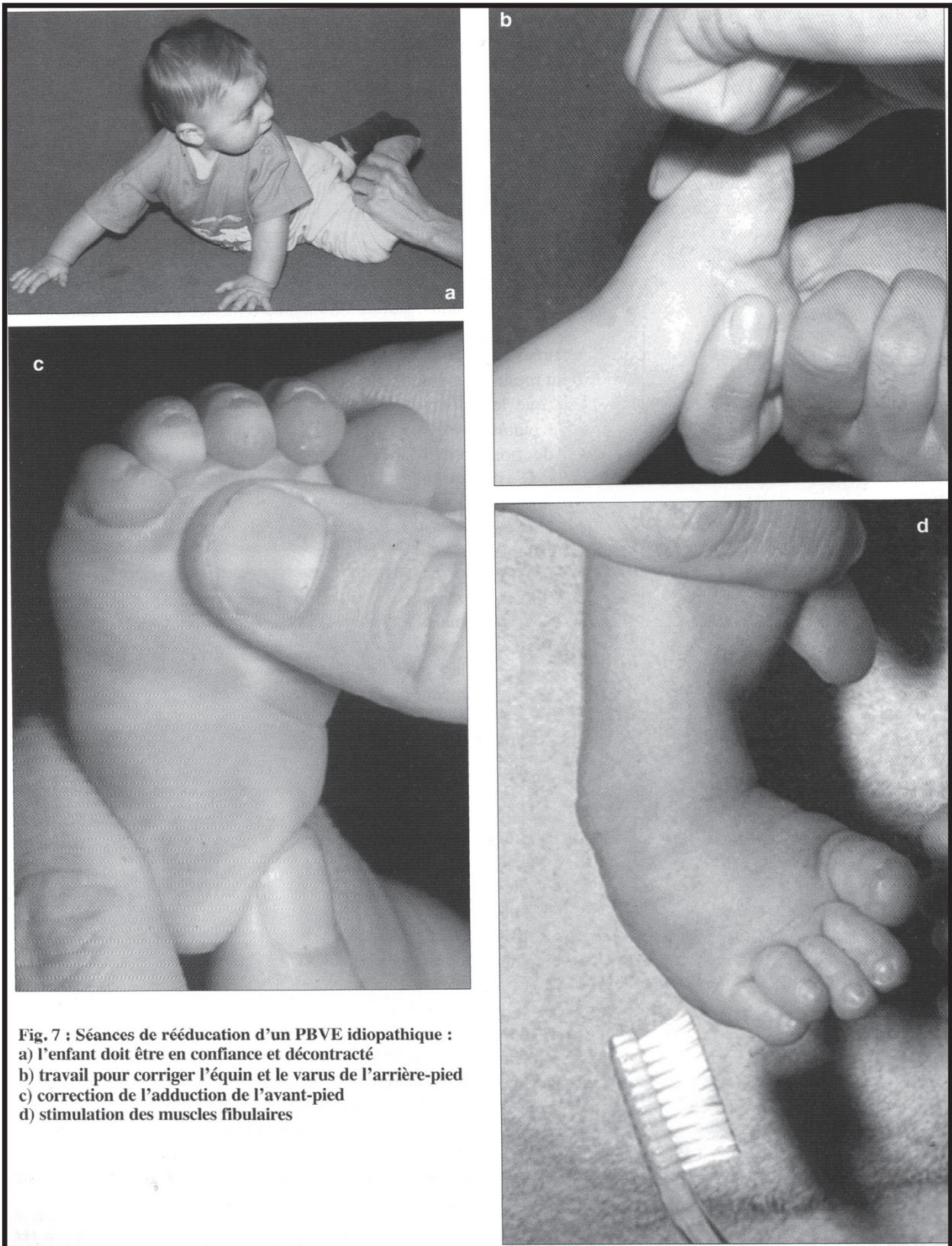


Fig 50

▲ Les postures occupent une place prépondérante:

- **L'attelle de Denis-Browne** (fig 51) est de très loin à cette phase l'appareillage de posture le plus utilisé.

Elle se compose de deux plaquettes ou semelles réglables essentiellement dans le plan horizontal et reliées entre elles par une barre transversale.

Le concepteur (65) l'utilisait à l'origine comme méthode de correction initiale de la déformation en utilisant le principe de "Kicking" rappelé par Yamamoto (66): la flexion d'un membre et extension de l'autre impose au pied (du côté fléchi) dorsiflexion et abduction. Cette attelle est actuellement le plus souvent utilisée à titre de posture, soit en phase de réduction lors de la méthode fonctionnelle de Bensahel (67), soit ultérieurement pour maintenir la correction (usage le plus courant).

Il en existe de multiples adaptations propres à chaque auteur: Ponseti préconise des sandales en cuir (sandales américaines) de modèle neutre. Il faut prendre soin de bien positionner le talon au fond de la sandale par serrage de la sangle dorsale située sur le coup de pied (système anti-équin). La largeur de la barre correspond à la distance bi-acromiale. Le réglage du pied sur l'attelle se fait avec un angle de **70° de rotation externe**, 10° de flexion dorsale mais **sans valgus ni pronation**. Le port à **temps complet** (jour et nuit) des sandales sur la barre est recommandé pour **3 à 4 mois**.

L'attelle de Denis-Browne permet une posture du pied à angle droit sans flexion dorsale, ce qui limite le risque iatrogène de pied convexe. Les systèmes de traction suspension sur attelle (30,68) sont inutiles. Une heure de liberté matin et après-midi est recommandée: ceci permet la bonne gesticulation de l'enfant et l'entretien d'une mobilité globale (aussi bien en extension qu'en flexion). Le principal inconvénient de cette attelle est la nécessité d'appareiller le pied normal dans les formes unilatérales (environ 50%).



fig 51

- **L'attelle Clubax** (fig 52) développée par Seringe (69) est utilisée à partir de 2 à 3 mois. Une semelle plantaire est articulée à une tige postérieure par une rotule permettant une correction dans les 3 plans de l'espace. La tige postérieure est solidaire de la jambe par une embase fixée par une bande velcro. L'embase jambière est reliée à une autre embase crurale par une tige externe permettant une mobilité en flexion et limitant l'extension à -20° . Son avantage est de laisser libre le pied normal controlatéral, le contrôle de l'équin est privilégié par rapport à celui de la rotation du BCP.



fig 52: avec cette attelle l'appui se fait sur la cuisse et le mollet (avec une articulation pour le genou).

- **l'attelle thermoformée sur moulage** : utilisée également par Seringe de façon plus habituelle que la Clubax, elle est d'abord fémoropédieuse (jusqu'à ce que l'enfant acquière la marche) puis jambière. Elle est portée nuit et jour au début, puis que la nuit, avec un chaussage normal la journée à partir du moment où l'enfant se met à marcher.

- **Autres techniques:**

Pour Harrold (44) et Nather (70): cette phase de consolidation est obtenue en prolongeant les temps de plâtres initiaux. Harrold change ses plâtres tous les 15 jours pendant 2 à 4 mois.

Pour Wedge (42): après une phase de réduction très rapide (15 jours), le traitement est poursuivi par une attelle aluminium malléable ou des plâtres jusqu'à l'âge de 4 mois, le relais étant alors pris par attelle de Denis-Browne.

Simons et Tadjian (58) comme Jones font appel à des bandages élastiques en hypercorrection.

Bensahel (71) abandonne l'attelle de Denis-Browne à cette phase (environ 6 semaines) pour une contention par strapping sur plaquettes simples. Vers l'âge de 4 mois, le seul appareillage consiste alors en une attelle postérieure en Polysar la nuit.

Pour Turco (72): le traitement après 3 mois est variable selon l'état du pied. Trois options sont possibles: continuer manipulations et plâtres, ou manipulations et plâtres en intermittences dans l'attente d'une chirurgie correctrice, ou geste chirurgical d'emblée.

c) Phase d'entretien

L'épreuve du temps est impitoyable, la croissance du pied altère inexorablement le bon résultat morphologique initial et risque de provoquer la récurrence des déformations. En effet, le vrai problème de cette phase est celui de la **récurrence**, celle-ci est étroitement liée dans notre expérience, à **l'observance**. En effet un phénomène de lassitude familial et d'opposition de l'enfant apparaît à la longue. Pour cette raison un suivi régulier tous les 2 à 3 mois par le chirurgien est impératif.

Là aussi les attitudes divergent:

- △ Harrold (44) n'utilise aucune contention après la phase de consolidation, le pied étant libre jour et nuit: mais il rapporte environ 50% de récurrences! A l'opposé, Masse (29) maintient les attelles de Denis-Browne nuit et jour jusqu'à environ 1 an, avec 2 ou 3 séances de rééducation par semaine, mais les résultats à maturation osseuse sont mauvais: 55/64 opérés et 50% d'interventions itératives.
- △ La grande majorité des auteurs privilégie le traitement nocturne. Celui-ci devra être institué avec une grande régularité afin de devenir routinier; seule façon de le rendre acceptable au long court. Ce traitement a pour intérêt de maintenir réduit le pied 12h/24 et d'éviter l'équin postural nocturne. Les méthodes de contention utilisées varient:

 1. **Ponseti** (28, 73) utilise l'attelle de Denis-Browne nocturne jusque vers 3-4 ans, il privilégie la posture en abduction du pied (pied en RE sous le talus) visant à maintenir une distance naviculo-malléolaire correcte. Il considère qu'un bon résultat au terme de la 3ème ou 4ème année se maintient avec la croissance résiduelle dans la mesure où un certain équilibre musculaire est acquis. L'absence de contention nocturne est pour Ponseti une erreur thérapeutique majeure (73). Ce traitement permet de limiter la tendance à la rétraction ligamentaire, source de récurrence.
 2. **Seringe** (69) préconise une chaussure normale dans la journée et des postures nocturnes quand la flexion dorsale est inférieure à 10°. Il utilise l'orthèse de Perlstein à partir de 3 ans dans un but essentiellement **anti-équin**. La kinésithérapie d'entretien est maintenue à 1 séance par semaine. Il conseille, comme Bensahel des exercices adjuvants de déambulation avec des attelles-ski.
 3. **Métaizeau** (30) préconise pour les pieds les plus difficiles et à partir de 5 à 6 mois la **mobilisation passive continue**.

La durée de contention nocturne est diversement appréciée selon les auteurs, jusqu'à l'âge de la marche pour Nather (70), jusque vers l'âge de 3 ans pour Ponseti (28) et Yamamoto (48), voire dans certains cas jusqu'à 10 ans pour Hutchins (46). L'acceptabilité du traitement nocturne semble difficile au-delà de 4ans.

L'acquisition de la marche est une période cruciale. L'appui au sol peut favoriser le bon positionnement du pied, à l'inverse tout déséquilibre musculaire est susceptible de l'altérer.

7) Evolution et surveillance

Quelque soit l'âge de l'enfant, l'examen clinique repose sur les mêmes critères d'analyse: dès que possible, l'examen en charge permet de bien mesurer l'axe du calcanéum par rapport à la jambe, d'étudier les appuis au sol au podoscope ou sur une plate-forme d'appui.

(9) L'évaluation clinique est essentielle, à la fois morphologique et fonctionnelle ; elle doit être réalisée à toutes les étapes du traitement jusqu'en fin de croissance.

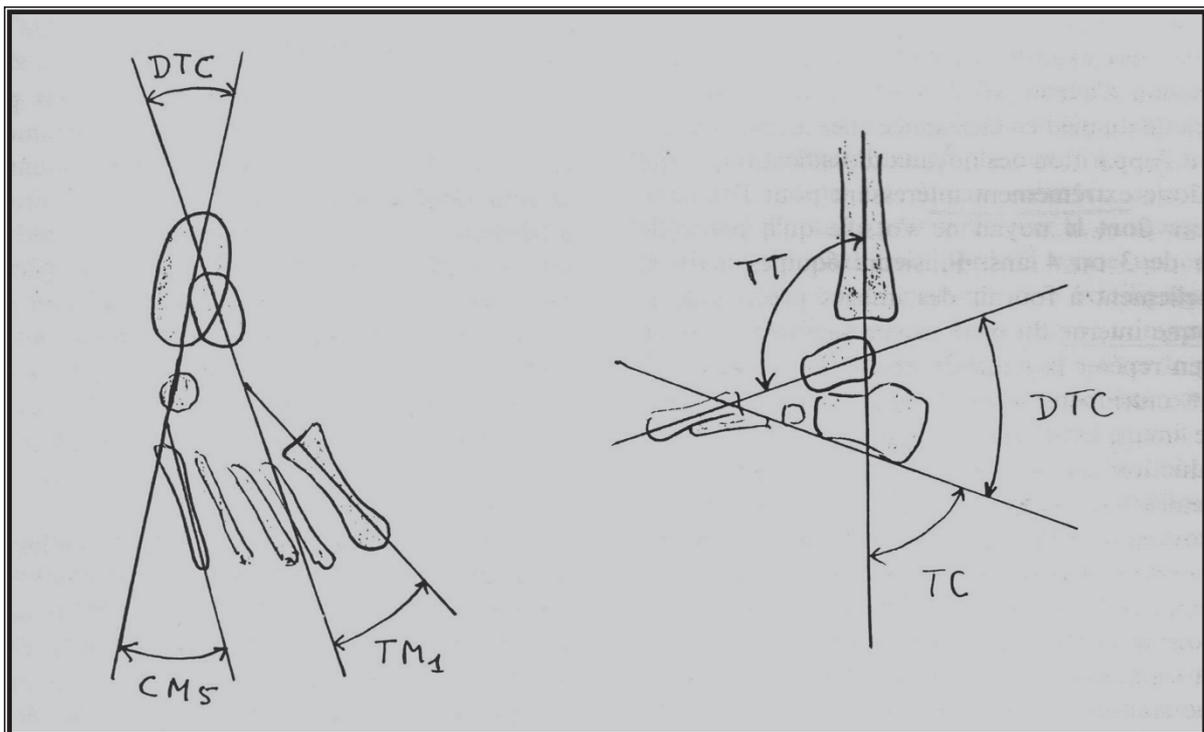
Doivent être pris en compte :

- Les amplitudes articulaires de toutes les articulations du pied et de la cheville,
- Les défauts morphologiques du pied en position couchée mais également debout, et lors de la marche lorsque celle-ci est acquise (le déroulé du pas est étudié, des défauts résiduels comme le pied en rotation interne sont quantifiés),
- L'évaluation musculaire avec la recherche de déséquilibre musculaire d'une part dans le plan sagittal entre le biceps et les releveurs du pied et plus particulièrement le tibial antérieur et, d'autre part, dans le plan frontal entre les éverseurs (muscles fibulaires) et les muscles varisants (muscle tibial antérieur et postérieur). Certains muscles peuvent avoir gardé une force appréciable mais une faible course. L'insuffisance musculaire du triceps sural doit être évaluée dès l'âge de 4 ou 5 ans par l'étude du saut monopodal sur la pointe. La force du muscle tibial antérieur est également appréciée par la marche sur les talons.

Les radios avant l'âge de la marche comportent des clichés de face dorso-plantaire pré-tibiale et de profil strict en position indifférente mais surtout en position de réduction maximale (74). Le radiologue doit être habitué à ces incidences afin de pouvoir les comparer au fil des mois. Outre la maturité osseuse, la morphologie générale et la position des différents os, en particulier la position de la grosse tubérosité du calcanéum haut située en regard d'un pli cutané postérieur, des angles simples sont mesurés (fig 53 et 54):

-de face, normalement, la divergence talo-calcanéenne mesure 30 à 40°, l'angle talo- 1^{er} métatarsien mesure -10° et l'angle calcanééo-5^{ème} métatarsien mesure 0°, le bord externe du pied étant parfaitement rectiligne.

- de profil, normalement et toujours en position de correction, la divergence talo-calcanéenne mesure environ 40°, l'angle tibio-talien mesure 90°. Plus important est l'angle tibio-calcanéen qui montre que le calcanéum est oblique en haut et en avant, non parallèle au sol, et qu'une valeur minimale de 10 à 15° est nécessaire pour obtenir un bon résultat.



Mesures angulaires sur les radios de face (à gauche) et de profil (à droite) :

- DTC : divergence talo-calcanéenne
- TM1 : angle talus-1^{er} métatarsien
- CM5 : angle calcanéum- 5^{ème} metatarsien
- TT : angle talo-tibial
- TC : angle talo-calcanéen

fig 53

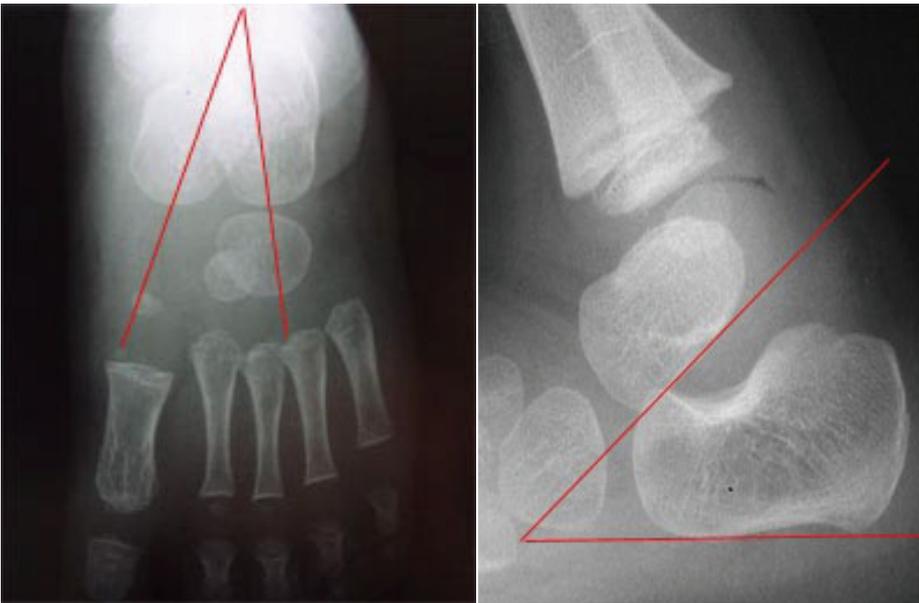


fig 54

Dès que possible, les radios sont assurées en charge de face et de profil, les mêmes angles étant mesurés (fig 55). Les autres examens complémentaires tels que scanner/IRM ont un intérêt scientifique plutôt que réellement pratique dans l'état actuel de nos connaissances et des possibilités thérapeutiques. C'est ainsi que l'étude des déformations s'enrichit de notions surprenantes telle que la malposition de l'os talus en pronation, c'est-à-dire en valgus, ajoutant ainsi une composante de déformation sagittale du couple talo-tibio-fibulaire (75).

Cependant le caractère essentiellement cartilagineux du pied du nouveau-né limite son exploration radiologique. En permettant la visualisation des cartilages du tarse, l'échographie apparaît être une méthode complémentaire de la radio dans l'exploration du PBVE. La mesure des angles et des décalages en position de correction permet de quantifier les déformations et de suivre l'efficacité du traitement (fonctionnel ou orthopédique).

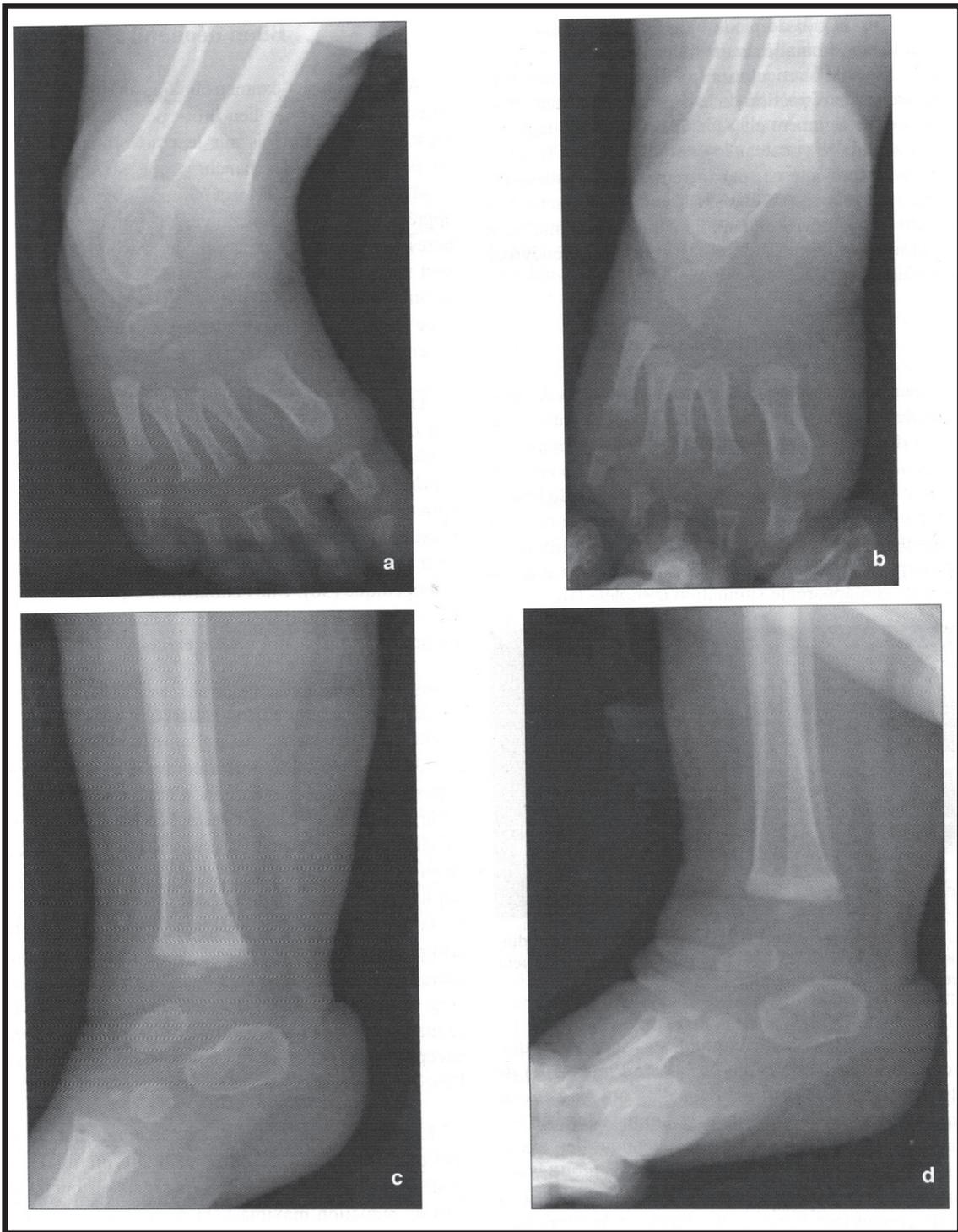


fig 55: PBVE droit à 5 mois; radios

a) incidence dorso-plantaire de face

b) incidence dorso-plantaire de face en position de correction. L'angle de divergence talo-calcaneén mesure 24° , l'angle talo-M1 -27° et l'angle calcanééo-M5 mesure 21° .

c) incidence de profil stricte de l'arrière-pied.

d) incidence de profil en position de correction. L'angle de divergence talo-calcaneén mesure 27° , l'angle tibio-talien 115° et l'angle tibio-calcaneén 100° .

Gestion de la récurrence

Pour Diméglio, il n'y a pas de récurrence en matière de PBVE, il n'y a que des traitements incomplets et des séquelles! Selon Ponseti (28), même un pied parfaitement corrigé est susceptible de récurrence: ce qu'il observe chez 50% de ces patients entre 10 mois et 5 ans (2 ans et demi en moyenne).

La récurrence survient dans la moitié des cas, 2 à 4 mois après l'abandon des attelles sur l'initiative des parents alors que le pied présente une bonne morphologie et que l'enfant marche. La mauvaise observance du traitement, un milieu social défavorisé, en est alors le principal facteur favorisant.

Pour de nombreux auteurs, la récurrence précoce doit être opérée. Cependant même dans cette alternative, le traitement orthopédique garde une place: il s'agit de préparer le pied au geste chirurgical et de faciliter celui-ci. Turco (72) propose 3 mois de plâtres pré-opératoires pour assouplir le pied et limiter les risques de nécrose et de désunion cutanée post-opératoire.

Pour Ponseti (28), les récurrences peuvent être corrigées orthopédiquement et aisément par 2 à 3 temps de plâtres successifs 4 à 8 semaines. En cas de 2ème récurrence, il propose le transfert du muscle tibial antérieur sur le 3ème cunéiforme. Ce transfert corrige la divergence talo-calcaneenne de face, permet de prévenir les nouvelles récurrences et limite le risque d'avoir à réaliser une libération chirurgicale étendue. En effet les résultats dramatiques de la chirurgie extensive sur la fonction (raideur, douleur lors de la marche prolongée ou à la pratique d'activités sportives) et l'esthétique (cicatrices rétractiles) du pied ont été prouvés par de nombreux auteurs, il faut donc s'attacher à ne l'utiliser qu'en dernier recours. De plus, selon Ponseti, il faut éviter de rechercher à tout prix une correction chirurgicale anatomique. En effet, il ne trouve pas de corrélation entre la fonction et l'aspect radiographique du pied à long terme.

Après avoir présenté les deux types de méthodes employées pour le traitement du pied bot varus équin, leurs caractéristiques, leurs avantages et inconvénients, ainsi que la façon dont elles sont utilisées en fonction des auteurs, nous allons maintenant décrire notre étude, expliquant en détail les deux méthodes appliquées dans les deux centres de chirurgie pédiatrique ainsi que les résultats trouvés. Ces derniers seront comparés aux résultats de la littérature au cours de la discussion afin de pouvoir conclure sur la méthode qui nous semble la plus optimale dans la prise en charge de ces PBVE.

II) ETUDE REALISEE :
comparaison des deux
méthodes de traitement

A) INTRODUCTION

La prise en charge d'un pied bot varus équin (PBVE) doit se faire précocement après la naissance. Le but du traitement est d'obtenir progressivement la mobilité et l'alignement du pied, sans douleur, et un appui plantigrade.

Le traitement initial peut être de 2 types :

- soit par série de plâtres (méthode de Ponseti)
- soit par manipulations par un kinésithérapeute suivie d'une immobilisation par attelle entre les séances (méthode fonctionnelle ou « French » method).

Pour les cas les plus sévères et malgré une technique appropriée, des défauts résiduels peuvent contraindre les chirurgiens orthopédistes à intervenir pour corriger les déformations du pied.

Le but de cette étude est de comparer rétrospectivement 2 méthodes de traitement utilisées dans le traitement des pieds bot varus équin (PBVE) idiopathiques, chacune étant employée de façon unique dans un des 2 centres de chirurgie orthopédique pédiatrique de Nice.

L'objectif principal est d'évaluer l'efficacité de chacune des 2 méthodes selon le score de Ghanem et Seringe.

Les objectifs secondaires sont :

- d'évaluer quels paramètres peuvent interférer dans le résultat (port d'attelle nocturne, rééducation prolongée) et favoriser le risque de récurrence,
- d'évaluer si le score de Diméglio initial influence le résultat final,
- d'évaluer si une méthode permet de diminuer plus que l'autre le taux de chirurgie de rattrapage nécessaire

B) MATERIELS ET METHODES

Il s'agit d'une étude rétrospective reposant sur la consultation de dossiers et sur l'examen clinique associé à une analyse radiologique de tous les patients.

Les données de 2 centres d'orthopédie pédiatrique de la même ville ont été regroupées pour cette étude : à l'hôpital Lenval, tous les patients étaient traités par la méthode fonctionnelle (MF), et à l'hôpital l'Archet tous par méthode de Ponseti. Il s'agissait en fait d'une méthode de Ponseti modifiée (MPm), les patients ayant eu des plâtres pendant les 5 premières semaines puis des manipulations par un kinésithérapeute jusqu'à l'obtention d'une correction jugée satisfaisante.

Tous les patients traités entre Février 2004 et Décembre 2009 ont été inclus dans la série.

1) Critères d'inclusion

- enfant présentant un PBVE uni ou bilatéral
- PBVE idiopathique grade II, III ou IV de Diméglio
- traité par méthode Ponseti à l'Archet ou méthode fonctionnelle à Lenval
- prise en charge entre Février 2004 et Décembre 2009
- âge inférieur à 3 semaines lors de la 1^{ère} prise en charge
- dossier disponible au sein de l'un des 2 centres hospitaliers
- enfant ayant déjà acquis la marche depuis au moins 6 mois au moment du dernier examen clinique

2) Critères de non inclusion

- né avant février 2004 ou après décembre 2009
- dossier médical non disponible
- patient traité par une méthode autre que la MF ou la MPm
- enfant n'ayant pas acquis la marche au moment de la dernière consultation
- PBVE idiopathique grade I de Diméglio

3) Critères d'exclusion

- PBVE non idiopathique/neurologique
- âge supérieur à 3 semaines lors de la 1^{ère} prise en charge
- refus des parents de se plier à la consultation, examen clinique et/ou radiographie

4) Recueil de données

L'étude a été menée en trois étapes :

- la première était la lecture des dossiers médicaux de tous les patients entrant dans les critères d'inclusion,
- la seconde était clinique, avec un interrogatoire et un examen clinique complet de tous les patients, permettant de compléter la partie clinique du score de Ghanem et Seringe
- et enfin, la dernière était radiologique avec l'analyse d'une radiographie permettant de compléter la partie radiologique de ce score.

La lecture de chaque dossier avait pour but de rechercher les données démographiques, le coté, et l'existence ou non d'un diagnostic prénatal.

Le score de Diméglio (cf partie 1B 4 a2) initial lors de la première consultation a été relevé.

D'éventuelles difficultés dans la prise en charge, l'âge de la marche, le niveau d'observance des parents pendant la phase de consolidation et/ou entretien du traitement, étaient notés.

Nom Prénom
Date de naissance
Numéro de téléphone
Coté
Diagnostic prénatal
Antécédent de PBVE chez les parents /fratrie /jumeau
Score de Diméglio initial
Type de traitement instauré / périodicité
Port d'attelles nocturnes (quel âge, durée)
Age de la marche
Observance des parents (phase de consolidation/d'entretien)

La seconde étape consistait en un interrogatoire des parents et de l'enfant ainsi qu'en un examen clinique complet du ou des pieds afin de compléter les critères de la grille de Ghanem et Seringe (cf partie IB4b), s'intéressant notamment :

- à l'adduction de l'avant-pied
- au varus de l'arrière-pied
- à l'aspect esthétique global, le chaussage
- à la fonction passive (flexion plantaire et dorsale, mobilité sous-talienne) et active (saut monopodal, long fléchisseur actif)
- au niveau d'activité sportive
- à l'existence de douleurs, de gêne pour les activités quotidiennes
- à la satisfaction des parents et de l'enfant (en fonction de l'âge) quant au résultat

Enfin cet examen était complété par une radiographie du pied concerné :

- radiographie du pied en incidence dorso plantaire en charge pour la mesure de la divergence talo-calcaneenne de face
- radiographie de la cheville de profil en charge pour la mesure de la divergence talo-calcaneenne de profil, et également pour rechercher un éventuel aplatissement du dôme talien ou une subluxation talo-naviculaire.

5) Evaluation des résultats

Au terme de cet examen clinico-radiologique, les pieds étaient classés selon le score de Ghanem et Seringe (cf partie IB4b) totalisant un score sur 100 et permettant de regrouper les résultats en 4 groupes:

- **EXCELLENTS** : entre 85 et 100
- **BONS** : entre 70 et 84
- **MOYENS** : entre 60 et 69
- **MAUVAIS** : inférieur 60

Outre les critères évalués par le score de Ghanem et Seringe, nous avons jugé pertinent de relever les critères suivants :

- Nécessité de réaliser une intervention chirurgicale de complément
- Le cas échéant, le type de chirurgie réalisée (ténotomie d'Achille isolée ou chirurgie plus étendue) et l'âge lors de la réalisation du geste
- Durée du port d'attelle nocturne
- Durée de la rééducation

6) Diagramme de l'étude

Durant la période de l'étude, sur les 122 dossiers initiaux, 96 ont été retenus initialement comme présentant les critères d'inclusion à partir des fichiers du Département d'Information Médicale des deux centres : 26 enfants étaient nés après Décembre 2009.

Puis, parmi les 96 dossiers étudiés, 18 patients ont été exclus :

- 3 patients avaient un pied bot neurologique (méthode Ponseti),
- 8 patients ont été pris en charge en cours de traitement dans un autre centre d'orthopédie Pédiatrique (Marseille/ Montpellier)
- 7 ont été « perdu de vue », soit parce qu'il n'y a pas eu de réponse téléphonique, soit parce que les coordonnées postales ou téléphoniques étaient erronées, ce qui a empêché de joindre les patients.

	Ponseti	Fonctionnelle	Total
Non idiopathiques	3	0	3
Pris en charge dans un autre centre	6	2	8
Enfant né après Décembre 2009	3	23	26
Perdu de vue	5	2	7
Inclus	38	40	78
Total	55	67	122

Tableau 1 : données initiales de l'étude

Parmi les 78 patients, 76 ont accepté la consultation avec un examen clinique et une radiographie. (tableau 2)

	Accepté	Non accepté	Total
Ponseti	38	0	38
Fonctionnelle	38	2	40
Total	76	2	78

Tableau 2 : patients ayant accepté de participer à l'étude

7) Analyses statistiques

L'analyse statistique a comporté d'une étude descriptive de la série par l'intermédiaire des fréquences absolues et relatives pour les variables catégorielles avec leur intervalle de confiance (à 95%) et l'estimation des moyennes et écart-type, médianes et interquartiles pour les variables quantitatives.

Les distributions des variables quantitatives ont été comparées par le test non paramétrique de **Wilcoxon** (test de Student si conformité à la loi normale et échantillon de taille supérieur à 30/groupe).

Les distributions des variables qualitatives ont été comparées par le **test du χ^2** ou le **test exact de Fisher** (si un des effectifs inférieur à 5).

L'analyse a consisté tout d'abord en une analyse univariée, à savoir une comparaison des différents paramètres des techniques à l'étude. Une recherche d'association des caractéristiques des patients/techniques aux taux de résultats positifs et de satisfaction aux procédures à l'étude a été réalisée. Les facteurs associés au risque de chirurgie ont également été analysés.

Avant la réalisation de chaque analyse les conditions d'application des tests utilisés ont été vérifiées. Les différents tests sont considérés comme significatifs au seuil de 5 % : une différence est donc considérée comme significative pour un $p < 0,05$. Les analyses ont été réalisées sur logiciel JMP version 8 après le gel de la base de données en accord avec l'investigateur coordonnateur.

C) METHODES DE TRAITEMENT

1) Méthode de Ponseti modifiée (MPm)

Elle reprend les 3 étapes essentielles du traitement :

a. réduction de la déformation

La 1ère étape consiste en la réalisation de 6 plâtres successifs (figure 1), ceux-ci sont faits à l'aide d'un gypsotechnicien expérimenté en présence du chirurgien, en consultation de chirurgie orthopédique.

Chaque plâtre est maintenu une semaine, en commençant entre j-1 et j-4 de vie en moyenne.

La dernière série de plâtre (7^{ème} plâtre), qui dure 20 jours, est réalisée au bloc opératoire sous anesthésie générale, et est précédée d'une ténotomie percutanée du tendon d'Achille.

Chaque plâtre (fémoro-pédieux en plâtre de Paris) est moulé de manière précise pour corriger progressivement les déformations, sur un enfant détendu :

- 1er plâtre : l'adduction et la flexion dorsale sont les déformations clés. Afin de pouvoir corriger le pied bot, le calcanéum doit pouvoir être mobilisé librement sous le talus. Cette correction se fait à travers l'articulation sous-talienne et est obtenue en plaçant l'index de l'opérateur sur la malléole interne pour stabiliser la jambe et en faisant levier sur le pouce placé sur la face latérale du talus, tout en amenant l'avant-pied en supination. Pour corriger le varus du talon il faut mettre de **l'abduction** sur l'avant-pied tout en appliquant un contre-appui sur l'articulation calcanéocuboïdienne afin d'empêcher l'abduction du calcanéum.

- 2ème plâtre : cette deuxième étape dans la stratégie de correction consiste à amener l'avant-pied en **légère supination**, en soulevant doucement la base du 1^{er} métatarsien pour corriger le creux. Une fois le cavus corrigé, l'avant-pied est amené en abduction comme décrit dans l'étape 1.
- 3ème plâtre : le pied est amené progressivement en abduction de plus en plus importante, en évitant de « casser » le médio-pied.
- 4ème plâtre : les précédentes corrections sont accentuées tout en maintenant le pied en flexion plantaire et en rajoutant une composante de supination.
- 5ème plâtre : la composante de supination est également forcée à ce stade du traitement.
- 6ème plâtre : le pied est amené en abduction maximale. Un début de correction de l'équin est amorcé, en mettant le pied en dorsiflexion douce, sans provoquer de rupture au niveau du médio-pied.
- 7^{ème} plâtre : sous anesthésie générale est réalisée une ténotomie percutanée du tendon d'Achille.
 - *une courte incision au niveau de la partie distale du tendon permet une section complète de ce dernier et ainsi l'obtention d'une flexion dorsale d'environ 20-30°. Le pied est ensuite plâtré en position de flexion dorsale forcée pendant 3 semaines.



figure 1 : Photographie de la série de 7 plâtres montrant la réduction progressive de la déformation

b. consolidation du résultat

Cette étape s'attelle à maintenir la correction des déformations telle qu'elle a été obtenue après l'ablation du dernier plâtre.

La consolidation est obtenue à l'aide de manipulations par le kinésithérapeute à raison de 3 séances par semaine pendant 3 mois, réduites progressivement à 2 puis 1 en fonction de l'évolution. Entre les séances de rééducation les pieds sont maintenus dans des attelles (le plus souvent attelle de Denis Browne, attelle Clubax).

Il s'agit donc d'une MP modifiée, puisque la méthode telle que préconisée initialement par Ignacio Ponseti n'incluait pas de manipulations au terme de la série de plâtre.

c. gestion du risque de récurrence

La croissance du pied risque de provoquer la récurrence des déformations, il est donc très important de ne pas arrêter le traitement même en cas de bons résultats après les deux premières étapes : le port prolongé des attelle répond à cet impératif.

C'est l'étape la plus difficile, en termes de compréhension pour les parents. En effet, malgré de bons résultats, le port des attelles Denis-Browne doit être poursuivi pour une longue durée, ce qui n'est pas toujours bien compris par les parents : il est admis que cette étape doit être poursuivie au-delà de 2 ans.

Il s'agit-là d'une source de non-observance et donc de récurrence malgré un traitement initial correctement mené.

L'enfant est revu tous les 3 mois pendant 1 an, puis tous les 6 mois pendant 5 ans.

2) Méthode fonctionnelle (MF)

Le plus tôt possible après la naissance, les enfants sont pris en charge quotidiennement dans le service de kinésithérapie de l'hôpital Lenval, en consultation externe, après un premier examen clinique par le chirurgien orthopédiste.

a. réduction de la déformation

Déroulement d'une séance type :

Une séance type dure environ 20 minutes :

- 5 à 10 minutes de bilan initial ou périodique
- 10 minutes de mobilisations passives
- 5 minutes de sollicitations musculaires : avant l'âge de la marche, les stimulations extéroceptives et sur les réactions d'équilibration constituent l'essentiel des sollicitations.
- 5 minutes pour la mise en place de l'appareillage de Denis-Browne.

Les mobilisations passives

Elles ont pour but d'assouplir progressivement le pied et d'étirer les parties molles rétractées. Elles sont douces pour ne pas engendrer trop de réactions de défense du nourrisson, qui irait à l'encontre du but recherché.

Afin d'éviter toute compensation, le kiné doit fixer les étages sus et sous-jacents de l'articulation à mobiliser. Le placement des mains est capital.

Position de l'enfant :

- l'enfant est tenu allongé ou assis au bord de la table jambes pendantes. La flexion des membres inférieurs permet de limiter la traction du triceps sural en équin mais aussi d'éviter un récurvatum du genou (par compensation du déficit de flexion dorsale du coup de pied).
- l'enfant doit être détendu ; la séance doit être pratiquée après la tétée/le biberon.

Position du kiné :

- il prête une grande attention aux mimiques du visage et aux réactions de l'enfant qui préviennent d'une trop grande intensité des manœuvres.

Chronologie des manœuvres :

Elle est décrite en 9 étapes, la correction de l'équin étant la dernière :

- traction/ de-coaptation dans l'axe du 1er métatarsien



- étirement du bord interne du pied
- correction de l'adduction de l'avant-pied (et de la supination)



- travail d'abaissement de la base du 1er métatarsien



- dérotation du bloc calcanéopédieux



- traction du calcanéus vers le bas



- correction du varus calcanéen



- réduction de la subluxation antérieure du talus



- correction de l'équin



Cette dernière étape est une étape à risque. Trois dangers sont à éviter :

- la lésion du talus en l'écrasant contre le rebord antéro-inférieur du tibia par flexion dorsale trop forcée, altérant le cartilage de croissance,
- la cassure de l'articulation médio-tarsienne par abaissement insuffisant du calcaneus lors de la flexion dorsale (qui ne se fait plus alors dans la tibio-tarsienne mais dans la médio-tarsienne : fausse correction de l'équin),
- la compression de l'artère tibiale antérieure (à la face antérieure de la cheville), lors de la manipulation, qui expose au risque d'ischémie.

Les postures

Réalisées après les mobilisations passives, elles doivent respecter les mêmes règles. Les postures sont principalement réalisées en vue d'étirer les différentes structures capsulaires, ligamentaires et musculaires. Elles doivent être douces, de courtes durées (10 à 15 secondes) et répétées plusieurs fois durant la séance.

Les stimulations musculaires

*les stimulations musculaires directes :

Répétées plusieurs fois, elles permettent de maintenir activement les gains obtenus par les mobilisations passives et les postures et de corriger activement les déformations.

- Ces stimulations musculaires sont réalisées entre la correction de l'avant-pied et celle de l'arrière-pied afin que la correction de la flexion dorsale soit amorcée de manière active plutôt que passive.
- La stimulation du long extenseur des orteils est réalisée par un étirement léger et rapide du muscle, pied en flexion plantaire.
- Les muscles fibulaires sont stimulés avec le bout des doigts, sous forme d'effleurage au niveau du tubercule des fibulaires.
- Le réflexe cutané plantaire peut être utilisé pour amorcer une flexion dorsale: il provoque une élévation de l'hallux par contraction de l'extenseur propre de l'hallux.

* les stimulations indirectes: les réactions posturales du nouveau-né

L'appareillage : attelles de Denis-Browne

Après la séance de kinésithérapie, le pied est immobilisé sur une plaquette rigide, elle-même fixée sur une attelle unibarre.

Le but de cette contention est de prolonger l'acte kinésithérapique : elle permet de maintenir en dehors des séances de kinésithérapie l'acquis apporté par les mobilisations passives.

Elle rééquilibre aussi le système musculaire du pied et favorise la croissance osseuse en position corrigée. L'appareillage de Denis-Browne est porté 23h/24, c'est-à-dire entre les séances de kiné.

Le positionnement du pied est réalisé en hypocorrection par rapport au résultat obtenu lors des mobilisations passives pour ne pas engendrer des réflexes nociceptifs : l'hyperactivité des muscles varisants luttant contre un excès de tension aurait pour conséquence de renforcer le schéma de défense de l'enfant.

La posture du pied à angle droit sans flexion dorsale limite le risque iatrogène de pied convexe. L'appareillage doit être réalisé parfaitement, le kiné devant être spécifiquement formé à cette technique.

Lorsque l'enfant bouge avec son attelle (pieds en abduction), il renforce les muscles fibulaires et extenseurs du pied qui contrebalancent la traction des muscles tibiaux et gastrocnémiens. De plus cette attelle unibarre utilise le principe du kicking (correction réciproque) ; la flexion d'un membre et l'extension de l'autre impose au pied (du côté fléchi) dorsiflexion et abduction.

Préparation du pied et des attelles

Avant la pose des plaquettes (qui sont plates), un jersey est mis en place pour protéger la peau. Ensuite chaque plaquette est recouverte d'une bande adhésive (changée à chaque séance) ; 3 bandes de sparadrap inextensibles (Leukoplast) et deux bandes d'élastoplaste (Tensoplast) sont découpées.



Chaque pied est fixé par 3 bandes :

- ✧ **la première bande (bande A, anti-supinatrice)** a pour but de corriger l'adduction de l'avant-pied en abaissant le 1er métatarsien. Elle aligne les bords interne et externe du pied sur la plaquette (fixe le médio-tarse).



- ✧ **la deuxième bande (bande B, anti-adduction)** permet de tracter le calcaneus en bas, d'intégrer le talus dans la mortaise tibio-fibulaire et de diminuer le creux plantaire en fixant le bord interne du pied sur la plaquette ;



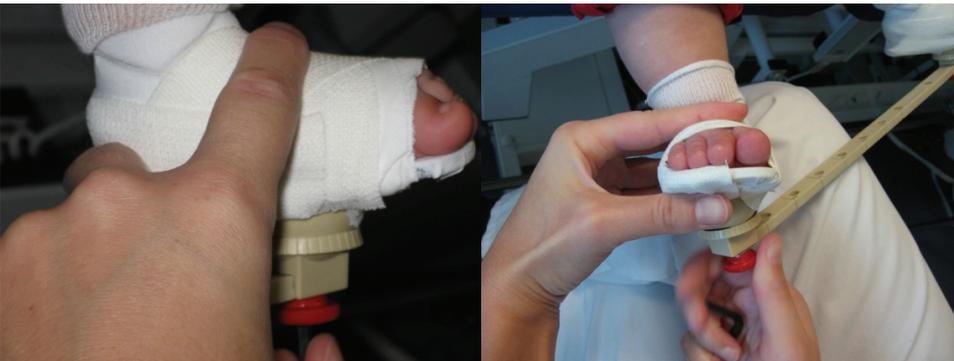
✧ **la troisième bande (bande C, en X)** a pour but la correction de la supination et la fixation complète du pied sur la plaquette. De plus elle renforce l'action des deux premières bandes.



Les deux bandes d'élastoplaste permettent la fixation de l'arrière-pied, évitent aux bandes précédentes de se décoller par les frottements des pieds entre eux et renforcent la solidité du montage.



Puis les deux plaquettes sont fixées à la barre. Les pieds sont réglés à 70° de rotation externe et plus ou moins 10° de flexion dorsale, correspondant à la dérotation du bloc calcanéopédieux.



Précautions et surveillance

- les bandages ne doivent pas être constrictifs afin de ne pas fragiliser les cartilages de croissance et risquer un œdème ou une épiphysiodèse iatrogène
- le talon doit être bien adhérent à la plaquette
- l'extrémité des orteils doit être découverte pour permettre leur stimulation cutanée et pour surveiller la coloration.

Conseils aux parents

Les parents font partie intégrante du traitement et ont ainsi un rôle majeur dans la réussite de la prise en charge.

Des consignes de manipulation et surveillance sont données à tous les parents :

- faire dormir l'enfant sur le dos (avec un coussin sous les pieds), jamais sur le ventre
 - surveiller la tenue des plaquettes et la coloration des orteils
 - ne pas enlever l'attelle
 - stimuler les extenseurs des orteils lorsque l'enfant est appareillé, par des « gratouillis » sur la face dorsale des orteils.
- b. consolidation du résultat

Après la période de traitement initial par plaquettes et attelles de Dennis Browne et jusqu'à l'apprentissage de la marche, les enfants portent les attelles de Denis-Browne sur chaussures adaptées.

c. gestion du risque de récurrence

Après l'acquisition de la marche, ces chaussures adaptées sont remplacées par des attelles thermoformées (figure 2) portées uniquement dans les phases de sommeil, le chaussage étant fait avec des chaussures du commerce. Celles-ci permettent de corriger essentiellement l'équin et l'adduction. Elles sont très facilement acceptées par l'enfant et peuvent, à chaque étape de la croissance du pied, être modifiées en fonction de la taille et de l'évolution des déformations.



figure 2 : attelle thermoformée

Enfin, quelque soit la technique employée, en cas de persistance ou de récurrence des déformations, la chirurgie est parfois nécessaire, malgré un traitement bien conduit. En fonction du type de déformation persistante, chaque patient bénéficie alors d'une chirurgie dite « à la carte » :

- ténotomie d'Achille pour certains patients de la MF (FD < 20° en fin de manipulations), à partir de l'âge de 6 mois,
- libération postéro-médiane, associée à des transferts musculaires, permettant une correction en un temps des vices architecturaux (parties molles) en rééquilibrant le travail musculaire avant l'apparition des déformations osseuses,
- ostéotomie de la base des métatarsiens (de Cahuzac) en cas d'adduction de l'avant-pied persistante,
- ostéotomie de dérotation tibiale en cas de torsion tibiale interne
- excessive entraînant une rotation interne globale du pied.

D) RESULTATS

1) Description de la série

Dans cette étude, 76 patients soit 100 pieds ont donc été inclus.

Afin de faciliter les analyses et les résultats il nous a paru plus judicieux de raisonner en terme de pieds qu'en terme de patients , tous les résultats seront donc comparés sur la série comprenant les 100 pieds et non pas les 76 patients.

Le tableau 3 regroupe les données initiales dans les 2 groupes de traitement.

	GRUPE MPm	GRUPE MF	TOTAL
Nombre de patients	38	38	76
Nombre de pieds	53	47	100
Bilatéraux (n)	15	9	24
Coté : droit (n)	21	25	46
Sexe : M (n)	30	29	59
DPN (%)	18	15	33
Diméglio n (%)			
grade 2	1 (2%)	6 (13%)	7 (7%)
grade 3	33 (62%)	28 (60%)	61 (61%)
grade 4	19 (36%)	13 (27%)	32 (32%)

Tableau 3 : Données initiales dans les 2 groupes

Au total donc, 53 pieds ont été traités selon la MP modifiée et 47 pieds selon la MF.

a) Grade de Diméglio initial (figure 3)

En ce qui concerne les grades de Diméglio à la naissance, la répartition était la suivante :

- pour le groupe MPm, 1, 33 et 19 patients
 - pour le groupe MF, 6, 28 et 13 patients
- respectivement pour les grades 2, 3 et 4

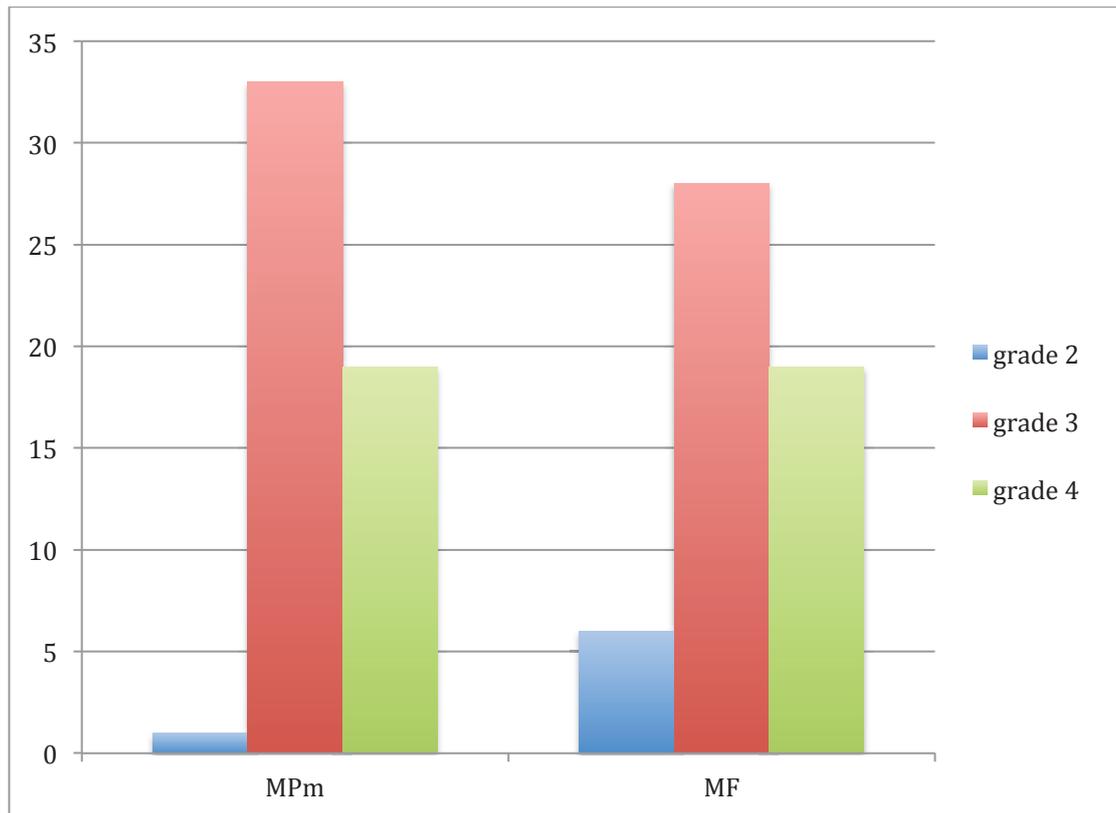


figure 3 : répartition des 2 groupes selon les grades de Diméglio

b) Délai de prise en charge

Le délai de prise en charge après la naissance était compris :

- entre le 2^{ème} et le 4^{ème} jour de vie pour la MF avec une moyenne de **2,2 jours** (écart-type : 0,7),
- entre le 1^{er} et le 14^{ème} jour de vie pour la MP avec une moyenne de **3,4 jours** (écart-type : 2,3).

a) Age au dernier recul

La moyenne d'âge au dernier recul était de 5 ans pour la MF (2-12ans) et de 6 ans pour la MP (3-10 ans).

Les 2 groupes étaient comparables pour les deux premiers paramètres (délai de prise en charge et gravité selon Diméglio) ; par contre le groupe MPm a un plus long recul ($p=0,0016$)

2) Résultat final

a) score global

En ce qui concerne le résultat final, évalué par le score de Ghanem et Seringe (tableau 4), pour la MF, en moyenne les patients ont obtenu 90 points (75-98) avec un écart-type de 6, 2 versus une moyenne de 84 points (62-97) avec un écart-type de 11,2 pour la MPm. De façon significative, ce résultat est en faveur de la MF ($p= 0,0027$).

Pour la MF :

- **76,5%** des patients ont eu un excellent résultat
- **23,5%** ont eu un bon résultat

Pour la MP :

- **59%** des patients ont eu un excellent résultat
- **31%** ont eu un bon résultat
- **6%** ont eu un résultat moyen
- **4%** ont eu un mauvais résultat

RESULTATS	MPm n de pieds (%)	MF n de pieds (%)
EXCELLENT	32 (59%)	36 (76,5%)
BON	16 (31%)	11 (23,5%)
MOYEN	3 (6%)	0
MAUVAIS	2 (4%)	0

Tableau 4 : Résultats selon le score de Ghanem et Seringe dans les 2 groupes

Sur les 65 excellents résultats, 55% (n=36) faisaient partis de la MF.

Si on raisonne en terme de résultats positifs (= excellents et bons) et de résultats négatifs (= moyens et mauvais) :

- **100%** des patients de la MF ont eu un résultat positif
- **90%** des patients de la MP ont eu un résultat positif

Sur les 94 résultats positifs, autant appartenait au groupe MF qu'au groupe MPm.

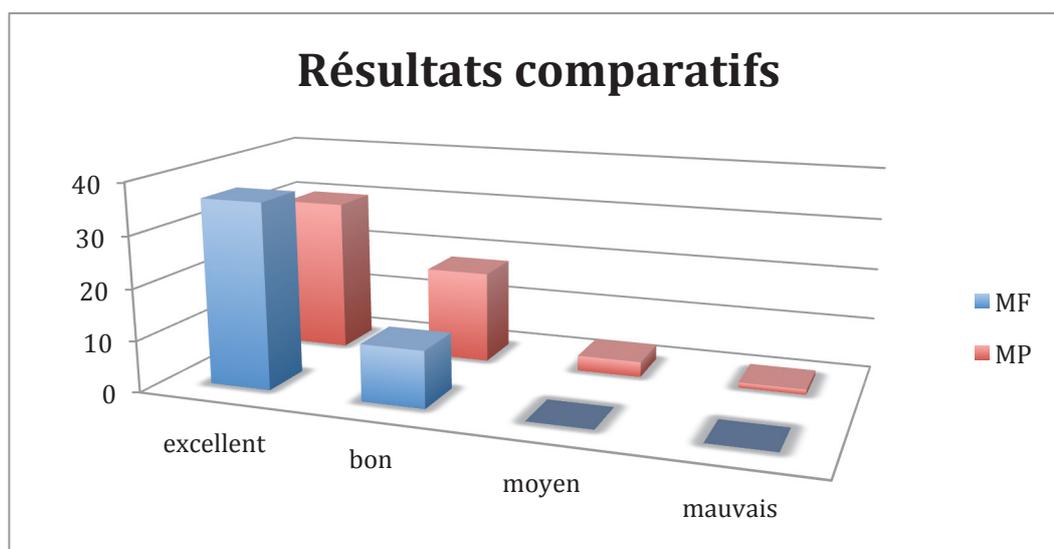


figure 4 : graphique montrant la répartition des résultats dans les 2 groupes

b) score par critères : critères morphologiques (tableau 5)

Concernant les 3 critères morphologiques suivants : **creux**, **supination** et **adduction globale**, les résultats ne montrent pas de différence significative entre les 2 méthodes.

En revanche, en ce qui concerne **l'axe de l'arrière-pied**, la différence est significative : il gardait un certain degré de varus pour **40%** des pieds de la MP alors que **tous** les pieds de la MF étaient normo-axés (p= 0,0001).

L'évaluation des cicatrices consistait en celles des libérations postéro-médiales, des transferts musculaires et des ostéotomies (dérotation ou base des métatarsiens) ; n'étaient pas concernées les cicatrices de la ténotomie d'Achille, cette dernière étant réalisée en percutanée ne laissant ainsi quasiment aucune trace.

Seize pieds ayant suivi la MF (34%) avaient au dernier recul une cicatrice, toujours considérée comme esthétique par les patients ou les parents. Pour la MPm, 47% (n=25) des patients avaient une cicatrice, considérée dans 50% des cas comme inesthétique. Il y a donc une différence statistiquement significative dans les 2 groupes (p=0,0017).

Enfin, concernant le **chaussage**, les résultats montrent une différence significative : dans la MF, hormis un enfant, tous (98%) portaient des chaussures du commerce. Dans la MPm, 18% des pieds nécessitaient un recours aux chaussures orthopédiques (p=0,0169).

c) score par critère : critères radiologiques (tableau 5)

Il n'a pas été retrouvé de différence significative entre les 2 méthodes concernant **l'aplatissement du dôme talien** ou la **subluxation talo-naviculaire**.

Concernant la **divergence talo-calcannéenne**, sur les 10 patients présentant une DTC < 15°, donc insuffisante, 9 d'entre eux faisait parti du groupe Ponseti. Il s'agit là d'une différence significative entre les 2 méthodes (p= 0,0165)

d) score par critères : critères fonctionnels (tableau 5)

La **flexion plantaire** et la **mobilité sous-talienne** ne sont pas significativement différentes dans les 2 groupes comparés.

Concernant la **flexion dorsale**, il existe une différence significative (p=0,0113) de 8° en moyenne en faveur de la MF

Enfin, tous les enfants des 2 groupes avaient de manière comparable des **activités quotidiennes et/ ou sportives** normales pour l'âge, sans restriction. De même il n'a pas été relevé de différence concernant la présence d'une éventuelle **douleur** : 4% des patients (n=2) pour la MF et 11% pour la MPm (n=6).

	MPm	MF	p
Critères morphologiques			
Creux	10%	6%	Ns
Supination	35%	19%	Ns
Arrière-pied normo-axé	60%	100%	Ns
Adduction globale (moyenne)	9,3°	6,2°	p= 0,0001
Critères radiologiques			
Divergence talo-calcannéenne > 15° F/P	82%	97%	p= 0, 0165
Aplatissement dôme	25%	31%	Ns
Subluxation talo-Naviculaire	7%	10%	Ns
Critères fonctionnels			
Flexion dorsale (FD)	10,8°	18,7°	p= 0,0113
Flexion plantaire (FP)	25°	28,5°	Ns
Mobilité sous-talienne normale (non enraidie)	64%	85%	Ns
Saut monopodal (SMP) :			
• Possible	66%	78%	p= 0,0123
• Possible mais avec difficultés	24%	13%	
• Impossible	10%	8,5%	

Tableau 5 : Résultats par critères morphologique, radiologiques et fonctionnels dans les 2 groupes

e) score par critère : satisfaction et compliance

Concernant la **satisfaction globale**, incluant la satisfaction du résultat esthétique, fonctionnel et de la qualité de la prise en charge au long cours de cette pathologie, la MF semble a un meilleur résultat de façon significative : **tous** les parents de la MF étaient satisfaits alors que **5%** des parents de la MPm ont déclaré être moyennement satisfait du résultat ($p=0,0307$).

Les consignes de port de l'attelle prolongé a été plus respectée par les parents de la MF : 70% des pieds, que par les parents de la MP : 55% des pieds, avec une différence statistiquement significative ($p=0,0001$).

Enfin concernant l'assiduité aux rendez-vous de consultation de contrôle ainsi que le maintien d'une rééducation prolongée, ces deux paramètres ont été respectés de manière similaire dans les 2 groupes : en moyenne les enfants ont poursuivi la rééducation 3,7 ans pour la MF et 4 ans pour la MPm.

3) Nécessité de chirurgie

a) toutes chirurgies confondues

Si l'on considère tous les types d'intervention, (ténotomie précoce d'Achille de la MPm incluse), **25%** des pieds du groupe MF ont été opérés ($n=12$) contre **96%** des pieds pour le groupe MPm ($n=51$).

Sur 63 pieds opérés, 51 faisaient partis du groupe MPm, ce qui représente 80% de l'ensemble.

En moyenne, les enfants du groupe MF et MPm ont eu respectivement 1,25 chirurgie et 1,38 chirurgie. Il s'agit là d'une différence significative entre les 2 méthodes ($p=0,0001$).

Le tableau 6 décrit la répartition du type d'intervention en fonction du groupe de traitement.

	MPm (n=53)	MF (n=47)	Total (n=100)
Chirurgie*	51 (96%)	12 (25%)	63 (63%)
Ténotomie	50 (94%)	4 (8,5%)	54 (54%)
Chirurgie lourde 1 **	18 (34%)	10 (21%)	28 (28%)
Chirurgie lourde 2 **	5 (9,5%)	1 (2,5%)	6 (6%)

*chirurgie : toutes chirurgies confondues, incluant la TA

** chirurgie lourde : libération postéro-médiale et autres (cahuzac, ostéotomie de dérotation tibiale)

tableau 6 : Taux de chirurgie et type de chirurgie dans les 2 groupes

b) ténotomie d'Achille

La ténotomie percutanée d'Achille a été réalisée à l'âge moyen de 8 mois (1,5-19 mois) pour la MF et de 1,5 mois pour la MPm.

Cet acte, faisant parti intégrant de la technique Ponseti, n'a été réalisé dans la MF que si la FD était inférieure à 20°. Elle a été effectuée pour 4 patients de la MF (=8,5%) et pour 50 patients de la MPm (=94%), il s'agit là d'une différence significative (p= 0,001)

Sur les 54 ténotomies réalisées, 50 (= 92%), appartenaient au groupe Ponseti.

c) Chirurgies à l'exclusion de la ténotomie d'Achille

Nous avons comparé les 2 groupes de traitement en excluant la TA, afin de rechercher si l'une ou l'autre des méthodes nécessitait de manière significative plus de chirurgie complémentaire.

Le tableau 7 compare les 2 groupes. De manière significative (p< 0, 012), les patients de la MF nécessitaient en moyenne presque 2 fois moins de chirurgie complémentaire que les patients de la MPm.

	MPm (n=53)	MF (n=47)	Total (n=100)
<i>Opérés</i>	43% (n=23)	23% (n=10)	33% (n=33)
<i>Non-opérés</i>	57% (n=30)	77% (n=37)	67% (n=67)

tableau 7 : Taux de patients opérés dans les 2 groupes (excluant la ténotomie d'Achille)

❖ une intervention de chirurgie complémentaire

Il s'agissait de libération postéro-médiale, d'ostéotomie de la base des métatarsiens, d'ostéotomie de dérotation tibiale. Ces interventions ont été réalisées plus tôt pour le groupe MPm (âge moyen 3 ans) que pour le groupe MF (âge moyen 6 ans).

Dans le groupe MF, 10 pieds (22%) ont eu besoin d'une chirurgie complémentaire :

- 7 ont eu une libération postéro-médiale
- 3 ont eu une ostéotomie (base des métatarsiens, n= 2, dérotation tibiale, n=1)

Pour le groupe MPm, 18 pieds (34%) ont eu une chirurgie complémentaire

- 9 ont eu une libération postéro-médiale
- 9 ont eu une ostéotomie (base des métatarsien, n=6, dérotation n=3)

Sur les 28 pieds ayant eu une chirurgie complémentaire, 65% faisaient parti du groupe MPm. La différence est statistiquement significative ($p < 0, 0001$).

Sur les 16 pieds ayant eu une libération, 44% était du groupe MF et 56% du groupe MPm.

Sur les 12 pieds ayant eu une ostéotomie (base des métatarsiens ou dérotation tibiale), 75% était du groupe MPm.

❖ deux interventions de chirurgie complémentaire

Une reprise chirurgicale a été nécessaire chez un patient de la MF (reprise par ostéotomie de la base des métatarsiens) et chez 5 patients de la MPm (2 libérations et 3 ostéotomies). La différence est significative ($p= 0,0253$).

4) Facteurs influençant le résultat ou le recours à la chirurgie complémentaire

a) Sexe

- **100%** des filles avaient un résultat positif
- **93%** des garçons avaient un résultat positif

La figure 5 montre que :

- sur les 45% de filles opérées, 100% d'entre elles ont eu un résultat positif (bon ou excellent)
- sur les 68% de garçons opérés, 93% d'entre eux ont eu un résultat positif.

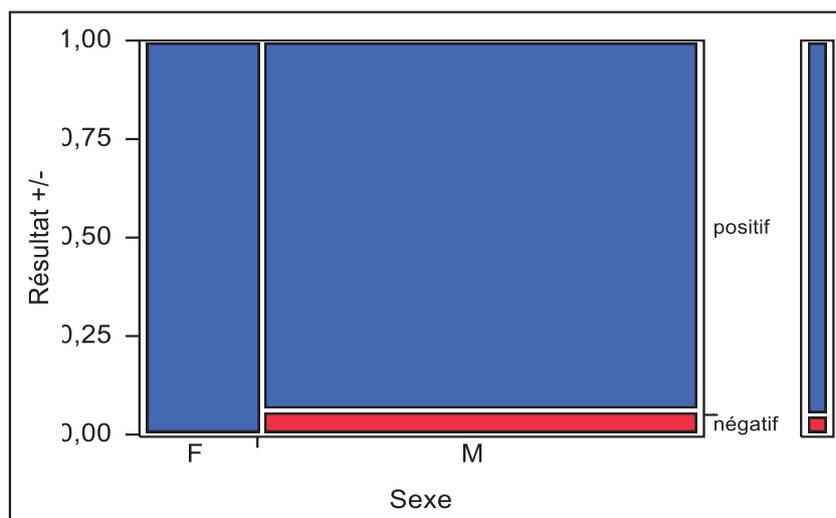


figure 5 : analyse des résultats selon le sexe

soit donc un risque plus élevé d'un résultat moins bon quand il s'agit d'un garçon, avec une différence significative ($p < 0,0001$).

b) diagnostic prénatal

Sur les 100 « pieds » de la série, 43 ont eu un DPN.

Nous n'avons pas mis en évidence d'influence de ce paramètre sur le résultat du traitement ou la nécessité de chirurgie

	DPN + (n=43)	DPN – (n=57)
Opérés	75%	50%
résultat +	95%	95%

Tableau 8 : Taux de chirurgie et résultats selon le DPN

c) caractère uni ou bilatéral

Nous n'avons pas noté d'influence du caractère uni bilatéral de la pathologie sur le résultat ou le recours à la chirurgie (tableau 9).

	Pieds bilatéraux (n=24 patients)	Pieds unilatéraux (n= 52 patients)
Résultats positifs	94% (n=21)	96% (n=50)
Opérés	65% (n=15)	62% (n=32)

Tableau 9 : Taux de chirurgie et résultats selon l'atteinte uni- ou bilatérale

d) score initial

Pour les pieds classés grades 2 et 3 de Diméglio à la naissance, on obtient quasiment 100% de résultats satisfaisants (bon et excellent) pour les 2 groupes (48/53 pour la MPm et 47/47 pour la MF). Pour le grade 4 en revanche, les mauvais résultats ne concernent que la MPm (5 résultats non satisfaisants, mauvais ou moyens), avec une différence statistiquement significative ($p= 0, 0006$).

La figure 6 montre les résultats concernant le risque d'être opéré selon le grade de DiMéglio de départ dans notre série.

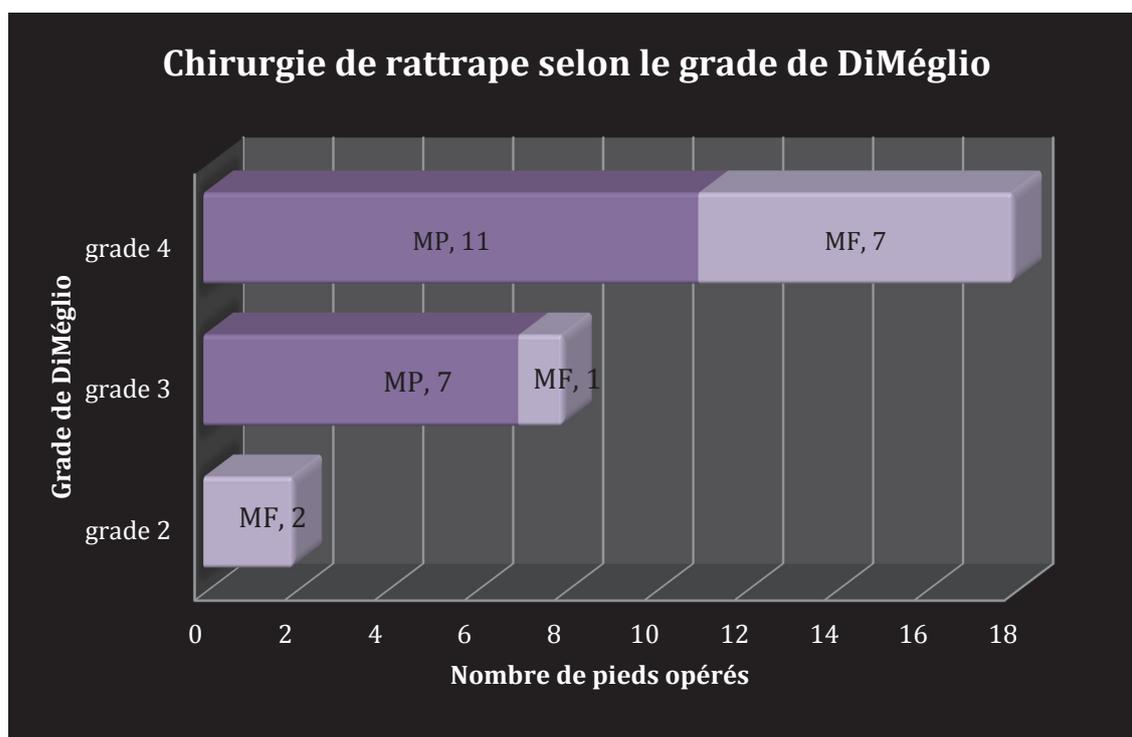


figure 6 : Risque de chirurgie selon le score de gravité initiale

Ainsi dans ce travail, plus le stade de gravité initial est élevé et plus le risque d'être opéré augmente.

e) influence de la chirurgie

Sur 63 pieds opérés (toutes interventions confondues), 57 soit 92% ont eu un résultat positif versus 100% pour les 37 pieds non opérés.

La ténotomie d'Achille (TA) dans la MF n'a pas permis d'obtenir de meilleurs résultats puisque les patients ténotomisés et non-ténotomisés ont obtenus tous deux 95% de résultats positifs.

En ce qui concerne cette ténotomie d'Achille, l'âge auquel a eu lieu l'intervention est un facteur influençant le résultat final : plus elle est réalisée précocement, plus son résultat en est satisfaisant ($p=0,00176$).

Sur la figure 7, on remarque que les résultats positifs en grande majorité concernent les patients ayant eu une TA avant l'âge de 2 mois.

Cette donnée concerne les patients de la MPm, puisque seuls 4 patients de la MF ont eu une TA et que ce faible chiffre ne permet pas de conclure sur une meilleure efficacité en fonction de l'âge.

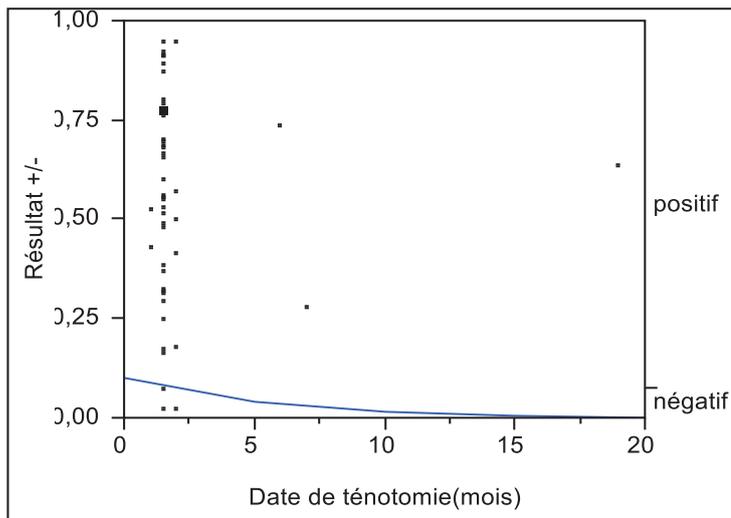
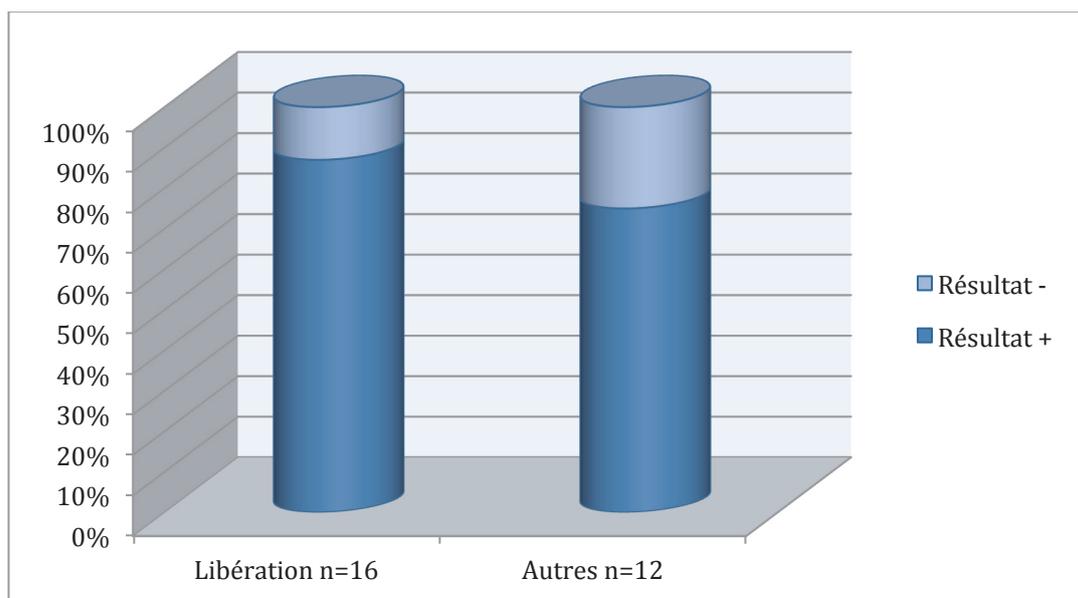


figure 7 : Résultats selon l'âge lors de la TA

A l'inverse, pour la chirurgie complémentaire, plus elle est réalisée tardivement (>24 mois), sur un pied ayant déjà débuté une partie de sa maturation osseuse, et plus les résultats sont satisfaisants ($p=0,0253$).

Le type de chirurgie réalisée influençait également les résultats : le graphique suivant (figure 8) montre que la chirurgie de libération extensive postéro-médiale permet d'obtenir un bon résultat malgré un geste chirurgical lourd ($p=0,011$).



(autres : ostéotomie de dérotation tibiale, ostéotomie de la base des métatarsiens)

Figure 8 : Résultats selon le type de chirurgie lourde

f) durée de la rééducation

La **rééducation prolongée (> 2ans)** semble être un facteur protecteur, avec une différence significative entre les 2 groupes ($p= 0, 0009$): plus la rééducation était prolongée après la fin du traitement et plus les résultats étaient positifs.

g) durée du port d'attelle

Enfin, le **port prolongé de l'attelle nocturne (> 2ans)**, favorise l'obtention et le maintien d'un résultat positif.

Chez les patients ayant prolongé le port de l'attelle nocturne au-delà de 2 ans, 97% ont eu un résultat positif alors que pour les patients n'ayant pas poursuivi le port de l'attelle, 88% ont eu un résultat positif ($p=0,001$).

Si l'on considère les 2 groupes de traitement, sur les 6 résultats négatifs, 5 (85%) faisaient partis du groupe n'ayant pas prolongé le port de l'attelle au-delà de 2 ans.

Pour le groupe MPm, 57% des patients (8/14) n'ayant pas porté l'attelle ont nécessité une intervention chirurgicale complémentaire alors que ce taux n'était que de 38% (11/29) pour ceux ayant poursuivi le port de l'attelle (tableau 10). Pour le groupe MF, ces chiffres sont respectivement de 29% (4/14) et 18% (6/33).

	MP	MF
Port de l'attelle < 2ans	57%	29%
Port de l'attelle >2 ans	38%	18%

Tableau 10 : Taux d'intervention chirurgicale (hors TA) selon la durée du port de l'attelle

E) DISCUSSION

Le but de cette étude était de comparer rétrospectivement la méthode fonctionnelle et la méthode de Ponseti utilisées dans le traitement des pieds bot varus équin (PBVE) idiopathiques dans l'un des 2 centres de chirurgie orthopédique pédiatrique de Nice. Les 2 centres considérés utilisaient pour l'un exclusivement une méthode Ponseti modifiée, pour l'autre, une méthode fonctionnelle.

L'objectif principal était d'évaluer l'efficacité de chacune des 2 méthodes selon le score de Ghanem et Seringe.

Les objectifs secondaires étaient :

- d'évaluer si une méthode permet de diminuer plus que l'autre le taux de chirurgie de rattrapage
- d'évaluer quels paramètres peuvent interférer dans le résultat et favoriser le risque de récurrence, notamment le score de Diméglio initial.

Trois points importants sont à noter pour cette série :

Tout d'abord, le choix du traitement s'est fait au hasard, en fonction du lieu de présentation du patient. Même s'il ne s'agit pas d'une série prospective comparative de type « cas témoin », il n'existe néanmoins pas de biais de sélection du traitement en fonction du patient dans ce travail.

De plus, les 2 groupes de patients ont été analysés par une personne indépendante des 2 opérateurs concernés par la prise en charge des patients.

Enfin, la méthode Ponseti appliquée dans notre étude n'est pas stricto sensu la méthode décrite par Ponseti. En effet, dans ce travail, la MP a consisté en une série de 5 plâtres puis d'une ténotomie sous anesthésie générale suivie d'une immobilisation plâtrée de 3 semaines, comme dans la technique initiale ; mais elle a été poursuivie par des séances de manipulations kinésithérapiques, ce qui en fait presque une « technique mixte ».

Nilgun (76), dans son étude sur les pieds bots, avait déjà introduit cette modification dans l'application de la MP classique. Son objectif était de déterminer l'intérêt d'un programme de kinésithérapie intensive en tant qu'adjuvant à la MP en comparant deux groupes de patients : le premier n'ayant que des stimulations parentales au domicile et le second bénéficiant de séances de kinésithérapie régulières. Il concluait à une amélioration de l'efficacité de la méthode, en instaurant un programme de kinésithérapie suite à la série de plâtre.

1) Efficacité de chacune des 2 méthodes (selon le score de Ghanem et Seringe)

Dans la littérature, la supériorité de l'une ou l'autre des 2 techniques est controversée. Peu d'articles comparent les résultats des 2 traitements de façon objective.

Chotel (77) évalue les résultats de la méthode Ponseti appliquée à Lyon en les comparant à la série de Wicart, appliquant la méthode fonctionnelle. Dans cette étude chaque chirurgien analysait sa propre population de patients dans son hôpital respectif ; dans notre étude l'analyse a été faite par une tierce personne, diminuant ainsi les biais.

Selon Chotel, la méthode Ponseti donnerait de meilleurs résultats, permettant notamment de diminuer les indications de chirurgie de libération extensive.

Cette différence de résultat serait notamment observée pour les enfants présentant un pied bot sévère ou très sévère (grade 3 et 4); aucune différence entre les 2 méthodes n'a été mise en évidence pour les grades 2. Cela pourrait être attribué non seulement au fait que la ténotomie fasse partie intégrante des étapes du traitement mais également au fait que le geste soit réalisé relativement précocement, sur des tissus mous encore souples.

Pour Falks (78), les 2 méthodes sont d'efficacité équivalente. L'étude a été réalisée dans un établissement utilisant les 2 méthodes. Une libération postéro-médiale a pu être évitée dans 84% des cas. Une correction satisfaisante a été obtenue dans 95% des cas initialement ; le maintien de la correction représente dans leur série le défi de la prise en charge du PBVE : une récurrence a été observée chez 37% des patients traités par la MP et 29% des patients traités par la MF, sur une période de 2 ans.

Selon cette même étude, le fait d'introduire la ténotomie d'Achille (TA) dans la MF permettrait de diminuer la nécessité de réaliser des libérations postéro-médiales extensives. Dans leur étude, ils signalent que cette TA doit être réalisée précocement dans la prise en charge, avant 3 mois de vie, afin d'être efficace. Enfin, pour les patients ayant déjà eu un traitement inefficace dans un autre centre, donc ayant été pris en charge en seconde intention, la MP a été plus efficace.

Pour Richards (79) la méthode Ponseti présente plus de risque de récurrence et nécessite une libération extensive plus fréquente que la méthode fonctionnelle.

Dans notre étude, les résultats sont en faveur de la MF, qui donne de meilleurs résultats que la MP selon le score de Ghanem et Seringe (76, 5% du groupe MF ont eu un excellent résultat pour 59% du groupe MP).

D'autre part ce qui fait l'originalité de notre étude, c'est que l'on s'est attaché à analyser un par un les paramètres du score de Ghanem et Seringe. Ainsi, si l'on s'intéresse de façon plus précise à chacun d'entre eux, on se rend compte que certains points apparaissent :

- varus de l'arrière-pied : dans notre étude, la MF a permis d'obtenir une normalisation de l'axe de l'arrière-pied plus souvent que la MPm et ce, de façon significative.

Pour Xu (80), après un suivi de 4 ans sur des patients ayant eu une MP modifiée (2 plâtres par semaine), les résultats ont montré que la persistance d'un varus était moins importante dans le groupe MP modifiée par rapport au groupe MP classique.

- cicatrice : la MPm donne de moins bons résultats esthétiques que la MF, ceci s'explique de façon logique car on retrouve moins de chirurgie extensive dans la MF.

- douleur et chaussage: moins de douleurs étaient observées dans la MF et tous les enfants sauf un portaient des chaussures du commerce. Ce résultat était également en faveur de la MF.

Pour Mac Kay (81), dans sa série concernant l'analyse des résultats du traitement des récurrences chez des patients ayant déjà été traités par la MP, 41% des patients avaient des douleurs, et 90% avaient des chaussures du commerce.

- flexion dorsale (FD) : elle était nettement plus importante dans le groupe MF, de façon significative, aux dépens de la MPm, et ce malgré la TA qui serait censée l'améliorer.

Cela pourrait être attribué au fait que dans notre série, les patients de la MPm ont eu plus souvent recours à la libération extensive, connue pour être à l'origine d'une raideur importante, ainsi que souligné par Van Gelder (82), qui analyse les résultats à long terme de la libération postéro-médiale dans la PEC du PBVE idiopathique. La majorité des patients avaient une limitation de fonction, avec une diminution significative de la FD et de la pronosupination. Il en conclut que la libération extensive est responsable de raideur et donc d'un pied non fonctionnel à long-terme.

Au contraire, pour Gottschack (83), dans son étude comparant les 2 méthodes, la MP permet plus souvent d'obtenir des mobilités normales de la cheville que la MF, 82% versus 48%, notamment en ce qui concerne la FD. L'introduction récente de la TA dans la MF devrait selon lui entraîner une modification des résultats dans les années à venir.

- saut monopodal (SMP) : les patients du groupe MPm avaient plus de difficultés à le réaliser que les patients du groupe MF. Nos résultats concordent avec ceux de Rampal (84), dans sa série de pieds traités par la MF: 2% seulement des pieds avaient une insuffisance tricépitale (difficulté au SMP).

Cela est probablement dû au fait que la TA quasi-systématique (et parfois même parfois itérative) dans la MPm est responsable d'un affaiblissement du triceps.

En revanche, en ce qui concerne l'aspect du dôme talien et la mobilité de la talo-calcaneenne les résultats de notre série sont identiques dans les 2 groupes. Ceci va à l'encontre des conclusions de certains auteurs qui estiment que la MF serait plus pourvoyeuse d'aplatissement du dôme talien en raison des manipulations répétées sur un pied encore en formation. Par exemple dans la série de Rampal (84), les principaux défauts résiduels des pieds après traitement selon la MF étaient l'aplatissement du dôme talien (50%), vu sur un cliché de profil strict, la raideur sous-talienne (45%) et la limitation FD dorsale $<10^\circ$ (50%).

Concernant le niveau d'activités sportives, nous n'avons pas mis en évidence de différence entre les 2 groupes de traitement, ce qui est en accord avec les conclusions de Kenmoku (85), qui évalue les capacités athlétiques des patients ayant eu un bon résultat dans la prise en charge de leur PBVE, pour qui il n'existe pas de différence entre les patients ayant été traité conservativement ou ayant bénéficié d'un traitement chirurgical. Il conclue également qu'un PBVE idiopathique correctement traité ne porte en aucun cas atteinte aux capacités et performances sportives des patients qui en sont atteints.

En revanche, pour les patients de MacKay traités par MP (81), 18% étaient limités dans leurs activités sportives.

Enfin, aucune différence dans l'âge d'acquisition de la marche n'a été mise en évidence entre les 2 techniques, ce résultat ne fait que confirmer une notion déjà bien connue : les enfants présentant un PBVE marcheront à un âge normal, puisqu'en moyenne les enfants « sains » marchent entre 12 et 18 mois.

2) Facteurs influençant le résultat et favorisant les récives

a) Sexe

Dans notre série, le facteur « sexe » a une influence sur les résultats : le sexe féminin serait un facteur protecteur.

Ceci ne concorde pas vraiment avec Cosma (86) et Dobbs (87), qui ne met pas en évidence de relation entre sexe et résultats du traitement.

b) Le diagnostic prénatal (DPN)

Le taux de patient ayant un DPN est en augmentation. Celui-ci permet d'apporter aux parents une information précoce concernant la pathologie de leur enfant. Burgan et al (88) ont ainsi montré que du fait de l'augmentation de l'incidence du DPN, les familles étaient de plus en mesure d'exiger un conseil prénatal de qualité par un spécialiste dans le domaine du PBVE, afin d'améliorer la compréhension de l'histoire naturelle et du traitement.

Dans notre étude, le DPN n'a pas d'influence positive sur les résultats : le taux de résultats positifs pour les patients n'ayant pas eu de DPN était le même que pour les patients l'ayant eu.

c) Caractère uni ou bilatéral

Pour Halanski (89), qui compare la MP et la méthode chirurgicale, il ne faudrait pas ignorer que le fait d'utiliser un pied en tant qu'unité d'analyse peut entraîner une potentielle confusion dans les résultats pour les patients qui ont un pied bot bilatéral.

Dans son étude, El Hawary (90) analyse les résultats du traitement des PBVE par les deux méthodes, en fonction du caractère uni ou bilatéral de la maladie. Il compare dans les 2 groupes les données concernant la fonction active et passive ainsi que des données d'analyse de la marche. Dans le groupe MP, il n'y avait pas de différence significative concernant l'analyse de la marche ou encore la prévalence des anomalies de fonction que l'atteinte soit uni ou bilatérale. Dans le groupe MF, les patients ayant un pied bot unilatéral avaient en moyenne un score de Diméglio initial plus faible (12,43 versus 13,57 pour les pieds bilatéraux), une marche plus rapide et une augmentation de la longueur du pas ; cependant aucune différence concernant la fonction n'a été mise en évidence entre les pieds uni et bilatéraux dans ce groupe.

De façon concordante dans notre travail, il n'a pas été mis en évidence l'influence ni négative ni positive du caractère uni ou bilatéral dans les résultats.

d) Score initial

Dans notre travail, le score de Diméglio initial est prédictif du résultat final : en effet plus le pied est sévère (grade 3 et 4) et plus il a un risque d'avoir un résultat médiocre à la fin du traitement.

De même, plus le stade de gravité initiale est élevé et plus le risque d'être opéré augmente.

Ceci est cohérent avec le reste de la littérature.

Pour Rampal (84), le principal facteur influençant le résultat final est la sévérité initiale du pied selon les grades de Diméglio.

Chotel (77), arrive à la même conclusion : plus le stade de sévérité initial est élevé et moins les résultats sont satisfaisants (mauvais et moyens), et ce de façon plus significative pour la MF.

Diméglio et Pirani (91), concluent que moins le pied est sévère (grade 2) dans la classification de Diméglio et plus les résultats sont bons, pour les enfants âgés de moins de 3 mois lors de la mise en route du traitement par Ponseti et suivis jusqu'à l'âge de 2 ans.

Seule l'étude de Gottschalk (83) ne permet pas de conclure que les pieds sévères auront de moins bons résultats : il compare deux groupes de patients avec un PBVE, chaque groupe étant traité par l'une ou l'autre des méthodes conservatrices, avec pour objectif de déterminer une relation entre la sévérité initiale et les résultats. Il conclue que les enfants avec un pied bot modéré ont les mêmes résultats que ceux avec un pied bot sévère, mais la probabilité d'un geste chirurgical durant la prise en charge est moins importante.

e) Influence de la chirurgie

Si l'on considère tous les types d'intervention, dans notre étude 25% des patients du groupe MF ont été opérés contre 96% des patients pour le groupe MPm. Ces résultats sont à relativiser, puisque dans le groupe MPm la ténotomie d'Achille fait partie intégrante du traitement. Par conséquent vaut donc mieux raisonner en terme de « type de chirurgie », en considérant séparément la TA et la chirurgie plus extensive.

❖ ténotomie percutanée du tendon d'Achille

Dans la MP, seuls les pieds corrigés, avec une flexion dorsale $>20^\circ$ sont épargnés. Dans la MF, l'introduction de la ténotomie percutanée du tendon d'Achille date de 1999 (92).

Depuis, on a pu constater deux phénomènes :

- une augmentation de la réalisation de la ténotomie dans la prise en charge du PBVE dans la MF (alors que jusque-là elle était indiquée pour les pieds présentant un angle T-C sur le profil en flexion dorsale maximale $> 75^\circ$ à l'âge de 6 mois).
- parallèlement, une diminution de la nécessité de recours à la chirurgie de libération extensive

Avant l'introduction de la ténotomie percutanée, Seringe et Attia (64) rapportent une correction insuffisante avec la MF, 51% des patients nécessitant une chirurgie de libération (considérée comme un échec du traitement fonctionnel).

La même équipe réalise une nouvelle étude en 2011(64) qui montre que seulement 21% des patients ont nécessité une chirurgie extensive ; ils concluent que cette diminution nette du taux de chirurgie pourrait être attribuée à l'utilisation croissante de la ténotomie. De même, pour Rampal (84), le nombre de patients nécessitant un geste chirurgical durant la prise en charge devrait diminuer du fait de l'introduction récente de la TA percutanée dans la MF.

Pour Richards et al (79), qui compare la MF et la MP, le taux de correction initiale était égal (95 versus 94,4% respectivement), et les récurrences survenues dans 29 et 34 % des cas respectivement. Cependant, au dernier recul, la MP montrait 72% de bons résultats, 12% modérés et 16% mauvais et la MF 67% de bons résultats, 17% modérés et 16% mauvais. Il en conclue qu'un cross-over entre les 2 traitements pourrait être bénéfique : une TA précoce dans la MF permettrait de diminuer le risque de recourir à une libération postérieure à long terme.

Pour Diméglio (91), le raisonnement est identique : la combinaison du traitement fonctionnel et une TA précoce diminuent le taux et /ou l'importance de la chirurgie.

Dans notre série, seuls 18% des patients traités par MF ont eu une TA associée; ce faible taux ne nous permet pas de conclure sur l'efficacité ou non de cette procédure dans cette méthode.

Il faut noter en outre que la TA n'est pas dénuée de risques, et que bien que très rares, des complications ont été décrites dans la littérature (1 cas de lésions neuro-vasculaires ayant nécessité une exploration avec ligature de l'artère tibiale postérieure et une réparation du nerf tibial postérieur pour Changulani et al (93), un cas de pseudo-anévrysme développé au dépend de l'artère tibiale postérieure pour Burghardt (94).

❖ chirurgie extensive

Aucune des 2 méthodes n'élimine complètement le risque de recourir à une chirurgie plus extensive, et les pieds très sévères restent un challenge.

La fin de la chirurgie extensive était l'objectif initial de la méthode Ponseti : éviter à tout prix ce traitement chirurgical agressif en obtenant le plus rapidement possible un pied plantigrade et mobile.

La méthode fonctionnelle avait elle aussi cet objectif de diminuer la chirurgie. Dans sa première description au BUCH (Bretonneau University Children's Hospital) (95) dans les années 50, elle ne consistait qu'en un « adjuvant » primordial à la chirurgie. Bensahel, qui était formellement

contre la sanction chirurgicale, la considérant agressive et à l'origine d'une rançon fonctionnelle et esthétique, a modifié la prise en charge du PBVE. En effet, en collaboration avec son équipe de rééducation fonctionnelle et en s'appuyant une nouvelle conception de la physiopathologie du PBVE, il a permis d'adopter la « méthode fonctionnelle » comme traitement conservateur. A cette époque, elle fut considérée comme une méthode révolutionnaire basée sur le relâchement des tissus, remplaçant l'étirement, et permettant selon eux une diminution de l'inconfort de l'enfant.

Cette méthode fut diffusée ensuite à travers le monde, permettant à plusieurs équipes de kinésithérapeutes et rééducateurs de se former à cette nouvelle technique.

Certains seraient même prêts à l'appeler « la méthode Bensahel » à l'image de « la méthode Ponseti ».

Il a été montré que la chirurgie extensive de libération postéro-médiale n'était plus d'actualité (79), cette dernière entraînant en fin de traitement un pied raide et douloureux et n'empêchant pas la récurrence.

Rampal (84) montre également dans sa série de 187 patients qu'il existe une différence significative entre les pieds opérés et ceux non opérés : en effet la fréquence des bons et excellents résultats est plus importante dans sa série dans le groupe non opéré. Selon son étude, la chirurgie est un facteur pronostic de mauvais résultat ; il en est de même pour la chirurgie itérative qui augmente d'autant plus ce risque (résultat modéré ou mauvais pour les pieds multi-opérés).

Graf (96), dans une série de 24 patients âgés de plus de 20 ans, a démontré que la correction chirurgicale du PBVE permettait d'obtenir un pied plantigrade et fonctionnel à l'âge adulte mais au prix de douleurs, d'une faiblesse accrue et d'une limitation des amplitudes articulaires.

Cette chirurgie est en outre considérée comme un échec du traitement par les familles, et un des objectifs de notre étude était de démontrer si l'une des méthodes permettait de s'en affranchir.

Dans notre série, en excluant la TA, les patients de la MF étaient moins opérés de chirurgie complémentaire que les patients de la MPm, de manière significative. On peut donc conclure que la MF permet de s'affranchir plus souvent de la nécessité de chirurgie au cours de la prise en charge à court et moyen terme.

❖ chirurgie de complément

Cependant il ne faut pas confondre chirurgie dite « extensive » et « petite » chirurgie de complément venant améliorer un résultat déjà satisfaisant, au prix d'un geste opératoire à minima.

Il ne s'agit pas là d'un échec du traitement instauré initialement, ce qui est bien défini par Diméglio (91). Selon lui, la chirurgie mini-invasive est un complément au traitement fonctionnel avec une chirurgie adaptée à chaque patient, dite « à la carte ». La MF diminuerait la nécessité de recourir à une chirurgie mais ne l'élimine pas complètement ; en particulier l'équin est la déformation la plus difficile à corriger pour les pieds sévères.

Ceci concorde avec notre étude, puisque les patients de la MF n'étaient pas épargnés par la chirurgie et que l'équin est en effet la déformation la plus difficile à corriger pour les pieds sévères : pour les 4 patients de la MF ayant nécessité une TA, il s'agissait de pieds très sévères de grade 4.

f) Délai de prise en charge

Dans notre étude, tous nos patients ont été pris en charge avant le 14^{ème} jour de vie, afin de suivre les recommandations de la littérature.

En effet, à l'exception de rares auteurs (77) qui ont suggéré de meilleurs résultats lorsque le traitement est démarré après un mois comparé à une prise en charge dès la naissance, pour les autres, le traitement doit commencer dès les premières jours après la naissance (7 à 10 jours) afin de profiter de l'élasticité (flexibilité) des tissus. Diméglio (91), recommande même de commencer le traitement dès le jour de la naissance.

Tous nos patients ayant été pris en charge très tôt, nous n'avons pas démontré d'influence de ce paramètre en terme de résultat entre les 2 groupes.

g) Durée de la rééducation

Le temps de réduction des déformations du PBVE dans la MF avoisine les 6 semaines, ce qui est environ égal au temps nécessaire pour obtenir une correction satisfaisante dans la MP. Seul un équin résiduel peut persister nécessitant 2 à 4 semaines supplémentaires de manipulations.

Une fois les déformations corrigées, il est nécessaire de poursuivre les manipulations afin de stabiliser la correction obtenue : ce principe est un devoir dans la MF, elle améliore son efficacité.

Dans 3 séries successives (1980, 1990, 2004), Bensahel (97) a montré l'importance de l'expérience du praticien, le taux de bons et excellents résultats passant de 48 à 77%. De plus, une place importante a été accordée au fait de respecter minutieusement les différentes étapes de la méthode, aucune accélération du traitement n'étant admise.

L'article de Jowett (98) démontre que la méthode fonctionnelle donne les mêmes résultats que la méthode Ponseti en terme de taux de correction mais qu'elle serait moins acceptée par les parents car contraignante quotidiennement.

Il met là le point sur un élément important de la prise en charge : **l'implication des parents**. En effet, selon Bensahel (97), principal promoteur de la MF en France, l'implication des parents est primordiale : elle est l'assurance d'une meilleure efficacité du traitement. La méthode de manipulation est enseignée aux parents afin qu'ils puissent l'appliquer même en dehors des séances de kinésithérapie.

Ceci concorde avec notre série, dans laquelle, sans différence entre les 2 méthodes, plus la rééducation était prolongée (>2 ans) et plus les résultats étaient positifs.

h) Durée de port de l'attelle

Le principal risque d'un PBVE, même bien traité initialement, c'est la **récidive**, car il s'agit d'une pathologie soumise à la croissance (récidive complète ou partielle, d'une ou plusieurs composantes de la déformation). Le principal facteur de risque de récurrence reconnu est l'abandon précoce de l'attelle.

Morcuende (99) a montré que la MP apportait d'excellents résultats avec un taux de correction de 90% mais que la non-compliance à l'attelle constituait une cause majeure de récurrence. Sans un programme minutieux d'immobilisation par attelle, le taux de récurrence dépasse les 80%. Ceci est à comparer avec le taux de récurrences de seulement 6% chez les familles compliantes.

Il montre que l'éducation parentale et son implication dans les soins sont primordiales. Trente familles ayant eu un enfant traité par MP se sont vues proposées un questionnaire au terme des 4 ans de soins. Tous les enfants avaient maintenus l'attelle pendant 4 ans après les séries de plâtre. L'objectif était d'identifier quels aspects de la méthode semblaient difficiles pour les parents. Il conclut qu'une relation solide parents-soignants et qu'une information claire et complète de la pathologie ainsi

que de son traitement dès le début de la prise en charge, permettaient clairement de diminuer les difficultés rencontrées par les familles au cours des soins. Deux biais sont retrouvés dans cette étude cependant : d'une part, elle a été réalisée au sein d'une clinique ce qui laisse présager d'un niveau social élevé et non représentatif de la population générale; d'autre part, les patients qui n'ont pas porté l'attelle durant les 4 ans ont été exclus, or on peut imaginer que justement ce sont les patients qui ont arrêté précocement le traitement qui ont probablement rencontré le plus de difficultés.

Pour Morin (100), une meilleure communication entre parents et soignants améliore les résultats, mettant l'accent sur le fait que le maintien prolongé de l'attelle représente la plus importante phase du traitement, permet de diminuer significativement le risque de récurrence dans la MF.

Pour Richards (79) la méthode Ponseti donne plus de récurrence que la MF, mais dans sa série, les attelles instituées après la série de plâtre n'ont été maintenues que 2 ans, durée considérée comme insuffisante selon Ponseti. Chotel (77) met d'ailleurs l'accent sur cette notion : dans son étude le port de l'attelle est prolongé jusqu'à l'âge de 3-4 ans ; et selon lui cela pourrait expliquer son taux d'excellents résultats pour la MP (94%).

Nos résultats sont comparables à ceux de la littérature : les patients portant l'attelle prescrite plus de 2 ans après la fin des manipulations de kinésithérapie ou des séries de plâtres ont plus de résultat positif que ceux qui ont arrêté plus tôt (97% vs 88%).

L'étude réalisée par Ramirez et al (101) vise à mettre en évidence la cause de cette non-compliance au port de l'attelle en posant 2 questions :

- s'agit-il de difficultés techniques liées à l'utilisation de l'attelle ?
- ou est-ce lié au niveau socio-démographiques des parents (niveau d'éducation, niveau culturel ou encore niveau financier) ?

Il conclue qu'il s'agit de difficultés dans l'utilisation des attelles et que les paramètres socio-démographiques n'ont aucun lien avec la survenue de récurrences par non-compliance.

En revanche pour d'autres auteurs (78), la compliance des parents à utiliser l'attelle après la correction initiale est en rapport avec leur niveau d'éducation, et est le facteur le plus influent dans les résultats cliniques.

De même, Avilucea et al (102) ont mis en évidence les critères suivants d'augmentation du risque de récurrence :

- familles mono-parentales (parents divorcés),
- absence d'assurance privée,
- salaire annuel < 20000 \$ par an et
- niveau scolaire des parents ne dépassant pas le secondaire.

Dans notre étude, ces facteurs n'ont pas pu être analysés du fait de la difficulté à obtenir ce genre de renseignements. Il s'agit peut-être là d'un point qu'il aurait fallu approfondir afin de pouvoir expliquer pourquoi le résultat final est différent chez deux enfants ayant un score de Diméglio initial identique. Ce facteur rejoint d'ailleurs celui abordé précédemment concernant l'implication primordiale des parents aux soins et au suivi au long cours et la rééducation.

De ces résultats on peut en tirer 2 conclusions importantes:

- d'une part, le port prolongé de l'attelle semble protéger du risque de recours à la chirurgie dans les 2 méthodes ;
- d'autre part, et comme dit précédemment, la MP serait d'autant plus concernée : le port prolongé de l'attelle dans la MP influence davantage le risque de récurrence et donc de chirurgie que dans la MF. Un suivi strict du port de l'attelle est donc nécessaire dans la MP. L'amélioration de la compliance des parents et enfants au port de l'attelle est donc un des challenges dans cette technique.

A partir de ces constatations, on pourrait proposer une série de mesures afin d'améliorer l'implication des parents, de favoriser le suivi, et de diminuer le risque de récurrence à moyen et long terme :

1. Améliorer la compliance à l'attelle

Les familles les plus compliantes sont celles qui comprennent la méthode de traitement et l'importance du port de l'attelle.

2. Education permanente

Saisir chaque opportunité pour expliquer aux familles la méthode de traitement.

3. Les instructions

Ecrites, elles sont très utiles quand elles sont disponibles. Souvent, l'écrit est plus convaincant que les informations données oralement.

4. Instaurer un climat d'écoute et de partage des informations

Pendant la mise en place du plâtre ou la séance de kinésithérapie, profiter pour discuter de la méthode thérapeutique et insister sur l'importance de l'attelle qui va maintenir la correction. Répondre aux questions de la famille.

5. Préparer la famille à l'attelle

Anticiper le fait que les échecs sont le plus souvent secondaires à un manque de compliance à l'attelle. Il faut répéter l'importance de cette phase dans le traitement et faire comprendre à la famille que maintenir la correction avec l'attelle est aussi important que l'obtenir avec les plâtres et la ténotomie.

6. Responsabiliser

Une fois la correction obtenue, il faut clairement responsabiliser la famille pour maintenir la correction avec l'attelle. Donner cette responsabilité au père peut être utile dans certains cas.

7. Apprendre aux parents à mettre l'attelle

Montrer comment mettre l'attelle. L'enlever puis demander aux parents de la remettre en place sous contrôle d'un soignant. Être certain que l'enfant soit bien installé dans son attelle. Si ce n'est pas le cas, il faut l'enlever et voir s'il n'y a des irritations cutanées avec des rougeurs.

Par ailleurs, la récurrence d'une composante de la déformation vers l'âge de 6-7 ans, âge soumis à une importante et rapide croissance au niveau des pieds, ne constitue en aucun cas un échec et ne nécessite pas une intervention chirurgicale d'emblée : une reprise du traitement, éventuellement par des séries de plâtres correcteurs ou des séances de manipulations provisoires, peut en effet contrer cette récurrence.

Au cours de la dernière décennie, la MP a été acceptée à travers le monde comme le traitement le plus efficace et le moins cher du pied bot.

La MP permettrait en effet de diminuer le coût de prise en charge du PBVE puisque durant la première année, aucune séance de kinésithérapie n'est prescrite dans la MP (103). Cette méthode voit son intérêt augmenter dans les pays en voie de développement, d'autant plus que dans ces pays il existe peu de chirurgiens orthopédistes et qu'il est plus simple et moins coûteux de former un kinésithérapeute. De même pour Morcuende (104), la MP représente également le « gold standard » dans les LMICs (low and middle-income countries) pour la prise en charge du PBVE, du fait de son rapport coût-efficacité et de sa simplicité.

Cependant, la prise en charge optimale future du PBVE sera très probablement à mi-chemin entre les 2 méthodes ; à partir de là on pourra s'attendre à une amélioration des résultats et à une nette diminution des récurrences.

Selon Diméglio (91), la « méthode hybride », également appelée « la 3^{ème} voie », combinant les avantages des deux méthodes, représenterait l'avenir de la prise en charge du PBVE. Plutôt que de les comparer en tant que méthodes concurrentes, il s'agirait plutôt de réconcilier les disparités entre ces dernières afin de profiter des avantages de chacune d'entre elles. Si l'on regarde l'objectif de chacune des deux méthodes, on se rend compte qu'il est similaire : diminuer le risque de récurrence de la déformation à moyen et long terme et ainsi éviter la chirurgie (ou du moins son importance).

F) CONCLUSION

L'évaluation difficile de la sévérité du PBVE et de la qualité des résultats thérapeutiques alimente la controverse entre les auteurs.

Les techniques de réduction de la déformation initiale utilisées sont éminemment variables selon les écoles, allant de la correction ambulatoire par plâtres successifs, à la mobilisation quotidienne.

Les 2 méthodes principales (MP et MF) utilisées pour le traitement du PBVE sont des méthodes non invasives ayant pour but d'éviter le geste chirurgical.

La méthode Ponseti est devenue le « gold standard » dans la prise en charge du PBVE dans le monde ; cependant en France la méthode fonctionnelle demeure la plus populaire.

Il faut bien comprendre que la prise en charge du PBVE dépasse largement le simple acte technique de correction de la déformation. Il est fondamental d'inclure un accompagnement et une éducation de la famille, seul gage de réussite dans ce long périple que représente le traitement.

On peut conclure suite à cette étude que

- La MF permet d'obtenir de meilleurs résultats selon le score de Ghanem et Seringe que la MPm ; notamment pour les critères morphologiques : obtention d'un pied normo-axé et d'une adduction faible, pour les critères radiologiques : une divergence talo-calcannéenne $>15^\circ$ et enfin pour les critères fonctionnels : une flexion dorsale à 20° et un saut monopodal possible
- La MF expose moins au risque d'une chirurgie de rattrapage, cette dernière représentant comme un échec de la prise en charge
- Le score de Diméglio initial influe sur le résultat final : plus le grade initial est élevé et moins les résultats sont bons
- Enfin plusieurs paramètres sont des facteurs de risque de mauvais résultat dans la prise en charge du PBVE : une chirurgie précoce (notamment les ostéotomies), le sexe masculin, et enfin la non-compliance du couple parents/enfant au port de l'attelle et à la rééducation prolongée.

Néanmoins, les résultats de ces 2 méthodes mériteraient d'être évalués chez des patients ayant terminé leur croissance, à maturité osseuse, ainsi que préconisé par Bensahel (97); en effet une évaluation des résultats chez l'enfant ou le jeune adolescent ne tient pas compte des potentielles modifications que la croissance va engendrer.

REFERENCES

1. Moulies D. -Tanguy A., *Le pied de l'enfant, chirurgie et orthopédie*, ed. Sauramps Médical.
2. Sobel E., Levitz S., Caselli M., Brentnall Z. and Tran M.Q., *Natural History of the rearfoot angle: preliminary values in 150 children*. *Foot ankle Int* 1999;20:119-23.
3. Gould N., Moreland M., Alvarez R., Trevino S. and Fenwick J., *Development of the Child's arch*. *Foot ankle* 1989;9:241-245.
4. Cashmere T., Smith R. and Hunt A., *Medial longitudinal arch of the foot: stationery versus walking measures*. *Foot Ankle Int* 1999;20:112-18.
5. Daly P.J., Kitaoka H.B. and Chaos EYS, *Plantar fasciotomy for intractable plantar fasciitis: clinical results and biomechanical evaluation*. *Foot ankle* 1992;13/188-95.
6. Sharkey N.A., Ferris L. and Donahue S.W., *Biomechanical consequences of plantar fascial release or rupture during gait: part I: disruption in longitudinal arch conformation*. *Foot ankle* 1998;19-812-20.
7. Lundberg A., Svensson O.K., Bylund C. and Selvik G., *Kinematics of the Ankle/foot complex-part 3: influence of leg rotation*. *Foot ankle* 1989;9:304-09
8. Ouzounian T.J. and Shereff M.J., *In vitro determination of midfoot motion*. *Foot and ankle* 1989; 10: 140-146.
9. Seringe R. *PBVE congenital*-*Acta Orthop. Belg.*, 1999, 65,127-153
10. Wynne-Davies R., Littlejohn A. Gormley J., *Aetiology and interrelationship of some common skeletal deformities*. *J. Med. Genetics*, 1982, 19, 321-328.
11. Cowell H.R., Wein B.K., *Genetic aspects of clubfoot (current concept review)*. *J. Bone Joint Surg.*, 1980, 62A, 1381-1384.
12. Clavert J.M., *Pathogénie du PBVE congénital*. In: Carliez H. et Opus J.G. *Pied bot varus équin congénital*. Cahier d'enseignement de la S.O.F.C.O.T n° 43, Paris, Expansion Scientifique Française, 1993, 33-40.
13. Victoria-Diaz A., Victoria-Diaz Ph D *Pathogenesis of idiopathic clubfoot*. *Clin. Orthop.*, 1984, 185, 14-24

14. Sodre H., Bruschini S., Mestriner L.A. et al, *Arterial abnormalities in talipes equinovarus as assessed by angiography and the doppler technique*. J.Pediatr.Orthop., 1990, 10, 101-104.
15. Feldbrin Z., Gilai A.N., Ezra E et al., *Muscle imbalance in the aetiology of idiopathic clubfoot*. J.Bone Joint Surg., 1995,77B, 596-601.
16. R. Kohler, P. Chrestian, R. Parot, F. Chotel, *Histoire du traitement du pied bot varus équin*.
17. Farabeuf L.H, *Précis de manuel opératoire*, Paris:4th eds Masson 1893
18. Hudson A., Van Langelaan E.J., Spoor C.W, *The talocrural mechanism and tibiotalar delay*. Acta Morphol Neerl-Scand 1986:24:296.
19. Ponseti I.V., *Congenital clubfoot fundamentals of treatment*, New York, Oxford University Press, 1996.
20. Seringe R., *Anatomie pathologique du PBVE.I. Les défauts ostéo-articulaire à la naissance*. Ann. Chir., 1997,31, 107-111.
21. Epeldegui T., Delgado E., *Acetabulum pedis. Part II: talocalcaneonavicular joint socket in clubfoot*. J.Pediatr.Orthop., part B., 1995, 4, 11-16.
22. Manes E., Costa C.M., Innao V. *La cura del piede torto congenito*. Chir Organi Mov 1975 ; 62 : 301-304
23. Catterall A., *Clinical assessment of clubfoot deformity*. In: Simons GW. Ed. The clubfoot. New York: Springer Verlag, 1994:92-3.
24. Diméglio A., *Classification of clubfoot*. In: Epeldegui T, ed. Update and controversies on clubfoot. Madrid: A. Madrid Vicente. Ediciones, 1993: 88-95.
25. Bensahel H., Diméglio A., Souchet Ph. *Final evaluation of clubfoot*. JPO 1995 ; 4 : 137-141
26. Ghanem I., Seringe R., *Comparaison des méthodes d'évaluation des résultats du traitement du PBVE congénital*. Rev. Chir. Orthop 1995.81.616-621.
27. Seringe R., Atia R., *PBVE congénital idiopathique: résultats du traitement fonctionnel (269 pieds)*. Rev. Chir. Orthop. 1990.76.490-501.
28. Ponseti I.V, *Treatment of congenital clubfoot* J.Bone Joint Surg. 1992,74 A, 448-454.

29. Masse P, *Le traitement du pied bot varus équin par la méthode "fonctionnelle"*. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT, Le PBVE, Expansion scientifique française, n°3, 1977,51-56.
30. Métaizeau J.P, Lemelle J.L. *Continuous passive motion in the treatment of the congenital clubfoot*. Med.Orth.Tech., 1991, 111, 194-198.
31. Denham RA, *Congenital talip equino-varus*. J Bone Joint Surg 1967:49B:583.
32. Petri C.H., *Über den angeborenen klumpfuss*. Ther Umschau 1971:5:309-14.
33. Radke J., Janssen R, *Zur klinik und therapie des angeborenen klumpfusses*. Med Monatsschr 1974:7:293-6.
34. Bensahel H., Degrippes Y., Billot C., *A propos de 600 cas de pied bots*. Chir ped 1980:21:335-342.
35. Berard J., *Le traitement non opératoire du PBVE*. In Moulies D., Tanguy A. *Chirurgie et orthopédie du pied*. Montpellier Sauramps med 1988: 203-209.
36. Ghali N., Smith R., Clayden A., Silk F.,*The result of plantalar reduction in management of the congenital talipes equinovarus*. J Bone Joint Surg 1983: 65B: 1-7.
37. Karski T., Wosko I., *Experience in the conservative treatment of congenital clubfoot in newborns and infants*. J Pediatr Orthop 1989:9/134-136.
38. Mac Kay D.W., *New concept of and approach to clubfoot treatment: section II- Correction of the clubfoot*. J Pediatr Orthop 1983:3: 10-21.
39. Nather A., Bose K., *Conservative and surgical treatment of clubfoot.*, J Pediatr Orthop 1981:7:42-48.
40. Pous J.G., Milon E., *Variations stratégiques et techniques au traitement initial*. Cahier d'enseignement de la SOFCOT n°43. Paris: Expansion Scientifique française, 1993:65-72.
41. Taussig G., *La méthode dite fonctionnelle du traitement du PBVE*. J Réadap Med 1983:3 n°5:167-172.
42. Wedge J., Alms M., *A method of treating clubfeet with malleable splints*. J Pediatr Orthop 1983:3: 149-154.
43. Delpech J.M, *Considérations sur la difformité appelée pieds bots*. Paris &: Montpellier, Gabon & Cie, 1823, 184-192.
44. Harrold A.J, Walker C.J, *Treatment and prognosis in congenital clubfoot*. J Bone Joint Surg 1983:65B:8-11

45. Aronson J., Puskarish C.L., *Deformity and disability from treated clubfoot*. J Pediatr Orthop 1990;10:109-119.
46. Hutchins P.M, Foster B.K, Paterson D.C, Cole E.A, *Long term results of early surgical release in clubfeet*. J Bone Joint Surg 1985;67B:791-799.
47. Pous J.G, DiMéglio A., *Neonatal surgery in clubfoot*. Orthop Clin North Am 1978;9:233-270.
48. Yamamoto H., Muneta T., Morita S. *Non surgical treatment of congenital clubfoot with manipulation, cast, and modified Denis Browne splint*. J Pediatr Orthop 1998;18:538-542.
49. Bensahel H., Catterall A., DiMéglio A., *Practical application in idiopathic clubfoot: a retrospective multicentric study in EPOS*. J Pediatr Orthop 1990: 10:186-188.
50. Seringe R., Chedeville R., *Le pied bot au présent. Traitement non chirurgical*. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT n°4. Paris : Expansion scientifique française 1993: 41-53.
51. Chastan B., *Rééducation des pieds bots*. Ed Frison-Roche. Paris, 1993.
52. Chedeville R., Carriou Vilalonga J., *Kinésithérapie orthopédique pédiatrique*. Paris: 1991:Masson:66-78
53. Gaubert J., Delprat J., Bardier M., *Notre conduite thérapeutique du traitement orthopédique du PBVE métatarsus*. Annales de Réadaptation et de Médecine Physique 1985;28:37-45.
54. DiMéglio A., Bonnet F., Mazeau P., De Rosa V., *Orthopaedic treatment and passive motion machine: consequences for the surgical treatment of clubfoot*, J Pediatr Orthop 1996;5:173-180.
55. Richards B.S., Wilson H., Johnston C.E., *Non-operative Hjelmsstedt E.A., Sablstedt B.O. -Arthrography as a guide in the treatment of congenital clubfoot*. Acta. Orthop.Scand., 1980, 51, 321-324.
56. Jones R.in Tachdjian, *The child's foot*. Philadelphia, Saunders Cie, 1985:176-186.
57. Fixsen J., Lloyd-Roberts G., *The foot in childhood*. Edimbourg: Churchill Livingstone 1988:36-39.
58. Simons G.W.,Tachdjian M.O, *Treatment of clubfeet from birth to 2 years of age*. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Paris: Expansion Scientifique Française 1977:3:31-50.

59. Doliveux P., *Le pied d'Hippolyte*. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT n°43. Paris: Expansion Scientifique Française, 1993: IX-XIII.
60. White W.F., *Flexor muscle slide in the spastic hand*. J Bone Joint Surg 1972: 54B: 453-459.
61. Banks H.H., Green W.T., *Correction of equines deformity in cerebral palsy*. J Bone Joint Surg 1958: 40A: 1359-1379.
62. Forster et Al., *Results of percutaneous tendo achillis lengthening*. J. Pediatr Orthop 1996: 16:549.
63. Delgado M.R., Wilson H., Johnston T., Richards S., Karol L., *A preliminary report of the use of botulinum toxin type A in infants with clubfoot: four case studies*. J Pediatr Orthop 2000: 20 (4):533-8
64. Seringe R., Atia R., *PBVE idiopathique: résultats du traitement fonctionnel (269 pieds)*. Rev Chir Orthop 1990: 76: 490-501.
65. Browne D., *Talipes equinovarus*. Lancet: 1934:2:969.
66. Yamamoto H., Furuya K., *Treatment of congenital clubfoot with modified Denis-Browne splint*. J Bone Joint Surg 1990:72B:460-463.
67. Bensahel H., Guillaume A., Csukonyi Z., Themar- Noel C., *The intimacy of clubfoot: the ways of functional treatment*. J Pediatr Orthop 1994: 3B:155-160.
68. Taussig G., *La méthode dite fonctionnelle du traitement du PBVE congenital*. J réadapt Med 1983:3 n°5:167-172.
69. Seringe R., Herlin P., Kohler R. et Coll., *A new articulated splint for clubfoot*. In: Simons G. Clubfoot. New York, Springer Verlag 1992.
70. Nather A., Bose K., *Conservative and surgical treatment of clubfoot*. J Pediatr Orthop 1981:7: 42-48.
71. Bensahel H., Guillaume A., *La rééducation dans le traitement du PBVE*. Encycl Med Chir, Kinésithérapie, Fasc, 26428: B10: 1-8.
72. Turco V.J., *Present management of idiopathic clubfoot*. J Pediatr Orthop 1994:3:149-154.
73. Ponseti I.V., *Common errors in the treatment of congenital clubfoot*. International Orthopedics (SICOT) 1997: 21: 137-141.
74. Seringe R., *Le PBVE congénital: étude radiologique*. Ann. Chir. Infant., 1977,18, 97-114.
75. Stevens P.M., Otis S., *Angle valgus and clubfoot*. J.Pediatr. Orthop., 1999, 19, 515-517.

76. Nilgun B., Suat E., Engin S. I., Fatma U., Yakut Y. *Short-term results of intensive physiotherapy in clubfoot deformity treated with the Ponseti method.* Pediatrics International. 53(3):381-385, June 2011.
77. Chotel F, Parot R, Seringe R, Bérard J, Wicart P. *Comparative Study: Ponseti Method versus French Physiotherapy for Initial Treatment of idiopathic Clubfoot deformity;* JPO 2011; 31: 320-325.
78. Faulks S. *Ponseti and French Functionnal Methods are equally effective.* Chir Orthop Relat Res (2009) 467 : 1278-1282.
79. Richards BS, Faulks S, Rathjen K.E et al. *A comparison of two nonoperative methods of idiopathic clubfoot correction: the Ponseti method and the french functional (physiotherapy) method.* J Bone Joint Surg Am. 2008; 90 :2313-2321.
80. Xu RJ. *A modified Ponseti Method for the treatment of idiopathic clubfoot : a preliminary report.* JPO 2011 ; 31 : 317-319.
81. McKay S., Dolan L., Morcuende J.A. *Treatment Results of Late-relapsing Idiopathic Clubfoot Previously Treated With the Ponseti Method.* Journal of Pediatric Orthopaedics. 32(4): 406-411, June 2012.
82. Van Gelder J., Van Ruiten A., Visser J.A., Maathuis P. *Long-term results of the Posteromedial Release in the Treatment of Idiopathic Clubfoot.* Journal of Pediatric Orthopaedics. 30(7): 700-704, October/November 2010.
83. Gottschalk H., Karol L., Jeans K.A. *Gait Analysis of Children Treated for Moderate Clubfoot With Physical Therapy Versus the Ponseti Cast Technique.* Journal of Pediatric Orthopaedics. 30(3): 235-239, April/May 2010.
84. Rampal V., Chamond C., Barthes X., Glorion C., Seringe R., Wicart P. *Long-term Results of Treatment of Congenital Idiopathic Clubfoot in 187 Feet: Outcome of the Functional "French" Method, if Necessary Completed by Soft-tissue Release.* Journal of Pediatric Orthopaedics. 33(1):48-54, January/February 2013.F.
85. Kenmoku T., Kamegaya M., Saisu T., Ochiai N., Iwakura N., Iwase D., Takahashi K., Takaso M. *Athletic Ability of School-Age Children After Satisfactory Treatment of Congenital Clubfoot.* Journal of Pediatric Orthopaedics. 2013, 33(3): 321-325
86. Cosma D., Vasilescu D., Vasilescu D., Valeanu M. *Comparative results of the conservative treatment in clubfoot by two different protocols.* JPO B, Sept 2007; 16 : 317-321

87. Dobbs M., Rudzki J.R, Purcell D.,Walton T., Porter K.,Gurnett C. *Factors predictive of outcome after use of the ponseti method for the treatment of idiopathic clubfeet.* The Journal of Bone and Joint Surgery-American, Janv 2004; 86: 22–27
88. Burgan H., Furness M., Foster B. *Prenatal Ultrasound Diagnosis of Clubfoot.* JPO 1999; 19: 11-13
89. Halanski M., Davison J., Huang J-C.,Walker, Cameron G.,Walsh, S., Crawford H. *Ponseti Method Compared with Surgical Treatment of Clubfoot: A Prospective Comparison.* The Journal of Bone and Joint Surgery-American Fev 2010; 92: 270-278
90. El-Hawary R., Karol L., Jeans K., Richards B.S. *Gait Analysis of Children Treated for Clubfoot with Physical Therapy or the Ponseti Cast Technique.* The Journal of Bone and Joint Surgery-American Juill 2008; 90-A: 1508-1516
91. A. Diméglio, F. Canavese, *The French fonctionnal physical therapy method for the treatment of congenital clubfoot,* JPO B 2012, 21: 28-39.
92. Iltar SJ, *Treatment of clubfoot with the Ponseti method: should we begin casting in the newborn period or later ?*Foot Ankle Surg. 2010 ; 49 : 426-31
93. Changulani M., Garg NK, Ragagopal TS et al, *Treatment of idiopathic clubfoot using the Ponseti Method: initial experiences.* JBJS 2006, 88-B : 1385-1387.
94. Burghardt R, Herzenberg JE, Ranade A, *Pseudoanevrism after Ponseti percutaneous Achilles tenotomy : a case report.* JPO 2008, 28 : 366-369.
95. H. Bensahel, B. Bienayme, P. Jehanno, *History of the fonctionnal method for conservative treatment of clubfoot.* Journal Child Orthop (2007) 1 : 175-176.
96. Graf A., Hassani S., Krzak J., Long J., Caudill A., Flanagan A., Eastwood D., Kuo K., Harris G., Smith P. *Long-Term Outcome Evaluation in Young Adults Following Clubfoot Surgical Release.* JPO Juin 2010 ; 30 : 379-385.
97. H. Bensahel, P Jehanno, J-P Delaby, C. Themar-Noël, *Conservative treatment of clubfoot: the Fonctionnal Method and its long-term follow-up.* Act Orthop Traumatol Turc 2006 ; 40 (2) : 181-186.

98. C.R Jowett, J.A Morcuende, M.Ramachandran, *Management of congenital talipes equinovarus using the Ponseti method*, JBJS 2011, Vol 93-B, Issue 9 : 1160-1164.
99. Morcuende JA, Abbasi D, Dolan LA, Ponseti IV. *Results of an accelerated Ponseti protocol for clubfoot*. JPO 2005 ; 25 : 623-626.
100. Morin M., Hoopes D. M., Szalay E.A. *Journal of Pediatric Orthopaedics. Positive Communication Paradigm Decreases Early Recurrence in Clubfoot Treatment*. JPO Mars 2014; 34:219-222.
101. Ramirez, N., Flynn, J., Fernandez, S., Seda, W., Macchiavelli, R. E. *Orthosis non compliance after the Ponseti method for the treatment of idiopathic clubfeet: a relevant problems that need reevaluation*. JPO 2011 ; 31 : 710-715.
102. Avilucea F, Szalay E, Bosch P, et al. *Effect of cultural factors on outcome of Ponseti treatment of clubfeet in rural America*. J Bone Joint Surg. 2009;91: 530–540
103. Chotel, R. Parot, A. Fassier, K. Abelin-Genevois, R. Kohler, J.Bérard, *Traitement du pied bot selon la méthode de Ponseti, expérience lyonnaise de 13 ans (1999-2012)*. In : Cottalorda J. Monographie de la SOFOP. Sauramps Medical, Mars 2012 Montpellier, p : 253-266.
104. Rosalind M. O., John Norgrove P., Andrew Mayo J. Morcuende J.A. and Christopher B.D Lavy. *A collaborative public health approach to clubfoot intervention in 10 low-income and middle- income countries : 2-year outcomes and lessons learnt*. JPO B 2012 ; 21 : 361-365.

SERMENT D' HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette faculté, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate,

Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'Honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses, que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes condisciples si j'y manque.

