



Morphet made this image

BIOMEKANIKA ORTODONTIK

DRG. WAYAN ARDHANA, MS, SP.ORT

Bag Ortodonsia FKG UGM



Online Contact : wayanardhana@live.com

REFERENSI

1. Biologic Basic of Orthodontics
Anthony Gianelly & Herman M. Goldman
2. Biomechanics in Orthodontics
Michael R. Marcotte
3. Orthodontics Current Principles and Techniques
Thomas M. Graber & Brained F. Swain
4. The Physiology of Bone
Janet M. Vaughan
5. Orthodontics in Daily Practice
Salzmann J.A.

PENDAHULUAN

Biomekanika Ortodontik, mempelajari:

- Efek biologis jaringan pendukung gigi akibat dari perawatan ortodontik secara mekanik
- Menelaah beberapa hal yang berkaitan dengan kekuatan mekanik, seperti:
 - Reaksi jaringan pendukung gigi
 - Kekuatan Ortodontik

Reaksi jaringan pendukung gigi

- Reaksi sel
- Pergerakan gigi
- Resorpsi tulang alveolus
- Aposisi tulang Alveolus
- Perubahan serabut-serabut periodontium
- Remodeling sekunder
- Keadaan umum

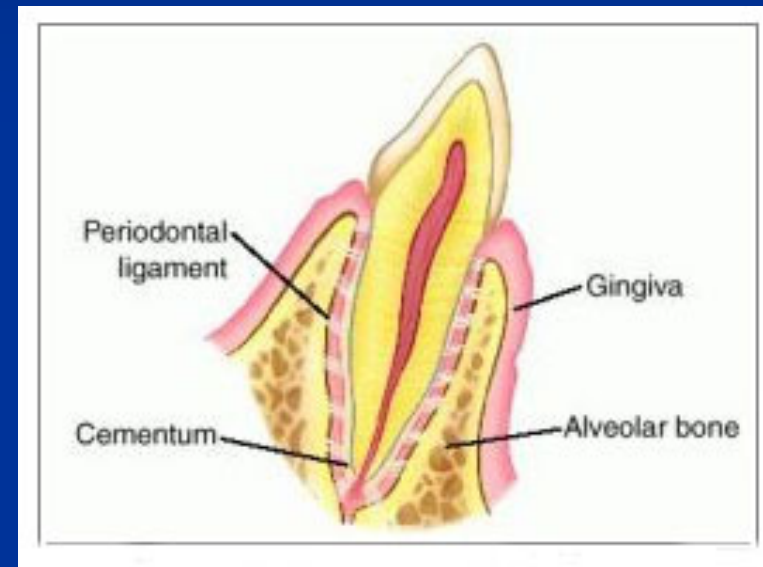
Kekuatan Ortodontik

- Macam-macam sistem pemberian kekuatan
- Macam-macam gerakan gigi
- Sistem penjangkaran/Anchorage

REAKSI JARINGAN PENDUKUNG GIGI

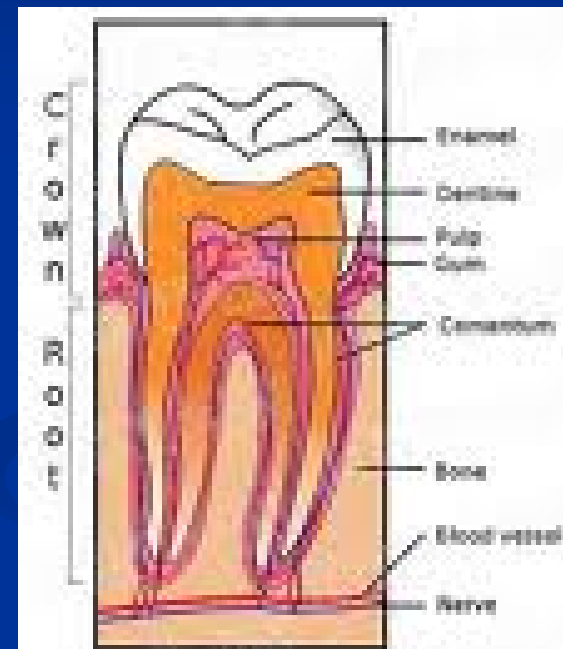
Reaksi Sel

- Gigi didalam mulut didukung oleh jar pendukung gigi/Jar Periodontal yg saling berhubungan antara:
 - Cementum akar gigi
 - Membrana periondontalis /Serabut periodontal
 - Tulang alveolar /Laminadura
 - Gingiva
- Periodontium bertindak sebagai bantalan peredam kejut terhadap tekanan pengunyahan

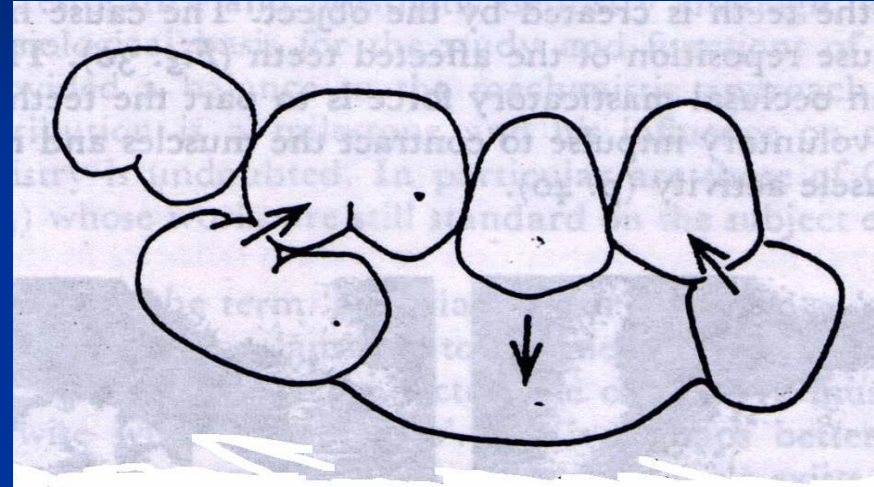
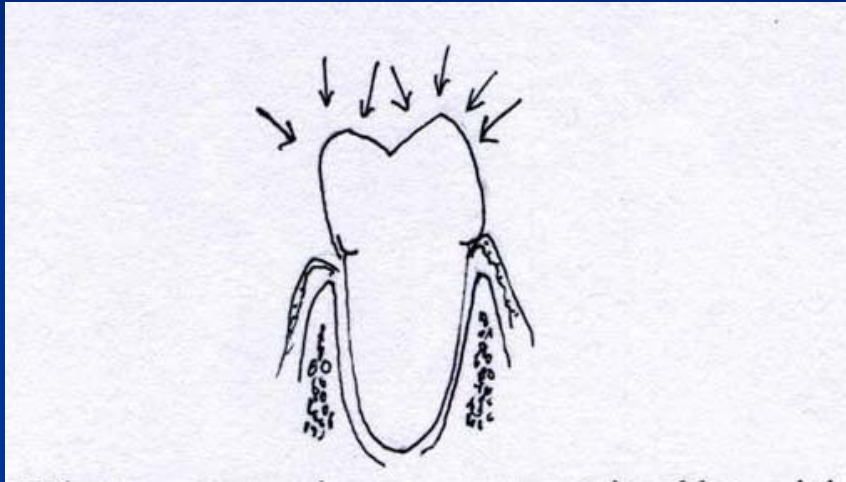


Gigi dalam keadaan seimbang

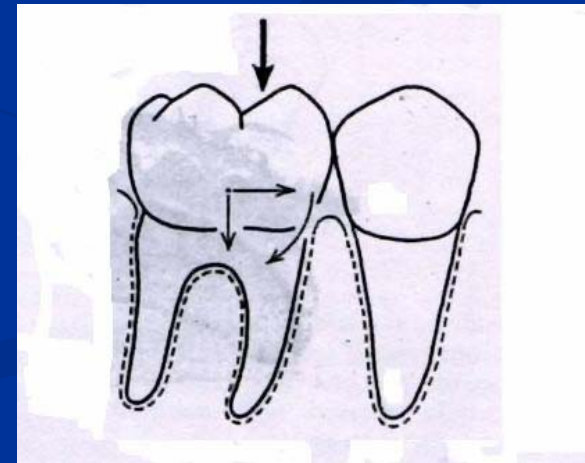
- Jika semua resultan dan momen gaya dari tekanan pengunyahan sama dengan nol
- Pada keadaan ini periodontium tidak perlu mengadakan reaksi utk mencapai keseimbangan mahkota gigi
- Keseimbangan dicapai dengan kemampuan reaktif periodontium yg berlangsung secara terus menerus selama hidup secara fisiologis



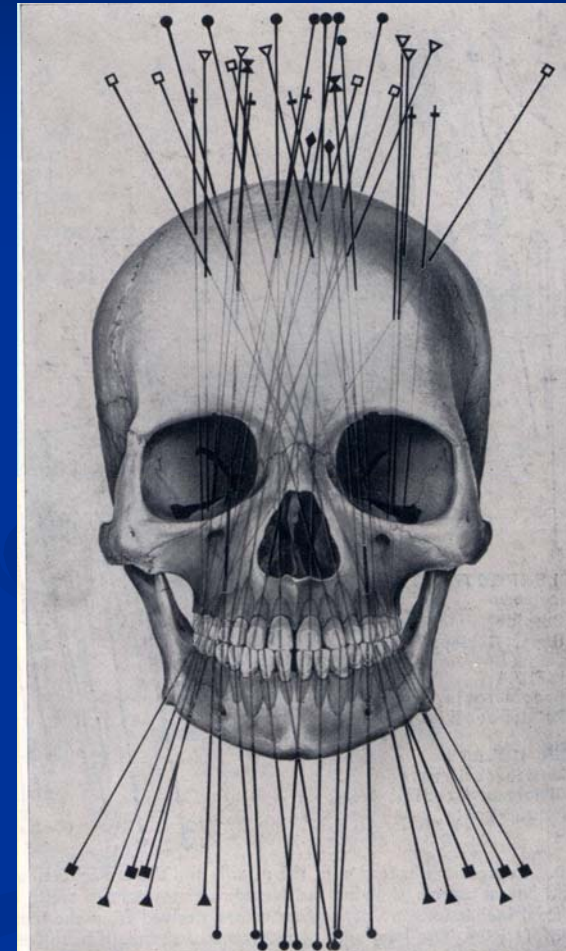
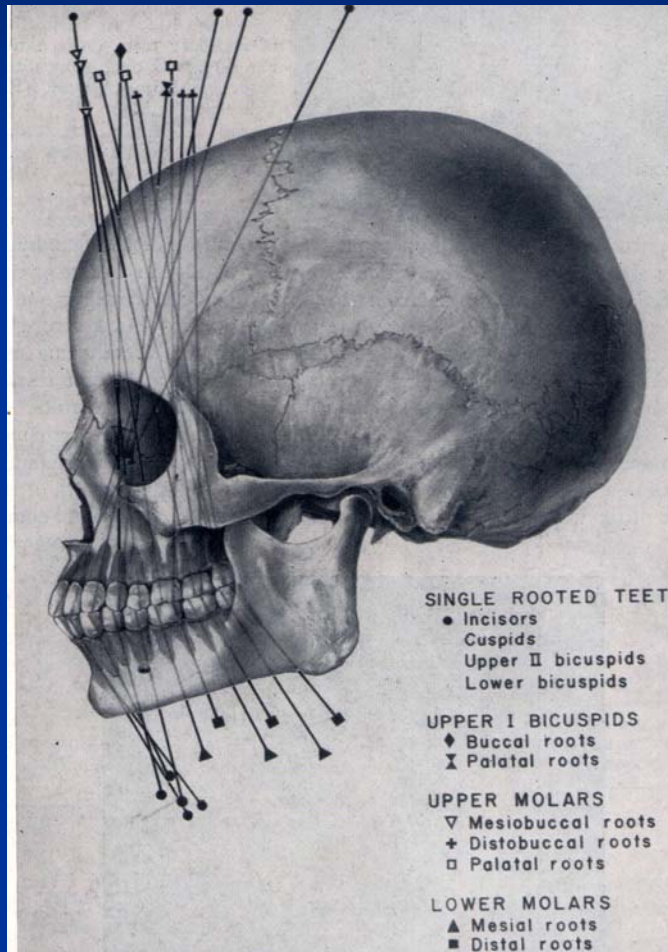
Tekanan pengunyahan yg mengenai mahkota gigi



- Tidak menghasilkan keseimbangan
- Periodontium aktif



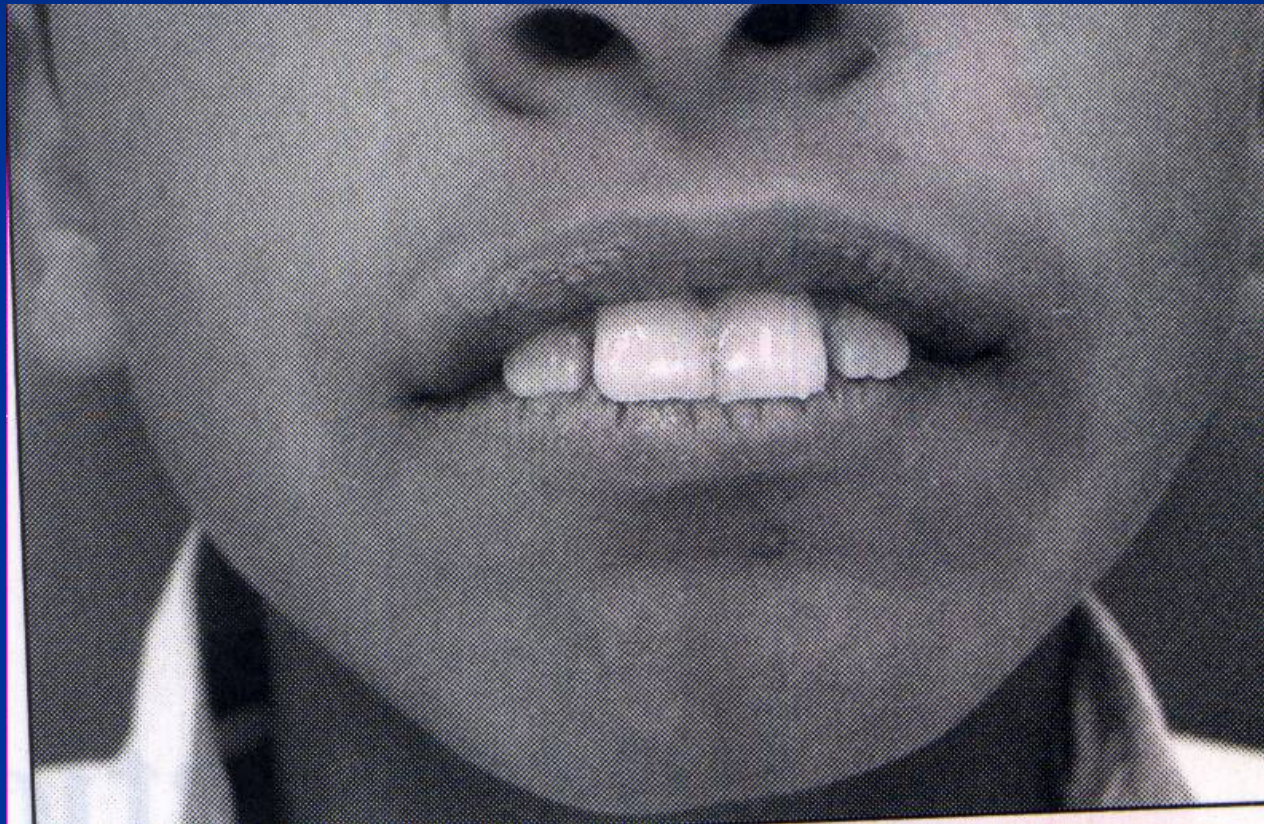
Arah kekuatan tekanan pengunyahan




Susunan gigi rapi dalam keadaan keseimbangan



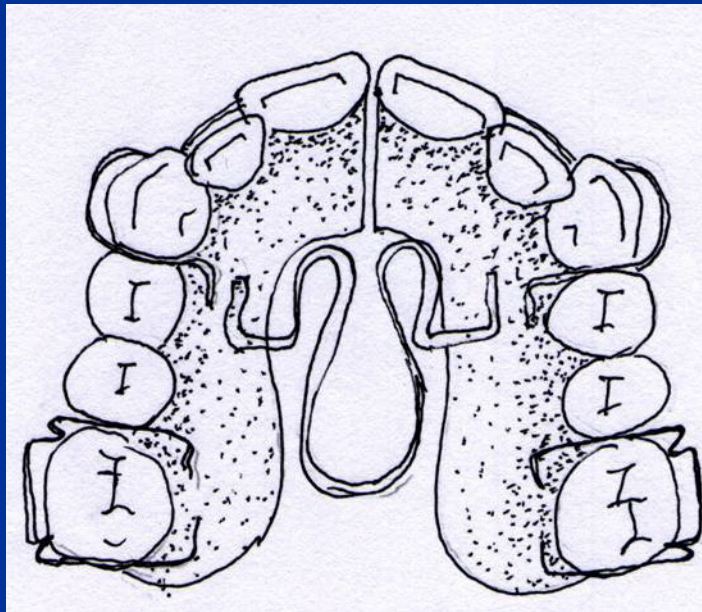
Susunan gigi maju akibat adanya ketidakseimbangan kekuatan



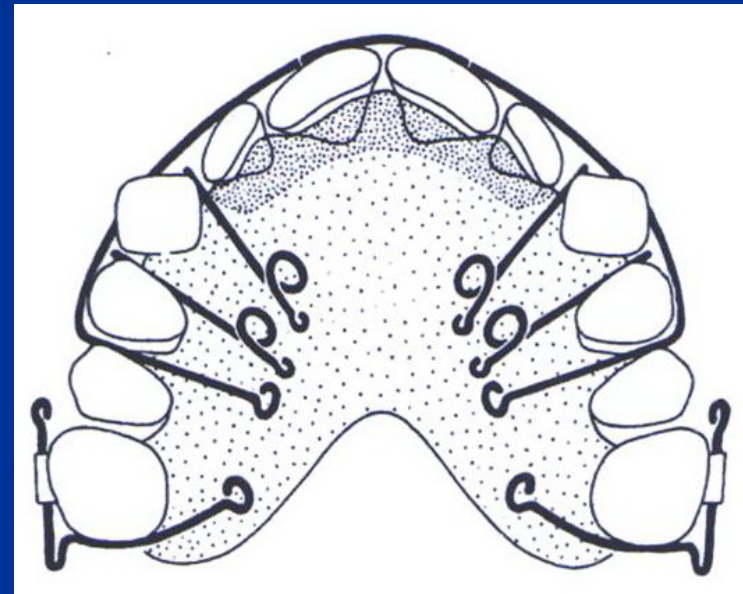
Pergerakan gigi

- Alat ortodontik menimbulkan kekuatan mekanik ke periodontium  gigi bergerak.
- Gigi bergerak karena adanya proses biologis di dalam jaringan pendukung gigi/periodontium
- Proses biologis berupa aktivasi seluler secara lokal untuk mengadakan resorpsi dan aposisi
- Mekanisme belum jelas, bukti menunjukkan bahwa ada : Aliran listrik timbul di dlm jar periodontium yg tertekan

Alat Ortodontik yang dapat menimbulkan kekuatan mekanik

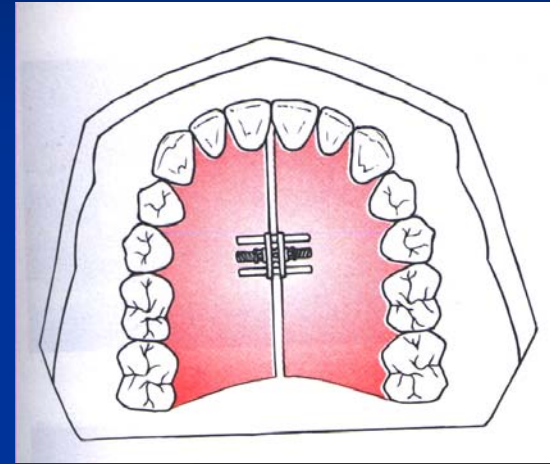
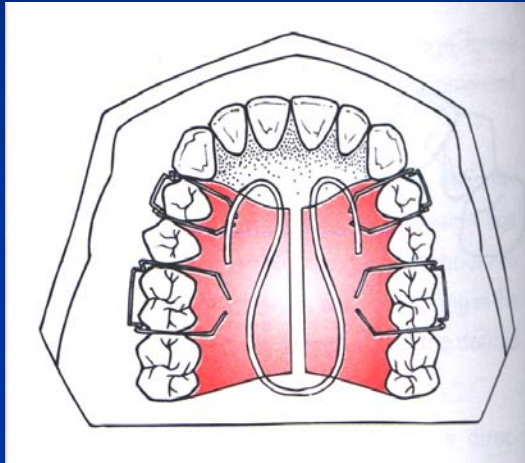


Plat Ekspansi dg Coffin's Spring

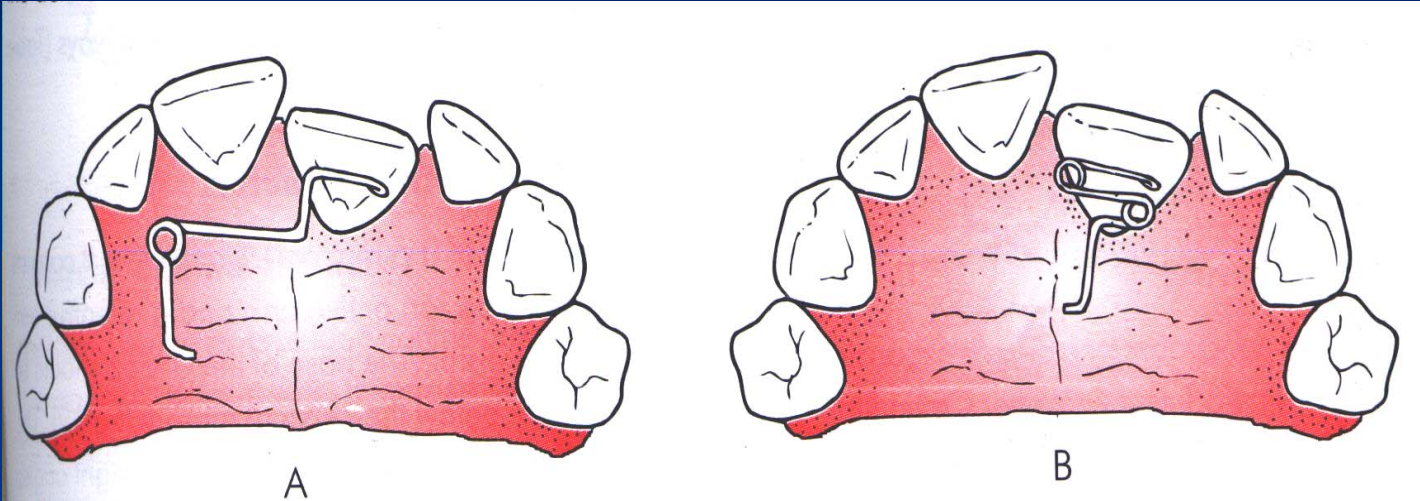


Plat Aktif dg Auxilliary Spring

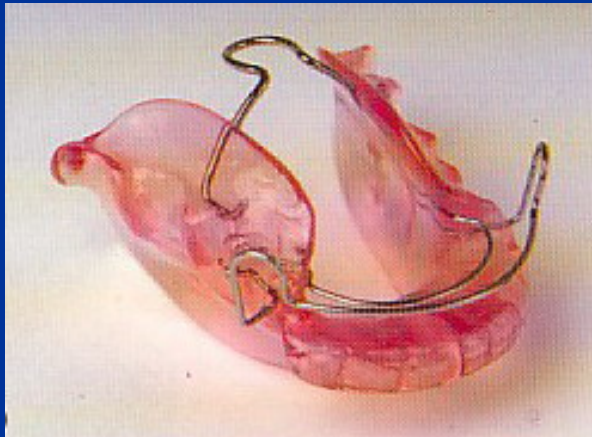
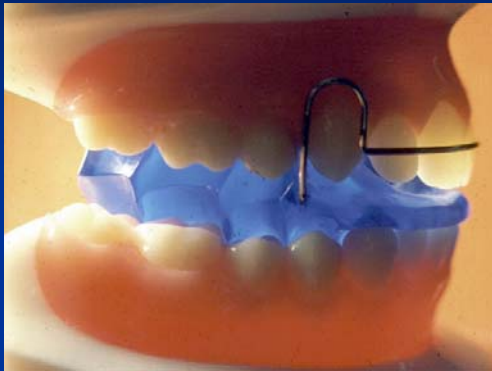
Plat Ekspansi



Plat Aktif



Alat Ortopedik Myofungsional



Alat Cekat Braces



Fenomena adaptasi bentuk tulang

Hukum Wolf : Tulang sewaktu-waktu membentuk dan merubah dirinya oleh krn tekanan , bertambah atau berkurang massanya untuk mengimbangi tekanan tersebut.

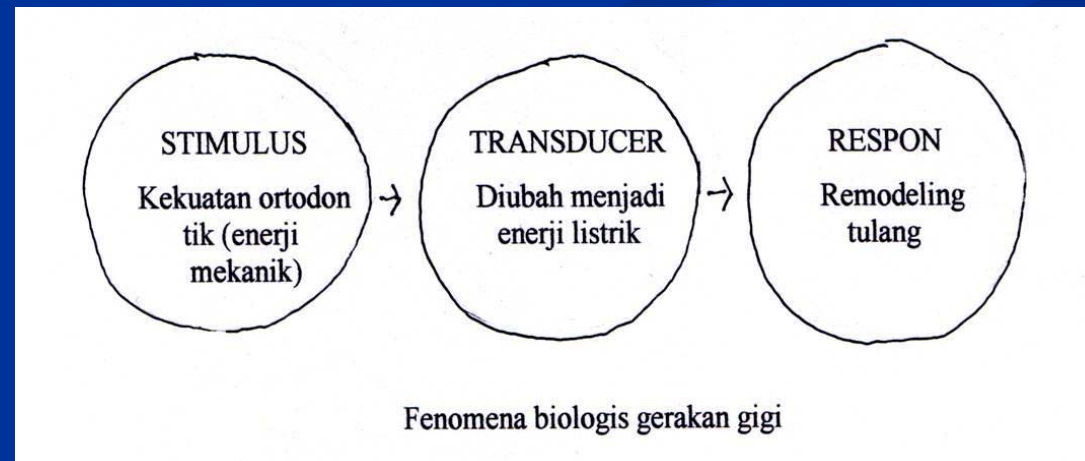
Potensial listrik yg timbul akibat tekanan disebut :
PIEZOELEKTRIK.

Aliran listrik diduga memberi muatan kepada suatu makromolekul untuk berinteraksi dng reseptor pada dinding sel, sel yg berperan dlm proses remodeling akan bereaksi.

Fenomena biologis gerakan gigi secara ortodontik

Meliputi :

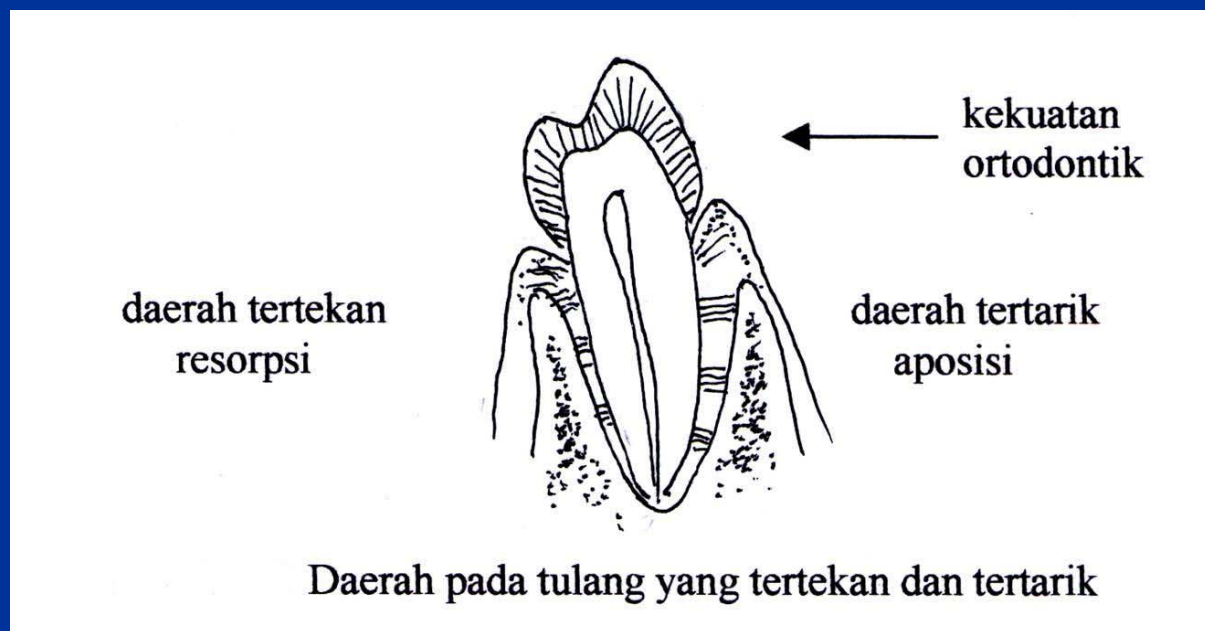
- Stimulus
- Transducer
- Respon



Pergerakan gigi

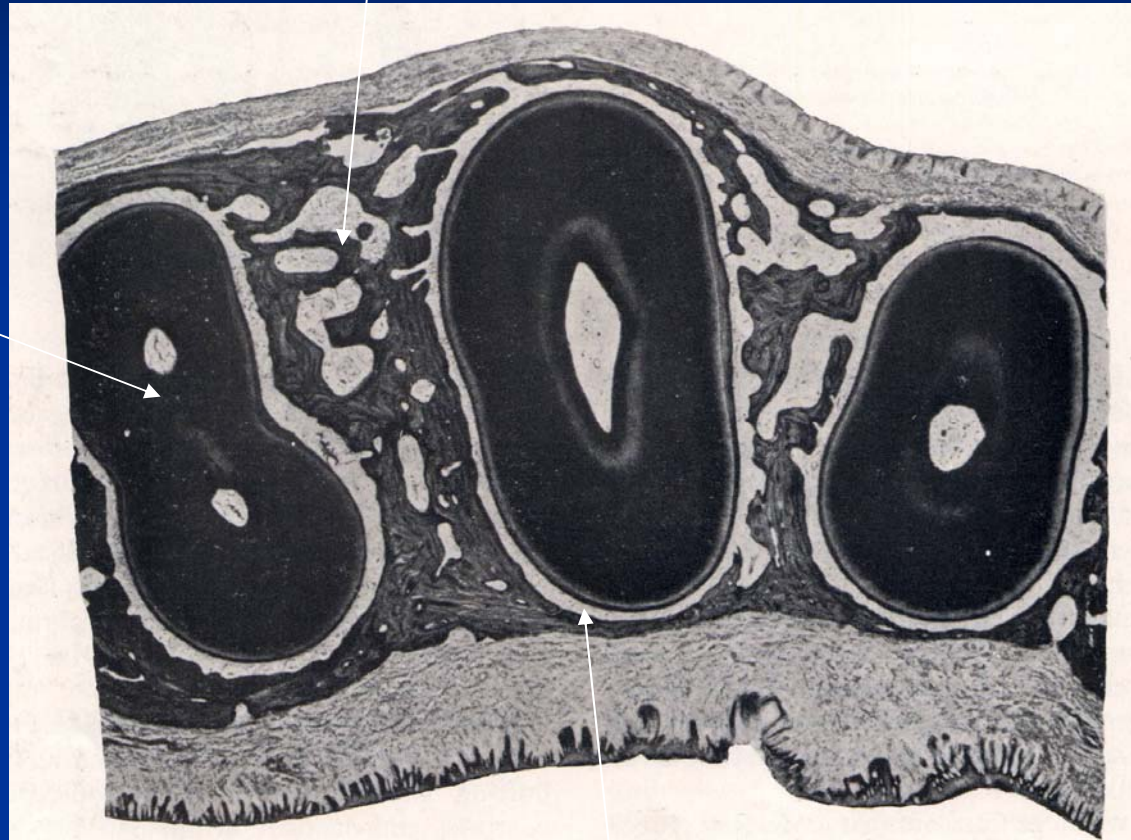
Kekuatan dikenakan pada gigi :

- Daerah yg tertekan → resorpsi tulang alveolus
- Daerah yg tertarik → aposisi tulang alveolus

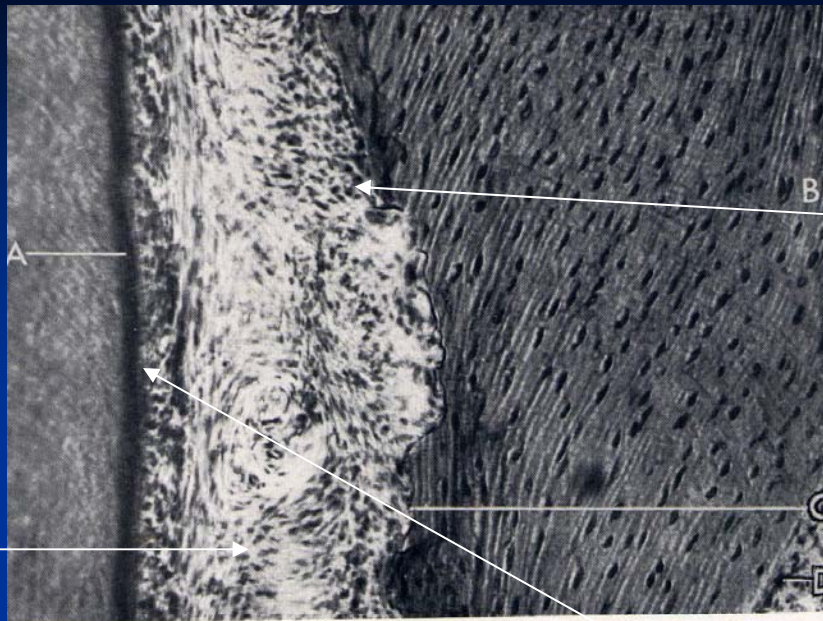


Tulang Alveolus

Gigi

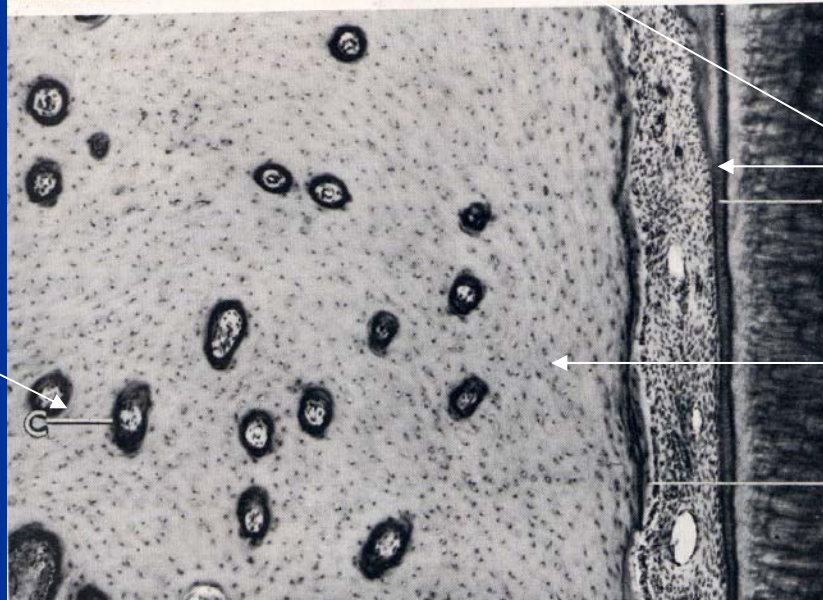


Membrana periodontalis



Membrana
periodontalis

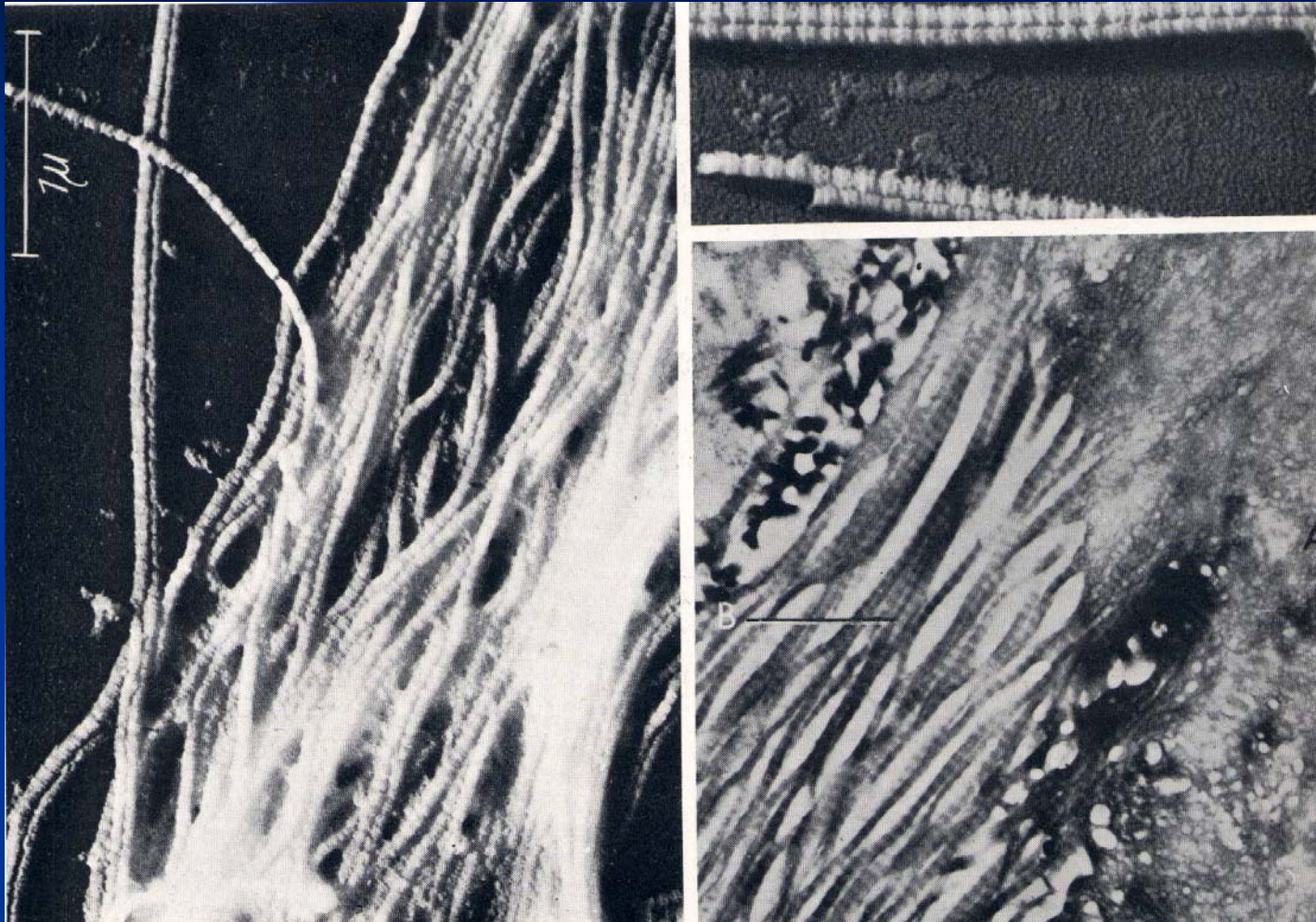
Osteoblast



Osteoid

Cementum

Osteocyt



Serabut-serabut periodontium

Sel

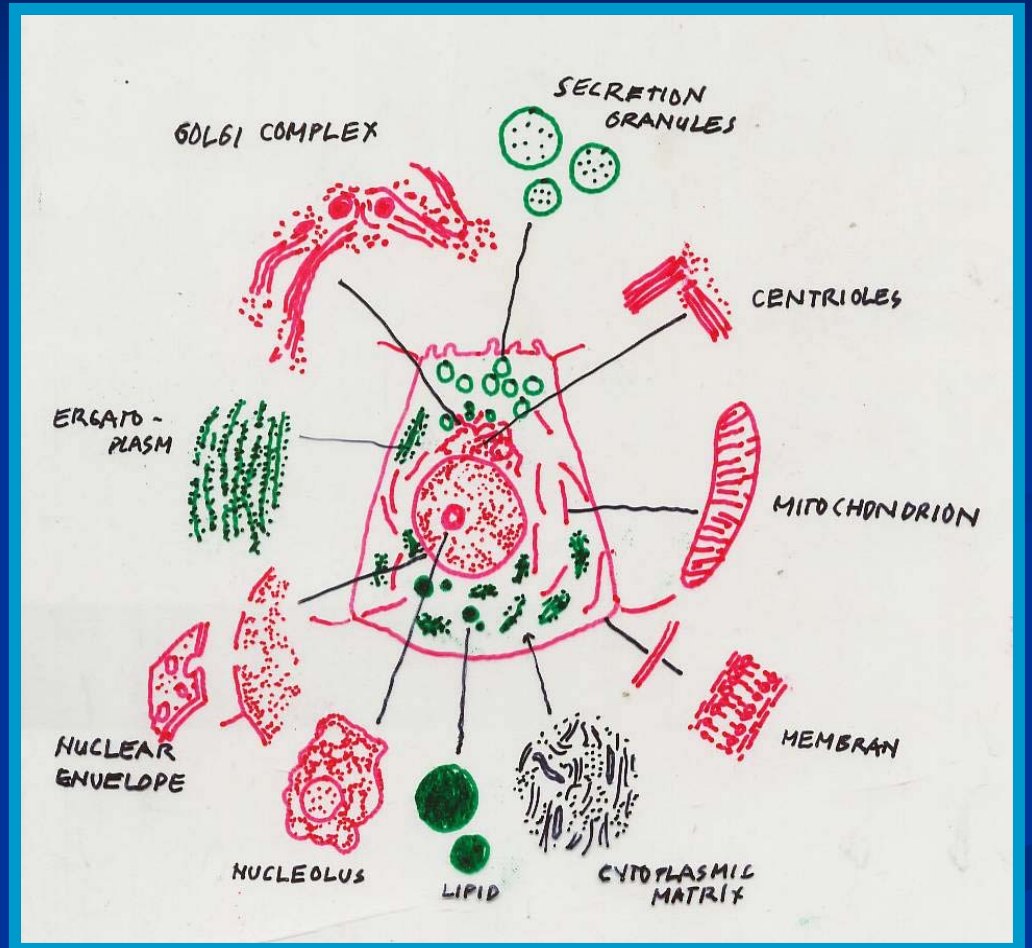
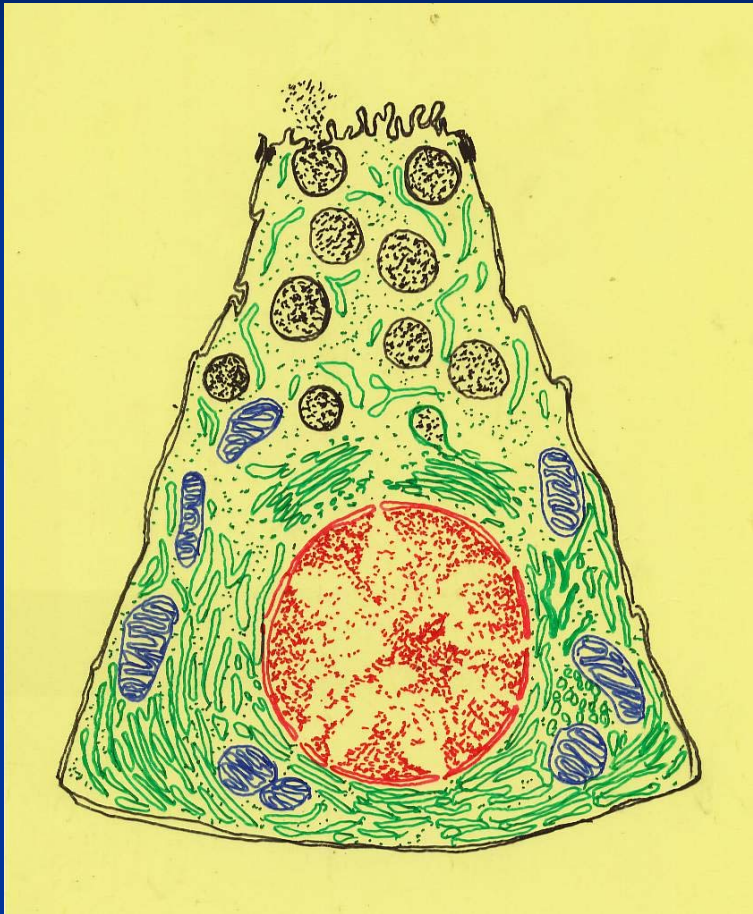
Tubuh tersusun oleh 3 unsur :

- Sel
- Zat interstitiel / ekstra sel
- Cairan tubuh :
 - a. Darah
 - b. Cairan jaringan
 - c. Cairan limfe
- Sel tersusun oleh :
 1. Nukleus
 2. Sitoplasma
 3. Organela
 4. Membran

Susunan kimia yang utama :

- Karbohidrat
- Lemak
- Protein
- Asam nukleat
- Mineral
- Air

Sel



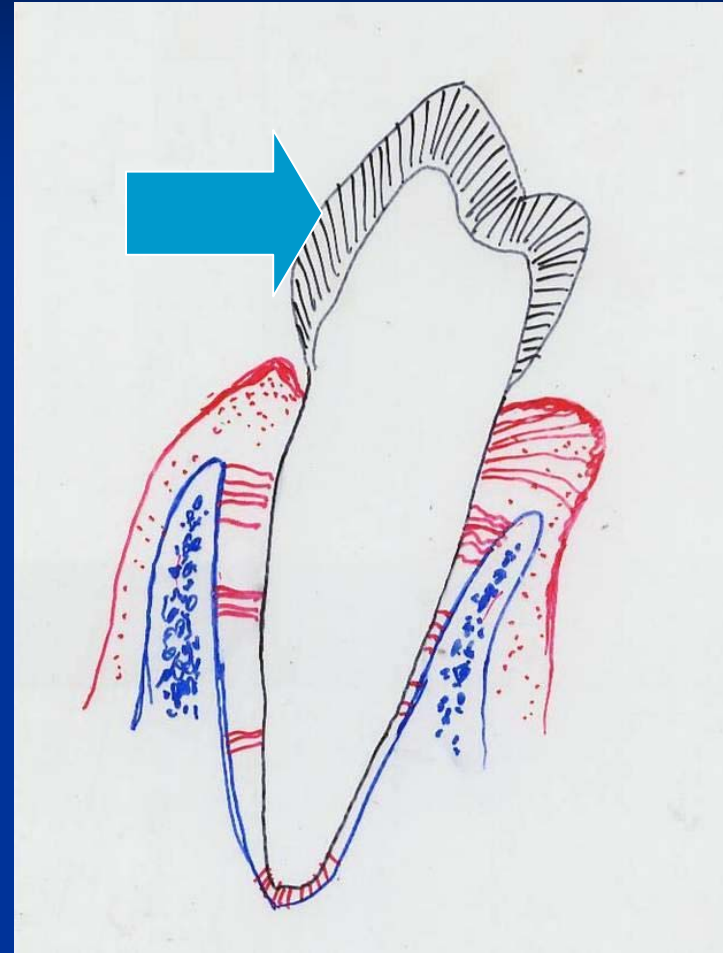
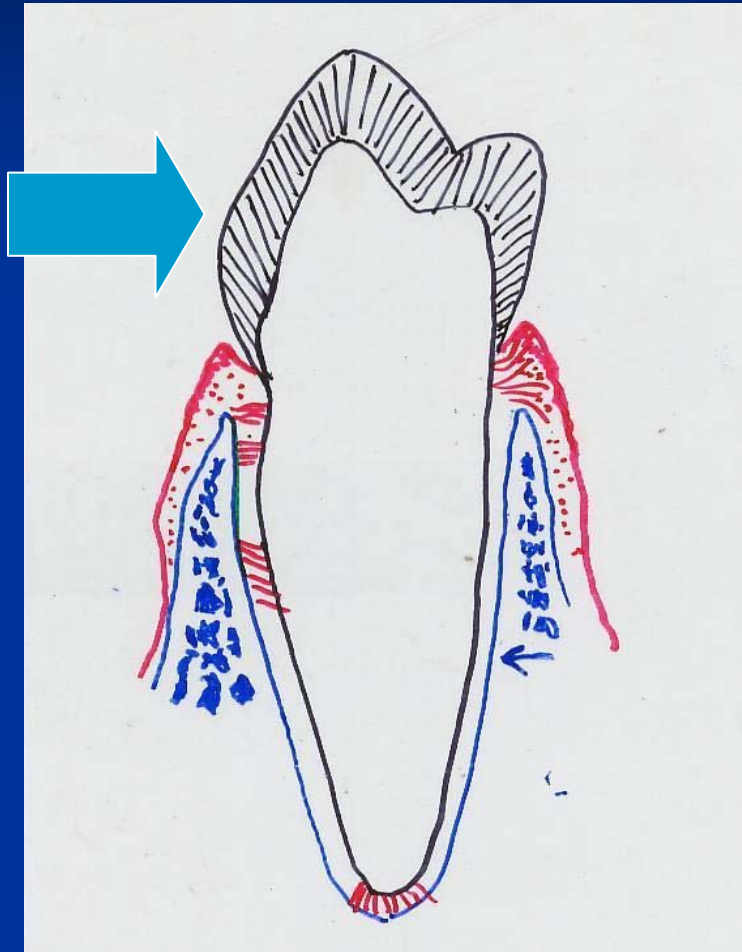
Pergerakan gigi

Kekuatan akan mendorong gigi ke dinding tulang alveolus, membrana periodontalis terjepit diantara gigi dan dinding alveolus, terjadi resorpsi tulang didaerah itu. Daerah yg berlawanan, gigi menjauh dari dinding tulang alveolus, melebarnya membrana periodontalis memberikan tarikan, daerah itu terjadi aposisi tulang.

Proses remodeling tulang dirangsang oleh pemberian kekuatan pd gigi, gigi berpindah dan integritas tulang tetap terpelihara.

Gigi bergerak dlm 2 tahap :

1. Segera setelah pemberian kekuatan, gigi bergerak karena elastisitas tulang.
2. Setelah periode diam, gigi bergerak krn resorpsi.



□ Beberapa pertanyaan mungkin timbul :

- ❖ Bagaimana proses remodeling terjadi ?
- ❖ Dimana proses itu terjadi ?
- ❖ Faktor apa saja yang ikut mengontrol respon tsb. ?

□ Proses remodeling dilakukan oleh osteocyt :

- ❖ Osteoclast
- ❖ Osteoblast

□ Sel-sel tersebut berasal dari membrana periodontalis dan pembuluh darah.

□ Harus ada rangsang yang mengaktifkan sel-sel tsb.

□ Untuk aktivitasnya diperlukan banyak energi, dlm sel mengandung banyak mitochondria dan sistim vaskularisasi yg cukup.

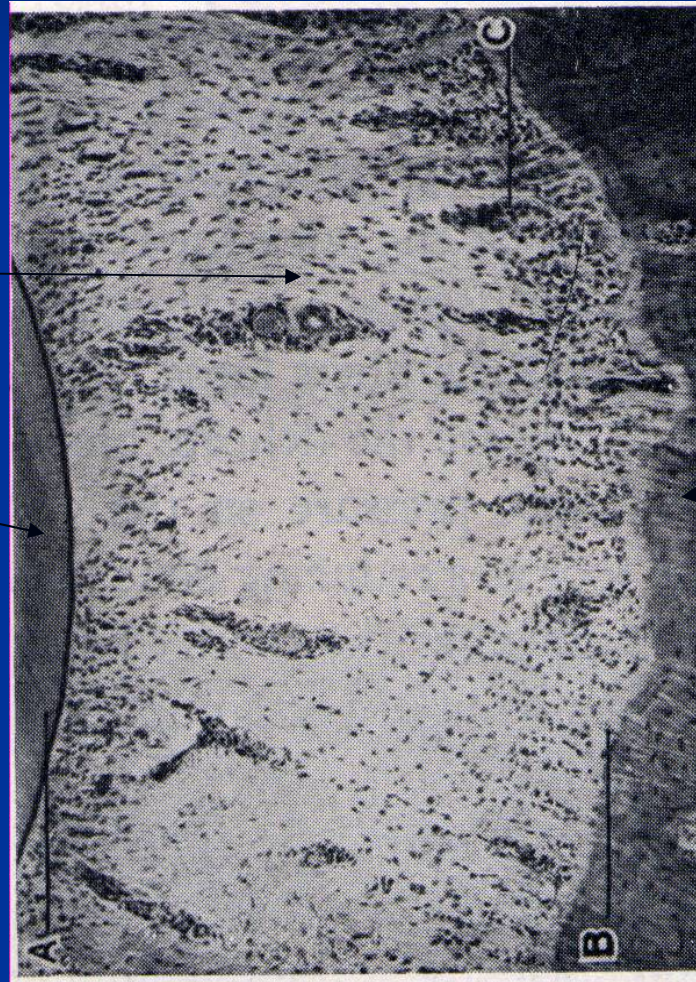
Membrana periodontalis terletak diantara gigi & tulang alveolus
tekanan pada gigi akan menjepit.

Tekanan yg kuat → pembuluh darah tersumbat →
sel-sel mati.

Membrana
periodontalis

Gigi

Tlg alveolus



Teori resorpsi : **Resorpsi**

I. Teori Bien (1966)

Pembuluh darah dlm membrana periodontalis terjepit terjadi stenosis. Pembuluh darah menggebung, oksigen keluar dari cairan darah meninggalkan pembuluh darah, sebagian kembali lagi & sebagian terjebak dlm spiculae pd tulang alveolus. Terjadi resorpsi tulang alveolus secara lokal. Bagaimana oksigen merangsang resorpsi tidak jelas. Pembuluh darah memberi oksigen dan catu nutrisi yg diperlukan untuk aktivitas sel.

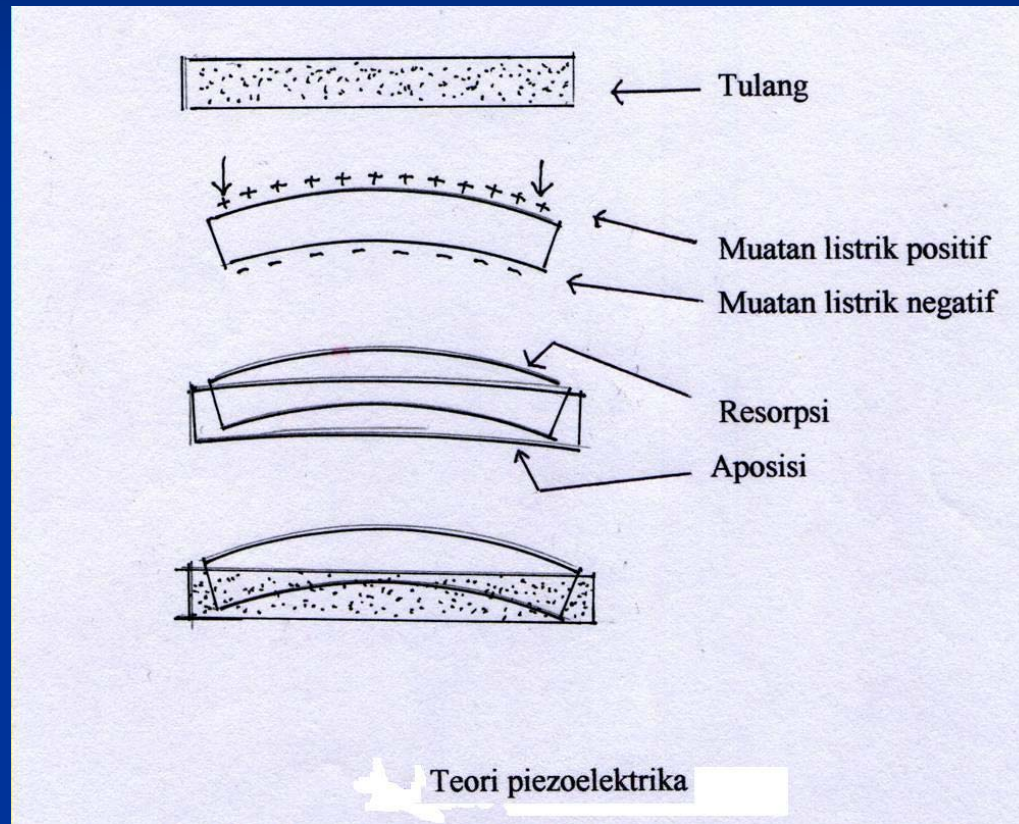
Resorpsi

II. Efek hidrodinamik dan sifat piezoelektrik pada tulang yg tertekan.

Pemberian kekuatan akan menimbulkan tekanan hidrodinamik, diteruskan ke dinding alveolus. Permukaan akan berubah bentuk menjadi cembung, timbul aliran listrik. Muatan listrik di daerah yg tertekan (cembung) adalah muatan listrik positif.

Dasar molekuler yang menerangkan hubungan antara antara fenomena listrik dengan aktivitas osteoclast belum jelas.

Teori Piezoelektrik



Reaksi Biokima terhadap kekuatan ortodontik

■ Reaksi Biofisika:

- Deformasi tulang
- Kompensasi ligamen periodontal
- Injuri Jaringan

■ Pembentukan Messenger I:

- Hormon : spt Hormon Pituitaria
- Prostaglandin
- Neurotransmitter

■ Pembentukan Messenger II

- C amp
- C gmp
- Ca ++

Reaksi
Piezoel
ectric

Imflama
tion

Aktivasi
Collagen
ase

- +VE :
Resorpsi
sel
meningkat

- -VE :
Deposisi
sel
meningkat



REMODELING
TULANG

Dua macam resorpsi :

1. Frontal resorption

Bila pembuluh darah dlm membrana periodontalis tidak tersumbat, resorpsi tulang terjadi langsung pd permukaan tulang.

2. Undermining resorption / rear resorption

Bila tekanan yg diberikan terlalu kuat, pembuluh darah tertutup, catu darah tidak ada, kemunduran jaringan (regresi), sel –sel menghilang, degenerasi hyalin.

Resorpsi mulai dr substantia spongiosa menuju ke permukaan tl alveolus.

Mula-mula jar nekrotik diserap, diikuti pebentukan jar baru.

Perubahan pada pembuluh darah

Tekanan ringan merangsang frontal resorption, tekanan kuat menyebabkan vascular thrombosis & akhirnya kematian membrana periodontalis.

Schwarz : 20 - 26 gr/cm persegi

Tekanan kapiler darah, tekanan lebih besar dr itu akan menyebabkan hyalinisasi bahkan resorpsi akar atau kematian pulpa.

Kesimpulan : aktivitas seluler sangat tergantung catu darah yg cukup nutrisi dan untuk menyerap sisa-sisa metabolisme.

Perubahan seluler

Resorpsi tulang oleh osteoclast, 1 sel mampu meresorpsi
Tulang yg dibentuk oleh 100 osteoblast
jumlahnya hanya sedikit.

Osteoclast berasal dr :

- Precursor sel :
 - Sel mesenchimal
 - Perivascular stem cell
- Fusi dr beberapa sel :
 - Fibroblast
 - Osteoblast
 - Osteocyt.

Tiga zone spesifik pada serabut periodontium

- **Inner zone**

Tertanam dlm cementum, terdiri dari mature collagen bundles yg relatif stabil.

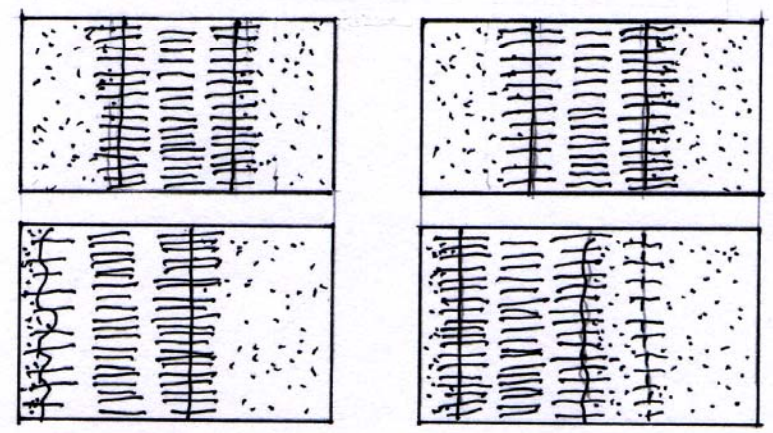
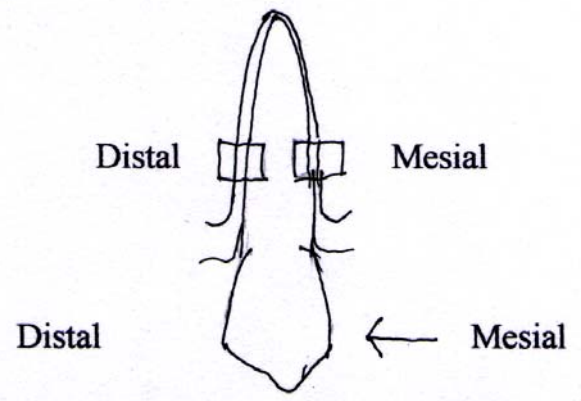
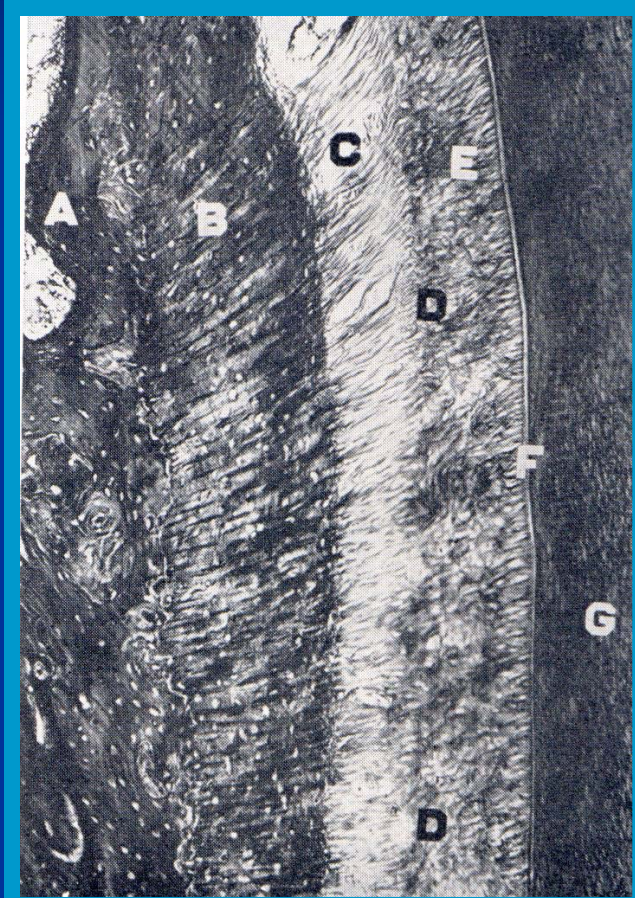
- **External zone**

Tertanam dlm dinding alveolus, kurang stabil kadang mengadakan perubahan.

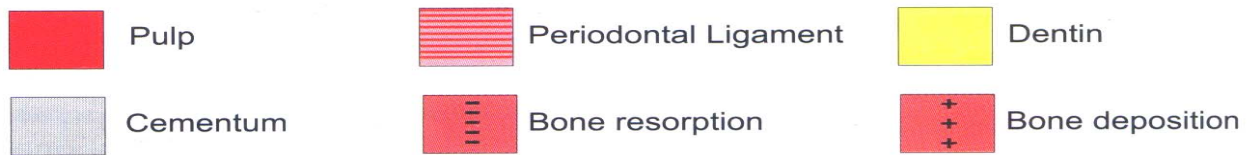
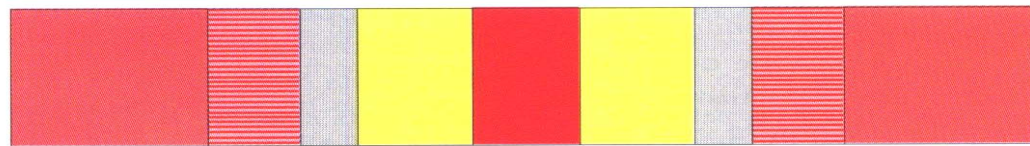
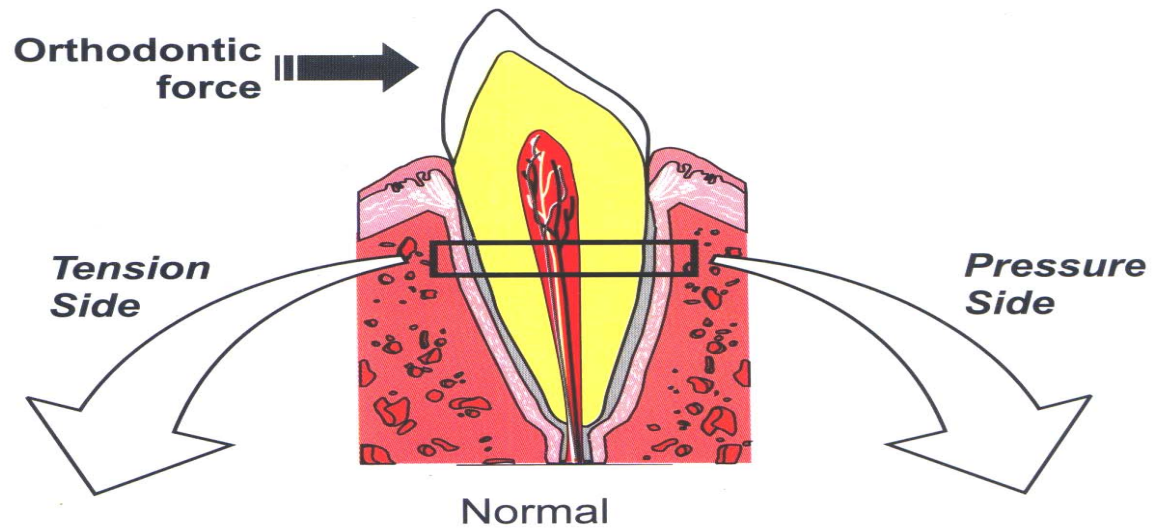
- **Intermediate zone**

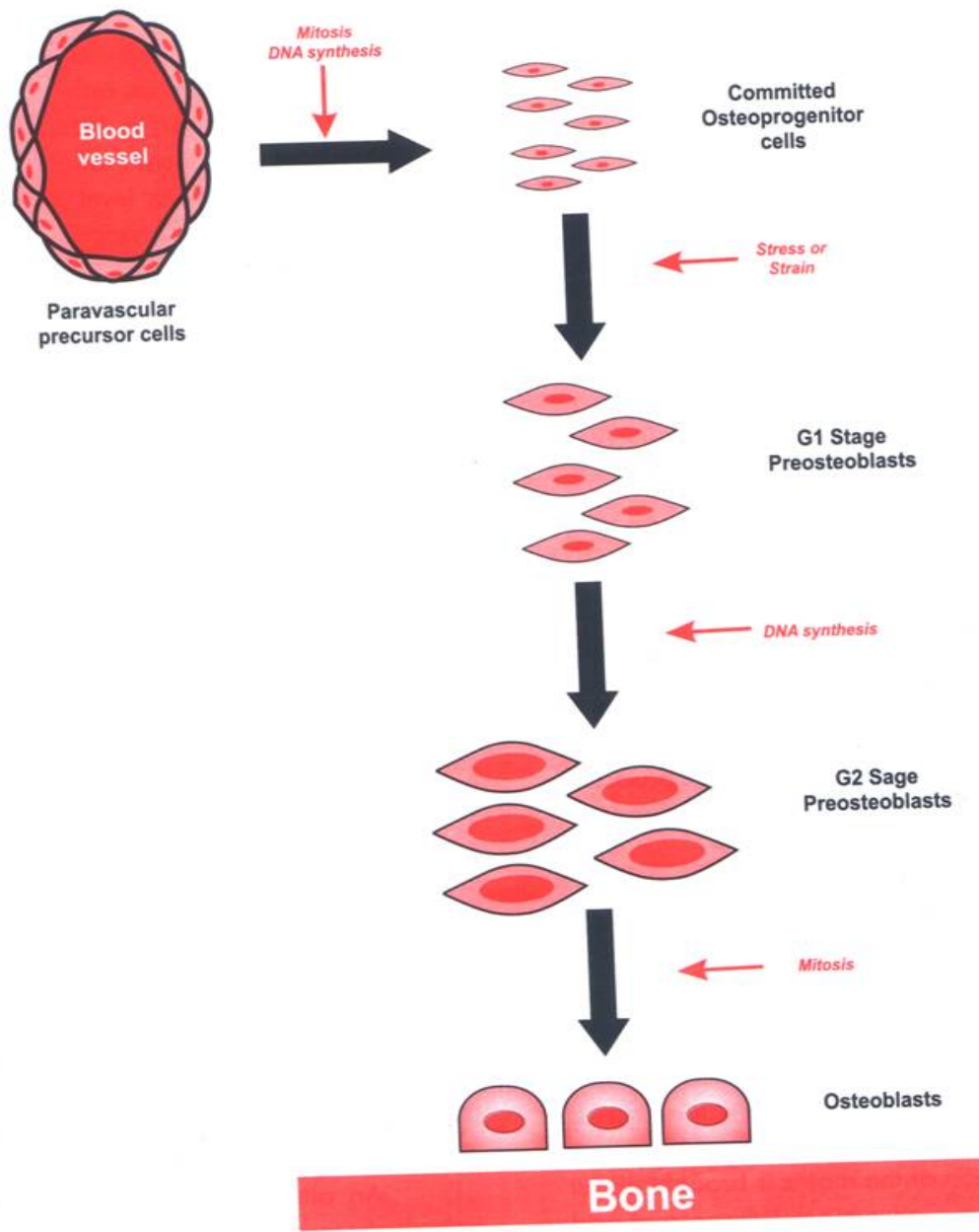
Zone ini sangat tidak stabil, tdr dr immature collagen fibers, sangat mudah mengadakan perubahan

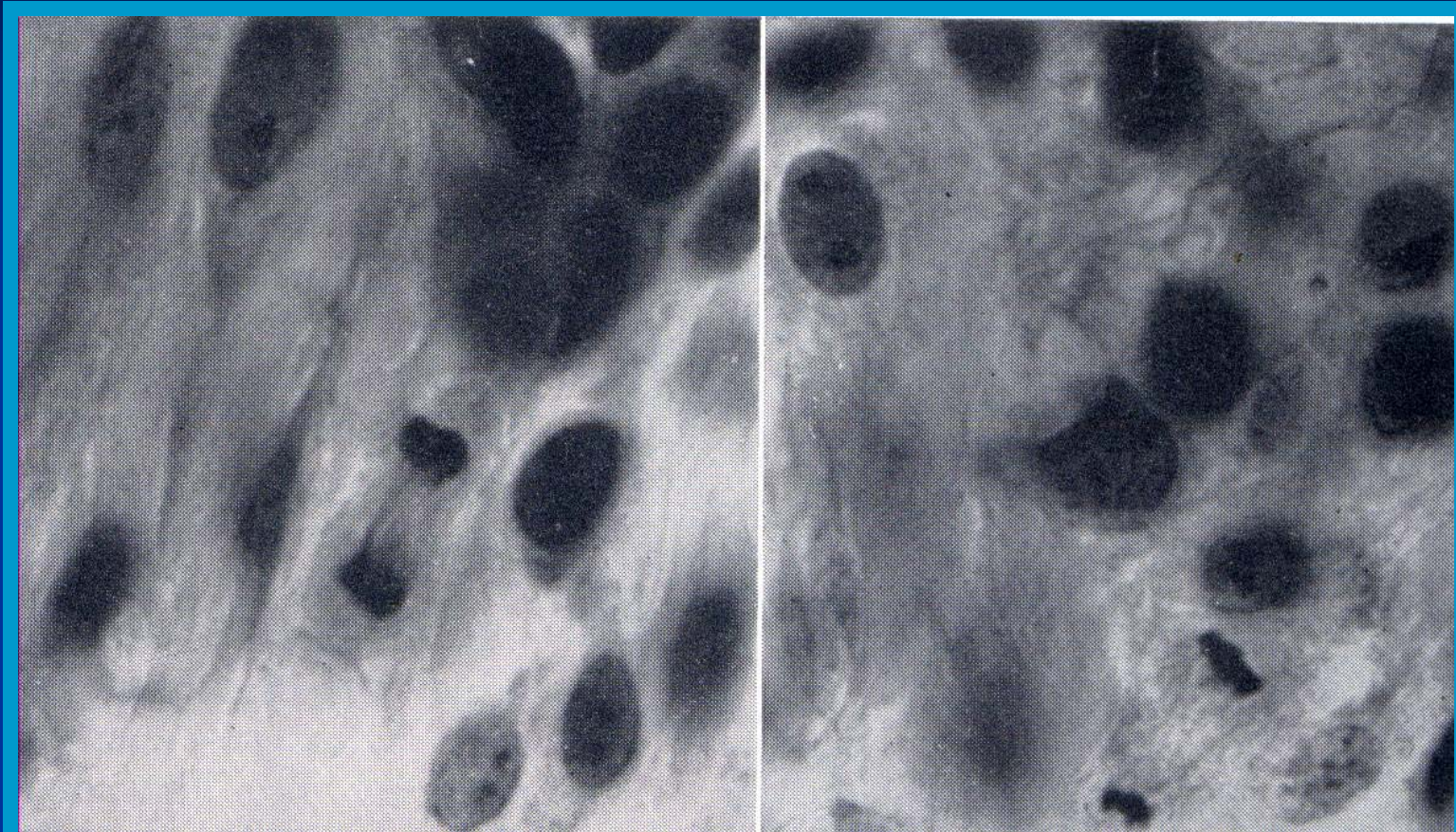
Pengamatan dengan radioaktif : sintesa collagen lebih aktif didaerah crestal dan apical.



Gambar 6 : Perubahan serabut-serabut periodontium







Pembelahan sel osteoblast

Remodeling sekunder

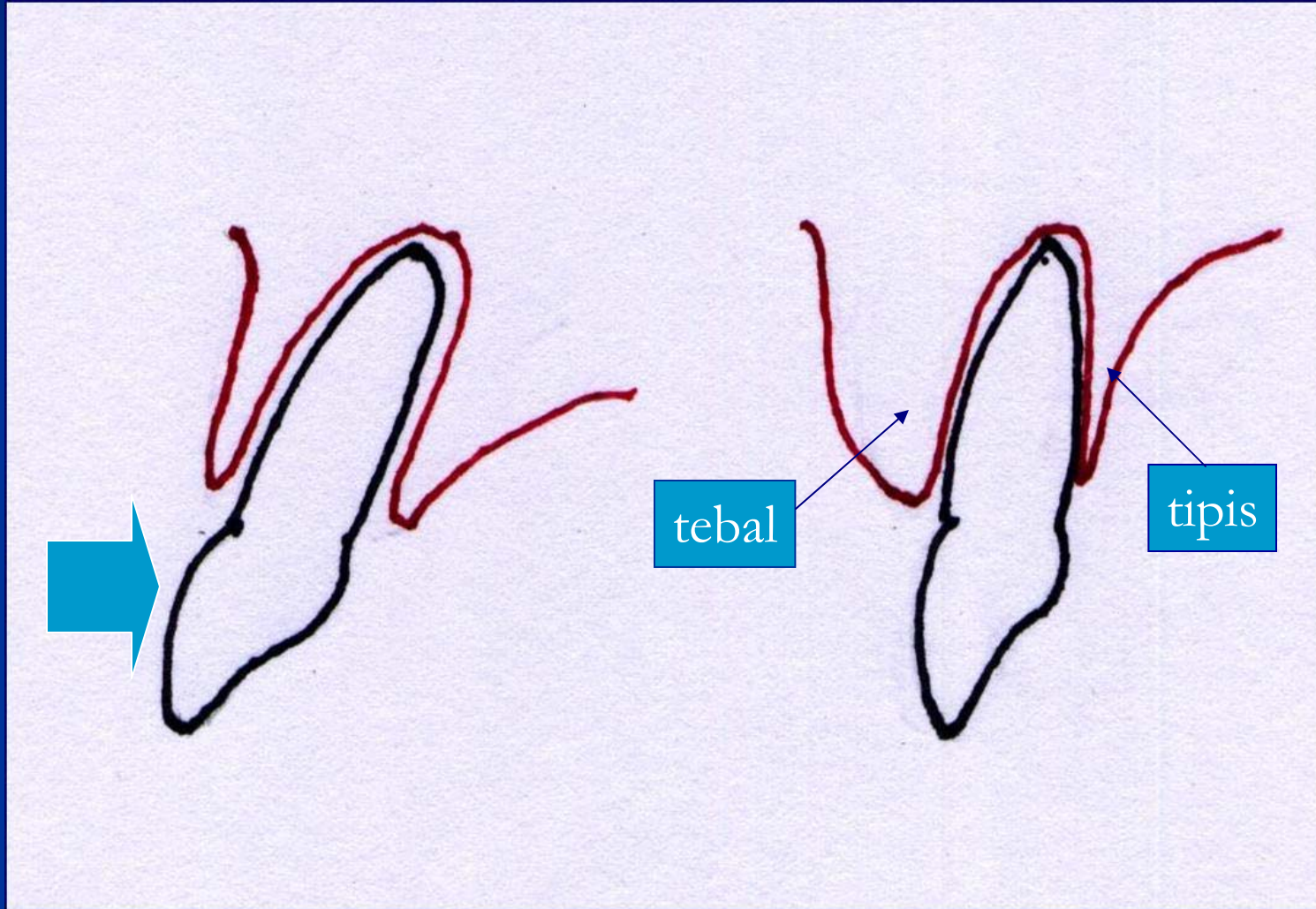
Dalam perawatan aktif, ada daerah yg mengalami resorpsi dan aposisi tulang, sehingga ada daerah yg menjadi lebih tebal dan daerah yg menjadi ti- pis.

Remodeling sekunder berguna untuk mempertahankan ketebalan tulang dan mempertahankan hubungan antara gigi ke tulang alveolus agar relatif konstan.

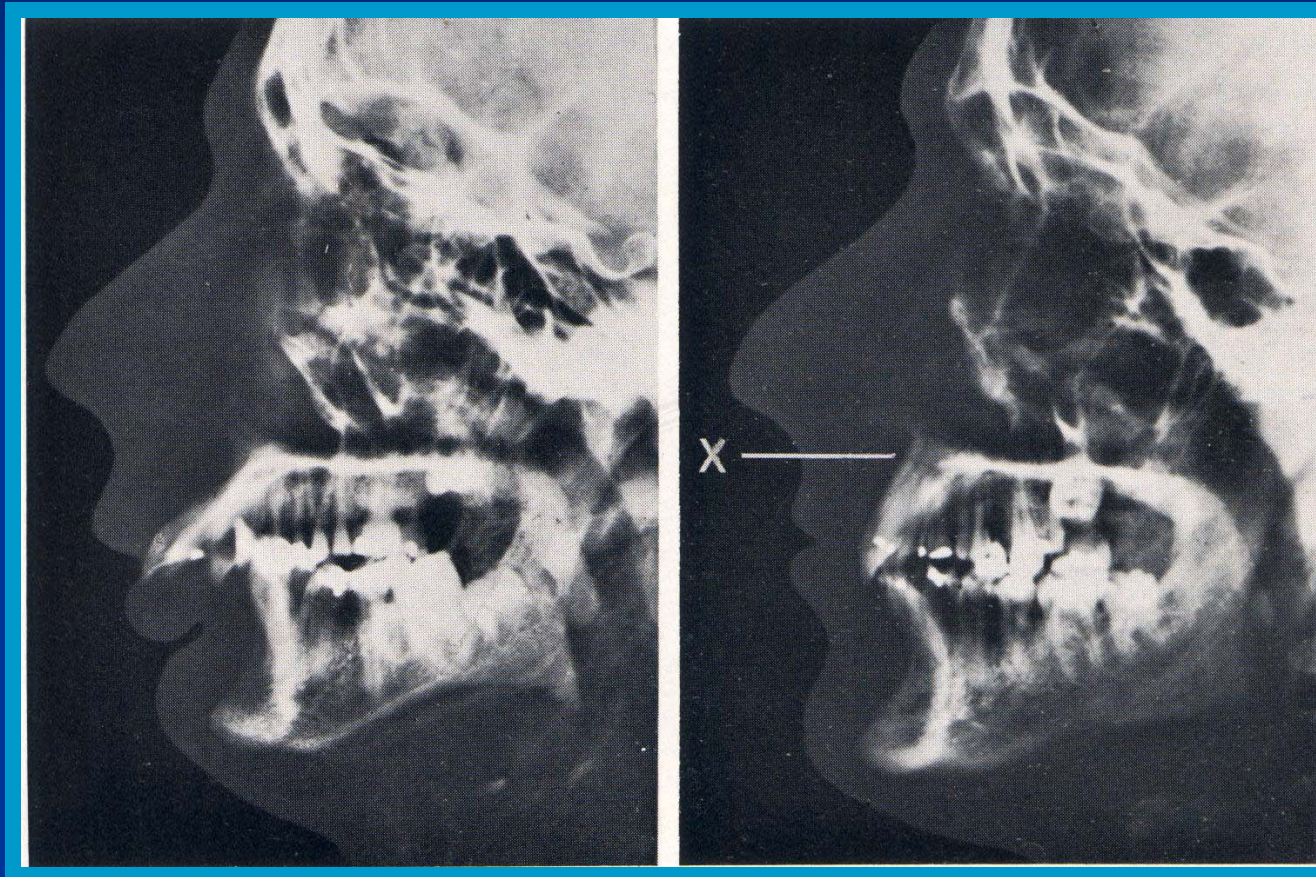
Bagaimana bisa terjadi mekanisme seperti ini, masih belum jelas.

Menunjukkan bahwa mekanisme kontrol biologis yg sangat rumit ikut aktif dlm proses resorpsi & aposisi.

Remodeling sekunder



Remodeling sekunder



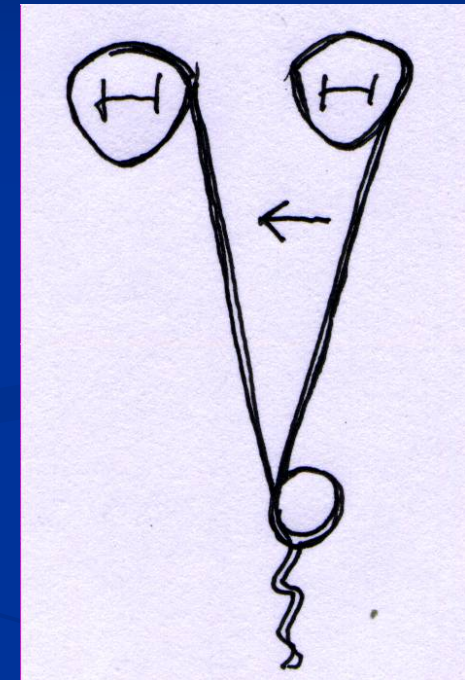
Keadaan umum

- ❑ Tekanan dan tarikan merangsang remodeling tulang selama Bergeraknya gigi. Kecepatan dan kemudahan respon seluler terhadap kekuatan ortodontik dihubungkan dengan kandungan sel dan sensitivitasnya dalam membrana periodontalis.
- ❑ Membrana periodontalis yg mengandung banyak sel mempunyai potensi yg lebih cepat & lebih reaktif.
- ❑ Pada anak-anak, pembentukan tulang terjadi 1 – 2 hari setelah pemberian kekuatan.
- ❑ Pada dewasa baru mulai setelah 8 – 10 hari.
- ❑ Pada proses resorpsi, kepadatan tulang merupakan variabel.

KEKUATAN ORTODONTIK

Pengertian

- ❑ Kekuatan sangat penting untuk mengawali\merangsang re modeling maupun membimbing gerakan gigi menuju ke posisi yg diinginkan.
- ❑ Gigi bergerak oleh kekuatan yg dihasilkan dari pegas kawat atau elastik yg dipasang pd alat ortodontik lepasan maupun cekat.
- ❑ Pegas & elastik mempunyai energi potensial, bila bentuknya diubah maka akan menjadi energi kinetik dada saat ia kembali ke bentuknya semula. Bila energi ini dikenakan pd gigi maka gigi akan terbawa olehnya. Kekuatan ini merangsang fenomena seluler dlm remodeling jar. periodontium.



Macam-macam sistem kekuatan

Dua sistim pemberian kekuatan untuk menggerakkan gigi

1. One point contact force/single point contact force
Kekuatan dikenakan pada satu titik kontak.
2. Couple force
Kekuatan yg dikenakan adalah sama & paralel, memberikan aksi simultan dng arah berlawanan. Bila couple force dikenakan pd gigi maka akan terjadi gerak an rotasi.



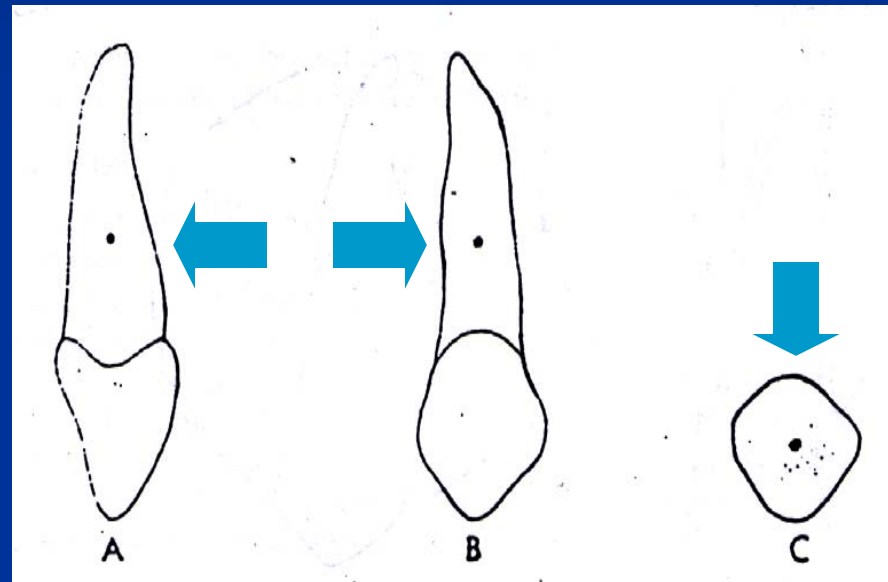
Macam-macam tipe pemberian kekuatan

Berdasarkan durasi pemberian kekuatan:

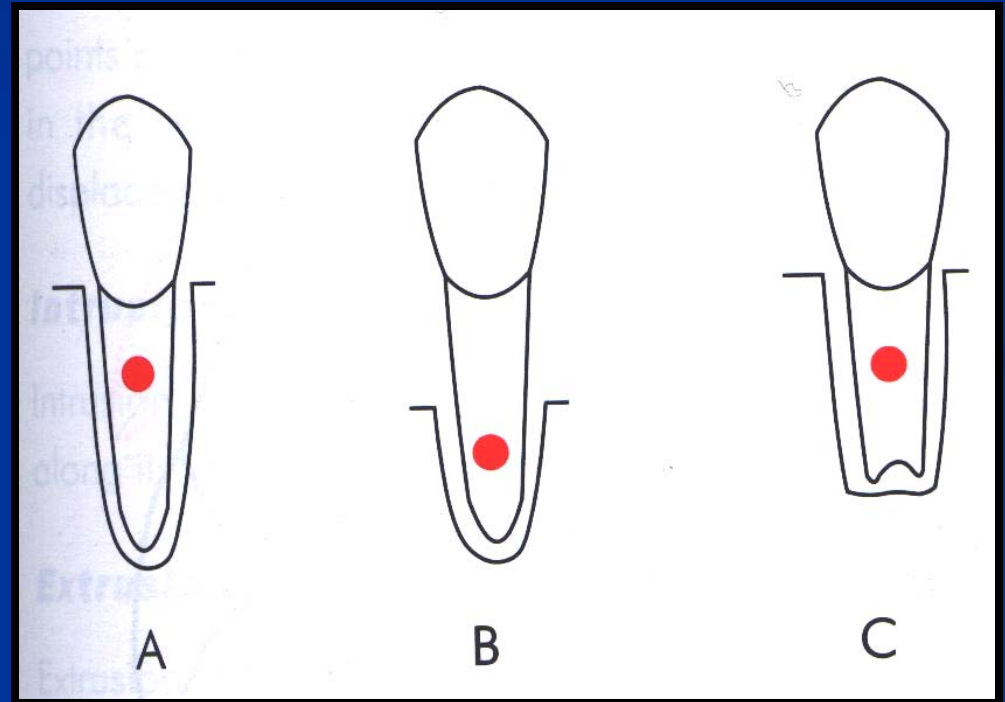
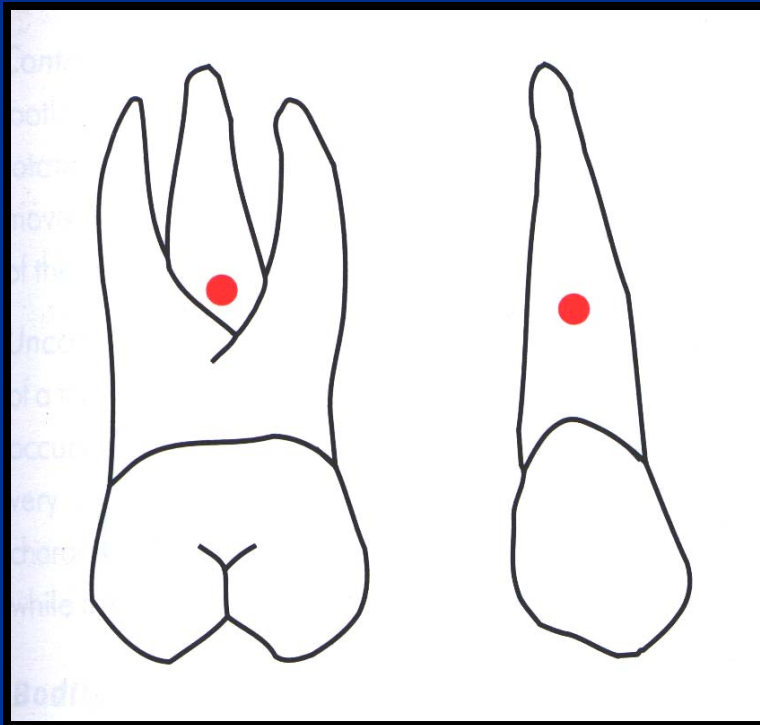
1. Continuous force
2. Intermittent force
3. Interrupted force

Center of resistance

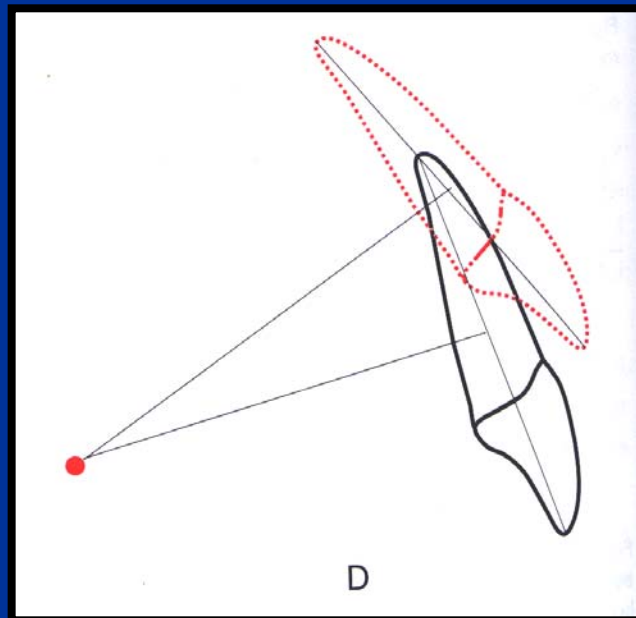
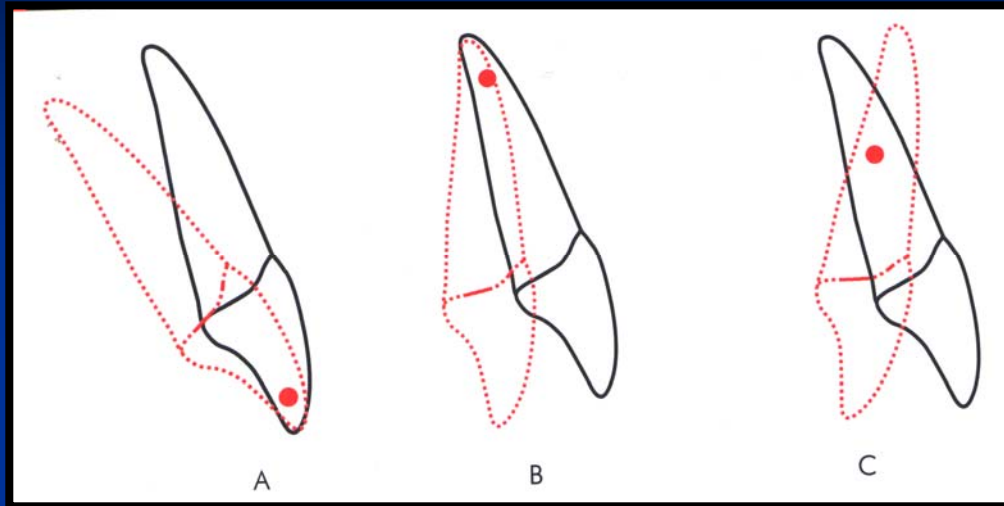
- ❑ Pusat ketahanan, adalah suatu tempat di akar gigi yang mempunyai ketahanan paling besar terhadap kekuatan ortodontik.
- ❑ Tiga center of resistance :
 - A. Anteroposterior
 - B. Transverse
 - C. Vertikal
- ❑ Pada gigi berakar tunggal, center of resistance terletak pd 40% jarak dari alveolar crest ke ujung akar gigi.



Center of resistance



Center of rotation



Gerakan gigi

Gigi dapat digerakkan ke segala arah.

Dibagi menjadi 2 bentuk dasar :

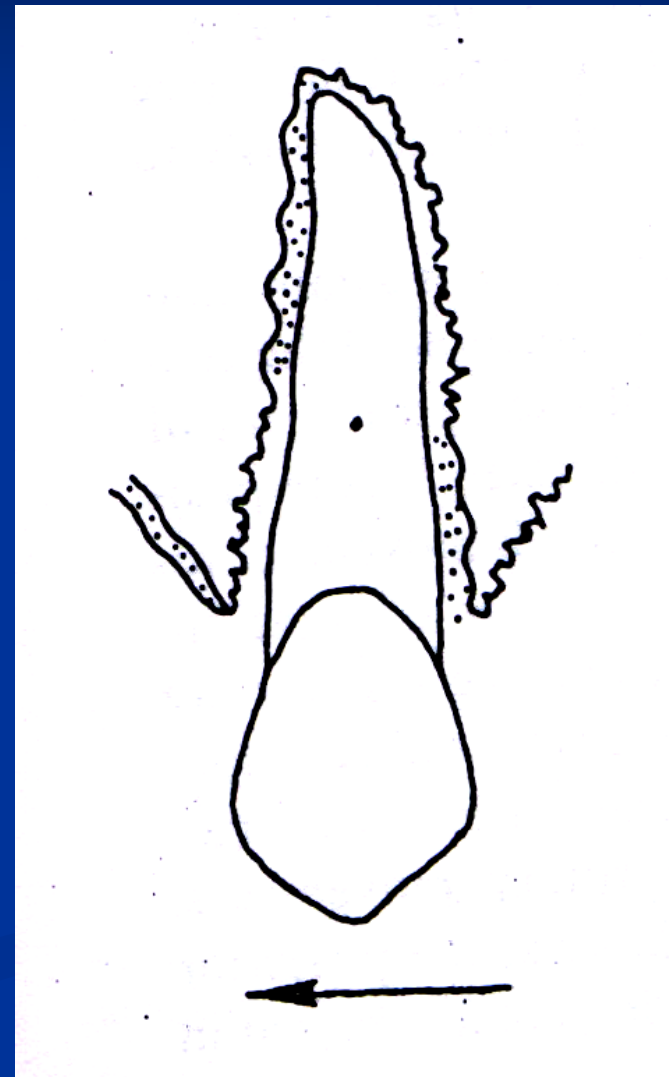
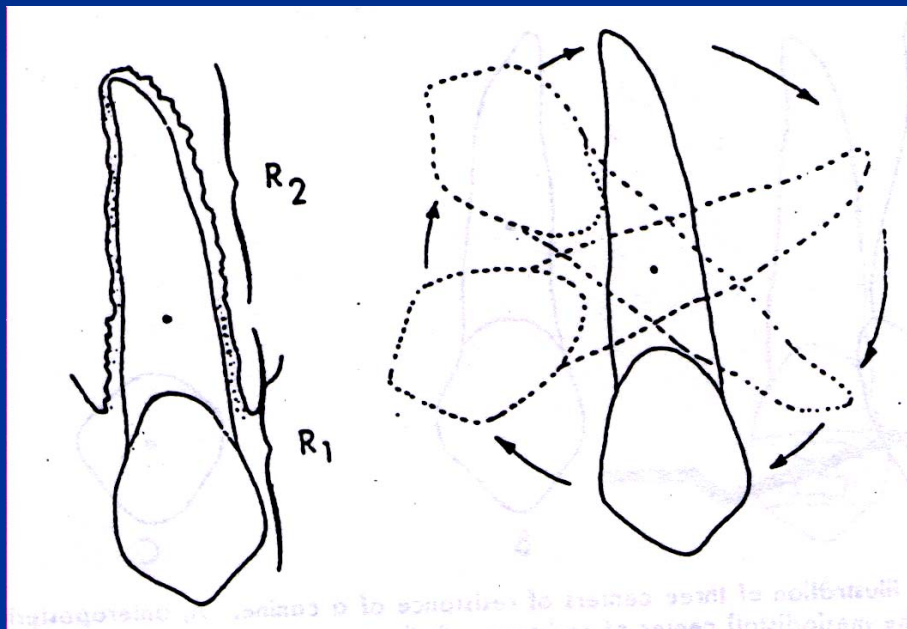
1. **Rotasi (rotasi murni)**

Gerakan gigi berputar pada pusat rotasi. Bila gigi berputar penuh maka akan kembali ke posisinya semula.

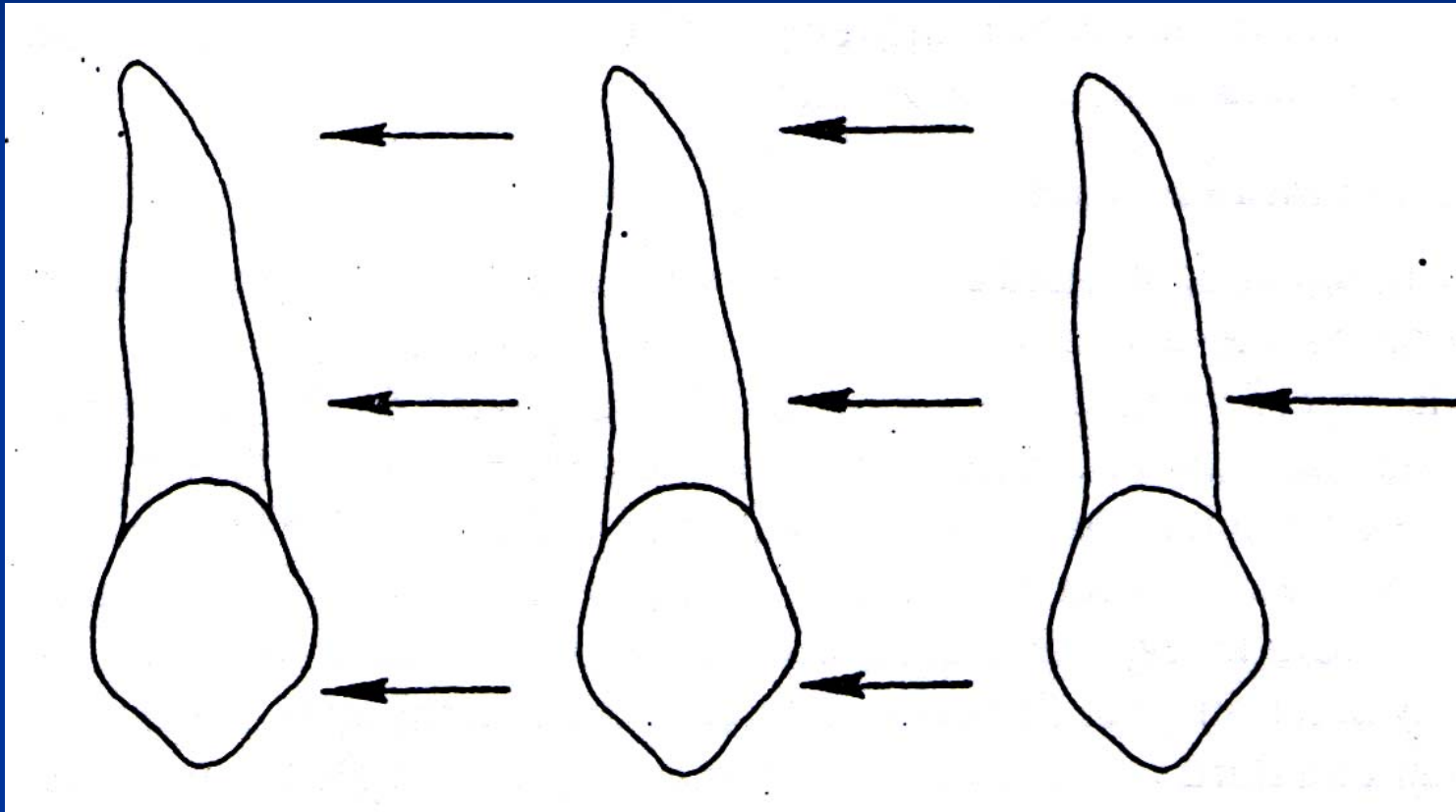
2. **Translasi**

Mahkota dan akar bergerak pada arah yg sama, shg gigi bergerak bodily atau dikatakan tidak ada perubahan inklinasi axial.

Rotasi murni

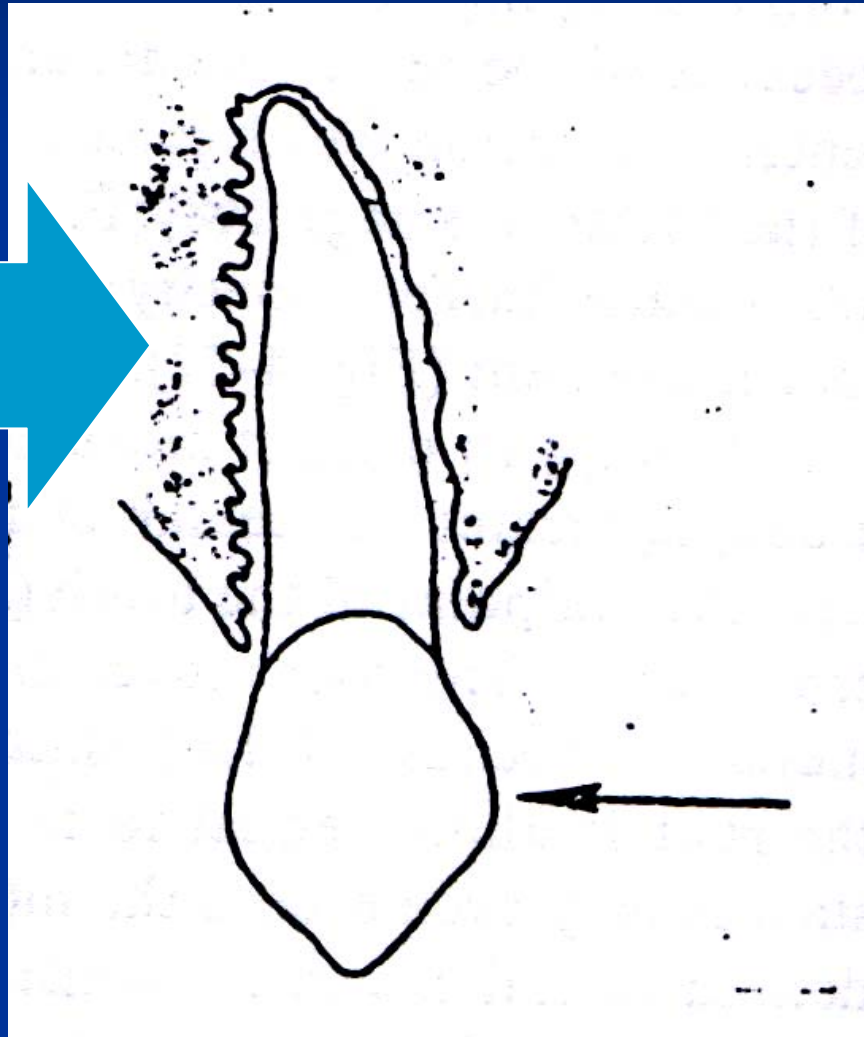


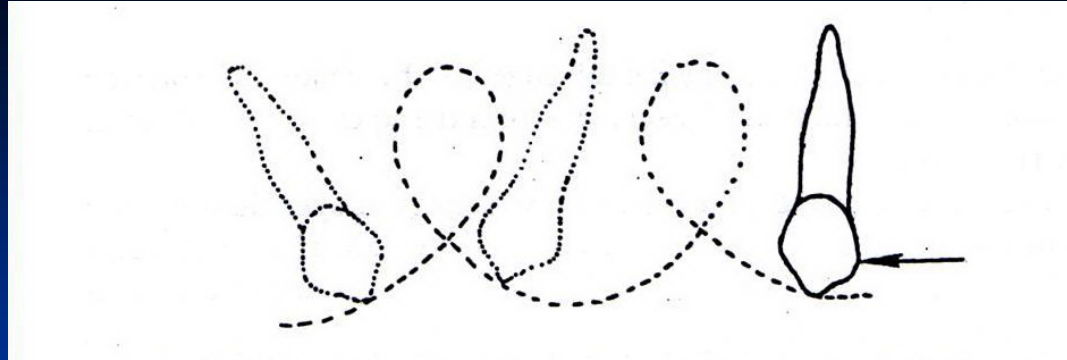
Translasi



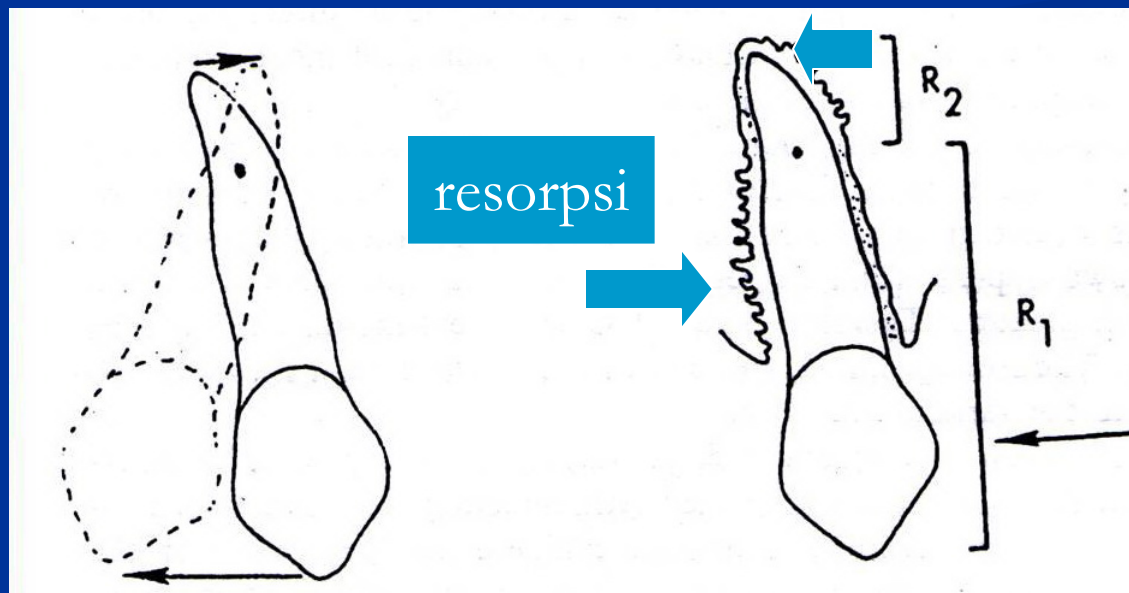
Translasi

Resorpsi

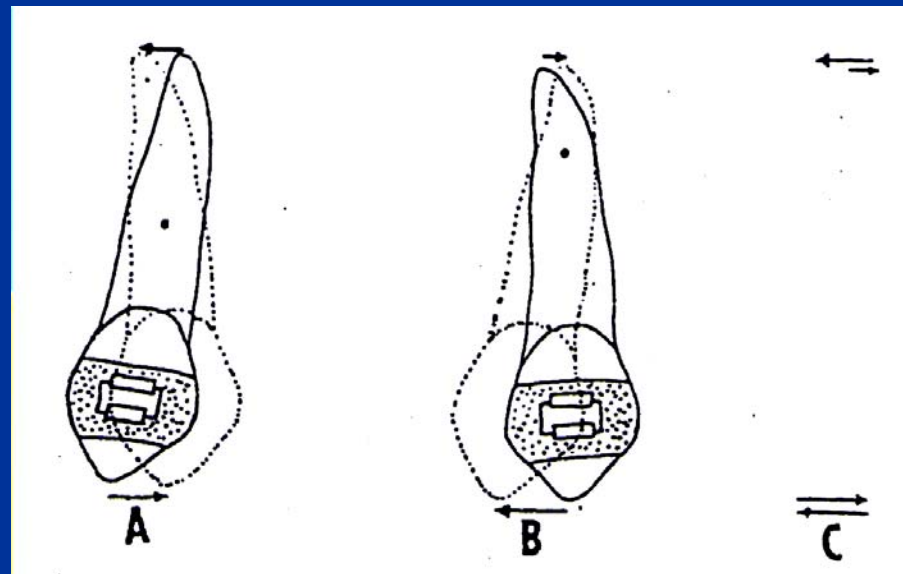
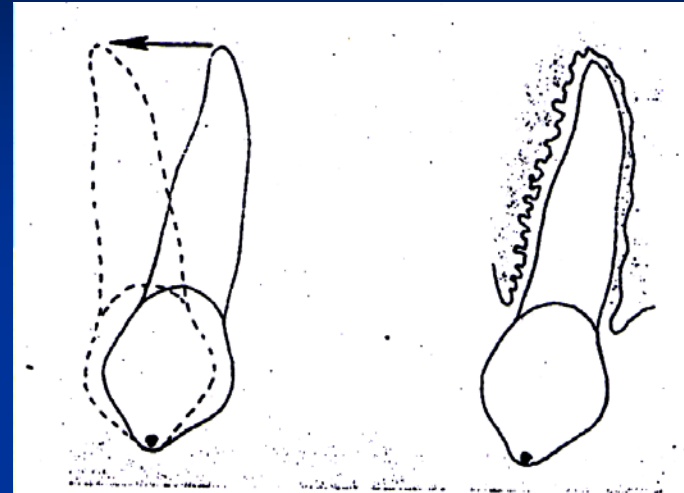




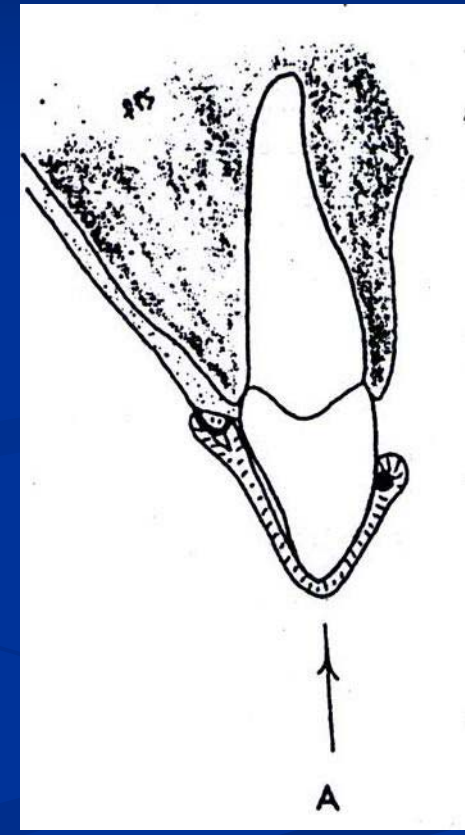
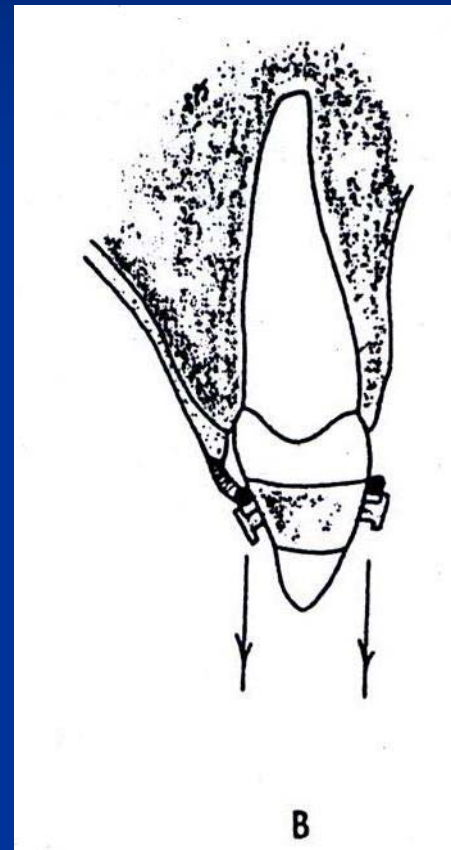
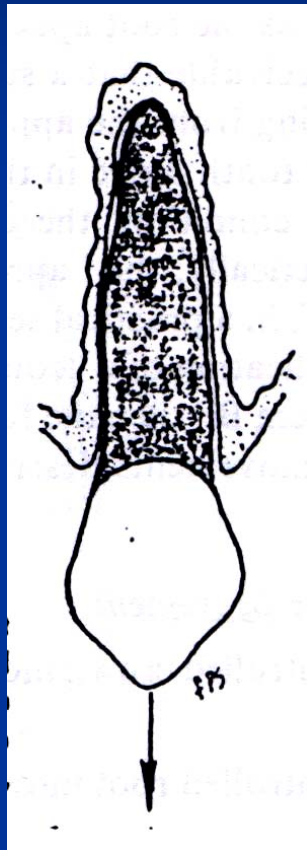
Pergerakan gigi sebagai akibat peneanan kekuatan pada satu titik (single point contact), apabila tidak ada resistensi gigi akan berotasi seperti ia bergerak dalam arah horisontal. Kekuatan ini biasanya mengakibatkan mahkota tipping, sehingga tipping sesungguhnya merupakan kombinasi dari rotasi dan translasi



Tipping



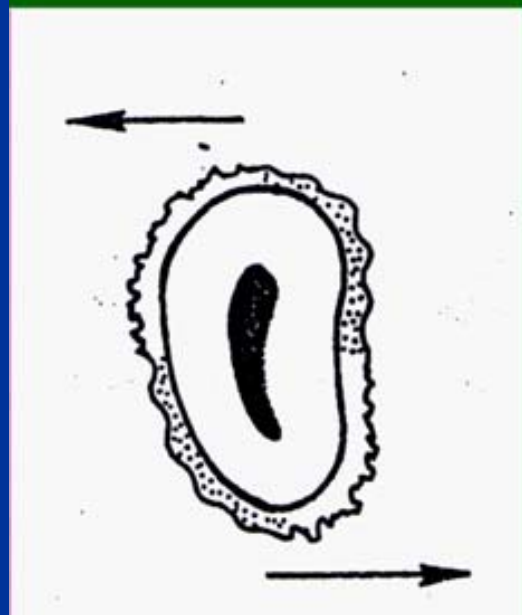
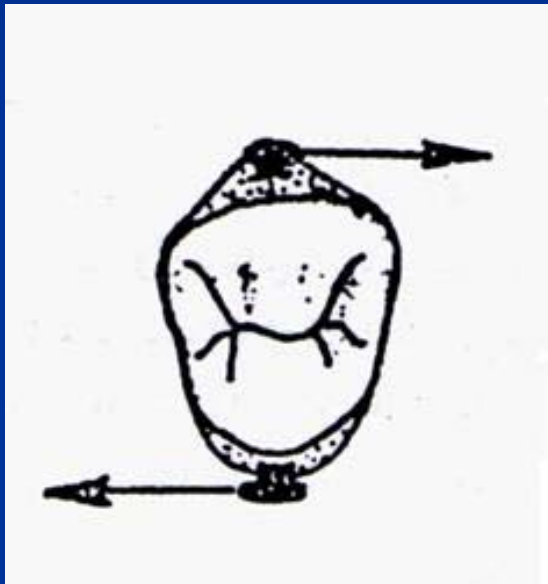
Ekstrusi dan Intrusi

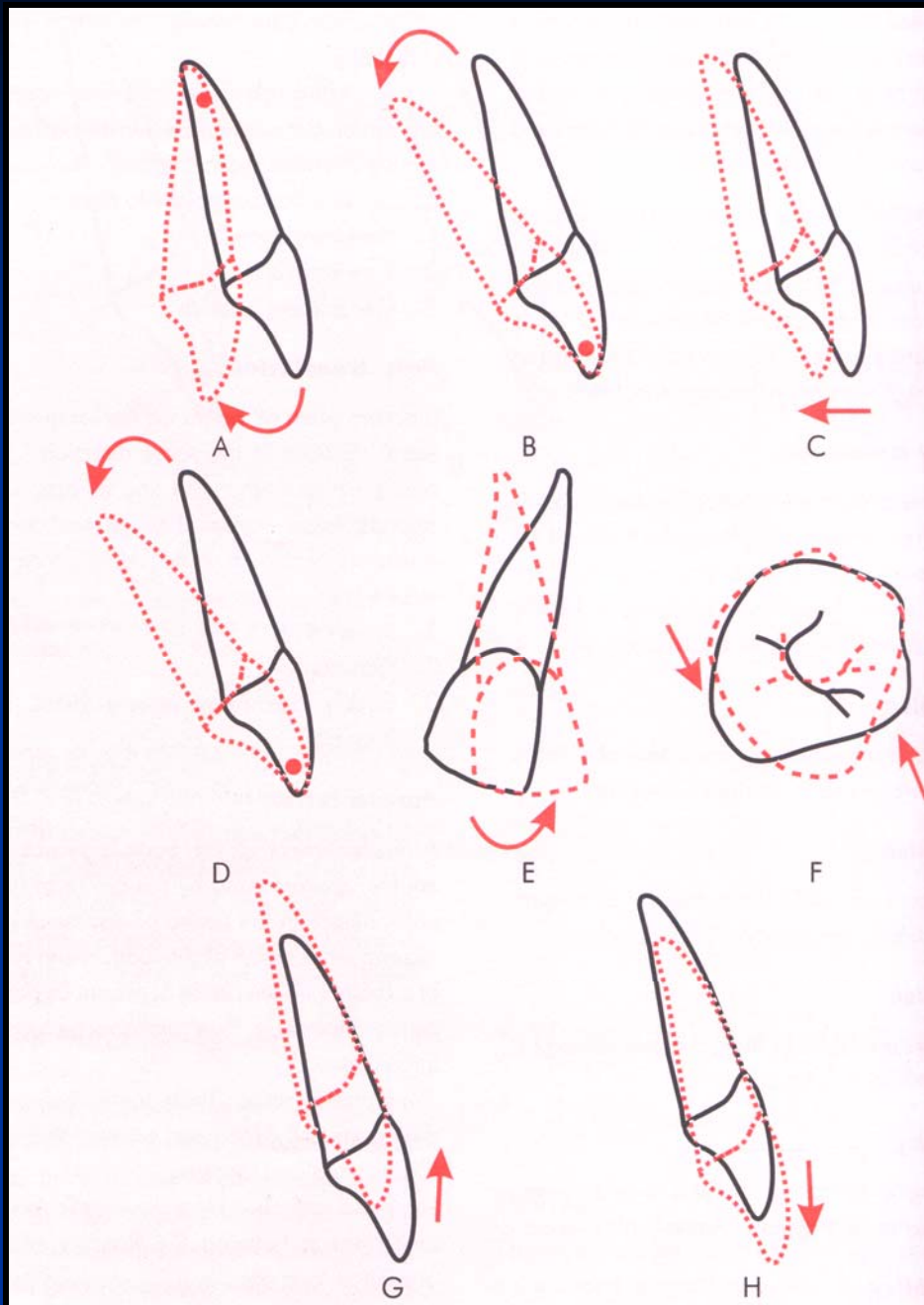


ekstrusi

intrusi

Rotasi

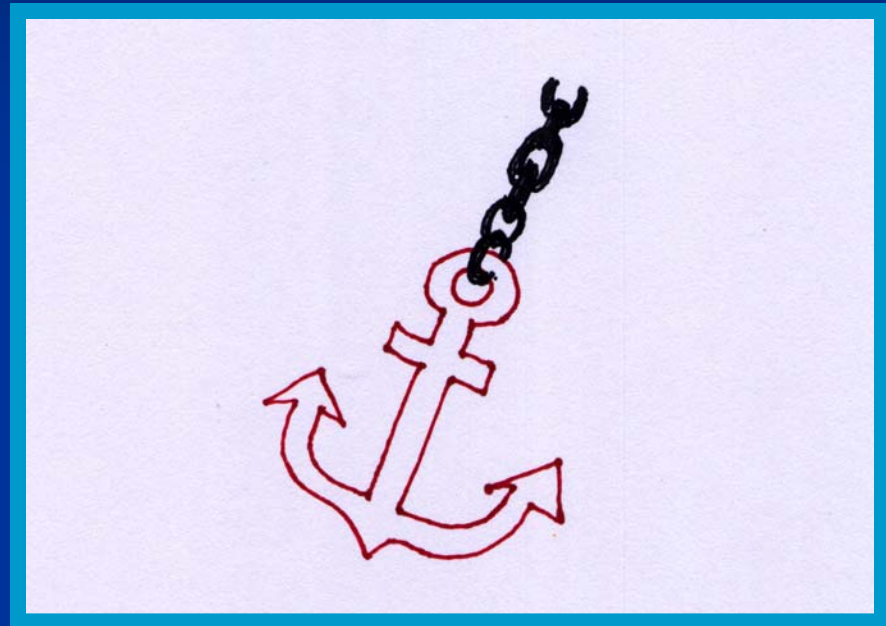




- A. Uncontrolled tipping,
- B. Controlled tipping,
- C. Translation,
- D. Torquing,
- E. Uprighting,
- F. Rotation,
- G. Intrusion,
- H. Extrusion.

Anchorage

- Suatu tempat perlawanan (resistance) dimana kekuatan dihasilkan untuk menggerakkan gigi .
- Anchor = sauh = jangkar



Jangkar kapal

Pembagian anchorage

A. Intraoral anchorage :

I. Intramaxillary anchorage :

a. Tooth borne anchorage :

1. Simple anchorage
2. Compound anchorage
3. Stationary anchorage
4. Reciprocal anchorage

b. Tissue borne anchorage

II. Intermaxillary anchorage

B. Extraoral anchorage :

I. Occipital anchorage

II. Cervical anchorage

III. Cranial anchorage

IV. Facial anchorage

A. Intraoral anchorage

Tooth borne anchorage

I. Intramaxillary anchorage

Sistim penjangkaran dengan menggunakan gigi-gigi dalam lengkung rahang yang sama sebagai unit penjangkar.

II. Intermaxillary anchorage

Sistim penjangkaran dengan menggunakan gigi-gigi dalam lengkung rahang yang berlainan sebagai unit penjangkar.

I. Intramaxillary anchorage

Dapat berupa :

a. Simple anchorage

Sistim penjangkaran dengan gigi yang mempunyai resistensi lebih besar dipakai sebagai anchorage untuk menggerakkan gigi dengan resistensi yang lebih kecil.

b. Compound anchorage

Sistim penjangkaran dengan beberapa gigi / sekelompok gigi mempunyai resistensi lebih besar dipakai sebagai anchorage untuk menggerakkan gigi dengan resistensi yang lebih kecil.

c. *Stationary anchorage*

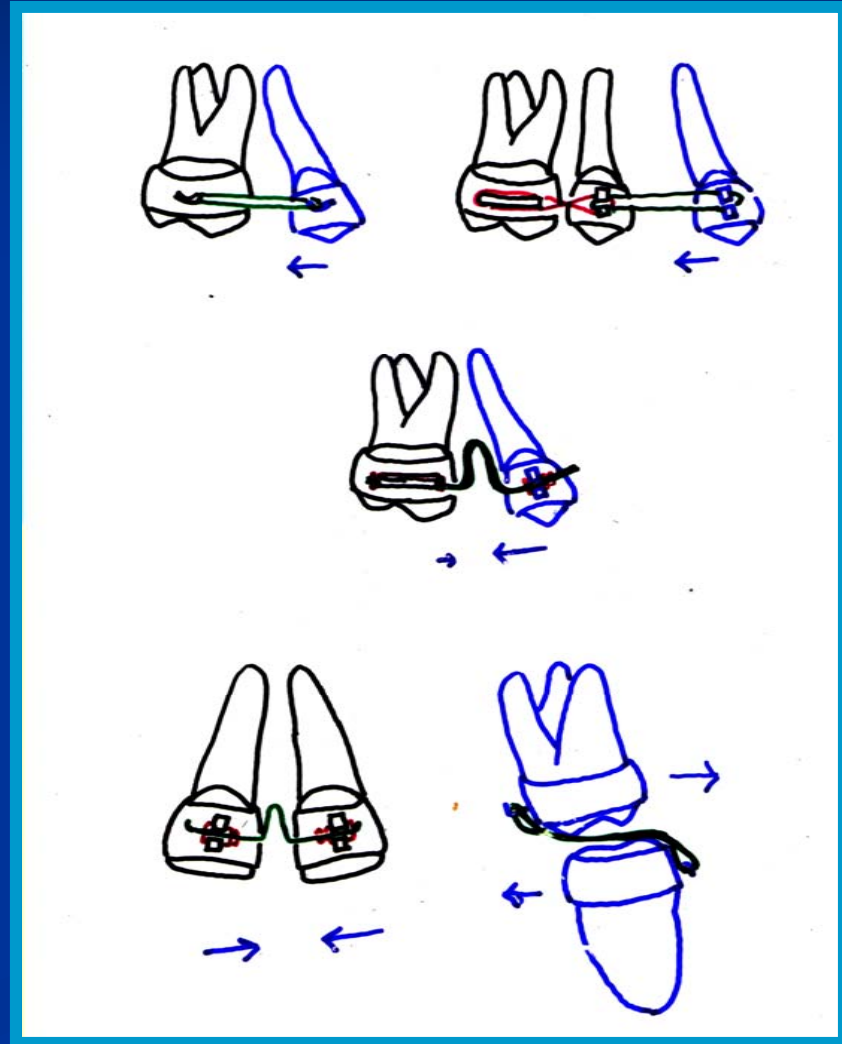
Sistim penjangkaran dengan gigi penjangkar diusahakan untuk tidak bergerak secara tipping, atau bila bergerak maka gerakannya adalah bodily.

d. *Reciprocal anchorage*

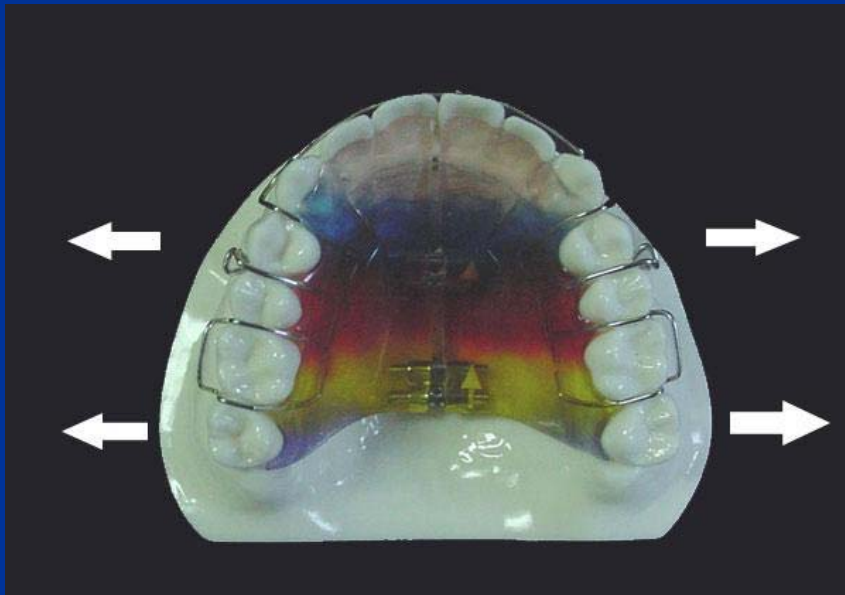
Sistim penjangkaran dengan dua atau sekelompok gigi dengan resistensi yang sama digunakan untuk saling menggerakkan satu sama lain dengan arah berlawanan.

Intramaxillary anchorage

1. Simple anchorage
2. Compound anchorage
3. Stationary anchorage
4. Reciprocal anchorage



Reciprocal anchorage



b. Tissue borne anchorage

Anchorage yang ditimbulkan dari jaringan lunak.

- Mukosa
- Bibir
- Pipi

2. Intermaxillary anchorage

Sering digunakan pada alat ortodontik cekat, biasanya dengan menggunakan elastik.

Tergantung kasusnya :

- Intermaxillary elastic class II
- Intermaxillary elastic class III
- Cross elastic

Intermaxillary anchorage



Intermaxillary elastic class II



Intermaxillary elastic class III



Cross elastic

Cara mendapatkan intraoral anchorage :

1. Reinforced anchorage
2. Natural anchorage
3. Prepared anchorage
4. Active root thrust

Prepared Anchorage

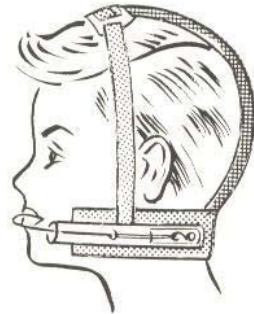
- a. Distal uprighting
- b. Distal lingual rotation
- c. Buccal root torque

Extraoral anchorage

Occipital



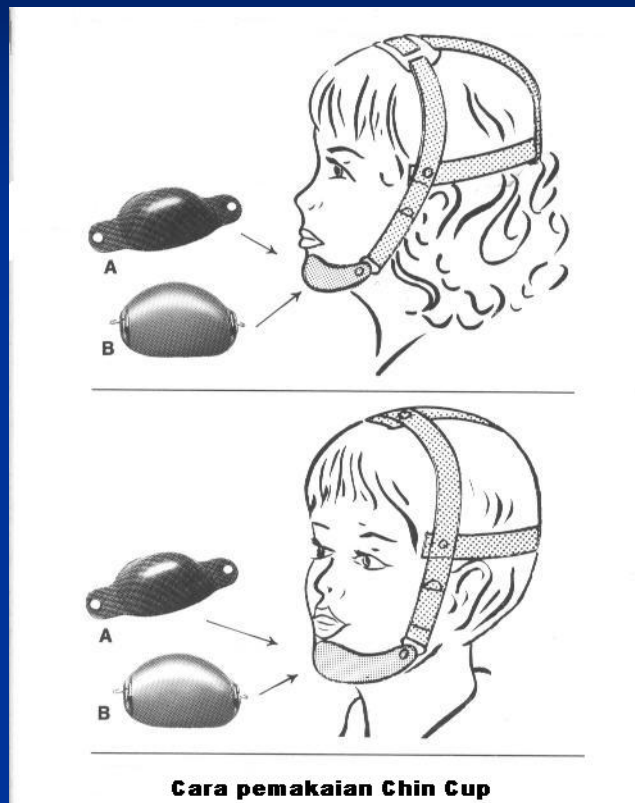
Extra Oral Anchorage



Cervical

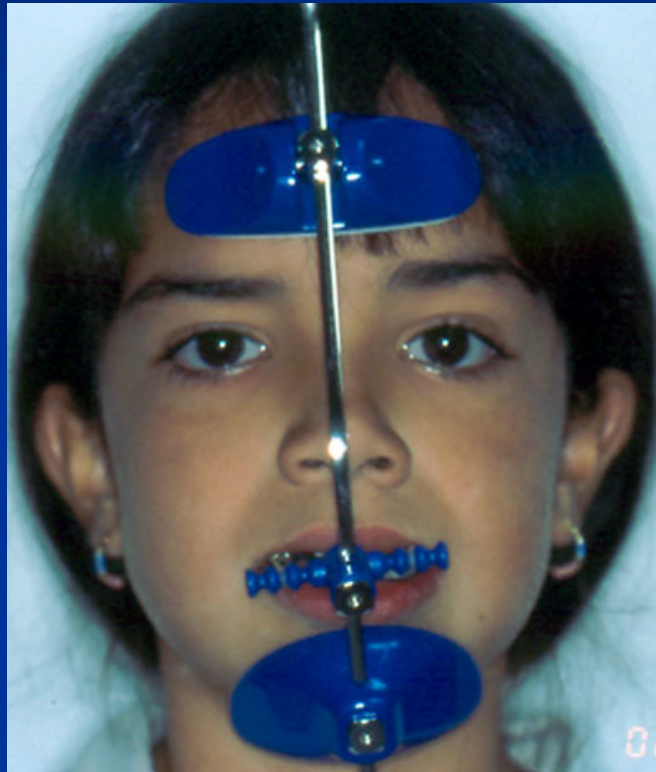


Extraoral anchorage



Chin cup / Cranial anchorage

Extraoral anchorage



Face mask / Facial anchorage

Classification of anchorage (Moyers)

According to the manner of force application :

- 1) Simple anchorage
- 2) Stationary anchorage
- 3) Reciprocal anchorage

According to jaws involved :

- 1) Intramaxillary
- 2) Intermaxillary

According to the site of anchorage:

- 1) Intraoral
- 2) Extraoral :
 - A. Cervical
 - B. Occipital
 - C. Cranial
 - D. Facial
- 3) Muscular

According to the number of anchorage units :

- 1) Single or primary anchorage
- 2) Compound anchorage
- 3) Multiple or reinforced anchorage

Klasifikasi anchorage menurut Moyers

- Menurut cara kerja kekuatan:
 - Simple anchorage
 - Stationary anchorage
 - Reciprocal anchorage
- Menurut rahang yang terlibat:
 - Intramaxillary anchorage
 - Intermaxillary anchorage
- Menurut letak dari anchorage:
 - Intra oral
 - Extra oral
 - Muscular

- Anhorage extraoral :
 - Cervical
 - Occipital
 - Cranial
 - Fasial

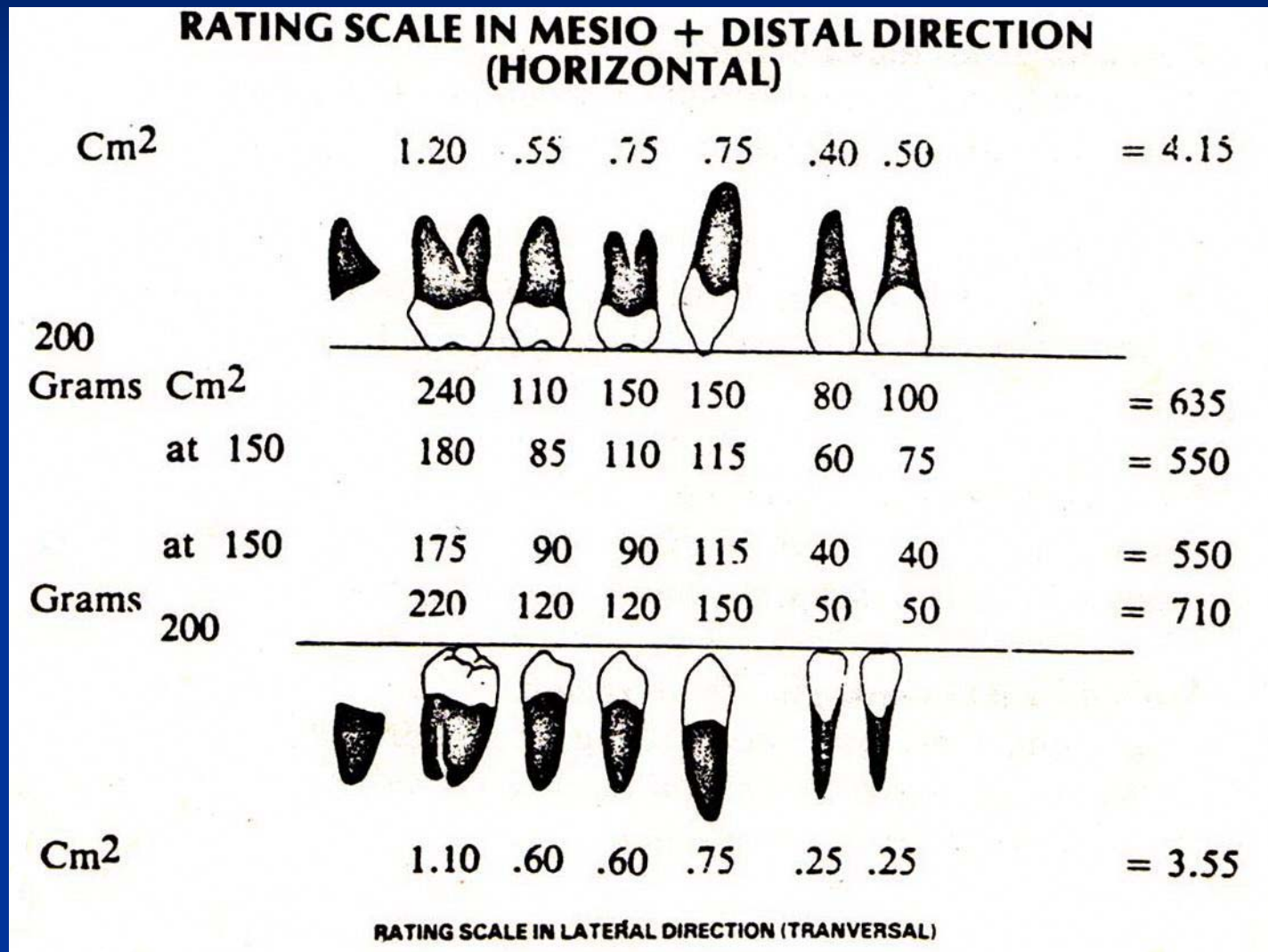
- Menurut jumlah unit anchorage:
 - Single/Primary anchorage
 - Compound anchorage
 - Multiple/Reinforced anchorage

Anchorage Value

Maxilla	Anchorage Value	Mandibula	Anchorage Value
I ₁	4 – 5	I ₁	1
I ₂	2 – 3	I ₂	2
C	8 – 9	C	7 – 8
P ₁	6 – 7	P ₁	5 – 6
P ₂	5 – 6	P ₂	5 – 6
M ₁	9 – 10	M ₁	10
M ₂	8 – 9	M ₂	8 – 9

Tabel Anchorage Value (Jarabak & Fizzell)

Skala kekuatan dlm arah Mesiodistal /Horizontal dan Lateral /Transversal



Sekian dan Perimakasih

