

FRACTURES

PENYEMBUHAN PATAH TULANG

KKU

KK

617.15

Agus

P



OLEH :

drg. PETER AGUS

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA

7 OKTOBER 1989

P E N Y E M B U H A N P A T A H T U L A N G



Mengetahui :

Kepala Laboratorium Ilmu Bedah Mulut
Fakultas Kedokteran Gigi Unair


Dr.drg.SUDARTO WIRJOKUSUMO
NIP. 130 212 018

MILIK
PERPUSTAKAAN
"UNIVERSITAS AIRLANGGA"
SURABAYA

480/LP/PUA/H/'93



[Faint, illegible text and signature]

DAFTAR ISI

	halaman
PENDAHULUAN	1.
I. TINJAUAN KEPUSTAKAAN.....	3.
I. 1. Anatomi dan Histofisiologi Tulang	3.
I. 2. Histogenesis Tulang	8.
I. 3. Ossifikasi / Mineralisasi pada Tulang	11.
I. 4. Tahap - tahap Penyembuhan Tulang	12.
I. 5. Delayed Union dan Non Union	16.
I. 6. Kapan Terjadinya Penyembuhan Patah Tulang	17.
I. 7. Beberapa contoh Proses Penyembuhan Tulang	18.
II. KESIMPULAN	24.
III. DAFTAR RUJUKAN	25.

—oOo—

PENDAHULUAN

Perawatan patah tulang telah diketahui sejak zaman dahulu akan tetapi perawatan patah tulang yang benar sejak teknik pemakaian radiografi digunakan secara adekuat yaitu beberapa tahun setelah penemuan x'rays tahun 1895. Pada tahun 1923, Smith melakukan penelitian secara arkeologi terhadap mummy yang ditemukan dengan patah tulang yang masih terpasang splint yang berumur 47 abad yang lalu.

Hal ini dapat dimengerti bahwa untuk mengurangi atau menghilangkan rasa sakit tersebut mereka menggunakan splint untuk immobilisasi agar lebih cepat terjadi penyembuhan patah tulang.

Pengetahuan mengenai penyembuhan patah tulang masih belum diketahui sampai abad ke17.

Volcher Coiter (1659) didalam bukunya "De Ossibus Infantis" menerangkan tentang kerangka manusia dan pertumbuhan tulang panjang yang terletak pada kedua ujungnya.

Clopton Hovers (1691) menerangkan masalah arsitektur dan nutrisi tulang didalam bukunya "Osteologia Nova" atau "Some Observation on Bones".

John Hunter melakukan bone graft dengan memakai tulang ayam dan menerangkan pula mengenai tahapan penyembuhan tulang secara morfologi menjadi fase hematoma, metaplasia jaringan, kallus lunak, kallus keras dan fase remodelling. Pengetahuan tentang penyembuhan tulang makin berkembang lagi dengan adanya antiseptik bedah oleh Lister tahun 1867, penemuan mikroskop, sistem pengecatan jaringan, fisiologi tulang, analisa biokimia pada jaringan keras dan mulai dipelajari sifat mekanik dari jaringan keras.

Johannes Muller (1836) menerangkan bahwa jaringan tulang rawan berasal dari jaringan mesenchym.

John Goodsir menyatakan bahwa terdapat sel - sel tertentu pada periosteum melepaskan substansi hyalin.

Virchow (1851) menyebut substansi hyalin yang dihasilkan oleh sel-sel tertentu pada periosteum tersebut sebagai "osteoid" sedangkan Gegenbauer pada tahun 1864 menyebut sel -sel pembentuk tulang rawan tersebut sebagai "osteoblast".

Kolliker (1873) menemukan sel - sel dengan inti banyak yang disebut sebagai "osteoclast".

Julius Wolff, professor dalam bidang ilmu bedah tulang di Berlin pada tahun

1892 mengadakan koreksi-koreksi fundamental terhadap pengetahuan penyembuhan tulang yang terkenal dengan " Wolff Law ".

Dalam mempelajari penyembuhan patah tulang, para sarjana terus melakukan penyelidikan dengan berbagai alat sehingga untuk mengerti akan penyembuhan tulang memerlukan pengetahuan mengenai anatomi dan histofisiologi tulang, histogenesis tulang, ossifikasi/mineralisasi tulang, tahap - tahap penyembuhan tulang dan kapan penyembuhan tulang terjadi.

—oOo—

I. TINJAUAN KEPUSTAKAAN

I.1. ANATOMI DAN HISTOFISIOLOGI TULANG ^{1,2,5,7,8,11,12.}

Pada proses evolusi organisme, suatu jenis protein akan timbul dengan berbagai derajat kekakuan, elastisitas, dan kekuatan tertentu tergantung pada pengaruh sekitar dan kebutuhan fungsional organisme tersebut. Protein tersebut adalah kolagen yang dapat ditemukan pada kulit, membrana basalis, tulang rawan dan tulang.

Fungsi tulang untuk menyokong bagian - bagian lunak, melindungi bagian bagian vital yang terletak dalam tengkorak dan dinding toraks serta mengandung sumsum tulang dimana dibentuk sel-sel darah.

Secara anatomik tulang terdiri atas: tulang panjang, tulang pendek dan tulang pipih .

Tulang panjang merupakan suatu sistem pengungkit yang mempunyai fungsi memperbesar kekuatan kontraksi otot yang melekat padanya.

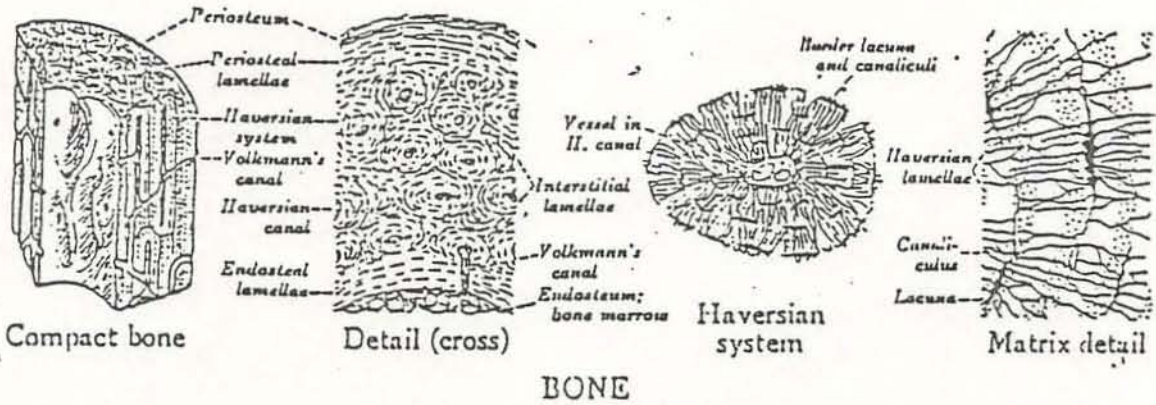
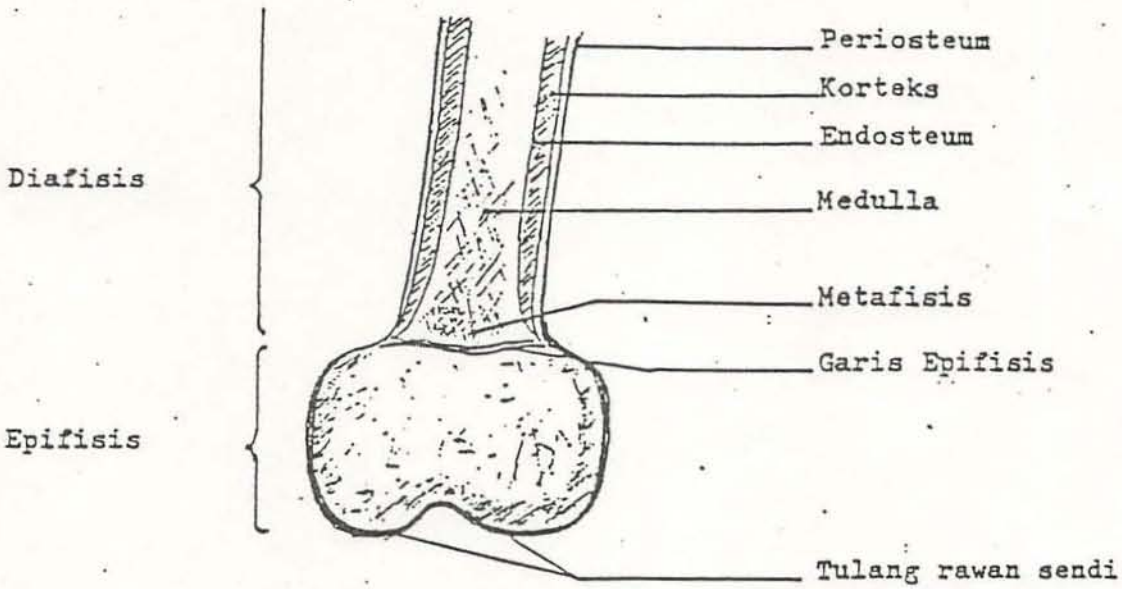
Tulang panjang yang masih dalam proses pertumbuhan terbagi dalam beberapa daerah yaitu :

1. Diafise, bagian tengah tulang panjang.
2. Metafise, bagian diafise yang letaknya berdam pingan dengan garis epifise.
3. Garis epifise , bagian dimana terdapat penulangan enkhondral.
4. Epifise, bagian pada kedua ujung tulang panjang dimana terdapat penulangan tersendiri.

Pada potongan memanjang susunan tulang terdiri atas :

1. Bagian korteks, yang terdiri atas tulang kompak dengan sistem havers yang memungkinkan sirkulasi darah didalam tulang.
2. Bagian medulla, dengan susunan trabekula dari tulang spongiosa atau "cancellous bone" dan diantaranya terdapat sumsum tulang. Sebagian besar dari korteks , $\frac{2}{3}$ - $\frac{3}{4}$ bagian sebelah dalam mendapat vaskularisasi dari bagian medulla dan sisanya mendapat vaskularisasi dari periosteum.
3. Periosteum, merupakan bagian disebelah luar korteks yang terdiri dari lapisan jaringan ikat fibrous dibagian luarnya dan lapisan yang membentuk tulang pada bagian dalamnya.
4. Endosteum, merupakan bagian disebelah dalam dari korteks yang berbatasan dengan medulla.

GAMBAR : ANATOMI DAN HISTOLOGI TULANG.



BONE

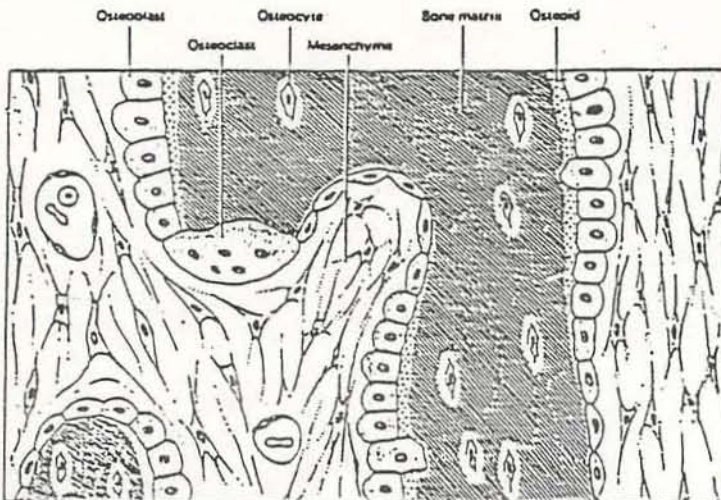


Figure 8-2. Advanced stage of intramembranous ossification. The lower part of the drawing shows an osteoblast being resorbed as the newly formed bone matrix.

Fungsi utama dari periosteum dan endosteum adalah nutrisi jaringan tulang karena mengandung pembuluh - pembuluh darah yang menembus tulang melalui saluran Volkmann dan juga merupakan tempat perbekalan osteoblas.

Tulang pendek biasanya mempunyai bagian tengah yang terdiri dari tulang spongiosa dan diliputi seluruhnya oleh tulang kompak.

Tulang pipih yang membentuk "calvarium" mempunyai dua lapisan tulang yang kompak yang dipisahkan oleh selapis tulang spongiosa yang disebut "diploe". Seperti jaringan lainnya maka tulang juga terdiri dari sel - sel tulang dan zat antar sel yaitu serat - serat dan substansi dasar yang mengandung zat - zat anorganik .

Sel - sel tulang sendiri terdiri atas :

Sel-Osteogenik : yaitu sel yang mempunyai kemampuan untuk membentuk sel-sel tulang yang terdapat pada lapisan dalam dari periosteum dan lapisan endosteum.

Osteoblas. : adalah sel tulang yang berasal dari sel osteoprogenitor yang akan membentuk matriks dan sel tulang dewasa atau osteosit.

Osteoblas berperan dalam sintesa komponen organik dari matrikstulang yaitu kolagen dan glikoprotein.

Osteoblas hanya dijumpai pada permukaan tulang dan letaknya berderet dan pada puncak kegiatan sintesa matriks

osteoblas berbentuk kuboid dengan sitoplasma yang basofil dan bila kegiatannya menurun maka bentuk osteoblas menjadi gepeng dengan sitoplasma yang kurang basofilik.

Osteoblas juga mempunyai percabangan sitoplasma yang berhubungan dengan osteoblas disebelahnya. Pada saat osteoblas dikelilingi oleh matriks yang disintesanya maka osteoblas menjadi osteosit. Lakuna dan kanalikuli timbul karena matriks yang dibentuk sekitar sel dan percabangan sitoplasmanya. Matriks yang baru terbentuk belum mengandung kalsium dan disebut "osteoid" atau bakal tulang.

Osteosit : adalah sel tulang yang merupakan bentuk dewasa dari osteoblas yang terdapat dalam lakuna dimana lakuna satu dengan lainnya dihubungkan dengan kanalikuli

Penelitian histokimia menunjukkan bahwa osteoblas dan osteosit mengandung kalsium fosfat yang terikat pada protein dan glikoprotein sehingga sel-sel tulang mempunyai

HISTOLOGI TULANG.

Gambar skematik

Osteoklas

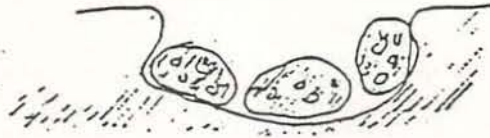


Fungsi : resorpsi

Bentuk lubang

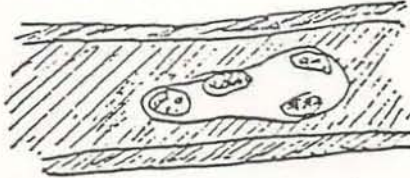


Bentuk lakuner



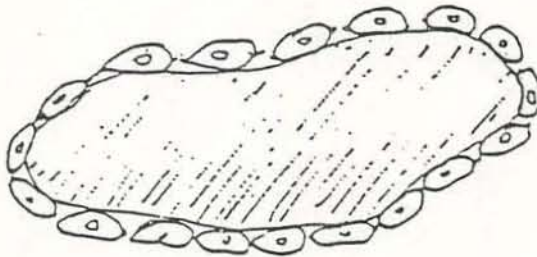
Osteoklas tidak mempunyai reseptor terhadap parathormon.

Bentuk terowongan

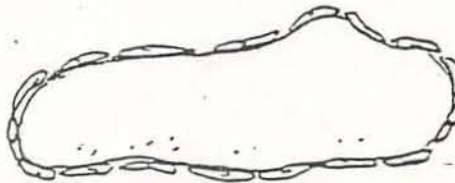


Osteoblas

aktif : kuboid tinggi
basofil
berderet



tidak aktif : pipih
kurang basofil



Osteoblas mempunyai reseptor terhadap parathormon.

Osteoblas menstimulir osteoklas untuk resorpsi.

Tulang lameller :

susunan lamel dikhroik teratur
tegak lurus satu sama lainnya
dilihat dengan mikroskop polarisasi



Tulang fibrous :

susunan dikhroik tak teratur
osteosit : banyak --- tanda pertumbuhan yang cepat.



kemampuan untuk menimbun kalsium fosfat didalam sitoplasmanya.

Osteoklas : adalah sel besar yang motil dengan 6 - 50 inti atau lebih, dijumpai pada permukaan tulang yang mengalami resorpsi tulang, diduga berasal dari fusi beberapa osteoblas. Pada sediaan mikroskopik osteoklas banyak dijumpai didalam lekukan-lekukan matriks yang disebut dengan lakuna dari Howship. Sel osteoklas mampu mengabsorpsi jaringan tulang.

Matriks tulang : Sebanyak 50% dari matriks tulang yang kering terdiri dari zat anorganik yang terutama mengandung kalsium dan fosfor. Selain itu dapat dijumpai bikarbonat, sitrat, magnesium, kalium, natrium dan florida.

Penelitian dengan "x-ray diffraction" menunjukkan bahwa kalsium dan fosfor membentuk kristal hidroksiapatit dengan komposisi $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$.

Matriks tulang mengandung Zat anorganik 45 %, zat organik 35 % dan air 20 %.

Zat anorganik terdiri dari kristal hidroksiapatit dan ion lain dalam jumlah sedikit yaitu bikarbonat, sitrat, magnesium, kalium, natrium dan florida.

Zat organik terdiri atas 95 % serat-serat kolagen dan sisanya merupakan substansi dasar yang amorf yang mengandung mukopolisakarida netral dan asam yang terikat pada protein yang disebut sebagai proteopolisakarida (PPS) dan glikoprotein.

Kekerasan dan kekuatan tulang ditentukan oleh gabungan dari kedua unsur diatas yaitu hidroksiapatit dan serat-serat kolagen.

Jenis jaringan tulang :

Pada potongan makroskopik, tulang terdiri dari bagian - bagian yang padat dan bagian yang berongga-rongga.

Bagian yang padat merupakan tulang yang kompak sedangkan yang berongga adalah tulang spongiosa.

Secara histologik dikenal dua macam jaringan tulang yaitu : tulang imatur (= tulang primer atau "woven bone ") dan tulang matur (= tulang sekunder atau " lamellar bone).

Pada kedua macam tulang ini didapatkan komponen struktural yang sama, tetapi pada tulang imatur gabungan serat-serat kolagen tersusun secara acak sedangkan tulang matur gabungan serat-serat tadi tersusun dalam lamel-lamel (bone lamellae).

Jaringan tulang primer

Pada pembentukan dan penyembuhan tulang , mula-mula dibentuk tulang imatur yang kemudian akan diganti dengan tulang sekunder kecuali pada sutura tulang pipih, lekukan gigi dan insersi beberapa tendo.

Selain susunan serat kolagen yang irreguler, jaringan tulang primer mengandung sedikit mineral dan osteosit : lebih banyak dibandingkan dengan tulang sekunder.

Jaringan tulang sekunder

Merupakan jaringan tulang yang banyak dijumpai pada orang dewasa serta mempunyai ciri khas yaitu serat-serat kolagen tersusun dalam lamel-lamel yang sejajar dengan jarak 3-7 um satu sama lainnya. Susunan lamel konsentrik mengelilingi saluran havers yang berisi pembuluh darah , serat saraf, dan jaringan ikat jarang disebut sebagai sistem Havers atau osteon yang merupakan satu unit fungsional dari tulang.

Lakuna yang berisi osteosit terletak diantara lamela dan kadang-kadang didalam lamela dan disekeliling lamela atau sistem havers sering dijumpai bahan amorf yang disebut substansi semen.

Pada bagian diafise, lamel-lamel terdiri dari sistem Havers, sistem sirkumferensial luar (Outer Circumferential system) dan sistem sirkumferensial dalam (Inner Circumferential system) .

Sistem Havers merupakan saluran-saluran yang panjang yang berhubungan dengan rongga sumsum , periosteum dimana satu sama lainnya melalui saluran Volkmann.

I.2. HISTOGENESIS TULANG

Tulang berasal dari jaringan mesenkhim dimana sel-sel mesenkhim yang belum berdiferensiasi menyerupai fibroblas didalam suatu pusat penulangan /

blastema yang akan berdiferensiasi menjadi osteoblas. Kemudian disusul dengan sintesa osteoid dan kalsifikasi mengelilingi beberapa osteoblas sehingga menjadi osteosit.

Pembentukan tulang dapat terjadi melalui penulangan intramembranosa dimana tulang dibentuk didalam selapis jaringan ikat (membran) atau melalui suatu penulangan enkhondral dimana penulangan terjadi didalam suatu model tulang rawan.

Pada kedua proses penulangan tersebut jaringan yang mula-mula terbentuk adalah jaringan tulang primer berupa spikul-spikul tulang (bone spicules) yang pada proses selanjutnya akan diganti dengan tulang lameler.

Selama proses pertumbuhan tulang akan dijumpai daerah-daerah tulang primer, daerah resorpsi dan daerah tulang lameler.

Pembentukan dan perombakan tulang terjadi selama hidup untuk mempertahankan bentuk dan ukuran tulang. Proses ini terutama terjadi pada permukaan bebas tulang, sepanjang saluran pembuluh darah dalam canalis Havers dan Volkmann yang dikenal sebagai "Triple Surface System" (periosteal, endosteal dan Haversian envelope).

Penulangan Intramembranosa

Penulangan intramembranosa dapat dijumpai pada pembentukan tulang - tulang pendek dan proses penebalan tulang - tulang panjang. Tulang frontal, tulang parietal, sebagian tulang oksipital dan temporal, tulang - tulang mandibula dan tulang maksila dibentuk melalui proses penulangan intramembranosa.

Proses penulangan intramembranosa dimulai pada pusat - pusat penulangan didalam jaringan ikat yang berupa spikul - spikul yang kemudian bergabung menjadi satu (fusi) menjadi tulang spongiosa. Jaringan ikat yang berada diantara spikul-spikul tulang akan diisi oleh pembuluh-pembuluh darah dan sel - sel mesenkhim yang belum berdiferensiasi yang kemudian akan menjadi sumsum tulang.

Beberapa pusat penulangan tumbuh secara radier dan berfusi menjadi tulang menggantikan jaringan ikat sebelumnya.

Pada tulang tengkorak terjadi lebih banyak pembentukan tulang pada permukaan luar dan dalam sehingga bagian tengahnya tetap bersifat spongiosa yang disebut "diploe"

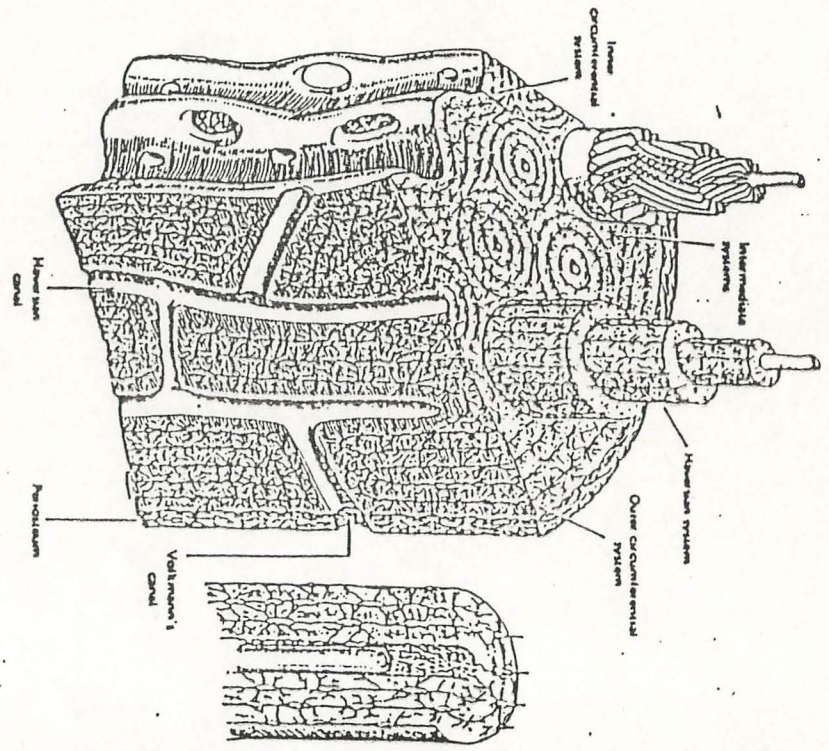


Figure 8-6. Schematic drawing of the wall of a long bone diaphysis. Observe the 4 lamellar arrangements: Haversian system, radial and spiral circumferential systems, and interstitial system. The Haversian system shows the arrangement of collagen fibers in each lamella. At right is a Haversian system showing lamellae, a central blood capillary, and many osteocytes with their processes.

Osseous Tissue

171

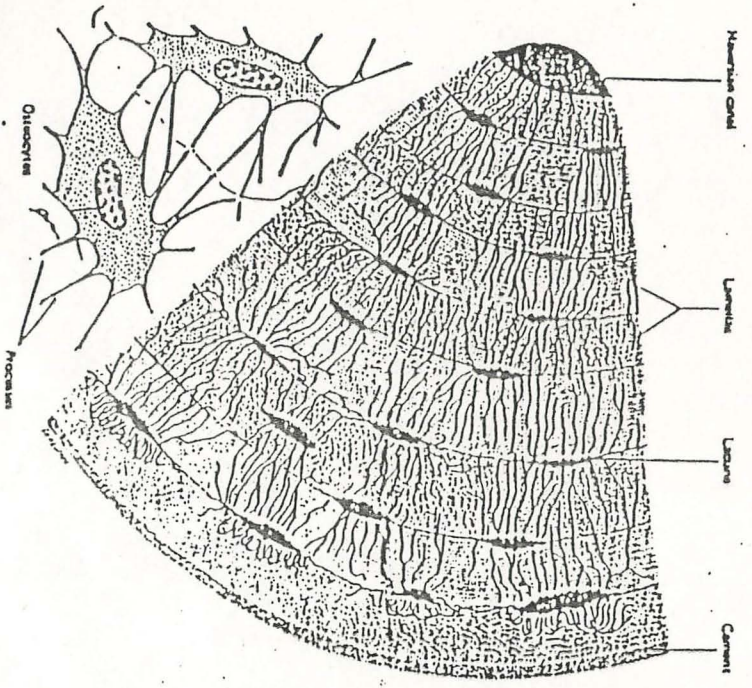


Figure 8-7. Schematic drawings of 2 osteons and part of a Haversian system. Collagen fibers of surrounding lamellae are withdrawn at different angles. Observe the numerous canalicular walls (see interconnections of the lacunae with each other and with the Haversian canal). (Redrawn and expanded, with permission, from Larsen T., Larsen T. / *Histochemistry*, 2nd ed., Saunders, 1970)

Penulangan enkhondral

Penulangan enkhondral terjadi pada tulang rawan hyalin yang sudah mempunyai bentuk dari tulang yang akan dibentuk kemudian.

Proses penulangan ini dapat terjadi pada pembentukan tulang-tulang pendek dan tulang-tulang panjang dimana pada dasarnya terdapat dua proses.

Pertama, hipertrofi dan distruksi khondrosit dari model tulang rawan, sehingga terdapat rongga - rongga kecil yang dikelilingi oleh septa dari tulang rawan yang telah mengalami kalsifikasi.

Kedua, rongga - rongga tadi terisi oleh sel -sel mesenkhim yang belum ber differensiasi dan pembuluh-pembuluh darah. Sel-sel yang belum berdiferensiasi ini akan menjadi osteoblas dan membentuk matriks tulang dari sisa-sisa jaringan tulang rawan.

Pada sediaan mikroskopik jaringan tulang rawan berwarna basofilik sedangkan jaringan tulang berwarna asidofilik.

Penulangan enkhondral terjadi di diafise disebut sebagai pusat penulangan primer sedangkan pada perkembangan embrional lebih lanjut akan terjadi pusat penulangan sekunder dikedua epifisis.

Pada saat penulangan di epifise selesai maka tulang rawan hanya akan dapat kita jumpai pada dua tempat yaitu permukaan sendi yang akan menetap seumur hidup dan pada lempeng epifise yang mempunyai 5 daerah yaitu (1) daerah istirahat (resting zone), (2) daerah proliferasi (proliferative zone), (3) daerah hipertrofi tulang rawan (hypertrophic cartilage zone), (4) daerah kalsifikasi tulang rawan (calcified cartilage zone), (5) daerah penulangan (ossification zone).

I. 3. OSSIFIKASI / MINERALISASI PADA TULANG

Mineralisasi pada tulang mengalami proses secara biokimia dan biofisika baik pada jaringan extra maupun jaringan intra seluler.

Kalsium dan fosfat akan membentuk suatu ikatan kalsium fosfat yang amorf (non kristal) dimana terikat dalam osteoid / interstitial matrix bersama kolagen, elastin, protein polisakarida (PPS), baru kemudian terjadi pengendapan Ca - Fosfat setelah terjadi substitusi dan adisi atom membentuk kristal hydroxyapatite. Sampai saat ini masih belum diketahui mengapa Ca - Fosfat mengendap dalam matriks. Ada yang berpendapat bahwa didalam osteoblas atau osteosit terdapat mitokhondria yang mengandung vesikel dimana vesikel ini

kemudian pecah mengeluarkan kristal Ca- phosphat kedalam ekstra seluler. Ada juga yang berpendapat bahwa osteoblas menghasilkan enzim yang dapat menetralkan pyrophosphat yang merupakan inhibitor dari pada pembentukan kristal hydroxyapatite.

I.4. TAHAP - TAHAP PENYEMBUHAN TULANG 1,3,4,6,9,10,11,12,13,14.

Menurut Bett - Symonds---proses penyembuhan tulang dapat dibagi menjadi 4 tahap yaitu :

1. Tahap hematoma dari fraktur (" The Fracture Haematoma stage ").
Tahap ini berlangsung pada saat trauma atau fraktur terjadi dimana darah masuk kedalam dan sekeliling ujung tulang yang fraktur.
2. Tahap penggantian (" The Period of Replacement ").
Fase ini ditandai adanya penggantian tahap pertama dengan jaringan granulasi yang disebabkan oleh aktivitas osteoklas dan osteoblas. Proses ini berlangsung terus sampai terbentuknya kallus.
3. Tahap "clinical union "
Jika kallus yang terbentuk terletak diantara fragmen proximal dan distal menyebabkan tulang tersebut nampak mengeras akan tetapi sebenarnya tulang tersebut belum sembuh sehingga tidak kuat menahan beban.
4. Tahap Penyambungan(" Consolidation ").
Fase ini ditandai adanya "remodelling " dari tulang dimana dapat berlangsung lama antara 18 bulan sampai 2 tahun.
Kallus yang berlebihan akan diabsorpsi dan tulang kompak akan terbentuk sedangkan bagian medulla dari tulang (" medullary cavity") terbentuk selama proses penyambungan tulang berlangsung.

Menurut Adams, penyembuhan patah tulang pipa (-tubular bone) dibagi dalam 5 tahap yaitu (1) Tahap hematoma , (2) Tahap Proliferasi " subperiosteal dan endosteal cellular: " , (3) Tahap kallus, (4) Tahap penyambungan/ "consolidation " , (5) Tahap " remodelling " , sedangkan penyembuhan tulang spongiosa atau "cancellous bone " dimulai dengan tahap hematoma yang kemudian pembuluh darah baru dan proliferasi sel osteogenik dari permukaan tulang yang patah mengadakan penetrasi dan bergabung menjadi satu dengan jaringan yang sama dari fragmen yang menjadi pasangannya. Osteoblas akan mengisi intercellular matrix yang kemudian mengalami kalsifikasi tulang menjadi " woven bone " .

Penyembuhan tulang pipa atau "tubular bone" lebih lama dari pada proses penyembuhan tulang "cancellous" hal ini disebabkan "union cancellous bone" dapat langsung terjadi antara kedua fragmen tulang dan tidak melalui pembentukan "external callus dan endosteal callus" seperti pada "tubular bone". Menurut John Hunter secara morfologis membagi tahap penyembuhan fraktur menjadi 5 fase yaitu (1) fase hematoma, (2) fase metaplasia jaringan, (3) fase kallus lunak, (4) fase kallus keras dan (5) fase remodelling

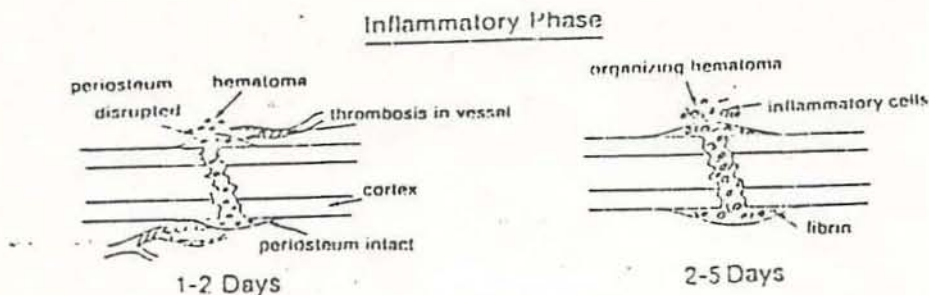
Tahapan ini lebih disempurnakan lagi oleh Brand menjadi :

1. Fase inflamasi
2. Fase reparasi
3. Fase remodelling

1. Fase inflamasi

Segera setelah terjadi patah tulang maka akan terjadi hematoma oleh karena terputusnya pembuluh darah pada "bone marrow", korteks, periosteum dan jaringan sekitarnya yang kemudian diikuti oleh reaksi radang yaitu eksudasi plasma dan sel radang. Ujung pembuluh darah yang pecah akan konstiksi dan tertutup oleh bekuan darah dimana setelah 24 jam ekstravasasi akan minimal.

Akibat gangguan vaskularisasi ini maka akan terjadi gangguan nutrisi terutama pada fragmen tulang pada ujungnya dan degenerasi osteosit, pengkerutan osteosit didalam lakuna dan pada hari ke 2 - 4 lakuna akan kosong. Monosit dan polinuklear fagosit akan mengabsorpsi jaringan nekrotik/debris termasuk ujung - ujung fragmen tulang.



2. Fase Reparasi

Pada fase ini ditandai adanya pembentukan kallus dan jaringan mesenkhim pada periosteum mengalami proliferasi serta proliferasi pembuluh darah kapiler periosteum dan sumsum tulang . Kapiler yang baru ini akan masuk kedalam " organized inflamatory hematoma " bersama fibroblas membentuk jaringan granulasi.

Pada hari keempat mulai terbentuk jaringan osteoid yang dihasilkan oleh sel osteoblas atau sel cartilago. Kemudian akan terjadi mineralisasi di dalam jaringan osteoid (enchondral ossification). Jaringan fibrous ini bersama sel cartilago dan tulang membentuk kallus. Kallus ini melingkari kedua ujung fragmen tulang atau menempel pada daerah fraktur tergantung pada bentuk fraktur itu sendiri.



Menurut Mc Kibbin , jembatan kallus yang terbentuk antara kedua fragmen tulang melalui 3 cara yaitu external callus, medullary callus dan primary bone union.

External callus

Kallus tidak tumbuh kesegala arah akan tetapi kesatu arah ujung fragmen tulang yang lain.

Ada 3 teori mengenai hal ini yaitu :

1. Cellular contact theory.

Bila kedua ujung fragmen tulang masih dihubungkan dengan periosteum maka sel osteoprogenitor akan berfungsi baik untuk menghubungkan kedua ujung fragmen tulang.

2. Bioelectrical phenomena

Diferensiasi sel fibroblas dipengaruhi oleh medan bioelectric didalam jaringan (Besset 1961) dimana perubahan mekanik pada tulang menyebabkan perubahan medan listrik. Pertumbuhan tulang baru akan terjadi pada medan dengan

potensi yang negatif.

3. Humoral theory

Bier (1920) mengatakan bahwa tiap ujung fragmen tulang mengeluarkan suatu zat yang dapat membantu penyembuhan tulang tetapi sampai saat ini belum dapat dibuktikan walaupun masih diyakini adanya zat tersebut (wound hormon).

Menurut Yamagishi (1955) kualitas daripada callus pada proses penyembuhan tulang sangat tergantung daripada jenis fiksasi yang diperlukan .

Medullary callus

Penyembuhan dengan medullary callus adalah sangat lambat, callus ini mengisi bekas lubang sekrup atau mengisi defect diantara kedua fragmen.

Bila tulang difiksasi dengan plate maka medullary callus ini yang memegang peranan .

Primary Bone Union

Pada penyembuhan dengan primary bone union ujung fragmen tulang berasal dari pembuluh darah medulla. Penyembuhan ini sangat efektif bila memakai fiksasi dengan kompresi, dimana fraktur gap cukup besar yang kemudian diisi oleh bentukan tulang melalui pertumbuhan aposisi kedalam yang berasal dari external periosteal.

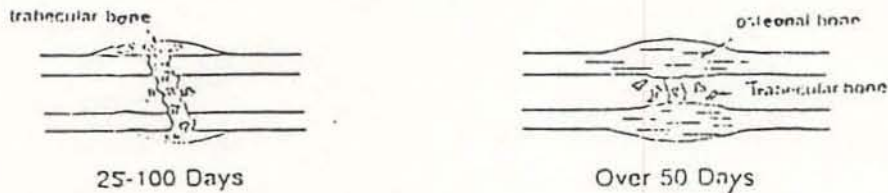
3. Fase Remodelling

Jika jembatan callus terbentuk maka tulang yang baru terbentuk akan mengadakan adaptasi dengan fungsi yang sebenarnya.

Lacroix mengatakan bahwa proses replacement dan reparasi tulang yang normal berjalan terus menerus. Begitu pula pada penyembuhan tulang kompakta dan tulang cancelous. Pada tulang cancelous penyembuhan tulang dimulai dari trabekula (Creeping substitution) sedang pada tulang kompakta dengan membentuk suatu sistem Havers.

Proses remodelling sangat tergantung pada umur, lokalisasi, beban dari pada tulang dalam melaksanakan fungsinya.

Faktor mekanik merupakan faktor yang sangat penting dimana tulang yang akan dibentuk pada bagian yang konkaf (elektronegatif potensial) dan akan diabsorpsi pada bagian tulang yang konveks.

Remodeling PhaseI.5. DELAYED UNION DAN NON UNION

Waktu yang dipergunakan untuk penyembuhan tulang sangat bervariasi tergantung dari banyak faktor. Pada anak - anak penyembuhan tulang yang fraktur lebih cepat dan dikatakan bahwa sampai terjadinya konsolidasi diperlukan 4 - 6 minggu sedangkan pada orang dewasa diperkirakan memerlukan 3 - 4 bulan.

Jika penyembuhan tulang tidak terjadi pada waktu yang diharapkan maka disebut dengan "delayed union" sedangkan jika waktu yang diharapkan tidak terjadi penyembuhan dimana tidak ada-ada tanda-tanda atau tendensi untuk sembuh maka disebut dengan "non Union".

Faktor -faktor yang berhubungan dengan terjadinya delayed dan non union adalah :

A. Faktor-faktor yang berhubungan dengan tulangnya :

- Lokasi
- Kerusakan jaringan lunak
- Interposisi jaringan lunak
- Bone loss
- Infeksi
- Tumor

B. Faktor-faktor yang berhubungan dengan penanganannya :

- Reposisi yang kurang baik
- Fiksasi yang inadekwat
- Distraksi
- Kerusakan pembuluh darah pada saat open reduksi
- Post operative infection
- Gizi yang kurang.

Connolly menyatakan bahwa kecepatan penyembuhan tulang (rate of union) dipengaruhi oleh keadaan tulang yang fraktur, metode perawatan, kondisi umum penderita terutama umur pasien.

Kesembuhan tulang yang fraktur pada anak-anak antara 4 - 6 minggu sedangkan pada anak remaja berkisar antara 6 - 10 minggu.

Pada orang dewasa memerlukan waktu 16 - 20 minggu untuk penyembuhan patah tulang.

Beberapa kondisi patah tulang yang dapat mempengaruhi kecepatan penyembuhan tulang yaitu dapat dibagi menjadi :

- Kondisi yang menguntungkan : Fraktur pada ujung tulang dimana tulang tersebut adalah tulang cancellous dengan supply darah yang baik, supply darah yang adekuat pada kedua fragmen tulang, kerusakan jaringan lunak minimal dan reduksi fraktur adalah end to end, fraktur spiral panjang (long spiral fracture) yang disebabkan beban torsional tak langsung dengan kerusakan jaringan lunak minimal, fraktur pada leher femur dimana bagian kepala femur berada di valgus cukup untuk memberikan tekanan pada lokasi fraktur dan Knowles pin yang dipasang sejajar kearah inferior cortex dari leher femur yang menembus bagian kepala femur sejauh subcortical bone, lokasi fraktur tidak ada infeksi, fungsi otot yang menahan beban dapat memberikan dorongan untuk terjadinya revaskularisasi pada tempat fraktur.
- Kondisi yang merugikan : Fraktur tulang dimana kedua ujungnya terpisah jauh , distraksi ujung tulang akibat traksi, fraktur tulang dimana tulang patah dalam beberapa bagian kecil dan membuat kerusakan pada jaringan lunak sekitarnya., tulang terlepas oleh trauma atau eksisi bedah, fiksasi fraktur yang tidak adekuat yang membuat rotasi pada tempat fraktur, supply darah yang gagal atau terputus pada salah satu atau kedua fragmen tulang., infeksi sistemik seperti diabetes, alkoholism dan malnutrisi.

I.6. KAPAN TERJADINYA PENYEMBUHAN PATAH TULANG.

Tulang itu dapat dikatakan sembuh bila sifat-sifat mekanik (compressive, tensile dan torsional strength) sama dengan tulang normal. Clinical Union merupakan penyembuhan yang belum sempurna atau komplet oleh karena secara klinis telah terjadi union tetapi secara radiologis masih tampak adanya garis fraktur. Konsolidasi dikatakan telah ada secara radiologis jika gambaran garis fraktur sudah tidak nampak dan trabeculae tulang sudah menyeberang dari satu fragmen

ke fragmen yang lain.

White membedakan 4 stadium penyembuhan patah tulang secara biomekanik dengan mempergunakan Torsion Force Test :

Stadium I : Rubbery callus dengan stiffness yang rendah

Stadium II : Callus yang lentur dengan stiffness yang tinggi.

Stadium III : Hard callus dengan stiffness yang tinggi.

Stadium IV : Hard bone dengan stiffness yang tinggi.

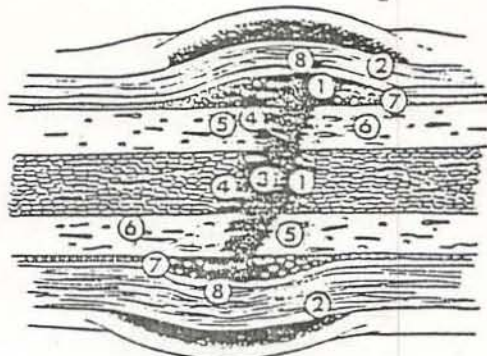
Pada percobaan stadium I dan II refraktur terjadi pada tempat patah tulang semula.

Pada stadium III refraktur melalui sebagian pada tempat semula dan sebagian lainnya pada tulang yang sehat, sedangkan pada stadium IV refraktur selalu terjadi diluar tempat fraktur semula (pada tulang yang sehat).

I.7. BEBERAPA CONTOH PROSES PENYEMBUHAN TULANG

FRAKTUR. PERMULAAN (INITIAL INJURY)

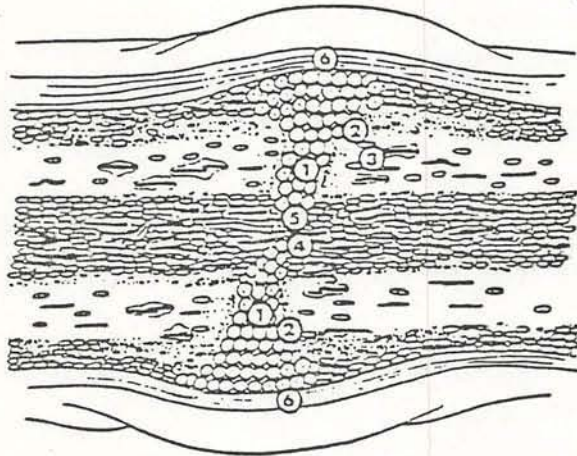
1. Patahnya kelangsungan jaringan tulang pada periosteum, cortical bone dan medullary trabeculae.
2. Trauma pada otot dan jaringan lunak sekitar.
3. Hematom harus diabsorbsi atau dieliminasi melalui celah jembatan fraktur ("bridging of the gap ").
4. Osteosit - osteosit yang mati , 5. Saluran Havers yang kosong.
6. Saluran havers yang tidak rusak sebagai tempat vascular osteogenesis.
7. Lapisan cambium periosteum yang membentuk primary intramembranous bone sama seperti callus fibrocartilage.
8. Lapisan fibrous periosteum menutup callus dari external soft tissue.



- PENYEMBUHAN TULANG DENGAN EXTERNAL CALLUS FORMATION DAN NON OPERATIVE FIXATION

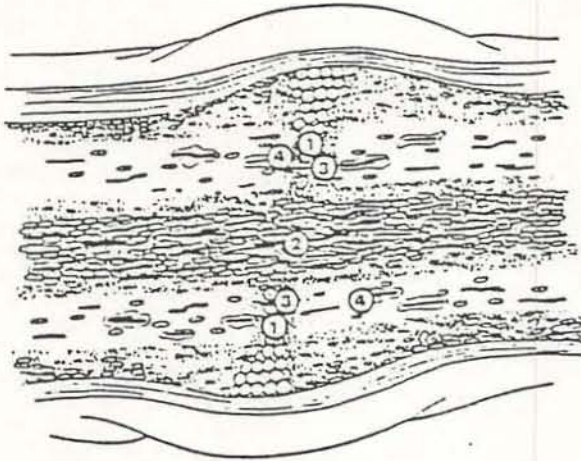
- 4-6 minggu setelah fraktur

1. Celah fraktur masih terbuka akan tetapi terisi oleh tulang rawan.
2. Beberapa tulang terbentuk pada fragmen cortical melalui ossifikasi aposisi.
3. Saluran Havers secara lambat mengalami revascularisasi.
4. Revascularisasi medulla terjadi secara cepat.
5. Spikul - spikul tulang menunjukkan aposisi membentuk tulang baru.
6. Lapisan fibruus periosteum menutup callus.



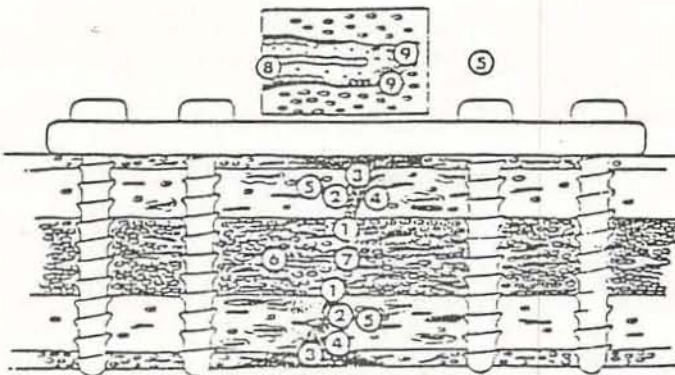
- Penyembuhan tulang pada waktu 8 - 12 minggu

1. Vascular bridging pada tulang rawan external yang dihasilkan oleh endokondral ossifikasi dan external callus. Callus ini berorientasi tegak lurus kearah fractured cortices.
2. Longitudinal bridging dari fraktur terjadi pada medullary canal.
3. Beberapa bridging melalui fracture cortices yang terjadi akibat remodelling saluran Havers.
4. Remodelling berlangsung terus sehingga terbentuk longitudinal osteones dan menambah kekuatan tulang.



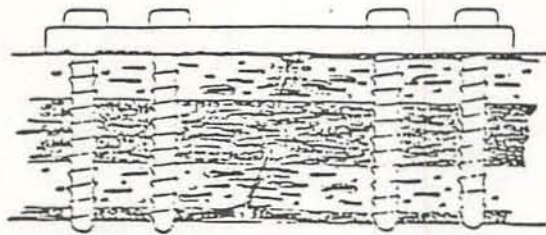
PENYEMBUHAN TULANG SETELAH FIKSASI DENGAN KOMPRESI PLATE

1. Celah fraktur tertutup oleh kerasnya kompresi plate.
2. Daerah ireguler pada tulang cortical mati yang berhubungan dengan fraktur harus diganti.
3. Periosteal yang masuk kedalam merupakan aposisi tulang dimana letaknya sejajar dengan fraktur.
4. Saluran Havers mendapat revaskularisasi dari pembuluh darah baru yang masuk kedalam.
5. Cutting cones dari pembuluh darah secara lambat memasuki saluran menuju daerah tulang yang mati.
6. Tulang aposisi telah berada pada daerah trabekulae fraktur.
7. Revaskularisasi medulla berlangsung secara cepat.
8. Osteoblas bergabung bersama pembuluh darah kapiler endothelium membentuk osteoid.
9. Osteoklas pada "cutting cones" meresorpsi tulang yang mati menghasilkan ruangan invasi kapiler selanjutnya.



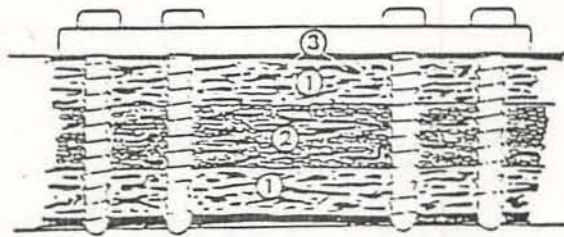
BENTUKAN OSTEON SEKUNDER 6 - 10 MINGGU SETELAH PLATING

1. Osteon medulla dan pembuluh darah membentuk bridging longitudinal pada celah fraktur.
2. Tulang aposisi terbentuk oleh periosteal yang tumbuh kedalam di resorpsi seperti cutting cones bridge longitudinal pada fracture cortices.
3. Penyembuhan terjadi dengan sedikit atau tanpa external callus.



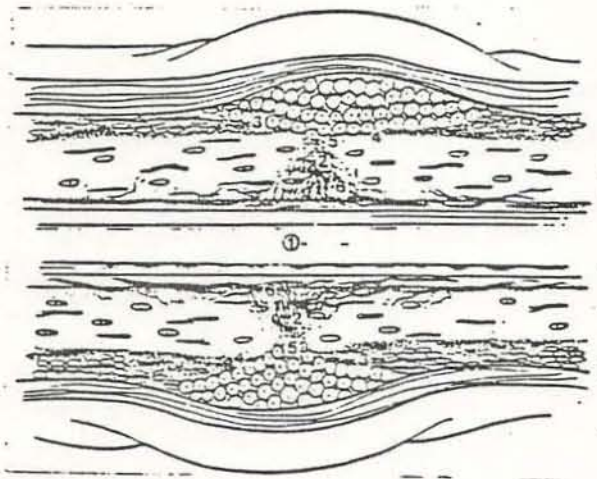
REMODELLING 10 MINGGU ATAU LEBIH

1. Adanya beberapa sisa primary bone
2. Reorientasi longitudinal menyeluruh.
3. Seluruh tulang direstorasi akan tetapi keadaan porosity akan bertambah dan kekuatan tulang akan berkurang jika plate yang keras terus mengabsorpsi kekuatan dari beban.



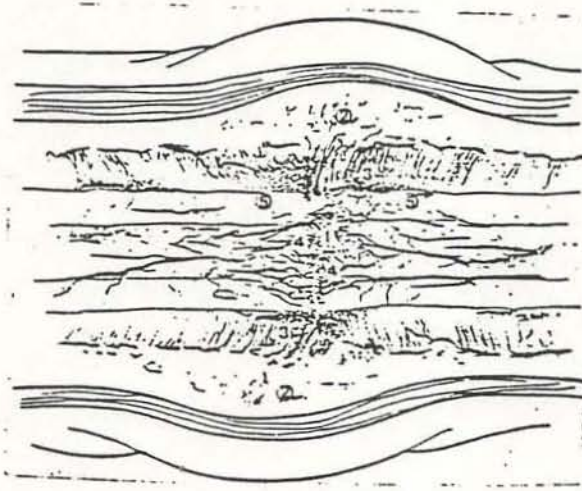
PENYEMBUHAN TULANG SETELAH INTRAMEDULLARY NAILING

1. Penyembuhan tulang terjadi 6 minggu setelah intramedullary nailing.
2. Garis fraktur masih nampak.
3. Union mula - mula ditandai dengan external callus.
4. Tulang yang baru terbentuk berasal dari aposisi periosteum secara langsung kedalam fragmen tulang.
5. Ossifikasi enkhondral dari fibrocartilage berlangsung lambat didalam tulang yang fraktur.
6. Remodeling dan reorientasi longitudinal dari osteon tergantung dari revascularisasi sirkulasi pembuluh darah medula.



DELAYED UNION DAN NONUNION

1. Celah fraktur masih terbuka dan terisi oleh jaringan tulang rawan .
2. Terlihat external callus
3. Beberapa bentukan tulang dibentuk didalam external callus dan tidak ada bridging ke celah fraktur.
4. Pembuluh darah intra medulla sulit untuk menembus jaringan tulang rawan Bridging osteon.
5. Tulang korteks menjadi porus akibat resorpsi sedangkan longitudinal bridging tidak berhasil.



Union dapat terjadi jika revaskularisasi longitudinal dapat berlangsung dengan baik, dimana memerlukan waktu, fiksasi yang kuat, serta penggunaan bone grafts untuk membantu revaskularisasi dan bentukan osteon.

— oOo —

II . KESIMPULAN

- Telah dibicarakan mengenai penyembuhan patah tulang mulai dari sejarah, anatomi dan histofisiologi tulang, histogenesis tulang, ossifikasi / mineralisasi tulang, tahap-tahap penyembuhan tulang, delayed dan non union, kapan penyembuhan tulang terjadi dan beberapa contoh proses penyembuhan tulang sedangkan penyembuhan tulang pada fraktur patologis tidak dibicarakan.
- Banyak faktor yang mempengaruhi penyembuhan tulang yang fraktur antara lain :
 - Keadaan penderita sebelum fraktur misalnya umur, gizi dan penyakit sistemik penderita
 - Lokalisasi dan jenis fraktur
 - Penanganan fraktur itu sendiri meliputi reposisi, immobilisasi dan operasi.
 - Perawatan luka pada fraktur yang terbuka, golden periode, kamar operasi dan materinya, skill serta pengalaman yang menanganinya.
 - Perbaikan gizi post fraktur misalnya dengan pemberian vitamin, protein dan mineral.
- Pengetahuan mengenai penyembuhan patah tulang berkembang terus dengan ditemukannya metode perawatan yang lebih canggih sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut agar penanganan patah tulang dapat disempurnakan , dipercepat penyembuhannya dan komplikasi diperkecil

—oOo—

III. DAFTAR RUJUKAN

1. Albright, James A MD, Brand Richard A. MD : Fracture Healing, The Scientific Basis of Orthopaedic, Appleton Century Craft , New York, 1979, p. 289 - 305.
2. Arey, L.B. : Human Histology : A Textbook in Outline Form, 3rd Ed, W.B. Saunders Co, Philadelphia, London, Toronto, 1986.
3. Adams, J.C. : Outline of Fractures, 7th Ed, The English Language Book Society and Churchill Livingstone, London, 1978.
4. Betts - Symonds, G.W. : Fracture, Care and management for Students, 1st Ed, Macmillan Education Ltd, 1984 , p. 9 - 10.
5. Copenhaver, W.M. ; Kelly, D.E. ; Wood, R.L. : Bailey's Textbook of Histology, 7th Ed, The Williams and Wilkins Co, Baltimore, Igaku Shoin Ltd, Tokyo, 1979.
6. Connolly J.F. : The Management of Fractures and Dislocations, an Atlas 3rd Ed, W.B. Saunders Co, Philadelphia, London , Toronto, 1981, p.13-25.
7. Junqueira, L.C. ; Carneiro, J. : Basic Histology, 2nd Ed, Lange Medical Publications, Los Altos California 94022, 1977.
8. Kaplan Frederick S MD : Osteoporosis, Clinical Symposia , CIBA, Vol 35. No 5, 1983.
9. Mc . Kibbin B, MD : The Biology of Fracture Healing in Long Bone, JBJS 60 B, No 2, May 1978, p. 150 - 161.
10. Rahn Berton A. et al : Primary Bone Healing, JBJS 53 A , No 4 , Jan 1971, p. 783 - 786.
11. Salter Robert Bruce : Normal Structure and Function of The Musculo Sceletal Tissue, Disorder and Injuries of The Musculo Sceletal System, The William Wilkins Company, 1970, p.3 -16.
12. Turek, Samuel L MD. : Histology and Histopathology of Bone, Orthopaedic Principle and Their Application, 1977 , 3rd Ed , Igaku Shoin Ltd, Tokyo, p. 31.
13. White, Agustus A, MD Dr Med : The Four Bio Mechanical Stage of Fracture Repair, JBJS 59 A No 2 March, 1977 , p.188
14. Yamagishi Mikio, MD et al : The Bio Mechanic of Fracture Healing, JBJS, 37 A No 5 Oct, 1955, p . 1035.

—oOo—