

Topik II

Anatomi, Histologi, Fisiologi Otot dan Mekanisme Konstraksi Otot

Learning outcome (capaian pembelajaran)

- Mahasiswa diharapkan mampu memahami dan menjelaskan tentang klasifikasi otot berdasarkan struktur mikroskopiknya.
- Mahasiswa diharapkan mampu memahami dan menjelaskan tentang lokasi, struktur mikroskopik pada jaringan otot polos, otot rangka dan otot jantung.
- Mahasiswa diharapkan mampu memahami dan menjelaskan mengenai pembagian otot berdasarkan morfologinya Anatomi dan lokasinya.
- Mahasiswa diharapkan mampu memahami dan menjelaskan mengenai tugas kerja (dengan contoh otot-ototnya), arah gerakan, bagian-bagian dan struktur tambahan otot serta jenis-jenis pergerakan.
- Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan mengenai kelompok otot khusus pada kepala.
- Mahasiswa diharapkan mampu memahami dan menjelaskan jenis – jenis otot dan perbedaannya
- Mahasiswa diharapkan mampu memahami dan menjelaskan mekanisme kerja otot polos dan otot rangka
- Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan mekanisme umum kontraksi otot
- Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan karakteristik kontraksi otot

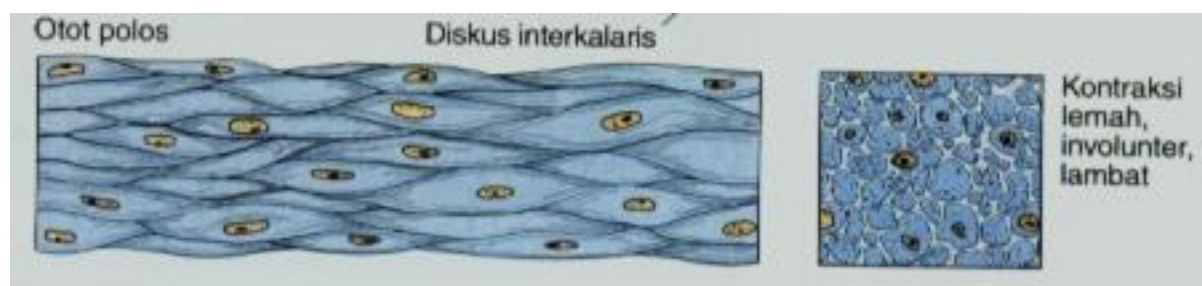
I. Histologi Jaringan Otot

Klasifikasi jaringan otot :

- Berdasarkan morfologi dan fungsi :
 - Otot polos
 - Otot rangka
 - Otot jantung
- Berdasarkan fungsional :
 - Otot volunter
 - Otot involunter.

OTOT POLOS

- Kontraksi lambat, tapi tidak dapat berlangsung lama dan tidak di bawah kontrol kemauan.
- Dipersarafi oleh susunan saraf otonom.
- Sel-sel otot dapat bertambah ukurannya akibat **rangsangan fisiologis** misalnya dalam rahim selama kehamilan, dan **akibat rangsang patologis** misalnya dalam arteriol pada hipertensi.
- **Lokasi**
 - Sebagai lembaran dari dinding visera yang berlumen, seperti pada saluran pernapasan, traktus genitalis.
 - Tersebar dalam jaringan ikat organ-organ tertentu, seperti pada prostat dan jaringan skrotum.
 - Berkelompok membentuk muskuli kecil, seperti pada muskulus arektor pilli, muskulus iris, dan korpus siliaris.
- **Struktur mikroskopik**
 - Tersusun atas sel-sel otot fusiformis (paling lebar di tengah dan meruncing pada kedua ujungnya)
 - Panjang sel 50-200 μm , diameter sel 3-10 μm , dengan celah interselular 50-80 μm .
 - Pada potongan memanjang \Rightarrow sel fusiformis memanjang, inti tunggal, biru, berkromatin padat, terletak ditengah, sitoplasma merah homogen.
 - Pada potongan melintang \Rightarrow berbagai ukuran diameter sel otot, dan hanya bagian terbesar saja yang mengandung inti.

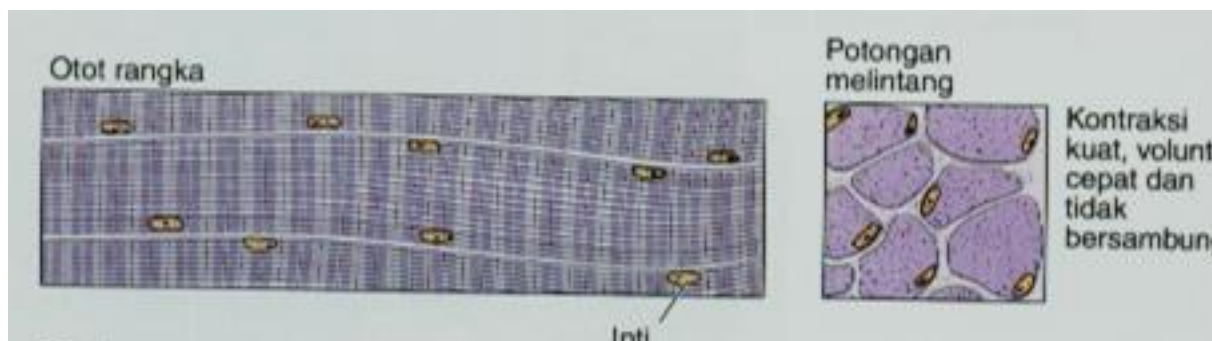


OTOT RANGKA

- Kontraksi kuat, tapi tidak dapat berlangsung lama dan di bawah kontrol kemauan.
- Dipersarafi oleh saraf motoris.
- Mekanisme kontraksi otot rangka merupakan **mekanisme pergeseran filamen**.
- Pada keadaan kontraksi, serat otot menjadi lebih pendek dan tebal.
- **Lokasi**
 - Lidah, tulang rangka, otot wajah.
- **Struktur mikroskopik**
 - Tersusun atas sel otot/ **serat** yang sangat panjang, silindris, berinti banyak, berbentuk gepeng, biru, berkromatin padat, terletak ditepi serat, sitoplasma merah homogen.
 - Panjang serat 1-4 mm, diameter sel 10-50 μm .

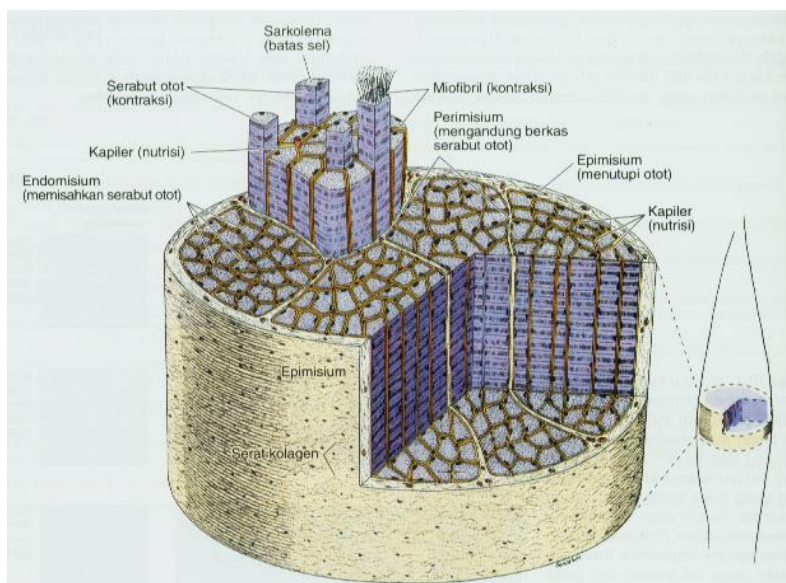
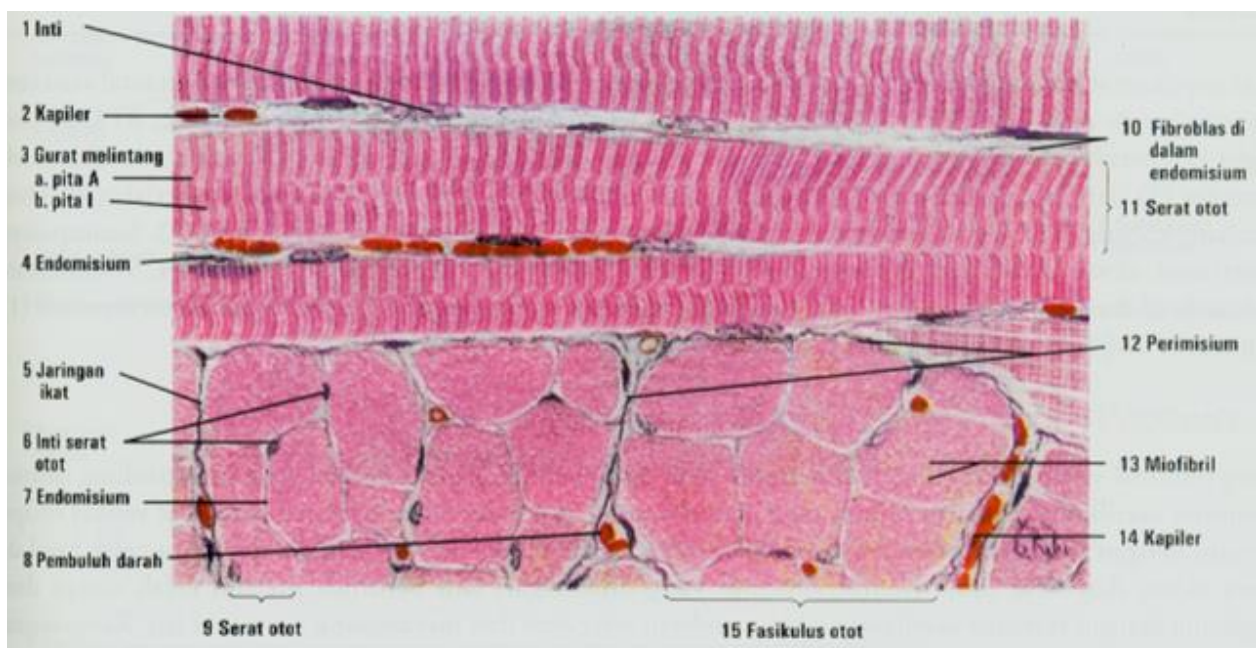
Setiap serat dibatasi sarkolema dan di dalam sarkoplasma terdapat **miofibril** yang kasar dan berkelompok yang disebut **cohn heimse felderung**

- Pada potongan memanjang \Rightarrow pita-pita yang merupakan serat yang berjajar memanjang, berkelompok membentuk berkas.
- Pada potongan melintang \Rightarrow serat yang berkelompok membentuk berkas serat.



- Serat-serat saling berdesakan sehingga setiap serat tampak berbentuk poligonal.
- Serat otot dibungkus oleh jaringan penyambung yang disebut endomisium.

- Beberapa serat otot bergabung menjadi satu fasikulus yang dibungkus oleh jaringan penyambung yang disebut perimisium.
- Beberapa fasikulus bergabung menjadi satu muskulus yang dibungkus oleh jaringan penyambung yang disebut epimisium.
- Jaringan otot secara makroskopis terlihat sebagai sarung putih.
- Disekitar otot diliputi lagi oleh lembaran jaringan penyambung padat kolagen yang disebut fasia.

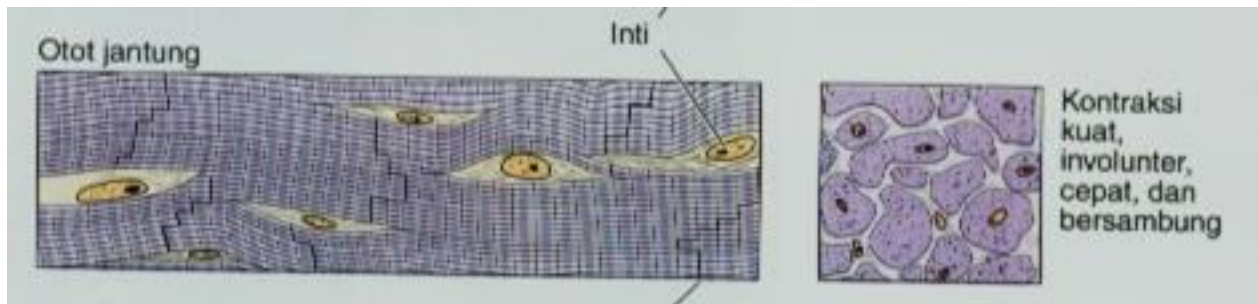


- **Dengan mikroskop cahaya**
 - Setiap miofibril terdiri atas
 - miofilamen tebal (**miosin**) dan
 - miofilamen tipis (**aktin**) yang tersusun sangat teratur sehingga terbentuk **gurat melintang/ pita terang dan gelap** sehingga serat otot ini disebut juga **serat otot bercorak/ lurik**.
 - Pita gelap disebut **pita A (anisotrop)**.
 - Pita terang disebut **pita I (isotrop)**.
- **Dengan mikroskop elektron**
 - **Pita I** dibelah oleh satu garis gelap, yaitu **garis Z**.
 - Di tengah **pita A** terdapat pita yang lebih terang, yaitu **pita H**.
 - **Pita H** dibelah oleh satu garis gelap, yaitu **garis M**.
 - Sub unit terkecil dari miofibril ini terlihat sebagai satu sarkomer yg terbentang dari garis Z ke garis Z.

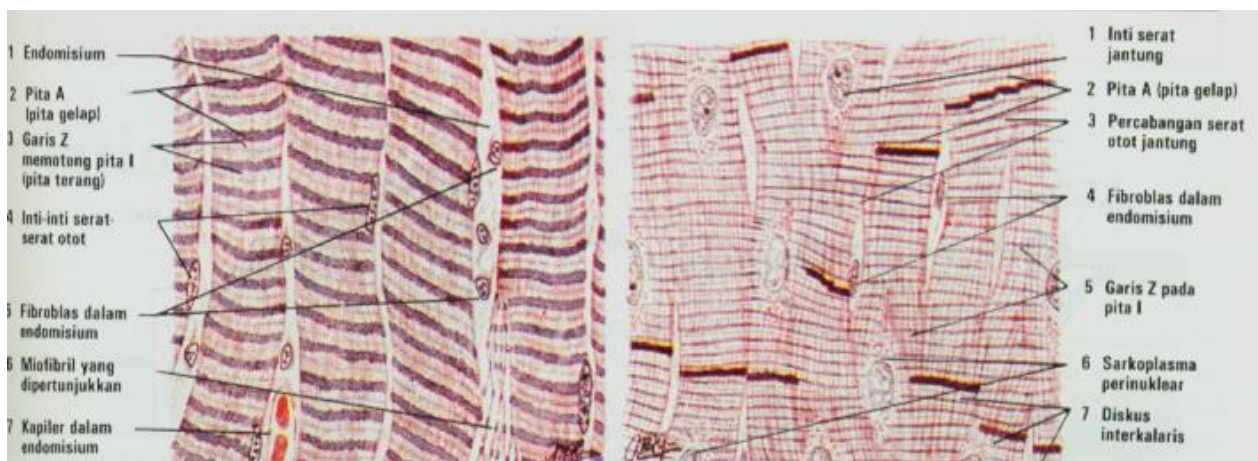
JARINGAN OTOT JANTUNG

- Kontraksi lambat, bertahan lama, secara ritmis dan otomatis, tidak di bawah kontrol kemauan.
- Dipersarafi oleh saraf susunan saraf otonom.
- Merupakan modifikasi antara otot polos dan otot rangka.
- Sebagian serat otot jantung mengalami diferensiasi dan disebut **serat purkinje** yang berfungsi **menghantarkan rangsang ke dalam jantung**.
- Terdapat di sub endokardium ventrikel jantung.
- **Lokasi**
 - Miokard jantung, dinding pembuluh darah yang langsung berhubungan dengan jantung.
- **Struktur mikroskopik**

- Tersusun atas sel otot/ **serat** yang berbentuk silindris, yang kemudian bercabang dan beranastomosis melalui **diskus intercalaris**.
- Panjang sel 75-80 μm , diameter sel 15 μm .
- Pada potongan memanjang juga mempunyai **gurat melintang terang gelap** di sepanjang berkas serat seperti pada otot rangka.



- Di setiap serat dapat terlihat lebih dari satu inti yang berbentuk lonjong.
- Antara ujung serat satu dengan yang disebelahnya terdapat **duktus interkalaris** yang terlihat sebagai garis tipis, gelap, dan melintas lebar serat.
- Pada potongan melintang terlihat sel berbentuk bulat/ poligonal dengan satu atau lebih inti yang bulat yang selalu terletak di tengah.
- Miofibril terlihat tersebar merata, tetapi pada daerah di sekitar inti tidak terdapat miofibril, yang disebut **ruang perinuklear**.



Histofisiologi jaringan otot

- **Kontraksi**, sehingga terjadi gerakan tubuh

Regenerasi jaringan otot

Otot polos ⇒ regenerasi secara aktif.

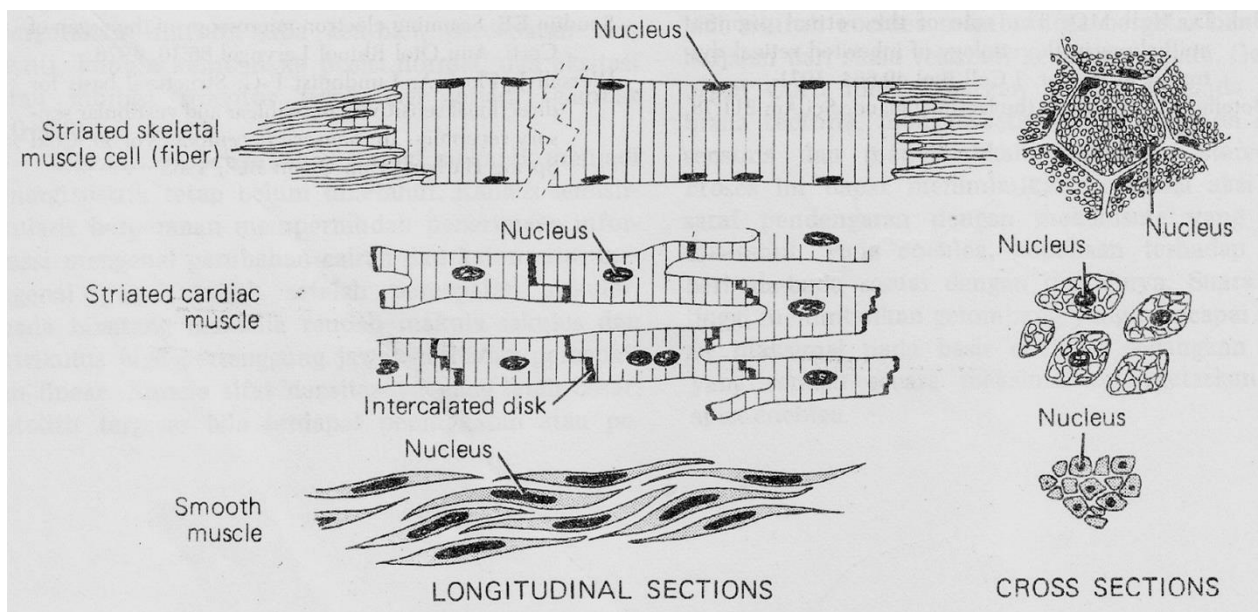
- Regenerasi dilakukan oleh sel-sel otot polos yang masih hidup dan mengalami mitosis.

Otot rangka ⇒ regenerasi terbatas karena inti tidak dapat bermitosis.

- Regenerasi dilakukan oleh sel satelit yang menjadi aktif dan berproliferasi, yang terletak di dalam lamina basalis.
- Sel satelit merupakan mioblast tidak aktif yang menetap setelah diferensiasi otot.

Otot jantung ⇒ tidak mampu atau sedikit sekali berkemampuan beregenerasi.

- Defek pada jaringan otot jantung biasanya digantikan oleh proliferasi jaringan ikat membentuk luka parut miokardial.



II. Anatomi Otot.

Myology adalah ilmu yang mempelajari tentang otot

Secara umum

Otot dibedakan menjadi:

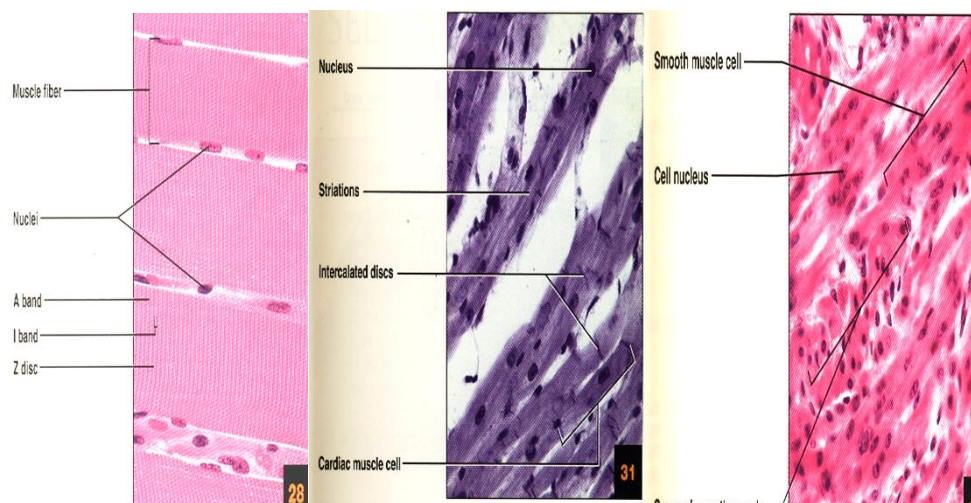
- Dapat dikendalikan kemauan atau nama lainnya otot sadar (*voluntary muscles*)

- Bekerja di luar kemauan atau nama lainnya otot tidak sadar (*involuntary muscles*)

Dibedakan menjadi:

- golongan otot bergaris melintang, misalnya: otot penggerak rangka
- golongan otot polos dan otot jantung, misalnya: otot yang terdapat pada viscera.

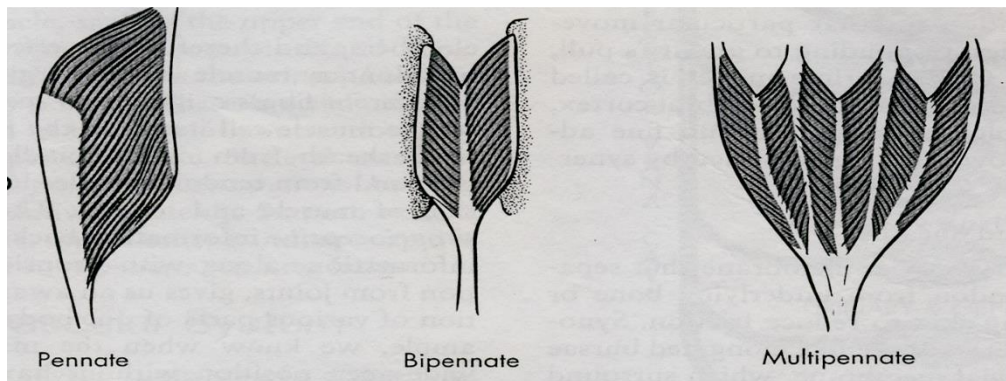
Otot skeletal, otot polos, otot jantung



Morfologis

1. bentuk fusiformis
memiliki serat hampir sejajar dengan poros panjang otot, misalnya otot rangka
2. bentuk triangular seratnya berpenjar membentuk kipas, misalnya otot temporalis dan pektoralis mayor
3. serat otot membentuk lingkaran, terletak pada muara saluran, misalnya otot orbicularis oris di mulut dan orbicularis oculi letaknya di mata
4. serat yang serong terhadap poros panjang otot disebut otot penatus dibagi menjadi:
 - a. unipenatus
 - b. bipenatus

c. multipennatus misalnya pada otot masseter



Tugas kerja Otot

- *Prime Movers/principal muscle*, otot yang aktivitasnya menghasilkan gerakan teratur contoh mengangkat tangan.
- Antagonis, otot yang dengan aktivitasnya menghasilkan pergerakan berlawanan dengan agonis. Misalnya tangan diangkat oleh otot agonis, otot antagonis mengembalikan tangan ke posisi istirahat. Pada gerakan halus atau teratur, disini otot agonis bekerja sama dengan otot anatagonis.
- sinergis: otot-otot bekerja sama untuk mencapai pergerakan tertentu
- fiksator: otot-otot memounyai tugas untuk mempertahankan posisi tertentu
- fleksor dan ekstensor: merupakan otot khusus untuk gerakan lekuk dan meluruskan kembali bagian-bagian dari suatu sendi. Fleksor contoh otot biseps untuk gerakan fleksi pada artikularis cubiti (sendi siku) Ekstensor oleh otot triseps

Otot-otot sinergis contoh: m. biseps, m. brachialis dan m. brachioradialis.



Arah Gerakan

- Inserio bergerak ke arah origo
- Inserio bergerak ke arah yang berlainan dari lokasi origo akibat adanya gerakan tertentu (hypomochlion)
- Bagian inserio dapat bergerak ke beberapa jurusan menurut bagian- bagian mana dari otot bersangkutan yang bergerak.

Lokalisasi

Otot dapat dibagi menjadi:

- otot aksial
- otot appendicular

Bagian-bagian dari otot

1. origo : merupakan pangkal otot/bagian yang paling tidak bergerak
2. inserio: bagian yang bergerak
3. venter: merupakan bagian diameter otot (besarkecilnya tergantung cara membuat diameter tersebut, dibagi menjadi diameter anatomis dan fisiologi)
4. tendon pada origo dan inserio
5. fascia: lapisan yang membungkus otot, bisa sebagai fiksasi otot dan origo atau inserio otot.

Struktur Tambahan

1. Bursa: seperti kantung dalam tubuh, berfungsi mengurangi pergeseran dari otot
2. Os. Sesamoides merupakan tulang kecil tambahan sering ditemukan pada atau dekat insersio atau tendon dapat mempertinggi efek kerja otot.

Jenis-jenis pergerakan :

Fleksi: gerakan menekuk

Ekstensi: gerakan meluruskan

Protraksi: gerakan meluruskan

Retraksi: gerakan ke arah muka

Retraksi: gerakan ke arah belakang

Abduksi: gerakan ke arah luar

Adduksi: gerakan ke arah dalam

Rotasi: gerakan memutar ada dua, endorotasi/pronasi gerakan berputar ke arah dalam dan eksorotasi/supinasi gerakan berputar ke arah luar

Kelompok otot khusus pada kepala :

1. otot mimik berserabut otot pendek kecuali otot leher m. **platisma** mempunyai serat pipih dan lebar, letaknya dangkal pada muka terutama berkumpul di sekitar lubang-lubang tengkorak, telinga, mata, hidung dan mulut.
2. Otot mastikatorius atau otot pengunyah
 - Primer/utama: m. temporalis; m. masseter, m. pterigoideus lateralis dan medialis.
 - Otot pembantu: kumpulan otot dasar mulut, m. mylohyoideus, otot pipi, m. buccinatorius.
3. Otot lidah:
 - Otot intrinsik linguae mempunyai origo dan insersio pada lidah, misalnya m. longitudinalis linguae dan m. vertikalisis linguae
 - Otot ekstrinsik linguae atau lidah mempunyai origo di luar lidah dan insersinya pada lidah misalnya m. hypoglossus, m. genioglossus, m. palatoglossus dan m. palatopharyngeus
4. Otot fiksasi kepala
 - kelompok otot infrahyoid
 - kelompok otot postcranial atau belakang kepala

II. FISILOGI OTOT

Sel otot, seperti juga neuron, dapat dirangsang secara kimia, listrik dan mekanik untuk menghasilkan potensial aksi yang dihantarkan di sepanjang membran selnya. Berbeda dengan neuron, otot memiliki sifat-sifat khusus yaitu : mudah terangsang (*irritability*), mudah berkontraksi (*contractility*), dapat melebar (*extensibility*), dapat diregang (*elasticity*), mempunyai irama kontraksi (otot jantung).

Secara umum otot dibagi atas 3 jenis, yaitu :

1. Otot Rangka,
2. Otot Jantung, dan
3. Otot Polos.

PERBEDAAN OTOT :

ITEM PEMBEDA	OTOT RANGKA	OTOT JANTUNG	OTOT POLOS
STRUKTUR	Bergaris lintang Tidak ada syncitium	Bergaris lintang Ada syncitium	Polos Ada syncitium
PERSARAFAN	Saraf tepi	Saraf otonom	Saraf otonom
FUNGSI	Volunter	Involunter	Involunter
LETAK	Pada rangka	Pada jantung	Pada alat dalam
KONTRAKSI	Tidak ada irama	Ada irama	Tidak ada irama

Tabel 1. Perbedaan otot

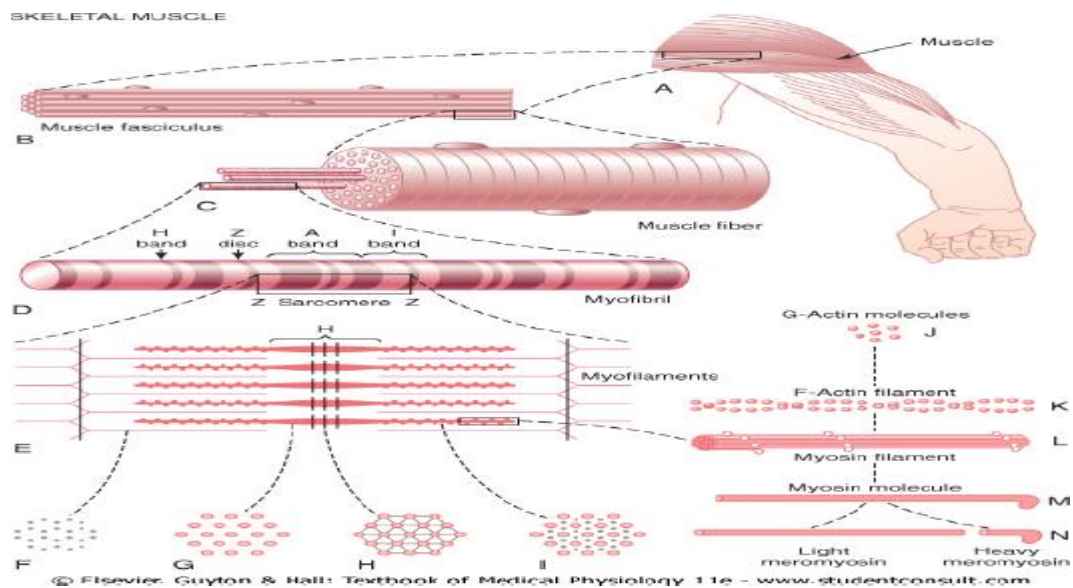
1. OTOT RANGKA

Otot rangka dibentuk oleh sejumlah serabut otot yang merupakan “balok penyusun (*building blocks*)” sistem otot dalam arti yang sama dengan neuron merupakan “balok penyusun” sistem saraf, dengan diameter 10 sampai 80 mikrometer.

Sarkolema adalah membran sel dari serabut otot. Sarkolema terdiri dari membran sel yang sebenarnya, yang disebut membran plasma (sarkoplasma), dan sebuah lapisan luar yang terdiri dari satu lapisan tipis materi polisakarida yang mengandung sejumlah fibril kolagen tipis. Di setiap ujung serabut otot, lapisan permukaan sarkolema ini mengumpul dengan serabut otot menjadi tendon, dan serabut-serabut tendon kemudian menyatu menjadi berkas untuk membentuk tendon otot dan kemudian menyisip atau melekat ke dalam tulang.

Setiap serabut otot mengandung beberapa ratus sampai beberapa ribu miofibril berupa bulatan-bulatan kecil pada potongan melintang. Setiap miofibril tersusun oleh sekitar 1500

filamen miosin yang berdekatan dan 3000 filamen aktin, yang merupakan molekul protein polimer besar yang bertanggung jawab untuk kontraksi otot sesungguhnya. Miofibril beruas-ruas; warna terang---aktin---I band, warna gelap---miosin---A band, dan ada gambaran *striae* (lurik). Dimana aktin dan miosin saling overlap, miosin *cross bridge*, kemudian terjadi interaksi *cross bridge* dan aktin---berkontraksi.



Gambar 1. Organisasi otot rangka, dari yang besar sampai tingkat molekul. F, G, H, dan I adalah penampang melintang pada tingkat yang ditunjukkan

MEKANISME UMUM KONTRAKSI OTOT

Timbul dan berakhirnya kontraksi otot terjadi dalam urutan tahap-tahap berikut :

1. Suatu potensial aksi berjalan di sepanjang sebuah saraf motorik sampai ke ujungnya pada serabut otot (neuro muscular junction)/ *motor end plate* ---- potensial *motor end plate*
2. Di setiap ujungnya, saraf mensekresi substansi neurotransmitter, yaitu *asetilkolin*, dalam jumlah sedikit.
3. *Asetilkolin* bekerja pada area setempat pada membran serabut otot untuk membuka banyak kanal “bergerbang *asetilkolin*” (*Acetylcholine-gated channel*) melalui molekul-molekul protein yang terapan pada membran.
4. Terbukanya kanal bergerbang *asetilkolin* memungkinkan sejumlah besar ion natrium untuk berdifusi ke bagian dalam membran serabut otot. Peristiwa ini akan menimbulkan

suatu potensial aksi pada membran.

5. Potensial aksi akan berjalan di sepanjang membran serabut otot dengan cara yang sama seperti potensial aksi berjalan disepanjang membran serabut saraf.
6. Potensial aksi akan menimbulkan depolarisasi membran otot, dan banyak aliran listrik potensial aksi mengalir melalui pusat serabut otot. Di sini, potensial aksi menyebabkan retikulum sarkoplasma melepaskan sejumlah besar ion kalsium ke miofibril, yang telah tersimpan di dalam retikulum ini.
7. Ion-ion kalsium menimbulkan kekuatan menarik antara filamen aktin dan miosin, yang menyebabkan kedua filamen tersebut bergeser satu sama lain, dan menghasilkan proses kontraksi.
8. Setelah kurang dari satu detik, ion kalsium dipompa kembali ke dalam retikulum sarkoplasma oleh pompa membrane Ca^{++} , dan ion-ion ini tetap disimpan dalam retikulum sampai potensial aksi otot yang baru datang lagi; pengeluaran ion kalsium dari miofibril akan menyebabkan kontraksi otot terhenti.

SIFAT LISTRIK OTOT RANGKA

Peristiwa listrik di otot rangka dan aliran ion yang mendasari peristiwa itu serupa dengan yang terjadi di saraf, meskipun secara kuantitas berbeda dalam hal waktu dan amplitudonya. Potensial membran istirahat otot rangka adalah sekitar -90mV. Potensial aksi berlangsung selama 2-4 m/det dan dihantarkan di sepanjang serabut otot dengan kecepatan kira-kira 5 m/det. Masa refrakter absolutnya adalah 1-3 m/det, dan polarisasi ikutan yang berkaitan dengan perubahan ambang terhadap rangsangan listrik, relatif lebih panjang. Besar potensial aksi yang terekam dari sediaan berkas otot utuh berbeda-beda sesuai dengan kekuatan rangsangan yang diberikan, antara intensitas ambang sampai rangsangan maksimal.

Banyak sifat kontraksi otot dapat diperlihatkan dengan menimbulkan satu *kedutan otot (muscle twitch)*. Hal ini dapat dicapai dengan memberi eksitasi listrik secara tiba-tiba pada saraf yang mensarafi otot atau dengan melewatkan rangsangan listrik singkat ke otot itu sendiri. Hal ini akan menimbulkan kontraksi tunggal yang mendadak dan berlangsung kira-kira 2 m/det. Lamanya kontraksi kedutan beragam, sesuai dengan jenis otot yang dirangsang. Serabut otot “cepat” (*fast*), yang terutama berperan pada gerakan halus, cepat dan tepat, mempunyai lama kedutan 7,5 m/det. Serabut otot “lambat” (*slow*), yang terutama berperan pada gerakan kuat, menyeluruh, dan dipertahankan, memiliki lama kedutan selama 100 m/det.

KARAKTERISTIK SELURUH KONTRAKSI OTOT

Kontraksi otot dikatakan “*isometrik*” bila waktu kontraksi, panjang otot tetap (tidak terjadi pemendekan otot) namun tegangan (tonus) otot meningkat, dan dikatakan “*isotonik*” bila waktu kontraksi, otot memendek namun tegangan (tonus) otot tetap konstan. Pada sistem isometrik, otot berkontraksi melawan transduser kekuatan tanpa mengurangi panjang otot. Pada sistem isotonik, otot memendek melawan beban yang tetap.

Setiap otot tubuh terdiri dari campuran serabut otot “*cepat dan lambat*”, serta serabut otot lain dengan kecepatan antara kedua kecepatan ekstrem diatas.

SERABUT OTOT CEPAT :

1. Serabut-serabut besar untuk kekuatan kontraksi yang besar.
2. Retikulum sarkoplasma yang luas (retikulum sarkoplasmik ekstensif) sehingga dapat dengan cepat melepaskan ion-ion kalsium untuk memulai kontraksi.
3. Mekanisme utama adalah non oksidatif (anaerobik) :
 - Sejumlah besar enzim glikolisis untuk pelepasan energi yang cepat melalui proses glikolisis.
 - Suplai darah yang tidak terlalu banyak.
 - Lebih sedikit mitokondria.
 - Mioglobin sedikit, sehingga warna otot lebih pucat.
 - Pada otot cepat terdapat kekurangan mioglobin sehingga dinamakan otot putih.

SERABUT OTOT LAMBAT :

1. Serabut-serabutnya lebih kecil.
2. Dipersarafi juga oleh serabut-serabut saraf yang lebih kecil.
3. Metabolisme utama adalah oksidatif (aerobik) :
 - Sistem pembuluh darah dan kapiler yang lebih luas untuk menyediakan sejumlah oksigen tambahan.(perlu oksigen banyak)
 - Lebih banyak mitokondria.
 - Serabut-serabut mengandung sejumlah besar mioglobin, yakni suatu protein yang mengandung besi serupa dengan hemoglobin sel-sel darah merah. Mioglobin bergabung dengan oksigen dan menyimpan oksigen tersebut sampai diperlukan.
 - Pada otot lambat, mioglobin memberi warna kemerah-merahan sehingga dinamakan otot merah.

REMODELING OTOT

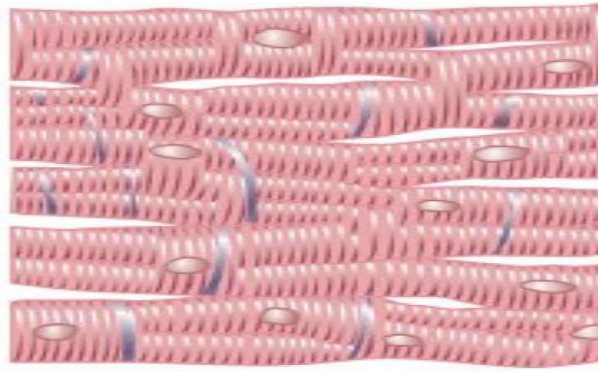
Semua otot tubuh secara garis besar terus-menerus dibentuk kembali untuk menyesuaikan fungsi-fungsi yang dibutuhkan. Diameter, panjang, kekuatan, suplai pembuluh darah, dan bahkan tipe serabut ototnya diubah setidaknya hanya sedikit. Proses pengubahan bentuk ini seringkali berlangsung cepat, dalam waktu beberapa minggu.

BERBAGAI FAKTOR YANG BERPERAN PADA TAHAPAN AKTIFITAS OTOT

1. Kekuatan otot rangka; Dapat menahan 3-4 kg tegangan per cm^3 potongan melintang. Karena banyak otot manusia memiliki potongan melintang yang besar, tegangan yang dapat terjadi sangat besar.
2. Mekanika tubuh; Misalnya, otot yang melekat ke tubuh memiliki panjang awal yang sama dengan atau mendekati panjang istirahatnya ketika otot akan mengawali kontraksinya. Pada otot yang mencangkup lebih dari satu sendi, gerakan pada satu sendi akan mengompensasi gerakan pada sendi lain sehingga selama kontraksi otot tidak terlalu memendek. Kontraksi yang hampir isometrik dalam keadaan seperti ini memungkinkan terbentuknya tegangan maksimal pada tiap kontraksi.
3. Penyakit otot; istilah distrofi otot diterapkan untuk penyakit yang menyebabkan kelemahan progresif otot rangka. Penyakit memiliki derajat keparahan yang bervariasi dari ringan hingga berat dan sebagian akhirnya fatal. Penyebab penyakit ini umumnya disebabkan oleh mutasi di gen yang menyandi protein otot.
4. Perkembangan otot; Miogenin merupakan faktor transkripsi utama pada proses perkembangan otot. Miogenin merangsang fibroblas menjadi sel otot, dan mencit yang dibuat menjadi homozigot untuk gen miogenin yang mutan akan mati segera setelah lahir karena kekurangan otot yang diperlukan untuk bernafas.

2. OTOT JANTUNG

Serabut lintang otot jantung serupa dengan otot rangka, dan terdapat garis Z. Sejumlah besar mitokondria panjang terletak berdekatan dengan fibril otot. Serabut otot bercabang dan saling menjalin (*interdigitate*), tetapi masing-masing merupakan unit lengkap yang dikelilingi oleh membran sel.



Gambar 2. Otot jantung

SIFAT OTOT JANTUNG

Potensial membran istirahat sel otot jantung kira-kira -90mV . Perasangan menimbulkan potensial aksi yang dihantarkan, yang berperan untuk membangkitkan kontraksi. Depolarisasi terjadi dengan cepat dan timbul *overshoot*, seperti halnya pada otot rangka dan saraf, tetapi hal ini diikuti dengan dataran (*plateau*) sebelum potensial membran kembali ke garis dasar. Pada jantung depolarisasi berlangsung sekitar 2 m/det , tetapi fase *plateau* dan repolarisasi berlangsung kira-kira 200 m/det atau lebih. Perubahan konsentrasi K^+ ekstrasel memengaruhi potensial membran istirahat otot jantung, sedangkan perubahan konsentrasi Na^+ eksternal memengaruhi besarnya potensial aksi.

KARAKTERISTIK OTOT JANTUNG

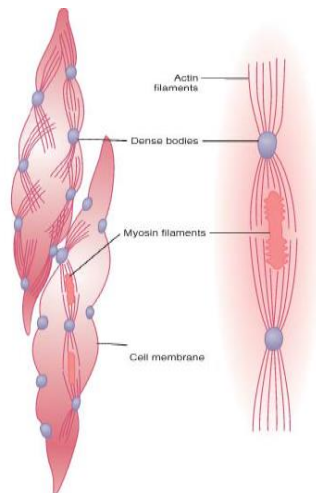
Respons kontraktile otot jantung dimulai segera setelah mulainya depolarisasi dan berlangsung kira-kira 1.5 kali lama potensial aksi. Otot jantung secara umum bersifat lambat dan aktivasi ATP fasenya relatif rendah. Serabutnya bergantung pada metabolisme oksidatif dan itulah sebabnya selalu mendapat pasokan O_2 .

Hubungan antara panjang awal serabut otot dan tegangan (tonus) otot jantung adalah sama seperti yang terdapat pada otot rangka; yaitu terdapat panjang istirahat di saat tegangan yang terbentuk terjadi akibat perangsangan yang maksimal. Di dalam tubuh, panjang awal serabut ditentukan oleh derajat pengisian diastolik jantung, dan tekanan yang timbul di dalam ventrikel sebanding dengan tegangan total yang terbentuk (hukum Starling untuk jantung). Jadi tegangan yang terbentuk meningkat seiring dengan meningkatnya volume diastolik sampai peningkatannya mencapai titik maksimal, dan kemudian cenderung menurun. Penurunan tegangan lebih disebabkan oleh gangguan pada serabut otot jantung.

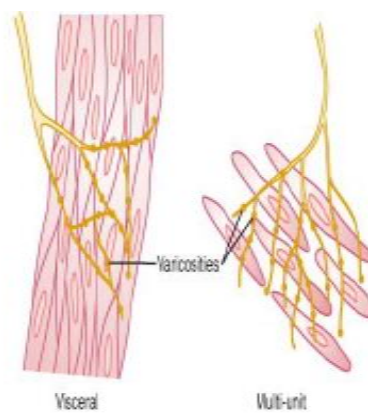
3. OTOT POLOS

Otot polos dari setiap organ jelas berbeda dengan kebanyakan organ lain dalam beberapa

hal, yaitu ukuran fisik (dimensi fisik), susunan untuk membentuk berkas atau lembaran, respons terhadap berbagai jenis rangsangan, sifat persarafan, dan fungsi. Secara umum, otot polos dapat dibagi menjadi otot polos viseral (otot polos *single unit* / unitarian) dan otot polos multi-unit.



Gambar 3. Struktur fisik otot



Gambar 4. Otot viseral dan otot multi unit

OTOT VISERAL / SINGLE UNIT

Otot polos viseral terdapat dalam bentuk lembaran yang luas, ditemukan terutama di dinding visera yang berongga (jaringan otot dinding usus, uterus, dan ureter). Otot polos viseral ditandai dengan ketidakstabilan potensial membrannya dan terdapat kontraksi yang berkesinambungan tidak teratur, yang tidak bergantung pada persarafannya. Keadaan berkontraksi parsial yang terus menerus itu disebut sebagai **tonus**. Potensial membran tidak mempunyai nilai potensial “istirahat” yang sebenarnya, yaitu relatif rendah saat jaringan tersebut aktif dan lebih tinggi bila dihambat, tetapi pada masa-masa yang relatif tenang, rata-rata nilainya adalah sekitar -50 mV. Otot polos viseral akan diikuti penurunan potensial membran,

peningkatan frekuensi spike, dan peningkatan tonus secara umum. Pengaruh *asetilkolin* dan *norepinefrin* pada otot polos viseral berfungsi untuk menekankan dua sifat penting otot polos, yaitu aktivasi spontan otot polos viseral tanpa perangsangan saraf, dan kepekaannya terhadap bahan kimia yang dilepaskan saraf setempat atau yang dibawa oleh aliran darah. Otot polos lebih bersifat seperti massa yang kental daripada seperti struktur jaringan yang kaku, dan sifat inilah yang dikenal sebagai sifat *plastisitas*, misal pada tegangan yang ditimbulkan oleh dinding otot polos kandung kencing dapat diukur pada berbagai derajat perengangan ketika cairan dimasukkan ke dalam kandung kemih melalui kateter, mula-mula terdapat peningkatan, karena plastisitas kandung kemih berkontraksi dengan kuat.

Tipe Otot *Single Unit* secara garis besar adalah :

1. Serabut otot menyatu, membrane selnya membentuk gap' junction'--- penyebaran ion ----- potensial aksi.
2. Berkontraksi bersamaan, contohnya : usus, saluran empedu, ureter, uterus, beberapa pembuluh darah.
3. Disebut juga otot polos singlisium atau otot polos viseral.

OTOT POLOS MULTI UNIT

Pada kontraksi otot polos multi-unit terlihat terpisah-pisah, halus, dan terbatas dibandingkan dengan otot polos viseral, otot polos multi-unit juga sangat peka terhadap zat-zat kimia darah dan biasanya diaktifkan oleh neurotransmitter (*asetilkolin* dan *norepinefrin*) yang dilepaskan di ujung-ujung saraf motorik. *Norepinefrin* cenderung menetap di otot dan, setelah rangsangan tunggal, akan melepaskan potensial aksi yang berulang, bukan potensial aksi tunggal. Jika terjadi kontraksi kedutan, responsnya menyerupai kontraksi kedutan otot rangka tetapi berlangsung 10 kali lebih lama.



Gambar 5. Otot Multi Unit

Tipe Otot Multi Unit secara garis besar adalah :

1. Serabut ototnya terpisah dan tidak menyatu.
2. Setiap serabut otot bekerja secara terpisah.
3. Setiap serabut otot disarafi satu serabut saraf, contohnya : m. ciliaris mata, m. erector pili

Referensi

1. Drake R, Vogl AW, Mitchell AWM. *Gray's Anatomy for Student* Churchill Livingstone 2009.
2. Schuenke M, Schulte E, Schumacher U. *Anatomi untuk Kedokteran Gigi Kepala & Leher*. EGC 2002.
3. *Histologi Dasar* Luiz Carlos Junguiera, Jose Carneiro edisi 10 EGC 2007
4. *Atlas Histologi de Fiore dengan Korelasi Fungsional* Victor P Eroschenko edisi 9 EGC
5. Hall JE. *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology* 13rd ed. Philadelphia: Elsevier; 2016.
6. Guyton AC., 2007, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*, Alih Bahasa : Irawati, 1st Ed, Jakarta, EGC, hal. 74-86, 95-99, 107-108.
7. Ganong WF., 2008, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*, Alih Bahasa : Brahm U. Pendit, 2nd Ed, Jakarta, EGC.
8. Guyton AC. 2008, *Text Book of Medical Physiology*, 11th Ed, Jakarta, EGC.
9. Gerard JT., and Bryan HD., *Principles of Anatomy and Physiology* (Tortora, Principles of Anatomy and Physiology).
10. Kim EB., Susan MB., Scott B., Heddwen B., *Ganong's Review medical of physiology* 23rd Ed, Lange Basic Science.
11. Lauralee S., *Human Physiology: From Cells to Systems*.
12. Marieb, E. N. & Hoehn, K. 2007. *Human anatomy & physiology* 7th ed., Pearson Education.