



Allongements osseux progressifs des membres inférieurs par fixateur externe TrueLok Hexapod system®. A propos de 58 cas

Adrien Roy

► To cite this version:

Adrien Roy. Allongements osseux progressifs des membres inférieurs par fixateur externe TrueLok Hexapod system®. A propos de 58 cas. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-02086541

HAL Id: dumas-02086541

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02086541>

Submitted on 1 Apr 2019

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.



**Allongements osseux progressifs des membres inférieurs
par fixateur externe TrueLok Hexapod system®.
A propos de 58 cas.**

T H È S E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE

Le 23 Octobre 2018

Par Monsieur Adrien ROY

Né le 8 février 1989 à Marseille 08eme (13)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de CHIRURGIE GÉNÉRALE

Membres du Jury de la Thèse :

Monsieur le Professeur JOUVE Jean-Luc

Monsieur le Docteur (MCU-PH) PESENTI Sébastien

Monsieur le Professeur LAUNAY Franck

Monsieur le Professeur ARGENSON Jean-Noël

Président

Directeur

Assesseur

Assesseur

**Allongements osseux progressifs des membres inférieurs
par fixateur externe TrueLok Hexapod system®.
A propos de 58 cas.**

T H È S E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE

Le 23 Octobre 2018

Par Monsieur Adrien ROY

Né le 8 février 1989 à Marseille 08eme (13)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de CHIRURGIE GÉNÉRALE

Membres du Jury de la Thèse :

Monsieur le Professeur JOUVE Jean-Luc

Président

Monsieur le Docteur (MCU-PH) PESENTI Sébastien

Directeur

Monsieur le Professeur LAUNAY Franck

Assesseur

Monsieur le Professeur ARGENSON Jean-Noël

Assesseur

AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

Président : Yvon BERLAND

FACULTE DE MEDECINE

Doyen : Georges LEONETTI

Vice-Doyen aux Affaires Générales : Patrick DESSI

Vice-Doyen aux Professions Paramédicales : Philippe BERBIS

Assesseeurs :

- * aux Etudes : Jean-Michel VITON
- * à la Recherche : Jean-Louis MEGE
- * aux Prospectives Hospitalo-Universitaires : Frédéric COLLART
- * aux Enseignements Hospitaliers : Patrick VILLANI
- * à l'Unité Mixte de Formation Continue en Santé : Fabrice BARLESI
- * pour le Secteur Nord : Stéphane BERDAH
- * aux centres hospitaliers non universitaires : Jean-Noël ARGENSON

Chargés de mission :

- * 1^{er} cycle : Jean-Marc DURAND et Marc BARTHET
- * 2^{ème} cycle : Marie-Aleth RICHARD
- * 3^{ème} cycle DES/DESC : Pierre-Edouard FOURNIER
- * Licences-Masters-Doctorat : Pascal ADALIAN
- * DU-DIU : Véronique VITTON
- * Stages Hospitaliers : Franck THUNY
- * Sciences Humaines et Sociales : Pierre LE COZ
- * Préparation à l'ECN : Aurélie DAUMAS
- * Démographie Médicale et Filiarisation : Roland SAMBUC
- * Relations Internationales : Philippe PAROLA
- * Etudiants : Arthur ESQUER

Chef des services généraux : * Déborah ROCCHICCIOLI

Chefs de service :

- * Communication : Laetitia DELOUIS
- * Examens : Caroline MOUTTET
- * Logistique : Joëlle FRAVEGA
- * Maintenance : Philippe KOCK
- * Scolarité : Christine GAUTHIER

DOYENS HONORAIRES

M. Yvon BERLAND
M. André ALI CHERIF
M. Jean-François PELLISSIER

PROFESSEURS HONORAIRES

MM	AGOSTINI Serge	MM	FIGARELLA Jacques
	ALDIGHIERI René		FONTES Michel
	ALESSANDRINI Pierre		FRANCOIS Georges
	ALLIEZ Bernard		FUENTES Pierre
	AQUARON Robert		GABRIEL Bernard
	ARGEME Maxime		GALINIER Louis
	ASSADOURIAN Robert		GALLAIS Hervé
	AUFFRAY Jean-Pierre		GAMERRE Marc
	AUTILLO-TOUATI Amapola		GARCIN Michel
	AZORIN Jean-Michel		GARNIER Jean-Marc
	BAILLE Yves		GAUTHIER André
	BARDOT Jacques		GERARD Raymond
	BARDOT André		GEROLAMI-SANTANDREA André
	BERARD Pierre		GIUDICELLI Roger
	BERGOIN Maurice		GIUDICELLI Sébastien
	BERNARD Dominique		GOUDARD Alain
	BERNARD Jean-Louis		GOUIN François
	BERNARD Pierre-Marie		GRISOLI François
	BERTRAND Edmond		GROULIER Pierre
	BISSET Jean-Pierre		HADIDA/SAYAG Jacqueline
	BLANC Bernard		HASSOUN Jacques
	BLANC Jean-Louis		HEIM Marc
	BOLLINI Gérard		HOUEL Jean
	BONGRAND Pierre		HUGUET Jean-François
	BONNEAU Henri		JAQUET Philippe
	BONNOIT Jean		JAMMES Yves
	BORY Michel		JOUBE Paulette
	BOTTA Alain		JUHAN Claude
	BOURGEADE Augustin		JUIN Pierre
	BOUVENOT Gilles		KAPHAN Gérard
	BOUYALA Jean-Marie		KASBARIAN Michel
	BREMOND Georges		KLEISBAUER Jean-Pierre
	BRICOT René		LACHARD Jean
	BRUNET Christian		LAFFARGUE Pierre
	BUREAU Henri		LAUGIER René
	CAMBOULIVES Jean		LEVY Samuel
	CANNONI Maurice		LOUCHET Edmond
	CARTOUZOU Guy		LOUIS René
	CHAMLIAN Albert		LUCIANI Jean-Marie
	CHARREL Michel		MAGALON Guy
	CHAUVEL Patrick		MAGNAN Jacques
	CHOUX Maurice		MALLAN- MANCINI Josette
	CIANFARANI François		MALMEJAC Claude
	CLEMENT Robert		MATTEI Jean François
	COMBALBERT André		MERCIER Claude
	CONTE-DEVOLX Bernard		METGE Paul
	CORRIOL Jacques		MICHOTÉY Georges
	COULANGE Christian		MILLET Yves
	DALMAS Henri		MIRANDA François
	DE MICO Philippe		MONFORT Gérard
	DELARQUE Alain		MONGES André
	DEVIN Robert		MONGIN Maurice
	DEVRED Philippe		MONTIES Jean-Raoul
	DJIANE Pierre		NAZARIAN Serge
	DONNET Vincent		NICOLI René
	DUCASSOU Jacques		NOIRCLERC Michel
	DUFOUR Michel		OLMER Michel
	DUMON Henri		OREHEK Jean
	FARNARIER Georges		PAPY Jean-Jacques
	FAVRE Roger		PAULIN Raymond
	FIECHI Marius		PELOUX Yves
			PENAUD Antony

MM PENE Pierre
PIANA Lucien
PICAUD Robert
PIGNOL Fernand
POGGI Louis
POITOUT Dominique
PONCET Michel
POUGET Jean
PRIVAT Yvan
QUILICHINI Francis
RANQUE Jacques
RANQUE Philippe
RICHAUD Christian
ROCHAT Hervé
ROHNER Jean-Jacques
ROUX Hubert
ROUX Michel
RUFO Marcel
SAHEL José
SALAMON Georges
SALDUCCI Jacques
SAN MARCO Jean-Louis
SANKALE Marc
SARACCO Jacques
SARLES Jean-Claude
SASTRE Bernard
SCHIANO Alain
SCOTTO Jean-Claude
SEBAHOUN Gérard
SERMENT Gérard
SERRATRICE Georges
SOULAYROL René
STAHL André
TAMALET Jacques
TARANGER-CHARPIN Colette
THOMASSIN Jean-Marc
UNAL Daniel
VAGUE Philippe
VAGUE/JUHAN Irène
VANUXEM Paul
VERVLOET Daniel
VIALETTES Bernard
WEILLER Pierre-Jean

PROFESSEURS HONORIS CAUSA

1967	
MM. les Professeurs	DADI (Italie) CID DOS SANTOS (Portugal)
1974	
MM. les Professeurs	MAC ILWAIN (Grande-Bretagne) T.A. LAMBO (Suisse)
1975	
MM. les Professeurs	O. SWENSON (U.S.A.) Lord J.WALTON of DETCHANT (Grande-Bretagne)
1976	
MM. les Professeurs	P. FRANCHIMONT (Belgique) Z.J. BOWERS (U.S.A.)
1977	
MM. les Professeurs	C. GAJDUSEK-Prix Nobel (U.S.A.) C.GIBBS (U.S.A.) J. DACIE (Grande-Bretagne)
1978	
M. le Président	F. HOUPHOUET-BOIGNY (Côte d'Ivoire)
1980	
MM. les Professeurs	A. MARGULIS (U.S.A.) R.D. ADAMS (U.S.A.)
1981	
MM. les Professeurs	H. RAPPAPORT (U.S.A.) M. SCHOU (Danemark) M. AMENT (U.S.A.) Sir A. HUXLEY (Grande-Bretagne) S. REFSUM (Norvège)
1982	
M. le Professeur	W.H. HENDREN (U.S.A.)
1985	
MM. les Professeurs	S. MASSRY (U.S.A.) KLINSMANN (R.D.A.)
1986	
MM. les Professeurs	E. MIHICH (U.S.A.) T. MUNSAT (U.S.A.) LIANA BOLIS (Suisse) L.P. ROWLAND (U.S.A.)
1987	
M. le Professeur	P.J. DYCK (U.S.A.)
1988	
MM. les Professeurs	R. BERGUER (U.S.A.) W.K. ENGEL (U.S.A.) V. ASKANAS (U.S.A.) J. WEHSTER KIRKLIN (U.S.A.) A. DAVIGNON (Canada) A. BETTARELLO (Brésil)
1989	
M. le Professeur	P. MUSTACCHI (U.S.A.)

1990	
MM. les Professeurs	J.G. MC LEOD (Australie) J. PORTER (U.S.A.)
1991	
MM. les Professeurs	J. Edward MC DADE (U.S.A.) W. BURGDORFER (U.S.A.)
1992	
MM. les Professeurs	H.G. SCHWARZACHER (Autriche) D. CARSON (U.S.A.) T. YAMAMURO (Japon)
1994	
MM. les Professeurs	G. KARPATI (Canada) W.J. KOLFF (U.S.A.)
1995	
MM. les Professeurs	D. WALKER (U.S.A.) M. MULLER (Suisse) V. BONOMINI (Italie)
1997	
MM. les Professeurs	C. DINARELLO (U.S.A.) D. STULBERG (U.S.A.) A. MEIKLE DAVISON (Grande-Bretagne) P.I. BRANEMARK (Suède)
1998	
MM. les Professeurs	O. JARDETSKY (U.S.A.)
1999	
MM. les Professeurs	J. BOTELLA LLUSIA (Espagne) D. COLLEN (Belgique) S. DIMAURO (U. S. A.)
2000	
MM. les Professeurs	D. SPIEGEL (U. S. A.) C. R. CONTI (U.S.A.)
2001	
MM. les Professeurs	P-B. BENNET (U. S. A.) G. HUGUES (Grande Bretagne) J-J. O'CONNOR (Grande Bretagne)
2002	
MM. les Professeurs	M. ABEDI (Canada) K. DAI (Chine)
2003	
M. le Professeur Sir	T. MARRIE (Canada) G.K. RADDI (Grande Bretagne)
2004	
M. le Professeur	M. DAKE (U.S.A.)
2005	
M. le Professeur	L. CAVALLI-SFORZA (U.S.A.)
2006	
M. le Professeur	A. R. CASTANEDA (U.S.A.)
2007	
M. le Professeur	S. KAUFMANN (Allemagne)

EMERITAT

2008

M. le Professeur	LEVY Samuel	31/08/2011
Mme le Professeur	JUHAN-VAGUE Irène	31/08/2011
M. le Professeur	PONCET Michel	31/08/2011
M. le Professeur	KASBARIAN Michel	31/08/2011
M. le Professeur	ROBERTOUX Pierre	31/08/2011

2009

M. le Professeur	DJIANE Pierre	31/08/2011
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2012

2010

M. le Professeur	MAGNAN Jacques	31/12/2014
------------------	----------------	------------

2011

M. le Professeur	DI MARINO Vincent	31/08/2015
M. le Professeur	MARTIN Pierre	31/08/2015
M. le Professeur	METRAS Dominique	31/08/2015

2012

M. le Professeur	AUBANIAN Jean-Manuel	31/08/2015
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2015
M. le Professeur	CAMBOULIVES Jean	31/08/2015
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2015
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2015
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2015
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2015

2013

M. le Professeur	BRANCHEREAU Alain	31/08/2016
M. le Professeur	CARAYON Pierre	31/08/2016
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2016
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2016
M. le Professeur	HENRY Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	LE GUICHAOUA Marie-Roberte	31/08/2016
M. le Professeur	RUFO Marcel	31/08/2016
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2016

2014

M. le Professeur	FUENTES Pierre	31/08/2017
M. le Professeur	GAMERRE Marc	31/08/2017
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2017
M. le Professeur	PERAGUT Jean-Claude	31/08/2017
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2017

2015

M. le Professeur	COULANGE Christian	31/08/2018
M. le Professeur	COURAND François	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2016
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2016
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2016

2016

M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2017
M. le Professeur	BRUNET Christian	31/08/2019
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2017
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2017
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2019
M. le Professeur	JAMMES Yves	31/08/2019
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2017
M. le Professeur	POITOUT Dominique	31/08/2019
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2017
M. le Professeur	VIALETES Bernard	31/08/2019

2017

M. le Professeur	ALESSANDRINI Pierre	31/08/2020
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2018
M. le Professeur	CHAUVEL Patrick	31/08/2020
M. le Professeur	COZZONE Pierre	31/08/2018
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2018
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2018
M. le Professeur	SEBBAHOUN Gérard	31/08/2018

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

AGOSTINI FERRANDES Aubert	CHOSSEGROS Cyrille	GRIMAUD Jean-Charles
ALBANESE Jacques	<i>CLAVERIE Jean-Michel Surnombre</i>	GROB Jean-Jacques
ALIMI Yves	COLLART Frédéric	GUEDJ Eric
AMABILE Philippe	COSTELLO Régis	GUIEU Régis
AMBROSI Pierre	COURBIERE Blandine	GUIS Sandrine
ANDRE Nicolas	COWEN Didier	GUYE Maxime
ARGENSON Jean-Noël	CRAVELLO Ludovic	GUYOT Laurent
ASTOUL Philippe	CUISSET Thomas	GUYS Jean-Michel
ATTARIAN Shahram	CURVALE Georges	HABIB Gilbert
AUDOUIN Bertrand	DA FONSECA David	HARDWIGSEN Jean
AUQUIER Pascal	DAHAN-ALCARAZ Laetitia	HARLE Jean-Robert
AVIERINOS Jean-François	DANIEL Laurent	HOFFART Louis
AZULAY Jean-Philippe	DARMON Patrice	HOUVENAGHEL Gilles
BAILLY Daniel	D'ERCOLE Claude	JACQUIER Alexis
BARLESI Fabrice	D'JOURNO Xavier	JOURDE-CHICHE Noémie
BARLIER-SETTI Anne	DEHARO Jean-Claude	JOUBE Jean-Luc
BARTHET Marc	DELPERO Jean-Robert	KAPLANSKI Gilles
BARTOLI Jean-Michel	DENIS Danièle	KARSENTY Gilles
BARTOLI Michel	<i>DESSEIN Alain Surnombre</i>	KERBAUL François
<i>BARTOLIN Robert Surnombre</i>	DESSI Patrick	KRAHN Martin
BARTOLOMEI Fabrice	DISDIER Patrick	LAFFORGUE Pierre
BASTIDE Cyrille	DODDOLI Christophe	LAGIER Jean-Christophe
BENSOUSSAN Laurent	DRANCOURT Michel	LAMBAUDIE Eric
BERBIS Philippe	DUBUS Jean-Christophe	LANCON Christophe
BERDAH Stéphane	DUFFAUD Florence	LA SCOLA Bernard
<i>BERLAND Yvon Surnombre</i>	DUFOUR Henry	LAUNAY Franck
BERNARD Jean-Paul	DURAND Jean-Marc	LAVIEILLE Jean-Pierre
BEROUD Christophe	DUSSOL Bertrand	LE CORROLLER Thomas
BERTUCCI François	<i>ENJALBERT Alain Surnombre</i>	<i>LE TREUT Yves-Patrice Surnombre</i>
BLAISE Didier	EUSEBIO Alexandre	LECHEVALLIER Eric
BLIN Olivier	FAKHRY Nicolas	LEGRE Régis
BLONDEL Benjamin	<i>FAUGERE Gérard Surnombre</i>	LEHUCHER-MICHEL Marie-Pascale
BONIN/GUILLAUME Sylvie	FELICIAN Olivier	LEONE Marc
BONELLO Laurent	FENOLLAR Florence	LEONETTI Georges
BONNET Jean-Louis	FIGARELLA/BRANGER Dominique	LEPIDI Hubert
BOTTA/FRIDLUND Danielle	FLECHER Xavier	LEVY Nicolas
BOUBLI Léon	FOURNIER Pierre-Edouard	MACE Loïc
BOYER Laurent	<i>FRANCES Yves Surnombre</i>	MAGNAN Pierre-Edouard
BREGEON Fabienne	FUENTES Stéphane	<i>MARANINCHI Dominique Surnombre</i>
BRETELLE Florence	GABERT Jean	<i>MARTIN Claude Surnombre</i>
BROUQUI Philippe	GAINNIER Marc	MATONTI Frédéric
BRUDER Nicolas	GARCIA Stéphane	MEGE Jean-Louis
BRUE Thierry	GARIBOLDI Vlad	MERROT Thierry
BRUNET Philippe	GAUDART Jean	METZLER/GUILLEMAIN Catherine
BURTEY Stéphane	GAUDY-MARQUESTE Caroline	MEYER/DUTOUR Anne
CARCOPINO-TUSOLI Xavier	GENTILE Stéphanie	MICCALEF/ROLL Joëlle
CASANOVA Dominique	GERBEAUX Patrick	MICHEL Fabrice
CASTINETTI Frédéric	GEROLAMI/SANTANDREA René	MICHEL Gérard
CECCALDI Mathieu	GILBERT/ALESSI Marie-Christine	MICHELET Pierre
CHABOT Jean-Michel	GIORGI Roch	MILH Mathieu
CHAGNAUD Christophe	GIOVANNI Antoine	MOAL Valérie
CHAMBOST Hervé	GIRARD Nadine	MONCLA Anne
CHAMPSAUR Pierre	GIRAUD/CHABROL Brigitte	MORANGE Pierre-Emmanuel
CHANEZ Pascal	GONCALVES Anthony	MOULIN Guy
CHARAFFE-JAUFFRET Emmanuelle	GORINCOUR Guillaume	MOUTARDIER Vincent
CHARREL Rémi	GRANEL/REY Brigitte	<i>MUNDLER Olivier Surnombre</i>
<i>CHARPIN Denis Surnombre</i>	GRANVAL Philippe	NAUDIN Jean
CHAUMOITRE Kathia	GREILLIER Laurent	NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier
CHIARONI Jacques	<i>GRILLO Jean-Marie Surnombre</i>	NICOLLAS Richard
CHINOT Olivier		OLIVE Daniel

OUAFIK L'Houcine
PAGANELLI Franck
PANUEL Michel
PAPAZIAN Laurent
PAROLA Philippe
PARRATTE Sébastien
PELISSIER-ALICOT Anne-Laure
PELLETIER Jean
PETIT Philippe
PHAM Thao
PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominique
PIQUET Philippe
PIRRO Nicolas
POINSO François
RACCAH Denis
RAOULT Didier
REGIS Jean
REYNAUD/GAUBERT Martine
REYNAUD Rachel
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth
RIDINGS Bernard Surnombre

ROCHE Pierre-Hugues
ROCH Antoine
ROCHWERGER Richard
ROLL Patrice
ROSSI Dominique
ROSSI Pascal
ROUDIER Jean
SALAS Sébastien
SAMBUC Roland Surnombre
SARLES Jacques
SARLES/PHILIP Nicole
SCAVARDA Didier
SCHLEINITZ Nicolas
SEBAG Frédéric
SEITZ Jean-François
SIELEZNEFF Igor
SIMON Nicolas
STEIN Andréas
TAIEB David
THIRION Xavier
THOMAS Pascal

THUNY Franck
TREBUCHON-DA FONSECA Agnès
TRIGLIA Jean-Michel
TROPIANO Patrick
TSIMARATOS Michel
TURRINI Olivier
VALERO René
VAROQUAUX Arthur Damien
VELLY Lionel
VEY Norbert
VIDAL Vincent
VIENS Patrice
VILLANI Patrick
VITON Jean-Michel
VITTON Véronique
VIEHWEGGER Heide Elke
VIVIER Eric
XERRI Luc

PROFESSEUR DES UNIVERSITES

ADALIAN Pascal
AGHABABIAN Valérie
BELIN Pascal
CHABANNON Christian
CHABRIERE Eric
FERON François
LE COZ Pierre
LEVASSEUR Anthony
RANJEVA Jean-Philippe
SOBOL Hagay

PROFESSEUR CERTIFIE

BRANDENBURGER Chantal

PRAG

TANTI-HARDOUIN Nicolas

PROFESSEUR ASSOCIE DE MEDECINE GENERALE A MI-TEMPS

ADNOT Sébastien
FILIPPI Simon

PROFESSEUR ASSOCIE A TEMPS PARTIEL

BURKHART Gary

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

ACHARD Vincent (<i>disponibilité</i>)	FABRE Alexandre	NINOVE Laetitia
ANGELAKIS Emmanouil	FOLETTI Jean- Marc	NOUGAIREDE Antoine
ATLAN Catherine (<i>disponibilité</i>)	FOUILLOUX Virginie	OLLIVIER Matthieu
BARTHELEMY Pierre	FROMONOT Julien	LOUDIN Claire
BARTOLI Christophe	GABORIT Bénédicte	OVAERT Caroline
BEGE Thierry	GASTALDI Marguerite	PAULMYER/LACROIX Odile
BELIARD Sophie	GELSI/BOYER Véronique	PERRIN Jeanne
BERBIS Julie	GIUSIANO Bernard	RANQUE Stéphane
BERGE-LEFRANC Jean-Louis	GIUSIANO COURCAMBECK Sophie	REY Marc
BEYER-BERJOT Laura	GONZALEZ Jean-Michel	ROBERT Philippe
BIRNBAUM David	GOURIET Frédérique	SABATIER Renaud
BONINI Francesca	GRAILLON Thomas	SARI-MINODIER Irène
BOUCAUT Joseph	GRISOLI Dominique	SARLON-BARTOLI Gabrielle
BOULAMERY Audrey	GUENOUN MEYSSIGNAC Daphné	SAVEANU Alexandru
BOULLU/CIOCCA Sandrine	GUIDON Catherine	SECQ Véronique
BUFFAT Christophe	HAUTIER/KRAHN Aurélie	TOGA Caroline
CAMILLERI Serge	HRAIECH Sami	TOGA Isabelle
CARRON Romain	KASPI-PEZZOLI Elise	TROUSSE Delphine
CASSAGNE Carole	L'OLLIVIER Coralie	TUCHTAN-TORRENTS Lucile
CHAUDET Hervé	LABIT-BOUVIER Corinne	VALLI Marc
COZE Carole	LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina	VELY Frédéric
DADOUN Frédéric (<i>disponibilité</i>)	LAGIER Aude (<i>disponibilité</i>)	VION-DURY Jean
DALES Jean-Philippe	LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude	ZATTARA/CANNONI Hélène
DAUMAS Aurélie	LEVY/MOZZICONACCI Annie	
DEGEORGES/VITTE Joëlle	LOOSVELD Marie	
DEL VOLGO/GORI Marie-José	MANCINI Julien	
DELLIAUX Stéphane	MARY Charles	
DESPLAT/JEGO Sophie	MASCAUX Céline	
DEVEZE Arnaud (<i>disponibilité</i>)	MAUES DE PAULA André	
DUBOURG Grégory	MILLION Matthieu	
DUFOUR Jean-Charles	MOTTOLA GHIGO Giovanna	
EBBO Mikael	NGUYEN PHONG Karine	

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

ABU ZAINEH Mohammad	DEGIOANNI/SALLE Anna	POGGI Marjorie
BARBACARU/PERLES T. A.	DESNUES Benoît	RUEL Jérôme
BERLAND/BENHAÏM Caroline		STEINBERG Jean-Guillaume
BOUCAUT/GARROUSTE Françoise	MARANINCHI Marie	THOLLON Lionel
BOYER Sylvie	MERHEJ/CHAUVEAU Vicky	THIRION Sylvie
COLSON Sébastien	MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte	VERNA Emeline

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

GENTILE Gaëtan

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS

BARGIER Jacques
BONNET Pierre-André
CALVET-MONTREDON Céline
GUIDA Pierre
JANCZEWSKI Aurélie

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à MI-TEMPS

REVIS Joana

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à TEMPS-PLEIN

TOMASINI Pascale

PROFESSEURS DES UNIVERSITES et MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS
PROFESSEURS ASSOCIES, MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES mono-appartenants

ANATOMIE 4201

CHAMPSAUR Pierre (PU-PH)
 LE CORROLLER Thomas (PU-PH)
 PIRRO Nicolas (PU-PH)

 GUENOUN-MEYSSIGNAC Daphné (MCU-PH)
LAGIER Aude (MCU-PH) disponibilité

 THOLLON Lionel (MCF) (60ème section)

ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES 4203

CHARAFE/JAUFFRET Emmanuelle (PU-PH)
 DANIEL Laurent (PU-PH)
 FIGARELLA/BRANGER Dominique (PU-PH)
 GARCIA Stéphane (PU-PH)
 XERRI Luc (PU-PH)

 DALES Jean-Philippe (MCU-PH)
 GIUSIANO COURCAMBECK Sophie (MCU PH)
 LABIT/BOUVIER Corinne (MCU-PH)
 MAUES DE PAULA André (MCU-PH)
 SECQ Véronique (MCU-PH)

**ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE ;
MEDECINE URGENCE 4801**

ALBANESE Jacques (PU-PH)
 BRUDER Nicolas (PU-PH)
 KERBAUL François (PU-PH)
 LEONE Marc (PU-PH)
MARTIN Claude (PU-PH) Surnombre
 MICHEL Fabrice (PU-PH)
 MICHELET Pierre (PU-PH)
 VELLY Lionel (PU-PH)

 GUIDON Catherine (MCU-PH)

ANGLAIS 11

BRANDENBURGER Chantal (PRCE)

 BURKHART Gary (PAST)

**BIOLOGIE ET MEDECINE DU DEVELOPPEMENT
ET DE LA REPRODUCTION ; GYNCOLOGIE MEDICALE 5405**

METZLER/GUILLEMAIN Catherine (PU-PH)

 PERRIN Jeanne (MCU-PH)

BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE 4301

GUEDJ Eric (PU-PH)
 GUYE Maxime (PU-PH)
MUNDLER Olivier (PU-PH) Surnombre
 TAIEB David (PU-PH)

 BELIN Pascal (PR) (69ème section)
 RANJEVA Jean-Philippe (PR) (69ème section)

 CAMMILLERI Serge (MCU-PH)
 VION-DURY Jean (MCU-PH)

 BARBACARU/PERLES Téodora Adriana (MCF) (69ème section)

**BIostatISTIQUES, INFORMATIQUE MEDICALE
ET TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION 4604**

CLAVERIE Jean-Michel (PU-PH) Surnombre
 GAUDART Jean (PU-PH)
 GIORGI Roch (PU-PH)

 CHAUDET Hervé (MCU-PH)
 DUFOUR Jean-Charles (MCU-PH)

ANTHROPOLOGIE 20

ADALIAN Pascal (PR)

 DEGIOANNI/SALLE Anna (MCF)
 VERNA Emeline (MCF)

BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE 4501

CHARREL Rémi (PU PH)
 DRANCOURT Michel (PU-PH)
 FENOLLAR Florence (PU-PH)
 FOURNIER Pierre-Edouard (PU-PH)
 NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier (PU-PH)
 LA SCOLA Bernard (PU-PH)
 RAOULT Didier (PU-PH)

 ANGELAKIS Emmanouil (MCU-PH)
 DUBOURG Grégory (MCU-PH)
 GOURIET Frédérique (MCU-PH)
 NOUGAIREDE Antoine (MCU-PH)
 NINOVE Laetitia (MCU-PH)

 CHABRIERE Eric (PR) (64ème section)
 LEVASSEUR Anthony (PR) (64ème section)
 DESNUES Benoit (MCF) (65ème section)
 MERHEJ/CHAUVEAU Vicky (MCF) (87ème section)

BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE 4401

BARLIER/SETTI Anne (PU-PH)
ENJALBERT Alain (PU-PH) Surnombre
 GABERT Jean (PU-PH)
 GUIEU Régis (PU-PH)
 OUAFIK L'Houcine (PU-PH)

 BUFFAT Christophe (MCU-PH)
 FROMONOT Julien (MCU-PH)
 MOTTOLA GHIGO Giovanna (MCU-PH)
 SAVEANU Alexandru (MCU-PH)

BIOLOGIE CELLULAIRE 4403

ROLL Patrice (PU-PH)

 GASTALDI Marguerite (MCU-PH)
 KASPI-PEZZOLI Elise (MCU-PH)
 LEVY-MOZZICONNACCI Annie (MCU-PH)

CARDIOLOGIE 5102

AVIERINOS Jean-François (PU-PH)
 BONELLO Laurent (PU PH)
 BONNET Jean-Louis (PU-PH)
 CUISSET Thomas (PU-PH)
 DEHARO Jean-Claude (PU-PH)
 FRANCESCHI Frédéric (PU-PH)
 HABIB Gilbert (PU-PH)
 PAGANELLI Franck (PU-PH)
 THUNY Franck (PU-PH)

CHIRURGIE DIGESTIVE 5202

BERDAH Stéphane (PU-PH)
 HARDWIGSEN Jean (PU-PH)
LE TREUT Yves-Patrice (PU-PH) Surnombre
 SIELEZNEFF Igor (PU-PH)

 BEYER-BERJOT Laura (MCU-PH)

CHIRURGIE GENERALE 5302

GIUSIANO Bernard (MCU-PH)
MANCINI Julien (MCU-PH)

ABU ZAINEH Mohammad (MCF) (5ème section)
BOYER Sylvie (MCF) (5ème section)

CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE 5002

ARGENSON Jean-Noël (PU-PH)
BLONDEL Benjamin (PU-PH)
CURVALE Georges (PU-PH)
FLECHER Xavier (PU-PH)
PARRATTE Sébastien (PU-PH)
ROCHWERGER Richard (PU-PH)
TROPIANO Patrick (PU-PH)

OLLIVIER Matthieu (MCU-PH)

CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE 4702

BERTUCCI François (PU-PH)
CHINOT Olivier (PU-PH)
COWEN Didier (PU-PH)
DUFFAUD Florence (PU-PH)
GONCALVES Anthony (PU-PH)
HOUVENAGHEL Gilles (PU-PH)
LAMBAUDIE Eric (PU-PH)
MARANINCHI Dominique (PU-PH) *Surnombre*
SALAS Sébastien (PU-PH)
VIENS Patrice (PU-PH)

SABATIER Renaud (MCU-PH)

CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE 5103

COLLART Frédéric (PU-PH)
D'JOURNO Xavier (PU-PH)
DODDOLI Christophe (PU-PH)
GARIBOLDI Vlad (PU-PH)
MACE Loïc (PU-PH)
THOMAS Pascal (PU-PH)

FOUILLOUX Virginie (MCU-PH)
GRISOLI Dominique (MCU-PH)
TROUSSE Delphine (MCU-PH)

CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE 5104

ALIMI Yves (PU-PH)
AMABILE Philippe (PU-PH)
BARTOLI Michel (PU-PH)
MAGNAN Pierre-Edouard (PU-PH)
PIQUET Philippe (PU-PH)

SARLON-BARTOLI Gabrielle (MCU-PH)

HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE 4202

GRILLO Jean-Marie (PU-PH) *Surnombre*
LEPIDI Hubert (PU-PH)

ACHARD Vincent (MCU-PH) *disponibilité*
PAULMYER/LACROIX Odile (MCU-PH)

DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE 5003

BERBIS Philippe (PU-PH)
GAUDY/MARQUESTE Caroline (PU-PH)
GROB Jean-Jacques (PU-PH)
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth (PU-PH)

DUST

COLSON Sébastien (MCF)

ENDOCRINOLOGIE, DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5404

BRUE Thierry (PU-PH)
CASTINETTI Frédéric (PU-PH)

EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION 4601

AUQUIER Pascal (PU-PH)
BOYER Laurent (PU-PH)
CHABOT Jean-Michel (PU-PH)
GENTILE Stéphanie (PU-PH)
SAMBUC Roland (PU-PH) *Surnombre*
THIRION Xavier (PU-PH)

DELPERO Jean-Robert (PU-PH)
MOUTARDIER Vincent (PU-PH)
SEBAG Frédéric (PU-PH)
TURRINI Olivier (PU-PH)

BEGE Thierry (MCU-PH)
BIRNBAUM David (MCU-PH)

CHIRURGIE INFANTILE 5402

GUY'S Jean-Michel (PU-PH)
JOUVE Jean-Luc (PU-PH)
LAUNAY Franck (PU-PH)
MERROT Thierry (PU-PH)
VIEHWEGER Heide Elke (PU-PH)

CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE 5503

CHOSSEGROS Cyrille (PU-PH)
GUYOT Laurent (PU-PH)

FOLETTI Jean-Marc (MCU-PH)

CHIRURGIE PLASTIQUE, RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE ; BRÛLOGIE 5004

CASANOVA Dominique (PU-PH)
LEGRE Régis (PU-PH)

HAUTIER/KRAHN Aurélie (MCU-PH)

GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE 5201

BARTHET Marc (PU-PH)
BERNARD Jean-Paul (PU-PH)
BOTTA-FRIDLUND Danielle (PU-PH)
DAHAN-ALCARAZ Laetitia (PU-PH)
GEROLAMI-SANTANDREA René (PU-PH)
GRANDVAL Philippe (PU-PH)
GRIMAUD Jean-Charles (PU-PH)
SEITZ Jean-François (PU-PH)
VITTON Véronique (PU-PH)

GONZALEZ Jean-Michel (MCU-PH)

GENETIQUE 4704

BEROUD Christophe (PU-PH)
KRAHN Martin (PU-PH)
LEVY Nicolas (PU-PH)
MONCLA Anne (PU-PH)
SARLES/PHILIP Nicole (PU-PH)

NGUYEN Karine (MCU-PH)
TOGA Caroline (MCU-PH)
ZATTARA/CANNONI Hélène (MCU-PH)

GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5403

AGOSTINI Aubert (PU-PH)
BOUBLI Léon (PU-PH)
BRETTE Florence (PU-PH)
CARCOPINO-TUSOLI Xavier (PU-PH)
COURBIERE Blandine (PU-PH)
CRAVELLO Ludovic (PU-PH)
D'ERCOLE Claude (PU-PH)

BERBIS Julie (MCU-PH)
LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude (MCU-PH)

MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte (MCF) (06ème section)
TANTI-HARDOUIN Nicolas (PRAG)

IMMUNOLOGIE 4703

KAPLANSKI Gilles (PU-PH)
MEGE Jean-Louis (PU-PH)
OLIVE Daniel (PU-PH)
VIVIER Eric (PU-PH)

FERON François (PR) (69ème section)

BOUCRAUT Joseph (MCU-PH)
DEGEORGES/VITTE Joëlle (MCU-PH)
DESPLAT/JEGO Sophie (MCU-PH)
ROBERT Philippe (MCU-PH)
VELY Frédéric (MCU-PH)

BOUCAULT/GARROUSTE Françoise (MCF) 65ème section)

MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES 4503

BROUQUI Philippe (PU-PH)
LAGIER Jean-Christophe (PU-PH)
PAROLA Philippe (PU-PH)
STEIN Andréas (PU-PH)

MILLION Matthieu (MCU-PH)

MEDECINE INTERNE ; GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT ; MEDECINE GENERALE ; ADDICTOLOGIE 5307

BONIN/GUILLAUME Sylvie (PU-PH)
DISDIER Patrick (PU-PH)
DURAND Jean-Marc (PU-PH)
FRANCES Yves (PU-PH) Surnombre
GRANEL/REY Brigitte (PU-PH)
HARLE Jean-Robert (PU-PH)
ROSSI Pascal (PU-PH)
SCHLEINITZ Nicolas (PU-PH)

EBBO Mikael (MCU-PH)

GENTILE Gaëtan (MCF Méd. Gén. Temps plein)

ADNOT Sébastien (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)
FILIPPI Simon (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)

BARGIER Jacques (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)
BONNET Pierre-André (MCF associé Méd. Gén à mi-temps)
CALVET-MONTREDON Céline (MCF associé Méd. Gén. à temps plein)
GUIDA Pierre (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)
JANCZEWSKI Aurélie (MCF associé Méd. Gén. A mi-temps)

NUTRITION 4404

DARMON Patrice (PU-PH)
RACCAH Denis (PU-PH)
VALERO René (PU-PH)

ATLAN Catherine (MCU-PH) disponibilité
BELIARD Sophie (MCU-PH)

MARANINCHI Marie (MCF) (66ème section)

ONCOLOGIE 65 (BIOLOGIE CELLULAIRE)

CHABANNON Christian (PR) (66ème section)
SOBOL Hagay (PR) (65ème section)

OPHTALMOLOGIE 5502

DENIS Danièle (PU-PH)
HOFFART Louis (PU-PH)
MATONTI Frédéric (PU-PH)
RIDINGS Bernard (PU-PH) Surnombre

HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION 4701

BLAISE Didier (PU-PH)
COSTELLO Régis (PU-PH)
CHIARONI Jacques (PU-PH)
GILBERT/ALESSI Marie-Christine (PU-PH)
MORANGE Pierre-Emmanuel (PU-PH)
VEY Norbert (PU-PH)

GELSI/BOYER Véronique (MCU-PH)
LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina (MCU-PH)
LOOSVELD Marie (MCU-PH)

POGGI Marjorie (MCF) (64ème section)

MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE 4603

LEONETTI Georges (PU-PH)
PELLISSIER/ALICOT Anne-Laure (PU-PH)
PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominique (PU-PH)

BARTOLI Christophe (MCU-PH)
TUCHTAN-TORRENTS Lucile (MCU-PH)

BERLAND/BENHAIM Caroline (MCF) (1ère section)

MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION 4905

BENSOUSSAN Laurent (PU-PH)
VITON Jean-Michel (PU-PH)

MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL 4602

LEHUCHER/MICHEL Marie-Pascale (PU-PH)

BERGE-LEFRANC Jean-Louis (MCU-PH)
SARI/MINODIER Irène (MCU-PH)

NEPHROLOGIE 5203

BERLAND Yvon (PU-PH) Surnombre
BRUNET Philippe (PU-PH)
BURTEY Stéphanne (PU-PH)
DUSSOL Bertrand (PU-PH)
JOURDE CHICHE Noémie (PU PH)
MOAL Valérie (PU-PH)

NEUROCHIRURGIE 4902

DUFOUR Henry (PU-PH)
FUENTES Stéphane (PU-PH)
REGIS Jean (PU-PH)
ROCHE Pierre-Huques (PU-PH)
SCAVARDA Didier (PU-PH)

CARRON Romain (MCU PH)
GAILLON Thomas (MCU PH)

NEUROLOGIE 4901

ATTARIAN Sharham (PU PH)
AUDOIN Bertrand (PU-PH)
AZULAY Jean-Philippe (PU-PH)
CECCALDI Mathieu (PU-PH)
EUSEBIO Alexandre (PU-PH)
FELICIAN Olivier (PU-PH)
PELLETIER Jean (PU-PH)

PEDOPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE 4904

DA FONSECA David (PU-PH)
POINSO François (PU-PH)

OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE 5501

DESSI Patrick (PU-PH)
FAKHRY Nicolas (PU-PH)
GIOVANNI Antoine (PU-PH)
LAVIEILLE Jean-Pierre (PU-PH)
NICOLLAS Richard (PU-PH)
TRIGLIA Jean-Michel (PU-PH)

DEVEZE Arnaud (MCU-PH) Disponibilité

REVIS Joana (MAST) (Orthophonie) (7ème Section)

PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE 4502

DESSEIN Alain (PU-PH) Surnombre

CASSAGNE Carole (MCU-PH)
L'OLLIVIER Coralie (MCU-PH)
MARY Charles (MCU-PH)
RANQUE Stéphane (MCU-PH)
TOGA Isabelle (MCU-PH)

PEDIATRIE 5401

ANDRE Nicolas (PU-PH)
CHAMBOST Hervé (PU-PH)
DUBUS Jean-Christophe (PU-PH)
GIRAUD/CHABROL Brigitte (PU-PH)
MICHEL Gérard (PU-PH)
MILH Mathieu (PU-PH)
REYNAUD Rachel (PU-PH)
SARLES Jacques (PU-PH)
TSIMARATOS Michel (PU-PH)

COZE Carole (MCU-PH)
FABRE Alexandre (MCU-PH)
OUDIN Claire (MCU-PH)
OVAERT Caroline (MCU-PH)

PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE 4903

BAILLY Daniel (PU-PH)
LANCON Christophe (PU-PH)
NAUDIN Jean (PU-PH)

CHOCOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PCYCHOLOGIE SOCIALE 16

AGHABABIAN Valérie (PR)

RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE 4302

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)
CHAGNAUD Christophe (PU-PH)
CHAUMOTRE Kathia (PU-PH)
GIRARD Nadine (PU-PH)
GORINCOUR Guillaume (PU-PH)
JACQUIER Alexis (PU-PH)
MOULIN Guy (PU-PH)
PANUEL Michel (PU-PH)
PETIT Philippe (PU-PH)
VAROQUAUX Arthur Damien (PU-PH)
VIDAL Vincent (PU-PH)

REANIMATION MEDICALE ; MEDECINE URGENCE 4802

GAINNIER Marc (PU-PH)
GERBEAUX Patrick (PU-PH)
PAPAZIAN Laurent (PU-PH)
ROCH Antoine (PU-PH)

HRAIECH Sami (MCU-PH)

RHUMATOLOGIE 5001

GUIS Sandrine (PU-PH)
LAFFORGUE Pierre (PU-PH)
PHAM Thao (PU-PH)
ROUDIER Jean (PU-PH)

**PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE -
PHARMACOLOGIE CLINIQUE; ADDICTOLOGIE 4803**

BLIN Olivier (PU-PH)
FAUGERE Gérard (PU-PH) Surnombre
MICALLEF/ROLL Joëlle (PU-PH)
SIMON Nicolas (PU-PH)

BOULAMERY Audrey (MCU-PH)
VALLI Marc (MCU-PH)

PHILOSOPHIE 17

LE COZ Pierre (PR) (17ème section)

PHYSIOLOGIE 4402

BARTOLOMEI Fabrice (PU-PH)
BREGEON Fabienne (PU-PH)
MEYER/DUTOIR Anne (PU-PH)
TREBUCHON/DA FONSECA Agnès (PU-PH)

BARTHELEMY Pierre (MCU-PH)
BONINI Francesca (MCU-PH)
BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH)
DADOUN Frédéric (MCU-PH) (disponibilité)
DEL VOLGO/GORI Marie-José (MCU-PH)
DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)
GABORIT Bénédicte (MCU-PH)
REY Marc (MCU-PH)

LIMERAT/BOUDOURESQUE Françoise (MCF) (40ème section) Retraite 1/5/2018
RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)
STEINBERG Jean-Guillaume (MCF) (66ème section)
THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE 5101

ASTOUL Philippe (PU-PH)
BARLESI Fabrice (PU-PH)
CHANEZ Pascal (PU-PH)
CHARPIN Denis (PU-PH) Surnombre
GREILLIER Laurent (PU PH)
REYNAUD/GAUBERT Martine (PU-PH)

MASCAUX Céline (MCU-PH)

TOMASINI Pascale (Maitre de conférences associé des universités)

THERAPEUTIQUE; MEDECINE D'URGENCE; ADDICTOLOGIE 4804

AMBROSI Pierre (PU-PH)
BARTOLIN Robert (PU-PH) Surnombre
VILLANI Patrick (PU-PH)

DAUMAS Aurélie (MCU-PH)

UROLOGIE 5204

BASTIDE Cyrille (PU-PH)
KARSENTY Gilles (PU-PH)
LECHEVALLIER Eric (PU-PH)
ROSSI Dominique (PU-PH)

A notre Maître et Président de thèse,

Monsieur le Professeur JL. JOUVE

Professeur des Universités

Chirurgien des Hôpitaux

Chef de service

Aujourd'hui vous nous faites l'honneur de présider ce jury.

Vos connaissances et votre habileté chirurgicale sont, pour nous, un grand exemple.

Vous avez su nous communiquer votre enthousiasme pour cette spécialité et nous vous en remercions.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de notre profonde gratitude et de notre sincère dévouement.

A notre Maître et Directeur de thèse,

Monsieur le Docteur S. PESENTI

Maitre de Conférence Universitaire

Chirurgien des Hôpitaux

Vous nous faites l'honneur de diriger ce travail et nous espérons avoir été à la hauteur.

Vos connaissances et vos qualités chirurgicales ont suscité notre admiration.

Nous vous remercions pour votre temps et vos conseils tout au long de ce projet ainsi que pour votre pédagogie et vos qualités humaines.

Soyez assuré de notre estime et de notre profonde reconnaissance.

A notre Maître et jury,

Monsieur le Professeur F. LAUNAY

Professeur des Universités

Chirurgien des Hôpitaux

Vous nous avez confié ce travail et nous vous en remercions.

Vous nous suivez depuis notre Master 2 et nous sommes fiers de compter parmi vos élèves.

Votre organisation et votre attention auprès des patients sont pour nous une référence.

Veillez recevoir le témoignage sincère de notre haute considération.

A notre Maître et jury,

Monsieur le Professeur JN. ARGENSON,

Professeur des Universités

Chirurgien des Hôpitaux

Chef de service

Vous avez accepté de juger ce travail et de siéger à ce jury. Nous en sommes honorés et nous vous en remercions.

Nous avons pu apprécier durant notre internat vos qualités humaines, chirurgicales et votre implication dans la formation de vos étudiants.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de notre profonde estime.

A mes Maîtres des Hôpitaux,

Monsieur le Professeur B. Blondel

Monsieur le Professeur G. Bollini

Monsieur le Professeur G. Curvale

Monsieur le Professeur X. Flecher

Monsieur le Professeur R. Legré

Monsieur le Professeur S. Parratte

Monsieur le Professeur A. Rochwerger

Monsieur le Professeur P. Tropicano

Madame le Professeur E. Viehweger

A mes aînés en pédiatrie qui ont contribué à ma formation chirurgicale, les Docteurs :

Elie Choufani,
Mohamed El-Kaissi
Jean Marc Guillaume
Jean Marie Gennari
Philippe Mazeau

A mes anciens assistants qui m'ont beaucoup appris, les Docteurs :

Raphael Allal
Marie Briere
Stephanie Cohen
Aymeric Faure
Lucile Fievet
Hadrien Giorgi
Brice Henry
Aurelie Iniesta
Jean Camille Mattei
Matthieu Ollivier
Emilie Peltier
Sebastien Pesenti
Jaafar Sbihi

A l'équipe de chirurgie Pédiatrique de Toulon, les Docteurs :

Robert Anastasescu
François Loubignac

Vous m'avez accueilli chaleureusement et je suis heureux de rejoindre prochainement votre équipe.

A mes parents sans qui je n'en serais pas là aujourd'hui,

Maman, Papa vous êtes des parents formidables. Je tenais à vous remercier de l'éducation que vous m'avez donnée. Vous m'avez toujours soutenu dans les bons et les mauvais moments. Vous avez réussi à nous inculquer à Raphaël et à moi-même cette esprit de famille, unie et solidaire, qui nous rend plus fort. Vous nous avez appris la générosité, l'entraide, l'écoute des autres ainsi que la persévérance et le travail.

Votre fils qui vous aime.

A mon Frère, Raphaël,

Frérot, malgré nos 6 années de différence nous avons pratiquement toujours eus le même point de vue sur les choses. Depuis notre tirelire commune à Ermont, nos parties de tennis avec papa (légume au mental d'asperge) jusqu'à nos vacances en Israël nous avons toujours été soudés. Je suis fier de toi, de ta réussite dans le monde, pour moi obscure, de la finance, et de ta déguaine de beau gosse. J'attends avec impatience notre futur Road Trip en Cabriolet.

A tous les membres de ma famille qui m'ont toujours soutenu,

Mamie, merci pour tout ce que tu as fait pour moi. Marianne, Rico, Anne-Marie. A mes cousins et cousine formidables Hannah, Macki, Michael, Ilan.

Les Sarfatoches, nos shabbats endiablés me manquent....

A mon Grand-Père Hammous qui aurait été fier....

Mes Grands-mères, Bonne Maman et Suzon et mes tantes Béa et Brigitte.

Ma cousine Camille félicitations pour ta future carrière Tourangelle.

Mon cousin Julien, on se verra bientôt à Montrésor.

A mes anciens co internes avec qui j'ai passé des moments riches en émotions :

Julien, Walid, Falgui, Kevin, Marie, Nicoss, Dimitri, PY, Vier le Viaud, Golden, Kenny, Fabien, Popo, Samir, Pierre, Sylvain, Delphine, antoine et antoine, cermolaytche, Alex, Solene, Jacquette, Laure et Lauren, Antoine, Quentin, Yann et j'en oublie...

A mes amis de l'Aigri Club et d'ailleurs,

Foufou et Myk dans notre colloc de la mort, Kanak et son parfum des îles, Timch (qui, il faut le rappeler, a engendré la désormais célèbre Dream Timch), Rudy les yeux bleus, Nico fraîchement marié, Simon, les Benzaks, Nat, Benji roi de la night silencieuse, Max le Lyonnais, Loic, Greg des montagnes, Renardo le magicien, Clem, Laura, Momo, l'équipe de Porto.....

A ma bien aimée,

Florence, ma « bibi », mon amour. Il y a bientôt 6 ans je faisais, lors d'une nuit ordinaire une rencontre extraordinaire. Depuis nos chemins ne se sont plus séparés. De nos petites escapades nocturnes pendant ma D4, notre vie « au Château », notre expérience Réunionnaise et maintenant un appartement et un Bobby. Chaque moment à tes côtés me rend heureux et je me lève chaque matin avec le sourire. Tu me reprocheras peut-être, une fois de plus, mon manque de romantisme car je n'ai pas inséré de petits « smiley cœur » sur ces quelques lignes mais sache simplement que je t'aime.

Table des matières

PREMIÈRE PARTIE: GÉNÉRALITES.....	2
1. Croissance osseuse.....	3
2. La chondro-épiphyse et le périoste.....	5
3. Fractures, consolidation et remodelage osseux	8
4. Les inégalités de longueur des membres inférieurs	9
5. Déformations des membres inférieurs	13
6. Principes généraux de l'allongement osseux progressif	17
7. Évolution des allongements osseux.....	18
 DEUXIÈME PARTIE: ÉTUDE.....	 23
1. Introduction.....	24
2. Matériels et méthodes.....	26
2.1 Patients et méthodes.....	26
2.2 Protocole chirurgical et Programme.....	29
2.3 Évaluation radiographique	31
2.4 Complications	32
2.5 Analyses statistique.....	32
3. Résultats.....	33
3.1 Analyse descriptive.....	33
3.2 Précision de la correction.....	37
3.3 Modifications spontanées entre l'ablation de matériel et la télémétrie de contrôle.....	40
3.4 Ostéoinducteur et Enclouage Centro Médullaire Élastique Stable	41
3.5 Complications et modifications de programme.....	42
3. Discussion	44
4. Conclusion	47
Références	48
Liste des tableaux et figures.....	52
Résumé	53

PREMIÈRE PARTIE: GÉNÉRALITES

1. Croissance osseuse

« La croissance peut être définie comme le processus de création permanente, de dégagement des formes, de différenciation des structures et de perfectionnement des fonctions que l'être humain induit depuis l'instant de sa conception jusqu' à la fin de l'adolescence » (A. Dimeglio).

La vitesse de croissance n'est pas linéaire. Nous pouvons distinguer 4 périodes principales [1] :

- La croissance intra utérine :

Période de croissance exponentielle, le tissu osseux apparait dans un tissu non osseux dont il prend progressivement la place.

Dès le deuxième mois de vie intra utérin, le tissu mésenchymateux est remplacé par du tissu osseux selon 2 mécanismes :

- L'ossification membraneuse qui est le passage direct d'une condensation du tissu mésenchymateux à une ossification.
- L'ossification enchondrale qui comprend un passage par une phase cartilagineuse avant l'ossification.

L'ossification enchondrale est responsable de la quasi-totalité de la croissance des os longs et du rachis. L'ossification mésenchymateuse quant à elle régit la croissance des os plats.

Pendant la période fœtale, l'environnement utérin, lorsqu'il est contraignant, peut influencer la croissance squelettique. Les forces extérieures (extrinsèques, intrinsèques ou utérines) peuvent entraîner des anomalies posturales comme les torticolis, la face aplatie, les asymétries, les déformations des pieds ou hanches luxables. Les anomalies morphologiques peuvent être détectées par échographie ou IRM fœtale.

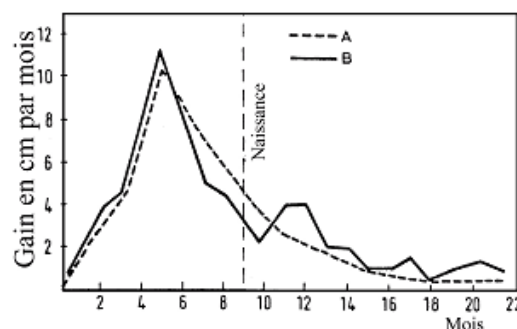


Diagramme 1 : Vitesse de croissance intra utérine et jusqu' à 2 ans. (Selon A. Dimeglio)

- La croissance de 0 à 5 ans

Période de croissance rapide mais déclinante : La taille debout passe de 54 cm à la naissance (30% de la taille finale) pour atteindre 108 cm à 5 ans (soit 60% de la taille finale). La croissance est de +25 cm la première année puis décroît progressivement et se stabilise à 5 ans.

Pendant cette période, les malformations ou paralysies de membres pourront se démasquer par un raccourcissement sévère car elles ont lieu à un moment où la vitesse de croissance est très élevée.

Durant cette période de forte croissance, il y a un changement des proportions du corps : proportionnellement, l'extrémité céphalique diminue tandis que le segment inférieur augmente.

- La croissance de 5 à 10 ans

Période de croissance linéaire douce de 6 cm par an : La croissance est plus importante sur le segment inférieur (2/3) que sur la taille assise (1/3).

- La croissance à partir de 10 ans

La puberté (de 11 à 13 ans chez la fille et de 13 à 15 ans chez le garçon) est dominée par une reprise de la vitesse de croissance. De plus, on observe une maturation de la morphologie générale, le développement des caractères sexuels et la différenciation nette fille/garçon.

A 10 ans, il reste à parcourir 38 cm sur la taille debout. La croissance sera plus importante sur la taille assise (2/3) que sur le segment inférieur (1/3).

A partir de la fin de la puberté, la croissance des membres inférieurs s'effondre et le reste se fera sur la taille assise.

On comprend donc que cette période est critique pour la surveillance des scolioses.

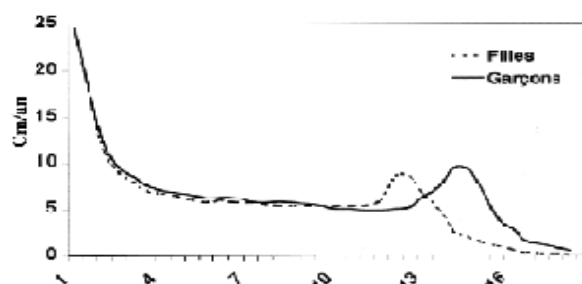


Diagramme 2 : Vitesse de croissance staturale de la naissance à la puberté. (Selon A. Dimeglio)

La croissance est un phénomène complexe dont les facteurs de régulation sont nombreux. Les facteurs génétiques, endocriniens, environnementaux et mécaniques agissent en synergie pour le développement osseux.

L'acteur principal est le cartilage de croissance dont l'unité fonctionnelle est la chondro-épiphyse [2].

La chondro-épiphyse est une structure anatomique pluritissulaire située à chacune des 2 extrémités d'un os long.

2. La chondro-épiphyse et le périoste

Au niveau des os longs, le cartilage de croissance est retrouvé dans les zones épiphysaires. Il peut avoir deux aspects morphologiques distincts :

- Un aspect sphérique au niveau l'épiphyse. Ici la croissance est centripète et permettra de donner sa forme à l'épiphyse définitive.
- Une forme discale dont le prototype est le cartilage de conjugaison permettant la croissance axiale de l'os.

Cependant, le cartilage de croissance peut changer de forme au cours de son évolution. Par exemple au niveau de la vertèbre, il passe d'une forme sphérique en début de croissance à 2 cartilages de croissance de forme discale supérieurs et inférieurs.

L'ossification enchondrale à partir des cartilages de croissance est un processus identique à chaque os et chaque individu. Seule la vitesse d'ossification est différente en fonction des segments de membre considérés.

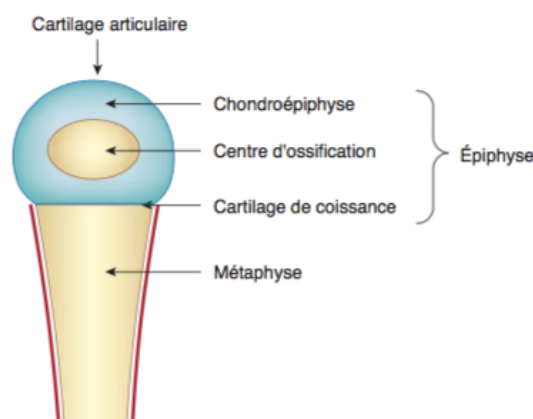


Figure 1 : Extrémité d'un os long en croissance. [2]

Histologiquement, la chondro-épiphyse entoure le centre d'ossification épiphysaire. Elle se compose de 4 couches de l'épiphyse vers la métaphyse :

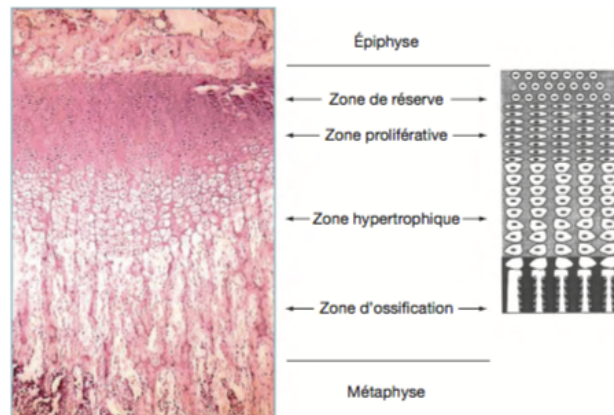


Figure 2 : Schéma avec coupe histologique de l'épiphyse montrant les 4 couches cellulaires

- La couche germinale (couche de réserve) : Composée de petits chondrocytes au sein de la substance fondamentale. C'est une zone de stockage où les divisions cellulaires sont lentes. La vascularisation est d'origine épiphysaire.
- La couche de cellules sériées (en colonne) : C'est dans cette couche que va se constituer la croissance en longueur de l'os. Les cellules à colonne occupent la moitié de la hauteur du cartilage de croissance. Le nombre de cellule est influencé par les forces de pression. Plus le cartilage est actif, plus le nombre de cellules à colonne est important. C'est une zone de forte division cellulaire. La vascularisation est aussi épiphysaire. On comprend donc qu'une souffrance de l'épiphyse fémorale comme dans la maladie de Legg Pertes Calvé peut entraîner des troubles de croissance du col fémoral par atteinte vasculaire. Dans l'achondroplasie, ce sont les cellules à colonne des gros cartilages de croissance qui sont atteints ; On y retrouve une désorganisation architecturale des cellules et un ralentissement de la croissance aboutissant au morphotype d'achondroplase.
- La couche de cellules hypertrophiques : C'est une zone de maturation avasculaire et fragile. Les fractures dans les cartilages de croissance (classification de Salter et Harris) passent à la partie inférieure de cette zone hypertrophique.

- La couche de cellules dégénératives : C'est une zone d'ossification et de remodelage métaphysaire. Il y a une nécrose chondrocytaire qui, par irruption vasculaire provenant de la métaphyse, se calcifie. Ce cartilage calcifié est progressivement remplacé par de l'os spongieux primaire puis secondaire mieux organisé.

Ce mode de croissance par appositions osseuses successives permet la croissance en longueur de l'os.

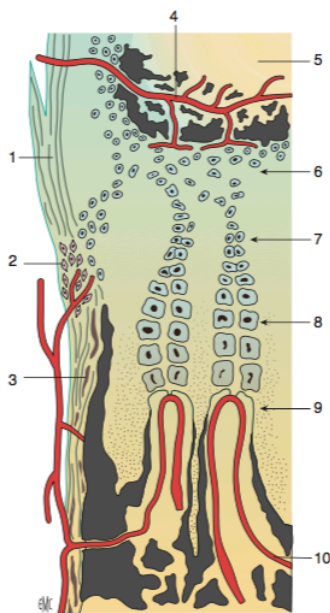


Figure 3 : Aspect histologique du cartilage de croissance métaphysaire de la virole péricondrale. On note l'indépendance entre la vascularisation épiphysaire et la vascularisation métaphysaire. La zone avasculaire correspondant à la couche dégénérative constitue le point de faiblesse en traumatologie. 1. Péricondre ; 2. virole péricondrale ; 3. périoste ; 4. artère épiphysaire ; 5. centre d'ossification épiphysaire ; 6. couche germinale ou de réserve ; 7. couche sériée ou en colonnes ; 8. couche de cellules hypertrophiques ; 9. couche dégénérative ou d'ossification ; 10. vaisseaux métaphysaires. [2]

La croissance en épaisseur est assurée par le périoste (croissance périostée).

Le périoste est une membrane non orientée composée des 3 couches cellulaires dont la plus interne est ostéoformatrice [3]. Il entoure l'os de la diaphyse à la métaphyse où il s'ancre sur la virole péricondrale. Chez l'enfant le périoste est très épais et très actif alors qu'il diminuera en épaisseur au cours de la vie.

Le périoste joue un rôle majeur dans les fractures (et donc les allongements osseux) par sa capacité ostéoformatrice.

Le cartilage de croissance est entouré de la virole péricondrale. Cette structure fibreuse circulaire en continuité avec le périoste forme un système d'ancrage entre l'épiphyse et le périoste métaphysaire.

Une lésion de la virole péricondrale peut créer de véritables épiphysiolyse.

3. Fractures, consolidation et remodelage osseux

L'os est un tissu conjonctif solidifié (phosphate de calcium). Les os ont plusieurs fonctions. Ils supportent les structures corporelles, permettent le mouvement, protègent les organes et sont la réserve principale de calcium et de phosphore. Ils participent aussi à l'hématopoïèse.

Une fracture est une solution de continuité au sein du tissu osseux. La consolidation osseuse est le processus physiologique de réparation d'une fracture. Elle fait immédiatement suite à la fracture et se compose de 2 grandes étapes : La période d'union au cours de laquelle l'os retrouve sa continuité anatomique et la période de remodelage osseux qui restitue l'os dans sa forme et sa structure [4,5,6].

La consolidation de l'os cortical se déroule en 4 étapes (les 3 premières constituent la phase d'union) :

1) La phase inflammatoire (J0-J7) : Réaction cellulaire initiale qui suit immédiatement la fracture. Il y a formation d'un nouveau tissu conjonctif par les fibroblastes et les ostéoblastes qui forment la matrice osseuse.

2) Le cal Primaire : Tissu mou de cicatrisation temporaire.

Durant les 15 premiers jours se forme un tissu de granulation dans l'espace inter fragmentaire qui est composé de cellules précurseurs sensibilisées. Ensuite, les ostéoblastes vont élaborer la substance ostéoïde qui est une matrice de fibres de collagène disposées au hasard. Elle est ensuite minéralisée sous le contrôle des ostéoblastes et commence à être visible radiologiquement vers la 3^e semaine. Le tissu le plus mature se trouve près des extrémités osseuses et est appelé cal d'ancrage. Progressivement le cal d'ancrage des 2 extrémités osseuses croît vers le foyer. C'est la formation du cal d'union.

3) Cal dur : Minéralisation du cal primaire qui le rend solide.

La minéralisation du cal d'union, qui a commencé aux extrémités osseuses, se poursuit pour envahir tout le cal osseux. La minéralisation débute à j 30 et se poursuit jusqu'à la 16^{ème} semaine. En parallèle au cal externe, se développe un cal interne ou endosté qui a une bien moindre résistance mécanique. Le cal dur est formé et les extrémités fracturaires unies.

4) Phase de remodelage : Restitution de la structure et de la forme de l'os.

Il y a une réapparition du canal médullaire et le remplacement progressif du cal dur par des systèmes Haversiens.

Le remodelage osseux chez l'enfant est beaucoup plus important que chez l'adulte. Il est lié chez l'enfant à la croissance osseuse épiphysaire qui permet de corriger les troubles d'axe ainsi qu'au périoste, très actif, qui joue un rôle essentiel dans la formation et le remodelage du cal osseux selon les contraintes exercées (loi de Wolf).



Image 1: Radiographies d'une fracture obstétricale du fémur montrant le remodelage osseux à 3 mois, 6 mois et 1 an

4. Les inégalités de longueur des membres inférieurs

Une inégalité de longueur des membres inférieurs (ILMI) est une différence de longueur entre les 2 membres inférieurs. Il s'agit le plus souvent d'un raccourcissement et parfois d'un allongement [7].

Il est important de distinguer les fausses inégalités qui peuvent être dues à des rétractions articulaires ou musculaires (flessum, équín, adductum) ou des inégalités fonctionnelles (luxation congénitale de hanche). Dans ces cas les segments osseux ont la même longueur. Le diagnostic d'ILMI est clinique devant une boiterie.

Il existe plusieurs méthodes de mesure clinique comme l'équilibre du bassin debout par cals sous le membre le plus court ou mesures segments par segments sur patient allongé.

Les mesures radiologiques peuvent être faites le plus couramment sur une télémétrie des membres inférieurs ou par système EOS.

Il est aussi possible de réaliser des mesures IRM ou scanner mais cela est beaucoup moins utilisé en pratique courante.

Il est important de prendre en compte dans les analyses radiologiques les modifications articulaires comme les flessums ou équins fixés.



Image 2 : Télémétrie d'une fille de 8 ans présentant une ILMI de 36 mm

En plus de la gêne esthétique, les analyses quantifiées de la marche ont montré une asymétrie du pas plus importante que dans la population normale à partir d'une inégalité de deux centimètres [8]. Cette asymétrie du pas qui est bien supportée dans l'enfance pour les faibles inégalités, pourra avoir d'importantes conséquences. En effet, la marche en équin pourra aboutir à un équin fixé avec rétractions tendineuses ou bien un flessum du genou du côté long. Le déséquilibre des membres inférieurs retentira plus haut avec des déséquilibres du bassin et du rachis lombaire entraînant des attitudes scoliotiques et des lombalgies [9].

La période de croissance des membres inférieurs se termine à la fin de la puberté soit 13 ans et six mois chez la fille et 15 ans et six mois chez le garçon (en âge osseux). Il

est donc important, lors du diagnostic d'ILMI durant cette période de croissance, d'établir le pronostic de cette ILMI [12,13].

Le pronostic de l'inégalité repose sur :

- L'étiologie de l'inégalité (congénitale ou acquise)
 - L'âge osseux ; qui peut être calculé selon plusieurs méthodes comme par exemple celle de Greulich et Pyle
 - Les différentes méthodes de calcul basées sur les courbes de croissance du fémur et du tibia de Green et Anderson selon l'âge et le sexe [10].
-
- Les ILMI acquises sont dues à un arrêt de la croissance ou un arrêt de la stimulation de la croissance :

La grande partie des étiologies acquises sont dues à une lésion du cartilage de croissance. Ces lésions peuvent être traumatiques lors d'une fracture touchant le cartilage de croissance (classification de Salter et Harris [11]), infectieuses lors d'ostéomyélites avec atteinte de la physe, vasculaires (purpuras fulminans) ou par irradiation. Ces lésions du cartilage de croissance vont réaliser une épiphysiodèse qui est la fusion totale ou partielle d'un cartilage de conjugaison. Elle entraîne un arrêt de la croissance. Les épiphysiodèses donnent lieu à un raccourcissement lorsqu'elles sont centrales ou totales ou une déviation axiale lorsqu'elles sont asymétriques.



Figure 4 : Épiphysiodèse centrale et para centrale et les déformations occasionnée (selon G. Bollini)

Les ILMI acquises peuvent aussi être causées par une lésion ou un traumatisme diaphysaire. Les raccourcissements peuvent être dus à des pertes de substance ou des cals vicieux. Chez l'enfant existe l'allongement « vicariant » [55] qui est une augmentation de la croissance suite à une fracture diaphysaire par sur-stimulation du cartilage de croissance. L'allongement vicariant peut être responsable d'allongement de membre mais exceptionnellement supérieur à deux centimètres. Il corrige la plupart du temps le raccourcissement dû à la fracture.

Les maladies régionales touchant l'épiphyse comme la maladie de Legg-Perthes-Calvé (ostéochondrite primitive de hanche) ou l'épiphyse fémorale supérieure, peuvent donner des ILMI par déformation, bascule ou trouble de croissance de la région cervico diaphysaire fémorale. Il s'agit la plupart du temps de petites inégalités.



Image 3 : Épiphysiolyse de l'extrémité supérieur du fémur droit à grand déplacement

- Les ILMI congénitales regroupent un grand nombre de malformations des membres inférieurs :

Les grandes malformations de membres que sont les fémurs courts congénitaux, les hypoplasies longitudinales externes ou internes donnent des ILMI proportionnelles au cours de la croissance parfois très importantes [14]. Il existe plusieurs degrés de gravité pouvant aller de l'hypoplasie partielle à l'agénésie complète. Ces grandes malformations de membres s'accompagnent de malformations articulaires, musculo-tendineuses et parfois vasculaires et nerveuses rendant la chirurgie très complexe.

Les héli hypertrophies comme le syndrome de Wiedemann-Beckwith intéressent tout un hémicorps en volume ainsi qu'en longueur et donnent des inégalités proportionnelles. Il est parfois possible de réaliser une épiphysiodèse du côté long pour les petites inégalités.

Les anomalies osseuses constitutionnelles (neurofibromatose, maladie d'Ollier, dysplasies épiphysaire, maladie exostosante, dysplasies fibreuses) peuvent donner des ILMI par atteinte de la chondro-épiphyse.

Les prévisions d'inégalité permettent d'établir quelle sera l'inégalité à maturation osseuse. Elles nécessitent un suivi régulier et permettent d'envisager un traitement adapté. Le traitement consiste à égaliser, si possible, les membres inférieurs tout en préservant leur fonction.

Les moyens sont multiples :

- Le traitement symptomatique qui fait appel aux semelles pour compenser les petites ILMI du côté court (moins de 2 cm). Les chaussures ou prothèses peuvent être utilisées pour corriger de grandes ILMI ; cela devient un traitement palliatif.
- Le traitement chirurgical, en réalisant une épiphysiodèses afin de bloquer la croissance du côté long. L'épiphysiodèse peut être définitive ou temporaire selon la technique utilisée. Ici la difficulté est le choix de la période à laquelle réaliser l'épiphysiodèse du côté long afin de corriger l'ILMI selon la quantité de croissance restante [56]. Les épiphysiodèses peuvent aussi être réalisées pour corriger des troubles d'axes (hémi épiphysiodèse).
- L'allongement chirurgicale du côté court pour les inégalités avec un pronostic d'ILMI majeur en fin de croissance.

5. Déformations des membres inférieurs

La statique du membre inférieur s'apprécie dans les trois plans de l'espace : frontal sagittal et coronal [15].

- Plan frontal

Dans le plan frontal, la notion d'axe est fondamentale pour comprendre les déformations du membre. Les orientations articulaires sont déterminées par les angles entre les lignes articulaires et les axes anatomiques(a) ou mécaniques (m).

Les axes du membre inférieur ont été décrits par D. Paley en 1994 [16] :

- L'axe mécanique fondamental de l'alignement femoro tibial est évalué par la mesure du MAD (Mechanical axis déviation). Il relie le centre articulaire de la hanche et du coup de pied et passe normalement par le centre articulaire du genou à 9,7 +/- 6, 8 mm.
- Au niveau de la hanche Le LPFA (latéral proximal fémoral angle) qui est l'angle entre l'axe anatomique ou mécanique du fémur et la droite passant par le centre de la tête fémorale et le sommet du grand trochanter
- Au niveau du genou le LDFA (latéral distal fémoral angle) qui est l'angle entre l'axe anatomique ou mécanique du fémur et la droite joignant le sommet des 2 épicondyles et le MPTA (médial proximal tibial angle) qui est l'angle entre l'axe du tibia et le plateau tibial
- Au niveau de la cheville le LDTA (latéral distal tibial angle) qui est l'angle entre l'axe tibial et l'articulation tibio talienne.



Figure 5: Schéma montrant les axes du membre inférieur dans le plan frontal (Maîtrise orthopédique)

- Plan sagittal

Il n'y a plus de notion d'axe mécanique global. Par contre, les projections des positions relatives des axes anatomiques du tibia et du fémur permettent, après analyse de l'importance de la pente tibiale, de quantifier le recurvatum, le flexum ainsi que plusieurs mesures au niveau du genou et de la cheville :

- Le PDFA (Posterior Distal Fémoral Angle) qui est l'angle entre l'axe du fémur et la ligne condylienne.
- Le PPTA (Posterior Proximal Tibial Angle) qui est l'angle entre l'axe tibial et le plateau tibiale.
- L' ADTA (Anterior Distal Tibial Angle) qui est l'angle entre l'axe tibial et l'articulation tibio talienne
- Le flectum et le recurvatum seront mesurés cliniquement

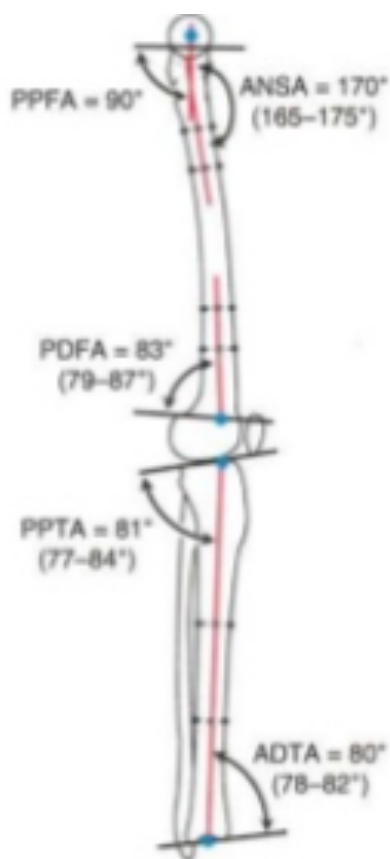


Table 1 : Valeurs normales des axes frontaux du membre inférieur			
Angle		Valeur normale	Ecart statistique
CCD	Angle cervico- diaphysaire	130	124-136
aMPFA	Angle anatomique fémoral proximal médial	84	80-89
mLPFA	Angle mécanique fémoral proximal latéral	90	85-95
aLDFA	Angle anatomique fémoral distal latéral	81	79-83
mLDFA	Angle mécanique fémoral distal latéral	88	85-90
MPTA	Angle proximal tibial médial	87	85-90
LDTA	Angle distal tibial latéral	89	86-92

Figure 6 : Schéma montrant les angles du membre inférieur dans le plan sagittal et les normes décrites par D. Paley

- Plan Axial

Dans le plan horizontal sont étudiés les troubles de torsion osseuse. La torsion squelettique évolue au cours de la croissance.

Ainsi l'antétorsion de l'extrémité supérieure fémorale sera de 35 à 40 degrés à la naissance pour diminuer vers une antétorsion de 12 à 15 degrés à la fin de la croissance. Il en est de même pour la torsion tibiale qui passera d'une torsion interne à la naissance à une torsion externe d'environ 20° à la fin de la croissance.

Les mesures de torsions osseuses des membres inférieurs sont cliniques. Seules les mesures tomодensitométriques sont fiables pour les mesures précises.

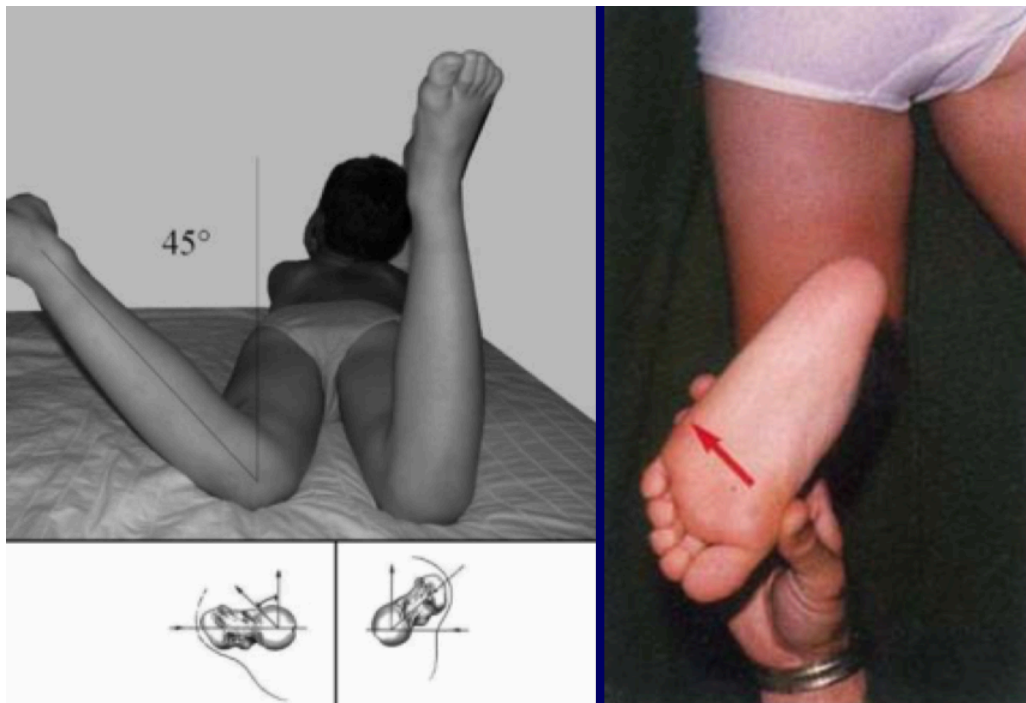


Image 4 : Mesure clinique torsion membre inférieur selon R Vialle DESC de Chirurgie Pédiatrique Session de Mars 2008 – PARIS

Il a été montré dans la littérature que les déformations frontales des membres inférieurs dans l'enfance étaient un facteur de risque d'arthrose à l'âge adulte [17,18]. Ils peuvent exister dans les 3 plans de l'espace, être associés entre eux ou associés à une ILMI. Il est donc important de corriger ces troubles d'axes dès l'enfance afin de limiter le plus possible l'usure articulaire.

6. Principes généraux de l'allongement osseux progressif

Les allongements osseux sont utilisés en chirurgie pour corriger les déformations de membres. Ces déformations peuvent être des inégalités de longueur ou des troubles d'axes dans le plan sagittal, frontal ou transversal.

Ces déformations peuvent être congénitales (fémurs courts congénitaux, hémimélies), acquises par arrêt de la croissance (épiphysiodèses infectieuses, vasculaires ou traumatiques) ou post traumatiques par cal vicieux.

L'allongement osseux repose sur le principe de l'ostéogenèse en distraction décrit au milieu du XXe siècle par G. Ilizarov ainsi que G. De Bastiani [20,21,22]. Cette technique permet la formation d'un néo tissu osseux à travers un foyer d'ostéotomie progressivement distracté. L'ostéotomie, préservant au maximum la vascularisation osseuse intra et extra médullaire, est maintenue par à un système de fixation stable. Le plus souvent, l'ostéosynthèse est réalisée par un fixateur externe mais, depuis, d'autres types de fixation ont été décrits (clous centro médullaires d'allongement) . La formation d'un cal osseux nécessite une période de latence. Ce cal osseux est ensuite distracté grâce au fixateur. Une fois l'allongement obtenu, une période de consolidation avec une fixation stable est indispensable pour obtenir un cal osseux solide.



Image 5 : Radiographie. Ostéogenèse en distraction. La zone de croissance centrale et la partie ossifiée du régénérat de part et d'autre.

7. Évolution des allongements osseux

Si les premières traces d'allongements osseux datent du XVI^e siècle avec Ignace De Loyola qui bénéficiât d'un allongement osseux pour traiter un cal vicieux, le premier allongement mécanique est attribué à A. Codivilla en 1905. Sa technique comprenait une section fémorale suivie d'une extension distale par immobilisation plâtrée cruro-pédieuse. L'allongement n'était donc pas encore progressif [23,24,25].

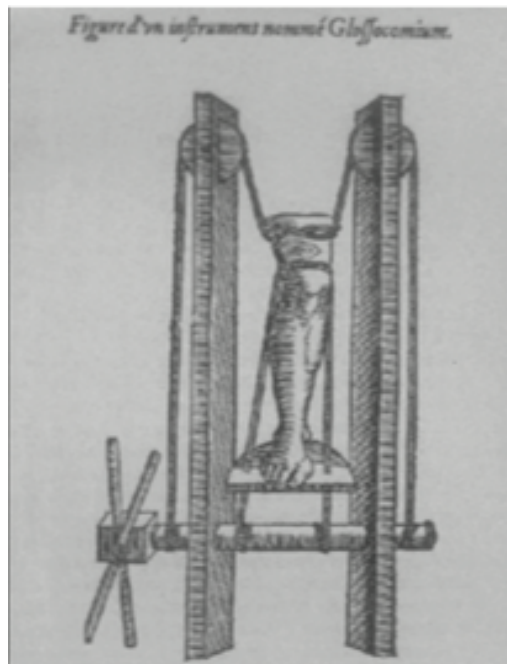


Image 6: Le Glossocomium décrit par A Paré en 1585 destiné à réduire les fractures et « étirer les membres »

Le premier allongement progressif est attribué à V. Putti en 1921 [26] qui commençait à utiliser des cadres externes de traction et prenait en compte le problème des parties molles autour des structures osseuses.

Les grandes avancées dans la chirurgie des allongements osseux ont eu lieu dans la seconde partie du XX^e siècle.

H. Wagner en 1971[27] décrit une technique d'allongement qui permettait une sortie du lit et une déambulation rapide. Sa technique comprenait une ostéotomie transversale, un allongement par fixateur externe puis une ostéosynthèse interne par plaque.

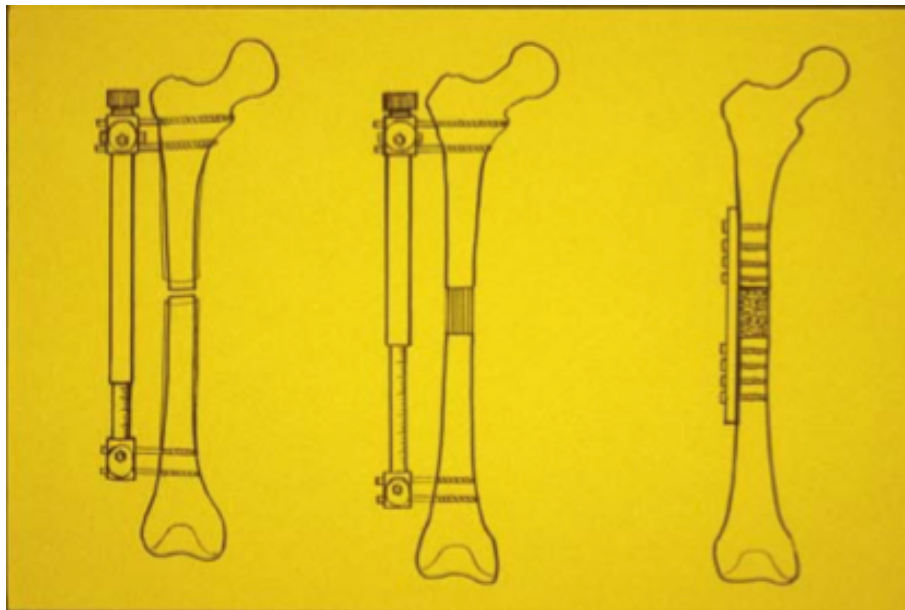


Image 7 : Schéma montrant les étapes de l'allongement osseux selon la technique de H Wagner

Les travaux de G.A. Ilizarov furent publiés en 1971 [20,21]. Cet orthopédiste commença ses travaux sur les allongements osseux en Sibérie dans les années 1950 et révolutionna la chirurgie de l'allongement osseux.

En effet il introduit 2 concepts majeurs de l'allongement : Un appareil d'allongement stable et le concept biologique de régénération osseuse en distraction.

Les principes de l'allongement selon Ilizarov sont :

- Une fixation stable
- Une corticotomie respectant la vascularisation périostée et endostée
- Une durée de latence de 5-7 jours
- Une distraction de 1mm/j en 1 ou plusieurs fois

Le système de fixation externe d'allongement d'Illizarov comprend des anneaux circulaires fixés à l'os par des broches transfixiantes. Les anneaux sont reliés entre eux par des vérins dont la longueur peut être modifiée. Les déformations peuvent être corrigées par la mise en place d'une charnière entre les anneaux.

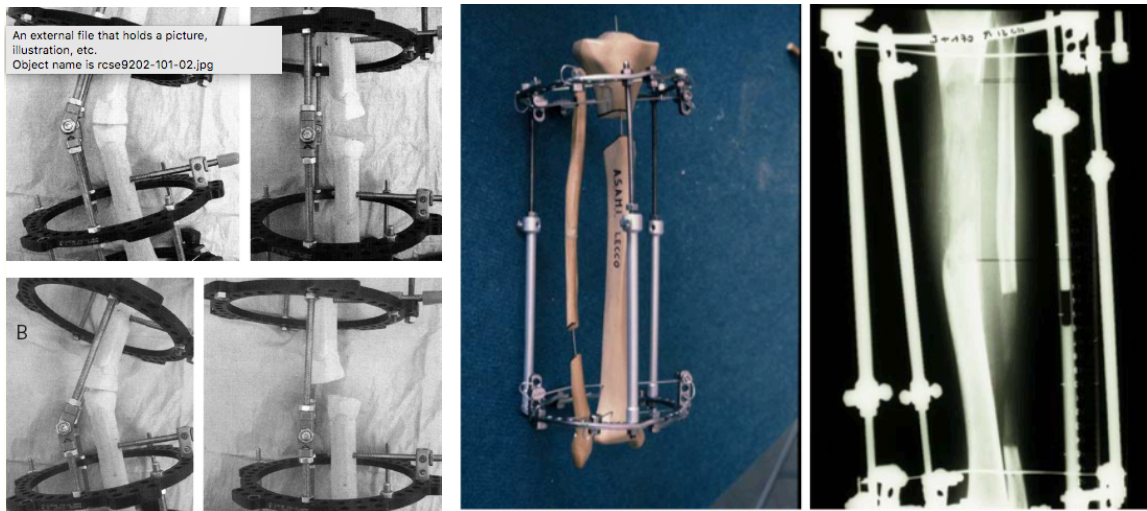


Image 8 : Fixateur externe circulaire d'Illizarov. A gauche, charnière pour correction des déformations

Après G.A. Ilizarov, Il y a eu beaucoup de progrès dans les systèmes de fixation mais les principes n'ont jamais été modifiés.

G. De Bastiani mit au point en 1987 la technique du Callotasis [22] qui associait les principes d'Illizarov à un fixateur externe monolatéral. Ce fixateur monolatéral a ensuite été amélioré et modifié au fil du temps.

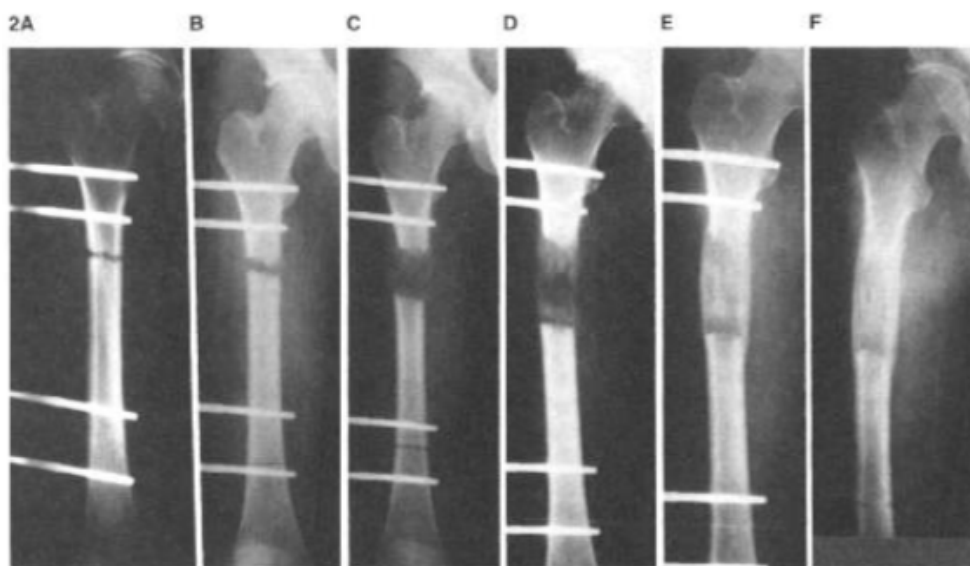


Image 9 :Radiographies. Cal osseux en distraction par fixateur externe monoplan selon De Bastiani

Bien que le fixateur monolatéral permette une utilisation plus aisée et un moindre encombrement pour le patient, seul le fixateur circulaire permet de réaliser des corrections de déformations complexes grâce à l'utilisation des charnières. Il est aussi reconnu plus stable que le fixateur monoplan. En effet, des déviations axiales ont été décrites au cours des allongements par fixateur monolatéral [57].

C'est donc dans cet optique que C. Taylor a développé avec le laboratoire Smith and Nephew TM en 1991 le premier fixateur hexapodal ; le Taylor Spatial Frame (TSF).[29]



Image 10 : Fixateur externe d'Ilizarov (gris) et TSF (noir)

Le TSF se compose de 2 anneaux connectés par 6 vérins télescopiques dont la longueur peut être modifiée indépendamment les uns des autres. Cette indépendance des vérins permet une correction dans les 3 plans de l'espace. Le TSF est associé à un logiciel de planification de la correction.

En 2012, La société Orthofix® a mis au point le fixateur TrueLok-Hexapodal system®. Il reprend les principes d'Ilizarov et se compose de 2 anneaux circulaires ou semi circulaires (si utilisation proche des articulations) reliés entre eux par 6 vérins télescopiques indépendants les uns des autres. Il permet donc une correction dans les 3 plans de l'espace.

Il est associé à un logiciel en ligne permettant de collecter les données nécessaires à la correction (paramètres de la déformation et du montage) et créer ainsi un programme de correction.

En parallèle de l'amélioration des systèmes de fixations externes circulaires d'allongement, d'autres systèmes ont été développés comme les fixateurs hybrides alliant une articulation au fixateur monoplan et l'allongement sur clou centro médullaire mécanique ou motorisé [30].

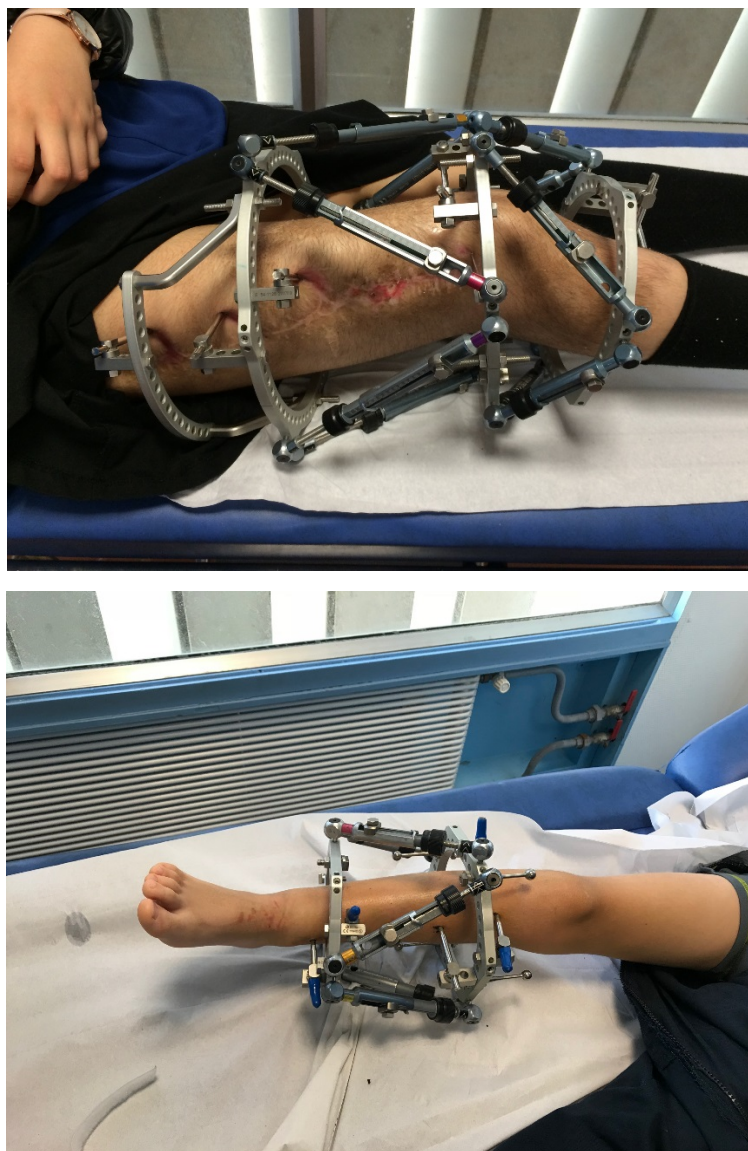


Image 11 : Photos de TL-Hex (Pr F.Launay). En haut allongement de fémur avec pontage du genou. En bas allongement de tibia sans pontage articulaire

DEUXIÈME PARTIE: ÉTUDE

1. Introduction

Les déformations et inégalités de longueur des membres inférieurs sont un motif fréquent de consultation en chirurgie pédiatrique. Bien que la plupart se corrigent spontanément avec la croissance, certaines vont nécessiter une correction chirurgicale comme les grandes déformations congénitales.

Outre la gêne esthétique et fonctionnelle de ces déformations, il a été montré que les troubles d'axes des membres inférieurs sont un facteur de risque majeur d'arthrose et de lombalgies à l'âge adulte [31,32,33]. De nombreuses techniques chirurgicales existent dans la correction des déformations osseuses.

Depuis les travaux de G.A Ilizarov en 1951 [20] et le concept de régénération osseuse en distraction, il y a eu plusieurs avancées dans le matériel de fixation externe mais les principes d'Ilizarov restent inchangés. Le fixateur externe Hexapodal de Taylor a vu le jour en 1991 [29]. Il permet une correction multi planaire grâce à ses 6 vérins indépendants.

En 2012, le laboratoire Orthofix a développé le TrueLok-Hexapodal system®. Ce fixateur externe hexapodal reprend les principes d'Ilizarov et se compose d'anneaux circulaires ou semi circulaires reliés entre eux par 6 vérins télescopiques indépendants les uns des autres. Il permet donc une correction dans les 3 plans de l'espace. Il est associé à un logiciel en ligne permettant de collecter les données nécessaires à la correction, la simuler (paramètres de la déformation et du montage) et créer ainsi un programme de correction basé sur la distraction à un rythme différent des 6 vérins.

Ce concept de 6 axes permet une correction progressive des déformations complexes des membres dans tous les plans de l'espace. La correction progressive permet une meilleure tolérance des tissus mous.

Les allongements de membre sont fréquemment associés à un enclouage centro médullaire élastique stable (ECMES) et/ou à un biomatériau de comblement. Popkov et al. ont montré sur expérimentation animale que l'association de l'ECMES avec le fixateur externe permettait de diminuer le temps de consolidation osseuse (Healing index) [34]. Cependant, peu d'études cliniques rapportent l'intérêt de l'ajout d'un ECMES sur le temps de consolidation.

Il existe de nos jours de nombreux biomatériaux destinés à améliorer ou réduire le temps de consolidation osseuse. Ils sont la plupart du temps sous forme injectable directement dans le foyer de fracture. A ce jour, aucune étude n'a rapporté de bénéfice à l'ajout de biomatériaux dans le cadre des allongements osseux chez l'enfant.

Les corrections des déformations par système d'Ilizarov ou TSF ont fait la preuve de leur efficacité mais peu de séries cliniques ont été publiées sur le TL-Hex.

L'objectif de notre travail était d'évaluer les résultats cliniques et radiologiques des corrections de déformations par le système TL-Hex ainsi que la précision de la correction. L'objectif secondaire était d'analyser les facteurs influençant la consolidation osseuse comme l'ajout d'un biomatériau ostéoinducteur dans le foyer d'ostéotomie et l'ECMES associé au fixateur externe.

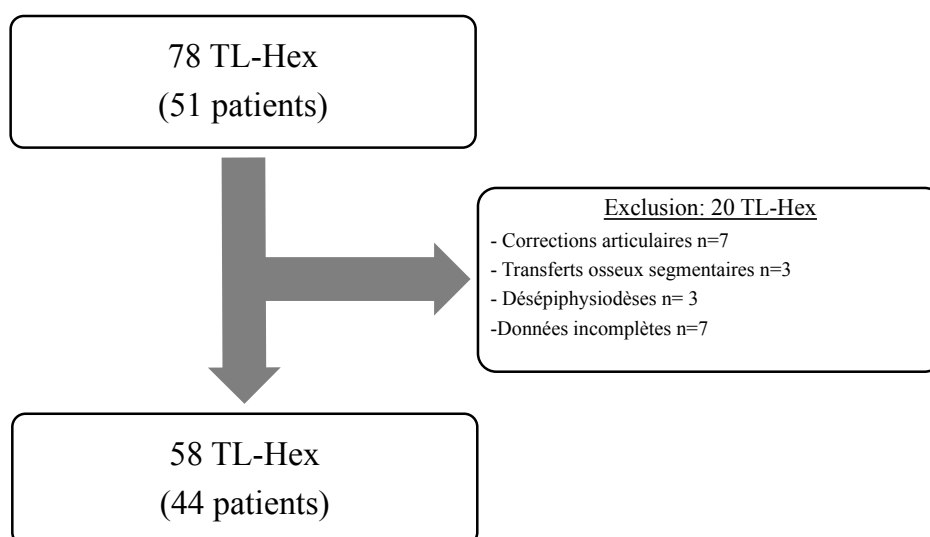
2. Matériels et méthodes

2.1 Patients et méthodes

Notre étude rapporte les résultats d'une série mono centrique rétrospective. Entre 2013 et 2018, les données des dossiers médicaux de 51 patients ayant eu une correction de membre inférieur par le système TrueLok Hexapod® du laboratoire Orthofix™ (TL-HEX) dans notre institution ont été analysés. 78 TL-Hex ont été posés sur 51 patients. Nos critères d'inclusion étaient : l'âge inférieur à 18 ans, chirurgie d'allongement osseux progressif par TL-Hex avec ou sans correction d'axe du membre inférieur, un recul minimum de 5 mois après ablation du fixateur externe. Nous avons exclu de notre étude les corrections extra osseuses de membre (corrections articulaires) (n=7), les procédures de transfert osseux segmentaires (n=3), les désépiphysiodèses par fixateur externe selon la méthode Bollini (n=3) [35] et les allongements dont les données étaient incomplètes (n=7).

Diagramme 3

Inclusion des patients



Au total 58 interventions d'allongement par TL-Hex ont été incluses sur 44 patients différents. 18 patients ont eu soit plusieurs allongements simultanés (n=11), soit plusieurs allongements entre 2013 et 2018. Les dossiers médicaux étaient complets pour tous les patients et ils possédaient tous des radiographies et une télémétrie pré opératoire ainsi qu'une télémétrie ou des radiographies post opératoires.

Sur les 58 allongements osseux(tableau 1):

- il y avait 27 allongements sur des filles et 31 allongements sur des garçons.
- 23 allongements sur des fémurs et 35 allongements sur des tibias.
- l'âge moyen était de 11,4 ans.
- 44 allongement (76%) ont été réalisés sur des membres déjà opérés (allongements antérieurs, ostéotomies, désépiphysiodèse).

Parmi les 44 patients, 38 déformations (86%) étaient d'origine congénitale (9 fémurs courts congénitaux, 19 ectrophies longitudinales, 2 achondroplasies, 8 autres) et 6 (14%) étaient acquises (tableau 2).

Tableau 1

Distribution des patients

	Total	Distribution	
Allongements	58	Filles 27	Garçons 31
Fémurs	23	Filles 11	Garçons 12
Tibias	35	Filles 16	Garçons 19
Age (moyenne)	11, 4 ans (minimum 2,7 ; maximum 18)		

Tableau 2 :

Étiologies et antécédents des déformations

Population(n=44)	Total	%
Interventions antérieures	44	76 %
Étiologie congénitale	38	86 %
- Fémur court congénital	9	24 %
- Ectrophie longitudinale	19	50 %
- Achondroplasie	2	5 %
- Autre	8	21 %
Étiologie acquise	6	14 %
- Ischémie	1	
- Épiphysiodèses	2	
- Origine inconnue	1	
- Purpura	1	
- Tumeurs fémur distal	1	

2.2 Protocole chirurgical et Programme

Tous les patients ont bénéficié d'une distraction osseuse progressive par TL-Hex. L'ostéotomie était réalisée en sous périosté selon la technique du « timbre-poste » dans 52 cas (90%) ou à la scie dans 6 cas. La technique du timbre-poste est une corticotomie à la mèche qui est complétée à l'ostéotome et permet de préserver au maximum le périoste et favoriser ainsi la consolidation osseuse [37]. L'ostéotomie était réalisée en zone de déformation maximale ; en zone diaphysaire dans 49 cas (84%) et en zone métaphysaire dans 9 cas. Le genou était inclus dans 33 montages (57%) (11 en distraction, 12 libres et 10 fixés). 15 allongements (26%) étaient associés à un enclouage centromédullaire élastique stable (ECMES). 37 allongements (64%) ont été associés à un biomatériau ostéoinducteur de comblement (Nanostim® ou Ostibone®). La correction était programmée à l'aide du logiciel associé au TL-Hex (<https://app20.tlhex.com>). Les données et la programmation de la correction étaient complétées par l'opérateur. Dans la plupart des cas, et selon l'expérience de l'opérateur, une sur-correction était apportée.

Des radiographies de contrôle étaient réalisées tout au long du suivi, à l'ablation du matériel ainsi qu'une télémétrie dans les 6 mois suivant l'ablation du matériel. Les données sont résumées dans le tableau 3.



Image 12 : Photo per opératoire pose d'un TL-Hex

Tableau 3

Techniques opératoires

Allongements (n=58)	Total	%
ILMI	50	86 %
Site Ostéotomie		
- Diaphyse	49	84 %
- Métaphyse	9	16 %
Technique ostéotomie		
- Timbre-poste	52	90 %
- Scie	6	10 %
Os allongé		
- Fémur	23	40 %
- Tibia	35	60 %
Pontage articulaire	33	57 %
- Fixe	10	
- Distraction	11	
- Libre	12	
ECMES associé		
- OUI	15	26 %
- NON	43	74 %
Osteoinducteur (Nanostim/Ostibone)		
- OUI	37	64 %
- NON	21	36%
Sur correction	53	91 %
- Varus	31	
- Valgus	2	
- Recurvatum	50	
- Longueur	1	
- Translation	1	

2.3 Évaluation radiographique

L'évaluation radiographique était réalisée sur radiographies et pangonogrammes en préopératoire, en post opératoire et au recul de 6 à 12 mois après l'ablation du matériel. Les paramètres étudiés étaient [16]:

- L'Inégalité de longueur des membres inférieurs (ILMI) et les longueurs des segments osseux du membre inférieur.
- Le Mechanical Axis Déviation (MAD) qui est la mesure de la déviation de l'axe femoro tibial. Il relie les centres articulaires de la hanche et de la cheville. Il passe normalement par le centre articulaire du genou à plus ou moins 10 mm. Un valgus se traduit par la ligne MAD en dehors ($< -10\text{mm}$) et un varus par la ligne MAD en dedans ($> 10\text{ mm}$).
- L'angle mécanique latéral distal du fémur (mLDFA) qui est l'angle entre l'axe mécanique du fémur et la ligne passant par le bord inférieur des 2 condyles dont la valeur normale est de 88° (85° - 90°)
- L'angle mécanique proximal médial du tibia (mMPTA) qui est l'angle entre l'axe mécanique et la droite passant par le plateau tibial dont la valeur normale est de 87° (85° - 90°)

Afin de mesurer la précision de la correction par le TL-Hex, la différence entre les valeurs attendues en fin d'allongement et les valeurs réelles au dernier recul étaient comparées.

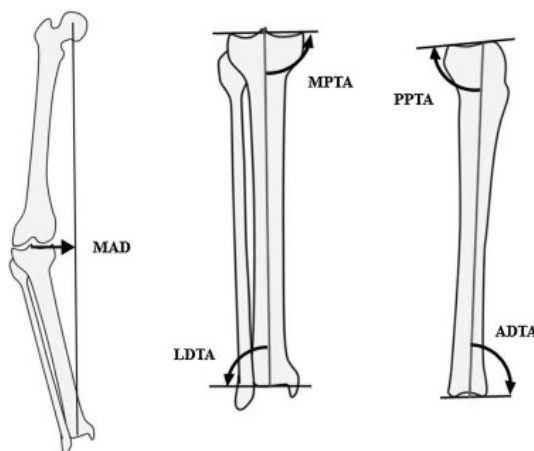


Figure 7 : Méthodes de mesure utilisées pour l'évaluation radiographique. MAD : mechanical axis deviation ; LDTA : lateral distal tibia angle, MPTA : medial proximal tibia angle ; PPTA : posterior proximal tibia angle ; ADTA : anterior distal tibia angle.

2.4 Complications

Les complications survenant en cours d'allongements étaient classées en 3 catégories selon Paley[16,36] :

- Mineures : Guérison sans chirurgie.
- Moyennes : Sujet présentant des complications avec addition d'un acte chirurgical qui n'était pas prévu initialement ne laissant pas de séquelles.
- Majeures: Sujet présentant des complications avec addition d'un acte chirurgical qui n'était pas prévu initialement laissant des séquelles ou un programme d'allongement non respecté.

2.5 Analyses statistique

Les données sont exprimées sous formes de moyenne, écart-types, minima et maxima. Les comparaisons de moyennes ont été réalisées à l'aide d'un test de Student lorsque la distribution suivait une loi normale. Dans le cas contraire, nous avons utilisé un test de Kruskal Wallis. La corrélation entre quantité d'allongement et écart au programme était réalisée à l'aide d'un test de corrélation de Pearson. Une stratification de la population a été effectuée en fonction de différents critères : os allongé (fémur / tibia), utilisation d'un ECMES (oui / non), utilisation de biomatériau (oui / non), correction d'une inégalité de longueur des membres (oui / non). Le seuil de significativité était fixé à 5 % ($p < 0,05$).

3. Résultats

3.1 Analyse descriptive

Sur les 58 corrections, la moyenne d'allongement programmée était de 47mm (minimum 13 mm ; maximum 70 mm ; écart type 11 mm). Le rythme allongement théorique moyen de 0,7 mm/j (minimum 0,5 ; maximum 1). La latence moyenne du premier allongement était de 8 jours (minimum 5 jours, maximum 11 jours).

30 des programmes d'allongement (52%) avaient une correction théorique d'axe en plus de l'allongement dont 17 (57%) dans plusieurs plans de l'espace. Les corrections moyennes théoriques étaient de 10° en varus (minimum 1° ; maximum 25° ; écart type 7°), 21° en valgus (minimum 8° ; maximum 33° ; écart type 11°), 12° en recurvatum (minimum 5° ; maximum 40° ; écart type 9°), 35° en rotation (minimum 10° ; maximum 60° ; écart type 35°), 5° en translation latérale (minimum 1° ; maximum 14° ; écart type 4°) et 3° en translation antérieure (minimum 1° ; maximum 5° ; écart type 1°).

53 allongements (91%) ont eu une sur-correction (les sur-corrections pouvant être multiples). La moyenne des sur-corrections était de 4 ° en varus (minimum 2° ; maximum 15° écart type 2°) et de 5° en recurvatum (minimum 1° ; maximum 20° ; écart type 3°). Les données sont résumées dans le tableau 4.

La durée d'allongement était en moyenne de 66 jours (minimum 24 ; maximum 123 ; écart type 22). La durée d'ostéosynthèse moyenne était de 194 jours soit 6,4 mois (minimum 112 ; maximum 448 ; écart type 54). L'allongement moyen obtenu était de 59 mm (minimum 2 ; max 134 ; écart type 27). L'healing Index, défini par le nombre de jours d'ostéosynthèse externe sur le gain d'allongement osseux en cm, était de 36,8 j/cm (minimum 16 ; maximum 105 ; écart type 16). Les données sont résumées dans le tableau 5.

Le délai entre l'ablation du TL-Hex et le pangonogramme de contrôle était en moyenne de 6,8 mois (minimum 38 jours ; maximum 19 mois).

Il y a eu 20 cas de modifications de programme en cours d'allongement (34%) et 31 complications (53%).

Tableau 4

Paramètres généraux des programmes d'allongement

Paramètres	Moyenne	Minimum	Maximum	Écart type
Allongement (mm)	47	13	70	11
Latence 1 ^{er} allongement (j)	8	5	11	1
Rythme d'allongement (mm/j)	0,8	0,5	1	0,1
Varus (°)	10	1	25	7
Valgus (°)	21	8	33	11
Recurvatum (°)	12	5	40	9
Rotation (°)	35	10	60	35
Translation (°)				
- Antérieure	3	1	5	1
- Latérale	5	1	14	4
Sur Correction (°)				
- Varus	4	2	15	2
- Recurvatum	5	1	20	3

Tableau 5

Résultats

Paramètres	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart type
Durée allongement (jours)	66	24	123	22
Durée d'ostéosynthèse (jours)	194	112	448	54
Allongement obtenu (mm)	59	2	134	27
Healing Index (j/cm)	37	16	105	16

En pré opératoire, il y avait 50 ILMI. La moyenne d'ILMI était de 59,9 mm (minimum 4 ; maximum 182 ; écart type 42). En post opératoire la moyenne d'ILMI était de 24 mm (minimum 0 ; maximum 158 ; écart type 30).

Le MAD moyen pré opératoire était, en valeur absolue, de 17,7 mm. 20 membres étaient normo axés, 12 étaient en varus et 26 en valgus. En post opératoire le MAD moyen était de 14,7 mm avec 18 membres normo axé, 16 en varus, 13 en valgus. Pour 11 corrections, le MAD n'était pas mesurable (pas de pangonometrie post opératoire).

En pré opératoire dans le groupe correction de fémur, le mLDFA moyen était de 88,6° avec 9 membres normo axés, 5 en varus et 9 en valgus. L'écart à la normale était de 7 ° (minimum 0° ; maximum 33° ; écart type 9°). En post opératoire le mLDFA moyen était de 89,9° avec 8 membres normo axés, 8 en varus, 4 en valgus. Pour 3 corrections, le mLDFA n'était pas mesurable. L'écart à la normale était de 2,9° (minimum 0°, maximum 15° ; écart type 4,9°).

En pré opératoire, le mMPTA moyen était de 87,3° avec 16 membres normo axés, 9 en varus et 10 en valgus. L'écart à la normale était de 5,2° (minimum 0°, maximum 29° ; écart type 7,7°). En post opératoire le mMPTA moyen était de 88,1° avec 14 normo axés, 5 en varus, 8 en valgus et 8 non mesurables. L'écart à la normale était de 2,9° (min 0° ; max 25° ; écart type 6°) (Tableau 6).

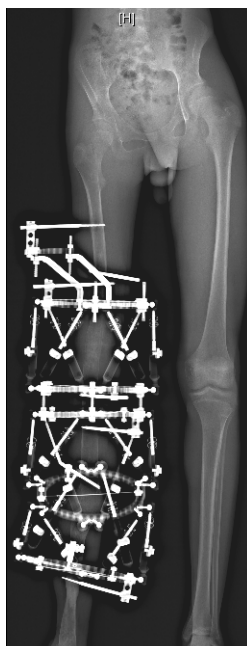


Figure 8 : télémétrie avec TL Hex en place. Allongement bifocal du fémur avec pontage du genou

Tableau 6 :

Paramètres Pré et post op mesurés sur radiographies

Paramètres	Pre-op	Post op	p
ILMI (n=50)	60 (4 ;182 ; σ 42)	24 (0 ;158 ; σ 30)	p<0,001
MAD (n=58)	17,7 (O ;62 ; σ 13)	14,7 (0 ;55 ; σ 11)	p=0,17
	Normal 20	Normal 18	
	Varus 12	Varus 16	
	Valgus 26	Valgus 13	
	NM 0	NM 11	
mLDFA	88,6 (52 ;114 ; σ 13,4)	89,9 (78;105 ; σ 7,4)	
(groupe fémurs n=23)	Normal 9	Normal 8	
	Varus 5	Varus 8	
	Valgus 9	Valgus 4	
	NM 0	NM 3	
	Écart N : 7°	Écart N : 2, 9°	p=0,04
mMPTA	87, 3 (56 ;109 ; σ 11)	88,1 (62.115)	
(groupe tibias n=35)	Normal 16	Normal 14	
	Varus 9	Varus 5	
	Valgus 10	Valgus 8	
	NM 0	NM 8	
	Écart N : 5,2°	Écart N : 2,9°	p=0,08

NM = Non mesurable, Écart N = Écart à la Normale

3.2 Précision de la correction

La précision de la correction a été calculée en comparant les mesures radiographiques post opératoires et les résultats théoriques du programme d'allongement. Nous l'avons exprimé en « écart au programme »

Pour les ILMI, la moyenne pré opératoire était de 59,9 mm (minimum 4 ; maximum 182). La moyenne d'ILMI post opératoire programmée était de 7,3 mm (minimum 0 ; Maximum 85). La moyenne d'ILMI post opératoire mesurée était de 24 mm (minimum -20 ; maximum 158). Pour l'ILMI l'écart au programme était en moyenne de 17,1 mm (minimum 0 ; Maximum 76 ; écart type 22) avec une différence significative entre l'ILMI post opératoire programmée et l'ILMI post opératoire obtenue (7 mm VS 24 mm ; $p < 0,01$).

Nous avons mesuré l'allongement réel de l'os appelé « quantité d'allongement » en post opératoire. La quantité d'allongement programmée était de 47 mm (minimum 13 ; maximum 65). La quantité d'allongement obtenue était de 59 mm (minimum 2 ; maximum 134). L'écart au programme de la quantité d'allongement était de 12 mm (minimum - 23 ; maximum 76 ; écart type 22) avec une différence significative entre la quantité d'allongement programmée et la quantité d'allongement réellement obtenue (47 mm VS 59 mm ; $p < 0,01$).

Le rythme d'allongement théorique était en moyenne de 0,76mm/j (minimum 0,5 ; maximum 1). Le rythme d'allongement réel était de 0,96mm/j (minimum 0,03 ; maximum 2,5 ; écart type 0,46) avec un écart au programme moyen de 0,2 mm/j et une différence significative entre le rythme théorique et le rythme réel (0,76 mm /j VS 0,96 mm/j ; $p < 0,01$).

Plus l'allongement demandé était important, plus l'écart au programme était élevé (coefficient de corrélation de Pearson $R^2=0,38$ soit $p=0,019$).

Dans les groupes allongements de fémur et allongements de tibia, l'écart au programme était respectivement de 1,3° pour le mL DFA (minimum 0° ; maximum 33° ; écart type 13°) et 3° pour le mMPTA (minimum -14° ; maximum 13° ; écart type 6°) avec une différence significative entre les corrections programmées et les corrections obtenues pour le mMPTA (86,4° VS 88,1° ; $p=0,02$). Il n'y avait pas de différence significative entre les corrections programmées et les corrections obtenues pour le mL DFA (88,2° VS 89,9° ; $p=0,5$).

Il y avait une différence significative entre la programmation et la valeur réelle finale pour tous les paramètres excepté le mL DFA. Les données de la précision de la correction et de l'écart au programme sont résumées dans le tableau 7.

Tableau 7

Écart au programme

Paramètres	Pré op	Théorique	Post op	Écart au programme	p
ILMI (mm)	60 (4 ;182)	7 (0 ;85)	24 (-20 ;158)	17,3 (-23,76 ; σ 22)	p<0,01
Q allongement (mm)		47 (13 ;65)	59 (2 ; 134)	12,5 (-48 ;79 ; σ 26)	p<0,01
Rythme allongement (mm/j)		0,76 (0,5 ;1)	0,96 (0 ; 2,5)	0,2 (-0,9 ;1,6 ; σ 0,4)	p<0,01
mL DFA (°)	88,1 (52;114)	88,2 (72 ;127)	89,9 (78,105)	1,3 (-40 ;33 ; σ 13)	p=0,5
mMPTA (°)	87,3 (56;109)	86,4 (67 ; 107)	88,1 (62 ;115)	3 (-14 ;13 ; σ 6)	p=0,02

Dans le groupe des allongements de fémur pour lesquels il n'y a pas eu de modification de programme en cours d'allongement ou d'arrêt du programme pour consolidation précoce (17 fémurs), l'écart au programme moyen du mL DFA est de 0,4° (minimum - 40° ; maximum 13° ; écart type 13°) et la moyenne de l'écart au programme de la quantité d'allongement est de 7,6 mm (minimum – 15 ; maximum 55 ; écart type 19). Les différences n 'étaient pas significatives entre les valeurs programmées et les valeurs obtenues pour le mL DFA (87,2° VS 87,3° ; p=0,9) et pour la quantité d'allongement (54,4 mm VS 62,1 mm ; p=0,1) (tableau 8).

Dans le groupe des allongements de tibia sans modifications de programme, l'écart au programme pour le mMPTA était de 3,2 ° (minimum 14° ; maximum 13° ; écart type 7°). La différence n'était pas significative entre le mMPTA programmé et le mMPTA obtenu (86,2° VS 87,9° ; p=0,07). L'écart au programme de la quantité d'allongement était de 7,6 mm (minimum -8 ; maximum 31 ; écart type 9) et la différence était significative (46,3mm VS 54 mm ; p=0,003) (Tableau 9).

Tableau 8

Groupe fémurs, programme non modifié

Fémurs (n=17)	Programme	Post op	Écart au programme	p
mLDFA (°)	87,2 (74 ; 127; σ11)	87,3 (78; 94; σ4)	0,4 (-40; 13; σ12)	p=0,9
Quantité d'allongement (mm)	54,4 (20; 100; σ21)	62,1 (21; 125; σ29)	7,6 (-15; 55; σ19)	p=0,1

Tableau 9

Groupe tibias, programme non modifié

Tibias (n= 25)	Programme	Post op	Écart au programme	p
mMPTA (°)	86,2 (67; 107 ; σ8)	87,9 (62 ;115;σ11)	3,2 (-14 ; 13 ; σ7)	p=0,07
Quantité d'allongement (mm)	46,3 (30 ; 65 ; σ9)	54 (38 ; 76 ; σ9)	7,6 (-8 ; 31 ; σ9)	p=0,003

3.3 Modifications spontanées entre l'ablation de matériel et la télémétrie de contrôle

Le délai moyen entre l'ablation du matériel et la télémétrie de contrôle était de 209 jours soit 6,8 mois (minimum 38 jours ; maximum 19 mois).

En post opératoire immédiat, les moyennes des mL DFA et mMPTA sur la totalité des allongements étaient respectivement de 90° (minimum 81° ; maximum 115°) et 88° (minimum 79° ; maximum 116°). A la date de la télémétrie, les moyennes respectives des mL DFA et mMPTA étaient de 89° (minimum 78° ; Maximum 105°) et 87° (minimum 62 ; maximum 115°). Les différences entre mL DFA et mMPTA aux différents reculs n'étaient pas significatives ($p=0,3$ et $p=0,4$).

Dans le groupe allongement de fémur ($n=23$), le mL DFA moyen à l'ablation du matériel était de 90° (minimum 81° ; maximum 115°) et de 90° (minimum 78° ; maximum 105°) au dernier recul. Dans le groupe allongement de tibia ($n=35$) le mMPTA à l'ablation du matériel était de 89° (minimum 79° ; maximum 116°) contre 88° (minimum 62° ; maximum 115°) à la date de la télémétrie. Les différences n'étaient pas non plus significatives dans les sous-groupes ($p=0,4$ et $p=0,8$). Les données sont résumées dans le tableau 10.

Tableau 10

Comparaisons au dernier recul			
	AMOS	Télémétrie	p
Allongements ($n=58$)			
- mL DFA	90° (81 ; 115)	89° (78 ; 105)	$p= 0,3$
- mMPTA	88° (79 ; 116)	87° (62 ; 115)	$p= 0,4$
mL DFA groupe fémurs ($n=23$)	90° (81 ; 115)	90° (78 ; 105)	$p= 0,4$
mMPTA groupe tibias ($n=35$)	89° (79 ; 116)	88° (62 ; 115)	$p= 0,8$

3.4 Ostéoinducteur et Enclouage Centro Médullaire Élastique Stable

Lors de certaines interventions, l'ajout d'un ostéoinducteur (Nanostim® ou Ostibone®) a été réalisé dans le but d'obtenir un meilleur régénérat osseux. Sur les 58 allongements inclus dans l'étude, 37 allongements ont bénéficié d'un ostéoinducteur (64%). L'Index de consolidation était de 74 j /cm avec biomatériau et de 44 j /cm sans biomatériau. Il n'y avait pas de différence significative ($p=0,4$)

Dans notre étude, 15 allongements ont bénéficié d'un ECMES additionnel (26%). L'Index de consolidation était de 58 j /cm lorsque l'ECMES était associé au TL-Hex et de 65 j /cm sans ECMES avec une différence significative ($p<0,001$). Les données sont résumées dans le tableau 11.

Tableau 11 :

Comparaison des Index de consolidation avec ECMES et Osteoinducteur

Index de consolidation	AVEC	SANS	p
Osteoinducteur (Nanostim/Ostibone)	74 (19 ; 577) (n=37)	44 (16 ; 167) (n=21)	$p=0,4$
ECMES	58 (25 ; 378) (n=15)	65 (16 ; 577) (n=43)	$p<0,001$

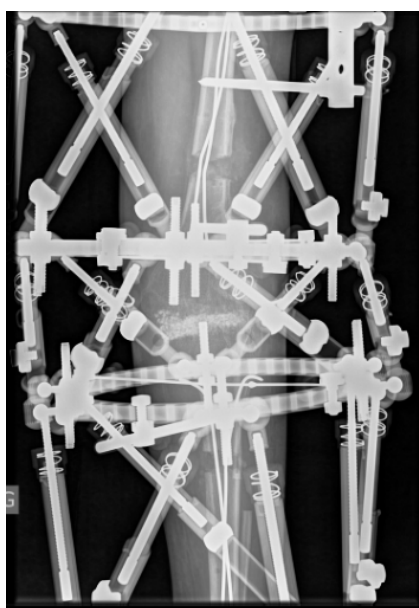


Figure 9 : TL-Hex en place avec ECMES

3.5 Complications et modifications de programme

Nous avons classé les complications selon D. Paley [16]. Dans notre étude, il y a eu 31 complications sur les 58 allongements soit 53 % de complications. Sur ces 31 complications, 26 (84%) étaient des complications mineures (guérison sans chirurgie et sans séquelles) et 5 (16%) étaient des complications moyennes (guérison sans séquelles avec chirurgie). Il n'y avait pas de complication majeure (guérison avec chirurgie et séquelles). Au cours du programme d'allongement, 16 allongements (28 %) ont nécessité une modification du programme ou un nouveau programme de correction (Tableau 12).

Tableau 12

Complications

Total allongements (n=58)	Total	%
Complications	31	53%
- Mineures	26	84%
- Moyen	5	16%
- Majeures	0	0
Modifications de programme	16	28%

Dans le groupe allongements de fémur (n=23), il y a eu 15 complications (65%) dont 13 mineures et 2 moyennes. Il y a eu 6 modifications de programme (26%) (Tableau 13).

Dans le groupe allongements de tibia (n=35), il y a eu 16 complications (46%) dont 13 mineures et 3 moyennes. Il y a eu 10 modifications de programme (37%) (Tableau 14). Il n'y a pas de différence significative entre le taux de complications dans le groupe correction de fémur (65%) et le taux de complication dans le groupe correction de tibia (46%) (test du Chi 2 : $p=0,14$).

Tableau 13

Complications groupe allongements de fémur

Groupe fémur (n=23)	Total	%
Complications	15	65 %
- Mineures	13	87 %
- Moyennes	2	13 %
- Majeures	0	0 %
Modifications de programme	6	26 %

Tableau 14

Complications groupe allongements de tibia

Groupe tibia (n=35)	Total	%
Complications	16	46 %
- Mineures	13	81 %
- Moyennes	3	19 %
- Majeures	0	0 %
Modifications de programme	10	29 %

Il y avait 22 complications (59%) dans le groupe avec biomatériau contre 9 complications (43%) dans le groupe sans biomatériau. La différence n'était pas significative (test du Chi 2 : $p=0,22$). Il y avait 6 complications (40%) dans le groupe avec ECMES contre 25 complications (58%) dans le groupe sans ECMES. La différence n'était pas significative (test du Chi 2 : $p=0,22$).

3. Discussion

Les fixateurs hexapodaux utilisés dans les corrections de déformation des membres permettent une correction dans plusieurs plans de l'espace grâce aux 6 vérins indépendants. Ils peuvent aussi être utilisés en traumatologie [38] pour la prise en charge des pseudarthroses [39,40] ou la réalisation de transports osseux [41] avec de bons résultats. Plusieurs études ont montré les résultats des corrections de membres inférieurs par fixateur externe hexapodal [42,43,44] et leur efficacité, dans les corrections de longueur ou d'axes, a déjà été démontré avec le TSF. A ce jour, il n'existe qu'une seule étude clinique sur les corrections de membres inférieurs par le fixateur externe TL-Hex [45]. 2 études ont été publiées sur la correction des déformations sévères du pied par TL-Hex [58] et la correction d'une luxation de genou [59] avec de bons résultats.

Dans notre série de 58 programmes d'allongement, nous avons obtenu une correction significative de l'ILMI (60 mm VS 24 mm) et du mL DFA (88,6° VS 89,9°). Nous avons aussi obtenu des corrections du MAD (17,7 mm VS 14,7mm) et du mMPTA (87,3° VS 88,1°) mais qui ne se sont pas révélées significatives. Dans leur étude sur les corrections de déformations tibiales par TL-Hex, Pesenti S et al. rapportent une correction significative du mMPTA. L'absence de correction significative de l'axe global du membre peut s'expliquer par l'absence de correction significative au niveau de l'axe tibial ainsi que par certaines valeurs extrêmes de déformations (15 programmes d'allongement soit 26% ont un MAD supérieur à 25 mm) ne pouvant être corrigées en un seul programme.

L'Healing Index moyen était de 37 j/cm ce qui est bon et comparable aux autres études sur les allongements par fixateur externe hexapodal [42,43].

La précision de la correction était de 17,3 mm sur l'ensemble de la série. Cependant, plus la correction demandée était importante, plus l'écart au programme était important. Notre étude est la première à rapporter un tel phénomène. De plus, les mesures de longueur étaient réalisées sur la télémétrie qui était réalisée en moyenne 6,8 mois après l'ablation du fixateur chez des enfants en période de croissance pour la plupart. Dans son article [46] Popkov et al. a montré qu'il existait 5 types de modifications de la croissance dans les 2 années suivant un allongement, pouvant aller de l'arrêt total à l'accélération de croissance. L'écart au programme était de 1,3° pour la correction fémorale distale et de 3° pour la correction tibiale proximale.

Dans son étude comparant la correction entre le fixateur externe d'Ilizarov et le TSF [47] Manner et al. obtiennent une déformation résiduelle de 44,3% avec le fixateur externe d'Ilizarov et 9,3 % avec le TSF. L'écart au programme que nous obtenons est aussi dû aux modifications de programme en cours d'allongement. En effet, l'écart au programme de la quantité d'allongement passe de 12,5 mm à 7,6 mm et l'écart au programme du mL DFA passe de 1,3° à 0,4° lorsque les patients qui ont eu une modification de programme en cours d'allongement sont exclus des analyses. A ce jour, aucune étude ne compare la correction programmée et la correction obtenue.

Notre étude n'a pas montré de différence entre la correction obtenue en post opératoire immédiat et le dernier recul à 6,8 mois. La correction obtenue paraît donc stable mais il pourrait être intéressant d'étendre ce suivi à plus long terme et, en particulier, chez les patients ayant une malformation congénitale, qui ont une ILMI proportionnelle et donc une déformation évolutive au long de la croissance.

Nous n'avons pas mis en évidence d'avantage à utiliser un biomatériau de comblement en association à l'allongement par TL-Hex. Bien qu'il n'existe pas d'étude sur l'application des céramiques bioactives dans les allongements osseux, il a été montré [48,49] que les céramiques bioactives permettaient par leur porosité et leurs propriétés physico chimiques, une ostéoinduction et une ostéoconduction. Nos résultats suggèrent que l'utilisation de biomatériaux n'est pas nécessaire lors de la réalisation d'un allongement osseux chez l'enfant.

L'healing Index était significativement amélioré avec l'association d'un ECMES ce qui confirme les travaux de Popkov et al. [34,50] ainsi que les résultats de Pesenti et al. De plus l'ajout d'un ECMES ne modifiait pas le taux de complication. Cette étude confirme que l'ajout d'un ECMES, lors de la réalisation d'un allongement osseux par fixateur externe, améliore les résultats en termes de consolidation osseuse.

Le TL-Hex diffère du TSF principalement par la conception du logiciel calculant la correction progressive [41]. Alors que le système TSF se base sur la position relative des anneaux, le système TL-HEX utilise la position des segments osseux comme référence. Ainsi, la méthode de calcul du positionnement des anneaux dans le cadre et de leur mouvement relatif au cours de la correction n'est pas la même.

Le taux de complication de notre étude est de 53% comprenant plus de 80% de complications mineures ce qui est comparable avec ce qui est retrouvé dans la littérature [52,53]. Il n'y avait pas de complications majeures.

Il n'a pas été montré de différence entre le taux de complication entre le groupe allongement de fémur et allongement de tibia.

Cependant notre étude comporte quelques limitations. Le caractère rétrospectif ne permet pas de donner de conclusions définitives sur la procédure d'allongement par TL-Hex. Cette étude n'est pas comparative et il n'y a pas de groupe témoin qui pourrait permettre de comparer le TL-Hex à un autre fixateur externe hexapodal comme le TSF ou bien à d'autres méthodes d'allongement comme les clous motorisés [54]. Nos résultats sont comparables à ceux publiés sur l'utilisation d'autres fixateurs hexapodaux. Nous pouvons donc penser que l'efficacité du TL-Hex est comparable aux autres fixateurs hexapodaux.

4. Conclusion

Le fixateur externe TL-Hex permet des corrections de déformations et de longueurs des membres inférieurs simultanément dans plusieurs plans de l'espace grâce à son système hexapodal. Le taux de complications et de déformations résiduelles est comparable aux autres fixateurs externes. La correction des déformations des membres inférieurs par TL-Hex est une technique efficace et précise. Les corrections par fixateurs externes connaissent de nombreuses complications que le chirurgien devra prendre en charge tout au long du traitement qui est long (plus d'un mois par centimètre d'allongement). Ces complications imposent parfois une modification du programme d'allongement ou un arrêt du programme de correction ce qui diminue la précision de la correction. Les complications, la durée du traitement, la gêne fonctionnelle et esthétique sont des aspects importants à prendre en compte lorsque l'on propose un allongement par fixateur externe à un patient.

Notre étude confirme que l'ajout d'un ECMES lors de la réalisation d'un allongement osseux permet de diminuer le temps de consolidation osseuse. En revanche, nous n'avons pas mis en évidence d'avantages à y associer un biomatériau injectable.

Les résultats de notre étude et des études publiées sur les corrections de déformation des membres inférieurs montrent qu'il existe très fréquemment une déformation résiduelle du membre après allongement. Cette déformation résiduelle est imputée aux phénomènes de traction des parties molles qu'il est difficile de planifier. Une grande partie des chirurgiens prévoient une sur-correction afin de pallier à cette déformation résiduelle mais nous avons montré que des corrections trop importantes en diminuaient la précision et augmentaient le risque de complications. La sur-correction paraît donc nécessaire pour les grandes déformations mais il est actuellement difficile d'en évaluer la proportion.

Références

1. Dimeglio A. La croissance en orthopédie. SAURAMPS MEDICAL; 1998. (Sauramps).
2. Jouve J-L, Bollini G, Launay F, Glard Y, Craviari T, Guillaume J-M, et al. Cartilage de croissance et croissance en orthopédie. <http://www.em-premium.com.lama.univ-amu.fr/data/traites/ap/14-44798/> [Internet]. 2009 Apr 2 [cited 2018 Apr 22]; Available from: <http://www.em-premium.com.lama.univ-amu.fr/article/200099/resultatrecherche/26>
3. Squier CA, Ghoneim S, Kremenak CR. Ultrastructure of the periosteum from membrane bone. *J Anat*. 1990 Aug;171:233–9.
4. Sedel L, Vareilles J-L. Consolidation des fractures. <http://www.em-premium.com/data/traites/ap/14-01624/> [Internet]. [cited 2018 Apr 26]; Available from: <http://www.em-premium.com/article/8160/resultatrecherche/12>
5. Frayssinet P, Guichet J-M. Aspects cellulaires de la régénération osseuse. <http://www.em-premium.com/data/revues/00351040/00900008/765/> [Internet]. 2008 Apr 16 [cited 2018 Apr 26]; Available from: <http://www.em-premium.com/article/142687/resultatrecherche/1>
6. Meyrueis P, Cazenave A, Zimmermann R. Biomécanique de l'os. Application au traitement des fractures. <http://www.em-premium.com.lama.univ-amu.fr/data/traites/ap/14-35725/> [Internet]. [cited 2018 Sep 9]; Available from: <http://www.em-premium.com.lama.univ-amu.fr/article/23612/resultatrecherche/37>
7. C Bronfen. Inégalités de longueur des membres inférieurs chez l'enfant et l'adolescent : Leg-length discrepancy in children and adolescents [Internet]. EM-Consulte. [cited 2018 Sep 9]. Available from: <http://www.em-consulte.com/article/280192/inegalites-de-longueur-des-membres-inferieurs-chez>
8. Kaufman KR, Miller LS, Sutherland DH. Gait asymmetry in patients with limb-length inequality. *J Pediatr Orthop*. 1996 Apr;16(2):144–50.
9. D'Amico M, Roncoletta P, Di Felice F, Porto D, Bellomo R, Saggini R. Leg length discrepancy in scoliotic patients. *Stud Health Technol Inform*. 2012;176:146–50.
10. Anderson M, Green WT, Messner MB. Growth and predictions of growth in the lower extremities. *J Bone Joint Surg Am*. 1963 Jan;45–A:1–14.
11. Salter RB, Harris WR. Injuries Involving the Epiphyseal Plate. *JBJS*. 2001 Nov;83(11):1753.
12. Pierre Journeau, Pierre Lascombes. Déformations des membres inférieurs. De la consultation à l'acte opératoire. SAURAMPS MEDICAL. Montpellier; 2009.
13. Caton J, Chotel F, Chatelain P. Inégalité de longueur des membres inférieurs : cause, diagnostic, prévision et traitement. <http://www.em-premium.com.lama.univ-amu.fr/data/traites/ap/15-40323/> [Internet]. 2008 Mar 12 [cited 2018 Jul 4]; Available from: <http://www.em-premium.com.lama.univ-amu.fr/article/194138/resultatrecherche/3>
14. Clément J-L, Herbaux B, Padovani J-P. Aplasies et hypoplasies squelettiques congénitales de jambe. <http://www.em-premium.com.lama.univ-amu.fr/data/traites/ap/15-23725/> [Internet]. [cited 2018 Aug 14]; Available from: <http://www.em-premium.com.lama.univ-amu.fr/article/8358/resultatrecherche/5>
15. W. Strecker. Analyse et planification des déformations adjacentes au genou. *Maitrise Orthopedique* N°172 - Mars 2008.
16. Paley D. Principles of deformity correction. Berlin: Springer; 2002.
17. Hochberg MC, Altman RD, Brandt KD, Clark BM, Dieppe PA, Griffin MR, et al. Guidelines for the medical management of osteoarthritis. *Arthritis & Rheumatism*. 1995 Nov 1;38(11):1541–6.

18. Netgen. Anomalies morphologiques des membres inférieurs dans la gonarthrose [Internet]. Revue Médicale Suisse. [cited 2018 Jul 4]. Available from: <https://www.revmed.ch/RMS/2002/RMS-2417/22592>
19. Popkov D, Lascombes P, Berte N, Hetzel L, Baptista BR, Popkov A, et al. The normal radiological anteroposterior alignment of the lower limb in children. *Skeletal Radiol*. 2015 Feb;44(2):197–206.
20. Ilizarov GA. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop Relat Res*. 1990 Jan;(250):8–26.
21. Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop Relat Res*. 1989 Feb;(239):263–85.
22. De Bastiani G, Aldegheri R, Renzi-Brivio L, Trivella G. Limb lengthening by callus distraction (callotaxis). *J Pediatr Orthop*. 1987 Apr;7(2):129–34
23. Birch JG. A Brief History of Limb Lengthening. *J Pediatr Orthop*. 2017 Sep;37 Suppl 2:S1–8.
24. J Caton. L'allongement des membres chez les adolescents et les adultes jeunes de petite taille : chirurgie cosmétique ou thérapeutique [Internet]. e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie; 2007. Available from: http://www.academie-chirurgie.fr/ememoires/005_2007_6_1_66x82.pdf
25. J Caton. Lengthening of limbs in adults and young people of small size. Elsevier Masson SAS. 2006;
26. Putti V. The operative lengthening of the femur. 1921. *Clin Orthop Relat Res*. 1990 Jan;(250):4–7.
27. Wagner H. Operative lengthening of the femur. *Clin Orthop Relat Res*. 1978 Oct;(136):125–42.
28. Hvid I, Horn J, Huhnstock S, Steen H. The biology of bone lengthening. *J Child Orthop*. 2016 Dec;10(6):487–92.
29. J Charles Taylor. Correction of general deformity with the Taylor Spatial Frame Fixator [Internet]. 2002. Available from: <http://www.jcharlestaylor.com/tsfliterature/01TSF-mainHO.pdf>
30. Black SR, Kwon MS, Cherkashin AM, Samchukov ML, Birch JG, Jo C-H. Lengthening in Congenital Femoral Deficiency: A Comparison of Circular External Fixation and a Motorized Intramedullary Nail. *J Bone Joint Surg Am*. 2015 Sep 2;97(17):1432–40.
31. Netgen. Anomalies morphologiques des membres inférieurs dans la gonarthrose [Internet]. Revue Médicale Suisse. [cited 2018 Jul 4]. Available from: <https://www.revmed.ch/RMS/2002/RMS-2417/22592>
32. Hochberg MC, Altman RD, Brandt KD, Clark BM, Dieppe PA, Griffin MR, et al. Guidelines for the medical management of osteoarthritis. *Arthritis & Rheumatism*. 1995 Nov 1;38(11):1541–6.
33. D'Amico M, Roncoletta P, Di Felice F, Porto D, Bellomo R, Saggini R. Leg length discrepancy in scoliotic patients. *Stud Health Technol Inform*. 2012;176:146–50.
34. Popkov DA, Popkov AV, Kononovich NA, Barbier D, Ceroni D, Journeau P, et al. Experimental study of progressive tibial lengthening in dogs using the Ilizarov technique. Comparison with and without associated intramedullary K-wires. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2014 Nov 1;100(7):809–14.
35. Bollini G, Tallet JM, Jacquemier M, Bouyala JM. New procedure to remove a centrally located bone bar. *J Pediatr Orthop*. 1990 Oct;10(5):662–6.
36. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop Relat Res*. 1990 Jan;(250):81–104.

37. Frierson M, Ibrahim K, Boles M, Boté H, Ganey T. Distraction osteogenesis. A comparison of corticotomy techniques. *Clin Orthop Relat Res*. 1994 Apr;(301):19–24.
38. Iobst CA. Hexapod External Fixation of Tibia Fractures in Children. *J Pediatr Orthop*. 2016 Jun;36 Suppl 1:S24–28.
39. Blondel B, Launay F, Glard Y, Jacopin S, Jouve J-L, Bollini G. Hexapodal external fixation in the management of children tibial fractures. *J Pediatr Orthop B*. 2010 Nov;19(6):487–91.
40. Ferreira N, Marais LC, Aldous C. Hexapod external fixator closed distraction in the management of stiff hypertrophic tibial nonunions. *Bone Joint J*. 2015 Oct;97–B(10):1417–22.
41. Napora JK, Weinberg DS, Eagle BA, Kaufman BR, Sontich JK. Hexapod Stacked Transport for Tibial Infected Nonunions With Bone Loss: Long-Term Functional Outcomes. *J Orthop Trauma*. 2018 Jan;32(1):e12–8.
42. Iobst C. Limb lengthening combined with deformity correction in children with the Taylor Spatial Frame. *J Pediatr Orthop B*. 2010 Nov;19(6):529–34.
43. Horn J, Steen H, Huhnstock S, Hvid I, Gunderson RB. Limb lengthening and deformity correction of congenital and acquired deformities in children using the Taylor Spatial Frame. *Acta Orthop*. 2017 Jun;88(3):334–40.
44. Eidelman M, Chezar A. [Principles of deformity correction using the Taylor Spatial Frame]. *Harefuah*. 2005 Feb;144(2):115–8, 149.
45. Pesenti S, Iobst CA, Launay F. Evaluation of the external fixator TrueLok Hexapod System for tibial deformity correction in children. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2017;103(5):761–4.
46. Popkov D, Journeau P, Popkov A, Pedetour B, Haumont T, Lascombes P. Analysis of segmental residual growth after progressive bone lengthening in congenital lower limb deformity. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2012 Oct;98(6):621–8.
47. Manner HM, Huebl M, Radler C, Ganger R, Petje G, Grill F. Accuracy of complex lower-limb deformity correction with external fixation: a comparison of the Taylor Spatial Frame with the Ilizarov ring fixator. *J Child Orthop*. 2007 Mar;1(1):55–61.
48. Jones JR. Reprint of: Review of bioactive glass: From Hench to hybrids. *Acta Biomater*. 2015 Sep;23 Suppl:S53–82.
49. Hench LL. Chronology of Bioactive Glass Development and Clinical Applications. 2013 Apr 30 [cited 2018 Sep 4];2013. Available from: <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=30885>
50. Jager T, Popkov D, Lascombes P, Popkov A, Journeau P. Elastic intramedullary nailing as a complement to Ilizarov's method for forearm lengthening: a comparative pediatric prospective study. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2012 Jun;98(4):376–82.
51. Ferreira N, Birkholtz F. Radiographic analysis of hexapod external fixators: fundamental differences between the Taylor Spatial Frame and TrueLok-Hex. *J Med Eng Technol*. 2015 Apr;39(3):173–6.
52. Hantes ME, Malizos KN, Xenakis TA, Beris AE, Mavrodontidis AN, Soucacos PN. Complications in limb-lengthening procedures: a review of 49 cases. *Am J Orthop*. 2001 Jun;30(6):479–83.
53. Griffith SI, McCarthy JJ, Davidson RS. Comparison of the complication rates between first and second (repeated) lengthening in the same limb segment. *J Pediatr Orthop*. 2006 Aug;26(4):534–6.
54. Horn J, Grimsrud Ø, Dagsgard AH, Huhnstock S, Steen H. Femoral lengthening with a motorized intramedullary nail. *Acta Orthop*. 2015 Apr;86(2):248–56.

55. Edvardsen P, Syversen SM. Overgrowth of the femur after fracture of the shaft in childhood. *J Bone Joint Surg Br.* 1976 Aug;58(3):339–42.
56. Makarov MR, Jackson TJ, Smith CM, Jo C-H, Birch JG. Timing of Epiphysiodesis to Correct Leg-Length Discrepancy: A Comparison of Prediction Methods. *J Bone Joint Surg Am.* 2018 Jul 18;100(14):1217–22.
57. Noonan KJ, Leyes M, Forriol F, Cañadell J. Distraction osteogenesis of the lower extremity with use of monolateral external fixation. A study of two hundred and sixty-one femora and tibiae. *J Bone Joint Surg Am.* 1998 Jun;80(6):793–806.
58. Riganti S, Coppa V, Nasto LA, Stadio MD, Calevo MG, Gigante AP, et al. Treatment of complex foot deformities with hexapod external fixator in growing children and young adult patients. *Foot and Ankle Surgery* [Internet]. 2018 Jul 9 [cited 2018 Sep 28];0(0). Available from: [https://www.footanklesurgery-journal.com/article/S1268-7731\(18\)30276-5/fulltext](https://www.footanklesurgery-journal.com/article/S1268-7731(18)30276-5/fulltext)
59. Klein C, Bulaid Y, Deroussen F, Plancq M-C, Printemps C, Gouron R. Congenital dislocation of the knee in a three-year-old-child with Larsen syndrome: Treatment with a hexapod-type external fixator. *The Knee.* 2018 Oct 1;25(5):966–71.

Liste des tableaux et figures

Diagramme 1 : Vitesse de croissance intra utérine et jusqu' à 2 ans. (Selon A. Dimeglio). p 3

Diagramme 2 : Vitesse de croissance staturale de la naissance à la puberté. (Selon A. Dimeglio). p 4

Diagramme 3 : Inclusion des patients. p 26

Figure 1 : Extrémité d'un os long en croissance. p 5

Figure 2 : Schéma avec coupe histologique de l'épiphyse p 6

Figure 3 : Aspect histologique du cartilage de croissance métaphysaire. p 7

Figure 4 : Épiphysiodèse centrale et para centrale (selon G. Bollini). p 11

Figure 5 : Schéma montrant les axes du membre inférieur dans le plan frontal. p 14

Figure 6 : Schéma montrant les angles du membre inférieur. p 15

Figure 7 : Méthodes de mesure utilisées pour l'évaluation radiographique. p 31

Figure 8 : télémétrie avec TL Hex en place. p 35

Figure 9 : TL-Hex en place avec ECMES. p 41

Image 1 Radiographies d'une fracture obstétricale du fémur. p 9

Image 2 : Télémétrie d'une fille de 8 ans présentant une ILMI de 36 mm. p10

Image 3 : Épiphysiolyse de l'extrémité supérieur du fémur. p12

Image 4 : Mesure clinique torsion membre inferieur. p 16

Image 5 : Radiographie. Ostéogenèse en distraction. p 17

Image 6 : Le Glossocomium décrit par A Paré en 1585. p 18

Image 7 : Schéma montrant les étapes de l'allongement osseux selon la technique de H Wagner. p 19

Image 8 : Fixateur externe circulaire d'Ilizarov. p 20

Image 9 : Radio. Cal osseux en distraction par fixateur externe monoplan selon De Bastiani. p 20

Image 10 : Fixateur externe d'Ilizarov et TSF. p 21

Image 11 : Photos de TL-Hex (Pr F.Launay). p 22

Image 12 : Photo per opératoire pose d'un TL-Hex. p 29

Tableau 1 : Distribution des patients. p 27

Tableau 2 : Étiologies et antécédents des déformations. p 28

Tableau 3 : Technique opératoire. p 30

Tableau 4 : Paramètres généraux des programmes d'allongement. p 34

Tableau 5 : Résultats. p 34

Tableau 6 : Paramètres Pré et post op mesurés sur radiographies. p 36

Tableau 7 : Écart au programme. p 38

Tableau 8 : Groupe fémurs, programme non modifié. p 39

Tableau 9 : Groupe tibias, programme non modifié. p 39

Tableau 10 : Comparaisons au dernier recul. p 40

Tableau 11 : Comparaison des Index de consolidation avec ECMES et Osteoinducteur. p 41

Tableau 12 : Complications. p 42

Tableau 13 : Complications groupe allongement de fémur. p 43

Tableau 14 : Complications groupe allongement de tibia. p 43

Résumé

**Allongements osseux progressifs des membres inférieurs
par fixateur externe TrueLok Hexapod system®.
A propos de 58 cas.**

Introduction : L'objectif de notre travail était d'évaluer les résultats cliniques et radiologiques des corrections de déformations par le système TrueLok-Hexapodal system® (TL-Hex) chez l'enfant. Nous avons évalué la précision de la correction, les complications, ainsi que les facteurs influençant la consolidation osseuse comme l'enclouage centro médullaire élastique stable et les biomatériaux ostéoinducteurs.

Matériels et méthodes : Les données de 58 allongements osseux par TL-Hex ont été analysés dans cette étude rétrospective monocentrique. L'âge moyen de la chirurgie était de 11,4 ans. Il y avait 23 allongements de fémur et 35 allongements de tibia. 26% des allongements ont eu un ECMES associé et 64% l'ajout d'un biomatériau (Nanostim® ou Ostibone®). Tous les allongements étaient évalués sur pangonogramme préopératoire et au dernier recul. Les paramètres étudiés étaient le MAD (Mechanical axis déviation), le mL DFA (angle mécanique latéral distal du fémur), le mMP TA (angle mécanique proximal médial du tibia), l'index de consolidation et la précision de la correction. Les complications étaient classées en 3 catégories (mineures, moyennes, majeures)

Résultats : L'index de consolidation global était de 37 j /cm. Nous obtenions une correction significative de L'ILMI (60mm VS 20 mm ; $p < 0,01$), et du mL DFA (88,6° VS 89,9° ; $p = 0,04$) mais pas correction significative pour le MAD (17,7 VS 14, 7 ; $p = 0,17$) et le mMP TA (87,3 VS 88,1 ; $p = 0,08$). L'écart au programme était de 12,5 mm ($p < 0,01$) pour la quantité d'allongement, de 1,3 ° pour le mL DFA ($p = 0,5$) et de 3° pour le mMP TA ($p = 0,02$). En excluant les patients ayant présenté des complication nécessitant une modification de programme, l'écart au programme était de 7,6 mm ($p = 0,1$) pour la quantité d'allongement, de 0,4° ($p = 0,9$) pour le mL DFA et de 3,2 ° ($p = 0,03$) pour le mMP TA. L'Index de consolidation n'était pas amélioré par l'ajout d'un ostéoinducteur (74 VS 44 ; $p = 0,4$) mais nettement amélioré par l'association à un ECMES (58 VS 65 ; $p < 0,01$). Il y avait 31 complications (53%) dont 84% de complications mineures et aucune complication majeure.

Conclusion : Le TL-Hex est un système efficace et précis. Il présente le même taux de complication que les autres fixateurs externes hexapodaux. Notre étude confirme que l'association d'un ECMES améliore l'Index de consolidation mais nous ne préconisons pas d'association avec un biomatériau ostéoinducteur.

Mots clés : TL-Hex, Fixateur externe hexapodal, Correction progressive, Déformation des membres inférieurs, Enfant

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

