

*UNIVERSITE MOHAMMED V - RABAT*  
*FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT-*

*ANNEE: 2016*

*THESE N°: 151*

**LES AMPUTATIONS ET DESARTICULATIONS DES MEMBRES :  
PARTICULARITES PEDIATRIQUES  
MISE AU POINT**

**THÈSE**

*Présentée et soutenue publiquement le : .....*

**PAR**

**Mlle. Fatima Zohra BENMOULA**  
*Née le 14 Septembre 1989 à Marrakech*

**Pour l'Obtention du Doctorat en Médecine**

**MOTS CLES** : Amputation – Désarticulation – Appareillage – Enfant.

**JURY**

**Mr. N. KADDOURI**

Professeur de Chirurgie Pédiatrique

**PRESIDENT**

**Mr. M. ANOUAR DENDANE**

Professeur de Traumatologie Orthopédie Pédiatrique

**RAPPORTEUR**

**Mr. M. BOUSSOUGA**

Professeur de Traumatologie Orthopédie

} **JUGES**

**Mr. D. BENCHEBBA**

Professeur de Traumatologie Orthopédie

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا

إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ

سورة البقرة الآية 31

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ



**UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT  
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT**

**DOYENS HONORAIRES :**

1962 – 1969 : Professeur Abdelmalek FARAJ  
1969 – 1974 : Professeur Abdellatif BERBICH  
1974 – 1981 : Professeur Bachir LAZRAK  
1981 – 1989 : Professeur Taieb CHKILI  
1989 – 1997 : Professeur Mohamed Tahar ALAOUI  
1997 – 2003 : Professeur Abdelmajid BELMAHI  
2003 – 2013 : Professeur Najia HAJJAJ - HASSOUNI

**ADMINISTRATION :**

**Doyen** : Professeur Mohamed ADNAOUI  
**Vice Doyen chargé des Affaires Académiques et étudiantes**  
Professeur Mohammed AHALLAT  
**Vice Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération**  
Professeur Taoufiq DAKKA  
**Vice Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie**  
Professeur Jamal TAOUFIK  
**Secrétaire Général** : Mr. El Hassane AHALLAT

**1- ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS  
ET  
PHARMACIENS**

**PROFESSEURS :**

**Mai et Octobre 1981**

Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajih	Chirurgie Cardio-Vasculaire
Pr. TAOBANE Hamid*	Chirurgie Thoracique

**Mai et Novembre 1982**

Pr. BENOSMAN Abdellatif	Chirurgie Thoracique
-------------------------	----------------------

**Novembre 1983**

Pr. HAJJAJ Najia ép. HASSOUNI	Rhumatologie
-------------------------------	--------------

**Décembre 1984**

Pr. MAAOUNI Abdelaziz	Médecine Interne – <i>Clinique Royale</i>
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi	Anesthésie -Réanimation
Pr. SETTAF Abdellatif	pathologie Chirurgicale

**Novembre et Décembre 1985**

Pr. BENJELLOUN Halima	Cardiologie
Pr. BENSALD Younes	Pathologie Chirurgicale
Pr. EL ALAOUI Faris Moulay El Mostafa	Neurologie

**Janvier, Février et Décembre 1987**

Pr. AJANA Ali  
Pr. CHAHED OUZZANI Houria  
Pr. EL YAACOUBI Moradh  
Pr. ESSAID EL FEYDI Abdellah  
Pr. LACHKAR Hassan  
Pr. YAHYA OUI Mohamed

Radiologie  
Gastro-Entérologie  
Traumatologie Orthopédie  
Gastro-Entérologie  
Médecine Interne  
Neurologie

**Décembre 1988**

Pr. BENHAMAMOUCHE Mohamed Najib  
Pr. DAFIRI Rachida  
Pr. HERMAS Mohamed

Chirurgie Pédiatrique  
Radiologie  
Traumatologie Orthopédie

**Décembre 1989**

Pr. ADN AOUI Mohamed  
Pr. BOUKILI MAKHOUKHI Abdelali\*  
Pr. CHAD Bouziane  
Pr. OUZZANI Taïbi Mohamed Réda

Médecine Interne – **Doyen de la FMPR**  
Cardiologie  
Pathologie Chirurgicale  
Neurologie

**Janvier et Novembre 1990**

Pr. CHKOFF Rachid  
Pr. HACHIM Mohammed\*  
Pr. KHARBACH Aïcha  
Pr. MANSOURI Fatima  
Pr. TAZI Saoud Anas

Pathologie Chirurgicale  
Médecine-Interne  
Gynécologie -Obstétrique  
Anatomie-Pathologique  
Anesthésie Réanimation

**Février Avril Juillet et Décembre 1991**

Pr. AL HAMANY Zaïtounia  
Pr. AZZOUZI Abderrahim  
Pr. BAYAHIA Rabéa  
Pr. BELKOUCHI Abdelkader  
Pr. BENCHEKROUN Belabbes Abdellatif  
Pr. BENSOU DA Yahia  
Pr. BERRAHO Amina  
Pr. BEZZAD Rachid  
Pr. CHABRAOUI Layachi  
Pr. CHERRAH Yahia  
Pr. CHOKAIRI Omar  
Pr. KHATTAB Mohamed  
Pr. SOULAYMANI Rachida  
Pr. TAOUFIK Jamal

Anatomie-Pathologique  
Anesthésie Réanimation – **Doyen de la FMPO**  
Néphrologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Pharmacie galénique  
Ophtalmologie  
Gynécologie Obstétrique  
Biochimie et Chimie  
Pharmacologie  
Histologie Embryologie  
Pédiatrie  
Pharmacologie – **Dir. du Centre National PV**  
Chimie thérapeutique

**Décembre 1992**

Pr. AHALLAT Mohamed  
Pr. BENSOU DA Adil  
Pr. BOUJIDA Mohamed Najib  
Pr. CHAHED OUZZANI Laaziza  
Pr. CHRAIBI Chafiq  
Pr. DAOU DI Rajae  
Pr. DEHAYNI Mohamed\*  
Pr. EL OUAHABI Abdessamad  
Pr. FELLAT Rokaya  
Pr. GHAFIR Driss\*

Chirurgie Générale  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Gastro-Entérologie  
Gynécologie Obstétrique  
Ophtalmologie  
Gynécologie Obstétrique  
Neurochirurgie  
Cardiologie  
Médecine Interne

Pr. JIDDANE Mohamed  
Pr. TAGHY Ahmed  
Pr. ZOUHDI Mimoun

Anatomie  
Chirurgie Générale  
Microbiologie

#### **Mars 1994**

Pr. BENJAAFAR Noureddine  
Pr. BEN RAIS Nozha  
Pr. CAOUI Malika  
Pr. CHRAIBI Abdelmjid  
Pr. EL AMRANI Sabah  
Pr. EL AOUAD Rajae  
Pr. EL BARDOUNI Ahmed  
Pr. EL HASSANI My Rachid  
Pr. ERROUGANI Abdelkader  
Pr. ESSAKALI Malika  
Pr. ETTAYEBI Fouad  
Pr. HADRI Larbi\*  
Pr. HASSAM Badredine  
Pr. IFRINE Lahssan  
Pr. JELTHI Ahmed  
Pr. MAHFOUD Mustapha  
Pr. MOUDENE Ahmed\*  
Pr. RHRAB Brahim  
Pr. SENOUCI Karima

Radiothérapie  
Biophysique  
Biophysique  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Gynécologie Obstétrique  
Immunologie  
Traumato-Orthopédie  
Radiologie  
Chirurgie Générale- **Directeur CHIS**  
Immunologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Médecine Interne  
Dermatologie  
Chirurgie Générale  
Anatomie Pathologique  
Traumatologie – Orthopédie  
Traumatologie- Orthopédie **Inspecteur du SS**  
Gynécologie –Obstétrique  
Dermatologie

#### **Mars 1994**

Pr. ABBAR Mohamed\*  
Pr. ABDELHAK M'barek  
Pr. BELAIDI Halima  
Pr. BRAHMI Rida Slimane  
Pr. BENTAHILA Abdelali  
Pr. BENYAHIA Mohammed Ali  
Pr. BERRADA Mohamed Saleh  
Pr. CHAMI Ilham  
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae  
Pr. EL ABBADI Najia  
Pr. HANINE Ahmed\*  
Pr. JALIL Abdelouahed  
Pr. LAKHDAR Amina  
Pr. MOUANE Nezha

Urologie  
Chirurgie – Pédiatrique  
Neurologie  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie  
Gynécologie – Obstétrique  
Traumatologie – Orthopédie  
Radiologie  
Ophtalmologie  
Neurochirurgie  
Radiologie  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie

#### **Mars 1995**

Pr. ABOUQUAL Redouane  
Pr. AMRAOUI Mohamed  
Pr. BAIDADA Abdelaziz  
Pr. BARGACH Samir  
Pr. CHAARI Jilali\*  
Pr. DIMOU M'barek\*  
Pr. DRISSI KAMILI Med Nordine\*  
Pr. EL MESNAOUI Abbes  
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila  
Pr. HDA Abdelhamid\*  
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed  
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia

Réanimation Médicale  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Gynécologie Obstétrique  
Médecine Interne  
Anesthésie Réanimation – **Dir. HMIM**  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Cardiologie - **Directeur ERSM**  
Urologie  
Ophtalmologie

Pr. SEFIANI Abdelaziz  
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Génétique  
Réanimation Médicale

**Décembre 1996**

Pr. AMIL Touriya\*  
Pr. BELKACEM Rachid  
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim  
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan  
Pr. GAOUZI Ahmed  
Pr. MAHFOUDI M'barek\*  
Pr. MOHAMMADI Mohamed  
Pr. OUADGHIRI Mohamed  
Pr. OUZEDDOUN Naima  
Pr. ZBIR EL Mehdi\*

Radiologie  
Chirurgie Pédiatrie  
Ophtalmologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Radiologie  
Médecine Interne  
Traumatologie-Orthopédie  
Néphrologie  
Cardiologie

**Novembre 1997**

Pr. ALAMI Mohamed Hassan  
Pr. BEN SLIMANE Lounis  
Pr. BIROUK Nazha  
Pr. CHAOUIR Souad\*  
Pr. ERREIMI Naima  
Pr. FELLAT Nadia  
Pr. HAIMEUR Charki\*  
Pr. KADDOURI Nouredine  
Pr. KOUTANI Abdellatif  
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid  
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ  
Pr. OUAHABI Hamid\*  
Pr. TAOUFIQ Jallal  
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Gynécologie-Obstétrique  
Urologie  
Neurologie  
Radiologie  
Pédiatrie  
Cardiologie  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Pédiatrique  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Neurologie  
Psychiatrie  
Gynécologie Obstétrique

**Novembre 1998**

Pr. AFIFI RAJAA  
Pr. BENOMAR ALI  
Pr. BOUGTAB Abdesslam  
Pr. ER RIHANI Hassan  
Pr. EZZAITOUNI Fatima  
Pr. LAZRAK Khalid \*  
Pr. BENKIRANE Majid\*  
Pr. KHATOURI ALI\*  
Pr. LABRAIMI Ahmed\*

Gastro-Entérologie  
Neurologie – *Doyen Abulcassis*  
Chirurgie Générale  
Oncologie Médicale  
Néphrologie  
Traumatologie Orthopédie  
Hématologie  
Cardiologie  
Anatomie Pathologique

**Janvier 2000**

Pr. ABID Ahmed\*  
Pr. AIT OUMAR Hassan  
Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr.Sououd  
Pr. BOURKADI Jamal-Eddine  
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer  
Pr. ECHARRAB El Mahjoub  
Pr. EL FTOUH Mustapha  
Pr. EL MOSTARCHID Brahim\*  
Pr. ISMAILI Hassane\*  
Pr. MAHMOUDI Abdelkrim\*

Pneumophtisiologie  
Pédiatrie  
Pédiatrie  
Pneumo-phtisiologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Pneumo-phtisiologie  
Neurochirurgie  
Traumatologie Orthopédie  
Anesthésie-Réanimation

Pr. TACHINANTE Rajae  
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

Anesthésie-Réanimation  
Médecine Interne

### **Novembre 2000**

Pr. AIDI Saadia  
Pr. AIT OURHROUI Mohamed  
Pr. AJANA Fatima Zohra  
Pr. BENAMR Said  
Pr. CHERTI Mohammed  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma  
Pr. EL HASSANI Amine  
Pr. EL KHADER Khalid  
Pr. EL MAGHRAOUI Abdellah\*  
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan  
Pr. HSSAIDA Rachid\*  
Pr. LAHLOU Abdou  
Pr. MAFTAH Mohamed\*  
Pr. MAHASSINI Najat  
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae  
Pr. NASSIH Mohamed\*  
Pr. ROUIMI Abdelhadi\*

Neurologie  
Dermatologie  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Générale  
Cardiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Pédiatrie  
Urologie  
Rhumatologie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Anesthésie-Réanimation  
Traumatologie Orthopédie  
Neurochirurgie  
Anatomie Pathologique  
Pédiatrie  
Stomatologie Et Chirurgie Maxillo-Faciale  
Neurologie

### **Décembre 2000**

Pr. ZOHAIR ABDELAH\*

ORL

### **Décembre 2001**

Pr. ABABOU Adil  
Pr. BALKHI Hicham\*  
Pr. BENABDELJLIL Maria  
Pr. BENAMAR Loubna  
Pr. BENAMOR Jouda  
Pr. BENELBARHDADI Imane  
Pr. BENNANI Rajae  
Pr. BENOACHANE Thami  
Pr. BEZZA Ahmed\*  
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi  
Pr. BOUMDIN El Hassane\*  
Pr. CHAT Latifa  
Pr. DAALI Mustapha\*  
Pr. DRISSI Sidi Mourad\*  
Pr. EL HIJRI Ahmed  
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid  
Pr. EL MADHI Tarik  
Pr. EL OUNANI Mohamed  
Pr. ETTAIR Said  
Pr. GAZZAZ Miloudi\*  
Pr. HRORA Abdelmalek  
Pr. KABBAJ Saad  
Pr. KABIRI EL Hassane\*  
Pr. LAMRANI Moulay Omar  
Pr. LEKEHAL Brahim  
Pr. MAHASSIN Fattouma\*  
Pr. MEDARHRI Jalil

Anesthésie-Réanimation  
Anesthésie-Réanimation  
Neurologie  
Néphrologie  
Pneumo-phtisiologie  
Gastro-Entérologie  
Cardiologie  
Pédiatrie  
Rhumatologie  
Anatomie  
Radiologie  
Radiologie  
Chirurgie Générale  
Radiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Neuro-Chirurgie  
Chirurgie-Pédiatrique  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Neuro-Chirurgie  
Chirurgie Générale  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Thoracique  
Traumatologie Orthopédie  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Médecine Interne  
Chirurgie Générale

Pr. MIKDAME Mohammed\*  
Pr. MOHSINE Raouf  
Pr. NOUNINI Yassine  
Pr. SABBAAH Farid  
Pr. SEFIANI Yasser  
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Hématologie Clinique  
Chirurgie Générale  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Pédiatrie

### **Décembre 2002**

Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane\*  
Pr. AMEUR Ahmed \*  
Pr. AMRI Rachida  
Pr. AOURARH Aziz\*  
Pr. BAMOU Youssef \*  
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene\*  
Pr. BENZEKRI Laila  
Pr. BENZZOUBEIR Nadia  
Pr. BERNOUSSI Zakiya  
Pr. BICHA Mohamed Zakariya\*  
Pr. CHOHO Abdelkrim \*  
Pr. CHKIRATE Bouchra  
Pr. EL ALAMI EL FELLOUS Sidi Zouhair  
Pr. EL HAOURI Mohamed \*  
Pr. EL MANSARI Omar\*  
Pr. FILALI ADIB Abdelhai  
Pr. HAJJI Zakia  
Pr. IKEN Ali  
Pr. JAAFAR Abdeloihab\*  
Pr. KRIOUILE Yamina  
Pr. LAGHMARI Mina  
Pr. MABROUK Hfid\*  
Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss\*  
Pr. MOUSTAGHFIR Abdelhamid\*  
Pr. NAITLHO Abdelhamid\*  
Pr. OUJILAL Abdelilah  
Pr. RACHID Khalid \*  
Pr. RAISS Mohamed  
Pr. RGUIBI IDRISSE Sidi Mustapha\*  
Pr. RHOU Hakima  
Pr. SIAH Samir \*  
Pr. THIMOU Amal  
Pr. ZENTAR Aziz\*

Anatomie Pathologique  
Urologie  
Cardiologie  
Gastro-Entérologie  
Biochimie-Chimie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Dermatologie  
Gastro-Entérologie  
Anatomie Pathologique  
Psychiatrie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Chirurgie Pédiatrique  
Dermatologie  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Ophtalmologie  
Urologie  
Traumatologie Orthopédie  
Pédiatrie  
Ophtalmologie  
Traumatologie Orthopédie  
Gynécologie Obstétrique  
Cardiologie  
Médecine Interne  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Traumatologie Orthopédie  
Chirurgie Générale  
Pneumophtisiologie  
Néphrologie  
Anesthésie Réanimation  
Pédiatrie  
Chirurgie Générale

### **Janvier 2004**

Pr. ABDELLAH El Hassan  
Pr. AMRANI Mariam  
Pr. BENBOUZID Mohammed Anas  
Pr. BENKIRANE Ahmed\*  
Pr. BOUGHALEM Mohamed\*  
Pr. BOULAADAS Malik  
Pr. BOURAZZA Ahmed\*  
Pr. CHAGAR Belkacem\*

Ophtalmologie  
Anatomie Pathologique  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Gastro-Entérologie  
Anesthésie Réanimation  
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale  
Neurologie  
Traumatologie Orthopédie

Pr. CHERRADI Nadia  
Pr. EL FENNI Jamal\*  
Pr. EL HANCHI ZAKI  
Pr. EL KHORASSANI Mohamed  
Pr. EL YOUNASSI Badreddine\*  
Pr. HACHI Hafid  
Pr. JABOURIK Fatima  
Pr. KHABOUZE Samira  
Pr. KHARMAZ Mohamed  
Pr. LEZREK Mohammed\*  
Pr. MOUGHIL Said  
Pr. OUBAAZ Abdelbarre\*  
Pr. TARIB Abdelilah\*  
Pr. TIJAMI Fouad  
Pr. ZARZUR Jamila

Anatomie Pathologique  
Radiologie  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie  
Cardiologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Gynécologie Obstétrique  
Traumatologie Orthopédie  
Urologie  
Chirurgie Cardio-Vasculaire  
Ophtalmologie  
Pharmacie Clinique  
Chirurgie Générale  
Cardiologie

### **Janvier 2005**

Pr. ABBASSI Abdellah  
Pr. AL KANDRY Sif Eddine\*  
Pr. ALAOUI Ahmed Essaid  
Pr. ALLALI Fadoua  
Pr. AMAZOUZI Abdellah  
Pr. AZIZ Noureddine\*  
Pr. BAHIRI Rachid  
Pr. BARKAT Amina  
Pr. BENHALIMA Hanane  
Pr. BENYASS Aatif  
Pr. BERNOUSSI Abdelghani  
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Mohamed  
Pr. DOUDOUH Abderrahim\*  
Pr. EL HAMZA OUI Sakina\*  
Pr. HAJJI Leila  
Pr. HESSISSEN Leila  
Pr. JIDAL Mohamed\*  
Pr. LAAROUSSI Mohamed  
Pr. LYAGOUBI Mohammed  
Pr. NIAMANE Radouane\*  
Pr. RAGALA Abdelhak  
Pr. SBIHI Souad  
Pr. ZERAIDI Najia

Chirurgie Réparatrice et Plastique  
Chirurgie Générale  
Microbiologie  
Rhumatologie  
Ophtalmologie  
Radiologie  
Rhumatologie  
Pédiatrie  
Stomatologie et Chirurgie Maxillo Faciale  
Cardiologie  
Ophtalmologie  
Ophtalmologie  
Biophysique  
Microbiologie  
Cardiologie *(mise en disponibilité)*  
Pédiatrie  
Radiologie  
Chirurgie Cardio-vasculaire  
Parasitologie  
Rhumatologie  
Gynécologie Obstétrique  
Histo-Embryologie Cytogénétique  
Gynécologie Obstétrique

### **Décembre 2005**

Pr. CHANI Mohamed

Anesthésie Réanimation

### **Avril 2006**

Pr. ACHEMLAL Lahsen\*  
Pr. AKJOUJ Said\*  
Pr. BELMEKKI Abdelkader\*  
Pr. BENCHEIKH Razika  
Pr. BIYI Abdelhamid\*

Rhumatologie  
Radiologie  
Hématologie  
O.R.L  
Biophysique

Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine  
 Pr. BOULAHYA Abdellatif\*  
 Pr. CHENGUETI ANSARI Anas  
 Pr. DOGHMI Nawal  
 Pr. ESSAMRI Wafaa  
 Pr. FELLAT Ibtissam  
 Pr. FAROUDY Mamoun  
 Pr. GHADOUANE Mohammed\*  
 Pr. HARMOUCHE Hicham  
 Pr. HANAFI Sidi Mohamed\*  
 Pr. IDRIS LAHLOU Amine\*  
 Pr. JROUNDI Laila  
 Pr. KARMOUNI Tariq  
 Pr. KILI Amina  
 Pr. KISRA Hassan  
 Pr. KISRA Mounir  
 Pr. LAATIRIS Abdelkader\*  
 Pr. LMIMOUNI Badreddine\*  
 Pr. MANSOURI Hamid\*  
 Pr. OUANASS Abderrazzak  
 Pr. SAFI Soumaya\*  
 Pr. SEKKAT Fatima Zahra  
 Pr. SOUALHI Mouna  
 Pr. TELLAL Saida\*  
 Pr. ZAHRAOUI Rachida

Chirurgie - Pédiatrique  
 Chirurgie Cardio – Vasculaire  
 Gynécologie Obstétrique  
 Cardiologie  
 Gastro-entérologie  
 Cardiologie  
 Anesthésie Réanimation  
 Urologie  
 Médecine Interne  
 Anesthésie Réanimation  
 Microbiologie  
 Radiologie  
 Urologie  
 Pédiatrie  
 Psychiatrie  
 Chirurgie – Pédiatrique  
 Pharmacie Galénique  
 Parasitologie  
 Radiothérapie  
 Psychiatrie  
 Endocrinologie  
 Psychiatrie  
 Pneumo – Phtisiologie  
 Biochimie  
 Pneumo – Phtisiologie

### **Octobre 2007**

Pr. ABIDI Khalid  
 Pr. ACHACHI Leila  
 Pr. ACHOUR Abdessamad\*  
 Pr. AIT HOUSSA Mahdi\*  
 Pr. AMHAJJI Larbi\*  
 Pr. AMMAR Haddou\*  
 Pr. AOUI Sarra  
 Pr. BAITE Abdelouahed\*  
 Pr. BALOUCH Lhousaine\*  
 Pr. BENZIANE Hamid\*  
 Pr. BOUTIMZINE Nourdine  
 Pr. CHARKAOUI Naoual\*  
 Pr. EHIRCHIOU Abdelkader\*  
 Pr. ELABSI Mohamed  
 Pr. EL MOUSSAOUI Rachid  
 Pr. EL OMARI Fatima  
 Pr. GANA Rachid  
 Pr. GHARIB Noureddine  
 Pr. HADADI Khalid\*  
 Pr. ICHOU Mohamed\*  
 Pr. ISMAILI Nadia

Réanimation médicale  
 Pneumo phtisiologie  
 Chirurgie générale  
 Chirurgie cardio vasculaire  
 Traumatologie orthopédie  
 ORL  
 Parasitologie  
 Anesthésie réanimation  
 Biochimie-chimie  
 Pharmacie clinique  
 Ophtalmologie  
 Pharmacie galénique  
 Chirurgie générale  
 Chirurgie générale  
 Anesthésie réanimation  
 Psychiatrie  
 Neuro chirurgie  
 Chirurgie plastique et réparatrice  
 Radiothérapie  
 Oncologie médicale  
 Dermatologie

Pr. KEBDANI Tayeb  
 Pr. LALAOUI SALIM Jaafar\*  
 Pr. LOUZI Lhoussain\*  
 Pr. MADANI Naoufel  
 Pr. MAHI Mohamed\*  
 Pr. MARC Karima  
 Pr. MASRAR Azlarab  
 Pr. MOUTAJ Redouane \*  
 Pr. MRABET Mustapha\*  
 Pr. MRANI Saad\*  
 Pr. OUZZIF Ez zohra\*  
 Pr. RABHI Monsef\*  
 Pr. RADOUANE Bouchaib\*  
 Pr. SEFFAR Myriame  
 Pr. SEKHSOKH Yessine\*  
 Pr. SIFAT Hassan\*  
 Pr. TABERKANET Mustafa\*  
 Pr. TACHFOUTI Samira  
 Pr. TAJDINE Mohammed Tariq\*  
 Pr. TANANE Mansour\*  
 Pr. TLIGUI Houssain  
 Pr. TOUATI Zakia

**Décembre 2007**

Pr. DOUHAL ABDERRAHMAN

**Décembre 2008**

Pr ZOUBIR Mohamed\*  
 Pr TAHIRI My El Hassan\*

**Mars 2009**

Pr. ABOUZAHIR Ali\*  
 Pr. AGDR Aomar\*  
 Pr. AIT ALI Abdelmounaim\*  
 Pr. AIT BENHADDOU El hachmia  
 Pr. AKHADDAR Ali\*  
 Pr. ALLALI Nazik  
 Pr. AMAHZOUNE Brahim\*  
 Pr. AMINE Bouchra  
 Pr. ARKHA Yassir  
 Pr. AZENDOUR Hicham\*  
 Pr. BELYAMANI Lahcen\*  
 Pr. BJIJOU Younes  
 Pr. BOUHSAIN Sanae\*  
 Pr. BOUI Mohammed\*  
 Pr. BOUNAIM Ahmed\*  
 Pr. BOUSSOUGA Mostapha\*  
 Pr. CHAKOUR Mohammed \*  
 Pr. CHTATA Hassan Toufik\*

Radiothérapie  
 Anesthésie réanimation  
 Microbiologie  
 Réanimation médicale  
 Radiologie  
 Pneumo phtisiologie  
 Hématologique  
 Parasitologie  
 Médecine préventive santé publique et hygiène  
 Virologie  
 Biochimie-chimie  
 Médecine interne  
 Radiologie  
 Microbiologie  
 Microbiologie  
 Radiothérapie  
 Chirurgie vasculaire périphérique  
 Ophtalmologie  
 Chirurgie générale  
 Traumatologie orthopédie  
 Parasitologie  
 Cardiologie

Ophtalmologie

Anesthésie Réanimation  
 Chirurgie Générale

Médecine interne  
 Pédiatre  
 Chirurgie Générale  
 Neurologie  
 Neuro-chirurgie  
 Radiologie  
 Chirurgie Cardio-vasculaire  
 Rhumatologie  
 Neuro-chirurgie  
 Anesthésie Réanimation  
 Anesthésie Réanimation  
 Anatomie  
 Biochimie-chimie  
 Dermatologie  
 Chirurgie Générale  
 Traumatologie orthopédique  
 Hématologie biologique  
 Chirurgie vasculaire périphérique

Pr. DOGHMI Kamal\*  
Pr. EL MALKI Hadj Omar  
Pr. EL OUENASS Mostapha\*  
Pr. ENNIBI Khalid\*  
Pr. FATHI Khalid  
Pr. HASSIKOU Hasna \*  
Pr. KABBAJ Nawal  
Pr. KABIRI Meryem  
Pr. KARBOUBI Lamya  
Pr. L'KASSIMI Hachemi\*  
Pr. LAMSAOURI Jamal\*  
Pr. MARMADE Lahcen  
Pr. MESKINI Toufik  
Pr. MESSAOUDI Nezha \*  
Pr. MSSROURI Rahal  
Pr. NASSAR Ittimade  
Pr. OUKERRAJ Latifa  
Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani \*  
Pr. ZOUHAIR Said\*

Hématologie clinique  
Chirurgie Générale  
Microbiologie  
Médecine interne  
Gynécologie obstétrique  
Rhumatologie  
Gastro-entérologie  
Pédiatrie  
Pédiatrie  
Microbiologie  
Chimie Thérapeutique  
Chirurgie Cardio-vasculaire  
Pédiatrie  
Hématologie biologique  
Chirurgie Générale  
Radiologie  
Cardiologie  
Pneumo-phtisiologie  
Microbiologie

**PROFESSEURS AGREGES :**

**Octobre 2010**

Pr. ALILOU Mustapha  
Pr. AMEZIANE Taoufiq\*  
Pr. BELAGUID Abdelaziz  
Pr. BOUAITY Brahim\*  
Pr. CHADLI Mariama\*  
Pr. CHEMSI Mohamed\*  
Pr. DAMI Abdellah\*  
Pr. DARBI Abdellatif\*  
Pr. DENDANE Mohammed Anouar  
Pr. EL HAFIDI Naima  
Pr. EL KHARRAS Abdennasser\*  
Pr. EL MAZOUZ Samir  
Pr. EL SAYEGH Hachem  
Pr. ERRABIH Ikram  
Pr. LAMALMI Najat  
Pr. LEZREK Mounir  
Pr. MALIH Mohamed\*  
Pr. MOSADIK Ahlam  
Pr. MOUJAHID Mountassir\*  
Pr. NAZIH Mouna\*  
Pr. ZOUAIDIA Fouad

Anesthésie réanimation  
Médecine interne  
Physiologie  
ORL  
Microbiologie  
Médecine aéronautique  
Biochimie chimie  
Radiologie  
Chirurgie pédiatrique  
Pédiatrie  
Radiologie  
Chirurgie plastique et réparatrice  
Urologie  
Gastro entérologie  
Anatomie pathologique  
Ophtalmologie  
Pédiatrie  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie générale  
Hématologie  
Anatomie pathologique

**Mai 2012**

Pr. AMRANI Abdelouahed  
Pr. ABOUELALAA Khalil\*  
Pr. BELAIZI Mohamed\*  
Pr. BENCHEBBA Driss\*

Chirurgie Pédiatrique  
Anesthésie Réanimation  
Psychiatrie  
Traumatologie Orthopédique

Pr. DRISSI Mohamed\*  
Pr. EL ALAOU MHAMDI Mouna  
Pr. EL KHATTABI Abdessadek\*  
Pr. EL OUAZZANI Hanane\*  
Pr. ER-RAJI Mounir  
Pr. JAHID Ahmed  
Pr. MEHSSANI Jamal\*  
Pr. RAISSOUNI Maha\*

Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Médecine Interne  
Pneumophtisiologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Anatomie pathologique  
Psychiatrie  
Cardiologie

### **Février 2013**

Pr. AHID Samir  
Pr. AIT EL CADI Mina  
Pr. AMRANI HANCHI Laila  
Pr. AMOUR Mourad  
Pr. AWAB Almahdi  
Pr. BELAYACHI Jihane  
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain  
Pr. BENCHEKROUN Laila  
Pr. BENKIRANE Souad  
Pr. BENNANA Ahmed\*  
Pr. BENSEFFAJ Nadia  
Pr. BENSghIR Mustapha\*  
Pr. BENYAHIA Mohammed\*  
Pr. BOUATIA Mustapha  
Pr. BOUABID Ahmed Salim\*  
Pr. BOUTARBOUCH Mahjoub  
Pr. CHAIB Ali\*  
Pr. DENDANE Tarek  
Pr. DINI Nouzha\*  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa  
Pr. ELFATEMI Nizare  
Pr. EL GUERROUJ Hasnae  
Pr. EL HARTI Jaouad  
Pr. EL JOUDI Rachid\*  
Pr. EL KABABRI Maria  
Pr. EL KHANNOUSSI Basma  
Pr. EL KHLOUFI Samir  
Pr. EL KORAIKHI Alae  
Pr. EN-NOUALI Hassane\*  
Pr. ERRGUIG Laila  
Pr. FIKRI Meryim  
Pr. GHANIMI Zineb  
Pr. GHFIR Imade  
Pr. IMANE Zineb  
Pr. IRAQI Hind  
Pr. KABBAJ Hakima  
Pr. KADIRI Mohamed\*  
Pr. LATIB Rachida

Pharmacologie – Chimie  
Toxicologie  
Gastro-Entérologie  
Anesthésie Réanimation  
Anesthésie Réanimation  
Réanimation Médicale  
Anesthésie Réanimation  
Biochimie-Chimie  
Hématologie  
Informatique Pharmaceutique  
Immunologie  
Anesthésie Réanimation  
Néphrologie  
Chimie Analytique  
Traumatologie Orthopédie  
Anatomie  
Cardiologie  
Réanimation Médicale  
Pédiatrie  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Neuro-Chirurgie  
Médecine Nucléaire  
Chimie Thérapeutique  
Toxicologie  
Pédiatrie  
Anatomie Pathologie  
Anatomie  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Physiologie  
Radiologie  
Pédiatrie  
Médecine Nucléaire  
Pédiatrie  
Endocrinologie et maladies métaboliques  
Microbiologie  
Psychiatrie  
Radiologie

Pr. ETTAIB Abdelkader  
Pr. FAOUZI Moulay El Abbas  
Pr. HAMZAOUI Laila  
Pr. HMAMOUCHE Mohamed  
Pr. IBRAHIMI Azeddine  
Pr. KHANFRI Jamal Eddine  
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med  
Pr. REDHA Ahlam  
Pr. TOUATI Driss  
Pr. ZAHIDI Ahmed  
Pr. ZELLOU Amina

Zootchnie  
Pharmacologie  
Biophysique  
Chimie Organique  
Biologie moléculaire  
Biologie  
Chimie Organique  
Chimie  
Pharmacognosie  
Pharmacologie  
Chimie Organique

*Mise à jour le 09/01/2015 par le  
Service des Ressources Humaines*

- 9 JAN 2015





*Dédicaces*

*A Allah*

*Tout puissant*

*Qui m'a inspiré*

*Qui m'a guidé dans le bon chemin,*

*Je vous dois ce que je suis devenu*

*Louanges et remerciements*

*Pour votre clémence et miséricorde*

*Soyons reconnaissants aux personnes*

*Qui nous donnent du bonheur,*

*Elles sont les charmants jardiniers*

*Par qui nos âmes sont fleuries.*

*(proust)*

*Aussi tout simplement*

*Je dédie cette thèse à .....*

## *A ma très chère mère MIMI Latifa*

*Tous les mots ne peuvent exprimer ce que tu représentes pour moi,  
tous les mots ne peuvent exprimer mon amour pour toi, ni ma  
gratitude et ma reconnaissance pour ce que tu as enduré pour faire  
de moi ce que je suis maintenant.*

*Tu m'as entouré de tant d'amour et d'affection, tu étais toujours là  
pour moi, tu m'as supporté, épaulé durant tout le chemin, tu m'as  
procuré tout ce dont j'avais besoin sans la moindre hésitation, ta as  
été une maman exemplaire.*

*Merci ma très chère et adorable maman pour tout cela et pour  
d'autre chose : pour les nuits que tu as veillées à mes côtés, pour  
ton dévouement, pour ta générosité.*

*J'espère que tu trouveras en ce modeste travail le fruit de tes peines  
et de tes efforts ainsi que l'humble gratitude d'une fille qui te  
restera éternellement reconnaissante... PUISSE DIEU t'accorder  
santé et longue vie*

## *A mon très cher père BENMOULA Mohammed*

*Tu es pour moi l'homme idéal, l'exemple que j'admire, pour toutes les peines et les sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation. De tous les pères, tu as été le meilleur, tu as su m'entourer d'attention, m'inculquer les valeurs nobles de la vie, m'apprendre le sens du travail, de l'honnêteté et de la responsabilité. Merci d'avoir été toujours là pour moi, un grand soutien tout au long de mes études. Tu as été et tu seras toujours un exemple à suivre pour tes qualités humaines, ta persévérance et ton perfectionnisme.*

*Ce travail est ton œuvre, toi qui m'a donné tant de choses et tu continues à le faire... sans jamais te plaindre. J'aimerais pouvoir te rendre tout l'amour et la dévotion que tu nous as offerts, mais une vie entière n'y suffirait pas. J'espère au moins que cette mémoire y contribuera en partie.*

## *A mes chers frères*

*Puisse l'amour et la fraternité nous unissent à jamais les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour, et l'affection que je porte pour vous. je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

## *A mes grands-parents paternel et maternel*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer tout ce que je ressens pour vous. je vous remercie pour tout le soutien exemplaire et l'amour exceptionnel que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagnera toujours.*

*À mes oncles, tantes, cousins et cousines.*

*À tous les membres de ma famille, petits et grands, veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection la plus sincère.*

*À mes très chères amies Salma, Rim, Maryam*

*Une dédicace spéciale, merci pour vos encouragements, votre soutien en particulier dans des moments difficiles, fut d'une aide précieuse. Je vous souhaite tout le bonheur du monde et que notre amitié reste à jamais.*

*À ceux qui ont contribué de loin ou de près à l'élaboration de ce travail, avec tous mes remerciements.*



*Remerciements*

*A*

*Mon maitre et président de thèse*

*Monsieur le professeur KADDOURI Noureddine*

*Professeur de chirurgie pédiatrique*

*Vous nous faites un grand honneur en acceptant de présider notre jury de thèse. Veuillez trouver dans ce travail, l'expression de notre profonde gratitude, de nos remerciements les plus sincères et de notre respect.*

*A*

*Mon maitre et rapporteur de thèse*

*Monsieur le professeur DENDANE Mohammed*

*Anouar*

*Professeur de Traumatologie-Orthopédie et Chirurgie  
réparatrice de l'enfant*

*Je suis sensible à l'honneur que vous m'avez fait en me confiant ce sujet. Votre modestie et votre simplicité font de vous en plus de vos qualités professionnelles, une référence de bon sens de compétence. La gentillesse et la bienveillance avec lesquelles vous avez guidé mes pas dans ce travail ont suscité ma bonne volonté de donner de mon mieux. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de ma haute considération, ma profonde reconnaissance et ma sincère gratitude*

*A*

*Mon maitre et juge de thèse*

*Monsieur le professeur BOUSSOUGA Mostapha*

*Professeur de Traumatologie-Orthopédie*

*Je vous remercie, monsieur de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de mon jury de thèse ; qu'il me soit permis, monsieur, de vous exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements. Merci pour votre sympathie, votre gentillesse et votre disponibilité.*

*A*

*Mon maitre et juge de thèse*

*Monsieur le professeur BENCHEBBA Driss,  
Professeur agrégé de Traumatologie-Orthopédie.*

*Vous m'avez fait l'honneur de siéger dans ce jury .Je vous remercie de la  
spontanéité et l'amabilité avec lesquelles vous avez accepté de juger ce  
travail .Veuillez trouver ici, monsieur, l'expression de notre sincère  
gratitude.*



*Liste des illustrations*

## La liste des tableaux

---

**Tableau 1** : score de MESS

**Tableau 2** : objectifs généraux dans l'intégration de l'appareillage myoélectrique chez la personne amputée de membre supérieur.

**Tableau 3** : Objectifs intermédiaires et opérationnels dans l'intégration de l'appareillage myoélectronique chez la personne amputée de membre supérieur.  
Phase fonctionnelle

## **La liste des figures :**

---

- Figure 1 :** Extrémité d'un os long en croissance. Cartilage de croissance et cartilage articulaire sont inclus dans la masse cartilagineuse que représente la Chondroépiphyse.
- Figure 2 :** Cinétique de la croissance de l'os long. Le cartilage de croissance assure la croissance en longueur. Le périoste assure la croissance en épaisseur. Le cartilage de croissance épiphysaire assure la croissance de l'épiphyse par apposition centripète. le point d'ossification épiphysaire se développe de manière asymétrique et permet de donner la forme définitive à l'extrémité osseuse concernée.
- Figure 3 :** Aspect histologique du cartilage de croissance
- Figure 4 :** Aspect histologique de la virole périchondrale.
- Figure 5 :** courbe de déformation en fonction de la contrainte appliquée à un matériau
- Figure 6 :** fracture ouverte 3c de Gustilo
- Figure 7 :** ostéosarcome de la hanche chez une fille de 12 ans
- Figure 8 :** ostéosarcome du fémur distal chez un garçon de 10 ans
- Figure 9 :** Ostéosarcome de fémur chez une adolescente de 13 ans.
- Figure 10 :** sarcome d'Ewing osseux extériorisé chez un enfant de 8 ans
- Figure 11 :** Sarcome d'Ewing du radius chez un adolescent de 15ans
- Figure 12 :** Fibrosarcome de la plante du pied chez un nourrisson de 4 mois
- Figure 13 :** A et B : purpura fulminans avec nécrose bilatérale des pieds et mains; C. moignon d'amputation de la main gauche et les doigts de la main droite après 3 ans ; D. prothèse bilatérale du membre inférieur.
- Figure 14 :** Ectromélie longitudinale externe associée à une hypoplasie fémorale

- Figure 15 :** Ectromélie longitudinale interne associée à une hypoplasie fémorale et agénésie du 1er rayon du pied
- Figure 16 :** Ectromélie longitudinale interne bilatérale.
- Figure 17 :** Niveau d'amputation des membres supérieurs.1. Désarticulation de l'épaule; 2. Désarticulation du coude; 3. Amputation transmétacarpienne ; 4. Amputation transhumérale ; 5. Amputation transradiale ; 6. Désarticulation du poignet.
- Figure 18 :** incision pour les amputations de doigt, de rayon et désarticulation de poignet.
- Figure 19 :** Amputation transmétacarpienne avec conservation du pouce
- Figure 20 :** Incision pour les amputations transradiale(3), transhumérale(2), et désarticulation d'épaule(1).
- Figure21 :** ostéotomie en flexion de l'humérus distal pour améliorer la suspension d'une prothèse.
- Figure 22 :** Amputation transhumérale proximale avec dislocation de la tête humérale, l'arthrodèse peut être effectué pour prévenir les douleurs de subluxation.
- Figure 23 :** désarticulation de l'épaule chez un adolescent de 15 ans (sarcome d'Ewing).
- Figure 24 :** A. L'incision de raquette pour l'amputation du 1er et 5ème orteil ; B.l'incision de raquette pour l'amputation du 2ème ,3ème et 4ème orteils.
- Figure 25 :** A. incision dorsaleB.incision plantaire pour le niveau d'amputation transmétatarsienne.

- Figure 26 :** niveau de section osseux ; fermeture par des suture en mono filaments pour le niveau d'amputation transmétatarsienne.
- Figure 27 :** Amputation de syme.A, incision cutanée et niveau de section osseuse.B, l'exposition de la cheville et division des ligaments.C, dissection des tissus mous du calcaneum, division du tibia et de la fibula.
- Figure 28 :** amputation de Boyd. a. Incisions et lambeaux.b. Fixation du calcaneum au tibia par deux broches .Suture cutanée.
- Figure 29 :** Amputation transtibiale .A, l'incision cutanée.B, volets musculaires après section osseuse, le muscle soléaire est adapté pour créer un lambeau approprié.D, fascia profond postérieur est suturé au fascia profond antérieur et le périoste
- Figure 30 :** L'approvisionnement en sang à la peau au niveau de l'amputation transtibiale.L'emplacement des incisions cutanées . A. Lambeau postérieur, B.lambeau sagittal, C.lambeau médial.
- Figure 31 :** Moignon d'amputation transtibiale.
- Figure 32 :** A, B incision en bouche-poisson dans la désarticulation du genou. C ; le tendon rotulien est suturé directement au ligament croisé et le tendon des ischio-jambiers.
- Figure 33 :** Les repères d'incision cutanée dans la désarticulation du genou
- Figure 34 :** A, incision pour l'amputation transfémorale .B, vue en coupe de l'amputation transfémorale
- Figure 35 :** A : incision de raquette pour désarticulation de la hanche. B : deux couche de myoplastie sur le cotyle.
- Figure 36 :** suture partielle en cas d'infection d'une amputation transtibiale.

- Figure 37 :** infection du moignon d'amputation.
- Figure 38:** diagramme de vues en bouts sur des moignons d'amputations latéraux, procédures locales de résection de tension inégale ; se sont réduit et uniformément distribué après une résection cunéiforme.
- Figure 39:** Prothèse myoélectrique
- Figure 40 :** intérieur de l'emboiture avec électrode
- Figure 41 :** châssis de la main myoélectrique.
- Figure 42 :** pince myoélectrique.
- Figure 43 :** Apprentissage de la fermeture, sans serrer, sur deux doigts.
- Figure 44 :** la coque enveloppe le massif fessier avec prolongement par une ceinture sur l'hémi-bassin opposé.
- Figure 45 :** Alignement d'une prothèse totale du membre inférieur.
- Figure 46 :** prothèse légère chez l'enfant, articulation de hanche déportée, Genou a bielle ou frein monté en recurvatum, pied dynamique en carbone.
- Figure 47 :** Prothèse performante avec articulation de hanche type hélix, genou C-Leg géré par microprocesseur, pied dynamique carbone.
- Figure 48 :** Ancienne emboiture quadrangulaire à serrage antéro-postérieur.
- Figure 49 :** Nouvelle emboiture à « ischion intégré ».
- Figure 50 :** Emboiture quadrangulaire ne permettant pas l'extension par conflit avec l'ischion(A) ; à « ischion intégré » permettant l'extension de hanche(B).
- Figure 51:** Genou C-Leg (Ottobock), permettant la descente des escaliers.
- Figure 52 :** Genou avec : rotateur(A) ; absorbeur de torsion (B).

- Figure 53 :** Genou Genium permettant la montée des escaliers grâce à l'association de gyroscope et de microprocesseurs
- Figure 54 :** Emboiture total de contact Behring avec serrage homogène
- Figure 55 :** Ancienne emboiture de prothèse tibiale avec hyper appuis sous-patellaire et poplité
- Figure 56 :** Manchons : au choix(A) ; sur moulage (B).
- Figure 57 :** Prothèse de pied. Source : Ravel Orthomedic.
- Figure 58 :** Radiographies avec EOS. Analyse des axes – cliché corps entier : désarticulation du genou sur malformations congénitales (a) ; amputation fémorale chez un enfant (b).

## **La liste des abréviations**

---

<b>AV – J.C</b>	: avant Jésus christ
<b>Apr. –J.C</b>	: après Jésus christ
<b>Score MESS</b>	: Mangled extremity severity score
<b>TE</b>	: Tumeur d'Ewing
<b>IRM</b>	: Imagerie par Resonance Magnétique
<b>IRSG</b>	: Intergroup Rhabdomyosarcoma Study
<b>COG</b>	: Soft Tissue Sarcoma Committee of The Children's Oncology Group
<b>RMS</b>	: Rhabdomyosarcome
<b>VAS</b>	: Voie Aérienne supérieure
<b>IVAS</b>	: Infection des Voies Aériennes Supérieures
<b>ECG</b>	: Enregistrement Electro cardiographique
<b>EFR</b>	: Exploration Respiratoire Fonctionnelle
<b>TCA</b>	: Temps de céphaline activé
<b>TP</b>	: temps de prothrombine
<b>RAI</b>	: Recherche d'Agglutinines Irrégulières
<b>PVC</b>	: Capotage en Polychlorure de Vinyle
<b>TCB</b>	: Total Contact Behring
<b>AQM</b>	: Analyse Qualifiée de la Marche
<b>PAI</b>	: Projet d'Accueil Individualisée
<b>HAD</b>	: Hospitalisation à Domicile
<b>HDJ</b>	: Hospitalisation de Jour
<b>EMG</b>	: Electro myélogramme



# *Sommaire*

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Considérations générales</b> .....	3
A. Particularités de l'appareil locomoteur chez l'enfant : .....	4
1. Notion de croissance: .....	4
2. Acteurs de la croissance : .....	4
2.1. Chondroépiphyse, unité fonctionnelle indissociable du cartilage de croissance: .....	4
2.2. Histologie du cartilage de croissance : .....	7
2.3. Virole péricondrale : .....	10
2.4. Le périoste: .....	11
B. Particularités biomécaniques de l'appareil locomoteur chez l'enfant: .....	11
1. Généralités biomécaniques: .....	12
2. Influence de la biomécanique sur un tissu vivant : .....	14
3. Application des lois biomécaniques à un tissu complexe : .....	14
C. Historique des amputations et Désarticulations : .....	15
<b>Pathologies pourvoyeuses d'amputation chez l'enfant</b> .....	21
A. Traumatismes : .....	22
B. Pathologie tumorale: .....	26
1. Ostéosarcome : .....	26
2. La tumeur d'Ewing:.....	29
3. Particularités de sarcomes développés après irradiation chez l'enfant: .....	32
4. Rhabdomyosarcomes et autres sarcomes des tissus mous:.....	33
C. Pathologies infectieuses : .....	35
D. Pathologie malformative : .....	37
<b>Préparation du geste d'amputation</b> .....	40
1. Annonce du diagnostic et préparation psychologique:.....	41
2. Consultation pré anesthésique : .....	42
2.1. Interrogatoire du patient et des parents: .....	42
2.2. Examen clinique : .....	43
3. Bilan préopératoire : .....	44
4. Visite pré anesthésique : .....	46

<b>Le geste chirurgical et les types d'amputation</b> .....	47
A. Amputations des membres supérieurs : .....	48
1. Principes généraux : .....	49
2. Anesthésie et installation : .....	51
3. Protocole opératoire classique : .....	52
4. Particularités des techniques opératoires selon le niveau d'amputation : .....	55
4.1. Amputation des doigts : .....	55
4.2. La technique d'amputation en fonction du rayon amputé : .....	57
4.3. Amputation transmétacarpienne : .....	58
4.4. Désarticulation du poignet : .....	59
4.5. Amputation transradiale : .....	61
4.6. Désarticulation du coude : .....	63
4.7. Amputation transhumérale : .....	64
4.8. Désarticulation de l'épaule : .....	65
B. Amputation du membre inférieur : .....	69
1. principes généraux : .....	69
2. Les différents types d'amputation et désarticulations des membres inférieurs : .....	69
2.1. Amputation des orteils et de rayons: .....	70
2.2. Amputations transmétatarsiennes .....	71
2.3. Amputations de l'arrière-pied (Syme, Boyd) : .....	74
2.4. Amputation transtibiale : .....	79
2.5. Désarticulation du genou : .....	85
2.6. Amputations trans-fémorales : .....	89
2.7. Désarticulation de la hanche : .....	93
<b>La période postopératoire</b> .....	97
<b>Complications</b> .....	100
A. Complications locales : .....	101
1. Hématome : .....	101
2. Infection : .....	101
3. Nécrose de la plaie : .....	103

4. Bursites: .....	104
5. Complications dermatologiques :.....	104
6. Contracture :.....	105
B. Complications systémiques : .....	105
1. Pulmonaire : .....	105
2. Complications thromboemboliques :.....	106
3. Insuffisance rénale :.....	106
C. Complications générales : .....	106
<b>Détermination du niveau d'amputation .....</b>	<b>108</b>
<b>Rééducation du moignon d'amputation avant l'appareillage.....</b>	<b>111</b>
<b>Appareillage et ses indications .....</b>	<b>113</b>
A. Appareillage du membre supérieur: .....	114
1. Prothèse myoélectrique :.....	115
1.1. Principe de fonctionnement :.....	115
1.2. Bilans :.....	120
a. Bilans généraux :.....	120
b. Bilans myoélectriques : .....	120
c. Bilan de la qualité musculaire (contractilité) :.....	121
2. Rééducation pré prothétique : .....	122
2.1. Préparation psychologique :.....	123
2.2. Rééducation orthopédique : .....	123
2.3. Rééducation du dos et de la ceinture scapulaire : .....	123
3. Rééducation avec appareillage :.....	124
3.1. Phase analytique .....	124
3.2. Phase de transition :.....	126
3.3. Phase fonctionnelle : .....	127
4. La réadaptation :.....	130
B. Appareillage de membre inférieur .....	130
1. Types d'appareillages selon le niveau d'amputation : .....	131
1.1. Niveau de la hanche : .....	131

1.2. Niveau du fémur :.....	134
1.3. Niveau du tibia :.....	141
1.4. Niveau de pied :.....	144
2. Réglages et adaptation de la prothèse :.....	145
1.1. Analyse tridimensionnelle des membres inférieurs :.....	146
1.2. Analyse quantifiée de la marche :.....	147
3. La phase de rééducation et les modalités de mise en œuvre:.....	147
3.1. La phase d'appareillage :.....	147
3.2. La phase de réadaptation .....	148
<b>Le suivi à long terme</b> .....	150
<b>Perspectives d'avenir chez les malades amputés</b> .....	152
<b>Conclusion</b> .....	154
<b>Résumés</b> .....	156
<b>Référence</b> .....	160



# *Introduction*

L'amputation est l'une des interventions chirurgicales les plus anciennes. Elle devrait être considérée comme une procédure de reconstruction plutôt que d'ablation. Chez l'enfant, l'amputation est due essentiellement aux causes traumatiques, suivies par la néoplasie et l'infection[1].

Cette thèse correspond à une mise au point qui s'intéresse aux particularités des techniques chirurgicales d'amputations des membres chez l'enfant, mais aussi les progrès prothétiques. Bien que la plupart des techniques d'amputation décrites chez l'adulte soient également utiles pour les enfants, la croissance générale du corps et la croissance du moignon chez les patients pédiatriques sont des facteurs importants et spécifiques. La désarticulation est préférable à l'amputation transosseuse chez l'enfant, car elle permet l'obtention d'un moignon robuste permettant le roulement précoce de poids, mais aussi améliore la suspension prothétique et les résultats fonctionnels.

Dans la très grande majorité des cas, l'annonce d'une amputation constitue un drame pour les parents du jeune patient. En dehors du contexte de l'urgence, le rôle de l'équipe soignante multidisciplinaire (chirurgien, pédiatre, psychologue, orthoprothésiste et kinésithérapeute) est de préparer l'enfant à ce geste lourd.

En pratique, les techniques chirurgicales doivent prendre en considération à la fois les zones de croissance encore ouvertes et la nécessité parfois de préférer un geste de désarticulation afin de faciliter l'appareillage.

L'objectif de ce travail est de mettre en relief certaines particularités pédiatriques des gestes d'exérèse des membres et de rapporter les nouveautés dans le domaine d'appareillage des membres de l'enfant.



*Considérations générales*

## **A. Particularités de l'appareil locomoteur chez l'enfant :**

### **1. Notion de croissance[2] :**

La croissance peut répondre à de nombreuses définitions. On regroupe sous ce terme les événements conduisant un individu de la vie fœtale à un stade mature.

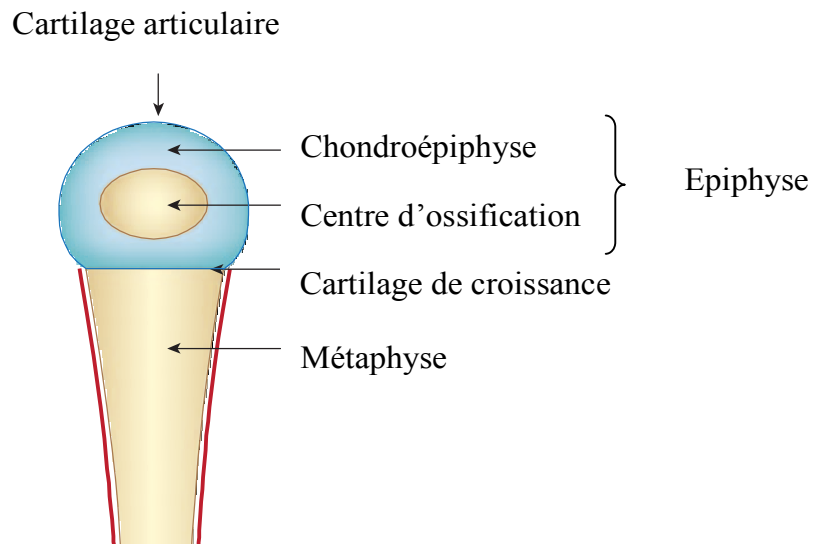
La croissance obéit à des lois précises. Certaines sont parfaitement connues, d'autres sont encore mystérieuses et font l'objet de théories parfois contradictoires.

Les mécanismes régulateurs de la croissance sont nombreux, génétiques, endocriniens, socioéconomique et mécaniques. Ces facteurs sont intriqués et encore mal connus[2].

### **2. Acteurs de la croissance :**

#### **2.1. Chondroépiphyse, unité fonctionnelle indissociable du cartilage de croissance[2,3] :**

La Chondroépiphyse est une structure anatomique pluritissulaire, située à chacune des deux extrémités d'un os long (Figure. 1)[2]. Son rôle est double : assurer la croissance en longueur de l'os diaphysaire et permettre la croissance volumique des extrémités osseuses, notamment la forme de la surface articulaire correspondante[3].



**Figure1 : Extrémité d'un os long en croissance. Cartilage de croissance et cartilage articulaire sont inclus dans la masse cartilagineuse que représente la Chondroépiphyse[2].**

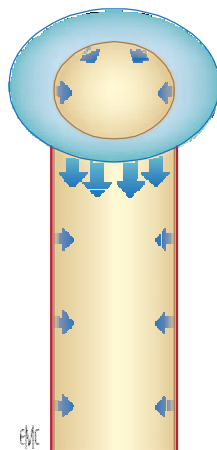
À la naissance, la plupart des Chondroépiphyses ne sont encore formées que de cartilage hyalin (cartilage de croissance) entouré d'une fine couche de fibrocartilage (cartilage articulaire). Une seule présente constamment à la naissance un noyau d'ossification déjà présent, il s'agit de l'extrémité inférieure du fémur. Le ou les noyaux d'ossification de chaque Chondroépiphyse apparaissent à des périodes précises de la croissance postnatale. La chronologie d'apparition des noyaux d'ossification est à la base des techniques d'évaluation de l'âge osseux.

Il est habituel de dire qu'il y a dans la Chondroépiphyse, deux types de cartilages de croissance :

- Un de type sphérique à croissance centripète, il s'agit du cartilage de croissance du point d'ossification épiphysaire;

- un de type discal à croissance axiale ou cartilage de conjugaison.

Les choses paraissent en pratique un peu plus complexes. Le schéma classique de cartilage de croissance épiphysaire sphérique à croissance centripète paraît simpliste. Un tel mode de fonctionnement est évident sur certains os courts comme le talus ou le calcaneus. En revanche, aux os longs, la croissance du noyau épiphysaire est plus subtile, beaucoup plus lente que le cartilage de conjugaison. Elle gère essentiellement la forme de l'épiphyse et se fait essentiellement en regard de la périphérie. Elle est quasi inexistante en regard de la métaphyse où seule l'activité du cartilage de conjugaison semble efficace (Figure. 2)[2].



**Figure 2 : Cinétique de la croissance de l'os long. Le cartilage de croissance assure la croissance en longueur. Le périoste assure la croissance en épaisseur. Le cartilage de croissance épiphysaire assure la croissance de l'épiphyse par apposition centripète. le point d'ossification épiphysaire se développe de manière asymétrique et permet de donner la forme définitive à l'extrémité osseuse concernée[2].**

## 2.2. Histologie du cartilage de croissance [2]:

Le cartilage de croissance est composé successivement, de l'épiphyse vers la métaphyse, de quatre couches dont la finalité est un processus d'ossification enchondrale (figure 3). Les chondrocytes vont se multiplier régulièrement en produisant autour d'eux une substance fondamentale. Celle-ci va se calcifier secondairement.

Dans la couche de cellules germinales ou couche de réserve, les cellules sont petites, disposées de façon éparses au milieu d'une substance fondamentale abondante. Le rythme des divisions cellulaires y est lent. C'est une zone de stockage. Sa vascularisation est d'origine épiphysaire.

La couche de cellules sériées ou en colonnes se présente sous forme de 5 à 30 cellules empilées en colonnes. Les divisions cellulaires au sommet des colonnes sont intenses. C'est dans la couche sériée que va se constituer l'allongement de l'os. L'épaisseur des colonnes est d'ailleurs le témoin de l'activité du cartilage de croissance concerné. La vascularisation est riche, également d'origine épiphysaire.

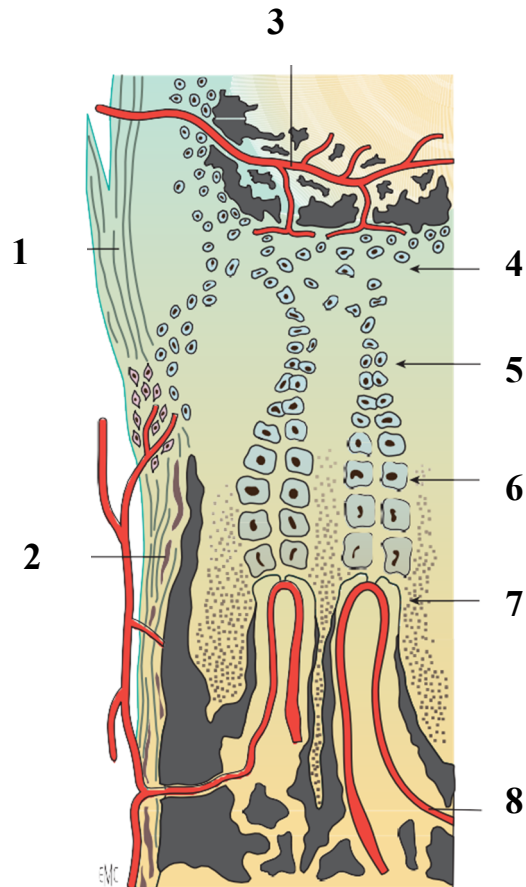
La couche de cellules hypertrophiques correspond à la zone de maturation. Les chondrocytes se vacuolisent, les noyaux se fragmentent et la substance fondamentale se raréfie. C'est une zone avasculaire et fragile. C'est à ce niveau que se produisent les décollements épiphysaire.

La dernière couche dite de cellules dégénératives est la zone d'ossification. Les cellules éclatent et évoluent vers la nécrose chondrocytaire. Les logettes sont alors vides et deviennent le siège d'une invasion vasculaire d'origine métaphysaire. Les capillaires métaphysaires

sont dépourvus d'endothélium à leur extrémité, ce qui favorise l'extravasation sanguine dans les logettes cartilagineuses. Des bandes de cartilage minéralisé apparaissent. Le cartilage calcifié est remplacé le long de la ligne d'invasion vasculaire par de l'os. Ce tissu ostéoïde ou spongieuse primaire est progressivement remplacé par un os plus structuré ou spongieuse secondaire.

Tout autour des chondrocytes se trouve une substance fondamentale formée de protéoglycanes et de collagène. C'est à ce niveau que vont se produire les phénomènes de calcification. Les protéoglycanes sont en quantité plus importante. Les déficits enzymatiques qui perturbent leur dégradation constituent les maladies de surcharge ou mucopolysaccharidoses. Le collagène constitue la trame fibreuse de la substance fondamentale.

À la fin de la croissance, le cartilage de croissance s'atrophie et il survient une désorganisation cellulaire puis les vaisseaux épiphysaire et métaphysaires s'anastomosent, constituant une véritable épiphysiodèse physiologique[2].

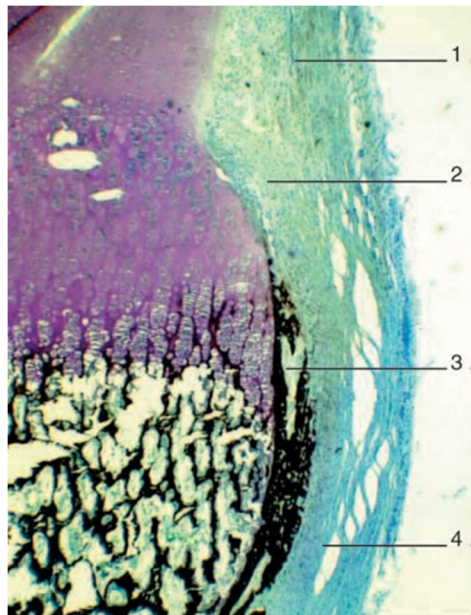


**Figure 3 : Aspect histologique du cartilage de croissance**

- 1. périchondre ;
- 2.périoste ;
- 3. artère epiphysaire ;
- 4. Couche germinale ou de réserve ;
- 5. couche sériée ou en colonne ;
- 6. Couche de cellules hypertrophiques ;
- 7. couche dégénérative ou d'ossification ;
- 8.vaisseaux métaphysaire.[2]

### 2.3. Virole péricondrale[2] :

La physe est entourée de deux structures, l'encoche d'ossification de Ranvier et la virole péricondrale de Lacroix. La virole est constituée d'un réseau collagénofibreux en continuité avec le périoste vers la métaphyse et le péricondre vers la Chondroépiphyse. La virole peut être représentée comme un joint circulaire qui assure la stabilité mécanique de la physe (figure 4). Une autre disposition anatomique de la physe favorise sa résistance aux cisaillements, il s'agit des processus mamillaires. La limite entre le cartilage de croissance et la métaphyse n'est pas un plan, mais une surface tomenteuse constituée de ces processus mamillaires permettant un meilleur ancrage du cartilage sur la métaphyse[2].



**Figure 4 : Aspect histologique de la virole péricondrale.1.péricondre ; 2.encoche d'ossification de Ranvier ; 3.virole péricondrale de Lacroix ; 4.périoste.[2]**

#### **2.4. Le périoste[4] :**

La deuxième structure de croissance est représentée par le périoste. Celui-ci engaine sur toute sa longueur la diaphyse et la métaphyse et s'interrompt au niveau du cartilage de conjugaison en se fixant à la virole péricondrale. Ce périoste est une membrane très épaisse chez l'enfant et permet à l'os de grandir en épaisseur car sa face profonde est ostéoformatrice. Le périoste joue un rôle essentiel dans l'apparition du cal osseux après une fracture diaphysaire ou métaphysaire et dans le remodelage du cal osseux avec la croissance. Cette action a été résumée par la loi de Wolf dès 1892[4] qui considère que les appositions périostées se constituent aux endroits mécaniquement contraints, alors que les régions non sollicitées font l'objet de résorptions osseuses. L'ensemble aboutit progressivement à un déplacement relatif du cal fracturaire vers l'axe mécanique de l'os considéré. Ce processus, présent chez l'adulte, est beaucoup plus marqué chez l'enfant, porteur d'un périoste infiniment plus actif.

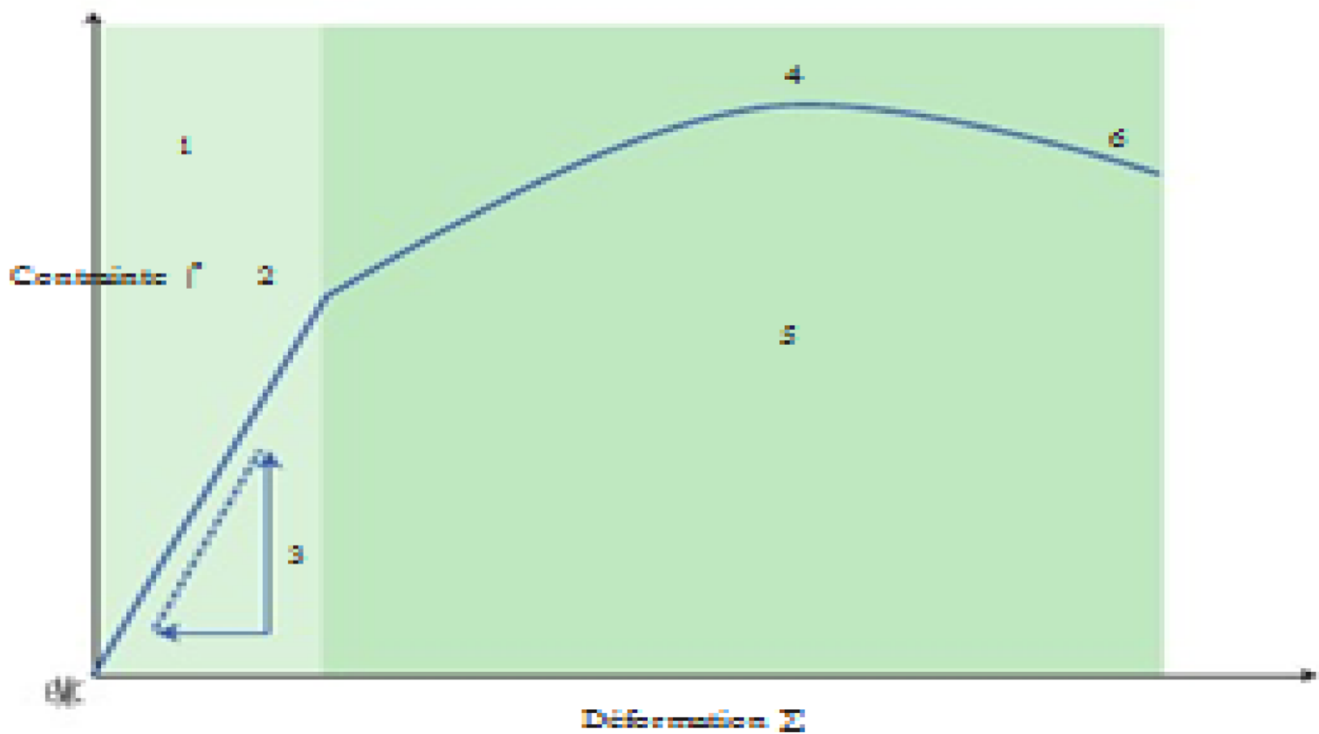
#### **B. Particularités biomécaniques de l'appareil locomoteur chez l'enfant[5] :**

L'os est un tissu vivant, complexe, dont les propriétés mécaniques résultent de l'association d'une macrostructure géométrique avec une morphologie micro architecturale liée à un réseau trabéculaire et cortical. Les sollicitations et les contraintes que reçoivent les os lors de la locomotion nécessitent résistance mécanique et élasticité. Cette organisation doit permettre au squelette d'être solide, élastique et léger pour se déplacer lors de la marche, la course, les sauts mais aussi, répondre à des contraintes plus inattendues en torsion ou cisaillement.

Il s'agit également d'un tissu adaptatif et évolutif selon L'âge, le sexe, les sollicitations physiques, ou encore hormonales et métaboliques[5].

### **1. Généralités biomécaniques[5] :**

Les propriétés mécaniques d'une structure dépendent, d'une part, des propriétés du ou des matériaux qui la composent et, d'autre part, des propriétés liées à l'architecture de la structure. Tout matériau a un comportement intrinsèque, indépendant de la géométrie de la structure étudiée. Ce comportement est défini grâce à plusieurs paramètres qui le caractérisent, parmi ces paramètres, il est essentiel de connaître le module d'élasticité du matériau ou le module de Young qui traduit la relation qui existe entre la déformation du matériau et la contrainte qui lui est appliquée. Il est défini selon l'équation suivante :  $\sigma = E \cdot \epsilon$  où le module d'élasticité (ou module de Young), noté E, correspond à la pente de la courbe (Figure. 5) ; il s'agit d'une caractéristique propre et unique du matériau.



**Figure 5 : courbe de déformation en fonction de la contrainte appliquée a un matériau.1.Déformation élastique ; 2.limite élastique ; 3.limite haute d'élasticité ou contrainte de rupture ; 4.déformation plastique ; 5.point de rupture ; 6.module d'élasticité (module de Young)[5].**

Si les contraintes appliquées demeurent dans la zone de déformation élastique, la déformation subie est réversible et la structure retrouve sa forme et ses dimensions initiales lorsque la contrainte aura cessé. Plus ce module est élevé plus le matériau est dit « rigide ». Au-delà du point de « limite élastique», le matériau entre dans la « zone de déformation plastique », non réversible[5].

## **2. Influence de la biomécanique sur un tissu vivant [6,7,8] :**

La loi de Wolff a été énoncée au XIXe siècle par un anatomiste chirurgien allemand Julius Wolff. Il considérait l'os trabéculaire comme ayant une organisation non aléatoire et anisotrope. Cette architecture était, selon lui, la résultante des contraintes qu'il subit[6]. Elle fait de l'os un organe vivant dont l'adaptation se fait à plusieurs échelles. D'une part, une sollicitation répétée ou spécifique rend la macrostructure différente. D'autre part, ce mécanisme agit sur la densité et la microstructure osseuse également. L'exercice physique et le surpoids accroissent la masse osseuse du fait de l'hyper sollicitation du complexe ostéotendinoligamentaire[7]. À l'inverse, une diminution des contraintes appliquées à l'os illustrent la déminéralisation relative induite[8].

## **3. Application des lois biomécaniques à un tissu complexe [9-12]:**

L'os peut être observé selon différentes échelles d'organisation, Chacune apportant sa part d'explication concernant ses propriétés biomécaniques. Sur le plan histologique, l'os est composé de collagène principalement de type I, qui représente l'essentiel de la trame organique (90 %), a une mécanique en traction supérieure à sa résistance mécanique en compression[9]. L'hydroxyapatite, constituée de cristaux de phosphate de calcium, représente, pour sa part, l'essentiel de la trame inorganique minéralisée. C'est un matériau rigide, résistant à la compression. L'os humain est minéralisé à 45 % selon Seeman[10], il s'agit d'une valeur optimale. En effet, si cette valeur diminue, l'os devient trop flexible en charge et rompt ; s'il est trop minéralisé, il devient cassant (brittleness). Chez l'enfant, l'os a une structure différente de celui de l'adulte, il est plus chargé en eau. Il est mécaniquement moins résistant que

celui de l'adulte. La compétence de l'os peut être modifiée par des facteurs endocriniens, l'hydratation du tissu[11], des pathologies osseuses[12] et le sexe.

Au niveau micro architecturale, les propriétés biomécaniques pour chaque type de tissu osseux (cortical et spongieux) varient en fonction de la contrainte en intensité mais également en répétition. Si l'os a dépassé son point de limite d'élasticité, son module d'élasticité se modifie lors des futures contraintes. C'est le fait de micro fractures qui vont peu à peu diminuer la rigidité[11].

Chez l'enfant, l'os diaphysaire absorbe plus d'énergie avant de rompre que chez l'adulte. L'os trabéculaire métaphysaire est beaucoup moins rigide que l'os diaphysaire. L'os trabéculaire est beaucoup moins rigide que l'os cortical diaphysaire ce qui contribue à un effet d'amortissement des charges transmises aux surfaces articulaires.

### **C. Historique des amputations et Désarticulations [13, 14] :**

L'amputation d'un membre représente l'une des interventions chirurgicales les plus décisives. Si cela n'a pas changé au cours des derniers millénaires, le progrès, lui, a permis de nombreuses améliorations.

L'amputation d'un membre du corps compte parmi les plus anciennes interventions chirurgicales. Les prothèses existaient déjà dans l'Égypte antique. Depuis les premières amputations répertoriées, la médecine a réalisé d'énormes progrès. Cependant, l'amputation n'a rien perdu de sa sévérité, et les prothèses n'arrivent toujours pas à tout remplacer entièrement.

Les plus anciennes preuves d'amputation sont vraisemblablement issues du Mésolithique (8000-6000 av. J.-C.). Les chercheurs ont fait la découverte à

l'intérieur de grottes, de dessins représentant des amputations de doigts. On ignore toutefois si ces amputations ont été effectuées pour des raisons médicales ou rituelles.

Une découverte, remontant à l'Égypte antique, permet de répondre à cette question. Le professeur Andreas G. Nierlich, chercheur à l'Institut de pathologie de l'Université Ludwig Maximilian à Munich, a constaté, en 2001, qu'une amputation d'un gros orteil avait déjà été effectuée il y a 3000 ans, en raison d'une artériosclérose.

Lors de fouilles archéologiques, Nierlich a fait la découverte d'une momie, une femme égyptienne âgée entre 50 et 60 ans et qui aurait vécu entre 1065 et 650 avant Jésus-Christ.

À la place du gros orteil se trouvait une prothèse taillée dans le bois, joliment décorée, une reproduction parfaite de l'orteil ainsi que de l'ongle. « Il semble clair que l'opération a eu lieu du vivant de cette femme. En effet, on retrouve, à l'endroit où l'orteil a été amputé, une partie intacte de peau et de tissu conjonctif », explique Andreas G. Nierlich dans un article publié dans le *Médical Tribune* du 25 mai 2001.

Aulus Cornelius Celse (25 av. J.-C. à 50 apr. J.-C.) a rédigé les premières descriptions concernant les amputations, bases chirurgicales encore valides aujourd'hui : « Il faut donc, avec le bistouri, couper jusqu'à l'os, entre le mort et le vif, la chair du membre malade de façon néanmoins, que l'amputation ne se fasse pas tout-à-fait auprès de l'articulation, et qu'on emporte plutôt de la partie saine, qu'on ne laisse de celle qui est gangrenée. » [13]. Ce savoir, datant du 1er siècle avant Jésus-Christ, fût ensuite perdu. Jusqu'au Moyen-âge, on va se créer un déséquilibre entre le monde arabo-musulman et l'Europe chrétienne, période

au cours de laquelle il y'a eu un développement favorable des universités arabes à Damas, Bagdad, Le Caire ou encore Ispahan et Fès.

Le personnage le plus marquant de cette époque est Abulcassis, résidant dans le Califat de Cordoue, auteur d'un ouvrage important : le Tarsif, une encyclopédie médicale en 30 volumes qui a ensuite été traduite en latin et utilisée dans les écoles de médecine européennes pendant des siècles. Cet ouvrage présente une collection unique de plus de 200 instruments chirurgicaux. Beaucoup de ces instruments n'avaient jamais été utilisés auparavant par un autre chirurgien. Abulcassis prône l'utilisation de cautère pour l'hémostase. Il est à l'origine de l'utilisation des mandibules de fourmis pour suturer la fermeture cutanée. Aujourd'hui, ces mandibules sont remplacées par des agrafes chirurgicales qui ont la même utilisation : rapprocher les deux bords d'une plaie pour faciliter la cicatrisation. Hamidan quant à lui énumère au moins 26 instruments chirurgicaux révolutionnaires qui n'étaient pas connus avant Abulcassis. Parmi ces instruments figurent les premiers instruments destinés aux ligatures, les aiguilles à suture, les pinces chirurgicales, les sondes, les crochets, la scie à os et les plâtres. L'influence du Al-Tasrif a finalement conduit au déclin des barbiers chirurgiens remplacés plutôt par des médecins chirurgiens dans le monde islamique.

Avicenne a été le premier à décrire la procédure de l'intubation ; il a également décrit les éponges soporifiques, imprégnées de substances aromatiques et narcotiques qui devaient être placées sous le nez du patient pendant l'intervention. Rhazes au Xe siècle a utilisé les composés du mercure comme antiseptique local. À partir du Xe siècle, les médecins et chirurgiens musulmans ont pratiqué l'application d'alcool purifié sur les blessures comme agent antiseptique[14].

Au milieu du 16e siècle, le chirurgien Ambroise Paré fut le premier à pratiquer la ligature des artères lors d'amputations. Cette pratique vint remplacer la cautérisation, méthode utilisée jusque-là et qui consistait à brûler les plaies. La ligature artérielle consistait à nouer les veines et les artères à l'aide d'un fil de soie.

Jusque dans le 19e siècle, les amputations étaient effectuées principalement en raison de blessures de guerre, d'épidémies telles que la lèpre ou la tuberculose, d'engelures, de morsures d'animaux ou de la gangrène. Les infections postopératoires ont eu comme conséquence un taux de mortalité atteignant quarante pourcent.

En Angleterre, Robert Liston (1794-1847) a contribué au développement des techniques d'amputation. Ses instruments étaient conçus de telle façon qu'il arrivait à sectionner la peau, les tendons et les muscles, jusqu'à l'os, et ceci d'un seul mouvement. La peau était tranchée d'un seul « tour de main » tandis que les muscles et les tissus sous-jacents devaient faire l'objet d'un « tour de force ». Le chirurgien maniait son instrument de telle façon qu'il parvenait, d'un seul mouvement, à trancher autour du membre.

En raison d'un taux de mortalité élevé, les prothèses ne constituaient, jusqu'au milieu du 19<sup>e</sup> siècle, qu'une question d'ordre secondaire. Cependant, la fabrication de membres de remplacement existe déjà depuis l'Antiquité.

La main de fer de Götz Von Berlichingen (1480-1562) illustre l'exemple le plus connu. En 1504, celui-ci se fit fabriquer ce qui, à l'époque, fit sensation. Les doigts de la prothèse pouvaient, à l'aide de petites roues dentées, être positionnés de certaines façons. Ainsi, le chevalier d'Empire pouvait tenir son épée solidement et participer aux combats.

En 1812, le dentiste et chirurgien berlinois Peter Baliff eut l'idée d'utiliser la force encore disponible du bras amputé pour faire bouger la prothèse. Un câble, fixé autour du coude et de l'épaule, permettait de faire bouger les doigts de la prothèse. Cependant, la personne amputée devait effectuer certaines contorsions afin de faire bouger sa main artificielle.

Jusqu'au milieu du 20<sup>e</sup> siècle, les jambes furent remplacées par des constructions de bois. Dans le cas d'une amputation de la cuisse, une jambe de bois était fixée au moignon de la cuisse. Les personnes amputées sous le genou inclinaient leur jambe vers l'arrière et s'agenouillaient sur une jambe de bois qui était fixée au moignon.

En 1916, le chirurgien allemand Ferdinand Sauerbruch (1875-1951) permit de grandes avancées dans le domaine des prothèses. Il inventa le Sauerbruch-Arm, une prothèse de l'avant-bras ; celle-ci consistait d'une emboîture, fixée au muscle du bras à l'aide d'une tige d'ivoire. La contraction du muscle permettait de soulever la tige, ce qui à son tour permettait d'ouvrir et de fermer la main.

Après la Seconde guerre mondiale, des moteurs électriques furent utilisés

pour la première fois, permettant aux doigts de se refermer. Depuis la fin des années 60, les systèmes myoélectriques ont été utilisés.

Aujourd'hui, les prothèses de haute technologie permettent de réussir ce qui, il y a à peine quelques années, était encore inconcevable. Certaines prothèses de la main permettent jusqu'à ressentir des sensations.

Dans le domaine des prothèses de jambe, les jambes de bois font aussi depuis longtemps partie du passé. Au cours des dernières années, la mécanique de précision a réalisé d'énormes progrès. Aujourd'hui, les chercheurs développent des pièces de remplacement pouvant être rattachées directement au système nerveux.



*Pathologies pourvoyeuses  
d'amputation chez l'enfant [1]*

Chez les enfants, la pathologie traumatique délabrante est la première source d'amputation et de désarticulation.

Certes, la seule indication absolue de l'amputation est l'ischémie irréversible d'un membre malade ou traumatisé mais ce geste radical peut être utilisé dans le cadre des tumeurs malignes de l'appareil locomoteur. Par ailleurs, l'amputation peut devenir nécessaire pour préserver la vie devant des cas d'infections graves incontrôlables. Enfin, certaines malformations complexes et sévères des extrémités sont mieux gérables par amputation que par une chirurgie réparatrice itérative[1].

### **A. Traumatismes [1 ,15-16]:**

Ces traumatismes surviennent par exemple, par écrasement lors d'un accident de la voie publique. Le niveau d'amputation est variable. Il faut surtout s'adapter au niveau de la lésion.

Le traumatisme est l'indication principale de l'amputation chez la population jeune.

La seule indication absolue d'une amputation primaire dans le cadre d'un traumatisme est la présence d'une lésion vasculaire irréversible avec ischémie du membre.

En raison des améliorations concernant les soins pré hospitaliers, les mesures de réanimation, et les techniques de transport d'os, le chirurgien orthopédiste est plus souvent confronté à des situations dans lesquelles un membre gravement blessé peut être préservé.

Plusieurs études effectuées pour le choix du membre à préserver se sont concentrés sur les blessures graves des extrémités du membre inférieur[1]. Un

certain nombre de classification ont été établies, dont les plus utilisées sont : les classifications de Cuchoix et al, de Gustilo et al[15].

Plusieurs auteurs se sont mis d'accord que les fractures ouvertes du tibia de type 3c de Cuchoix et Duparc(figure 6) qui comprennent des perturbations du nerf tibial ou lésion par écrasement avec un temps d'ischémie chaude dépassant 6h sont une indication absolue d'amputation[1].

D'autres auteurs se sont basés sur le score de MESS (mangled extremity severity score) (tableau I) pour le choix du membre à préserver[16]. L'existence d'une lésion nerveuse associée aux dégâts musculaires et cutanés majeurs est indiscutablement un argument en faveur de l'amputation d'emblée au lieu de la conservation.

Il faut calculer ce score chaque fois qu'on envisage une amputation par rapport à la préservation du membre

Tableau I [16] :

Score MESS (*mangled extremity severity score*).

Type	Definition	Points
A : squelette et parties molles	Basse énergie (fracture simple)	1
	Moyenne énergie (fractures ouvertes, multiples ; luxation)	2
	Haute énergie (écrasement, fracture par balle)	3
	Très haute énergie (avulsion tissulaire, contamination bactérienne)	4
B : ischémie	Pouls réduit ou absent mais bonne coloration	1 <sup>a</sup>
	Pouls absent, paresthésie, diminution de la coloration capillaire	2 <sup>a</sup>
	Jambe ischémisée, froide, insensible	3 <sup>a</sup>
C : choc	Systolique >90 mmHg	0
	Hypotension transitoire	1
	Hypotension persistante	2
D : Âge	< 30 ans	0
	30-50 ans	1
	> 50 ans	

Si le total des points est supérieur ou égal à 7, une amputation doit être envisagée.

<sup>a</sup> Le score double pour une ischémie supérieure à 6 heures.

Sachant qu'aucun système de notation ne remplace l'expérience et le bon jugement clinique. Après avoir déterminé qu'un membre peut être sauvé, le chirurgien doit décider de l'acte chirurgical adéquat, avec l'information du malade et son consentement ou celui des parents.

Une grande étude effectuée sur 545 patients comparant les patients avec préservation du membre et ceux qui ont subi une amputation, a conclu que les

couts des soins de santé à vie sont trois fois plus importants que chez les patients ayant subi une amputation. Un rapport fonctionnel a été établi montrant un taux de rendement professionnel de 64% pour les patients avec préservation de membre contre 73% chez les amputés[1]. Une autre étude a conclu que les résultats fonctionnels à long terme sont équivalents entre les deux catégories de patients[1].



**Figure 6 : fracture ouverte 3c de Gustilo[15].**

## **B. Pathologie tumorale[17] :**

Les tumeurs osseuses malignes sont rares chez l'enfant. Les plus fréquentes sont l'ostéosarcome (50%) et la tumeur d'Ewing (40%). Elles nécessitent une prise en charge pluridisciplinaire en centre spécialisé, associant notamment radiologues, oncologues, orthopédistes, pathologistes et radiothérapeutes.

Les tumeurs malignes osseuses de l'enfant se situent à proximité d'un cartilage de croissance dans 75 % des cas. Le pronostic fonctionnel dépend en partie de la conservation ou non du cartilage de croissance. Son exérèse lors de la résection carcinologique pose un problème d'autant plus important que l'enfant est plus jeune.

Rappelons que le potentiel de croissance varie en fonction de la localisation du cartilage de croissance. Les cartilages les plus fertiles se situent près du genou et loin du coude. Ainsi, la croissance en longueur de l'humérus se fait à 80 % dans le cartilage de croissance proximal contre 20 % dans le cartilage distal. De même, 80 % de la croissance du radius se fait en distal, 70 % de celle du fémur en distal, 55 % de celle du tibia en proximal[17].

### **1. Ostéosarcome [18-21] :**

C'est la plus fréquente des tumeurs primitives malignes de l'os chez l'enfant. Il représente plus de 50 % des tumeurs osseuses malignes de l'enfant et de l'adolescent. Il est plus fréquent chez les patients jeunes de sexe masculin, avec un sex-ratio de 1,4 et un âge moyen de 16 ans.

Sur le plan Clinique, l'ostéosarcome siège principalement sur la métaphyse des os long, au niveau de l'extrémité inférieure du fémur ou supérieure du

tibia (50% des cas), mais aussi la métaphyse supérieure de l'humérus. La symptomatologie est caractérisée par la survenue d'une douleur localisée ou projetée, de tonalité inflammatoire dans un contexte fréquent de traumatisme mineur. Une tuméfaction locale peut apparaître tardivement. C'est souvent à ce stade qu'est réalisé un bilan radiographique, l'intervalle entre le début des signes cliniques et ce bilan pouvant varier de quelques semaines à quelques mois. Dans les formes plus évoluées, on assiste à la survenue de signes inflammatoires locaux, une déformation du membre ou une impotence fonctionnelle. Les fractures pathologiques sont rares (inférieures à 10 % des cas) et surviennent à un stade plus avancé ou dans les formes télangiectasiques [18]. Il n'existe pas de signes généraux associés sauf en cas de forme multimétastatique.

Le principe de base du traitement chirurgical des ostéosarcomes repose sur l'exérèse chirurgicale tumorale complète en monobloc et avec marges saines d'emblée.

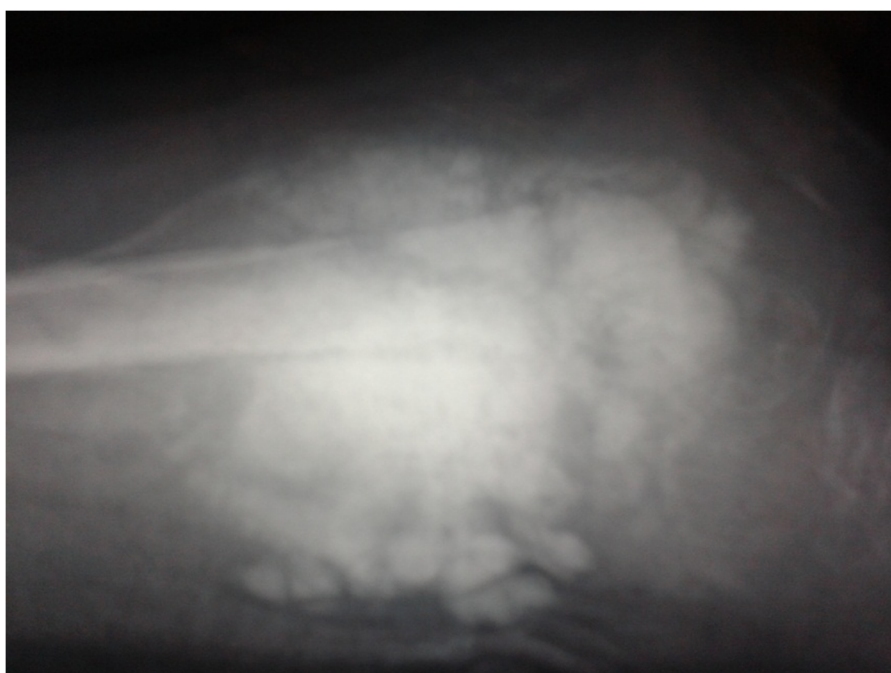
Actuellement, avec l'avènement des nouvelles techniques de reconstruction prothétique, les traitements « radicaux » par amputation sont devenus rares et ne représentent plus que 10 % du traitement chirurgical. Les indications principales d'amputation restent actuellement limitées aux cas de sauvegarde d'axes vasculaire et nerveux impossible ou en cas d'atteinte cutanée extensive[19,20]

En cas de récurrence locale, le traitement est chirurgical parfois par amputation, les métastases osseuses sont de très mauvais pronostic [21].

On peut également avoir recours à l'amputation dans certaines formes particulières comme l'ostéosarcome de surface intéressant 4 à 10% de l'ensemble des ostéosarcomes.



**Figure7 : ostéosarcome de la hanche chez une fille de 12 ans**



**Figure 8: ostéosarcome du fémur distal chez un garçon de 10 ans**



**Figure 9: Ostéosarcome de fémur chez une adolescente de 13 ans.**

## **2. La tumeur d'Ewing [22-28]:**

La tumeur d'Ewing (TE) est une tumeur essentiellement osseuse correspondant à la forme indifférenciée des tumeurs neurectodermiques primitives périphériques. Elle touche préférentiellement les enfants ou les adolescents, et est rare chez l'adulte après 30 ans, c'est la seconde tumeur osseuse maligne la plus fréquente derrière l'ostéosarcome [22]. Son incidence est de deux à trois nouveaux cas par an et par million d'enfants de moins de 15 ans en France avec un pic entre 10 et 20 ans. La TE est six fois plus fréquente chez les enfants de race blanche par rapport à ceux de race noire [23].

Le sarcome d'Ewing décrit par James Ewing en 1921 est une tumeur osseuse primitive maligne, de différenciation neurectodermique, caractérisée par une prolifération de petites cellules rondes. Elle présente une translocation caractéristique impliquant le plus souvent le gène *EWS* porté

par le chromosome 22, et le gène *FLI-1* porté par le chromosome 11. Elle peut atteindre tous les os du squelette, les tissus mous, le système nerveux central, et la peau. Dans les formes osseuses, il s'agit d'une lésion lytique, avec un envahissement parfois majeur des parties molles. En l'absence de traitement, l'évolution est habituellement rapidement fatale, avec apparition de métastases à distance, pulmonaires ou osseuses[24].

Sur le plan Clinique : Tous les os de l'organisme peuvent être atteints mais le squelette du membre inférieur, y compris l'os iliaque, est le plus atteint, représentant environ 60 % des atteintes. Certains os plats (côtes, bassin) et le rachis sont également fréquemment touchés[25]. La TE est révélée dans 95 % des cas par une douleur permanente ou intermittente, localisée à la zone tumorale ou projetée associée à une masse des parties molles. Le caractère non spécifique de la douleur conduit, dans 20 % des cas, à la rattacher à un traumatisme antérieur. La douleur, souvent améliorée par le repos au début, est trompeuse et peut exister depuis plusieurs semaines ou mois.

La stratégie thérapeutique locale dépend de l'évaluation locorégionale. L'IRM est l'examen de choix pour analyser l'extension locale d'une tumeur osseuse[26]. La planification de l'intervention chirurgicale définira le niveau de résection osseuse selon l'étendue de la maladie et l'existence ou non d'une atteinte articulaire.

Grâce aux progrès de la chimiothérapie, la chirurgie est de nos jours le traitement local de référence du sarcome d'Ewing. Actuellement, il est admis que la chirurgie doit être conservatrice et doit répondre aux impératifs de la chirurgie carcinologique, car le pronostic de la maladie est plus général que local et parce que la chirurgie conservatrice donne habituellement de

meilleurs résultats fonctionnels que l'amputation[27]. Les rares indications d'amputation concernent certaines localisations des extrémités distales, et les tumeurs des très jeunes enfants du fait des séquelles prévisibles des traitements locaux et des meilleurs résultats attendus de l'amputation et surtout des plasties de retournement dans ce groupe de patients[28] . Les tumeurs impossibles à réséquer du fait des séquelles fonctionnelles prévisibles ou des raisons carcinologiques sont généralement des indications d'irradiation.



**Figure 10 : sarcome d'Ewing osseux extériorisé chez un enfant de 8 ans**



**Figure 11 : Sarcome d'Ewing du radius chez un adolescent de 15ans**

### **3. Particularités de sarcomes développés après irradiation chez l'enfant [29-32] :**

La radiothérapie est rarement utilisée pour le traitement des tumeurs survenant chez l'enfant. Cependant, elle n'est pas toujours évitable. Le risque de sarcome secondaire devient important avec l'amélioration du pronostic et de la survie. Il faut souligner que la chimiothérapie aggrave ce risque, particulièrement s'il s'agit d'alkylants[29]. Cette augmentation du risque a aussi été retrouvée par de Vathaire et al : Le risque de sarcome secondaire est de 21,4 après une association de radiochimiothérapie contre 4,4 et 2 après radiothérapie ou chimiothérapie seules[30]. L'ostéosarcome est la tumeur secondaire le plus fréquemment retrouvée dans les 20 ans qui suivent un traitement pour cancer chez l'enfant[31]. Dans l'étude de Koshy et al. Rapportant 109 cas, parmi les tumeurs primaires traitées, les tumeurs d'Ewing sont les plus représentées, suivies par des rhabdomyosarcomes, des rétinoblastomes et des maladies de Hodgkin[32].

#### **4. Rhabdomyosarcomes et autres sarcomes des tissus mous [33-38] :**

Le Rhabdomyosarcome est une tumeur maligne des tissus mous, qui se développe à partir de cellules musculaires striées.

Il s'agit de la tumeur mésoenchymateuse maligne la plus fréquente chez l'enfant et l'adolescent. Elle constitue la moitié des tumeurs des tissus mous chez les enfants aux USA, avec 20% des cas se produisant au niveau des extrémités. Le taux de survie a été nettement amélioré lors des dernières décennies, particulièrement grâce aux études effectuées par IRSG (Intergroup Rhabdomyosarcoma Study) et COG (Soft Tissue Sarcoma Committee of the Children's Oncology Group) aux USA et dans les pays européens[33,34]. Le but de ces études est d'améliorer le taux de survie des enfants atteints de RMS tout en diminuant les morbidités et mortalités liées aux traitements.

Sur le plan clinique : les symptômes associés aux RMS sont très variables, selon la localisation de la tumeur. Les tumeurs qui se développent dans les jambes ou les bras font généralement partie des types de RMS les plus agressifs. Ces tumeurs peuvent passer de la taille d'une pique de moustique ou d'une petite bille à la taille d'une balle de baseball en seulement quelques semaines. Ces tumeurs sont généralement dures au toucher mais rarement douloureuses sauf en cas de compression d'un nerf adjacent[35]. Ces tumeurs sont plus susceptibles d'atteindre les ganglions adjacents. Les enfants atteints d'un RMS à la main ou au bras ont souvent des ganglions de l'aisselle et ceux atteints d'un RMS au pied ou au mollet ont les ganglions de l'aîne.

Le but du traitement chirurgical du RMS repose essentiellement sur une exérèse large avec des marges histologiques saines de manière circonférentielle [36,37]. C'est la marge minimale qui compte. Le caractère large de la chirurgie ne préjuge pas du type d'intervention mais de l'étude anatomopathologique des marges chirurgicales.

L'amputation ou désarticulation peut être indiquée en cas de récurrence proximale de sarcome[38], ou devant l'impossibilité d'une chirurgie conservatrice du membre.

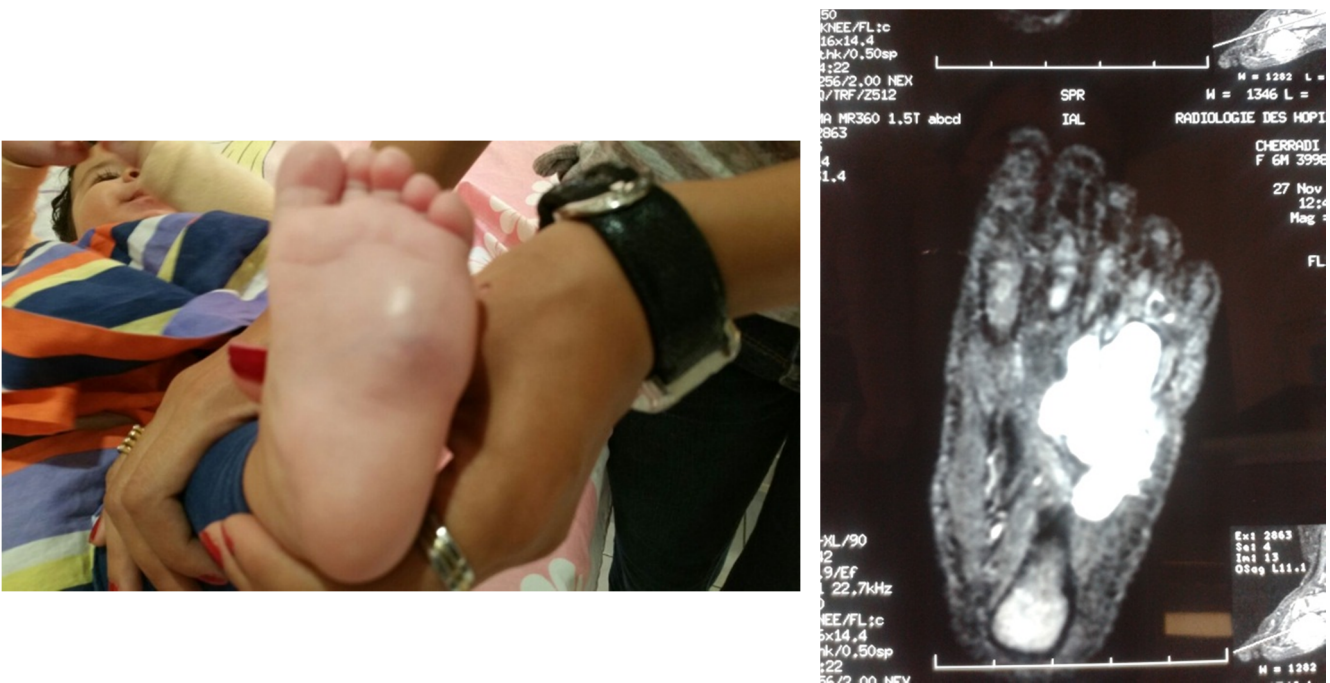


Figure 12: Fibrosarcome de la plante du pied chez un nourrisson de 4 mois

### **C. Pathologies infectieuses [1, 39,40] :**

Les pathologies infectieuses dont le purpura fulminans est la forme la plus grave, parfois mortelle. Le pronostic vital est mis en jeu et la prise en charge est urgente avec un risque d'amputation important. Dans la gangrène gazeuse, l'amputation est un acte de sauvetage. En cas d'infection, le niveau d'amputation est à définir précisément afin d'avoir une section en zone saine et de garder un moignon assez long. Le risque de récurrence septique locale est piège à éviter, lorsque le niveau d'amputation est limite sans respecter une marge de sécurité satisfaisante vis-à-vis du foyer septique initial.

Dans le cadre de gangrène gazeuse, il faut distinguer trois types d'infection :

- Infection due au « clostridial myonecrosis » : il se développe dans les 24h de fermeture des plaies profondes contaminées. La symptomatologie clinique est marquée par l'apparition d'une douleur aiguë, l'enflure et la toxémie sont souvent associées. On note une décoloration en bronze de la plaie avec une odeur nauséabonde. Le traitement repose sur le débridement immédiat et radical des tissus impliqués avec l'administration intraveineuse de fortes doses de pénicilline et oxygénothérapie hyperbare.

L'amputation ouverte d'urgence des compartiments concernés est souvent nécessaire en tant que mesure de sauvetage, mais peut être évitée si un traitement précoce et adéquat est entrepris.

- Infection due au « streptococcal myonecrosis » : Le début n'est pas aussi rapide, en 3 à 4 jours, avec l'apparition d'un gonflement peu sévère, mais la douleur est généralement modérée, des décharges seropurulentes abondantes peuvent être vues.

Le traitement repose également sur le débridement des tissus impliqués et de fortes doses de pénicilline intraveineuse.

- Infection du au « anaerobic cellulitis » : apparaissent habituellement après quelque jours de la fermeture d'une plaie contaminée. L'emphysème sous-cutané peut se propager rapidement, bien que la douleur, l'enflure et la toxémie sont minimales, la production de gaz est peu abondante avec la présence d'une odeur nauséabonde.

- L'amputation peut être également indiquée dans certaines infections chroniques comme l'ostéomyélite chronique, les ulcères trophiques résistants ou pseudarthroses infectées[1].

- Lors de la méningococcémie systémique grave, causée essentiellement par trois espèces pathogènes : *Neisseria Meningitidis* (méningocoque), *Haemophilus Influenzae*, et *Streptococcus Pneumoniae* (Pneumocoque), la contamination se fait par voie aérienne après une infection locale, respiratoire ou ORL. Les bactéries se retrouvent dans la circulation sanguine et franchissent la barrière hémato-méningée. Sur le plan clinique, elle associe un rash purpurique rapidement évolutif, une instabilité hémodynamique progressant vers un choc décompensé, ou coma. La gravité de l'instabilité hémodynamique combinée à la coagulation intra-vasculaire-disséminée peut conduire à un syndrome de défaillance multiviscérale, incluant l'insuffisance rénale, l'encéphalopathie hypoxique et ischémique, la nécrose musculaire et cutanée, et la gangrène des extrémités nécessitant parfois le recours à l'amputation.

- La prise en charge doit être rapide, associant un remplissage vasculaire et une antibiothérapie appropriée à base de céftriaxone (100mg/kg toutes les 12h pendant 10j) et de vancomycine (15mg/kg toutes les 6h), pour éviter le risque de complications et de mortalité [39, 40].



**Figure13 : A et B : purpura fulminans avec nécrose bilatérale des pieds et mains ; C.moignon d'amputation de la main gauche et les doigts de la main droite après 3 ans ; D.prothèse bilatérale du membre inferieur[41].**

#### **D. Pathologie malformative [42]:**

Les malformations congénitales graves des membres regroupent :

- L'ectromélie longitudinale externe ou aplasie du péroné, associant une brièveté fémorale et tibiale, l'absence du ligament croisé antérieur, l'absence du péroné et l'absence du rayon externe du pied.
- L'ectromélie longitudinale interne ou aplasie du tibia sans conservation de l'articulation du genou ; ou hypoplasie tibiale avec existence d'une instabilité du genou, sont des indications à l'amputation.
- Les Anomalies du fémur, avec une hypoplasie de tout le fémur associé à une hypoplasie acétabulaire et des ligaments croisés.

Toutes ces anomalies ne sont pas synonymes d'amputation. Celle-ci est réservée aux formes très sévères avec un pronostic d'inégalité dépassant les 20-25 cm ou avec des hypoplasies sévères des extrémités. L'amputation peut être proposée d'emblée au bas âge ; suivie d'un appareillage précoce permettant un bon développement du schéma psychomoteur de l'enfant, ou tardivement après échec des traitements conservateurs.




**Figure 14 : Ectromélie longitudinale externe associée à une hypoplasie fémorale.**



**Figure 15 : Ectromélie longitudinale interne associée à une hypoplasie fémorale et agénésie du 1er rayon du pied.**



**Figure 16 : Ectromélie longitudinale interne bilatérale.**



*Préparation du geste  
d'amputation*

## **1. Annonce du diagnostic et préparation psychologique:[43-44]**

La phase d'annonce du diagnostic chez l'enfant et les parents occupe une place importante dans la prise en charge thérapeutique. Elle doit être réalisée dans des conditions d'accompagnement empathique, tout en renforçant les situations d'attachements entre l'enfant et ses parents, dans le but d'éviter tout déséquilibre psychologique ou émotionnel.

L'équipe médicale doit restaurer une relation de confiance réciproque avec l'enfant et ses parents pour le bon déroulement des soins, et doit proposer de manière presque systématique à tous les nouveaux patients et leurs proches, la possibilité d'un soutien psychologique.

Le psychologue référent de l'enfant peut ensuite collaborer avec ses collègues pour organiser et aménager le soutien de l'enfant malade et de ses proches ; il est également souhaitable de disposer d'un(e) psychomotricien(ne) évaluant le retentissement de la maladie et des traitements sur le développement psychomoteur de l'enfant.

La mission principale des psychologues est l'accompagnement et le soutien émotionnel de l'enfant durant toutes les étapes de la maladie, depuis l'annonce du diagnostic jusqu'à la guérison. Ils sont donc, attentifs à la poursuite et au bon développement de la maturation affective, cognitive et psychomotrice de l'enfant.

L'accompagnement psychologique de l'enfant malade et ses proches (parents et frères) est indispensable, et doit être proposée pendant mais également à distance de la maladie.

Les troubles psychopathologiques constitués (anxiété, Dépression, troubles du comportement) sont relativement rares si l'équipe pluridisciplinaire est attentive à prévenir et limiter les facteurs de risque de survenue de ceux-ci (effets secondaires somatiques, douleurs insuffisamment soulagées, séparations enfant-parents, problèmes de communication, d'alliance et de confiance entre soignants, parents, enfant ou adolescent).

Néanmoins, les éprouvés corporels douloureux, les émotions pénibles (tristesse, inquiétude, colère, solitude) et la détresse psychique sont fréquents et doivent être accompagnés par les psychologues et pédopsychiatres.

## **2. Consultation pré anesthésique :**

C'est une consultation spécialisée. L'anesthésiste-réanimateur s'adresse à la fois à l'enfant et à ses parents et doit donc fournir des informations adaptées à ces deux niveaux de compréhension. Le support du recueil des informations est le dossier médicochirurgical du patient, étayé par le carnet de santé.

### **2.1. Interrogatoire du patient et des parents[45] :**

Il s'adresse d'abord à l'enfant qui peut fournir différents niveaux d'information en fonction de son âge et de sa maturité, puis aux parents. En premier lieu doivent être précisés le diagnostic, la nature du geste prévu et les antécédents. Les modes de vie sont intéressants à préciser d'autant plus que l'enfant est grand. L'activité sportive et la scolarisation sont des renseignements faciles à obtenir alors que les conduites addictives sont plus

difficiles à préciser. Le tabagisme passif peut être noté.

L'état nutritionnel et trophique doit être évalué, au minimum en mesurant poids et taille, et sur la courbe statur pondérale. Une cassure de cette courbe doit alerter : soit elle est la conséquence d'une affection grave, soit elle était inconnue et dans ce cas un avis spécialisé est nécessaire avant de précipiter une intervention non urgente, a fortiori une intervention lourde hautement catabolique. Des mesures nutritionnelles préventives sont parfois souhaitables avant la chirurgie : soit un régime hypercalorique et hyperprotidique, soit un régime pauvre en fibres afin de faciliter la reprise du transit en postopératoire surtout dans les résections péri-pelviennes [45].

## **2.2. Examen clinique [46-48]:**

Il est réalisé classiquement appareil par appareil, notamment cardiorespiratoire, avec une attention toute particulière pour les voies aériennes supérieures (VAS).

La fréquence cardiaque et la pression artérielle sont mesurées et interprétées en fonction des valeurs normales pour l'âge. En cas de difficultés d'obtention de ces paramètres de base, il faudra répéter les mesures en préopératoire immédiat.

L'examen des VAS recherche une hypertrophie amygdalienne, des mobilités et des vacuités dentaires, la présence d'appareils dentaires et leur caractère amovible ou non. L'élément le plus important à déterminer est la perméabilité des VAS de l'enfant.

Le risque de complications respiratoires est majoré lors d'une infection des VAS (IVAS).

Les complications respiratoires décrites sont essentiellement le laryngospasme, le bronchospasme et la désaturation artérielle en oxygène[46]. Elles surviennent 2 à 7 fois plus souvent chez les enfants atteints d'IVAS que chez les enfants sains[47].

L'ouverture buccale, la mobilité rachidienne, la distance thyromentale mais surtout des critères de dysmorphie craniofaciale doivent être soigneusement recherchés[48]. L'évolution au cours de la croissance de certains syndromes peut aggraver les conditions d'intubation (par exemple : syndrome de Goldenhar), ou au contraire les améliorer (par exemple : syndrome de Pierre-Robin). La principale différence vis-à-vis de l'adulte est que l'intubation difficile est exceptionnellement imprévisible chez l'enfant. La principale inquiétude est évidemment la situation de ventilation difficile, voire impossible, car elle compromet l'oxygénation du patient et est encore plus dramatique chez l'enfant du fait de ses faibles réserves en oxygène.

L'examen cardiorespiratoire et la mesure des paramètres physiologiques à ce niveau sont d'autant plus importants que le candidat à l'amputation est cancéreux avec des éventuelles métastases pulmonaires.

### **3. Bilan préopératoire[45] :**

Ce bilan fait appel à :

L'exploration cardiovasculaire : une radiographie thoracique est indiquée en cas de toux, ou de suspicion d'un foyer pulmonaire. L'ECG n'est justifié qu'en cas de pathologie cardiovasculaire connue (arythmies, cardiopathie congénitale), ou d'une affection à risque cardiovasculaire (drépanocytose). Une

échocardiographie, des épreuves fonctionnelles respiratoires(EFR) peuvent être justifiées selon le contexte clinique.

Le bilan biologique : comprend une mesure du taux d'hémoglobine qui est nécessaire en cas de chirurgie hémorragique.

L'exploration de la coagulation par une numération plaquettaire et un temps de céphaline activateur (TCA) est systématique avant l'âge de la marche, ou lorsque l'interrogatoire et/ou l'examen clinique font suspecter une anomalie de l'hémostase. En revanche, l'intérêt du dosage du taux de prothrombine (TP) est très discuté dans ce contexte.

Une détermination du groupe sanguin et une recherche d'agglutinines irrégulières (RAI) doivent être demandées pour toute chirurgie potentiellement hémorragique.

La demande de sang dans le cadre d'une amputation n'est pas systématique, sauf en cas d'anémie préalable.

L'ionogramme sanguin est nécessaire en cas de pathologie néphrologique, digestive, métabolique ou de prise médicamenteuse pouvant perturber l'équilibre ionique et acido-basique.

Le monitoring de la glycémie préopératoire doit se limiter aux nouveau-nés, a fortiori aux enfants prématurés, aux enfants en nutrition parentérale continue, aux patients diabétiques ou sous corticothérapie à fortes doses[45].

#### 4. Visite pré anesthésique [49]:

La visite pré anesthésique est également une étape obligatoire de la prise en charge. Un ensemble d'informations ayant été délivré lors de la consultation d'anesthésie, le patient et ses parents ont le temps de réfléchir, pendant l'intervalle entre la consultation et la visite pré anesthésique, aux alternatives possibles pour les techniques d'anesthésie et/ou d'analgésie. De plus, le projet chirurgical a pu évoluer depuis la consultation et les résultats des examens complémentaires réalisés dans l'intervalle peuvent également modifier les choix. Il convient donc à ce moment proche de la chirurgie de préciser au patient, à ses parents mais aussi à l'équipe les modalités d'anesthésie qui vont être retenues.

Cette visite pré anesthésique sert aussi à réexaminer un enfant sujet aux infections fréquentes des VAS par exemple, afin de préciser au plus près de la chirurgie le rapport bénéfice/risque de l'anesthésie et de la chirurgie.

Jeune préopératoire : Le respect d'une période de jeûne préopératoire est motivé par le risque d'inhalation du contenu gastrique lors de l'induction anesthésique. Chez l'enfant, la durée de jeûne doit être écourtée en raison de la tolérance métabolique mais surtout comportementale[49].

Prémédication : La prémédication a pour but de réduire l'anxiété préopératoire du patient. Or, les sources de cette anxiété sont très variées et inégales selon les classes d'âge de l'enfant. Il peut s'agir d'une angoisse et/ou d'une peur de la séparation des parents, des aiguilles, d'une atteinte à l'intégrité corporelle, d'un réveil peropératoire ou de l'absence de réveil postopératoire.



*Le geste chirurgical et  
les types d'amputation*

[50,51]

Le geste d'amputation n'est plus seulement le résultat d'une cause traumatique ou d'un échec réel ou perçu de conservation du membre, mais est considérée comme une option viable et un traitement raisonnable pour les extrémités largement blessées, ou en cas de pathologie vasculaire ou infectieuse se compliquant de nécrose ou d'ischémie sévère[50].

Bien que la majorité des techniques d'amputation pour adultes sont utilisées chez l'enfant, il est nécessaire d'intégrer la future croissance du moignon, variable selon la localisation. L'objectif est d'obtenir une cicatrisation rapide et un appareillage bien adapté pour l'enfant.

Krajbich a résumé les grands principes d'amputation chez l'enfant :

- préserver le membre ;
- préserver le cartilage de croissance ;
- privilégier la désarticulation à l'amputation transosseuse ;
- préserver l'articulation du genou autant que possible ;
- stabiliser et normaliser la partie proximale du membre, et prendre en compte l'état général et les autres déficiences de l'enfant[51].

### **A. Amputations des membres supérieurs [52-57]:**

Les amputations du membre supérieur sont des interventions rares grâce aux progrès des techniques de revascularisation et de reconstruction mais aussi pour des raisons épidémiologiques.

Les données épidémiologiques concernant les amputations des membres supérieurs sont rares et souvent partielles, à l'inverse des amputations du membre inférieur qui font l'objet de nombreuses études.

Les amputés des membres supérieurs représentent 14%[52,53] de la population des amputés, soit une incidence de 0,026<sup>0</sup>/<sub>00</sub> avec une diminution annuelle de 0,001<sup>0</sup>/<sub>00</sub> qui a été observée, alors que le taux d'amputation global à tendance à augmenter. Cette évolution s'explique par l'étiologie qui diffère dans les deux cas.

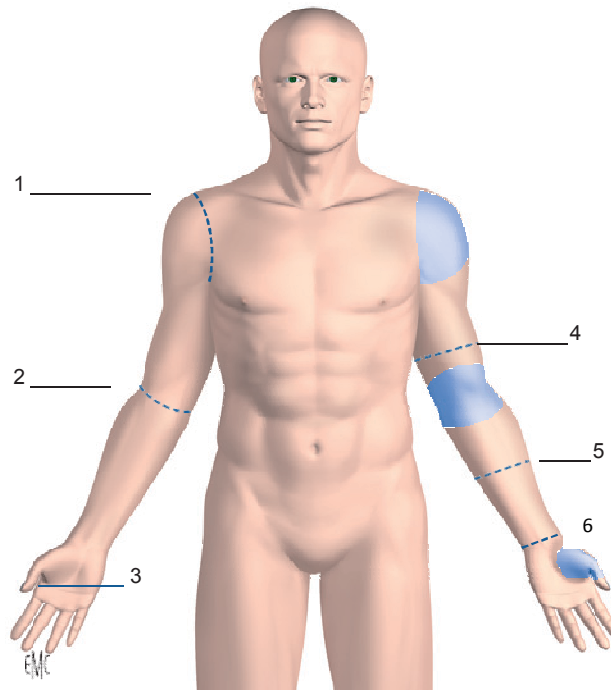
La principale cause d'amputation du membre supérieur est traumatique, représentant 69% environ des sujets amputés[54,55]

L'amputation n'est envisagée qu'en cas d'impossibilité de conservation du segment de membre. Une revascularisation préalable est nécessaire en cas de lésion artérielle et/ou veineuse. Une réimplantation du segment du membre est tentée, quand les conditions le permettent. L'amputation n'est alors effectuée que secondairement en cas d'échec des gestes de sauvetage[56,57].

### **1. Principes généraux [58-60] :**

La définition du niveau d'amputation est l'élément principal car il permet d'anticiper la rééducation et l'appareillage (figure 17) .

Le choix du niveau d'amputation dépend de la pathologie causale.



**Figure 17 : Niveau d'amputation des membres supérieurs.**

1. Désarticulation de l'épaule
2. Désarticulation du coude ;
3. Amputation transmétacarpienne;
4. Amputation transhumérale;
5. Amputation transradiale;
6. Désarticulation du poignet. En bleu : zones fonctionnellement plus importantes à préserver[51]

La chirurgie d'amputation du membre supérieur est similaire chez l'enfant à celle de l'adulte et est basée sur un nombre d'objectifs à respecter :

La préservation de la longueur fonctionnelle et la conservation des articulations adjacentes permettant à la personne amputée de devenir plus apte à positionner l'extrémité terminale ou un dispositif prothétique dans l'espace, ce qui permet un meilleur résultat fonctionnel [58-60].

La préservation des névromes symptomatiques, la réduction de la morbidité et préconiser un montage prothétique précoce et adéquat.

## **2. Anesthésie et installation[51] :**

Mises à part les désarticulations d'épaule, l'installation est classique : en décubitus dorsal, bras en supination, le membre posé sur une table à bras.

En règle générale, l'utilisation d'un garrot à la racine du membre est évitée pour les amputations d'indication vasculaire.

Toutes les anesthésies peuvent être employées dans le cadre des amputations de membre, mais l'anesthésie générale est souvent préférée pour le confort du patient.

Dans certains cas, l'anesthésie locorégionale est envisagée surtout chez les patients fragiles en l'absence de contre-indication, représentée par le sepsis avec un risque de dissémination de l'infection. Le bloc axillaire est la procédure la plus utilisée en anesthésie locorégionale pour les niveaux distaux d'amputation de membre supérieure avec un faible risque de complication. Le bloc interscalénique est choisi pour une anesthésie à un niveau plus proximal de membre, mais avec un risque de complication représentée par le syndrome de Claude-Bernard-Horner et la parésie diaphragmatique. D'autres blocs peuvent être utilisés comme le bloc huméral pour l'avant-bras. La recherche échoguidée des espaces de diffusion péri nerveuses permet une meilleure efficacité tout en minimisant le risque de complication[61].

Une antibioprofylaxie péropératoire est administrée systématiquement à type de céphalosporine de 1<sup>er</sup> génération.<sup>[51]</sup>

### 3. Protocole opératoire classique :

Une attention particulière est attribuée aux détails de la manipulation en douceur des tissus mous, permettant la création d'un moignon d'amputation bien cicatrisé et hautement fonctionnel[1,62].

Le geste d'amputation passe par plusieurs étapes :

#### Temps cutané :

L'incision cutanée la plus fréquente dans les amputations du membre supérieur est une incision en bivalve, antérieure et postérieure de même longueur, réalisant une gueule de requin. Son avantage est de permettre une fermeture sans tension du moignon.

Pour certains niveaux d'amputation, il est préférable de réaliser un lambeau plus long que l'autre afin de déporter la cicatrice en dehors des zones de frottement[51].

#### Temps musculaire :

Les muscles sont sectionnés obliquement de la superficie vers la profondeur et de l'extrémité distale du lambeau cutané vers la zone de section osseuse.

Les volets musculaires et cutanés du lambeau doivent être maintenus épais pour assurer une bonne couverture de l'extrémité du moignon[51].

L'emplacement de la cicatrice est rarement important, mais elle ne devrait pas adhérer à l'os sous-jacent, car elle peut créer des problèmes dans le montage prothétique et peut entraîner une réduction de la fonction[1].

Les muscles sont généralement sectionnés au moins 5 cm en aval de la résection osseuse prévue. Ils peuvent être stabilisés par myodése correspondant à la suture du muscle ou du tendon à un os, ou par myoplastie correspondant à la suture des groupes musculaires antagonistes directement les uns sur les autres[1,62].

Jaegers et al, ont montré que la myodése permet une fixation solide et une insertion plus forte des muscles et aide à maximiser la force et minimiser l'atrophie après 2 ans de recul[1].

La myodése est contre indiquée en cas d'ischémie sévère en raison du risque accru de rupture de la plaie[1].

#### Temps vasculo-nerveux [1,50,51] :

Le paquet vasculo-nerveux est rapidement repéré. Les principaux vaisseaux sanguins doivent être isolés, disséqués et ligaturés à la hauteur prévue de la section osseuse, les gros axes vasculaires doivent être doublement ligaturés, le garrot doit être dégonflé avant la fermeture de la plaie, et l'hémostase minutieuse doit être obtenue.

Les nerfs sont disséqués le plus proximale possible. Ils sont ensuite sectionnés dans une zone éloignée des points d'appui et de frottement afin de minimiser le risque de formation de névromes douloureux. Il faut éviter toute manœuvre de forte tension sur le nerf, sinon le moignon d'amputation peut être douloureux, même après la guérison. Les grands nerfs tels que le nerf sciatique doit être ligaturé.

La préservation de la longueur supplémentaire du nerf, tous en empêchant l'exposition plus distale de névromes, peut préserver la capacité

future à exécuter une réinnervation ciblée, qui permet d'améliorer le contrôle des prothèses myoélectriques. Une infiltration des moignons nerveux à la ropivacaine (naropéine) permet de limiter les douleurs postopératoires [1, 50,51].

Temps osseux [1,51]:

La section osseuse est décalée de 2 à 3 cm au-dessus du plan de section musculoaponévrotique. Le déperiostage excessif est contre-indiqué car il peut entraîner des excroissances osseuses. Cette notion est d'autant plus intense qu'il s'agit d'un enfant.

Le périoste est incisé au bistouri au niveau de la zone de section osseuse. Celle-ci est libérée à la rugine. L'ostéotomie est réalisée à la scie oscillante. Les extrémités osseuses sont arrondies à l'aide d'une râpe pour éviter les angles de pointes saillants qui pourraient blesser le moignon de l'intérieur, ce qui est particulièrement important pour certaines localisations tels que : la styloïde radiale[1,51].

Fermeture [50-51]: les hémostases sont vérifiées après levée d'un éventuel garrot. Un lavage abondant de la zone d'amputation au sérum est effectué pour éliminer les débris osseux.

La fermeture peut être réalisée par deux techniques chirurgicales : soit la myodése qui correspond à l'attachement des unités musculo-tendineuses directement à l'os, ce qui permet une construction plus stable sur l'extrémité de l'os distal. Ceci est typiquement réalisé en suturant les muscles, les tendons ou les deux à l'extrémité de l'os, habituellement dans des tunnels de forage ou au moins au périoste.

Et la myoplastie par suture des muscles fléchisseurs et extenseurs comme par exemple dans les amputations transradiale et transhumérale, mais cette technique permet des constructions moins stables[50].

Le moignon est drainé par un drain aspiratif type Redon si la plaie est propre, ou par des lames de Delbet si la plaie est contaminée. Les différents plan sous-cutané et cutané sont fermés par des points séparés, mais en cas de risque septique majeur, le moignon est laissé ouvert ou semi-fermé en laissant de larges espaces entre les points cutanés[51].

#### **4. Particularités des techniques opératoires selon le niveau d'amputation :**

Les différents niveaux d'amputation seront étudiés de distal en proximal.

##### **4.1. Amputation des doigts [51]:**

Temps cutané: en urgence, il faut être extrêmement conservateur et préserver une longueur maximale au doigt lésé, surtout en cas d'amputation pluri digitale. Il faut préserver une sensibilité correcte de l'extrémité du moignon, sinon il n'est pas utilisé. Son maintien est possible grâce à la peau palmaire qui est plus sensible que la peau dorsale. Deux valves cutanées sont réalisées le plus distalement possible. La valve palmaire est plus longue que la valve dorsale pour créer une néo pulpe à l'extrémité du moignon et décaler la suture[51].

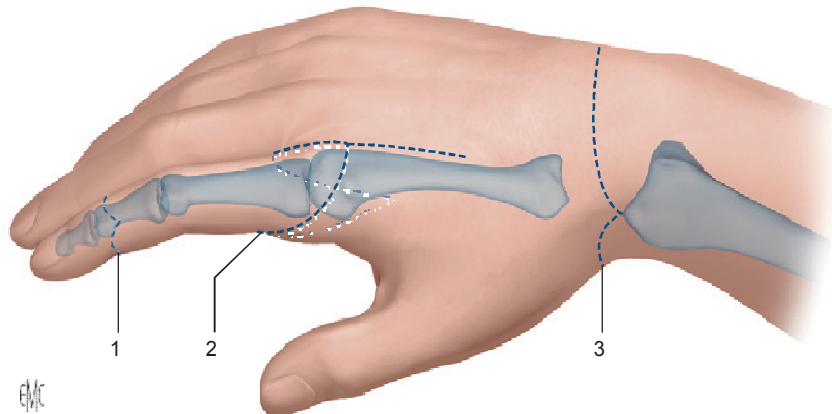
Temps vasculo-nerveux : les artères et veines digitales sont liées en veillant à la bonne vascularisation des lambeaux, les nerfs digitaux sont disséqués et sectionnés en amont de l'incision cutanée, à distance des zones de compression.

Temps tendineux : l'insertion distale des fléchisseurs est respectée quand elle est présente pour permettre une mobilité active du moignon. Sinon les tendons sont sectionnés en proximal après avoir exercé une traction sur leur extrémité distale.

Il ne faut pas suturer ensemble les fléchisseurs et les extenseurs sous peine d'avoir un moignon en flectum, non fonctionnel, avec souvent un risque de syndrome de quadrige correspondant à une perte de flexion des doigts et une faiblesse de la préhension.

Temps osteoarticulaire : en cas de désarticulation, il est conseillé de préserver le cartilage. Cela facilite le glissement des tissus et donne de meilleurs résultats. Les condyles latéraux doivent être réséqués pour obtenir une extrémité distale régulière et arrondie.

Niveaux : Les niveaux d'amputation des doigts, quelle que soit la lésion, doivent préserver un segment de phalange même court, plutôt que de faire une désarticulation à travers l'articulation sous-jacente. En effet, la perte de mobilité de l'interphalangienne proximale ou distale liée à une amputation de la base de phalange est largement compensée par la longueur qu'elle permet de conserver au moignon d'amputation et d'une importance fonctionnelle[51].



**Figure 18 : incision pour les amputations de doigt, de rayon et désarticulation de poignet.1.amputation de phalange ; 2.amputation de rayon ; 3.désarticulation de poignet[51].**

#### **4.2. La technique d'amputation en fonction du rayon amputé [51]:**

Son principe est basé sur une incision cutanée dite en raquette qui est réalisée par une incision longitudinale sur la face dorsale le long du métacarpien, associée à une incision circonférentielle à la base du doigt pour garder assez de tissu de couverture et éviter les rétractions. Les tissus mous sont sectionnés jusqu'à l'os selon les principes précédemment décrits. Le périoste est incisé et la section osseuse réalisée au niveau du métacarpien selon l'indication.

Deuxième rayon : l'index est le doigt le plus utilisé après le pouce pour assurer la pince pouce-index. Si la longueur est insuffisante, la pince se fait avec le majeur. Donc l'amputation de deuxième rayon est indiquée en cas d'un moignon d'index trop court gênant la pince pouce-majeur.

Troisième et quatrième rayons : une amputation métacarpo-phalangienne du 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> doigt affaiblit la prise polydigitale en augmentant l'espace entre les doigts restants. Une correction secondaire est possible avec une amputation de rayon permettant la préhension des petits objets.

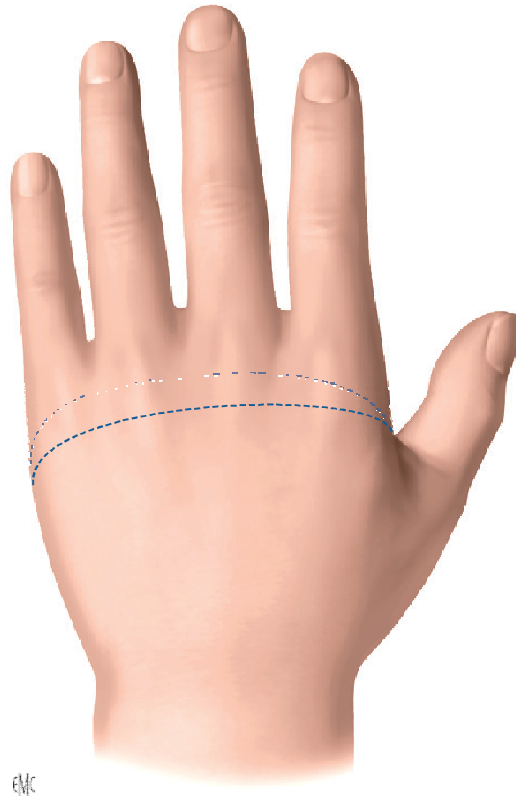
Cinquième rayon : indiqué en cas de perte de substance majeure sur traumatisme ou nécrose.

Amputation du pouce :

Une amputation du pouce ou du premier rayon est responsable d'un handicap majeur. Il faut préserver un maximum de longueur pour permettre l'opposition et la préhension, même en absence de mobilité active. Des Gestes de reconstruction par lambeau peuvent permettre de conserver la longueur et la sensibilité distale du moignon pour plus de fonctionnalité[51].

**4.3. Amputation transmétacarpienne [51]:**

Ce niveau d'amputation est rarement pratiqué. Si le pouce est respecté, ce qui est le plus fréquent, il faut conserver un maximum de longueur des métacarpiens pour avoir un plan d'opposition. L'incision cutanée ménage un long lambeau palmaire et un court lambeau dorsal avec un rapport 2/1. Les fléchisseurs et les extenseurs des doigts sont sectionnés plus proximalelement que le plan de coupe osseux. Les tendons moteurs du carpe doivent être respectés pour permettre la flexion–extension du poignet. Si le pouce n'est pas conservé, il faut préférer une désarticulation du poignet qui est plus facilement appareillable[51][ figure 19).



**Figure 19 : Amputation transmétacarpienne avec conservation du Pouce[51]**

#### **4.4. Désarticulation du poignet [51,63-67] :**

Les avantages de l'amputation au niveau du poignet sont représentés par : la préservation de la rotation complète de l'avant-bras lorsque l'articulation radio-ulnaire distale est préservée, la grande surface du radius distal permettra le roulement du poids grâce à l'extrémité terminale, et constitue une meilleure plate-forme pour le montage prothétique grâce à la longueur résiduelle fonctionnelle[63]. Une amputation à ce niveau permet de conserver la pro supination par préservation de l'articulation radio-ulnaire.

L'incision cutanée dessine un lambeau antérieur et un lambeau dorsal de 1,5cm au-dessous des styloïdes radiales et ulnaire. Il faut pratiquer l'ablation complète du carpe. Les styloïdes sont arrondies. Le complexe triangulaire et l'articulation radio-ulnaire inférieure sont respectés, permettant la prosupination[51,64].

Dans l'amputation de la main, les niveaux proximaux devraient être découragés, pour permettre une préservation de la fonction préhensile de base. Cependant, une pincée terminale plus stable peut être prévue avec la préservation du pouce et au moins deux doigts supplémentaires[65].

Dans les amputations de deuxième, troisième et quatrième rayons, trois zones sont précieuses, et doivent être respectées, et recouvertes par procédé plastique si nécessaire. Ce sont : -La base de la phalangette, qui supporte le reste de la matrice unguéale et permet la conservation de l'insertion des tendons fléchisseurs et extenseurs assurant l'utilisation quasi normale du moignon, à l'inverse d'une désarticulation qui est à proscrire.

-La première phalange, qui permet d'assurer la physiologie de la main par respect des commissures dont l'intégrité est nécessaire pour empêcher la rétraction de la cicatrice qui attire les doigts sains et la conservation de la surface d'appui palmaire, à l'inverse d'une désarticulation des doigts ou la résection de la tête métacarpienne qui altérerait profondément la surface d'appui.

-La base des métacarpiens, car elles donnent insertions aux muscles du poignet. Une désarticulation du 5<sup>e</sup> métacarpien par exemple supprime l'action des muscles cubital antérieur et postérieur et met le poignet en déviation radiale irréductible[66]. L'amputation des doigts peut s'associer à des séquelles, tel

que le syndrome du quadrigé, décrit par Verdan, qui se voit surtout au cours des amputations du 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> doigt, correspondant à une perte de flexion des doigts restants[66], et le problème du moignon douloureux, qui reste rare chez l'enfant.

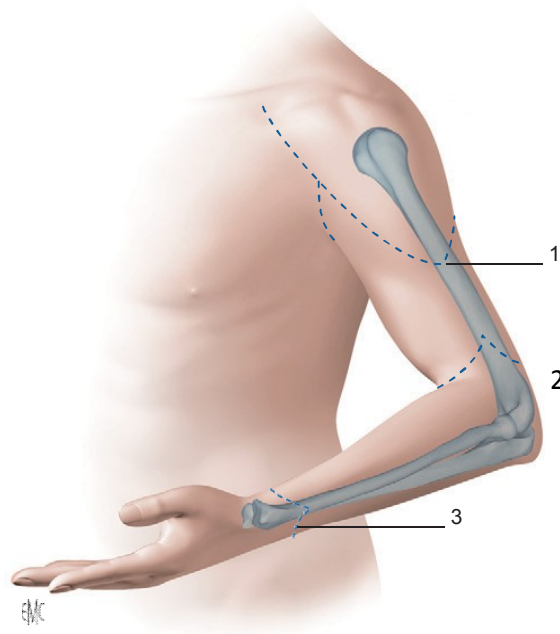
L'amputation transmétacarpienne présente une considération spéciale car les techniques de reconstruction permettant le pincement, ne sont pas possibles à ce niveau. Donc, une désarticulation du poignet ou une amputation transradiale est préférable, permettant une plus grande fonctionnalité prothétique, surtout si l'articulation radiocarpienne est préservée. L'avantage de ce niveau est la branche longue qui permet l'utilisation fonctionnelle des tâches rudimentaires ou pour aider un membre controlatéral normal.

L'inconvénient perçu, est la difficulté d'appareillage à ce niveau[65]. Selon une enquête menée par Tooms en 1972, avant l'introduction des prothèses modernes de poignet, il a été indiqué une préférence pour les amputations transradiales distales plutôt que la désarticulation du poignet[67]. Au niveau de la désarticulation du poignet, il faut préserver l'articulation radio ulnaire et les ligaments triangulaires pour assurer une pronation et supination stable et utiliser la peau palmaire épaisse de la main pour la couverture distale[64], mais aussi, il est essentiel d'effectuer une myodèse des tendons fléchisseurs et extenseurs pour maintenir la tension dans les muscles qui fourniront la fonction myoélectrique nécessaire à la prothèse.

#### **4.5. Amputation transradiale [51,68-77]:**

L'amputation transradiale est la plus commune[68]. Elle correspond à une amputation pratiquée au-dessous du coude qui doit conserver un maximum de longueur à l'avant-bras. Si possible, au moins les 2/3 de l'avant-bras doivent

être maintenus. L'amputation au tiers distal permet une prosupination modérée alors qu'au tiers proximal, seul le mouvement de flexion–extension est possible. De plus, la flexion–extension dépend de la longueur de l'avant-bras: « plus long est le moignon, meilleur est l'amplitude de mouvement ». Si une amputation très proximale s'impose, la conservation de la tubérosité bicipitale du radius permet d'assurer la flexion active du coude. Mais si cela n'est pas possible, il faut veiller à conserver au moins 4 cm d'ulna pour permettre l'appareillage. Le geste suit le protocole classique, avec confection d'une myoplastie en vue d'un appareillage par une prothèse myoélectriques [51](figure 20).



**Figure 20[51] : Incision pour les amputations transradiale(3), transhumérale(2), et désarticulation d'épaule(1).**

L'amputation transradiale représente le niveau d'amputation associé à un taux élevé d'acceptation prothétique au niveau de l'extrémité supérieure, estimé entre 80% à 94%, suivi de l'amputation transhumérale avec un taux d'acceptation de la prothèse estimé entre 43% à 83% [69,70]. Il représente également une possibilité pour la transplantation de la main, ainsi que la technologie de reinnervation ciblée.

Le maintien d'une longueur résiduelle du cubitus d'au moins 5cm est nécessaire pour permettre le montage prothétique du coude. Cependant, si le niveau d'amputation intéresse le tiers proximal de l'avant-bras, le transfert du biceps distal au tendon proximal de l'ulna doit être envisagé [71]. La douleur du membre fantôme, est une complication fréquente, rapporté chez 30% à 79% des patients. La plupart des auteurs ayant déclaré plus de 50% de prévalence [72-76]. Elle est causée essentiellement par les névromes, d'où la nécessité d'une douce traction proximale à la ligne d'incision, ou une exposition minutieuse des nerfs en utilisant la technique d'enterrement du nerf dans le muscle [77].

#### **4.6. Désarticulation du coude [51,71]:**

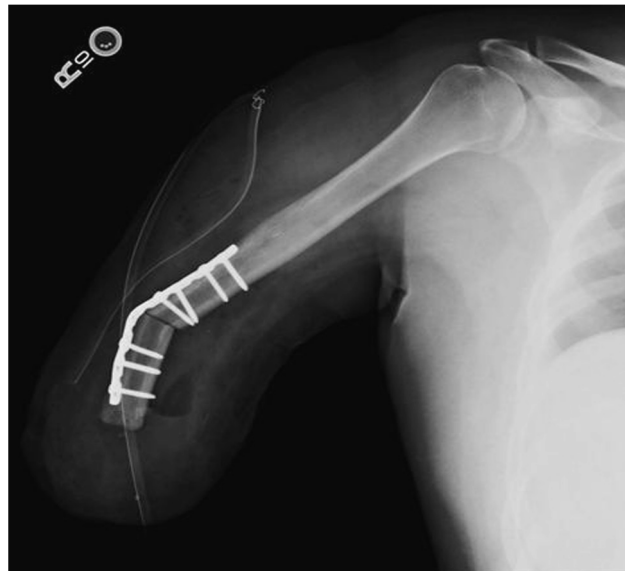
Quand l'articulation du coude doit être sacrifiée, une désarticulation du coude est préférable à une amputation plus proximale. En effet, ce niveau permet d'accrocher une prothèse sans être obligé de prendre l'épaule. L'incision cutanée forme deux lambeaux de même longueur, débutant au niveau des épicondyles jusqu'à 3 cm sous la pointe de l'olécrane en arrière et en dessous de l'insertion du biceps en avant. Le reste de l'intervention suit alors le protocole opératoire général [51].

A ce niveau proximal d'amputation, le chirurgien doit examiner toutes les options de reconstruction, y compris le transfert de tissu, pour préserver une amputation à ce niveau.

L'amputation transradiale est préférable à une désarticulation du coude, en raison des avantages prothétiques et mécaniques de ce niveau, mais aussi le taux élevé d'acceptation prothétique [71].

#### **4.7. Amputation transhumérale [59, 64,78-79]:**

L'amputation de bras ne pose pas de problème particulier. Il faut conserver un maximum de longueur, appliquer la technique générale d'amputation, et réaliser si possible une myoplastie. Une amputation au-dessus de l'insertion du grand pectoral ne permet aucun mouvement actif du moignon, mais la préservation de la tête humérale donne un meilleur aspect esthétique qu'une désarticulation d'épaule et améliore la stabilité des prothèses[59].



**Figure21 : ostéotomie en flexion de l'humérus distal pour améliorer la suspension d'une prothèse[58].**

Au niveau de l'amputation transhumérale distale, le maintien d'une fusée à l'humérus distale avec le centre de rotation placé latéralement par rapport à l'axe de l'humérus permet une meilleure suspension et un meilleur contrôle de rotation de la prothèse par rapport à d'autres niveaux d'amputation proximaux. L'inconvénient majeur de ce niveau est l'aspect esthétique d'inégalité de la longueur distale de l'articulation avec la prothèse du coude par rapport au coude controlatéral[64]. Des ostéotomies de raccourcissement de l'humérus peuvent être envisagées pour améliorer le résultat esthétique, mais cela est rarement indiqué.

Les greffes de peau mince sont généralement bien tolérées à ce niveau d'amputation, et l'utilisation d'un substitut dermique avant la dernière greffe de peau améliore la durabilité de l'interface cutanée[78]. La gestion nerveuse appropriée reste critique et repose sur l'identification des nerfs : médian, radial, cubital, antébrachial cutanée médial et latéral, avec la réalisation d'une légère traction proximale à la myodèse qui limitera le développement des névromes douloureux. Si les condyles distaux de l'humérus ne sont pas préservés, le niveau idéal pour l'amputation est environ 4 à 5 cm au-dessus de l'articulation du coude. Mais le contrôle de rotation est diminué par rapport à la désarticulation du coude. Une ostéotomie d'angulation antérieure, décrite par Marquardt en 1972, peut être réalisée à l'humérus distal pour permettre une rotation stable de la prothèse[79].

#### **4.8. Désarticulation de l'épaule :**

Les indications de la désarticulation d'épaule sont de moins en moins fréquentes, mais cette intervention reste nécessaire dans certains cas. Il faut tenter de conserver la tête humérale et le galbe deltoïdien afin d'améliorer

l'aspect cosmétique du moignon et faciliter l'appareillage[59]. Au niveau de l'amputation transhumérale proximale, le maintien de la longueur est important. La plus part des auteurs recommandent la conservation d'au moins 5 à 7 cm de longueur de l'articulation scapulo-humérale pour préserver une fonction raisonnable à ce niveau proximal. Cependant le montage prothétique est difficile[58].

L'incision cutanée débute au bord inférieur de la clavicule, puis se dirige dans le sillon deltopectoral formant une raquette distale allant de la pointe antérieure du V deltoïdien, en contournant le bras jusqu'au creux axillaire. La dissection s'effectue dans l'espace deltopectoral. La veine céphalique est repérée puis sectionnée entre deux ligatures. Les muscles grand pectoral et deltoïde sont libérés à leur insertion humérale puis réclinés respectivement en dedans et en dehors. Le muscle coracobrachial est sectionné au niveau de son insertion coracoïdienne puis reséqué. Le paquet vasculo-nerveux est alors exposé sans difficultés. La dissection du pédicule est poursuivie jusqu'à l'émergence des artères circonflexes afin de conserver les vaisseaux circonflexes ainsi que le nerf axillaire qui chemine à la face inférieure du deltoïde. Toute lésion de ces éléments entraînant une atrophie du deltoïde et des difficultés d'appareillage.

Les nerfs radial, médian, cubital et musculocutané sont sectionnés en proximal après avoir été infiltrés avec de la ropivacaïne. L'artère et la veine axillaires sont ligaturées séparément puis sectionnées. L'intervention se poursuit par la section de tous les autres muscles, facilitée par la rotation interne pour les muscles de la coiffe des rotateurs, muscle petit rond, infra- et supra épineux, et par la rotation externe pour le muscle subscapulaire. Une

désarticulation « vraie » est réalisée avec ouverture d'avant en arrière de la capsule articulaire, permettant de désolidariser le membre. Si la tête humérale peut être conservée, l'humérus est libéré à la rugine, puis sectionné au niveau du col chirurgical à la scie oscillante. La fermeture est réalisée en recouvrant l'humérus par suture des chefs du triceps et du biceps entre eux. Le muscle grand pectoral est fixé à l'extrémité latérale de l'humérus et le muscle deltoïde à l'aisselle [51, 58,80].



**Figure 22 : Amputation transhumérale proximale avec dislocation de la tête humérale, l'arthrodèse peut être effectué pour prévenir les douleurs de subluxation.**

[58]

Pour l'amputation transhumérale proximale, la plupart des sources recommandent le maintien de la longueur avec la préservation d'au moins 5 à 7 cm de longueur de l'articulation scapulo-humérale pour préserver une fonction raisonnable. Cependant, les taux de rejet de prothèse à ce niveau sont élevés[58]. La préservation de la tête humérale permettra d'améliorer le résultat cosmétique et peut aider à la transmission de la force. À moins que la stabilisation par myodèse peut être réalisée avec des muscles disponibles, la traction sans opposition des muscles de la coiffe des rotateurs peut provoquer une contracture en abduction douloureuse ou défigurante ou une subluxation. Par conséquent, l'arthrodèse scapulo-humérale peut être recommander [63,64,80].



**Figure 23 : désarticulation de l'épaule chez un adolescent de 15 ans (sarcome d'Ewing).**

## **B. Amputation du membre inférieur :**

### **1. principes généraux[81,82] :**

Dans les amputations du membre inférieur chez l'enfant, la préservation de la longueur est cruciale, car 75% de la croissance fémorale est distale.

Toute amputation transfémorale va aboutir à une aggravation du raccourcissement, tandis qu'une amputation transtibiale préserve la plaque de croissance et risque d'aboutir à une hyper croissance du moignon tibial, donc des raccourcissements ultérieurs du moignon sont souvent nécessaires jusqu'à la fin de croissance.

Une autre complication évolutive qui peut apparaître chez l'enfant au niveau du fémur et du tibia correspond à l'effilement des extrémités qui vont perforer progressivement les parties molles. Pour éviter ces complications, la solution idéale est la synostose fibulo-tibiale ou l'ostéomyoplastie [81].

En cas d'absence de la fibula, d'autres techniques seront envisagées : une greffe osseuse large avec risque de résorption, ou une greffe de la fibula inversée avec la diaphyse fibulaire qui se trouve dans le canal médullaire et la tête du péroné en distal, permettant l'obtention d'un moignon osseux arrondi (stump capping procedur) [82].

Il faut prendre en considération qu'il y a toujours un risque de reprise chirurgicale, en particulier liée aux troubles de la croissance, ce dont les parents doivent être prévenus.

### **2. Les différents types d'amputation et désarticulations des membres inférieurs :**

Plusieurs niveaux d'amputation seront étudiés du distal au proximal

## 2.1. Amputation des orteils et de rayons[62,83]:

Elles peuvent se faire sous anesthésie locale ou locorégionale par bloc de pied, blocs crural et sciatique, ou sous anesthésie générale[83].

La perte d'un ou de plusieurs des quatre derniers orteils n'a pas de conséquence importante pour la statique du pied, tandis que l'amputation du gros orteil et la 1<sup>er</sup> tête métatarsienne modifie notablement la marche normale.

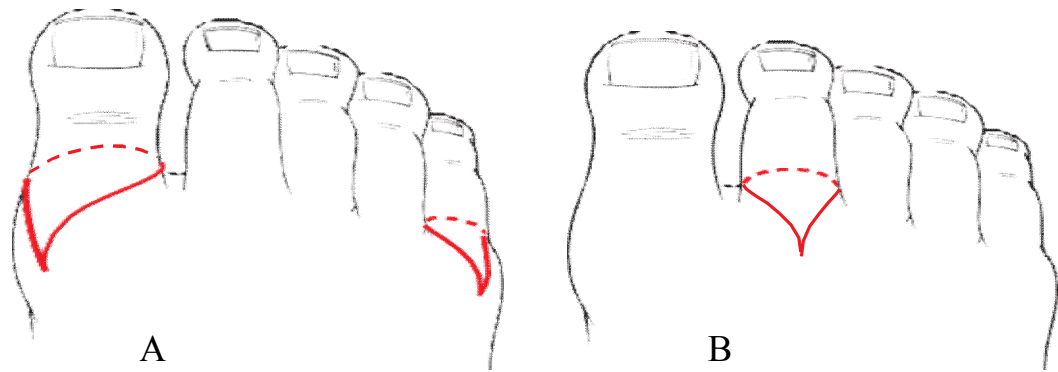
Si les 4<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 2<sup>e</sup> orteils doivent être amputés, certains chirurgiens recommandent l'amputation des cinq rayons, plutôt que l'isolement du 1<sup>e</sup> rayon, ce qui n'aura pas de conséquence fonctionnelle, mais évite les difficultés de chaussage[62,83].

Quel que soit l'orteil, l'incision est faite en bivalve antérieure et postérieure, ou latéral interne et externe au niveau de la première ou la deuxième phalange.

Après section des tendons, l'os est libéré sur 5 à 10 mm et sectionné à la pince de Liston. Le plan aponévrotique est fermé par deux à trois points et la peau est suturée par un ou deux points non ischémiant.

Pour l'amputation de rayons constitué par un orteil et une partie de son métatarsien, l'incision est prolongée sur le dos du pied en regard du métatarsien pour les quatre derniers orteils, et au niveau du bord interne du 1<sup>er</sup> métatarsien pour le premier orteil.

Les sections métatarsiennes se font à la scie pneumatique avec une petite lame, 10 à 15 mm au-dessous de l'extrémité de l'incision cutanée. Au niveau du 1<sup>er</sup> orteil, la tête du métatarsien est un point d'appui qu'il faut préserver[83].



**Figure 24 : A. L'incision de raquette pour l'amputation du 1er et 5ème orteil ; B. l'incision de raquette pour l'amputation du 2ème ,3ème et 4ème orteils[62].**

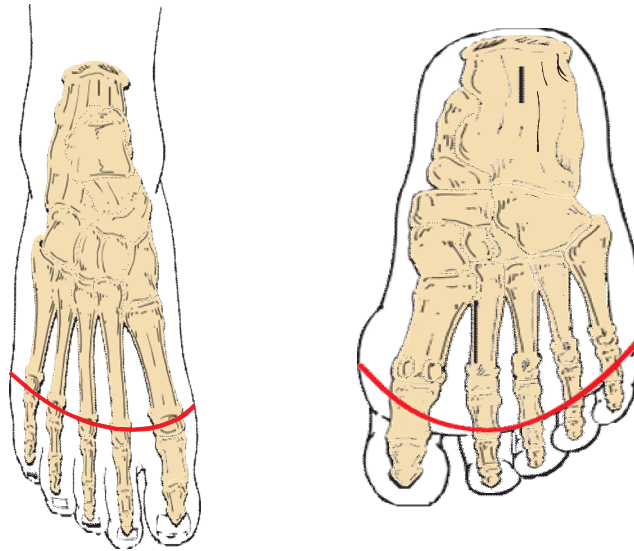
L'amputation du 1<sup>er</sup> rayon est généralement évitée, car elle est responsable de la perte du tendon long fléchisseur de l'hallux, conduisant à une instabilité biomécanique, où une déformation en équin. Un hallux valgus se développe couramment suivant une amputation isolée du deuxième rayon, donc une amputation complète du deuxième rayon est souvent préférable, car elle réduit l'angle entre le premier et troisième métacarpien.

L'amputation du 1<sup>er</sup> rayon s'associe à un risque d'ulcération récurrente qui a été rapporté chez 60% des patients[62], donc les chirurgiens orthopédistes, recommandent une amputation transmétatarsienne formelle des cinq rayons, plutôt que l'isolement du 1<sup>er</sup> rayon[62], avec une nécessité de révision ou de réamputation qui a été rapportée chez 20% à 40% des patients[62]. Il n'existe pas de consensus permettant le choix entre l'amputation du 1<sup>er</sup> rayon et l'amputation transmétatarsienne complète. Le choix est basé sur le patient et les préférences du chirurgien.

## **2.2. Amputations transmétatarsiennes [62,83]**

Elles permettent de préserver la fonction du pied en préservant la cheville et en gardant les bases des métatarsiens qui maintiennent la voûte plantaire.

L'incision du dos du pied est transversale à deux travers de doigt de la base des orteils. Elle s'arrête en regard des têtes des 1<sup>er</sup> et 5<sup>e</sup> métatarsiens. Elle est prolongée sur la plante du pied pour former un lambeau plantaire décollé du plan osseux et qui s'arrête en regard de la tête des métatarsiens( figure25)[62 ,83].



Incision dorsale(A)

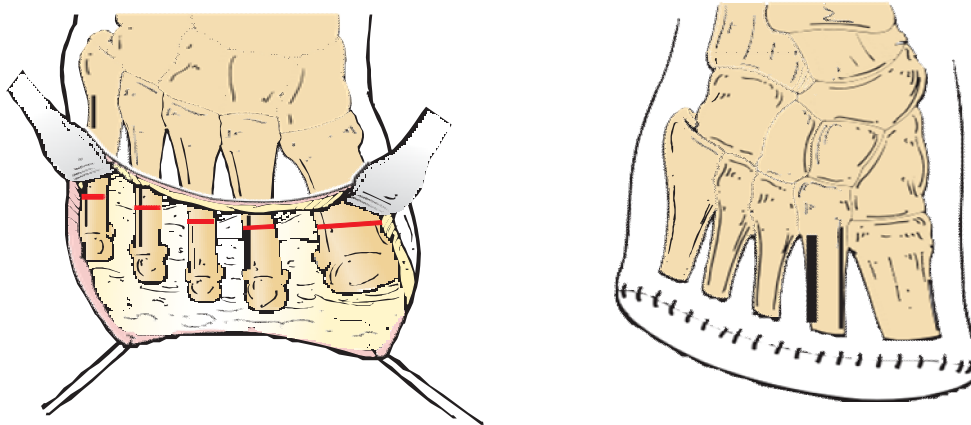
incision plantaire(B)

**Figure 25[62] :A. incision dorsale B.incision plantaire pour le niveau d'amputation transmétatarsienne**

La libération de la tête des métatarsiens, et particulièrement celle du 5<sup>e</sup> métatarsien qui est superficielle, nécessite d'inciser au près du plan osseux. Les métatarsiens sont ruginés puis sectionnés à la scie pneumatique selon une courbe douce de dedans en dehors. Certains chirurgiens préconisent une section orientée de 30° à 45° pour faciliter le décollage pendant la marche[62,83].

Les tendons extenseurs et fléchisseurs sont recoupés après traction. Certains chirurgiens recommandent l'alignement du tendon d'Achille au moment de l'amputation transmétatarsienne[62,83].

L'hémostase est vérifiée en faisant des ligatures appuyées sur les pédicules hémorragiques. Le lambeau plantaire est ensuite rabattu vers le haut après avoir intercalé un drain. Il est fixé par un plan aponévrotique de points séparés. La fermeture cutanée est faite à moignon semi-fermé[62,83].



**Figure 26[62] : niveau de section osseux ; fermeture par des suture en mono filaments**

Le niveau d'amputation transmétatarsienne peut être préférable à l'amputation isolée du 1<sup>er</sup> rayon en raison de l'amélioration mécanique du pied et des taux élevés de guérison et de réadaptation. Elle offre également l'avantage de longueur du membre et la possibilité d'usage normal des chaussures. Mais elle est contre-indiquée en cas de déformation osseuse excessive de l'arrière pied ou, en cas d'infection sévère de l'avant-pied. Dans ce dernier cas, une amputation de guillotine est indiquée[84]. Le risque futur d'ulcère de pied est également réduit par cette technique.

### 2.3. Amputations de l'arrière-pied (Syme, Boyd) :

C'est un niveau d'amputation qui présente une particularité chez l'enfant

Technique : Le patient sous anesthésie est placé en décubitus dorsal, le membre inférieur est préparé en entier, le garrot pneumatique est mis à la racine de la cuisse sans utilisation préalable de la bande d'Esmarch. L'incision antérieure débute à la pointe de la malléole latérale et se dirige en passant devant la Talo-crurale à 1 cm au-dessous de la malléole médiale. L'incision plantaire part des mêmes points de repère et passe au niveau du cuboïde et des cunéiformes.

Ces amputations de l'arrière pied sont effectuées principalement chez les enfants, pour préserver les centres de longueur et de croissance [62].

Cette amputation peut être pratiquée soit selon Syme ou selon Boyd

➤ Amputation selon Syme [62, 79,84]:

L'incision antérieure se prolonge à travers la cheville juste en aval de la pointe de chaque malléole. L'incision postérieure se prolonge à partir de la malléole verticalement vers le bas et à travers la plante du pied. Les tendons des releveurs et du tibial antérieur sont sectionnés sous traction afin de laisser se rétracter (figure 27). L'artère pédieuse est ligaturée et divisée. Le pied est mis en flexion plantaire maximale et la capsule de l'articulation Talo-crurale est ouverte, les ligaments collatéraux latéral et médial de la cheville sont divisés, les tendons du muscle jambier postérieur et fléchisseur de l'hallux sont sectionnés. Durant cette manœuvre, il faut préserver les vaisseaux tibiaux postérieurs. Le dôme talien est saisi par une pince forte et attiré en avant. Au bistouri, la dissection est poursuivie en sous-périosté au niveau du talus postérieur et du

calcanéum. Le tendon calcanéen est sectionné, puis le calcanéum est complètement libéré au niveau de sa face plantaire.

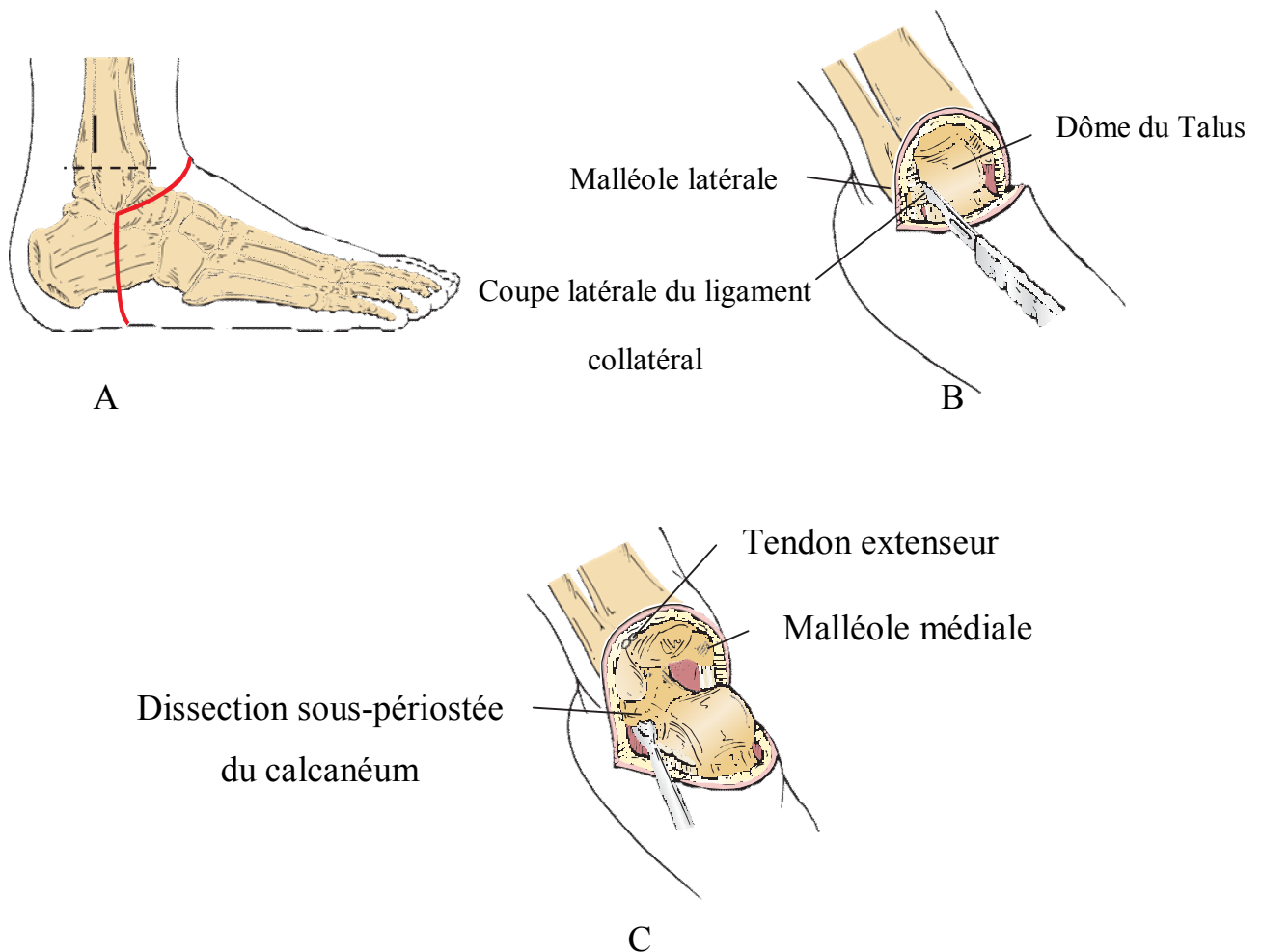
Les tendons plantaires sont sectionnés le plus court possible, le nerf tibial postérieur est ligaturé et sectionné sous traction, Les vaisseaux sont ligaturés séparément au niveau de la section cutanée, afin de préserver la vascularisation du lambeau plantaire.

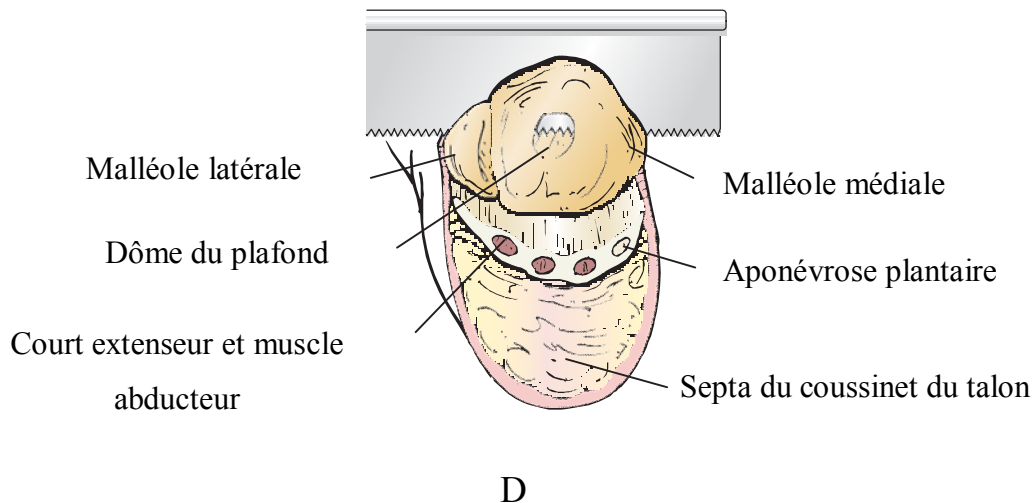
Les malléoles médiale et latérale sont divisées avec une scie au niveau de la surface articulaire du tibia dont la longueur est réduite par excision verticale de l'os, puis arrondies pour que la zone de charge distale soit plate et de plus grande surface possible. Des trous sont percés dans les parties médiale, antérieure, latérale, et distale du tibia et du péroné pour fixer le coussinet du talon directement sous le tibia.

Le panicule graisseux calcanéen est fixé par des point transosseux au niveau de la marge antérieure du tibia dont la plaque de croissance est préservée. Les lambeaux sont ensuite suturés sur un drainage profond de sorte que la cicatrice se trouve sur la face antérieure[79].

L'amputation selon Syme, présente les avantages de transfert direct de charge et de roulement de poids par l'intermédiaire de la surface articulaire distale du tibia, et la rétention du coussinet du talon. Elle permet également la préservation de la longueur du membre en raison de la préservation de la plaque motrice. La résection de l'astragale et le calcanéum fournit une profondeur suffisante pour le montage prothétique. La surface articulaire est retenu pour améliorer l'absorption des chocs avec le roulement du poids, le coussinet du talon est fixé directement sous le tibia pour éviter la migration postérieure du capiton calcanéen exposant le tibia distal à une force excessive[84]. Elle peut

causer également une différence de longueur de la jambe conduisant à des effets secondaires biomécaniques dans les articulations plus proximales ou controlatérales. En outre, la prothèse est généralement volumineuse à la cheville et moins esthétique qu'une prothèse tibiale conventionnelle qui peut être conçue avec un profil proche de la cheville normale. Ainsi, l'amputation selon Syme a sa plus grande utilité chez l'enfant présentant des lésions multiples de l'avant pied par rapport à l'amputation transtibiale[62].





**Figure 27 : Amputation de syms.A, incision cutanée et niveau de section osseuse.B, l'exposition de la cheville et division des ligaments.C, dissection des tissus mous du calcanéum, division du tibia et de la fibula[62].**

➤ Amputation selon Boyd [79]:

Après l'incision antérieure qui se prolonge à travers la cheville juste en aval de la pointe de chaque malléole, l'avant-pied est amputé au niveau des articulations Talo-naviculaire et calcanéocuboidienne. Après la talectomie, la surface cartilagineuse du tibia distal dont on préserve la physe et la partie antérieure et la surface supérieure du calcanéum sont réséquées. Les plans de coupes doivent permettre une adaptation parfaite des surfaces tibiale et calcanéenne ; le calcanéum est mis perpendiculaire à l'axe du tibia.

Les tendons extenseurs sont divisés au niveau de l'incision cutanée. L'artère pédieuse est ligaturé et divisée, les ligaments collatéraux latéral et médial de la cheville sont divisés, les tendons du muscle jambier postérieur et fléchisseur de l'hallux sont sectionnés. Le tendon calcanéen doit souvent être sectionné. Puis le calcanéum est fixé par une ou deux broches de Kirchner lisses

(3 à 4 mm de diamètre) trans-calcanéo tibiales de tel sorte qu'il ne débord pas plus de 1 cm le tibia postérieur.

Le membre inférieur est ensuite stabilisé par un plâtre fendu, puis fermé après disparition de l'œdème, jusqu'à l'ablation des broches à six semaines[79].



**Figure 28 : amputation de Boyd. a. Incisions et lambeaux.b. Fixation du calcanéen au tibia par deux broches .Suture cutanée[85].**

L'amputation selon Boyd peut conduire à un schéma de marche propulsive inefficace causée par la rétention de l'astragale et le calcanéum, qui empêche l'utilisation de la réponse élastique des prothèses dynamiques modernes du pied, et également le raccourcissement du pied et la perte du bras de levier[85,86]. Mais cela peut être évité par la réalisation d'une arthrodèse tibio-talo-calcanéenne ou tibio-calcanéenne avec résection du talus qui permet au patient de récupérer toutes ses possibilités grâce à une prothèse bien adaptée.

#### **2.4. Amputation transtibiale [70, 79, 85,87-90]:**

Ce niveau d'amputation présente également une particularité chez l'enfant.

Dans l'amputation transtibiale, il faut préserver le maximum de longueur pour le moignon du tibia, afin d'assurer un meilleur contact entre le moignon et la prothèse.

Un moignon très court chez le petit enfant est possible mais il faut préserver la ligne de croissance proximale et la tubérosité tibiale antérieure.

Le patient sous anesthésie est placé en décubitus dorsal, le membre inférieur est préparé en entier, le garrot pneumatique mis en place. Une fois le niveau d'amputation est défini, les incisions sont dessinées. Le niveau de section osseuse est marqué transversalement tandis que les lambeaux peuvent être délimités de deux manières :

- Soit la préparation de deux lambeaux, antérieur et postérieur, dont la longueur est égale à 60% du diamètre de la zone de la tranche de section, et qui se rejoignent sur les lignes latérales, mais le principal inconvénient de cette technique est la vulnérabilité des volets antérieurs à l'ischémie.

- Soit par préparation d'un lambeau antérieur de 1 cm et d'un lambeau postérieur d'une longueur de 120% du diamètre de la tranche de section, le lambeau postérieur suit les lignes latérales médiale et latérale (décrite par Burgess et al) [79]. Cette dernière est la plus préférée car elle permet une myoplastie plus efficace.

L'incision cutanée est profonde sans décoller le fascia du tissu sous-cutané, en commençant par le composant transversal et se prolongeant ensuite pour terminer le lambeau postérieur. Le périoste est sectionné en

circonférence, les muscles de la loge antérieure et latérale sont sectionnés en individualisant les vaisseaux qui sont ligaturés et sectionnés sous traction. Les nerfs tibiaux antérieurs et fibulaire superficiels sont liés et fortement divisés pour laisser se rétracter afin d'éviter la formation de névrome douloureux.

Le tibia est sectionné à la scie de Gigli entre 10 et 12 cm de la tubérosité tibiale distale perpendiculairement à l'axe long de l'os, la lèvre antérieure du tibia est biseautée pour éliminer les bords tranchants qui peuvent faire saillie à travers la peau mince. La fibula est sectionnée le plus haut possible, au moins 6 cm au-dessus de la section tibiale.

Pour les amputations très proximales, la fibula est reséquée au niveau du cartilage de croissance, en préservant la tête fibulaire pour stabiliser le genou. La crête antérieure du tibia est arrondie et les bords tranchants adoucis à la râpe.

La partie distale de la jambe est fléchie ; il est alors possible de sectionner les muscles de la loge postérieure. Après section des muscles profonds, les vaisseaux tibiaux postérieurs et fibulaire sont liés et sectionnés au niveau de la section osseuse, le nerf tibial est lié et sectionné le plus haut possible ; il se rétracte dans la musculature. Les muscles superficiels sont sectionnés à la même hauteur que le lambeau cutané postérieur. L'amputation est ainsi complète. Certains chirurgiens préfèrent avancer le volet postérieur de 3 à 4 cm en proximale par rapport à l'ostéotomie tibiale, si le volet postérieur est volumineux pour permettre la fermeture sans tension. Le muscle soléaire peut être excisé au niveau de l'ostéotomie tibiale, en prenant soin de préserver le muscle gastrocnémien et le fascia. Le nerf saphène est identifié dans le tissu sous-cutané au milieu de la patte postérieure et divisé 5 ou 6 cm en amont, au bord de la peau pour empêcher la formation de névrome[87].

L'hémostase est contrôlée quelques minutes après le lâchage du garrot.

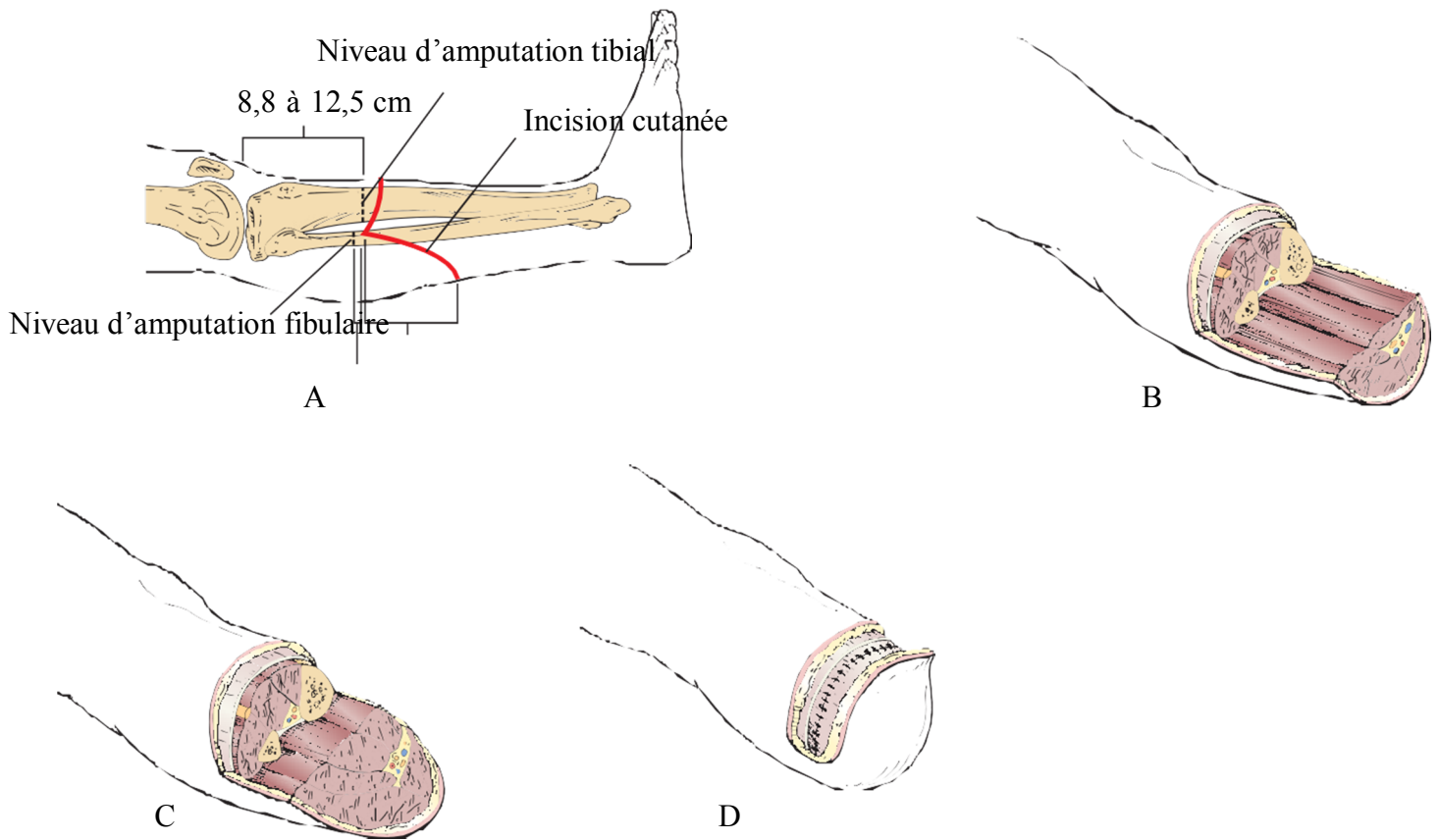
Le risque associé à ce niveau d'amputation chez l'enfant est l'hypercroissance tibiale qui peut être prévenue par l'utilisation d'un bouchon cartilagineux prélevé sur le pied ou d'une myoplastie dont le lambeau est fixé dans la médullaire.

Enfin, la fermeture comporte le manchonnage de l'extrémité du tibia par les lambeaux musculaires, la mise en place d'un drainage profond, le rapprochement doit se faire sans tension, avec des sutures solides du fascia profond, et des points simples pour les plans sous-cutané et cutané.

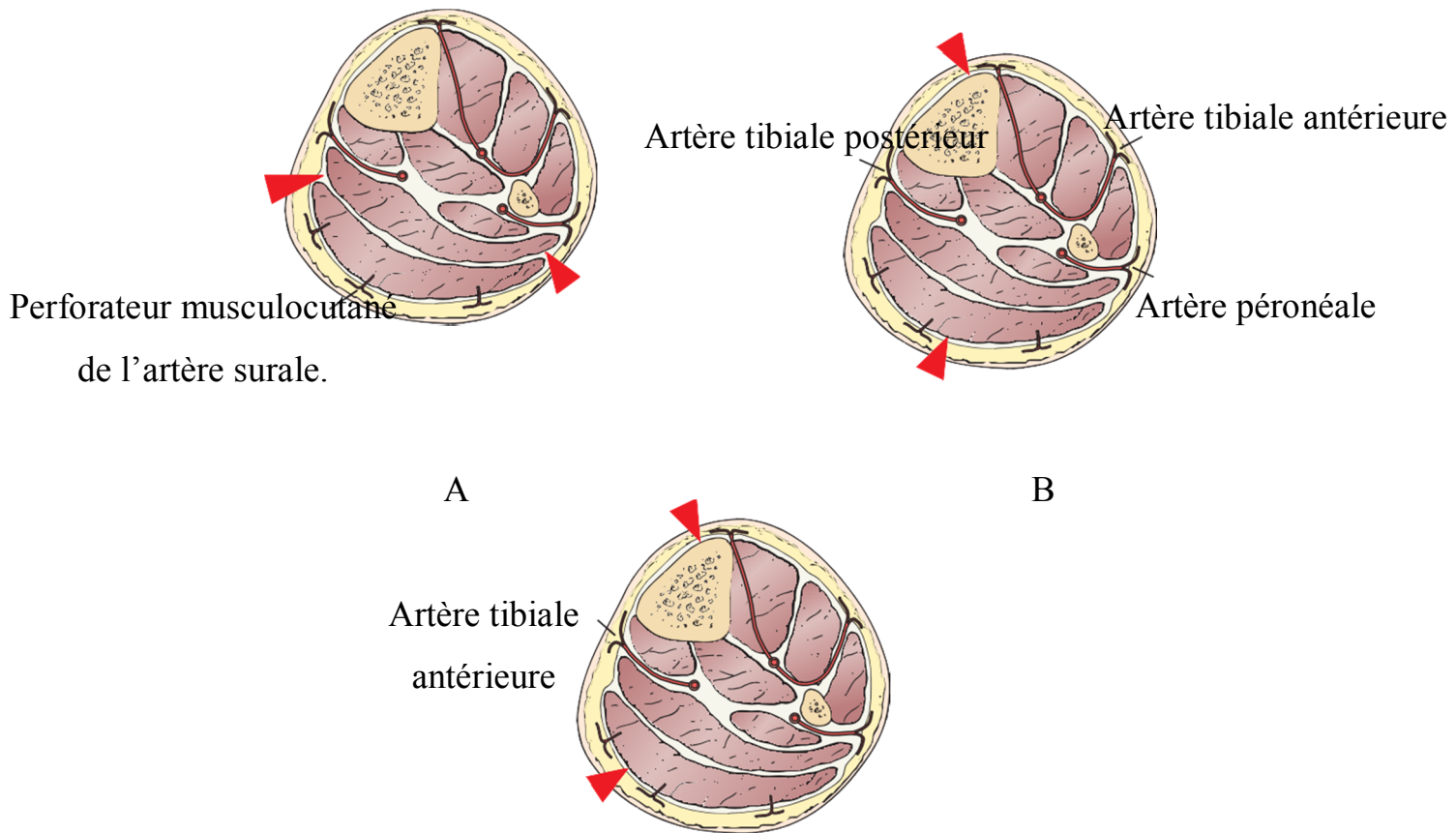
Après l'opération, un pansement légèrement compressif est mis en place, avec la réalisation d'un moulage d'un fut plâtré dès que possible pour une rééducation précoce[79](figure 29).

En cas d'impossibilité de création du lambeau postérieur, les volets sagittaux ou obliques peuvent être utilisés. La technique du volet sagittal décrite par Persson, consiste en l'utilisation de lambeaux musculocutanés latéraux et médiane de même longueur[88](figure 30). Une myoplastie est effectuée pour couvrir le tibia, en suturant les muscles du compartiment antérieur et latéral à la composante médiale des muscles gastrocnémien et soléaire. Dans une étude randomisée comparant les volets sagittaux et postérieurs, on conclue qu'il n'y avait pas de différence significative dans les résultats entre les deux techniques[89].

La technique du volet médial, décrite par Jain et ses collègues, peut être également utilisée en cas d'impossibilité de création du lambeau postérieur[90], elle est basée sur la réalisation d'un long lambeau médial et un volet latéral plus court, avec des résultats satisfaisants.



**Figure 29[62] : Amputation transtibiale .A, l'incision cutanée.B, volets musculaires après section osseuse. C, le muscle soléaire est adapté pour créer un lambeau approprié.D, fascia profond postérieur est suturé au fascia profond antérieur et le périoste.**



**Figure 30 :L'approvisionnement en sang à la peau au niveau de l'amputation transtibiale. L'emplacement des incisions cutanées (indiquer par les flèches rouges).**

**A. Lambeau postérieur, B.lambeau sagittal, C.lambeau médial. [62]**

L'amélioration des résultats fonctionnels lors de l'amputation transtibiale, peut être obtenue par l'utilisation de plusieurs méthodes, tels que : la création d'une synostose entre le tibia et le péroné distal lors de la réalisation d'un pont osseux, connu sous le nom de procédure de Ertl, pratiquée par certains chirurgiens pour assurer le transfert direct de charge, et par conséquent, améliorer le résultat fonctionnel chez les jeunes patients[85], toutefois ce niveau

d'amputation est associé à des taux élevés de réintervention ,de problèmes de plaies qui sont rapportés chez 20% à 30% des patients[62]. Ce niveau d'amputation est également associé à un taux de mortalité postopératoire, qui varie entre 3,6% à 12%, due essentiellement au risque de septicémie, et de pneumonie[62], mais aussi la mortalité après une amputation majeur du membre inferieur, peut être liées à un ensemble de facteurs représenter par : la dialyse ou l'utilisation de stéroïdes, la septicémie préopératoire, la thrombocytemie, les coagulopathies et l'insuffisance pondérale.



**Figure 31 : Moignon d'amputation transtibiale.**

## 2.5. Désarticulation du genou [62, 79,91] :

Elle reste intéressante pour les tumeurs du tibia ou les malformations congénitales.

Après préparation du patient, le dessin des incisions doit être rigoureux. Il faut marquer la circonférence au niveau de la patella, en prendre le diamètre puis dessiner un lambeau antérieur hémi-circonférentiel dont le rayon est égal au diamètre du genou.

Le lambeau postérieur préserve la peau épaisse pré-patellaire comme zone d'appui.

Les lambeaux antérieur et postérieur se rejoignent au niveau des 2/3 postérieurs des faces latérales. La section cutanée va jusqu'à l'aponévrose profonde sans décollement superficiel. Les lambeaux sont levés jusqu'à 3 cm au-dessus de l'interligne articulaire.

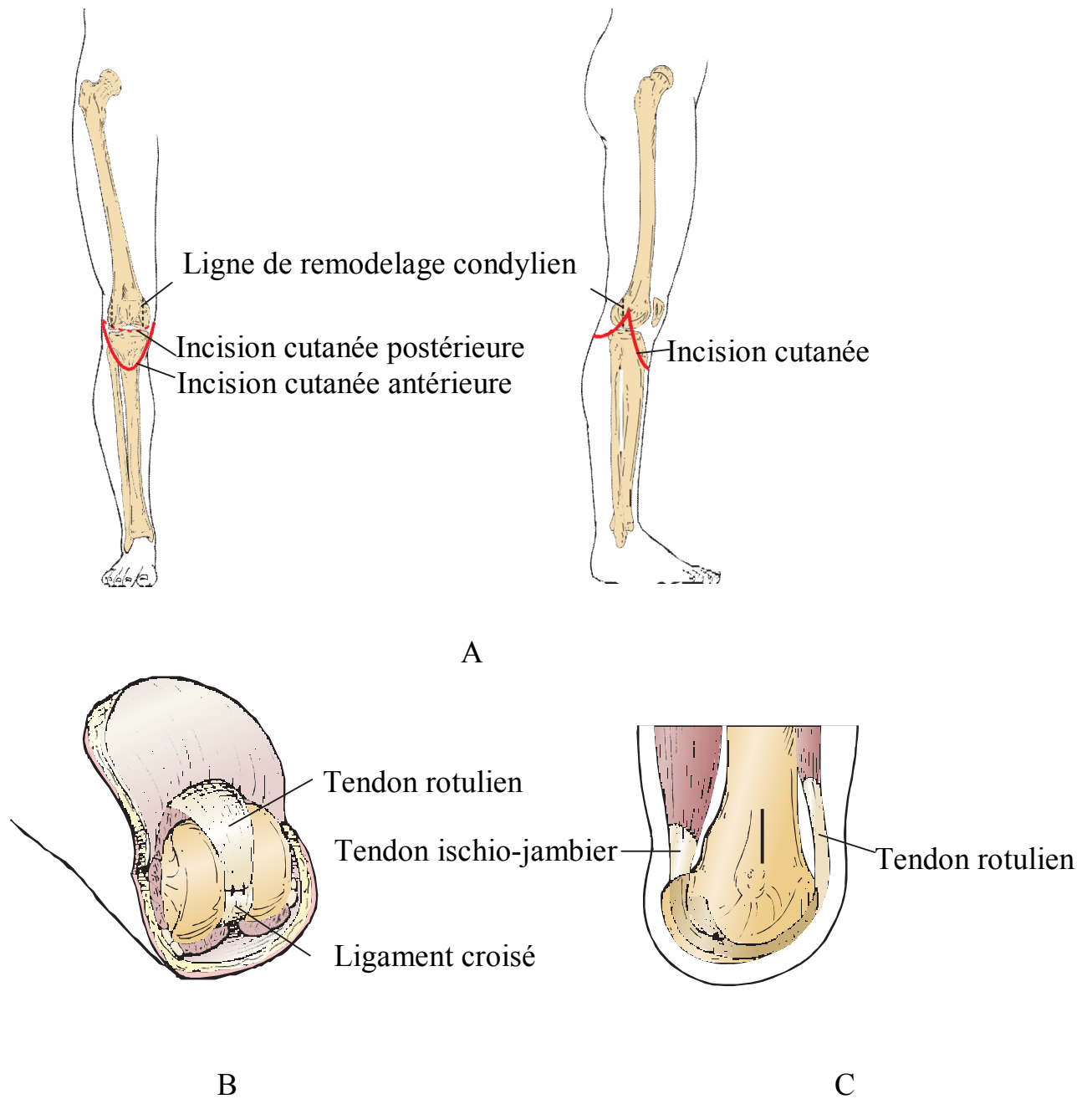
La désinsertion du ligament patellaire est réalisée à son insertion tibiale. Les réticula patellaires médial et latéral sont sectionnés le long de la patella ainsi que le tractus ilio-tibial.

La patte d'oie et le tendon du biceps sont sectionnés distalement et repérés par des fils.

La section capsulaire s'effectue au niveau fémoral. Le patient est alors basculé sur le côté afin d'aborder la face postérieure. La fosse poplitée est disséquée. La ligature et la section vasculaire se font séparément pour l'artère et la veine poplitées au niveau de l'articulation, préservant les artères supéro-latérale et médiale du genou. Le nerf est sectionné le plus haut possible sous traction ; une fois ligaturé il se rétracte dans les parties molles.

Le temps postérieur se termine par la section des gastrocnémiens à leurs insertions fémorales. Puis le patient est mis en décubitus dorsal et l'amputation est complétée par la section des ligaments croisés. Dès l'âge de 8 ans pour la fille et 10 ans chez le garçon, l'épiphysiodèse fémorale distale provoque un raccourcissement qui laissera la place pour une articulation prothétique de genou.

Les tendons de la patte d'oie et du biceps sont fixés sur le croisé antérieur ; ceci est indispensable pour conserver une force d'extension de la hanche. Le ligament patellaire est fixé aux ischio-jambiers avec une tension qui restitue une flexion de hanche de 90°. Les lambeaux cutanés sont ajustés en longueur, l'aponévrose profonde est suturée sur un drainage aspiratif, le tissu sous-cutané et la peau sont fermés par des points séparés. Puis un pansement est mis en place. La première prothèse doit être confectionnée dès le 4<sup>e</sup> jour afin de commencer la rééducation et la mise en charge précoce[79]



**Figure 32 : A, incision en bouche-poisson dans la désarticulation du genou. B et C ; le tendon rotulien est suturé directement au ligament croisé et le tendon des ischio-jambiers[62].**



**Figure 33 : Les repères d'incision cutanée dans la désarticulation du genou.**

Ce niveau d'amputation est recommandé comme alternative à l'amputation transfémorale surtout chez les patients jeunes, avec un potentiel plus élevé de réhabilitation[62]. Car elle permet l'obtention d'un bras de levier plus long, et le roulement de poids assurant de meilleurs résultats fonctionnels. Mais, il est techniquement plus exigeant que l'amputation transfémorale, avec risque de problèmes de plaie, pouvant amener à des niveaux d'amputation plus supérieurs. La rotule peut être conservée ou supprimée. Sa conservation peut améliorer la suspension prothétique, mais son élimination évite le risque d'arthrose fémoro-patellaire symptomatique[91]

Il est également associé à un risque de mortalité postopératoire estimé entre 11,1% à 17,8%, due au risque de complication, surtout la septicémie[62], mais aussi liés à d'autres facteurs de risques préopératoire représentés par : la septicémie préopératoire, les coagulopathies, l'insuffisance cardiaque congestive, la dyspnée et l'insuffisance pondérale.

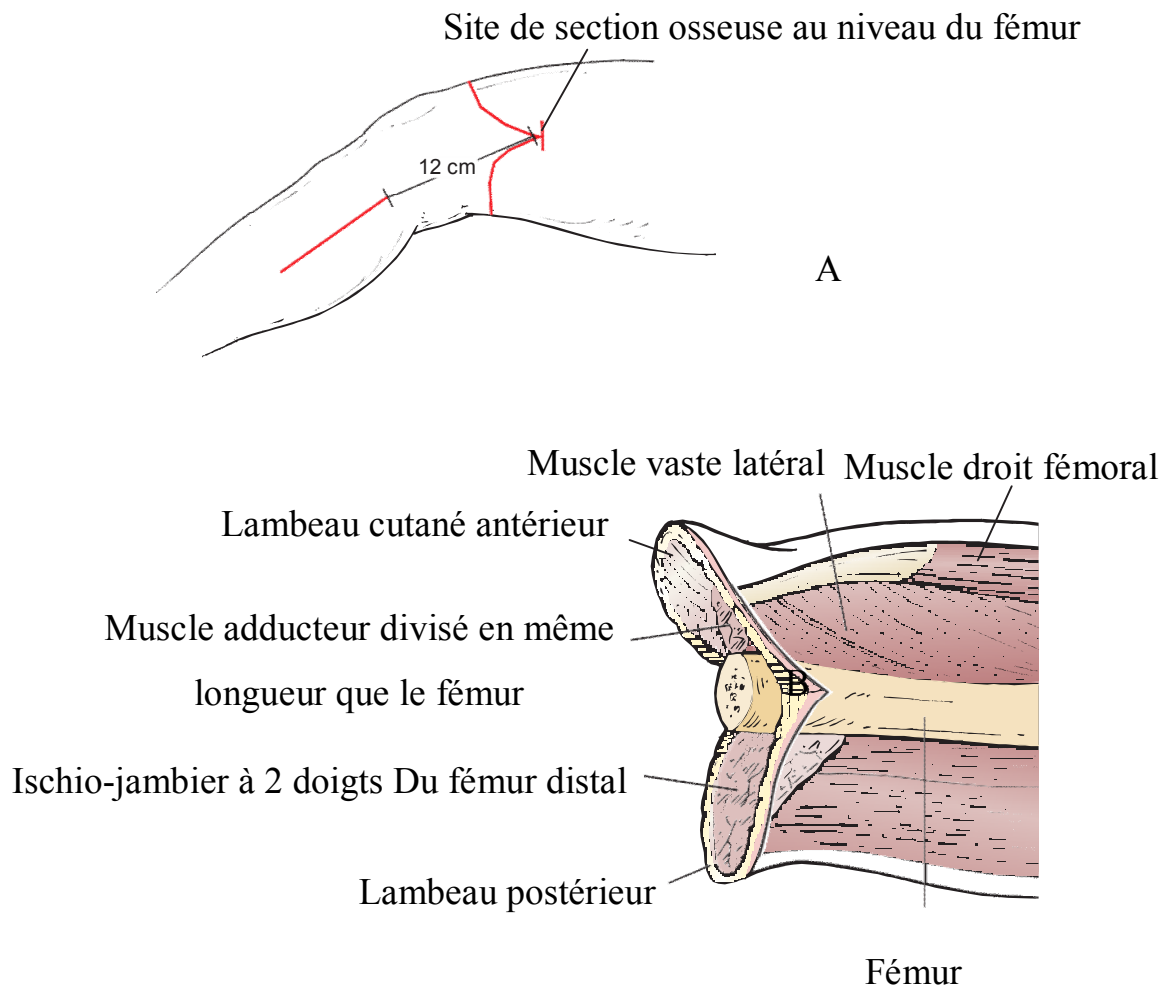
Un cas particulier concerne les désarticulations du genou en cas de malformation sévère de la jambe et du pied. Dans ce cas, la patella dysplasique cartilagineuse est conservée avec l'appareil extenseur pour constituer un coussinet faisant face à la future prothèse.

## **2.6. Amputations trans-fémorales : regroupent :**

### ➤ Amputation de Gritti [92,93]:

Elle concerne le tiers distal de la cuisse et peut être utilisée chez l'enfant car elle supprime la physe distale du fémur et son potentiel de croissance. Très intéressante chez l'adolescent en interposant la patella, elle permet la création d'un tampon rotulien contre le fémur[92].

L'amputation de Gritti est faite au-dessus des condyles fémoraux. Elle permet de garder un long fut fémoral qui donne de la stabilité en position assise et permet un appareillage par manchon avec utilisation d'une prothèse au genou avec articulé décalé. L'incision est faite en bivalve antérieur et postérieur. Les valves sont tracées à partir des condyles fémoraux, la valve postérieure est située dans le pli de flexion poplitée, et la valve antérieure se termine en regard de la tubérosité tibiale. Après section du tendon rotulien, de la capsule articulaire, des ligaments croisés et des tendons ischiojambiers, les vaisseaux poplités et les nerfs sciatiques sont sectionnés et ligaturés le plus haut possible. Le genou est désarticulé. La rotule est rabattue vers le haut et on sectionne à la scie pneumatique le fémur immédiatement au-dessus des condyles. La surface articulaire de la rotule est reséquée à la scie ; elle est appliquée sur la tranche fémorale ou elle est fixée par deux broches passées en percutané. La plaie est ensuite fermée sur deux drains de Redon sortant à l'extrémité en deux plans, aponévrotique et cutané[93]. Les broches sont enlevées à 3 semaines.



**Figure 34[62] : A, incision en bouche-poisson pour l'amputation transfémorale .B, vue en coupe de l'amputation transfémorale**

L'amputation transfémorale distale, peut s'associer à des anomalies de la marche, dues au déséquilibre musculaire crée lors de la réalisation du lambeau antéro-postérieur égal. Cette complication a été décrite par Gottschalk et ses collègues[94]. Cette méthode standard de création du moignon d'amputation conduit à un déséquilibre musculaire et une déformation de l'enlèvement dynamique. L'utilisation d'un long lambeau adducteur, ou la réalisation d'une

myodése du tendon adducteur évite cette anomalie, et permet la création d'un moignon musculaire équilibré. Les considérations chirurgicales, consistent à sectionner au moins 10-15 cm au-dessus de l'articulation du genou pour avoir un bras de levier suffisant pour l'appareillage.

➤ Les amputations du tiers proximal du fémur [95]

Réalisées par l'opération de Van Ness, leur but est de reconstruire le membre inférieur après résection du fémur pour tumeur ou pour traiter les agénésies fémorales. Cette intervention a été également utilisée dans le traitement des tumeurs malignes du tibia proximal, du fémur proximal et en sauvetage après échec d'autres reconstructions du genou.

Les inconvénients de cette technique sont sa relative lourdeur par rapport à une amputation et surtout son aspect cosmétique.

Si le patient est gêné par l'aspect inesthétique de son pied retourné, il est possible soit d'amputer les orteils, soit même d'amputer l'avant-pied. Mais dans ce dernier cas, on perd l'avantage d'une cheville mobile, mais il faut garder un moignon long pour faciliter l'appareillage.

Le patient est installé en décubitus dorsal, avec un coussin sous la fesse, sans garrot.

Le tracé des incisions comporte deux valves, du même côté, habituellement postérieures dont les pointes presque se touchent.

Après retournement, ces deux valves s'adopteront l'une à l'autre. Il est également possible de réaliser une section proximale circulaire de la peau et une section distale avec deux valves, en gueule de requin, ce qui permet une suture plus facile.

On dissèque les vaisseaux à la racine du membre, et on les met sur lacs. On dissèque également le nerf sciatique sur toute la longueur de la cuisse en restant à distance de la tumeur. Il n'est pas utile d'isoler les vaisseaux à ce niveau. On repère à nouveau les vaisseaux et les deux branches du nerf sciatique au niveau du creux poplité. Les parties molles sont alors sectionnées circonférentiellement à la racine de la cuisse, et en haut du mollet, en gardant les deux tendons des gastrocnémiens. Le nerf sciatique est conservé intact. Le fémur est sectionné dans la région sous-trochantérienne et le tibia dans sa partie haute. Les vaisseaux sont sectionnés en dernier. On pratique alors la fixation du tibia proximal au fémur restant, soit avec un clou centromédullaire verrouillé, soit avec une plaque vissée, après avoir tourné le pied de 180°. Le sens de rotation est celui qui permet de placer le nerf sciatique restant en dedans et en arrière du squelette et non pas à sa face latérale, le réglage de la rotation peut se faire avant les coupes osseuses avec deux broches repères, mais doit toujours être affiné pour qu'en fin d'intervention, le pied soit bien dirigé strictement vers l'arrière. Le nerf est pelotonné en profondeur dans les parties molles de la racine de cuisse.

Les vaisseaux sont alors anastomosés par un chirurgien vasculaire, en branchant l'artère fémorale commune sur la poplitée avec si possible deux veines en plus de l'artère.

Les muscles gastrocnémiens sont fixés au quadriceps restant. La fermeture cutanée se fait par points séparés en essayant d'adapter les diamètres différents des deux segments.

Après l'intervention, le patient est installé pied légèrement surélevé sur un coussin, ce qui permet de lutter contre l'œdème.

L'intervention est suivie d'une période de rééducation visant à augmenter la flexion plantaire de la cheville et du pied de façon à obtenir un équin complet. On travaille aussi, la flexion active, donc l'extension du nouveau genou en renforçant le triceps. La consolidation des ostéotomies est habituellement obtenue à 3 mois, et permet alors une reprise complète de l'appui avec la prothèse[95].

Le retournement de membre ou l'intervention de Van Ness, donne des résultats fonctionnels bien supérieurs à ceux observés au cours d'une amputation haute de la cuisse. Elle représente une alternative à l'arthrodèse du genou associée à l'amputation de Syme. La fonction obtenue est bien meilleure qu'après une amputation haute de la cuisse, du fait de la proprioception offerte par le pied et du fait que le genou prothétique a une motricité active. Mais l'inconvénient de cette technique est surtout l'aspect esthétique, qui peut être prévue par amputation du pied, transformant le retournement en amputation à moignon long[95].

### **2.7. Désarticulation de la hanche [62, 96,97]:**

La désarticulation coxo-fémorale est une intervention extrêmement mutilante pratiquée généralement pour des tumeurs de mauvais pronostic ou des traumatismes très sévères du membre inférieur[96]. Son retentissement fonctionnel et surtout psychologique est majeur.

Deux types d'incisions peuvent être utilisés : soit une incision de raquette antérieure, ou une incision pour lambeau long postérieur[97].

L'incision de raquette antérieure commence à 2,5 cm en dedans de l'épine iliaque antéro-supérieure, se prolonge vers le tubercule pubien et se poursuit en

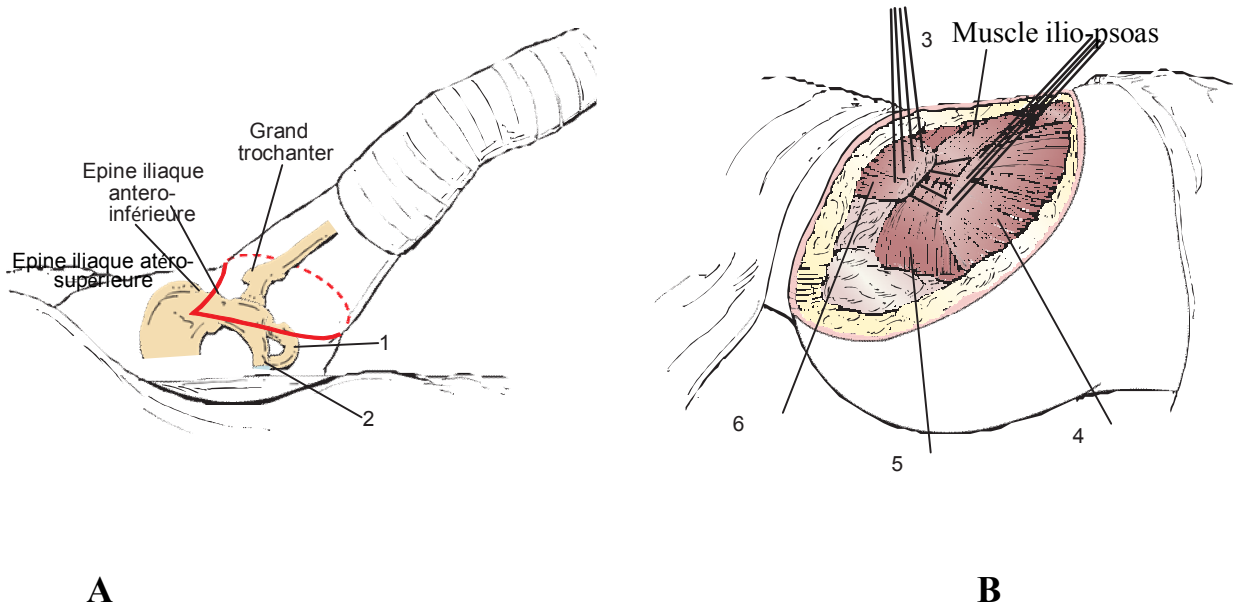
arrière, en aval de la tubérosité ischiatique et juste en aval du pli fessier.

L'incision est ensuite retournée en avant, en dedans du grand trochanter et la partie antéro-inferieure de l'épine iliaque, et rejoint le point de départ. L'incision pour le lambeau postérieur commence environ 2,5 cm parallèlement au ligament inguinal en avant et s'étend postérieurement pour créer le lambeau postérieur.

La longueur du lambeau postérieur est une fois et demie le diamètre antéropostérieur au niveau de l'articulation de la hanche. Après l'incision de la peau, les vaisseaux fémoraux sont ligaturés. Au niveau du plan musculaire : le sartorius est divisé à son origine, le muscle ilio-psoas est divisé à son insertion, le muscle pectiné est divisé à son origine du pubis, le muscle gracilis et les trois adducteurs sont divisés à leur origine. Le faisceau obturateur neurovasculaire est divisé, le muscle obturateur externe est divisé à la partie de son insertion dans le petit trochanter. Les ischio-jambiers sont divisés à la tubérosité ischiatique. Ensuite, les tenseurs du fascia lata, le grand fessier et le droit fémoral sont divisés. Enfin les muscles attachés au grand trochanter sont divisés. Puis le ligament rond est divisé, et la capsule de l'articulation coxo-fémorale est incisée, le nerf sciatique sectionné se rétracte en arrière du muscle piriforme. Ensuite la myoplastie est effectuée en rejoignant deux groupes musculaires sur le cotyle.

D'abord, le carré crural postérieur est suturé au psoas iliaque antérieur. Deuxièmement, le muscle moyen fessier latéral est suturé à l'obturateur externe médial. L'aponévrose fessière est ensuite approchée du ligament inguinal. La peau est fermée de façon lâche avec des agrafes. Un drain et cathéter de Foley sont maintenus pendant quelques jours.

La peau sur le sacrum et la partie postérieure de la hanche doivent être inspectées quotidiennement[62].



**Figure 35[62] : A : incision de raquette pour désarticulation de la hanche,**

1. tubérosité ischiatique

2, tubercule pubien.

**B .deux couche de myoplastie sur le cotyle,**

3. muscle ilio-psyas,

4.muscle glutéal médial,

5. muscle fémoral obturateur,

6.muscle obturateur externe.

L'amputation ou la désarticulation de la hanche, est une chirurgie qui est généralement pratiquée en urgence, secondaire à un traumatisme ou une infection potentiellement mortelle. L'étape critique est le contrôle et la limitation de l'hémorragie souvent en cours. La rétention des volets musculaires tels que les muscles adducteurs, est essentielle pour la fermeture de la plaie. La gestion secondaire de la plaie devrait inclure la création d'une plate-forme osseuse recouverte de tissus mous dans le but d'un appareillage ultérieur[50].



*La période postopératoire*

[1,62]

Les soins postopératoires du patient amputé nécessitent souvent une approche multidisciplinaire. En plus du chirurgien, cette équipe peut inclure, un anesthésiste, un spécialiste de médecine physique, psychothérapeute, et un psychiatre.

La gestion de la douleur dans la période postopératoire et le soutien psychologique sont essentiels pour la réussite de cette chirurgie.

La lutte contre la douleur a été nettement améliorée grâce à l'utilisation de l'anesthésie en perfusion perinerveuse postopératoire en continu pendant quelques jours.

Le soin du moignon d'amputation ainsi que la mobilisation précoce sont cruciaux.

Les pansements utilisés doivent répondre aux caractéristiques suivantes : protéger la plaie contre la contamination et le traumatisme, permettre un accès facile pour l'examen de la plaie, prévenir les contractures, et minimiser le risque d'œdème.

Une grande variété de pansements doux, semi-rigide, et rigide a été mise au point, mais il n'y a pas de consensus sur la méthode optimale de traitement du moignon[62].

Depuis 1970, il y a un changement progressif de l'utilisation de pansement conventionnel souple, à l'utilisation de pansement semi-rigide et rigide. Dans le but d'une mobilisation précoce afin de réduire le risque de complication, surtout le risque de contracture.

Le pansement semi-rigide est constitué d'un plâtre de moulage qui est appliqué sur le moignon à la fin de la chirurgie, si une mobilisation

postopératoire immédiate est prévue.

le pansement rigide peut être appliqué par le chirurgien, en tenant compte des précautions d'application du plâtre standard, y compris le rembourrage approprié de toute proéminence osseuse, en évitant la constriction proximale du moignon ,et l'utilisation de méthode de suspension fiable, si la mobilisation postopératoire n'est pas prévue dans l'immédiat.

Dans l'amputation transtibiale, le pansement rigide empêche le développement des contractures en flexion du genou.

Les drains sont habituellement enlevés après 48h. Le patient doit être informé sur la façon par laquelle il doit placer le moignon sur le lit. Le moignon doit être élevé en soulevant le pied du lit pour contrôler l'œdème et la douleur postopératoire. La position en flexion du moignon lors de l'amputation transfémorale est à l'origine des contractures de flexion ou d'abduction. La mobilisation du moignon doit être précoce et sous surveillance. Le pansement rigide devrait être enlevé, et la blessure inspectée en 7 à 10 jours.

Pendant que le rétrécissement du moignon se produit, la compression douce continue du moignon est maintenue en appliquant une chaussette additionnelle du moignon avant de mettre la douille de plâtre. Le pansement rigide est maintenu jusqu'au arrêt de changement du moignon, puis la première prothèse est appliquée[1].

Une antibiothérapie postopératoire, est administrée chez les enfants dans la période postopératoire. Mais l'anti coagulation prophylaxique n'est pas systématique chez le jeune enfant.



# *Complications*

## **A. Complications locales :**

### **1. Hématome [1,62]:**

L'hématome postopératoire est rapporté dans 3% à 9% des cas, au cours des amputations majeures de membre inférieur[62].

L'hématome postopératoire peut retarder la guérison de la plaie, et favoriser l'infection bactérienne. Il peut constituer une cause inaperçue d'échec d'amputation.

Si un hématome est formé, il devrait être traité par un pansement compressif. Mais, si il est associé à un retard de guérison de la plaie avec ou sans infection, il devrait être évacué au bloc opératoire [1].

### **2. Infection [1,62]:**

L'infection de la plaie au cours d'une amputation majeure de membre inférieur, est rapportée chez 13% à 40% des patients[62].

Elle se manifeste sur le plan clinique par : un érythème, ou une chaleur exécutive au niveau du site d'amputation, en particulier chez les patients ayant une fièvre inexplicée ou une douleur du moignon d'amputation.

L'infection superficielle peut être traitée par une antibiothérapie à large spectre ajustée après culture du prélèvement cutané des sutures au niveau du site d'amputation. Tandis qu'une infection profonde nécessite un drainage et débridement des tissus non viables.

Pour les patients ayant un sepsis actif avant l'amputation, la stratégie thérapeutique est basée sur le drainage de l'abcès, le débridement des tissus non viables et l'éviction de suture complète de la plaie. Selon Smith et Burgess[1,62], il faut fermer le tiers central de la plaie, et le reste est maintenu ouvert (figure 36).



**Figure 36 : Suture partielle en cas d'infection d'une amputation  
*transtibiale*[1]**



**Figure 37 : infection du moignon d'amputation.**

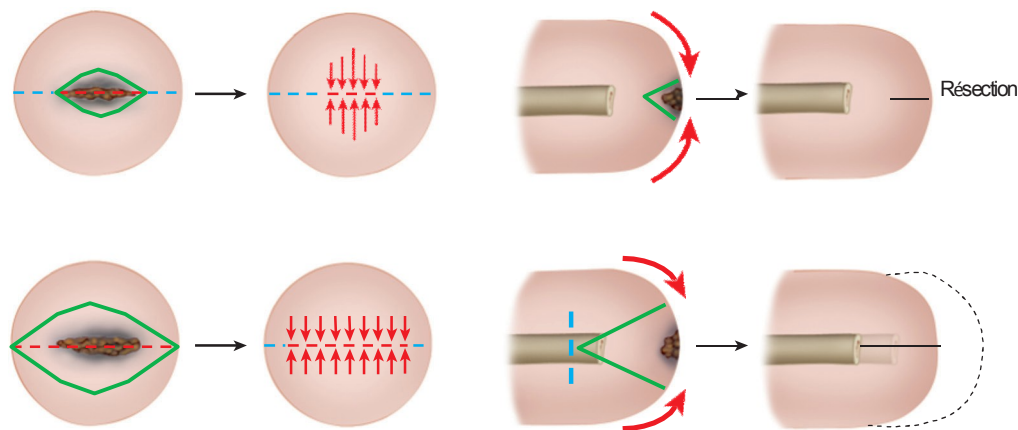
### 3. Nécrose de la plaie [1] :

La nécrose cutanée est favorisée par la malnutrition, un taux bas d'albumine inférieur à 3,5g/dl ainsi qu'un taux de lymphocytes inférieur à 1500cell/dl, majore le risque de nécrose cutanée[1].

La nécrose cutanée de moins de 1 cm peut être traitée par débridement local des tissus non viables combinée à une supplémentation alimentaire.

Dans le cas d'une nécrose sévère avec mauvaise couverture de l'extrémité de l'os, la résection cunéiforme peut être indiquée.

Le principe de base de la résection cunéiforme, est de considérer la fin du moignon d'amputation comme un hémisphère, bien que la résection locale augmente la tension locale sur les tissus déjà compromis, la résection d'un coin du moignon incorporant la plaie, permet de renforcer l'hémisphère tout en minimisant les pressions locales (figure 38).



**Figure 38: diagramme de vues en bouts sur des moignons d'amputations latéraux, procédures locales de résection de tension inégale ; se sont réduit et uniformément distribué après une résection cunéiforme[1].**

#### **4. Bursites:[98-100]**

Elles correspondent à des collections fluides fréquentes après les amputations liées au traumatisme, la plupart sont asymptomatiques et se résorbent spontanément[98]. Ils peuvent devenir à la fois problématiques et symptomatiques, en particulier dans les amputations transtibiales [99].

Les grandes bursites même asymptomatiques doivent être traitées, avec modification prothétique, pour réduire le risque d'irritation et d'infection.

Les bursites aseptiques sont traitées par des médicaments anti-inflammatoires, la glace, la compression et le repos prothétique.

Les bursites infectieuses se distinguent sur le plan clinique par : la douleur, l'érythème, l'augmentation de la chaleur locale et la fièvre ou des symptômes systémiques[100]. Leur traitement repose sur le drainage opératoire ou l'excision.

#### **5. Complications dermatologiques :[1]**

Elles sont représentées par :

- La dermatite de contact, qui se manifeste sur le plan clinique par une inflammation de la peau, associée à une sensation de démangeaison et brûlure au contact de la prothèse. Le traitement repose sur des crèmes stéroïdes et la compression.

- La folliculite bactérienne, peut se produire dans des secteurs de peau velue ou huileuse, le traitement repose sur l'hygiène du moignon, qui doit être lavé avec du savon au moins une fois par jour puis bien séché avant de mettre la prothèse.

- Les kystes épidermoïdes : peuvent se développer au bord de la douille de prothèse, ceux-ci se produisent tardivement, l'excision peut être indiquée.

- Hyperplasie verruqueuse : correspond à une surcroissance de la verruqueuse de la peau à la fin du moignon. Elle est causée par la constriction proximale qui empêche le moignon de siéger entièrement dans la prothèse. Elle provoque un œdème du moignon distal suivi de fissuration et d'ulcération, parfois une éventuelle infection ulcéreuse. Le traitement repose sur le traitement de l'infection, avec modification des chaussettes permettant une compression distale du moignon qui est essentielle pour le traitement et la prévention des récurrences[1].

## **6. Contracture :**

Les contractures légères ou modérées des articulations d'un moignon d'amputation devraient être évitées par un bon positionnement du moignon, avec un étirement doux et passif, et des exercices visant à renforcer la musculature qui contrôle l'articulation.

Rarement, une contracture fixée sévère peut nécessiter un traitement par libération chirurgicale des sutures contractées[1].

## **B. Complications systémiques :**

### **1. Pulmonaire :**

L'incidence des complications pulmonaires, y compris l'atélectasie et la pneumonie est d'environ 5 %. Après amputation majeure des membres inférieurs[62].

L'identification des patients à risque préopératoire et les soins pulmonaires postopératoires peuvent diminuer le taux de ces complications.

## **2. Complications thromboemboliques :**

Représentées par la thrombose veineuse profonde, qui est surtout fréquente au cours des amputations majeures des membres inférieurs, en rapport avec l'alitement prolongé, qui peut être évitée par l'anti coagulation prophylaxique postopératoire basée sur l'administration de l'héparine à bas poids moléculaire. Parfois, l'utilisation d'un bas de compression séquentielle controlatérale peut être bénéfique[62]. Il faut surtout préconiser une mobilisation précoce du moignon d'amputation.

## **3. Insuffisance rénale :**

L'incidence d'une insuffisance rénale d'apparition nouvelle après une amputation majeure de membre inférieur est entre 0,6% et 2,6%[62]. Elle est associée à une augmentation à long terme de la mortalité.

## **C. Complications générales :**

### **1. Douleur du membre fantôme et névrome :**

Après que la douleur postopératoire immédiate est résolue, certains patients souffrent de douleurs chroniques. Il faut distinguer entre la douleur du membre résiduel, le syndrome du membre fantôme et les névromes douloureux.

La douleur du membre résiduel est causée par un mauvais ajustement de la prothèse, le moignon doit être évalué pour des zones de pression anormale, en particulier sur les proéminences osseuse et distale du moignon. L'œdème, l'ulcération et la gangrène sont des complications possibles qui peuvent être évitées par modification de la prothèse.

Le syndrome du membre fantôme, survient chez 53% à 100% des patients amputés. Il s'agit d'une sensation de douleur souvent forte à type de brûlure ou

sensation électrique intéressant la zone amputée, cela est particulièrement gênant et difficile à traiter. Mais généralement, il s'améliore avec le temps[101,102]

Les névromes symptomatiques sont développés dans 20% à 30% des cas chez les amputés[103,104]. Dans de nombreux cas, cela est due à une mauvaise manipulation du nerf au moment de l'amputation initiale. Sur le plan clinique : il se manifeste par une douleur qui siège au niveau du trajet anatomique du nerf responsable, il est palpable et souvent associé à un test de percussion ou signe de Tinel positif.

Le traitement des névromes symptomatiques est basé sur des modifications prothétiques, des injections locales ou radiofréquence percutanée, ou la cryoablation. Lorsque ces mesures échouent, on a recours à une intervention chirurgicale de révision simple, ou la technique d'enterrement du nerf loin des zones de pression ou d'irradiation. Certains auteurs recommandent l'excision simple du neurinome, où une neurotomie plus proximale [14].

## **2. Psychique [62]:**

Le syndrome de stress post-traumatique est fréquent pour les amputations d'origine traumatique. La dépression suivant l'amputation peut résulter d'une mauvaise adaptation à la chirurgie.

Les facteurs de risques pour les troubles dépressifs majeurs sont représentés par : l'âge jeune, la douleur, la personnalité névrotique, le mode de vie et l'incapacité d'adaptation[62]. Ces troubles peuvent être évités par un soutien psychologique qui doit être proposé au patient, ainsi que son entourage, avant le geste radical, et poursuivi jusqu'à l'obtention d'un appareillage adapté permettant l'autonomie du patient.



*Détermination du niveau  
d'amputation*

Le choix du niveau d'amputation exige une compréhension des compromis entre la fonction accrue avec un niveau plus distal d'amputation et un taux de complication diminué avec un niveau plus proximal de l'amputation. Le bien être globale et la réadaptation du patient sont des facteurs importants. L'amputation doit être effectuée au niveau le plus distal possible si l'ambulation est la principale préoccupation. Si un patient n'a pas de potentiel ambulateur, la cicatrisation de la plaie avec la diminution du taux de morbidité péri opératoire devrait être la principale préoccupation. Une amputation transtibiale dans ce contexte n'est pas une option raisonnable, du fait du risque accru de cicatrisation et de contracture en flexion du genou. Une désarticulation du genou fournit souvent une meilleure fonction pour ces patients[1].

Le niveau d'amputation doit tenir compte de préserver une longueur au moignon permettant la fonction et l'appareillage. Le choix dépend de la pathologie causale :

Pour l'amputation d'origine traumatique le niveau d'amputation est adapté au niveau de la lésion. En cas de pathologie tumorale, la chirurgie doit respecter les règles carcinologiques, avec résection large et respect des marges de sécurité.

Chez l'enfant, la préservation de la longueur est cruciale, car la croissance du fémur se produit au niveau de la plaque de croissance distale. Toute amputation transfémorale effectuée chez l'enfant jeune se traduirait par un moignon court. Pour l'amputation transtibiale, la conservation de la plaque de croissance peut assurer l'obtention d'un moignon fonctionnel même si il est court.

Une désarticulation peut être préférable chez l'enfant car, elle permet de fournir un moignon robuste, bien équilibré, pour améliorer la suspension prothétique.

La surcroissance osseuse terminale est un problème important chez l'enfant ayant subi une amputation transosseuse, ce qui est évité en cas de désarticulation[1]. La surcroissance est causée par la formation d'un nouveau os appositionnel et sans rapport avec la croissance de la physe. L'os résultant est souvent allongé en forme de crayon. Il peut provoquer un gonflement, œdème, douleur et la formation de bursites. Cette prolifération est plus fréquente après les amputations traumatiques, siège surtout au niveau de l'humérus et le péroné. La surcroissance osseuse terminale est traitée efficacement par la chirurgie de résection.



*Rééducation du moignon  
d'amputation avant  
l'appareillage*

C'est une période durant laquelle il faut assurer : la prévention des complications du postopératoire immédiat et du décubitus ; le suivi de cicatrisation du moignon, la gestion et la prévention de la douleur ; la prévention d'attitudes vicieuses (flexum) ; la préparation du moignon à l'appareillage [105] ; et parallèlement, il faut assurer précocement l'autonomie au patient pour reprendre ses activités quotidiennes. Ceci repose sur : Des soins infirmiers : avec l'utilisation de pansements et bandages compressifs du moignon, type de bande Biflex au début puis un manchon élastique taillé sur mesure, et l'évaluation clinique quotidienne de la douleur.

Des soins kinésithérapiques comprennent : le drainage du moignon, le traitement manuel et mécanique de la cicatrice, la lutte contre les adhérences, et la verticalisation progressive sur table.

Le suivi psychothérapeutique est démarré dès que possible, en veillant à expliquer au patient les possibilités d'appareillage et leurs limites.



*Appareillage et ses  
indications* [106]

L'amputation d'un membre est toujours vécue comme une malédiction. La connaissance des principes de réalisation d'un moignon adapté à un appareillage fonctionnel moderne est indispensable, dans une démarche pluridisciplinaire.

L'évolution de l'appareillage prothétique a fait modifier le concept global des emboitures et a pour finalité trois objectifs: l'augmentation des surfaces d'appui dans l'emboiture; la suppression des mouvements de glissement entre peau et emboiture; et la suppression des effets de bras de levier entre l'emboiture et le segment sus-jacent.

L'apparition sur le marché de nouveaux matériaux (gels de silicone, copolymères, polyuréthane ) a beaucoup participé à cette évolution. Cette transformation en profondeur de l'appareillage a amené de nouveaux critères dans la qualité et l'optimisation des moignons. La qualité de ces derniers devient très influente sur le résultat fonctionnel de la prothèse. Pour chaque niveau d'amputation, le choix du matériel prothétique devra tenir compte de la place nécessaire, sous le moignon, pour l'adaptation du matériel prothétique le plus approprié au patient, au moment de son amputation, mais aussi en prévoyant ce qui se passera à l'âge adulte, lorsque la longueur des segments de membre aura changé.

### **A. Appareillage du membre supérieur[107]:**

L'amputation de membre supérieur, ne représente qu'une très faible partie de l'ensemble des amputations. L'appareillage, choix non imposé, doit compenser l'handicap survenu sur le plan esthétique et/ ou fonctionnel. L'appareillage de membre supérieur a connu un grand progrès par l'avènement des prothèses myoelectriques ou myoélectroniques qui sont actuellement

utilisées, à la place des prothèses passives, ou actives mécaniques.

L'appareillage du membre supérieur ne peut être entrepris sans qu'une rééducation, en particulier pré prothétique, ne soit programmée. La rééducation a pour but d'améliorer les fonctions restantes, permettant ainsi de surmonter les handicaps physique et psychique, mais aussi de favoriser la réintégration sociale du patient.

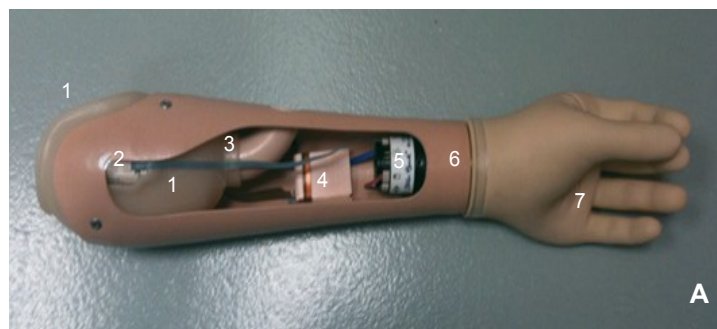
La rééducation se décline en trois parties: la rééducation pré prothétique, qui comprend la rééducation des troubles orthopédiques et la préparation en vue de l'appareillage;

La rééducation avec l'appareillage, qui se décompose en trois phases; et la réadaptation.

## **1. Prothèse myoélectrique [108]:**

### **1.1. Principe de fonctionnement :**

Quel que soit le niveau d'amputation, les prothèses myoélectriques ont toujours un principe commun (figure 39).



**Figure 39: Prothèse myoélectrique : 1. Emboîture ; 2. électrode ; 3. câble ; 4. batterie ; 5. calculateur ; 6. moteur de pronosupination ; 7. main prothétique.[108]**

La contraction d'un groupe musculaire provoque, à la surface de la peau, une différence de potentiel qui est captée par les électrodes. Ce signal électrique de très faible voltage (environ  $15 \mu\text{V}$ ) est amplifié dans l'électrode pour ne pas être perturbé par l'environnement (portail de sécurité de magasin) puis chemine jusqu'au poignet de la prothèse. C'est là que le courant électrique va devenir information de commande pour provoquer un mouvement. Suivant le potentiel du patient, la proportionnalité peut être conservée. Dans ce cas, la rééducation est plus exigeante car le niveau de maîtrise à atteindre est nettement plus élevé. Cela peut permettre au patient de « doser » la vitesse des mouvements et la force de préhension.

L'emplacement des deux électrodes est déterminant pour la réussite de l'appareillage (figure 40). Il est choisi conjointement par le kinésithérapeute lors de la rééducation pré prothétique en fonction de la localisation des points moteurs, et par le prothésiste par rapport à la forme de l'emboîture et aux impératifs techniques. Elles sont au nombre de deux au maximum et sont positionnées sur des muscles antagonistes dans le sens des fibres musculaires pour capter la vague de dépolarisation qui va former le courant électrique. Pour être le plus physiologique possible, l'électrode en contact avec les extenseurs de poignet ou de coude doit correspondre à l'ouverture de la main et à la supination.

Les prothèses myoélectriques sont utilisables à partir d'une désarticulation de poignet. Comme la pronosupination active est conservée, seuls les mouvements d'ouverture-fermeture sont demandés à l'appareillage. La partie proximale de l'emboîture ne doit pas gêner la rotation du poignet et donc s'arrêter sous les épicondyles. En cas d'amputation de bras, les patients bénéficient, en plus, d'un coude prothétique mécanique, permettant la rotation du poignet.

Pour maintenir la prothèse, il existe plusieurs moyens. Un accrochage sus-épi condylien qui serre l'emboîture au-dessus du coude, une coudière ou un manchon en gel de copolymère ou de silicone qui se déroule sur le membre résiduel avant d'enfiler la prothèse. Dans ce dernier cas, une tige lisse ou crantée est installée à l'extrémité du manchon pour venir se verrouiller dans le fond de l'emboîture. Pour les amputations humérales ou cubitales avec un membre résiduel étoffé, la prothèse peut tenir grâce à une emboîture de contact total, avec une valve qui permet la mise en place et assure l'étanchéité terminale, et le vide d'air entre moignon et emboîture.

Dans la main prothétique, seuls trois doigts sont commandés mécaniquement : le pouce, l'index et le majeur ; ils forment la pince tridigitale (Figure. 41). Les deux derniers doigts sont souples et ne font que suivre le majeur. La structure métallique est recouverte d'un capotage en polychlorure de vinyle (PVC) dont la taille est choisie en fonction du membre controlatéral. L'ensemble est recouvert d'un gant cosmétique en PVC ou en silicone. La dernière génération de main est programmable dans le but d'individualiser le mode de fonctionnement. Si c'est utile, il est possible de choisir une main dont le pouce dispose d'un capteur qui resserre automatiquement la prise en cas de glissement. Pour les enfants, le système de préhension choisi par les fabricants est « l'empaument » par trois doigts, comme si l'enfant voulait saisir un objet au sol ou sur une table, les deux derniers doigts accompagnant le majeur.

Pour faire fonctionner ce type d'appareillage, l'énergie produite par la contraction musculaire dans l'emboîture est tout à fait insuffisante. Une batterie de 7,4 V de la taille d'une petite boîte d'allumettes est donc installée dans la prothèse. Elle doit être rechargée tous les jours grâce à une prise magnétique afin d'assurer une autonomie de 20 heures d'utilisation. La durée de recharge complète est rapide (2 heures 30) [108].



Figure 40 : intérieur de l'emboîture avec électrode.[108]



Figure 41 : châssis de la main myoélectrique[108].



**Figure 42 : pince myoélectrique[108].**

Malgré les progrès réalisés dans le domaine des prothèses, le taux de rejet pour l'extrémité supérieure est fréquent, principalement en raison de l'utilité limitée de la prothèse, le poids excessif, et la douleur du membre résiduel [109-111]. Les niveaux distaux ont généralement une meilleure fonctionnalité et une plus grande acceptation de la prothèse, avec des taux d'utilisation des prothèses estimé 94% pour les amputations transradiales[110]. Chaque fois que possible, la préservation de l'articulation du coude est primordiale, peut améliorer la fonctionnalité des deux prothèses myoélectrique et du Corp à propulsion, mais aussi le contrôle de ses prothèses. La désarticulation du coude peut améliorer la suspension et le contrôle de rotation. L'intégration récente des capteurs myoélectriques en revêtement du dispositif et l'étalonnage de la réponse du dispositif peut éviter un grand nombre de limitations associées aux dispositifs myoélectriques anciens, les capteurs implantés pour l'amplification des signaux nerveux peuvent également améliorer la fonction de la prothèse[112].

## **1.2. Bilans :**

Un ensemble de bilan seront pratiqués en vue d'un appareillage, dans le but d'évaluer l'état général du patient, de découvrir les emplacements d'efficacité optimale pour les futures électrodes de commande de la prothèse et le suivi de l'amélioration de la qualité des muscles utilisés pour cette commande.

### **a. Bilans généraux :[113-114]**

L'interrogatoire du patient, l'inspection et la palpation des zones atteintes, les bilans articulaires, musculaires, l'examen de l'état général et celui des pathologies associées sont classiques et permettent au rééducateur de connaître le profil physique du patient. Le rééducateur insiste plus sur le côté dominant, et les atteintes du plexus brachial.

L'approche psychologique permet de mieux cerner le patient et de mieux appréhender ses motivations, ses désirs, ses espérances, et sa résistance.

### **b. Bilans myoélectriques :**

Permettent de rechercher les deux muscles nécessaires pour l'emplacement des électrodes.

Classiquement, cette opération effectuée avec un appareil de biofeedback, tel que le Myolab, ou le rééducateur recherche le meilleur signal en demandant des contractions volontaires au patient. Cette méthode n'élimine pas les problèmes de dissociation de plusieurs muscles dans une contraction globale, ni les problèmes de sidération post-traumatique et d'augmentation du seuil d'excitabilité musculaire.

Pour pallier ces problèmes et rendre plus objective cette recherche, un ensemble de critères dans le choix des deux muscles nécessaires à la commande de la prothèse doivent être respectés, c'est-à-dire des muscles : les plus antagonistes possibles avec le minimum de mouvements communs possibles ; non porteurs du poids de l'épaule et de la prothèse ; qui servaient à la partie amputée ; se trouvent juste sous la peau ; compatibles avec la surface d'une emboiture ; avec une contraction bien individualisée ; une force suffisante ; une bonne conscience du mouvement d'emblée et une possibilité de cocontraction pour les amputés de bras avec coude proportionnel.

Les muscles choisis les plus classiques sont le grand palmaire et le premier radial pour l'avant-bras, le biceps et le triceps pour le bras, le grand pectoral et le grand rond (même s'ils ont des mouvements communs) pour la désarticulation d'épaule.

Le rééducateur sélectionne donc deux muscles et objective l'emplacement le plus efficace pour l'apposition des électrodes en faisant une détection électrique de la plaque motrice musculaire [113,114].

### **c. Bilan de la qualité musculaire (contractilité) : [113-115]**

Le rééducateur cherche à évaluer la qualité des muscles choisis dans le but d'en apprécier les défauts et de pouvoir, par une rééducation spécifique, les améliorer afin d'apporter au patient une meilleure contraction. Pour chaque muscle, et comparativement au côté sain, il établit une courbe « intensité/temps » d'impulsion où il mesure l'intensité minimale nécessaire à la plus petite contraction visible dans des temps d'impulsion donnés [113, 114,115]. Cette méthode comparative permet de mesurer l'augmentation du seuil d'excitabilité du muscle, de pouvoir envisager plus efficacement le travail du défaut de qualité et de conserver une courbe-bilan afin de suivre l'évolution.

**Tableau II : objectifs généraux dans l'intégration de l'appareillage myoélectrique  
chez la personne amputée de membre supérieur.[116]**

	Niveaux de taxonomie	Étape de la rééducation	Acquisitions	
Objectifs de maîtrise (domaine de la rééducation)	I – Connaissance	Phase analytique : 100 % de l'attention est sur la commande	Mouvements fondamentaux	Capacité (mouvement)
	II – Compréhension	Phase de transition : L'attention se partage entre la commande et l'exécution de gestes simples Phase fonctionnelle : 100 % de l'attention est sur des gestes compliqués	Chaînes motrices  Habilités motrices	
Objectifs de Transfert (domaine du patient)	III – Application	Activités de création  Activités de la vie quotidienne	Gestes créatifs	Performance (geste)

## **2. Rééducation pré prothétique :**

La rééducation pré prothétique comprend trois grands chapitres : la préparation psychologique ; la rééducation orthopédique générale et particulière à la région du moignon, le travail myoélectrique comprenant l'amélioration de la qualité musculaire et le travail aux appareils de biofeedback.

Durant cette phase, le sujet est amené progressivement de l'acquisition des mouvements fondamentaux à celle des habilités motrices (tableau 2).

### **2.1. Préparation psychologique :**

Il faut créer un climat favorable par d'étroites collaborations et interaction rééducateur-patient. La disponibilité du rééducateur doit être totale. Il doit informer le patient sur les réelles possibilités de sa future prothèse en dissipant tout faux-espoirs, car elle n'est pas un vrai bras, sur la nécessité d'un excellent travail pré prothétique, sur le parallèle entre celui-ci et son application à la commande de la prothèse, et en général sur ses possibilités futures et les éventuelles adaptations de sa vie en fonction de son handicap.

### **2.2. Rééducation orthopédique :**

Au niveau de la région de l'amputation :

Le rééducateur insiste sur le massage de la cicatrice. La réduction de l'œdème du moignon par un bandage, qui devient rapidement un auto bandage permanent, mais essentiellement diurne[113], avec une bande élastique de type Biflex, pour stabiliser le moignon en vue de la future emboiture, de diminuer la douleur, et améliorer la transmission électrique du muscle vers les électrodes. Et la confection d'une prothèse lestée, à partir de matériaux souples aisément découpables (mousse de polyéthylène), collés entre eux et renforcés de bandes collantes de type Elastoplaste et Velcro.

Cette prothèse lestée, permet de garder la bande de contention, de pouvoir travailler avec les électrodes de biofeedback en place et d'entraîner les muscles de l'épaule à mobiliser une masse inerte.

### **2.3. Rééducation du dos et de la ceinture scapulaire [116]:**

L'épaule et le rachis du patient présentent des troubles dues à l'amputation: côté amputé, l'omoplate est élevée, en abduction, sonnette externe et bascule

antérieure, la glénohumérale en adduction-rotation interne, avec une diminution de la flexion et de l'abduction du bras, et le rachis dorsal est en inflexion controlatérale. Ces troubles sont dues à une attitude de protection, à une non-utilisation du membre et à une perte de poids. Les conséquences sont des contractures musculaires, des raideurs articulaires et un déséquilibre postural. Le traitement consiste en massage mobilisation du cou et de l'épaule, levée de tension (trapèze supérieur, grand et petit pectoral, etc.), automobilisation à apprendre au patient, travail devant une glace, relaxation, travail d'autograndissement sur une table, port de la prothèse lestée, etc.

### **3. Rééducation avec appareillage :**

Son but est : d'amener le patient à intégrer le plus possible son appareil dans son schéma corporel et dans les gestes quotidiens ; de poursuivre la rééducation jusqu'à la réhabilitation la plus complète possible du sujet, tout en gardant à l'esprit les limites d'utilisation d'une prothèse. Elle se déroule en trois phases : une phase analytique ou paradoxale ; une phase de transition ; et une phase fonctionnelle.

#### **3.1. Phase analytique [17]**

C'est une phase nécessaire et indispensable, centré uniquement sur la commande et les possibilités de mouvements de la prothèse sans aucun but fonctionnel.

Elle s'applique plus à connaître la vitesse d'exécution et le rapport quantité de contraction musculaire effectuée/quantité de mouvement prothétique obtenue.

Comprend un ensemble d'exercices permettant d'abord : l'acquisition des différents mouvements possibles, dans leur amplitude totale. Ces mouvements

sont effectués en position de repos, bras le long du corps, coude fléchi. Puis l'épaule place le membre dans toutes les positions de l'espace : en retropulsion, bras dans le dos, en abduction à 90°, etc.

Ensuite la progression de ses mouvements, tous en maîtrisant les amplitudes intermédiaires des mouvements prothétiques : sur la main : fermeture totale, ouverture d'un tiers, ouverture aux deux tiers, et l'ouverture totale ; sur le poignet : pronation ou supination sur un quart, un demi, trois quarts, ou tour complet. Puis l'apprentissage du contact qui comprend : l'arrêt de la pince au contact à différentes épaisseurs : un, deux ou trois doigts du rééducateur ; l'arrêt au contact d'un doigt du rééducateur en le tenant sans le serrer ; puis le serrer, relâcher le serrage sans lâcher le doigt, enfin le lâcher. En fin de cette phase, l'apprentissage s'oriente vers la sensibilité, la proprioception et la cognition[117](figure 43). Les sensations de mouvement, de vitesse d'exécution, d'amplitude, de position dans l'espace et de force mise en jeu sont acquises en effectuant une répétition des exercices précédents, dans le même ordre.

La progression de ces exercices permet aussi de développer les notions de contact, consistance, reconnaissance des formes, épaisseur, grain de surface, poids.

Le patient doit intégrer de nouvelles informations non physiologiques, transmises par sa prothèse et par la connaissance de son appareil : vibrations, mouvements et arrêts des moteurs, connaissance et intégration des amplitudes, etc.

Ces acquis ne doivent pas être verbalisés afin d'éviter la prise de conscience néfaste à l'automatisme. Les exercices sont comptés, à intervalles

réguliers dans la journée, sur 20 tentatives, et la présence du rééducateur lors de ces exercices est obligatoirement permanente.



**Figure 43 : Apprentissage de la fermeture, sans serrer, sur deux doigts.[117]**

### **3.2. Phase de transition :[116]**

Durant cette phase, la concentration du patient s'exerce sur la maîtrise de la commande et sur les gestes à effectuer. Les exercices ne sont pas complexes ni difficiles à réaliser. De même, ils ne nécessitent pas de rapidité de la part de l'exécutant. Ils laissent au patient le loisir de s'appliquer au contrôle de la commande et à l'exécution.

Les exercices durant cette phase comprennent : le travail avec le coté appareillé seul, et le travail bimanuel.

Le travail avec le coté appareillé seul : un ensemble d'exercices sont demandés au patient, tel que :

- la Prise d'objets avec déplacement (ouverture fermeture de la pince seule) : cubes de mousse de différentes tailles pris sur table et posés sur un plan plus élevé (ou dans un carton) ; rangement de gros dominos dans leur boîte.
- Enchaînement ouverture–fermeture et pronosupination : gros dominos saisis sur la table et passés au travers d'une petite fenêtre percée dans un plan perpendiculaire au patient.
- les Gestes de précision, afin d'intégrer le « volume » qu'occupe la prothèse dans l'espace : construction avec des dominos.
- la Prise d'objets avec contrôle du serrage : avec un cube de mousse ou un gobelet en plastique vide, puis de plus en plus rempli.

Le travail bi manuel :

Comprend un ensemble d'exercices permettant l'entraînement avec la prothèse, dans des amplitudes extrêmes et fatigantes ; tel que : la réalisation de montages au plafond d'une cage de poulietherapie, ou l'exercice de distribution de cartes.

### **3.3. Phase fonctionnelle :[116]**

Cette phase ne laisse plus le loisir de la réflexion au patient, mais nécessite précision et rapidité d'exécution (tableau III).

Le patient doit être capable de combiner trois facteurs :

- l'orientation adaptée de la pince en fonction du geste à effectuer ;
- l'ouverture appropriée (à minima) de la pince en fonction de la taille de l'objet à saisir ;
- la rapidité de l'inversion de commande entre les deux muscles évitant les temps de latence.

Les exercices durant cette phase doivent être diversifiés, et comptabiliser sur 20 essais.

**Tableau III : Objectifs intermédiaires et opérationnels dans l'intégration de l'appareillage myoélectronique chez la personne amputée de membre supérieur.**

**Phase fonctionnelle [116]**

Objectifs intermédiaires	Objectifs opérationnels (tâches-exemples)
Acquérir de la « vitesse » d'exécution, en situation de stress	<p>Le sujet attrape un fil (2 m de long, lesté d'un poids de 500 g), qui oscille vers lui, en partant main fermée, bras le long du corps. Il relâche le fil après un seul rebond dans l'anneau formé par la pince fermée. Attraper et lâcher comptés séparément sur 20 tentatives</p> <p>Idem, mais le sujet n'attrape le fil que lorsque celui-ci s'éloigne de lui (poursuite)</p> <p>Le sujet tient une règle plate de 30 cm verticalement par son extrémité la plus basse. Il lâche la règle et doit la rattraper. Compter la périodicité d'un succès sur le nombre de tentatives et le nombre de réussites sur la longueur de la règle</p>
Dissocier les contractions fines, faibles et ciblées des muscles de commande de la prothèse, des contractions fortes et non dirigées des autres muscles du membre amputé lors de l'exécution de gestes amples et violents, en situation de stress	<p>Le sujet lance un sac de 500 g dans des cerceaux posés au sol à 1, 2, 3 et 4 m. Compter sur cinq tentatives par distance, total sur 20</p> <p>Le sujet lance des fléchettes sur une cible placée au sol à 1 m. Compter soit le nombre de points, soit le nombre d'impacts, sur 20</p> <p>Le sujet attrape un sac de 500 g lancé « en cloche » par le rééducateur. Le sujet part main fermée, bras le long du corps (amputation d'avant-bras) ou coude bloqué en flexion (amputation de bras). Compter sur 20 tentatives</p>

#### **4. La réadaptation :**

Regroupent un ensemble d'activités proposées au patient au fur et à mesure des progrès.

Plus classiquement, on complète la réadaptation par des exercices d'endurance, tels que le port et déplacement de charges, les pousser-tirer et des gestes de la vie quotidienne propres à chaque patient[118]. C'est à lui de déterminer ses besoins et d'en trouver seul la solution la plus rationnelle. Des conseils et des orientations donnés par le rééducateur peuvent éventuellement aider le patient en cas de nécessité [119] .

#### **B. Appareillage de membre inférieur [120]**

La personne amputée de membre inférieur, doit bénéficier d'un appareillage provisoire précoce, si l'état général du patient le permet, et même avant l'obtention de la cicatrisation[121]. Son but est de permettre la reprise de la marche, la correction des déformations et la mise en décharge des zones d'hyper appui et porteuses de plaies.

Ces prothèses provisoires, tout en permettant la reverticalisation et la reprise de la marche, préparent le moignon à un appareillage définitif et favorisent la cicatrisation.

Ces appareillages peuvent être réalisés pour les amputations partielles de pieds, transtibiales et transfémorales. Les appareillages définitifs sont réalisés lorsque l'évolution est jugée favorable, c'est-à-dire avec une possibilité de déambulation minimum à l'aide d'un déambulateur, de cannes anglaises, une cicatrisation quasi complète et un moignon de volume stable.

Pour les enfants, les prothèses sont généralement refaites au fur et à mesure de la croissance. En cas de changements physiologique du moignon (amaigrissement, grossissement), des changements d'emboitures sont réalisés.

## **1. Types d'appareillages selon le niveau d'amputation :**

### **1.1. Niveau de la hanche :[106]**

Le patient est assis sur son ischion, côté amputé. Celui-ci peut être guidé dans une loge pour un meilleur contrôle. La suspension de la prothèse se fait par un accrochage au-dessus des crêtes iliaques.

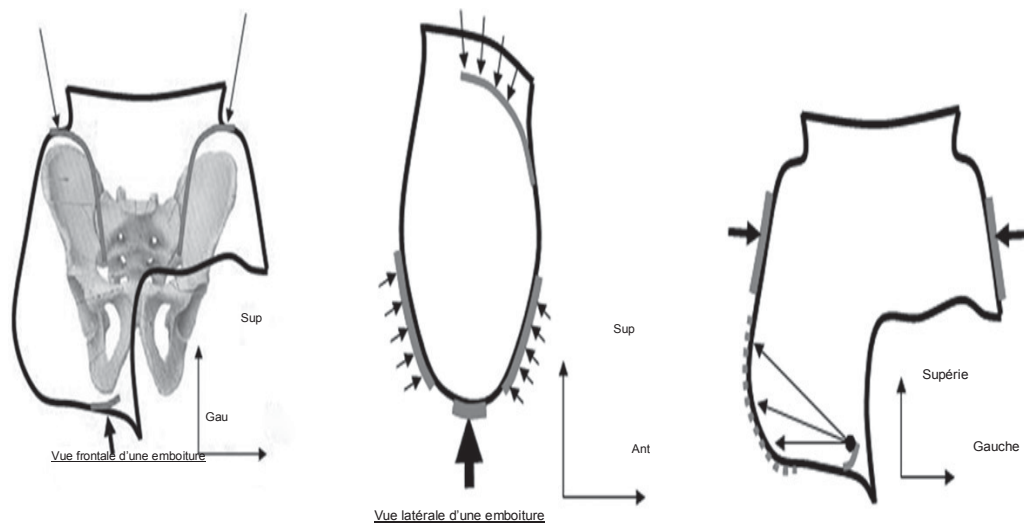
Cette coque enveloppe donc le massif fessier côté amputé et se prolonge par une ceinture recouvrant l'hémi-bassin opposé. La face antérieure doit se rapprocher le plus près possible du pubis et de la branche ischio-pubienne pour laisser la place nécessaire à la pièce de hanche d'une part, et pour essayer d'obtenir une surface osseuse importante en contact avec la coque d'autre part (figure 44).

Un capitonnage trop important de la zone amputée limitera les possibilités de contrôle de cette coque et empêchera d'optimiser la position de l'axe articulaire de la hanche prothétique (figure 45). La qualité de l'empreinte et le choix des matériaux utilisés apporteront le confort au patient. Cette coque devra impérativement libérer la charnière lombaire pour permettre des mouvements du bassin dans un plan sagittal.

C'est cette articulation qui va commander la prothèse. Les fausses cotes ne doivent pas toucher la coque en position assise. Le matériel prothétique (hanche et genou) est léger mais peu performant pour l'enfant (figure 46). Ce type d'appareillage permet la marche harmonieuse en terrain plat (montées et

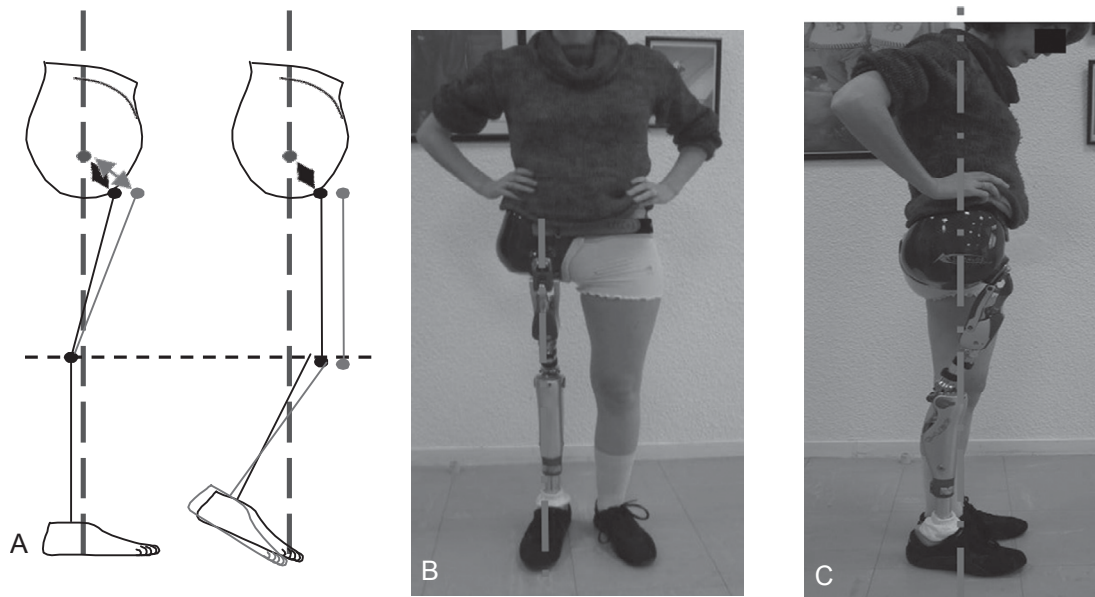
descentes difficiles).

Quand l'enfant atteint une taille adulte, le choix du matériel prothétique est beaucoup plus performant. Il peut autoriser une démarche plus dynamique et la descente des pentes et des escaliers en pas alternatifs. La course est possible mais difficile (figure 47). Ce type d'appareillage peut être confortable à la marche (périmètre de marche important) mais la boiterie restera toujours perceptible, car les branches accumulent de l'énergie en se pliant vers l'arrière et donnent au patient une boiterie « par obligation », et l'appareillage encombrant. Il y a peu d'évolution globale pour ce type d'appareillage.



**Figure 44[106] : la coque enveloppe le massif fessier avec prolongement par une ceinture sur l'hémi-bassin opposé.**

Alignement théorique



**Figure 45 : Alignement d'une prothèse totale du membre inférieur.[106]**



**Figure 46 : prothèse légère chez l'enfant, articulation de hanche déportée, Genou a biellette ou frein monté en recurvatum, pied dynamique en carbone.**

**Source :Chabloz Orthopédie,adepa.fr et Ottobock.[106]**



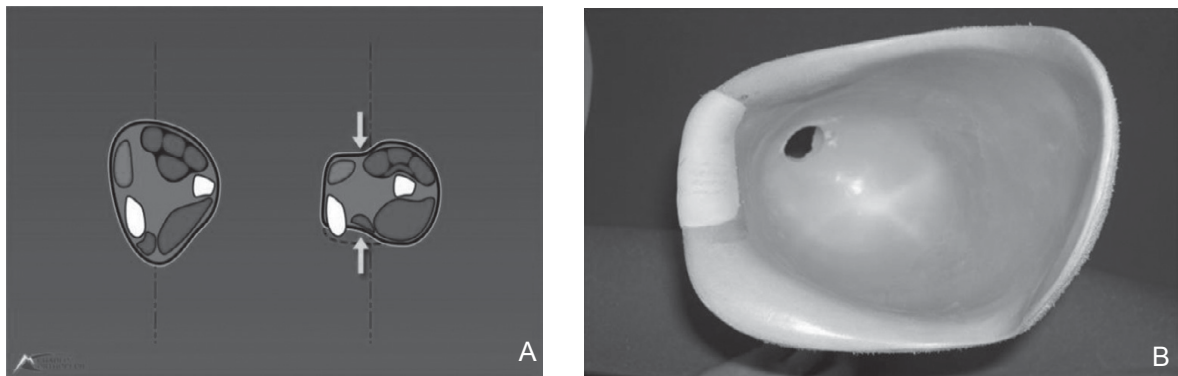
**Figure 47 : Prothèse performante avec articulation de hanche type hélix, genou C-Leg géré par microprocesseur, pied dynamique carbone.[106]**

## **1.2. Niveau du fémur :[106]**

C'est le niveau d'amputation qui a le plus profité des évolutions technologiques.

Auparavant, la forme des emboîtures était quadrangulaire nécessitant un serrage très important au niveau de la racine du moignon avec une déformation par pincement antéropostérieur (figure 48).

Ce serrage entraînait des troubles trophiques limitant considérablement le périmètre de marche des patients. Cette conception traumatisante incitait, quand ils le pouvaient, les chirurgiens à réaliser une amputation avec appui terminal (désarticulation de genou, Gritti) pour permettre au patient de marcher sans souffrir de douleurs ischiatiques. La prothèse était de type «contact », la mise en place était difficile et traumatisante.



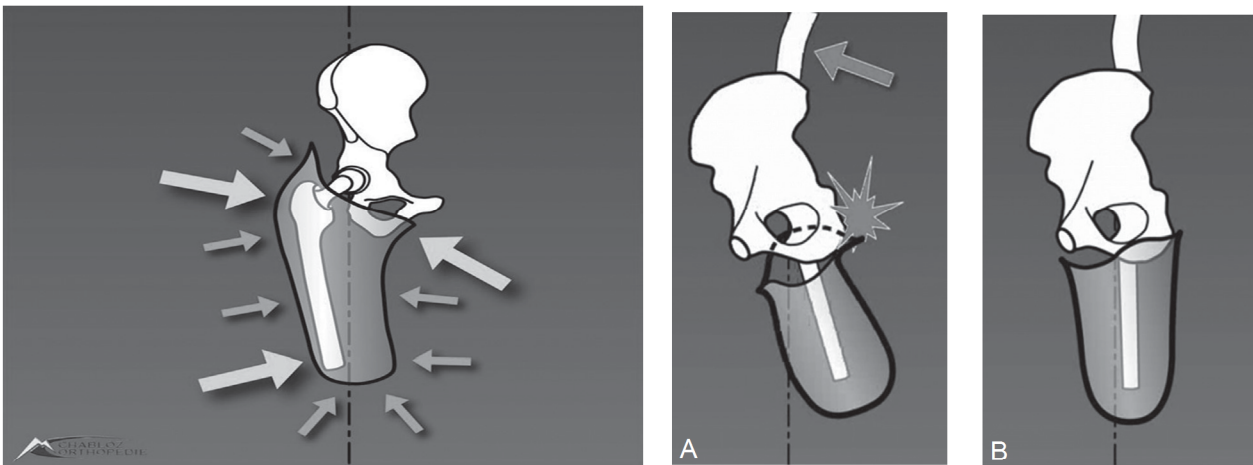
**Figure 48 : Ancienne emboiture quadrangulaire à serrage antéropostérieur.[106]**

Les solutions actuelles permettent de considérer deux grands thèmes d'évolution : la forme de l'emboiture, et l'utilisation d'une interface adhérente.

- La forme de l'emboiture :

Elle englobe maintenant l'ischion sur sa face interne « ischion intégré » et autorise ainsi un très bon contrôle de l'emboîture sans serrage en zone proximale et sans appui franc sous l'ischion. Le fémur se retrouve plaqué contre la face externe de l'emboîture et devient plus performant dans le contrôle de la prothèse (figure 49). Ce concept a en plus l'avantage de remettre ce fémur en position d'adduction physiologique. L'extension de la hanche est maintenant possible sans hyperappui sur l'ischion et donc sans lordose de compensation (figure 50).

Ces emboîtures, bien réalisées, sont très confortables et redonnent au patient un périmètre de marche proche de celui des valides. Elles tolèrent mieux les augmentations de volume du moignon et sont par conséquent parfaitement appropriées aux enfants. Le serrage peut et doit être dégressif de l'extrémité du moignon vers sa racine, évitant ainsi tout trouble circulatoire. Cette absence de serrage au niveau du collet de l'emboîture va participer au gain d'amplitude de la cuisse appareillée.



**Figure 49 : Nouvelle emboiture à « ischion intégré ».[106]**

**Figure 50[106] : Emboiture quadrangulaire ne permettant pas l'extension par conflit avec l'ischion(A) ; à « ischion intégré » permettant l'extension de hanche(B).source : Chabloz Orthopédie.**

L'utilisation d'une interface adhérente (silicone) qui se déroule sur moignon : il s'agit d'un manchon réalisé pour créer un serrage calculé sur le moignon. Il se positionne par déroulement sur le moignon en partant de la partie distale, adhère au moignon et oriente le volume des masses molles comprimées pour recevoir l'emboîture rigide. Cette interface a de nombreux avantages : permet une mise en place facile de la prothèse, adhère au moignon et évite tout frottement entre la peau et l'emboîture ; a un effet positif sur les cicatrices (lissage, assouplissement), distribue parfaitement la pression sur toute la surface du moignon et apporte plus de confort. On peut y inclure un coussin en gel de silicone si par exemple l'extrémité du fémur est trop saillante. Par contre, il ne doit exister aucune poche d'air entre la peau et le manchon (cicatrice invaginée).

Ce nouveau concept d'emboîture a obligé certains auteurs à revoir les critères du moignon idéal (encadré 1).

Encadré 1[106]

Critères du moignon idéal

La cicatrice doit impérativement être jolie (attention aux formes en creux).

Il n'est pas nécessaire de chercher à conserver du volume sur le moignon, celui-ci peut entraîner un phénomène de « pseudarthrose » entre le fémur et l'emboîture : une faible circonférence en extrémité de moignon permettra un meilleur contrôle de la prothèse.

Il est préférable de conserver un volume de masse molle sous l'extrémité du fémur (3 à 4 cm) pour le confort en charge (ce volume est stabilisé par le manchon).

La longueur du moignon doit laisser suffisamment de place pour le genou prothétique (4 à 5 cm entre l'extrémité du moignon et l'axe articulaire du genou pour du matériel d'enfant et environ 10 cm entre l'extrémité du moignon et l'axe articulaire pour du matériel d'adulte).

Le moignon sera toujours performant si sa longueur se situe entre le tiers moyen de la cuisse et la longueur maximale citée précédemment.

Attention : cette longueur du moignon doit tenir compte de la hauteur des masses molles situées sous le fémur et il ne faut pas oublier que le serrage du moignon par le manchon entraîne toujours un allongement de celui-ci de 1 ou 2 cm.

Parce que l'ischion est inclus dans l'emboîture, un moignon court (= 10 cm) restera parfaitement exploitable.

L'association du manchon adhérent et de l'emboiture à ischion intégré donne au patient un confort et guidage de la prothèse qui lui garantissent un périmètre de marche souvent proche de celui des gens valides.

Les possibilités fonctionnelles du patient vont ensuite dépendre du matériel prothétique utilisable et utilisé.

Pour l'enfant, les genoux disponibles, correspondant à leur taille et à leur poids, ont des fonctions limitées. Ils permettent la marche en alternatif, mais ne proposent pas d'assistance à la descente des pentes et des escaliers, encore moins pour les montées.

Par contre, par leur adaptabilité, les enfants ayant un moignon suffisamment long sont capables de gérer aisément toutes les situations avec des genoux de conception simple. Certains parviennent même à monter les escaliers.

Les patients peuvent, avec une rééducation spécialisée, aborder les descentes d'escalier et les pentes en toute sécurité, avec peu d'efforts musculaires (genou C-Leg® Ottobock : figure 51).



**Figure 51[106] : Genou C-Leg (Ottobock), permettant la descente des escaliers.**

Il est possible d'adjoindre à la prothèse un absorbeur de choc pour plus de confort, un absorbeur de torsion pour le golf et même un rotateur au niveau du genou pour s'asseoir en tailleur (figure [52]).

De nouveaux genoux prothétiques permettant de monter les escaliers arrivent sur le marché. Ils fonctionnent par l'association de gyroscope et de microprocesseurs (genou Genium® Ottobock : figure 53). Ils assistent les patients de façon très naturelle dans toutes les situations et promettent des perspectives très encourageantes.

Le confort obtenu avec les nouvelles emboîtures associées à des lames de course permet, même aux plus jeunes, de courir aisément.



**Figure 52 : Genou avec : rotateur(A) ; absorbeur de torsion (B).[106]**



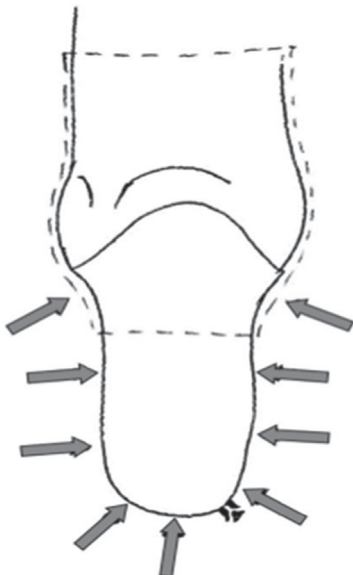
**Figure 53 : Genou Genium permettant la montée des escaliers grâce à l'association de gyroscope et de microprocesseurs[106]**

### **1.3. Niveau du tibia :[106]**

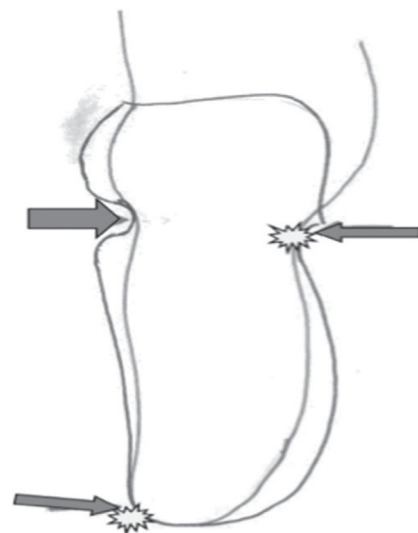
Ce niveau d'amputation a toujours donné des résultats fonctionnels étonnants. L'apparition des emboîtures totales contact behring (TCB) réalisées sur un manchon adhérent mince ou en gel de 6 mm, associées à un système de suspension par crémaillère ou par dépressurisation, a repoussé les limites de tolérance de ces prothèses. Ce concept entraîne une absence totale de frottements. Dans cette nouvelle méthode, la distribution des pressions devient parfaitement uniforme dans une emboîture dont la forme devient douce, physiologique, avec un serrage homogène (figure 54).

Les hyperappuis sous-patellaire et poplité disparaissent avec les complications qu'ils pouvaient engendrer (figure 55).

Cette emboîture est toujours associée à un manchon adhérent qui va faire partie intégrante du système et se place sur le moignon par déroulement, comme pour les prothèses fémorales. Les manchons peuvent être choisis à partir d'une gamme de tailles dans des matériaux différents (silicone, copolymères, polyuréthane) et avec des épaisseurs différentes (figure 56). Ils peuvent aussi être réalisés spécifiquement à partir d'un moulage si la forme du moignon l'impose. La prothèse n'est plus nécessairement montée en flexum, l'ensemble devient plus physiologique.



**Figure 54 : Emboiture totale de contact Behring avec serrage homogène. (106)**



**Figure 55 : Ancienne emboiture de prothèse tibiale avec hyper appuis Sous-patellaire et poplité. (106)**



**Figure 56[106] : Manchons : au choix (A) ; sur moulage (B).**

**Source: Chabloz Orthopedie, adepa.fr.**

Chez L'Enfant : La répartition uniforme des pressions et la facilité de mise en place de la prothèse avec le manchon qui se place par déroulement sur le moignon rassurent l'enfant et les parents. Il n'y a en général pas de difficultés d'accoutumance. L'absence d'accrochage mécanique au-dessus des condyles semble aider au bon développement du quadriceps et la cuisse perd moins en circonférence. La forme de l'emboîture permet d'éviter une pression excessive sur le tendon patellaire.

Ce type de prothèse peut être placé dès 8 mois, quand l'enfant commence à vouloir se mettre en appui sur ses membres inférieurs.

Il subsiste toujours le problème de la croissance des os qui impose en moyenne deux interventions durant la croissance.

Le choix de matériel prothétique disponible pour ce type d'appareillage est très vaste (encadré 2).

Encadré 2[106]

incidences des nouveaux concepts d'emboîtures tibiales sur les critères du moignon idéal. Comme pour les moignons fémoraux, il est préférable d'avoir un moignon plutôt « sec » pour éviter les phénomènes de « pseudarthrose » entre le moignon et l'emboîture.

La longueur du moignon ne doit pas dépasser 20 cm à partir de l'interligne fémoro-tibial, à l'âge adulte, pour pouvoir utiliser les pieds prothétiques les plus performants. Cette longueur inclut le capitonnage terminal du moignon. Une longueur de 15 cm sera déjà très performante. En effet, les insertions musculaires des extenseurs et des fléchisseurs de la jambe se situent à la partie proximale ; la longueur du moignon n'aura une incidence que sur le guidage et non sur la force du moignon.

Les emboîtures de nouvelle génération procurent un bien meilleur contrôle et il sera préférable d'avoir un moignon plus court si celui-ci est plus joli et mieux capitonné en extrémité.

Si la longueur du moignon devait être inférieure à 10 cm, la solution du coussin terminal moulé en gel de silicone, avec inclusion dans le manchon, est possible pour tenter de conserver un bon bras de levier.

Pour ce qui concerne la fibula, il est toujours indispensable qu'elle soit plus courte que le tibia (environ 3 cm), mais son ablation nuirait au guidage de la prothèse en rotation. Le tibia, lui, sera bien arrondi en respectant l'angle de Farabeuf.

#### **1.4. Niveau de pied :[106]**

Les amputations transtarsiennes posent toujours des problèmes, même avec arthrodèse. L'appareillage devra remonter sur la jambe pour un minimum de performances (figure 57). Il sera inesthétique et toujours moins performant qu'une prothèse tibiale. Il est aussi possible de réaliser des pieds cosmétiques, mais il ne faut pas parler dans ce cas de fonctionnalité.

Les amputations transmétatarsiennes ou partielles d'avant-pied autorisent souvent la marche sans appareillage. Elles donneront de meilleurs résultats fonctionnels grâce à des prothèses en silicone, combinant l'effet d'une semelle orthopédique pour rééquilibrer les appuis au sol avec une compensation du volume manquant pouvant participer à la stabilisation des parties restantes, tout en redonnant un aspect cosmétique au pied. Une lame fine en carbone peut dynamiser l'ensemble qui ne sera, malgré tout, pas forcément aussi performant et fiable qu'une prothèse tibiale.

Ce type d'amputation peut poser, dans certains cas, beaucoup de problèmes de suivi, surtout chez l'enfant, pendant sa croissance.



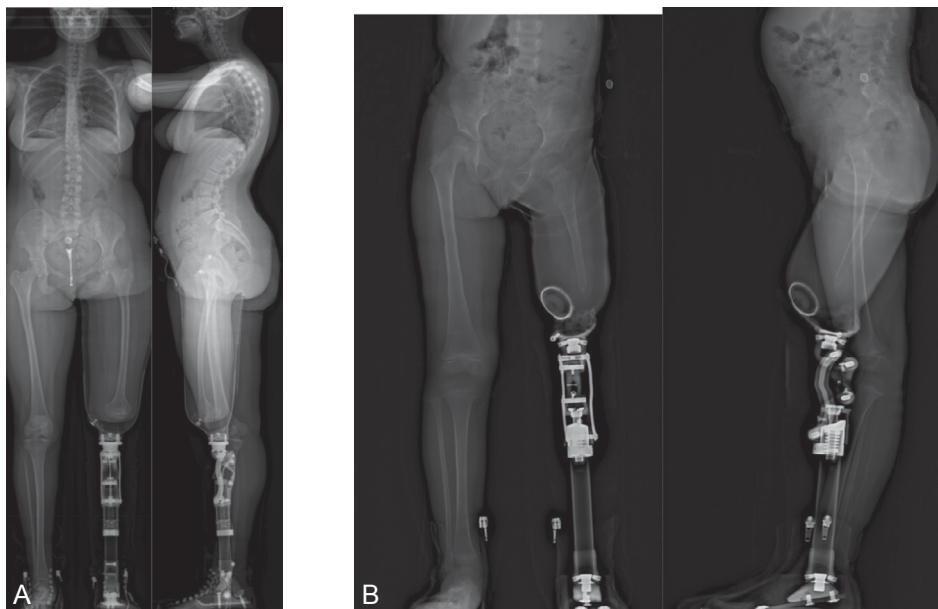
Figure 57 : Prothèse de pied.Source : Ravel Orthomedic[106].

## 2. Réglages et adaptation de la prothèse :

Pour qu'une prothèse soit confortable, fonctionnelle et durable, il est important que la répartition des appuis, les axes d'alignement et la cinématique de la marche soient optimisés. La marche doit être sécurisée dans le maximum de circonstances, en terrain plat mais également accidenté, la montée et la descente des escaliers, voire la course ou les activités sportives. Pour cela, des méthodes nouvelles doivent être utilisées, l'analyse radiologique tridimensionnelle et l'AQM (analyse qualifiée de la marche).

### 1.1. Analyse tridimensionnelle des membres inférieurs :

Le système EOS donne une imagerie du patient debout comprenant la totalité des membres inférieurs et du rachis de face et de profil avec reconstruction tridimensionnelle des structures osseuses, permettant, l'analyse de l'équilibre global. Il est ainsi possible d'analyser les véritables axes des membres inférieurs et de régler la prothèse pour respecter ces axes [121]. Le réglage de longueur est également effectué. Ceci est le garant d'une bonne adaptation anatomique (figure 58).



**Figure 58[106] : Radiographies avec EOS. Analyse des axes – cliché corps entier : désarticulation du genou sur malformations congénitales (a) ; amputation fémorale chez un enfant (b).**

## **1.2. Analyse quantifiée de la marche :**

L'analyse statique permet de connaître la répartition de la charge sur les appuis au sol (axes et pression au sol). L'analyse dynamique fait appel à des critères cinématiques et cinétiques. L'analyse cinématique permet d'optimiser les réglages, en particulier le retour du membre inférieur pendant la phase oscillante et, pour le genou, la phase d'amortissement à la phase initiale. L'analyse cinétique apprécie l'impact de la prothèse sur les articulations avec l'analyse des moments et le réglage de la rotation du pied afin d'optimiser les bras de levier.

## **3. La phase de rééducation et les modalités de mise en œuvre**

[122 -125] :

Elle comprend deux phases : la phase d'appareillage et la phase de réadaptation.

### **3.1. La phase d'appareillage :**

Elle permet au patient de retrouver son autonomie, sa station debout et progressivement la marche. C'est aussi le meilleur traitement des douleurs de membres fantômes et cette phase correspond à la diminution progressive des traitements antalgiques instaurés en postopératoire.

L'appareillage se fait en plusieurs étapes en fonction de l'évolution du moignon et des traumatismes associés avec souvent confection de différents appareillages provisoires.

La locomotion sera favorisée en dynamisant le patient puis en lui réapprenant la marche et l'équilibre afin de le rendre autonome. La question de l'activité sportive sera évoquée quand elle est possible. Chez les adolescents, elle

est souvent très investie et la présence, dans les actualités sportives, d'athlètes amputés remportant des succès en compétition vient renforcer la confiance des adolescents. Ce sera le moment de faire établir un contact avec les associations de personnes amputées qui pourront apporter leur témoignage. Pendant cette période est exigée une surveillance attentive des points d'appui dans l'emboîture par toute l'équipe de soins et de rééducation, puis par le patient ou ses parents.

La rééducation comprend :

- un travail de renforcement musculaire, de l'équilibre et du schéma de marche appareillée, dans les barres parallèles au début, ensuite avec canne, puis sans canne ;
- la poursuite et le renforcement du réentraînement à l'effort ;
- enfin progressivement, l'apprentissage de la course et des sauts.

Les contre-indications à l'appareillage sont rares, d'ordre neurologique ou psychique, d'ordre orthopédique (attitude vicieuse, état des membres supérieurs ou du membre inférieur opposé), d'ordre vasculaire sur un état controlatéral inquiétant avec risque vital à court terme pour le membre restant.

### **3.2. La phase de réadaptation**

Elle comprend l'autonomisation complète pour les activités de vie quotidienne, l'éducation du patient pour les soins de moignon, la mise en place de la prothèse et de l'entretien du manchon, la gestion des conflits cutanés, la gestion des variations morphologiques du moignon, la préparation de la sortie, en particulier la reprise de la scolarisation en milieu ordinaire avec un projet d'accueil individualisé (PAI), la réinsertion sociale incluant les activités sportives et de loisirs.

Elle peut se dérouler en alternative à l'hospitalisation complète, si l'environnement familial, et le réseau de soins le permettent, en proposant un suivi en hospitalisation à domicile (HAD), ou une prise en charge séquentielle avec consultations externes intermédiaires, une hospitalisation de jour (HDJ), voire un simple suivi consultatif externe conjoint avec le prothésiste.



*Le suivi à long terme*

L'enfant amputé nécessite le suivi de son développement morpho statique, avec un regard sur le retentissement en termes d'équilibre du rachis et du bassin, d'inégalité de longueur des membres tout au long de la croissance par des consultations annuelle ou biannuelle selon l'âge. La recherche de douleurs et de limitation des amplitudes articulaires sus-jacentes au membre amputé sera effectuée.



*Perspectives d'avenir  
chez les malades amputés*

La technique chirurgicale de réinnervation musculaire développée par Kuiken et Dumanian, améliore le contrôle des prothèses myoélectriques pour l'amputation au niveau de l'épaule, et transfémoral [126-129]. Son principe de base consiste à transférer les gros nerfs périphériques pour assurer l'innervation des muscles restants et créer de nouveaux signaux musculaires pour le contrôle des prothèses myoélectriques. Les muscles nouvellement innervés agiront comme transducteurs, capables de produire des signaux EMG à la prothèse et donc améliorer la fonctionnalité et le contrôle [128]. A ce jour, la chirurgie de réinnervation ciblée a été le plus souvent effectuée pour les amputations tranfémorales.

La transplantation de la main est possible. A ce jour, plus de 70 patients ont bénéficiés de cette chirurgie aux USA[130]. Bien que les techniques de microchirurgie nécessaire à l'allo transplantation de la main sont bien établies, les progrès dans la thérapie d'immunosuppresseurs ont fait de cette procédure une option possible de traitement. L'allo transplantation améliore les activités quotidiennes du patients.



*Conclusion*

L'évolution de l'appareillage prothétique, surtout du membre inférieur offre actuellement des perspectives d'autonomie pour le patient bien supérieures qu'auparavant. Le soin apporté à la réalisation du moignon d'amputation sera fortement influent sur ce résultat. Il est primordial que le chirurgien cerne parfaitement la finalité du geste pour optimiser l'appareillage et réduire le risque de complication représenter essentiellement par la surcroissance osseuse qui est fréquente chez l'enfant amputé et qui siège préférentiellement au niveau de l'humérus et du péroné. Elle est traitée efficacement par une résection chirurgicale de l'excès de l'os. Tandis que la douleur du membre fantôme et les névromes sont rarement gênant chez l'enfant. Les problèmes psychologiques après l'amputation sont également rares chez le petit enfant, mais elles peuvent devenir graves chez l'adolescent d'où l'intérêt d'un suivi psychologique de l'enfant et son entourage avant le geste radical, est doit être poursuivie jusqu'à l'appareillage.

La rééducation et l'adaptation de l'appareillage est une étape importante pour l'amélioration des résultats fonctionnels.



## Résumé :

**Titre :** Les amputations et désarticulations des membres. Particularités pédiatriques. Mise au point

**Rapporteur :** Professeur Mohammed Anouar Dendane

**Mots clés :** Amputation, désarticulation, appareillage, enfant.

L'amputation de membre est relativement peu fréquente chez l'enfant. Les causes traumatiques et oncologiques sont au premier plan mais des situations infectieuses ou congénitales sont également possibles.

Si la majorité des techniques chirurgicales de l'adulte sont utilisables chez l'enfant, les amputations au niveau de l'arrière-pied, les amputations transtibiales et les désarticulations du genou présentent un certain nombre de spécificités pédiatriques inhérentes surtout à la sauvegarde des structures de croissance et à la préparation à la future prothèse.

Chez l'enfant, il est nécessaire d'intégrer la future croissance du moignon variable selon la localisation. Mais plus l'enfant est jeune, meilleure sera l'adaptation. L'objectif est d'obtenir un moignon d'amputation robuste permettant le roulement précoce de poids, la raison pour laquelle une désarticulation est préférable à l'amputation transosseuse.

L'appareillage doit être envisagé précocément pour garantir l'autonomie de l'enfant et la reprise assez rapide des activités quotidiennes.

En raison de la croissance résiduelle, les changements d'emboiture et de prothèse sont fréquents chez ces jeunes patients.

## Abstract:

**Title:** Amputations and disarticulations members. Pediatric particularities. Tuning

**Protractor:** Professor Mohammed Anouar Dendane

**Keywords:** Amputation, disarticulation, prosthesis fitting, child.

The limb amputation is relatively uncommon in children. Traumatic and oncological causes are prominent but infectious or congenital conditions are also possible.

If the majority of surgical procedures in adults are used in children, amputations at the rearfoot, transtibial amputations and disarticulation of the knee have a number of specificities of pediatric especially to safeguard the growth of structures and preparation for the future prosthesis. In children, it is necessary to include the future growth of the stump, variable depending on the location. But the younger the child is, the better the adaptation will be. The goal is to get a robust stump amputation for early weight bearing, why disarticulation is preferable to transosseous amputation. The equipment should be considered precociously to guarantee the autonomy of the child and the quite early resumption of daily activities.

Due to residual growth, changes in the socket and prosthesis are common in these young patients.

## ملخص

**العنوان :** بتر وتفكك الاطراف - الخصوصيات عند الاطفال. وضع

**الأستاذ المشرف :** الاستاذ محمد أنور دندان

**الكلمات الرئيسية :** البتر، التفكك، المعدات، الطفل.

تعتبر عملية بتر الأطراف نسبيًا غير شائعة عند الأطفال. من أهم الأسباب التي تؤدي إلى البتر عند الطفل نذكر الإصابات الخطيرة التي تحدث على مستوى الأطراف جراء حوادث السير، الأورام الخبيثة وكذا بعض الأمراض المعدية والخلقية.

إذا كانت أغلب التقنيات الجراحية المستعملة عند البالغين يمكن إجرائها عند الأطفال، فإن عملية البتر على مستوى الأعقاب، البتر فوق الشضوية وتفكك الركبة لها خصوصيات فيما يخص طب الأطفال، خصوصًا لحماية هيكل النمو وتحضير الطفل لاستقبال الدعامة الجديدة. وتمكينه من مواصلة أنشطته اليومية وضمان استقلاليته.

لكن بسبب احتمال النمو المتبقي عن هذه العملية، القيام بتغيير عنصر المكبس والجراحة الترقيعية يمكن اللجوء إليه بشكل متكرر عند الأطفال.



*Référence*

- [1]. Patrick C. Toy, General principles of Amputations ,Chapter 14 . Complete references are available online at [www.expertconsult.com](http://www.expertconsult.com).
- [2]. J.-L. Jouve, G. Bollini, F. Launay, Y. Glard, T. Craviari, J.-M. Guillaume, et al. Cartilage de croissance et croissance en orthopédie, © 2009 Elsevier Masson SAS.
- [3]. Hamel A. Embryologie et anatomie de la chondroépiphyse. In: Finidori G, Glorion C, Langlais J, editors. La pathologie épiphysaire de l'enfant. Monographies du GEOP. Montpellier: Sauramps Médical; 2003. p. 13-20
- [4]. Wolff J. Das Gesetz der Transformation der Knochen. Berlin: Verlag Von August-Hirschwald; 1892.
- [5]. N.Reina, J.M Laffosse. biomécanique de l'os, application au traitement et à la consolidation des fractures. 2014 Elsevier Masson SAS
- [6]. Wolff J. The law of bone remodelling. Berlin: Springer-Verlag; 1986, 126 p.
- [7]. Sylvester AD, Christensen AM, Kramer PA. Factors influencing osteo-logical changes in the hands and fingers of rock climbers. *J Anat* 2006;209:597–609
- [8]. Schneider P, Reiners C. Bone density in cosmonauts. *Lancet* 2000;356:1851–2.
- [9]. Burstein AH, Zika JM, Heiple KG, Klein L. Contribution of collagen and mineral to the elastic-plastic properties of bone. *J Bone Joint Surg Am* 1975;57:956–61.
- [10]. Seeman E, Delmas PD. Bone quality—the material and structural basis of bone strength and fragility. *N Engl J Med* 2006;354: 2250–61
- [11]. Nyman JS, Reyes M, Wang X. Effect of ultrastructural changes on the

- toughness of bone. *Micron* 2005;36:566–82.
- [12]. Roschger P, Paschalis EP, Fratzl P, Klaushofer K. Bone mineralization density distribution in health and disease. *Bone* 2008;42:456–66.
- [13]. A.C. Celse, *Traité de la médecine, en huit livres, traduction nouvelle, 1824, p.473)*
- [14]. Régis Bertet, *Petite histoire de la médecine, Editions L'Harmattan, p :7,2005*
- [15]. F. Dubrana, M. Genestet, G. Moineau, R. Gérard, D. Le Nen, C. Lefèvre. *Fractures ouvertes de la jambe 2007 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés*
- [16]. Johansen K, Daines M, Howey T, Helfet D, Hansen Jr. ST. Objective criteria accurately predict amputation following lower extremity trauma. *J Trauma* 1990;30:568-72.
- [17]. Cool WP, Carter SR, Grimer RJ, Tillman RM, Walker PS. Growth after extendible endoprosthetic replacement in the distal femur. *J Bone Joint Surg Br* 1997;79:938-42
- [18]. Scully SP, Ghert MA, Zrakowski D. Pathologic fracture in osteosarcoma: prognostic importance and treatment implications. *J Bone Joint Surg [Am]* 2002;84:49–57
- [19]. Manfrini M. The role of vascularized fibula in skeletal reconstruction. *Chir Organi Mov* 2003;88:137–42.
- [20]. Innocenti M. Free vascularized growth-plate transfer after bone tumor resection in children. *J Reconstr Microsurg* 1998;14: 137–43.
- [21]. Bielack S, Carrle D, Casali PG, and On behalf of the ESMO Guidelines Working Group Osteosarcoma: ESMO Clinical Recommen-

- dations for diagnosis, treatment and follow-up. *Ann Onc* 2009 ; 20 : 137-9.
- [22]. Buckley JD, Pendergrass TW, Buckley CM, et al. Epidemiology of osteosarcoma and Ewing's sarcoma in childhood: a study of 305 cases by the Children's Cancer Group. *Cancer* 1998;83:1440–8.:
- [23]. Parkin DM, Stiller CA, Draper GJ, et al. The international incidence of childhood cancer. *Int J Cancer* 1988;42:511–20
- [24]. Ewing J. Diffuse endothelioma of bone. *Proc New York Pathol Soc* 1921;21:17–24.
- [25]. Ries LAG, Smith LA, Gurney JG. Cancer incidence and survival among children and adolescents: United States SEER program 1975–1995, National Cancer Institute, SEER Program. Bethesda: NIH Pub; 1999.
- [26]. Peersman B. Ewing's sarcoma: imaging features. *JBR-BTR* 2007;90:368–76.
- [27]. Aksnes LH. Limb-sparing surgery preserves more function than amputation: a Scandinavian sarcoma group study of 118 patients. *J Bone Joint Surg Br* 2008;90:786–94.
- [28]. Hopyan S. Function and upright time following limb salvage, amputation, and rotationplasty for pediatric sarcoma of bone. *J Pediatr Orthop* 2006;26:405–8.
- [29]. Tucker MA, D'Angio GJ, Boice Jr. JD. Bone sarcomas linked to radiotherapy and chemotherapy in children. *N Engl J Med* 1987;317: 588-93
- [30]. de Vathaire F, Schweisguth O, Rodary C. Long-term risk of second malignant neoplasm after a cancer in childhood. *Br J Cancer* 1989;59:

448-52

- [31]. Newton Jr. WA, Meadows AT, Shimada H. Bone sarcomas as second malignant neoplasms following childhood cancer. *Cancer* 1991;67: 193-201.
- [32]. Koshy M, Paulino AC, Mai WY. Radiation-induced osteosarcomas in the pediatric population. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;63: 1169-74.
- [33]. Maurer HM, Beltangady M, Gehan EA, et al. The intergroup Rhabdomyosarcoma Study-I. A final report. *Cancer* 1988 ;61 :209-220.
- [34]. Stevens MC, Rey A, Bouvet N, et al. Treatment of nonmetastatic rhabdomyosarcoma in childhood and adolescence: Third study of the International Society of paediatric Oncology-SIOP Malignant Mesenchymal Tumor 89. *J Clin Oncol* 2005;23:2618-2628.
- [35]. George A, Grimer R. Early symptoms of bone and soft tissue sarcomas: could they be diagnosed earlier; *Ann R Coll Surg Engl* 2012;94:261-6
- [36]. Casali PG, Blay JY, ESMO/CONTICANET/EUROBONET Consensus panel of experts, Soft tissue sarcomas: ESMO Clinical practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Ann Oncol* 2010;21(suppl.5):v 198-203.
- [37]. Grimer R, Judson I, Peake D, Seddon B. Guidelines for the management of soft tissue sarcomas. *Sarcoma* 2010
- [38]. S. Bonvalot, G. Missenard, P. Rosset, P. Terrier, C. Le Péchoux, A. le Cesne ; Principes du traitement chirurgical des sarcomes des tissus mous des membres et du tronc de l'adulte. 2013 Elsevier Masson SAS.
- [39]. Dellinger, PR, Carlet, JM, Masur, H, et coll. : Surviving Sepsis

- Campaign guidelines for management of sever sepsis and septic shock. *Crit Care Med* 32(3):858, 2004
- [40]. Carcillo, JA, Fields, AI : Task Force Committee Members: Clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal patients in septic shock. *Critical Care Med* 30(6):1365, 2002.
- [41]. Russek AS. Management of lower extremity amputees. *Arch Phys Med Rehabil.* 1961;42:687---703.
- [42]. Malformations congénitales du membre inférieur. Cahier d'enseignement de la SOFCOT n° 74.
- [43]. Wiener L, Oppenheim D, Breyer J, Battles H, Zadeh S, Patenaude AF. A worldview of the professional experiences and training needs of pediatric psycho-oncologists. *Psychooncology* 2012;21:944–53.
- [44]. Phipps S, Buckholdt KE, Fernandez L, Wiener L, Kupst MJ, Madan-Swain A, et al. Pediatric oncologists' practices of prescribing selective serotonin reuptake inhibitors (SSRIs) for children and adolescents with cancer: a multi-site study. *Pediatr Blood Cancer* 2012;58:210–5.
- [45]. V. Guellec, G. Orliaguet, *Anesthésie du nourrisson et de l'enfant*, © 2011 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.
- [46]. von Ungern-Sternberg BS, Boda K, Chambers NA, Rebmann C, Johnson C, Sly PD, et al. Risk assessment for respiratory complications in paediatric anaesthesia: a prospective cohort study. *Lancet* 2010;376: 773-83.:
- [47]. Schreiner MS, O'Hara I, Markakis DA, Politis GD. Do children who experience laryngospasm have an increased risk of upper respiratory tract infection? *Anesthesiology* 1996;85:475-80.
- [48]. Société française d'anesthésie et de réanimation, Société de

réanimation de langue française, Club d'anesthésie en ORL, Club d'anesthésie en obstétrique, Association des Anesthésistes-Réanimateurs Pédiatriques d'Expression Française, Samu de France, et al. Intubation difficile. Conférence d'experts. Texte Court. Paris, 2006. [http://www.sfar.org/\\_docs/articles/149-cexp\\_intubationdiff-2.pdf](http://www.sfar.org/_docs/articles/149-cexp_intubationdiff-2.pdf).

- [49]. Brady M, Kinn S, Ness V, O'Rourke K, Randhawa N, Stuart P. Preoperative fasting for preventing perioperative complications in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2009(4):CD005285
- [50]. Romney C. Andersen. George P. Nanos 3. Michael S .Pinzur. Benjamin K. Potter. *Amputations in Trauma*, chapter 72.
- [51]. C. Pérot, J.-P. Chambon, *Amputations des membres supérieurs*, 2012 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.
- [52]. Barouti H, Agnello M, Volkmann P. Amputation du membre supérieur. *EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation*, 26-269-A-10, 1998:
- [53]. Wright TW, Hagen AD, Wood MB. Prosthetic usage in major upper extremity amputations. *J Hand Surg [Am]* 1995;20:619–22.
- [54]. Behrend C, Reizner W, Marchessault JA, Hammert WC. Update on advances in upper extremity prosthetics. *J Hand Surg [Am]* 2011;36:1711–7.
- [55]. Dillingham TR, Pezzin LE, MacKenzie EJ. Limb amputation and limb deficiency: epidemiology and recent trends in the United States. *South Med J* 2002;95:875–83.
- [56]. Lindfors N, Raatikainen T. Incidence, epidemiology, and operative outcome of replantation or revascularisation of injury to the upper

- extremity. *J Plast Surg Hand Surg* 2010;44:44–9.
- [57]. Graham B, Adkins P, Tsai TM, Firrell J, Breidenbach WC. Major replantation versus revision amputation and prosthetic fitting in the upper extremity: a late functional outcomes study. *J Hand Surg [Am]* 1998;23:783–91.
- [58]. Baccarani A, Follmar KE, De Santis G, et al: Free vascularised tissue transfer to preserve upper extremity amputation levels. *Plast Reconstr Surg* 120:971-981, 2007. LOE IV
- [59]. Rohrich RJ, Ehrlichman RH, May JW Jr: Sensate palm of hand free flap for forearm length preservation in nonreplantable forearm amputation: long-term follow-up. *Ann Plast Surg* 26:469-473, 1991. LOE IV.
- [60]. Wood MR, Hunter GA, Millstein SG: The value of stump split skin grafting following amputation for trauma in adult upper and lower limb amputees. *Prosthet Orthot Int* 11:71-74, 1987? LOE IV.
- [61]. D. Jochum<sup>1,\*</sup>, L. Delaunay<sup>2</sup>, H. Bouaziz<sup>3</sup>. BLOCS DU MEMBRE SUPERIEUR. Le Congrès Médecins. Les Essentiels 2012 Sfar. Tous droits réservés
- [62]. John F. EIDT / VENKAT R . KALAPATAPU. Lower Extremity Amputation: Techniques and Results, chapter 118. companion Expert website at [www.expertconsult.com](http://www.expertconsult.com)
- [63]. Tintle SM, Baechler MF, Nanos GP, et al: Traumatic and trauma-related amputations. Part 2. upper extremity and future directions. *J Bone Joint Surg AM* 92(18):2934-2945, 2010. LOE V.
- [64]. Smith DG, Michael JW, Bowker JH, editors: Atlas of amputation and limb deficiencies: surgical, prosthetic, and rehabilitation principles, ed

- 3,Rosemont,IL,2004,American Academy of Orthopaedic Surgeons.LOE V.
- [65]. Moran SL, Berger RA: Biomechanics and hand trauma: what you need. *Hand Clin* 19:17–31, 2003. LOE V
- [66]. Carroll(R.E.) . Transposition of index finger , to replace the middle finger ( *Clin.Orthop*, 1959 , 15 , 27-34
- [67]. Tooms RE: Amputation surgery in the upper extremity. *Orthop Clin North Am* 3(2):383–395, 1972. LOE V
- [68]. Wright TW, Hagan AD, Wood MB: Prosthetic usage in major upper extremity amputations. *J Hand Surg [Am]* 20:619–622, 1995. LOE III
- [69]. Sturup J, Thyregod HC, Jensen JS, et al: Traumatic amputation of the upper limb: the use of body-powered prostheses and employment consequences. *Prosthet Orthot Int* 12:50–52, 1988. LOE III
- [70]. Millstein SG, Heger H, Hunter GA: Prosthetic use in adult upper limb amputees: a comparison of the body powered and electrically powered prostheses. *Prosthet Orthot Int* 10:27–34, 1986. LOE
- [71]. Shawen SB, Doukas WC, Shrout JA, et al: Combat care of the amputee, Washington, DC, 2009, Office of the Surgeon General at TMM Publica- tions. LOE V
- [72]. Pinzur MS, Angelats J, Light TR, et al: Functional outcomes following traumatic upper limb amputation and prosthetic fitting. *J Hand Surg [Am]* 19(5):836–839, 1994. LOE IV
- [73]. Dudkiewicz I, Gabrielov R, Seiv-Ner I, et al: Evaluation of prosthetic usage in upper limb amputees. *Disabil Rehabil* 26:60–63, 2004. LOE IV
- [74]. Jones LE, Davidson JH: The long-term outcomes of upper limb

- amputees treated at a rehabilitation centre in Sydney, Australia. *Disabil Rehabil* 17:437–442, 1995. LOE IV
- [75]. Jensen TS, Krebs B, Nielsen J, et al: Immediate and long-term phantom limb pain in amputees: incidence, clinical characteristics and relationships to pre-amputation limb pain. *Pain* 21:267–278, 1985. LOE IV
- [76]. Hanley MA, Ehde DM, Jensen M, et al: Chronic pain associated with upper-limb loss. *Am J Phys Med Rehabil* 88:742–752, 779, 2009. LOE IV
- [77]. Mackinnon SE: Evaluation and treatment of the painful neuroma. *Tech Hand Up Extrem Surg* 1(3):195-212, 1997. LOE V.
- [78]. Helgesen MD, Potter BK, Evans N, et al: Bioartificial dermal substitute: a preliminary report on its use for the management of complex combat-related soft tissue wounds. *J Orthop Trauma* 21(6):394–399, 2007. LOE IV
- [79]. Neusel A, Traub M, Blasius K, et al: Results of humeral stump angulation osteotomy. *Arch Orthop Trauma Surg* 116:263–265, 1997. LOE IV
- [80]. Pasquina PF, Bryant PR, Huan ME, et al: Advances in amputee care. *Arch phys Med Rehabil* 87(3 Suppl 1):S34'-S43, 2006. LOE V.
- [81]. Dederich R. Ostéomyoplastie du moignon d'amputation des membres inférieurs. *Acta Orthop Belg* 1966 ; 32 : 633–40 .
- [82]. Pfeil J, Marquardt E, Holtz T, et al. The stump capping procedure to prevent or treat terminal osseous overgrowth. *Prosthet Orthot Int* 1991; 15 : 96–9.
- [83]. J.-P. Chambon, Amputations des membres inférieurs au cours de

l'évolution des artériopathies chroniques oblitérantes, 2012 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

- [84]. (Redrawn from Kelikian AS, editor: Operative Treatment of the Foot and Ankle. Stamford, CT, 1999, Appleton & Lange, pp 615–616.)
- [85]. Dillon MP, Barker TM: Preservation of residual foot length in partial foot amputations: a biomechanical analysis. *Foot Ankle Int* 27:110–116, 2006. LOE III
- [86]. Pinzur MS, Wolf B, Havey RM: Walking pattern of midfoot and ankle disarticulation amputees. *Foot Ankle Int* 18:635–638, 1997. LOE IV
- [87]. Assal M, et al: Extended posterior flap for transtibial amputation. *Orthopedics* 28:542–546, 2005.
- [88]. Persson BM: Sagittal incision for below-knee amputation in ischaemic gangrene. *J Bone Joint Surg Br* 56:110, 1974.
- [89]. Termansen N: Below knee amputation for ischaemic gangrene: prospective, randomized comparison of a transverse and a sagittal operative technique. *Acta Orthop Scand* 48:311–316, 1977.
- [90]. Jain AS, et al: Transtibial amputation using a medially-based flap. *J R Coll Surg Edinb* 40:263–265, 1995.
- [91]. Pinzur MS, Beck J, Himes R, et al: Distal tibia-fibular bone bridging in transtibial amputation. *J Bone Joint Surg Am* 90:2682, 2006. LOE IV
- [92]. Gritti R. *Annali Universali di Medicina*. Milano 1857 ; 161 : 5.
- [93]. Vichard P, Paquin JM, Bertin D. L'amputation de Gritti doit-elle désormais remplacer l'amputation au 1/3 inférieur de cuisse ? *Chirurgie* 1981;107:285–91.:
- [94]. Gottschalk F, Kourosch S, Stills M : Does socket configuration influence the position of the femur in above-knee amputation ? *J Prosthet Orthot*

- 2:94-102,1989.LOE IV.
- [95]. E.MASCARD,Opération de Van Ness ou de Borggreve,chapitre 40.
- [96]. Menager D,La prothèse canadienne .A propos de 131 cas traités au CRA de valenton.(mémoire),Paris,1983.
- [97]. Sugarbaker PH, et al: A surgical technique for hip disarticulation. Surgery 90:546, 1981
- [98]. Singh R,Hunter J,Philip A :Fluid collections in amputee stumps :a common phenomenon.Arch Phys Med Rehabil 88(5) :661-663,2007.LOE 3.
- [99]. Foisneau-Lottin A, Martinet N, Henrot P, et al: Bursitis, adventitious bursa, localized soft-tissue inflammation, and bone marrow edema in tibial stumps: the contribution of magnetic resonance imaging to the diagnosis and management of mechanical stress complications. Arch Phys Med Rehabil 84(5):770–777, 2003. LOE III
- [100]. Murnaghan JJ, Bowker JH: Musculoskeletal complications. In Smith DG, Michael JW, Bowker JH, editors: Atlas of amputations and limb deficiencies: surgical, prosthetic, and rehabilitation principles, ed 3, Rose- mont, IL, 2004, American Academy of Orthopaedic Surgeons. LOE V
- [101]. Richardson C, Glenn S, Nurmikko T, et al: Incidence of phantom phenomena including phantom limb pain 6 months after major lower limb amputation in patients with peripheral vascular disease. Clin J Pain 22(4):353–358, 2006. LOE III
- [102]. Danshaw CB: An anesthetic approach to amputation and pain syndromes. Phys Med Rehabil Clin N Am 11(3):553–557, 2000. LOE V

- [103]. Nashold BS, Golder JL, Mullen JB, et al: Long term pain control by direct nerve stimulation. *J Bone Joint Surg* 62:1–10, 1982. LOE III
- [104]. Nelson AW: The painful neuroma: the regenerating axon versus the epineural sheath. *J Surg Res* 23:215–221, 1977. LOE
- [105]. Fournier-Charrière E, Marec-Berard P, Schmitt C, et al. Management de la douleur neurologique chronique chez l'enfant : consignes de bonnes pratiques cliniques. *Arch Pediatr* 2011 ; 18 : 905–1
- [106]. J. GRIFFET. L'amputation et l'appareillage chez l'enfant, Conférences d'enseignement 2015, © 2015, Elsevier Masson SAS
- [107]. Lamandé F, Dupré JC, Baudin O, Cécile F, Frison V, Mangin C. Rééducation de la personne amputée de membre inférieur. EM (Elsevier Masson SAS, Paris), Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation, 26-270-A-10, 2011.
- [108]. Information technique Otto Bock : Batteries Myoénergy Intégral.
- [109]. Tintle SM, Baechler MF, Nanos GP, et al: Reoperations following combat-related upper-extremity amputations. *J Bone Joint Surg Am* 94:e119, (1-6), 2012. LOE IV
- [110]. Wright TW, Hagen AD, Wood MB: Prosthetic usage in major upper extremity amputations. *J Hand Surg [Am]* 20:619–622, 1995. LOE III
- [111]. Raichle KA, Hanley MA, Molton I, et al: Prosthesis use in persons with lower- and upper-limb amputation. *J Rehabil Res Dev* 45:961–972, 2008. LOE II
- [112]. Parker P, Englehart K, Hudgins B: Myoelectric signal processing for control of powered limb prostheses. *J Electromyogr Kinesiol* 16(6):541–548, 2006. LOE V
- [113]. Lamandé F. Krankengymnastik zur Vorbereitung des Patienten für

- eine myoelektrische Prothesenversorgung. *Med Orth Tech* 1992;112:20–4.
- [114]. Lamandé F. La rééducation préprothétique en vue d'un appareillage myoélectrique ou myoélectronique du membre supérieur amputé. *Kinesither Sci* 1993;329:10–7.
- [115]. Joly B. Données récentes en matière d'excitation musculaire. *Ann Kinesither* 1989;16:253–60.
- [116]. F. Lamandé, J.-C. Dupré, P. Talbot, M. Gillet, T. Januscevic, M. Dréjas-Zielinska. Amputation du membre supérieur
- [117]. André JM, Paquin JM, Martinet N. Appareillage et rééducation des amputés du membre supérieur. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Kinésithérapie, 26269 A-10, 1990 : 18p.
- [118]. Lamandé F, Dupré JC, Cécile F, Sénégas-Rouvière J, Petit I, Salze O. Réadaptation de la personne amputée de membre inférieur. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation, 26-610-A-10, 2011.
- [119]. Hills RE. Tying a shoe lace one-handed. *Physiotherapy* 1984;70:395.
- [120]. Witorius JM. Facteurs pronostiques de reprise de la marche chez l'amputé. In: Codine P, Brun V, André JM, editors. Amputation du membre inférieur – Appareillage et rééducation. Paris: Masson; 1996. p. 301-8.
- [121]. Kobayashi T, Orendurff MS, Boone DA. Effect of alignment changes on socket reaction moments during gait in transfemoral and knee-disarticulation prostheses : case series. *J Biomech* 2013 ; 46 : 2539–45.
- [122]. Bryant PR, Pandian G. Acquired limb deficiencies. 1. Acquired limb

- deficiencies in children and young adults. *Arch Phys Med Rehabil* 2001 ; 82(Suppl 1) : S3–8.
- [123]. Centomo H, Amarantini D, Martin L, et al. Muscle adaptation patterns of children with a trans-tibial amputation during walking. *Clin Biomech* 2007 ; 22 : 457–63.
- [124]. Loiret J, Paysant N, Martinet JM. Analyse de la littérature. Évaluation des amputés. *Ann Readapt Med Phys* 2005 ; 48 : 307–16.
- [125]. Treby J, Main EA. Survey of physiotherapists involved in paediatric lower limb amputee rehabilitation in the British Isles. *Physiotherapy* 2007 ; 93 : 212–7.
- [126]. Flint JH, Wade AM, Stocker D, et al: Bone mineral density loss following combat-related lower extremity amputation. 54th Annual Meeting of the Society of Military Orthopaedic Surgeons. Naples, FL. December 10-14, 2012. LOE II
- [127]. Kuiken TA, Dumanian GA, Lipschutz RD, et al: The use of targeted muscle reinnervation for improved myoelectric prosthetic control in a bilateral shoulder disarticulation amputee. *Prosthet Orthot Int* 28:245–253, 2004. LOE IV.
- [128]. Kuiken TA, Li G, Lock BA, et al: Targeted muscle reinnervation for real-time myoelectric control of multifunction artificial arms. *JAMA* 301:619–628, 2009. LOE IV
- [129]. Dumanian GA, Ko JH, O’Shaughnessy KD, et al: Targeted reinnervation for transhumeral amputees: current surgical technique and update on results. *Plast Reconstr Surg* 124:863–869, 2009. LOE IV
- [130]. Schneeberger S, Landin L, Jableki J, et al: Achievements and

challenges in composite tissue allotransplantation. *Transpl Int* 24:760–769, 2011. LOE IV

## *Serment d'Hippocrate*

*Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.*

- *Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.*
- *Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité. La santé de mes malades sera mon premier but.*
- *Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.*
- *Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.*
- *Les médecins seront mes frères.*
- *Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.*
- *Je maintiendrai le respect de la vie humaine dès la conception.*
- *Même sous la menace, je n'userai pas de mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.*
- *Je m'y engage librement et sur mon honneur.*

# قسم أبقراط

بسم الله الرحمن الرحيم

أقسم بالله العظيم

في هذه اللحظة التي يتم فيها قبولي عضوا في المهنة الطبية أتعهد علانية:

- ◀ بأن أكرس حياتي لخدمة الإنسانية.
- ◀ وأن أحترم أسانذتي وأعترف لهم بالجميل الذي يستحقونه.
- ◀ وأن أمارس مهنتي بوانزع من ضميري وشر في جاعلا صحة مريض هدي في الأول.
- ◀ وأن لا أفشي الأسرار المعهودة إلي.
- ◀ وأن أحافظ بكل ما لدي من وسائل على الشرف والتقاليد النبيلة لمهنة الطب.
- ◀ وأن أعتبر سائر الأطباء إخوة لي.
- ◀ وأن أقوم بواجبي نحو مرضاي بدون أي اعتبار ديني أو وطني أو عرقي أو سياسي أو اجتماعي.
- ◀ وأن أحافظ بكل حزم على احترام الحياة الإنسانية منذ نشأتها.
- ◀ وأن لا أستعمل معلوماتي الطبية بطريق يضر بحقوق الإنسان مهما لاقيت من تهديد.
- ◀ بكل هذا أتعهد عن كامل اختيار ومقسما بشري في.

## بتر وتفكك الأطراف الخصوصيات عند الأطفال وضع

### أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم : .....

#### من طرفه

الآنسة: فاطمة الزهراء بن مولى

المزودة في: 14 شتنبر 1989 بمراكش

### لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية: البتر - التفكك - المعدات - الطفل.

#### تحت إشراف اللجنة المكونة من الأساتذة

رئيس

السيد: نور الدين قدوري

أستاذ في جراحة الأطفال

مشرف

السيد: محمد أنور دندان

أستاذ في جراحة العظام والمفاصل عند الأطفال

أعضاء

السيد: مصطفى بوسوكة

أستاذ في جراحة العظام والمفاصل

السيد: ادريس بن شبة

أستاذ في جراحة العظام والمفاصل