

**L'utilisation de la moelle osseuse comme  
autogreffe en cas de fractures non consolidées**

Mohamed Ahmed Samir Kassem  
Chef de clinique assistant  
Hôpitaux Universitaires d'Alexandrie,  
Egypte

# INTRODUCTION

La consolidation des fractures est un processus complexe, qui commence avec la trauma initiale et continue pendant plusieurs années après l'union clinique et radiologique jusqu'à l'os conserve sa structure d'origine et de sa fonction. Le retard ainsi que l'arrêt de la consolidation sont deux des problèmes communs, qui peuvent faire face à l'interruption de guérison. Ce retard peut être causé par plusieurs facteurs, mais encore il peut se produire sans cause évidente.

Plusieurs méthodes de traitement ont été adoptées pour remédier à ce problème (par exemple, greffon osseux, la stimulation électrique, et les ultrasons). Aspiration de la moelle osseuse de la crête iliaque et son injection dans le site de fracture est l'une des plus récentes techniques, qui peut être utilisé pour surmonter ce problème. Elle peut représenter une méthode prometteuse d'application de l'ingénierie tissulaire dans le domaine orthopédique qui évite bon nombre de complications de la greffe osseuse traditionnelle méthode couramment utilisée de nos jours.

## *Composition de l'os*

Le tissu osseux est composé de cellules mésenchymateuses (ostéocytes) embarqués dans une matrice extra cellulaire. Cette matrice est constituée d'éléments minéraux, qui est responsable de la résistance à la compression, et une composante organique, qui donne les os de la plasticité nécessaire pour résister à la fracture due à la déformation. L'os possède un riche approvisionnement en sang ainsi que les nerfs et les vaisseaux lymphatiques.

Le périoste qui est la couverture extérieure de l'os a une couche externe fibreuse et une couche intérieure vasculaire et cellulaire. Le périoste joue un rôle important dans la

consolidation des fractures.

Deux types d'os existent: l'os corticale ou plus compact des os formant diaphyses des os longs, et l'os spongieux ou faisant l'métaphyses des os longs et les plus courts et les os plats. La site de la fracture (os corticale ou spongieux) est des facteurs qui influencent la consolidation des fractures.

### **La consolidation des fractures :**

La guérison est le processus par lequel un tissu suite à des blessures essaie de rétablir sa structure et sa fonction. Il se compose d'un complexe d'éléments cellulaires, humorales et événements vasculaires.

la consolidation osseuse est nommée meilleure régénération osseuse, car elle consiste à remplacer les tissus lésés par du tissu de leur propre nature et ne laisse pas de cicatrice. Les fractures non déplacées chez les personnes âgées et les fractures de toutes les formes dans le plus jeune des individus se rapprochent le plus pour atteindre la pleine régénération.

- Trois éléments distincts participent à la phase de régénération osseuse:

1) Le premier élément consiste en une ostéoinduction chimique, humorale, ou signal physique qui initie et soutient les diverses étapes du processus de régénération osseuse. Ces facteurs inductifs diffèrent selon le stade de la régénération: le premier facteur inductif suite à une blessure est distincte du facteur inductif qui guide le remodelage osseux ultime dans le sens du stress. Le résultat est de l'ostéoinduction de la modulation et de la différenciation des cellules à produire des os. La protéine morphogène de l'os, une glycoprotéine est un exemple de ces facteurs inductifs identifiés à ce jour.

2) Le deuxième composant, l'ostéoconduction, sert à la création d'un environnement approprié sur lequel les cellules ostéoprogénitrices, lorsqu'elles sont bien stimulées, peuvent produire de l'os. Le collagène, comme un exemple de matériel de

l'osteoconduction, est le principal composant qui permet le dépôt de l'os au site de la fracture et aide à la régénération d'os nouveau afin de remplir les grands défauts de l'os.

3) Le troisième élément de régénération est la cellule osteoprogenitrice, qui origine de la moelle osseuse, ainsi que des fibroblastes indifférenciées des tissus adjacents. Ces cellules mésenchymateuses primitives sont attirées par le site de la lésion et selon les conditions environnementales appropriées (osteoconduction) et stimulées par la bonne phénomène inductive (osteoiduction), ces cellules osteoprogenitrices seront activées pour engager et maintenir le processus de régénération osseuse. En outre, les cellules osseuses telles que les ostéoblastes et ostéocytes dans le secteur adjacent seront activées.

#### Les facteurs influant sur la guérison des fractures :

Il ya de multiples facteurs qui influent sur le processus de guérison des fractures qui pourraient être liés au patient, le traumatisme initial, le type de l'os et le type de traitement :

##### • Facteurs systémiques:

- L'âge a une influence importante sur la guérison de fracture: les fractures des enfants guérissent plus rapidement que les adultes, mais ce facteur a un effet limité après la maturité du squelette.
- Troubles hormonaux : les corticostéroïdes retardent la guérison des fractures et l'insuline, la calcitonine et les hormones thyroïdiennes renforcent le processus de guérison.
- Tabac : joue un rôle très important dans le retard ou l'arrêt de guérison des fractures
- L'infection peut ralentir ou empêcher la consolidation en causant une nécrose des tissus et la perte de l'énergie en vue d'éliminer cette infection.

• En ce qui concerne le traumatisme initial:

- les fractures ouvertes, ou celles qui sont associées à des insultes aux tissus mous, ainsi que comminution souffrent de la baisse d'approvisionnement en sang aux fragments d'os causant un retard dans le processus de réparation.
- L'interposition des tissus mous entre les extrémités de la fracture peut empêcher la consolidation de la fracture.

• En ce qui concerne le type d'os:

- L'os spongieux guérit plus rapidement que l'os corticale grâce à la grande surface de contact osseuse riche en cellules et de l'approvisionnement en sang.
- La pathologie actuelle des fractures pathologiques peut provoquer un retard dans le processus de réparation.

• En ce qui concerne le type de traitement:

- Restauration de l'apposition des fragments de la fracture permet la guérison.
- La stabilisation des fragments de la fracture en utilisant la fixation externe ou interne facilite la guérison en prévenant les perturbations répétées de la réparation tissulaire.
- Certaines techniques ont été utilisées pour favoriser la guérison de fracture: greffe osseuse, des champs électriques, la moelle osseuse, les ultrasons et d'autres.

Revue des méthodes de traitement des fractures associées à un retard ou arrêt de consolidation :

1) greffe osseuse:

Cette méthode est couramment utilisée dans les dernières dizaines d'années. Il existe différents types de greffes osseuses à savoir:

- Autogreffe: du patient lui-même.
- Isogreffe: d'une autre personne avec histocompatibilité c'est-à-dire des jumeaux identiques.
- Allogreffe: d'une autre personne différente.
- Xenogreffe: à partir d'un membre d'une autre espèce.

La source de cette greffe pourrait être soit d'os corticale ou d'os spongieux ou les deux. Cette méthode présente l'inconvénient d'une autre intervention chirurgicale à côté de l'original, avec des risques d'infection et de la douleur postopératoire.

2) Transport de l'os :

Cette technique est utilisée dans le traitement de l'arrêt de la consolidation des fractures des os longs associé à la perte osseuse ou d'infection. Cette méthode est couramment utilisée à travers l'Ilizarov (fixateur externe).

3) Les ultrasons

La stimulation de la guérison des fractures peut être aidée par les ultrasons, ce qui a été prouvée par des études.

4) La stimulation électrique

L'utilisation des courants électriques pour accélérer la consolidation en cas de son retard a été aussi utilisé.

5) La moelle osseuse

Récemment, la moelle osseuse a été utilisée dans le traitement du retard de l'union et non dans de nombreuses études. Ce sujet sera discuté en détail plus tard.

6) Autres: les facteurs de croissance osseuses comme la protéine morphogène osseuse.

## La moelle osseuse et sa relation à l'ostéogénèse :

Dans un adulte normal, la moelle rouge, ce qui est plus important en ce qui concerne l'ostéogénèse est présent dans le squelette axial, les os du bassin et dans la partie proximale des os longs bien qu'il occupe une plus large surface pendant l'enfance.

### Composition de la moelle osseuse:

La moelle osseuse est formée de la moelle jaune, qui est composée essentiellement de la graisse et de la moelle rouge. La moelle rouge est composée de cellules hématopoïétiques et stroma. Le stroma de la moelle se compose de cellules réticulaires et des fibres ainsi que des cellules endothéliales tapissant les sinusoides médullaires, les adipocytes et les fibroblastes. Les composantes importantes de la moelle osseuse liées à cette étude sont les cellules de tige du stroma, qui sont capables de donner naissance à un certain nombre de lignées dont la lignée ostéogénique.

Ces cellules de tige, par leur division asymétrique ne sont pas limitées à un nombre fixe de divisions cellulaires. Les cellules de tige semblent être sous contrôle négatif par contact avec d'autres cellules ou par le contrôle des régulateurs négatifs de leur progéniture différenciée. Leurs descendants sont à leur tour affectés par un certain nombre de facteurs intrinsèques et extrinsèques. Quand les suspensions de cellules de la moelle sont plaquées *in vitro*, des colonies de fibroblastes sont formées, chacune provenant d'une seule cellule multi potentiel nommé unité formant colonie fibroblastes (UFC-F). Les sous-populations de ces cellules montrent une capacité proliférative sélective. Lorsque ces cellules sont implantées dans les chambres de phosphate de calcium diffusion *in vivo*, l'UFC-F établit la nature ostéoblastique de ces cellules qui sont capable de minéralisation de la matrice et de l'expression de marqueurs ostéoblastiques spécifiques.

Deux types de cellules ostéoprogénitrices ont été démontrées: celui qui est induit à produire de l'os, et celui qui est déterminé à produire de l'os. Le premier existe dans tous les tissus conjonctifs et est considéré une cellule indifférenciée. Le deuxième se trouve uniquement dans la moelle osseuse et est déjà différencié en une ligne de production de



l'os. La moelle osseuse est le seul tissu qui contient une abondance de cellules osteoprogenitrices en fois déterminées et inductibles.

Les cellules dérivées osteoprogenitrices de la moelle osseuse, semblent être réglementées et différenciées par un certain nombre de facteurs, y compris osteogenin, facteur de croissance transformant bêta , la protéine morphogène osseuse, et facteur de croissance des fibroblastes.

La source des cellules progénitrices de la moelle osseuse peut être la pericyte, la cellule endothelial et / ou de la cellule réticulaire comme plusieurs études ont essayé de prouver.

En ce qui concerne les trois composantes de l'ostéogenèse mentionné précédemment, la moelle osseuse contient deux d'entre eux, qui sont les cellules et les facteurs de croissance. Il est donc très important agent osteoinducteur et un matériau de greffe très convenable.

### Préparation de la moelle osseuse :

Plusieurs études ont été effectuées en vue d'obtenir un aspiré de moelle osseuse, qui contient autant de cellules osteoprogenitor que possible.

Dans une étude concernant l'influence de la volume de l'aspiration sur l'aspiré obtenu de la crête iliaque sur le nombre de cellules osteoprogenitrices dans la aspiré, il a été trouvé qu'une augmentation du volume de l'aspiration d'un à quatre millilitres entraîne une diminution d'environ 50 pour cent dans la concentration finale des cellules osteoprogenitrices. Sur la base de ces données, il a été recommandé que, lorsque la moelle osseuse est obtenue par aspiration pour l'utilisation comme greffon osseux, le volume de l'aspiration de chaque site ne doit pas être supérieure à deux millilitres. Un plus grand volume diminue la concentration de cellules progénitrices osteoblastes à cause de la dilution de l'échantillon de moelle osseuse avec le sang périphérique.

D'autres études ont été préoccupés par les techniques de l'augmentation de la concentration des cellules osteoprogenitrices dans la moelle osseuse aspiré à travers différentes méthodes de centrifugation. Les deux principaux facteurs qui déterminent la faisabilité technique de ces procédures sont la consommation de temps pour la préparation et la maintien de la stérilité. La concentration de la moelle est indiqué en premier lieu pour traiter les problèmes de guérison lorsque l'espace est limité (par exemple scaphoïde).

Revue des études sur la moelle osseuse :

Le potentiel ostéogénique de la moelle osseuse a été l'objectif de plusieurs études depuis les premières décennies du XXe siècle.

McGraw et Harbin, ont été parmi les premiers à prouver l'activité ostéogénique de la moelle osseuse en 1934. Ils ont utilisé la moelle osseuse comme un greffon pour combler un défaut des fibulas des chiens et ils les ont comparées avec les fibulas controlatérales non greffées avec des défauts. La côté greffée avec la moelle osseuse a été remplie d'os contrairement à l'autre côté non greffée.

Burwell a montré que les greffes composites contenant de la moelle osseuse sont plus ostéogénique que les greffes sans la moelle osseuse. De nombreuses autres études ont confirmé ces deux constatations en utilisant soit la matrice osseuse déminéralisée, allogreffes ou céramiques poreuses combinées à la moelle osseuse.

Des études récentes par Salama ont combinées l'os Kiel avec la moelle osseuse comme composite xeno-autogreffe et il l'a été utilisée comme un greffon osseux pour les défauts de l'os, les non unis, la fusion de colonne vertébrale, arthrodèses, et les fractures du plateau tibial avec d'excellents résultats cliniques.

En ce qui concerne l'utilisation de la greffe osseuse par voie percutanée, elle a été introduite pour la première fois par Herzog en 1951. Il a utilisé une aiguille de gros calibre et des petits copeaux de greffe osseuse pour traiter des fractures non consolidées. Depuis la moelle osseuse a une texture liquide, il s'agit d'une prochaine étape logique de combiner la technique de greffe percutanée introduit par Herzog et de la greffe de la moelle osseuse présentée par McGraw dans de nombreuses études depuis lors.

En 1998, Connolly a déclaré que, dans son réexamen de ses 15 années de recherche dans les diverses méthodes et techniques de l'utilisation de cellules osteoprogenitrices de la moelle osseuse, a montré que les greffes de moelle osseuse peut être utile à de nombreux

problèmes, par exemple la guérison des fractures du tibia non unis ou retardés, soit infectés ou non. Il a également confirmé que cette méthode offre une amélioration considérable de la méthode ouverte de la greffe de la crête iliaque et fournit une solution intéressante et avantageuse de stimulation de l'ostéogenèse dans le traitement et la prévention des non-unions.

D'autres études ont montré que la moelle osseuse percutanée pourrait être utilisée dans d'autres conditions telles que le traitement de kystes osseux simples, congénitale pseudarthrose congénitale du tibia avec des résultats très prometteurs et à le traitement de l'union retardée dans des difficiles circonstances cliniques telles que le cancer.

## MATERIEL

Le matériel de cette étude a compris 20 patients atteints de fractures du tibia avec un retard ou arrêt de consolidation .

Toutes ces fractures ont été traitées à l'Hôpital Universitaire EL-Hadara de la chirurgie orthopédique et traumatologie.

Le plus jeune patient de cette série était de 19 ans et le plus âgé avait 80 avec l'âge moyen de 44,65 ans,

Treize patients (65%) de cette série étaient des femmes et 7 (35%) étaient des hommes.

Neuf patients (45%) ont souffert de fractures multifragments du tibia alors que 11 patients (55%) avaient des fractures de seule ligne.

La fracture du tiers supérieur du tibia a été rencontrée dans 6 patients (30%), tandis que 9 patients (45%) ont souffert de fractures du tibia de tiers médian. Les 5 autres patients avaient des fractures de tiers inférieur.

Six patients (30%) étaient des fumeurs.

La durée du retard de la consolidation des fractures avant la chirurgie a varié entre 4 mois à 10 mois.

## METHODE

Ces cas de retard ou de non union de la fracture du tibia ont été traités par l'injection percutanée de la moelle osseuse à la site de la fracture en association avec la fixation externe de la fracture.

- Application du fixateur externe Heidelberg dans 19 cas. Le fixateur externe Ilizarov a été utilisé dans un seul cas.
- Le fixateur a été utilisé pour corriger l'angulation présente dans certaines fractures.
- L'étape suivante a été l'aspiration de la moelle osseuse de la crête iliaque postérieure au moyen d'une aiguille d'aspiration de moelle osseuse (Downs, Yorkshire S9 4WJ Angleterre).
- Le volume de la moelle osseuse aspirée est de 20-30 ml et a été mis dans une seringue hépariné afin d'éviter sa coagulation.
- La moelle osseuse a été injecté dans la site de fracture en utilisant la même aiguille.

### Post opératoire regime:

la jambe est élevée dans le premier jour post-opératoire et le patient a été encouragé pour les mouvements de la cheville et du genou dès le lendemain.

Les broches du fixateur externe ont été soignées. Toute infection des voies broches qui s'est produit a été traité par la culture et les antibiotiques.

Un examen radiographique a été fait pour l'évaluation de la position du fixateur externe et la position de la fracture, les patients ont été suivis radiologiquement pour la durée du fixateur externe qui était de 8 semaines.

Après 8 semaines, le fixateur a été enlevé et les patients ont été examinés à la fois clinique et radiologique.

Le fixateur externe a dû être supprimée à partir d'un seul patient aussi tôt que deux semaines après la chirurgie en raison de comportements coopératifs et que le patient continue à jeter pendant deux mois, jusqu'à la pleine union a été atteint.

#### Méthodes d'évaluation des résultats :

Les résultats ont été évalués cliniquement et radiologiquement.

##### (I) Évaluation clinique:

###### \* Évaluation subjective:

- Douleur au site de la fracture : 16 patients (80%) étaient libres de la douleur autour du site de la fracture, tandis que les autres 4 patients (20%) avaient une légère douleur.

###### \* Evaluation objective :

- Mobilité au site de la fracture: Tous les patients n'ont pas de mobilité du site de la fracture.

- Tendresse à la fracture site: Tous les patients n'avaient aucune tendresse directe à la fracture site.

- Capacité de se mettre debout non supportée: Tous les patients avaient la capacité de se mettre debout sur le membre atteint sans aucun support.

##### (II) Évaluation radiologique:

- Tous les patients ont montré du cal traversant du site de la fracture avec consolidation radiologique.

- Tous les patients qui avaient une amélioration de l'ostéoporose distale au site de la fracture.

## **Complications :**

Sept patients ont souffert de l'infection des voies des broches, 5 d'entre eux ont été une infection légère de grade I (décharge sereuse), et l'autre 2 ont été infection modérée grade II (cellulite superficielle).

Tous les cas ont été traités par la culture et le traitement antibiotique approprié si nécessaire.



## DISCUSSION

Le retard de consolidation ou l'arrêt de consolidation des fractures continue à être un problème difficile face à la chirurgie orthopédique.

Plusieurs méthodes ont été adoptées pour remédier à ce problème. La greffe osseuse en utilisant soit autogreffe ou allogreffe est le plus couramment utilisée de nos jours, mais associée avec des complications comme l'hémorragie, une infection, une intervention chirurgicale supplémentaire, cicatrice douloureuse, les perturbations du site de la fracture afin de livrer la greffe.

Le transport de l'os est une autre méthode qui est en train de prendre un rôle important de nos jours, principalement en utilisant les Ilizarov fixation externe avec de bons résultats.

Des études récentes ont mis l'accent sur les techniques non invasives comme l'échographie et de la moelle osseuse, ce qui permettrait d'atteindre les mêmes résultats, comme les techniques les plus fréquemment utilisés de nos jours, mais avec moins de complications.

La plupart des études relatives à la moelle osseuse et son application ont déjà été effectués sur des animaux avec peu d'études sur son utilisation chez des patients. Les résultats de traitement de cette série étaient les suivantes: seize patients (80%) étaient sans douleur au site de la fracture tandis que 4 patients (20%) se plaignaient d'une légère douleur au site de la fracture. Lors de l'examen de cette légère douleur, il était lié à l'ostéoporose de la partie distale du site de la fracture et à la raideur des articulations à proximité plutôt que du site de la fracture lui-même.

Au moment de la suppression du fixateur externe, tous les patients ont atteints la

consolidation clinique et ils n'ont pas subi de tendresse ou de mobilité au site de la fracture. Ils ont tous été capables de mettre appui sans aucun support sur le membre atteint.

La consolidation radiologique était évidente chez tous les patients, où ils avaient tous du cal traversant le site de la fracture.

Les avantages de la moelle osseuse par rapport à d'autres techniques utilisées pour traiter des problèmes de consolidation osseuse comme la greffe osseuse pourraient être résumés comme suit:

- Il représente une technique simple ne nécessitant qu'une aiguille pour aspiration qui n'est pas invasive et peut être utilisée uniquement avec une anesthésie locale pour aspirer la moelle osseuse.
- L'injection de moelle osseuse est un processus biologique qui est lié au patient (autogreffe) il n'y a donc aucun risque de transmission de maladies ou de réactions croisées.
- Par rapport à une greffe osseuse il n'y a pas d'incision chirurgicale supplémentaire avec ses complications, tels que la douleur et la cicatrice hideuse à la site de greffe iliaque.
- Pas de risque d'infection.
- La moelle osseuse par injection percutanée de méthode fermée ne perturbe pas le site de la fracture.

Dans cette série, le fixateur externe a été appliqué seulement comme une méthode de fixation sans mettre d'appui pendant les 8 semaines de son application afin de se concentrer sur l'effet de la moelle osseuse sur le processus de guérison, sans aucune influence de la fixation externe bien que ce fixateur externe nous a aidés à surmonter les complications de l'immobilisation précédente en permettant des exercices actifs des articulations.

## CONCLUSION

- l'injection de la moelle osseuse est une méthode très simple et efficace non-invasive de traitement des retards et de la non-union des fractures des os longs.
- elle ne peut pas être utilisée seule en cas de fractures associées avec des défauts osseux.
- elle a besoin d'une bonne fixation de la fracture.
- associée avec des complications très minimes et insignifiantes.
- pas de risques de transmission de maladies contrairement à l'allogreffe.
- pas de risques d'allergie contrairement à l'allogreffe.
- peut-être répétée en cas de besoin.
- peut-être faite sous anesthésie locale en cas de patients avec de risque élevés.