

**Materi Kuliah**

**ORTODONSIA II**

**Biomekanika Ortodontik**



Oleh :  
Wayan Ardhana  
Bagian Ortodontia

**Fakultas Kedokteran Gigi  
Universitas Gadjah Mada  
2010**

# **ORTODONSIA II**

## **BIOMEKANIKA ORTODONTIK**

**drg. Wayan Ardhana Ms, Sp.Ort**

### **a. PENDAHULUAN**

Biomekanika ortodontik mempelajari efek biologis jaringan pendukung gigi akibat dari perawatan ortodontik secara mekanik dan beberapa macam hal yang berhubungan dengan kekuatan mekanik.

Diantaranya adalah :

1. Reaksi jaringan pendukung gigi
  - Reaksi sel
  - Pergerakan gigi
  - Resorpsi tulang alveolus
  - Aposisi tulang alveolus
  - Perubahan pada serabut-serabut periodontium
  - Remodeling sekunder
  - Keadaan umum
2. Kekuatan ortodontik
  - Macam-macam sistim pemberian kekuatan
  - Macam-macam gerakan gigi
  - Sistim penjangkaran (Anchorage)

### **b. PENYAJIAN**

#### **1. REAKSI JARINGAN PENDUKUNG GIGI**

##### **❖ REAKSI SEL**

Periodontium adalah jaringan penyangga gigi, fungsinya adalah sebagai peredam kejut terhadap tekanan pengunyahan.

Gigi dikatakan dalam keadaan seimbang bilamana semua resultan dan momen gaya dari tekanan pengunyahan sama dengan 0 (nol). Jika semua tekanan yang mengenai mahkota gigi menimbulkan keseimbangan, maka

jaringan periodontium tidak perlu mengadakan reaksi untuk mencapai keseimbangan pada mahkota gigi maka keseimbangan dicapai dengan kemampuan reaktif periodontium, proses untuk mencapai keseimbangan ini berlangsung terus menerus selama hidup secara fisiologi .

Alat ortodontik adalah alat untuk menimbulkan kekuatan mekanik ke periodontium, agar gigi bergerak sesuai dengan yang dikehendaki. Terlihat ada proses biologis antara kekuatan mekanik dengan Bergeraknya gigi.

Perawatan ortodontik aktif pada dasarnya adalah adanya kemampuan jaringan periodontium untuk mengadakan remodeling. Prinsipnya adalah bahwa aktivasi sel yang melakukan remodeling menyebabkan gigi berpindah tempat, sedangkan kekuatan mekanik adalah merupakan rangsangan yang mengaktifkan sel tersebut.

Kekuatan mekanik dipakai untuk menggerakkan gigi ke posisinya yang baru karena kemampuannya untuk membangkitkan aktivasi sel di dalam periodontium secara lokal. Mekanisme yang menyangkut aktivasi sel oleh kekuatan mekanis sampai sekarang belum diketahui dengan pasti, tetapi bukti-bukti menunjukkan bahwa aliran listrik akan timbul di dalam jaringan periodontium yang tertekan.

### **FENOMENA ADAPTASI BENTUK TULANG**

#### **HUKUM WOLF :**

Tulang sewaktu-waktu membentuk dan merubah dirinya oleh karena tekanan, bertambah atau berkurang massanya untuk mengimbangi tekanan tersebut.

Potensial listrik yang timbul akibat tekanan disebut PIEZOELEKTRIK. Aliran listrik itu diduga akan memberi muatan kepada suatu makromolekul untuk berinteraksi dengan suatu reseptor pada dinding sel, sehingga sel yang berperan dalam proses remodeling akan bereaksi.

Fenomena biologis pada gerakan gigi secara ortodontik meliputi :

1. Stimulus (rangsangan/aksi)
2. *Transducer*

### 3. Respon (jawaban/reksi)



Gambar 1 : Fenomena biologis gerakan gigi

#### ❖ PERGERAKAN GIGI

Bila kekuatan dikenakan pada gigi, maka akan timbul daerah yang tertekan dan daerah yang tertarik. Daerah yang tertekan tulang diresorpsi; daerah yang tertarik tulang akan diaposisi.

Daerah yang tertekan akan terjadi sesuai dengan arah kekuatan yang dikenakan, kekuatan akan menekan gigi ke dinding tulang alveolus dan membrana periodontalis akan terjepit diantara gigi dan dinding alveolus, dalam waktu singkat akan terjadi resorpsi tulang di daerah itu. Daerah yang berlawanan, gigi akan menjauhi dinding alveolus. Melebarnya ruang membrana periodontalis akan menimbulkan tarikan di daerah itu dan terjadi aposisi tulang.

Proses remodeling tulang dirangsang oleh pemberian kekuatan pada gigi, menyebabkan gigi bergerak dan integritas tulang alveolus tetap terpelihara.

Gigi akan bergerak dalam dua tahap :

1. Segera setelah pemberian kekuatan, gigi akan bergerak baik oleh karena penekanan pada membrana periodontalis maupun oleh karena elastisitas tulang yang akan membengkok sedikit oleh tekanan.
2. Setelah periode diam, selanjutnya gigi akan bergerak searah pemberian tekanan oleh karena adanya resorpsi tulang alveolus.

Beberapa pertanyaan mungkin timbul :

- Bagaimana proses remodeling itu terjadi ?
- Dimana hal itu terjadi ?
- Faktor apa saja yang ikut mengontrol respon tersebut ?

Proses remodeling dilakukan oleh osteocyt. Yang terutama adalah :

- Osteoclast
- Ostoblast

Sel-sel tersebut umumnya berasal dari dalam membrana periodontalis, ada yang mengatakan bahwa sel-sel tersebut berasal dari pembuluh darah.

Mekanisme permulaan tentunya harus ada rangsangan yang mampu merangsang osteoblast dan osteoclast menjadi aktif. Untuk aktivitasnya diperlukan banyak energi, sehingga dalam selnya banyak mengandung mitochondria. Dengan demikian dibutuhkan sistem vaskularisasi yang cukup dan sumber sel yang potensial dan dapat diaktifkan dengan cepat.

Membrana periodontalis terletak diantara gigi dan tulang alveolus. Tekanan yang mengenai gigi akan menjepit membrana periodontalis. Tekanan yang kuat akan menyebabkan pembuluh darah tersumbat. Tersumbatnya pembuluh darah akan menyebabkan tidak aktifnya komponen sel-sel dalam membrana periodontalis dan mungkin akan menyebabkan matinya sel-sel tersebut. Maka dari itu pemberian kekuatan tidak boleh terlampau kuat sehingga pembuluh darah menjadi buntu.

#### ❖ RESORPSI

Bagaimana kekuatan yang tidak menyebabkan tersumbatnya pembuluh darah dalam membrana periodontalis dapat merangsang resorpsi tulang ?

Jawabnya adalah : belum diketahui dengan pasti. Ada dua teori tentang resorpsi tulang alveolus:

Teori I :

Bien (1966), mengatakan bahwa pembuluh darah dalam membrana

periodontalis akan terjepit dan terjadi stenosis. Pembuluh darah akan mengembang, akibatnya gelembung gas (oksigen) keluar dari cairan darah dan meninggalkan pembuluh darah, sebagian kembali lagi tetapi sebagian ada yang terjebak spiculae pada tulang alveolus. Keadaan ini menyebabkan resorpsi tulang alveolus secara lokal. Bagaimana mekanisme oksigen dapat merangsang resorpsi tulang sampai sekarang belum jelas, namun dalam teori ini dikatakan bahwa pembuluh darah memberikan gelembung-gelembung oksigen dan zat nutrisi yang sangat diperlukan untuk aktifitas sel.

#### Teori II :

Mekanisme terjadinya resorpsi yang lain ialah melibatkan efek hidrodinamik pada daerah yang tertekan dan sifat piezoelektrik tulang.

Pemberian kekuatan akan menimbulkan tekanan hidrodinamik, karena membrana periodontalis berisi pembuluh darah dan cairan interstitial. Tekanan ini akan diteruskan ke dinding tulang alveolus. Permukaan tulang alveolus akan berubah bentuknya menjadi cembung, perubahan bentuk seperti ini dihubungkan dengan resorpsi tulang. Fenomena ini mungkin berhubungan dengan stimulasi listrik, sebab perubahan bentuk tulang akan menghasilkan aliran listrik. Muatan listrik di daerah yang tertekan (cembung) adalah muatan listrik positif.

Peranan pembuluh darah disini adalah membantu meneruskan tekanan hidrodinamik dan memberikan nutrisi untuk energi yang diperlukan dalam proses resorpsi tulang. Dasar molekuler yang menerangkan hubungan antara fenomena listrik dengan aktivitas osteoclast sampai sekarang belum jelas.

Ada dua macam resorpsi :

#### 1. Frontal resorption

Bila pembuluh darah dalam membrana periodontalis tidak tersumbat, maka resorpsi tulang terjadi langsung pada permukaan tulang.

#### 2. Undermining resorption/rear resorption

Bila tekanan yang diberikan terlampaui kuat sehingga menyebabkan pembuluh darah tertutup, zat nutrisi tidak ada, maka terjadi perubahan ke arah kemunduran jaringan (regresi), sel-sel dan serabut-serabut periodontium akan menghilang dan mengalami degenerasi hyalin.

Resorpsi tidak terjadi langsung pada permukaan tulang tetapi mulai dari bone marrow (substantia spongiosa). Setelah resorpsi sampai pada permukaan tulang alveolus dan tekanan diterima sudah berkurang atau hilang berhenti maka invasi pembuluh darah akan terjadi dan membrana periodontalis akan tumbuh kembali. Peristiwa tadi akan terjadi dalam 2 fase.

- Mula-mula jaringan nekrotik akan diserap
- Kemudian akan diikuti dengan pembentukan komponen-komponen jaringan baru

### **Perubahan pada pembuluh darah**

Tekanan ringan akan merangsang frontal resorption, sebaliknya tekanan yang kuat akan menyebabkan vascular thrombosis dan akhirnya kematian membrana periodontalis.

Schwarz menganjurkan untuk menggunakan kekuatan yang tidak sampai menyumbat aliran darah dalam menggerakkan gigi. Kekuatan yang dianjurkan itu adalah tidak lebih dari 20 – 26 gram/cm<sup>2</sup> (tekanan darah kapiler). Kekuatan lebih dari itu tidak hanya akan menyebabkan hyalinisasi tetapi bahkan dapat terjadi resorpsi akan atau kematian pulpa.

Kesimpulannya adalah bahwa aktivitas seluler yang penting untuk resorpsi tulang dan memelihara jaringan periodontium adalah sangat tergantung pada catu darah yang cukup untuk nutrisi dan menyerap sisa-sisa metabolisme.

### **❖ APOSISI TULANG**

Selama Bergeraknya gigi, tulang baru diaposisikan di daerah tulang yang tertarik. Tulang baru diaposisikan pada permukaan tulang alveolus yang berhadapan dengan membrana periodontalis. Jika bundel-bundel principal fiber besar-besarnya biasanya matrix dideposisikan sepanjang serabut-serabut tersebut diikuti dengan pembentukkan lamellae baru. Bila bundelnya kecil-kecil, lapisan matrix akan dideposisikan lebih merata sepanjang permukaan tulang.

Sel yang melakukan proses apposisi adalah osteoblast. Sel-sel ini sangat membutuhkan energi seperti halnya osteoclast pada daerah resorpsi, maka dari itu juga sangat dibutuhkan satu darah yang cukup.

Osteoblast bertambah jumlahnya dengan cara :

- Proliferasi atau diferensiasi sel precursor dalam membrana periodontalis
- Proliferasi atau diferensiasi perivascular stem cells.

Proliferasi dan diferensiasi sel-sel ini terlihat satu atau dua hari setelah pemberian kekuatan. Pembuluh darah memegang peran penting dalam pemberian nutrisi dan oksigen serta material lain yang penting untuk sintesis tulang, disamping itu juga merupakan sumber osteoblast. Bagaimana tarikan pada membrana periodontalis dapat merangsang produksi osteoblast dan pembentukan tulang baru belum diketahui dengan jelas. Epker dan Frost mengatakan bahwa fenomena piezoelektrik terlibat dalam proses ini. Membrana periodontalis terikat kuat ke tulang alveolus, sehingga tarikan akan merubah struktur kristal tulang. Tulang akan menjadi cekung, perubahan bentuk tulang semacam itu berlawanan dengan perubahan yang terjadi pada daerah yang tertekan. Perubahan ini dihubungkan dengan muatan listrik negatif yang akan merangsang pembentukan tulang baru. Seperti pada teori resorpsi, dasar molekulernya juga belum jelas.

Pada saat tulang terbentuk di permukaan alveolus, permukaan tulang akan bergerak ke arah bergeraknya gigi. Serabut-serabut dalam membrana periodontalis akan tertanam dalam tulang baru dan akan menjadi serabut Sharpey's yang baru.

#### ❖ **PERUBAHAN PADA SERABUT-SERABUT PERIODONTIUM**

Principal fiber tertanam dalam cementum di satu sisi dan sisi lain tertanam pada tulang alveolus dan melanjutkan diri sebagai serabut-serabut Sharpey's.

Pada saat permukaan tulang alveolus diresorpsi, maka perlekatan (attachment) serabut-serabut tersebut akan lepas. Bagaimanakah mekanisme melekatnya kembali (reattachment) serabut-serabut tersebut pada tulang alveolus ?



Kraw dan Enlow mengatakan bahwa berkas-berkas serabut collagen dalam matrix organik tulang alveolus yang diresorpsi akan menyusun diri pada arah yang sama atau bergabung dengan principal fiber, dengan cara seperti itu maka kesinambungannya dengan tulang akan tetap terjaga. Serabut-serabut collagen tadi akan berlaku sebagai serabut Sharpey's yang baru. Mereka menggambarkan ada tiga zone yang spesifik pada serabut-serabut periodontium :

1. Inner zone

Tertanam dalam cementum. Zone ini terdiri dari mature collagen bundles yang relatif stabil.

2. External zone

Tertanam dalam dinding alveolus. Zone ini dikatakan kurang stabil dan kadang-kadang dapat mengadakan perubahan.

3. Intermediate zone

Zone ini sangat tidak stabil, terdiri dari immature collagen fiber, sangat mudah mengadakan perubahan.

Bila gigi bergerak, serabut-serabut pada inner zone akan terbawa bersama gigi, sedangkan serabut-serabut pada external zone akan lepas dari perlekatannya pada tulang yang diresorpsi. Serabut-serabut collagen dalam matrix tulang akan menyambungkan diri dengan serabut-serabut baru dalam intermediate zone. Intermediate zone ini yang akan mengatur atau memelihara kesinambungan dan ukuran panjang pendeknya serabut. Dengan demikian maka sintesa collagen memegang peranan penting dalam mekanisme ini. Pengamatan dengan radioaktif menunjukkan bahwa sintesa collagen lebih aktif di daerah crestal dan apical, sehingga daerah ini mengalami adaptasi lebih dulu kemudian baru diikuti oleh serabut-serabut oblique dan serabut-serabut horisontal.

## ❖ REMODELING SEKUNDER

Pada gerakan gigi secara ortodontik, ada daerah yang mengalami resorpsi dan aposisi. Tulang sering kali mengadakan resorpsi dari daerah bone marrow di sebalik daerah yang mengadakan aposisi, demikian juga tulang selalu dibentuk di permukaan bone marrow disebalik tulang cortical yang sedang mengalami resorpsi. Ini disebut remodeling sekunder. Remodeling sekunder berguna untuk mempertahankan ketebalan tulang dan mempertahankan hubungan antara gigi ke tulang alveolus agar relatif konstan. Peristiwa ini adalah merupakan bukti dari fenomena adaptasi bentuk tulang seperti yang disebut dalam hukum Wolf.

Perubahan pada tulang oleh karena mekanisme piezoelektrik telah ditunjukkan oleh Epker dan Frost. Dinding tulang alveolus pada sisi yang tertekan akan menipis. Pengurangan ketebalan ini dihubungkan dengan resorpsi tulang. Bagaimana aposisi tulang dibagian kontralateralnya dapat terjadi ?. Analisa yang sama juga terjadi di daerah tulang alveolus yang tertarik. Bagaimana bisa terjadi resorpsi di daerah kontralateralnya ?. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme kontrol biologis yang sangat rumit ikut aktif dalam proses resorpsi dan aposisi tulang alveolus.

## ❖ KEADAAN UMUM

Tekanan dan tarikan merupakan respon awal dari pemberian kekuatan secara ortodontik pada sisi yang berlawanan. Tekanan dan tarikan ini selanjutnya akan merangsang remodeling selama Bergeraknya gigi. Kecepatan dan kemudahan respon seluler pada remodeling tulang terhadap kekuatan ortodontik dihubungkan dengan kandungan sel dan sensitivitasnya dalam membrana periodontalis.

Membrana periodontalis yang mengandung banyak sel mempunyai potensi yang lebih cepat dan lebih aktif remodelingnya.

Sebagai contoh : Pada anak-anak, pembentukan tulang di daerah yang tertarik dimulai satu atau dua hari setelah pemberian kekuatan. Sedangkan pada usia dewasa, baru mulai setelah delapan sampai sepuluh hari. Perbedaan ini

dihubungkan dengan perbedaan kandungan sel dalam membrana periodontalisnya.

Pada proses resorpsi, variabel yang dianggap penting ialah sifat tulang alveolus. Alveolus mungkin tersusun dari tulang yang padat atau mungkin tersusun dengan modullary space yang luas atau mempunyai dinding yang porus. Dengan demikian tulang yang porus lebih mudah mengalami resorpsi. Dikatakan juga dalam bone marrow dijumpai banyak sekali sel-sel.

## **2. KEKUATAN ORTODONTIK**

Pemberian kekuatan memegang peran penting dalam pergerakan gigi secara ortodontik. Kekuatan sangat penting untuk mengawali atau merangsang remodeling tulang maupun untuk membimbing gerakan gigi menuju ke posisi yang diinginkan.

Gigi digerakkan dengan pemberian kekuatan yang dihasilkan dari pegas-pegas kawat atau elastik yang dipasang pada alat ortodontik lepasan maupun cekat. Pegas dan elastik mempunyai energi potensial, bila bentuknya dirubah maka akan menjadi energi kinetik pada saat ia kembali ke bentuk semula. Bila energi ini dikenakan pada gigi maka gigi akan terbawa olehnya. Kekuatan ini penting untuk merangsang fenomena seluler dalam remodeling jaringan periodontium.

### **❖ SISTIM PEMBERIAN KEKUATAN**

Dua sistim pemberian kekuatan untuk menggerakkan gigi :

1. One point contact force/ Single point contact force/ Tipping force

Kekuatan dikenakan pada satu titik kontak

2. Couple force

Kekuatan yang dikenakan adalah sama dan paralel, memberikan aksi yang simultan dengan arah berlawanan. Bila couple force dikenakan pada gigi, maka akan terjadi gerakan rotasi.

### **Center of resistance**

Pusat ketahanan adalah suatu tempat di akar gigi yang mempunyai ketahanan yang paling besar terhadap kekuatan ortodontik.

Tiga center of resistance :

1. Anteroposterior
2. Transverse
3. Vertikal

Pada gigi berakar tunggal, senter of resistance terletak 40 % jarak dari alveolar crest ke ujung akar gigi.

### **❖ GERAKAN GIGI**

Selama perawatan ortodontik, gigi dapat bergerak ke segala arah.

Untuk mempermudah maka gerakan gigi dibagi dalam dua bentuk dasar :

1. Rotasi (rotasi murni)

Merupakan gerakan gigi yang berputar pada pusat rotasi. Bila gigi berputar penuh maka ia akan kembali ke posisinya semula.

2. Translasi

Mahkota dan akar gigi bergerak pada arah dan jarak yang sama, sehingga gigi bergerak bodily atau dikatakan tidak ada perubahan inklinasi axial.

Gerakan gigi secara umum dibagi dalam :

1. Horizontal movement

Gerakan gigi dalam arah anteroposterior dan buccolingual, dibagi menjadi

:

- a. Controlled crown movement
- b. Controlled root movement
- c. Bodily movement

2. Vertical movement

Dibagi dalam :

- a. Intrusion
- b. Extrusion

3. Rotary movement

## ❖ ANCHORAGE

Anchorage adalah suatu tempat perlawanan (resistance) dimana kekuatan dihasilkan untuk menggerakkan gigi. Anchor berarti sauh (jangkar).

Pembagian penjangkaran :

Menurut sumbernya (letaknya) dikenal dua sumber utama :

### 1. Intraoral anchorage

Intraoral anchorage dapat berupa :

#### a. Tooth borne anchorage

Tempat perlawanan diletakkan pada gigi di dalam mulut, dibagi menjadi :

##### • Intramaxillary anchorage

Tempat perlawanan diletakkan pada gigi dalam satu rahang dipakai untuk menggerakkan gigi dalam rahang yang sama.

Menurut sifatnya intramaxillary anchorage dibagi menjadi :

##### - Simple anchorage

Gigi anchorage mempunyai daya tahan (resistance) lebih besar dari gigi yang digerakkan (satu gigi dipakai untuk menggerakkan satu gigi).

##### - Compound anchorage

Beberapa gigi digabung untuk menggerakkan satu gigi.

##### - Stationary anchorage

Sama seperti simple anchorage tetapi alat dibentuk sedemikian rupa sehingga gigi anchorage dapat bergerak secara bodily.

Occipital anchorage dapat dipakai sebagai alat untuk membentuk stationary anchorage, atau suatu alat dengan pemakaian buccal tube dapat mencegah gigi anchorage bergerak secara tilting akan tetapi memungkinkan bergerak secara bodily.

##### - Reciprocal anchorage

Bila kekuatan ortodontik yang dikenakan pada gigi atau gigi-gigi akan didistribusikan sama kuat pada kedua belah sisi, sehingga gigi atau gigi-gigi akan bergerak sama pada kedua sisi.

Reciprokal anchorage dapat digunakan pada gigi-gigi dalam satu rahang atau dapat pada kedua rahang yang saling berlawanan

- Intermaxillary anchorage

Anchorage pada satu rahang dipakai untuk menggerakkan gigi pada rahang yang berlawanan

- b. Tissue borne anchorage

Anchorage yang diletakkan pada jaringan lunak dalam mulut, dapat pada mukosa palatum atau pada otot-otot perioral.

- 2. Extraoral anchorage

Sistem penjangkaran yang diletakkan diluar mulut. Dapat berupa :

- Occipital anchorage

Anchorage diletakkan di daerah occipital

- Cervical anchorage

Anchorage diletakkan pada tengkuk.

-o(YAO)o-

## DAFTAR PUSTAKA

- Anthony Gianelly & Henry M. Goldman, *Biologic Basic of Orthodontics*
- Bhalajhi , S.I., *Orthodontics: The Art and Sciance*, Arya (MEDI) Pub. House, New Delhi, 2005.
- Foster, TD. *A text Book of Orthodontics.*, ed. 3. Oxford
- Graber, T.M., *Orthodontics, Principles and Practice*, 3<sup>rd</sup>, ED., W.B. Saunders Co., Philadhelphia, London, Toronto,1972.
- Graber ,T. M. & Swain, B.F., *Orthodontics Current Principles and Techniques*
- Graber,T.M. and Swain,B.F.,*Orthodontics, Principles and Technique*, The C.V. Mosby Co.,St.Louis,Toronto, Princeton,1985
- Janet M. Vaughan, *The Physiology of Bone*
- Linden, F. P.G.M. Vd. L., and Boersma, H., *Diagnosis end Tratment Planning in Dentofacial Orthopedics*, Quintessence Publishing Co., Ltd., London, Chicago, Berlin, Tokyo, Sao Paulo, 1987.
- Michael R. Marcotte, *Biomechanics in Orthodontics*
- Moyers, R.E., *Handbook of Orthodontics for Student and General Practitioners*, 2<sup>nd</sup>.Ed., Year Book Medical Publisher, Inc.,Chicago, 1970.
- Moyers, R.E., *Handbook of Ortodontics*, 4<sup>th</sup>.Ed. Year Book Medical Publisher, Inc.,Chicago, London, Boca Raton,1988.
- Muir, J.D., Reed, R.T., ( 1979 ) . *Tooth Movement with Removable Appliances*. Pitman Publishing Ltd, London
- Proffit, W.R.,Fields, H.W., Ackermann, J.L., Thomas, P.M.and Camilla Tulloch, J.F.,*Contemporary Orthodontics*, The C.V. Mosby Co., St. Louis, Toronto, London,1986.
- Profit WR, and Fields, HW., ( 2000). *Contemporary Orthodontics*, ed.3. Mosby, Philladelphia, p. 145-294
- Rakosi, T., *An Atlas and Manual of Cephalometric Radiography*, Wolfe Nederal Publications, Ltd., Great Britain, Worcester London, 1982.
- Salzmann, J.A., *Principles of Orthodontics*, 2<sup>nd</sup>.Ed. J.B. Lippincott Co., Philadelphia,London, 1950.