



Универзитет у Крагујевцу  
Факултет медицинских наука  
Интегрисане академске студије медицине  
Катедра за Хистологију и ембриологију

# МИШИЋНО И НЕРВНО ТКИВО

пета недеља наставе

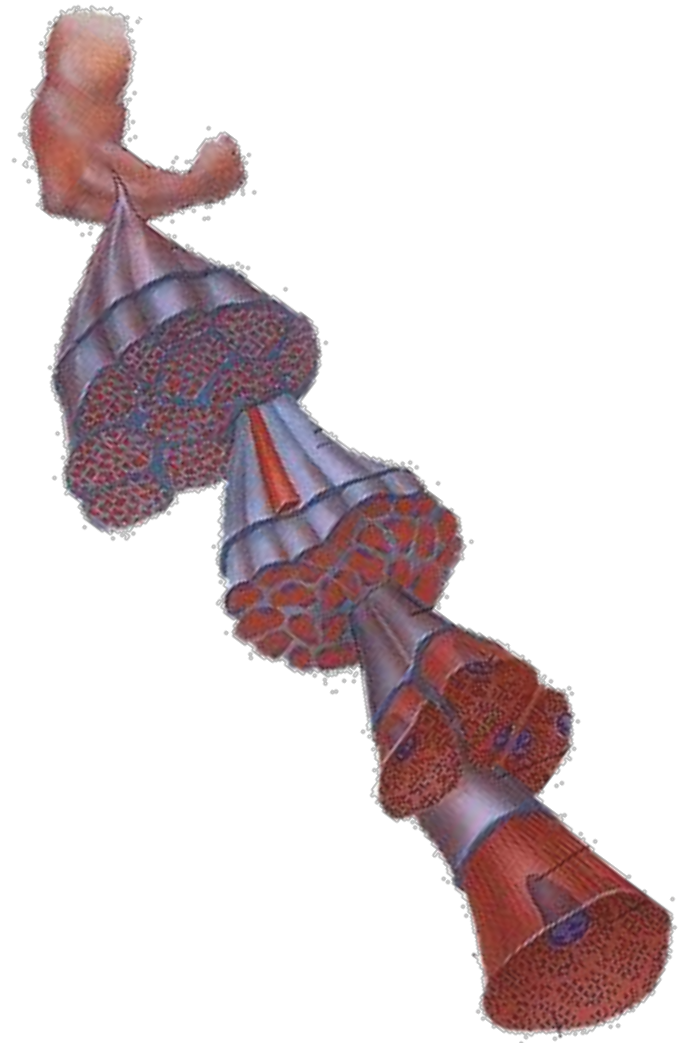
# **МИШИЋНО ТКИВО**

# Мишићно ткиво

- Мишићно ткиво изграђено је од ћелија које могу у значајној мери да се издужују и скраћују (**контрахују**).
- Променом дужине, мишићне ћелије омогућавају кретање тела и мењање облика и величине унутрашњих органа.
- Мишићне ћелије другачије се зову **миоцити**, њихова цитоплазму зове се **саркоплазма**, ћелијска мембрана – **сарколема**, а ендоплазмички ретикулум – **саркоплазмички ретикулум**.

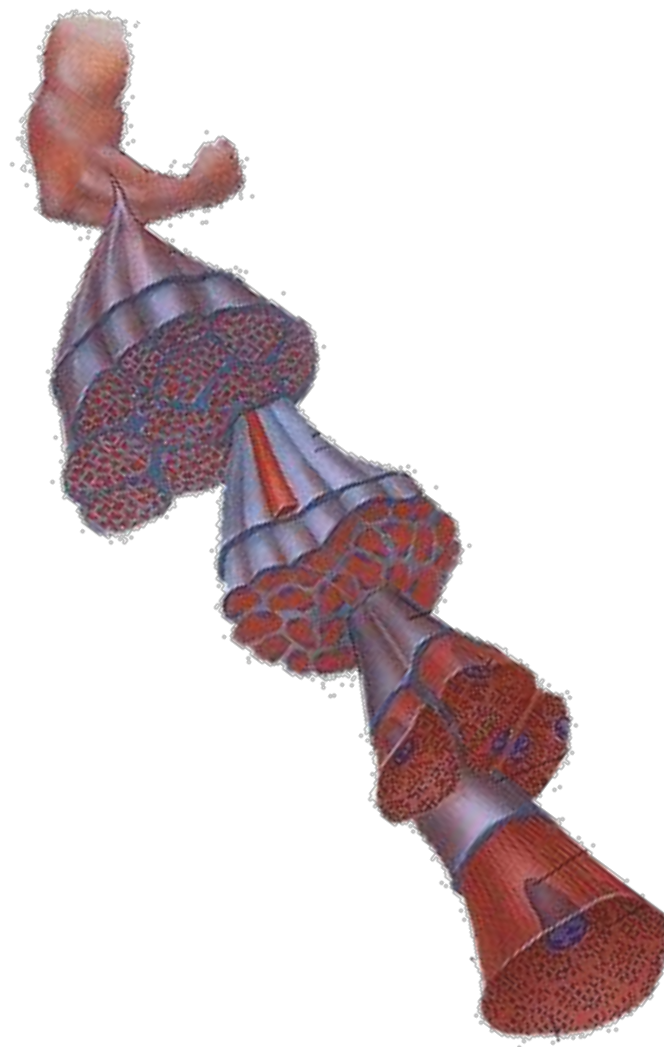
# Мишићно ткиво

- Миоцити се удружују и формирају **мишићне снопове**, а већи већи број снопова гради **мишић**.
- Сваку мишићну ћелију, сноп или мишић окружује **слој растреситог везива**.
- Узани омотач од везивног ткива који обавија појединачне мишићне ћелије зове се **ендомизијум**.



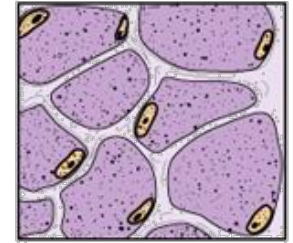
# Мишићно ткиво

- Фасцикулусе окружује нешто шири омотач – **перимизијум**.
- Читав мишић је обухваћен **епимизујумом**.
- Кроз поменуте везивно-ткивне омотаче према мишићним ћелијама пробијају се крвни судови и нерви.

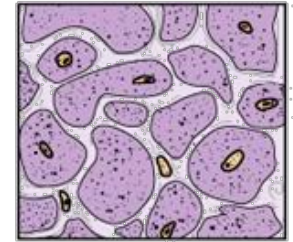
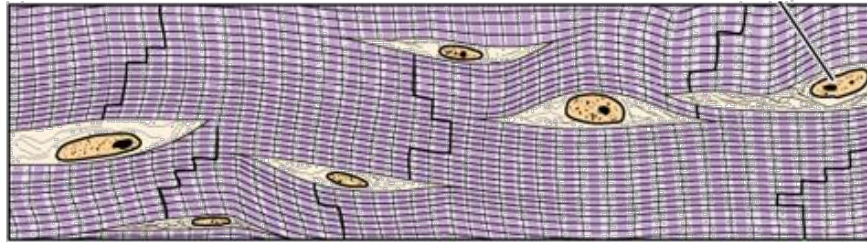


# Типови мишићног ткива

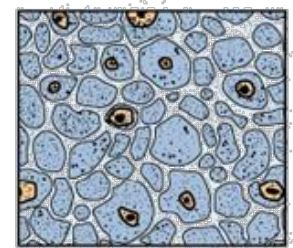
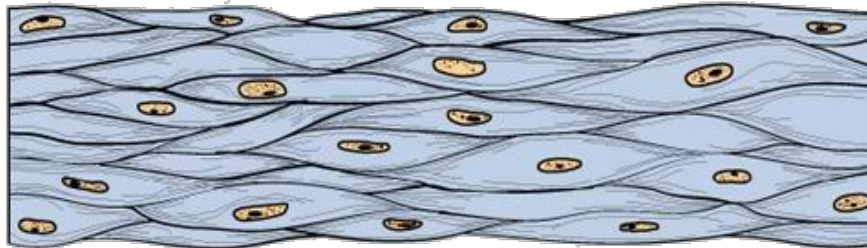
- Скелетни мишић



- Срчани мишић



- Глатки мишић



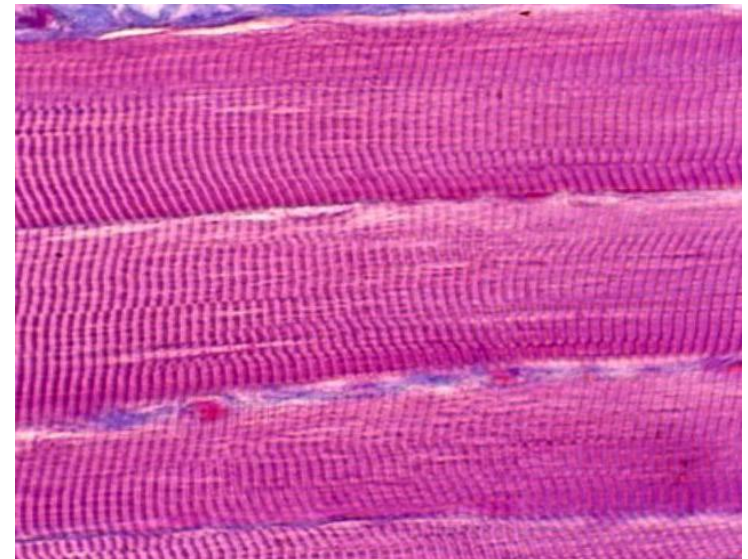
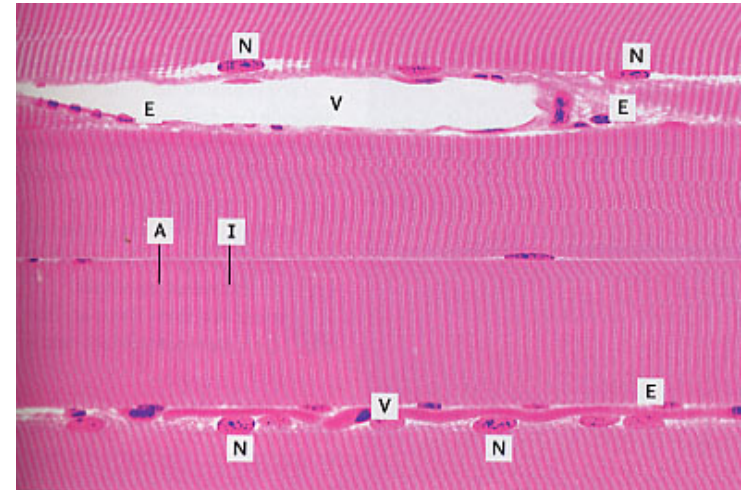
У складу са хистолошким карактеристикама миоцита, мишићно ткиво дели се на **скелетно**, **срчано** и **глатко**.

**Попречнопругасто  
(скелетно)  
мишићно ткиво**



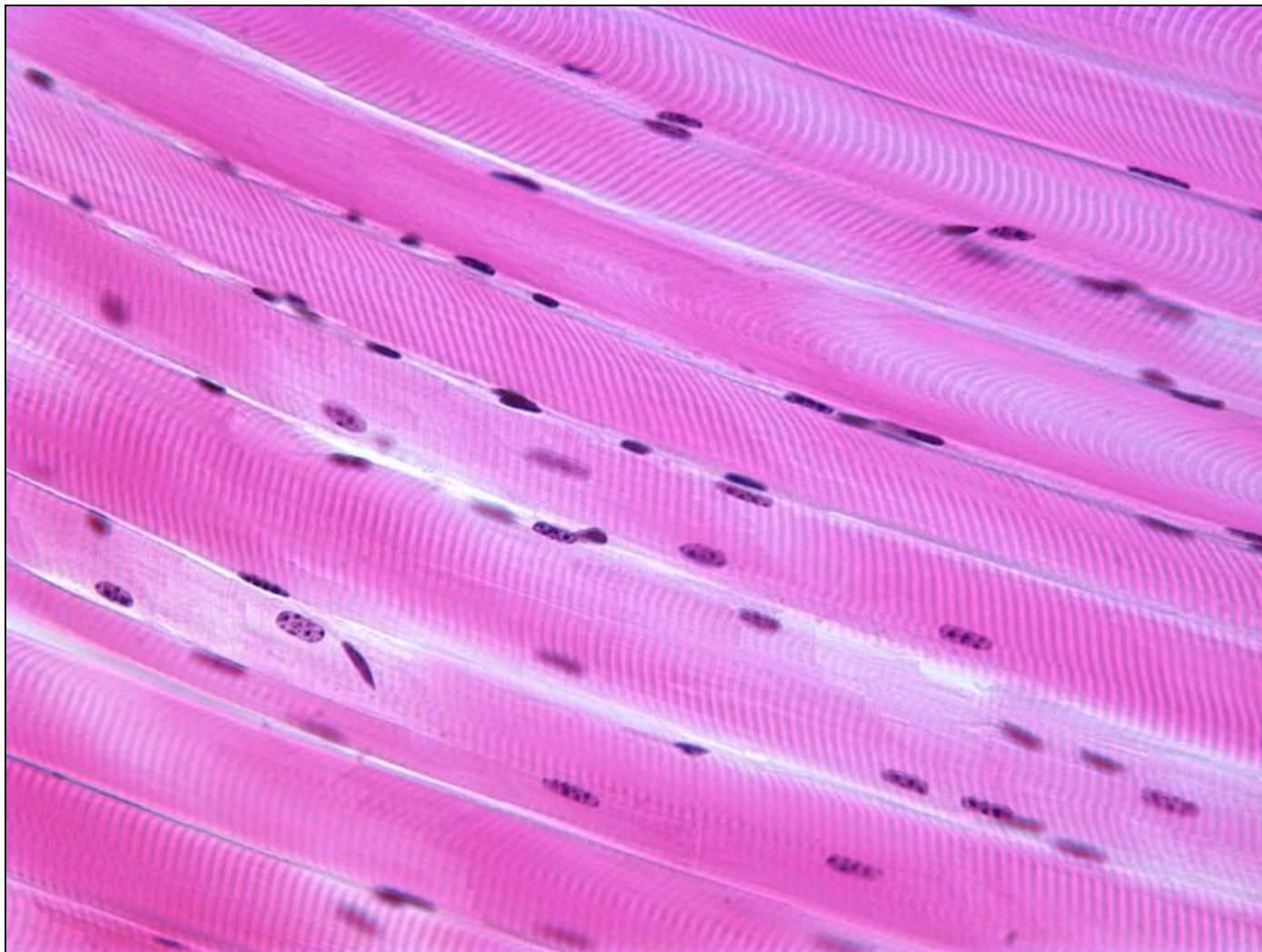
# Попречнопругаста мишићна ћелија

- Скелетни миоцити су релативно танке и веома дугачке ћелије које се због цилиндричног облика често зову **мишићна влакна**.
- Свака ћелија садржи **већи број** (понекад и преко 100) издужених **једара**, смештених **непосредно испод сарколеме**.

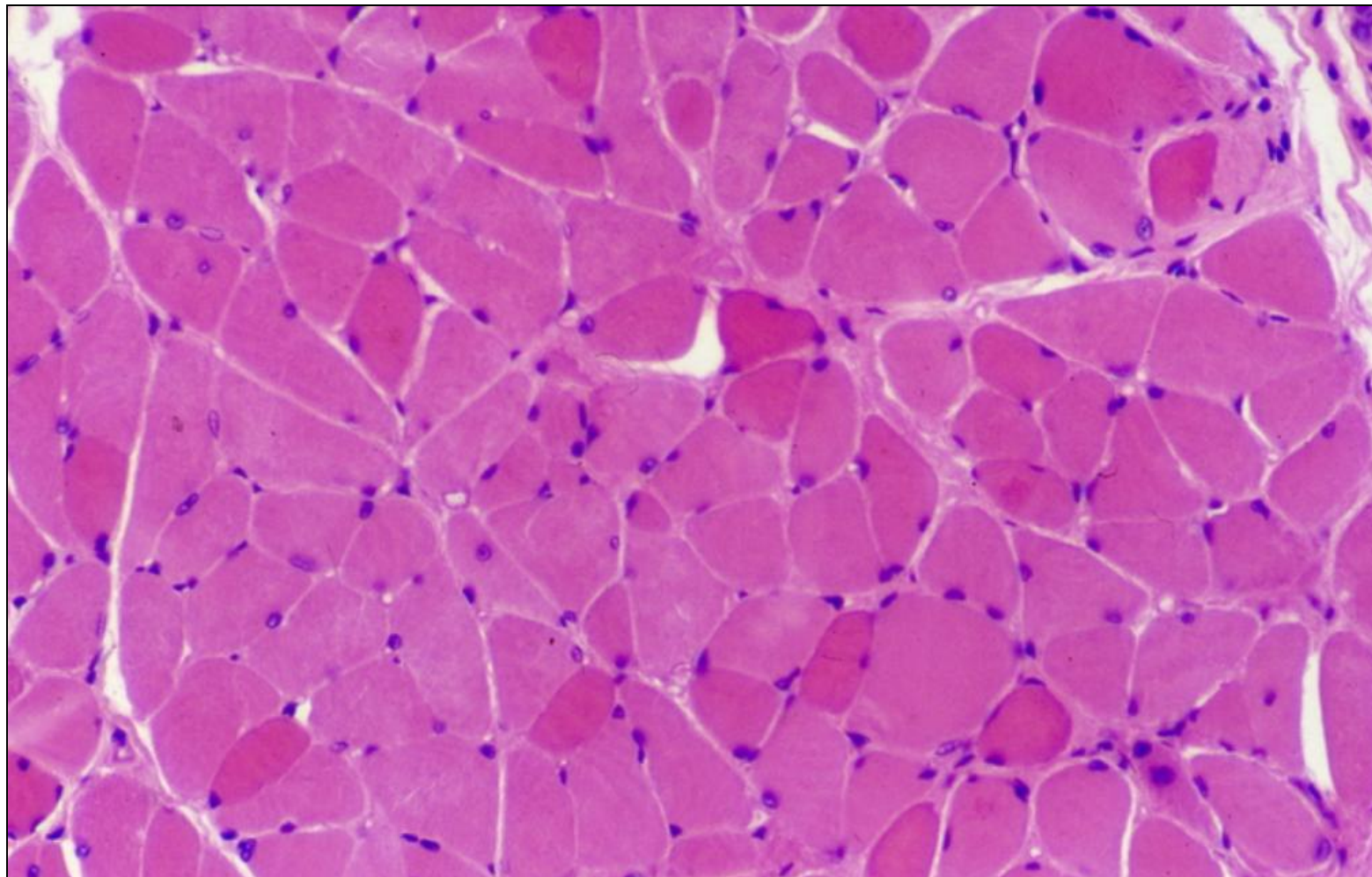




# Попречнопругасто мишићно ткиво – дужни пресек



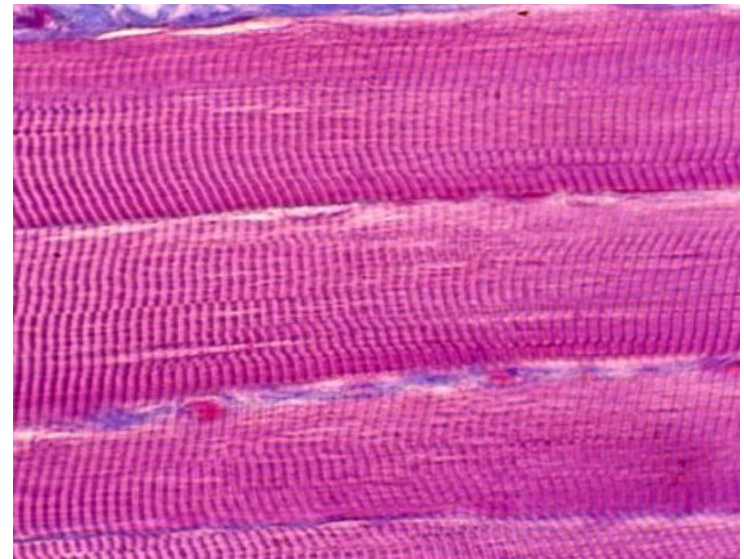
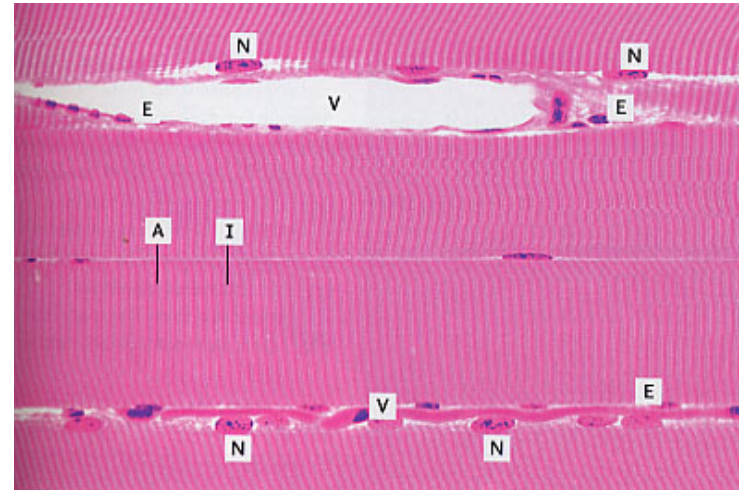
# Попречнопругасто мишићно ткиво – попречни пресек





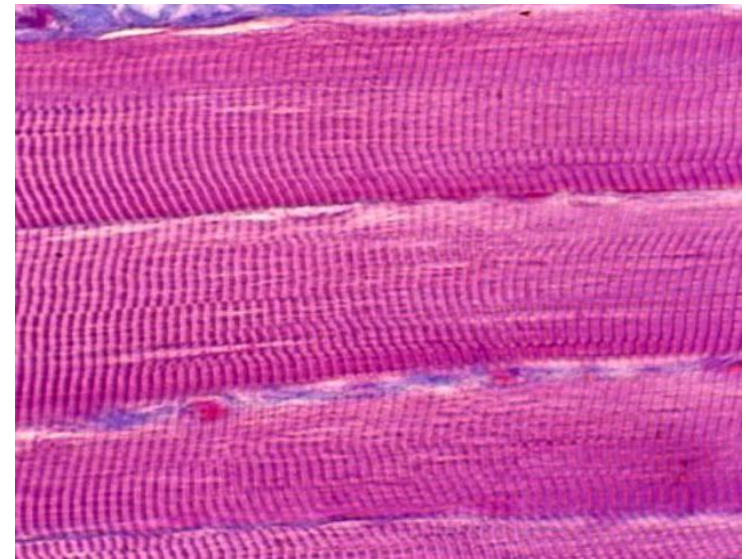
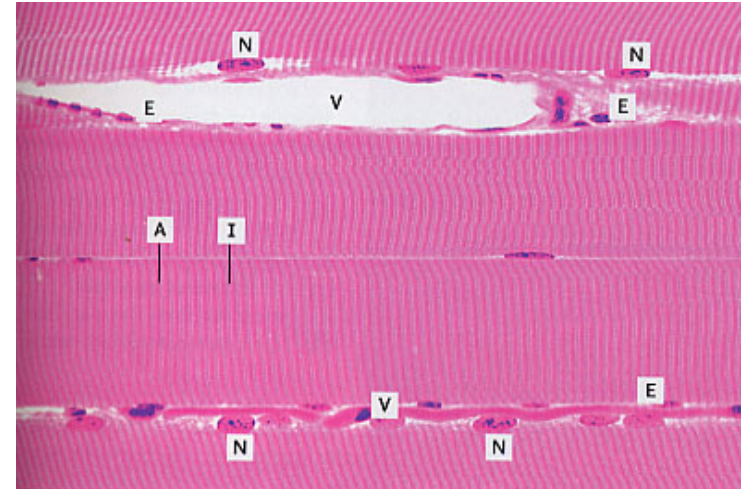
# Попречнопругаста мишићна ћелија

- У **саркоплазми** скелетне мишићне ћелије налазе се ћелијске **органеле**, али највећи део мишићне ћелије заузимају протеински комплекси кончастог облика названи **миофибрили**.
- Миофибрили су изграђени од **миофиламената** који се деле на **танке (актинске)** и **дебеле (миозинске)** филаменте.



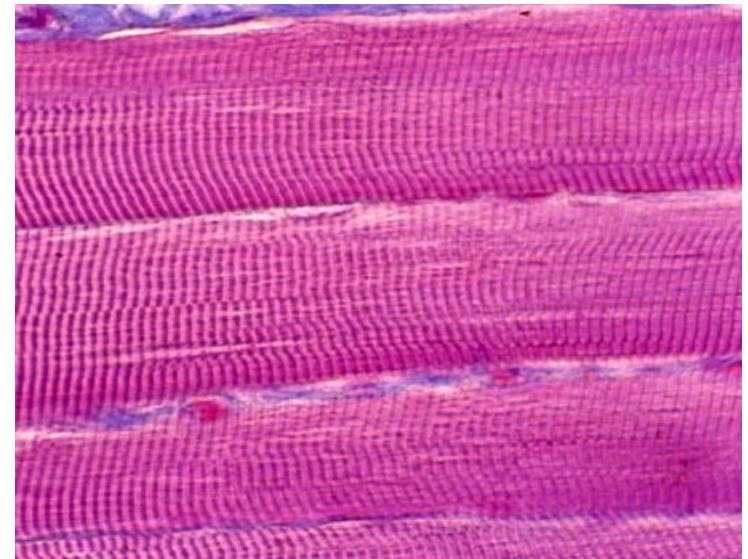
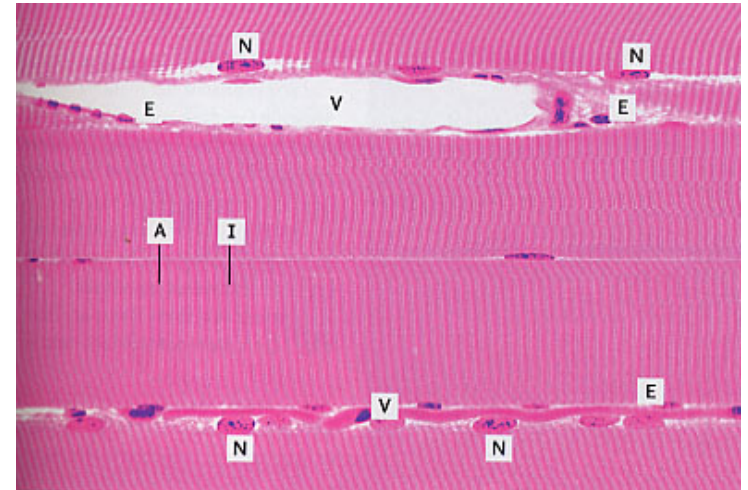
# Попречнопругаста мишићна ћелија

- Уобичајено је да се миофиламенти називају **контрактилним филаментима** зато што омогућавају контракцију мишићне ћелије.
- Међутим, они током процеса контракције **не мењају своју дужину** (не контракују се) већ клизе једни преко других.



# Попречнопругаста мишићна ћелија

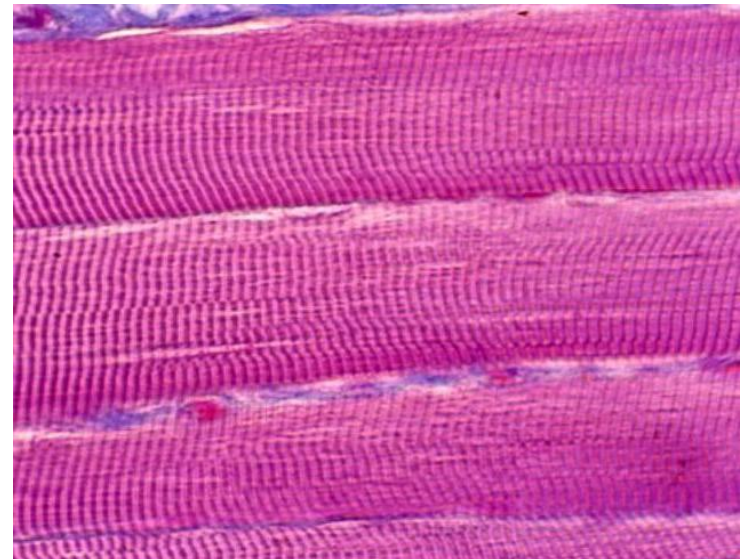
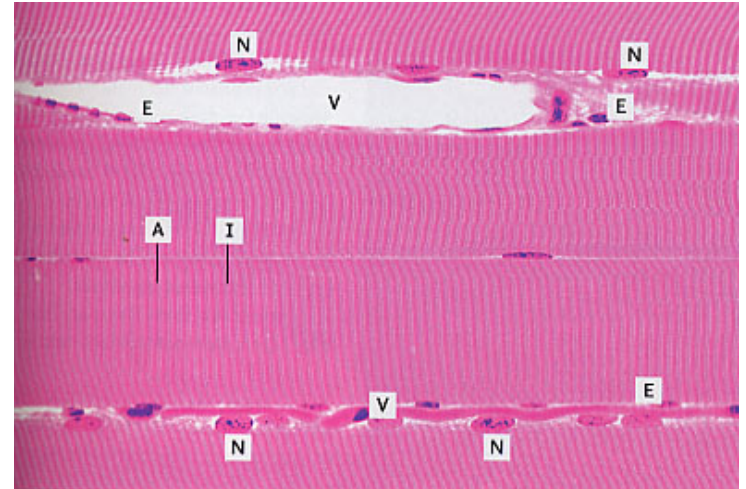
- Танки и дебели филаменти су правилно распоређени у простору.
- Зато се на већим увећањима светлосног микроскопа на дужном пресеку скелетне мускулатуре запажа **попечна испруганост**.





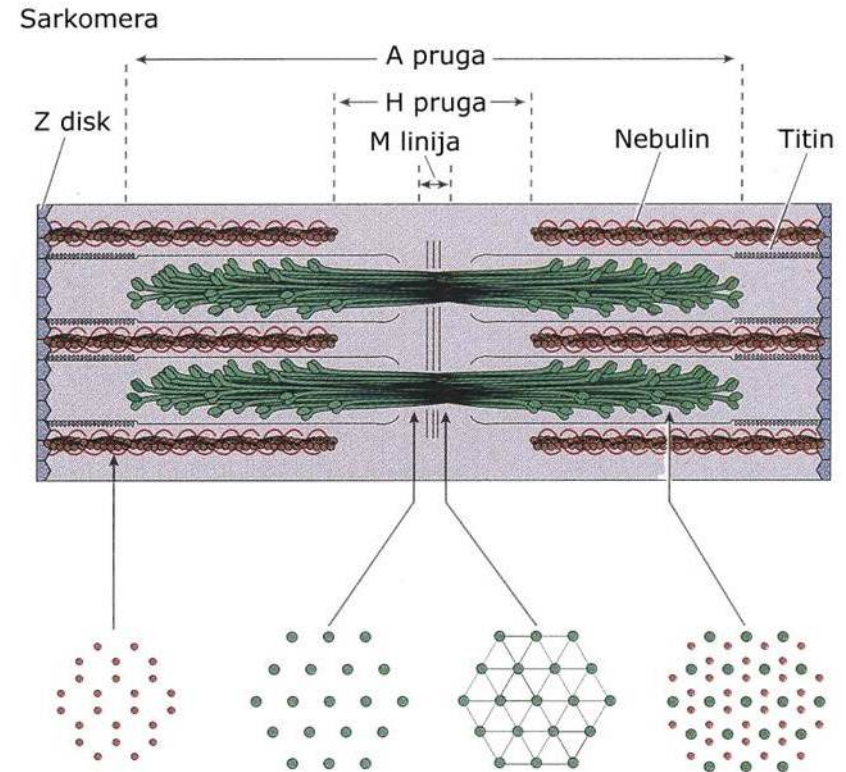
# Попречнопругаста мишићна ћелија

- Део мишићне ћелије који садржи **искључиво танке филаменте** боље пропушта светлост и на микроскопу се региструје као **светла, изотропна** или **I-пруга**.
- Део ћелије који садржи **дебеле филаменте** слабије пропушта светлост и тамније је боје, што се означава као **тамна, анизотропна** или **A-пруга**.



# Попречнопругаста мишићна ћелија

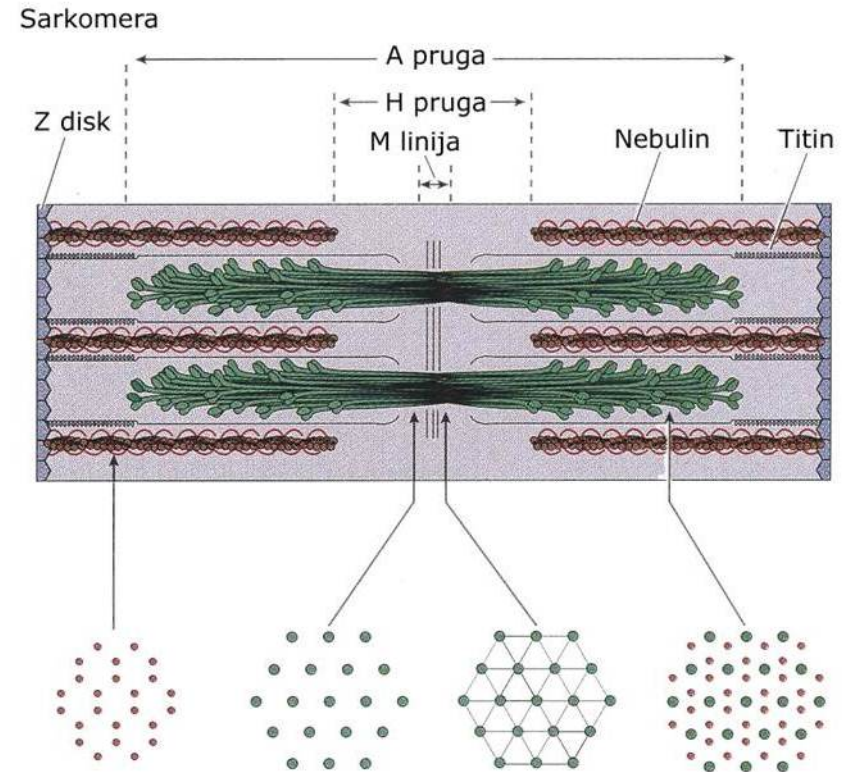
- Светле и тамне пруге смењују се наизменично у правилним интервалима.
- Средином светле I пруге пружа се танка тамна **Z-линија**.
- На нивоу Z-линије концентрисани су протеини за које се причвршћују **танки филаменти**.



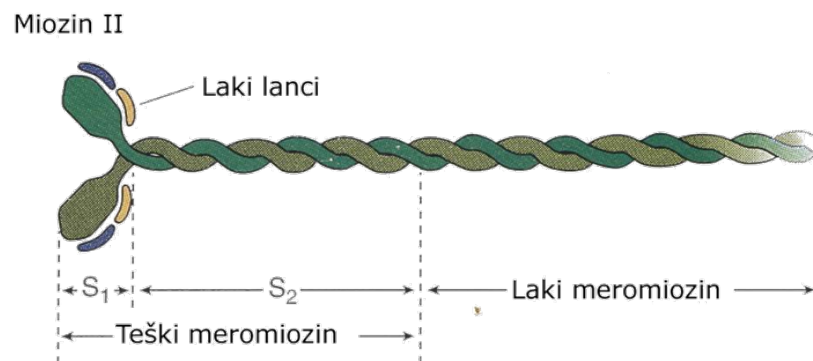
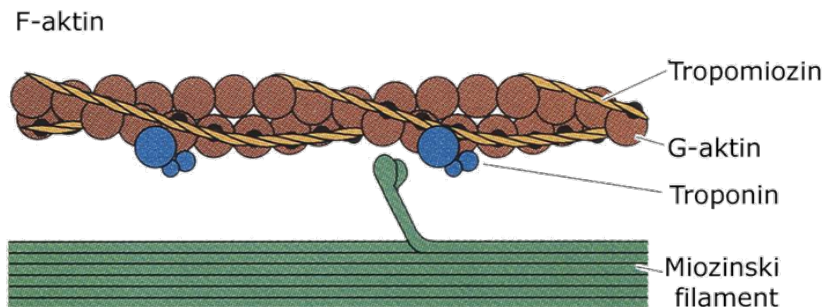
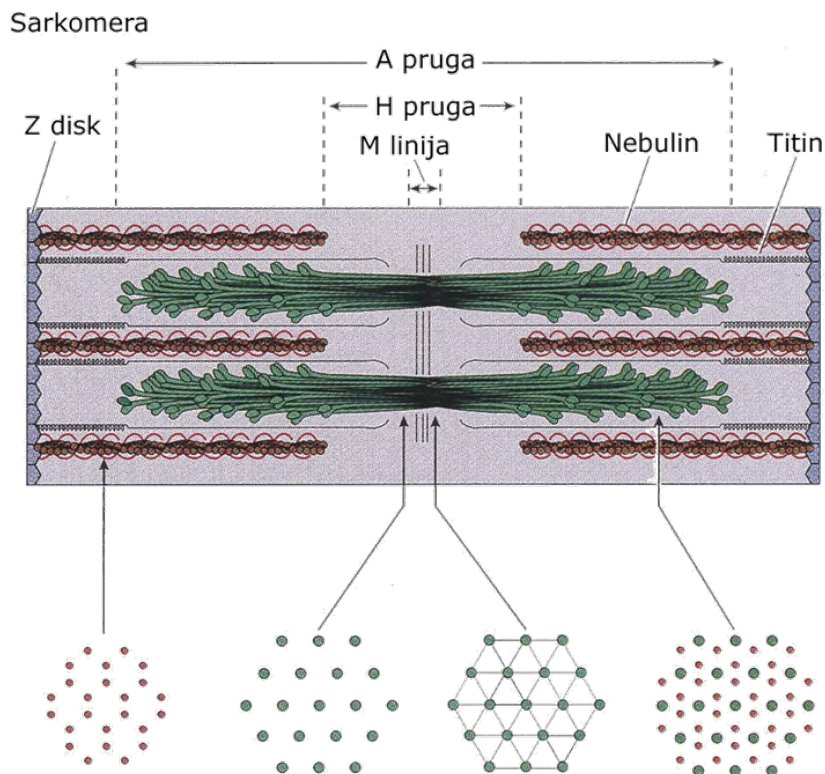


# Попречнопругаста мишићна ћелија

- **Средишњи део А-пруге** је нешто светлији пошто садржи **искључиво дебеле филаменте** и тај део тамне пруге зове се **Н-пруга**.
- Средином Н-пруге простире се тамна **М-линија**.
- Остали, периферни део тамне А-пруге је знатно тамнији (“најгушћи”) јер се у том делу **преклапају танки** (припојени на Z-линији) **и дебели филаменти** (припојени на М-линији).



# Саркомера

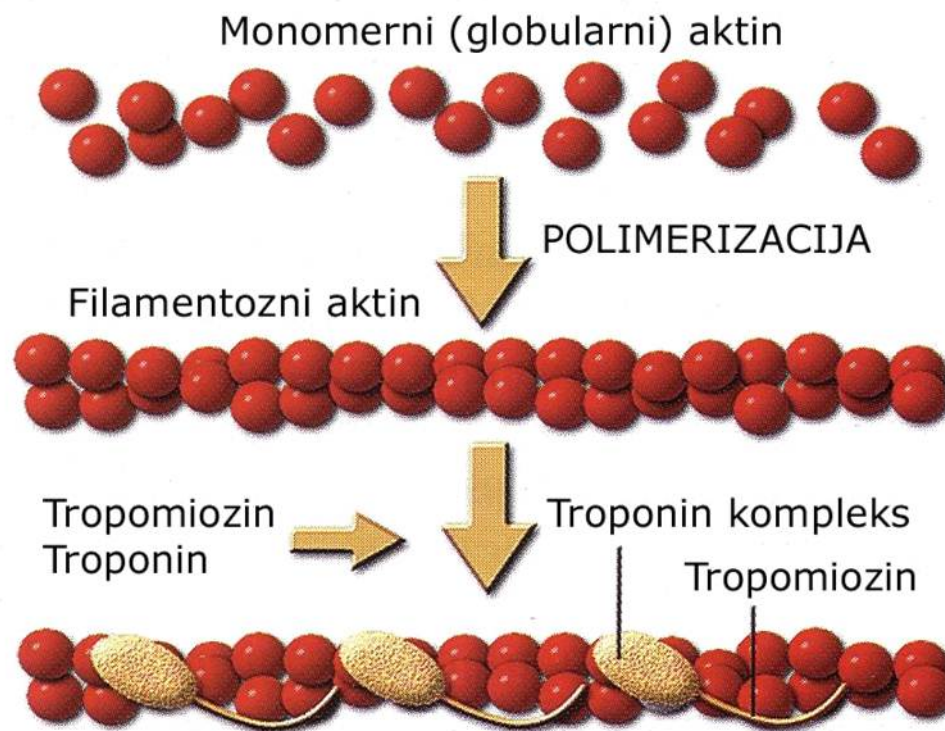


- Сегмент миофибрила који се налази између две Z-линије назива се **саркомера**.
- Саркомера представља основну контрактилну јединицу скелетног мишића.

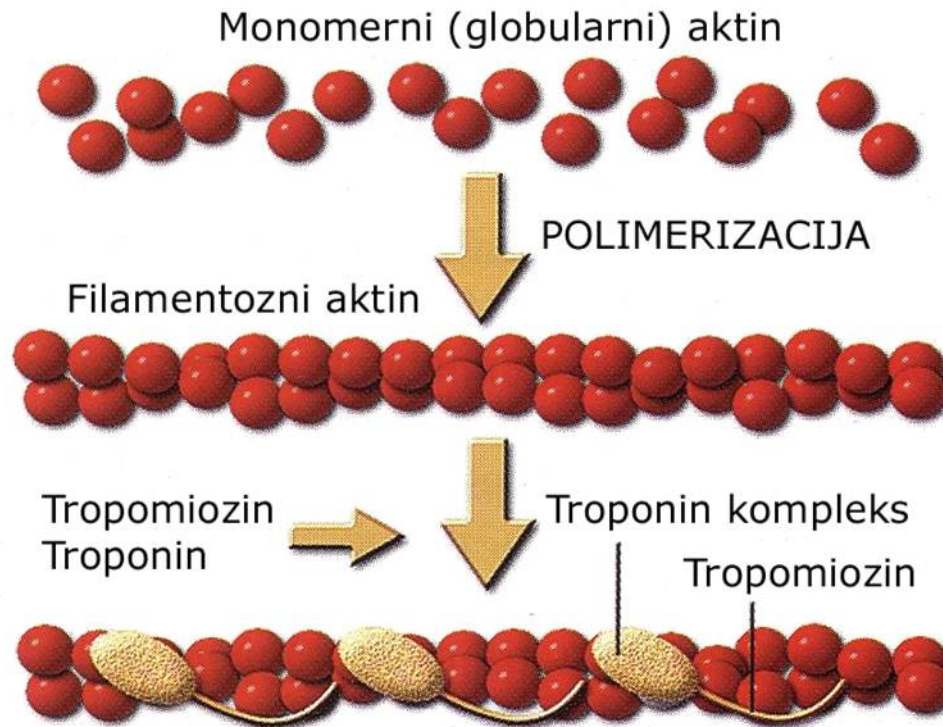
# Танки филаменти

- **Танки филаменти** су у највећој мери изграђени од протеина актина због чега се зову још и **актински филаменти**.
- Поред актина, у њихов састав улазе још два протеина: **тропонин** и **тропомиозин**.
- **Актин** је лоптасти протеински мономер склон полимеризацији.
- Актински филаменти састоје се из **два спирално увијена ланца** F-актина.
- Сваки од два ланца F-актина састоји се од полимеризованих глобуларних мономера G-актина.
- Сваки мономер G-актина на себи садржи активно место везивање главица миозинских филамената током мишићне контракције.

# Танки миофиламенти – актин, тропомиозин и тропонин



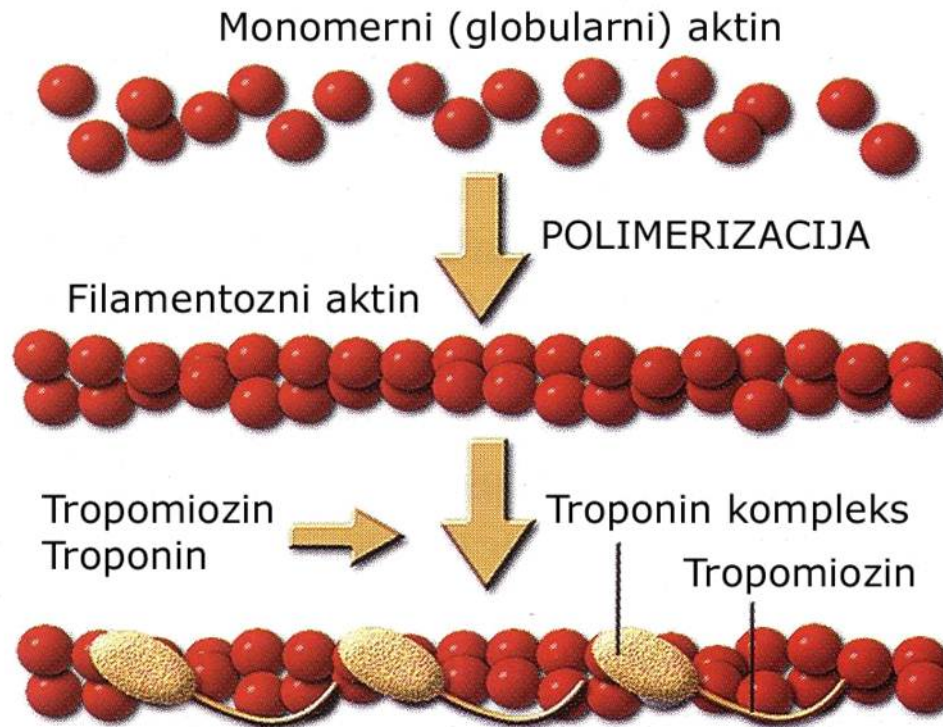
# Танки филаменти



- **Тропонин** је протеински комплекс изграђен од три лоптасте подјединице означене словима Т, С и I.
- Тропонин Т је чврсто везан за тропомиозин, док се за тропонин С везују јони калцијума ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Тропонин I инхибира интеракцију актина и миозина.



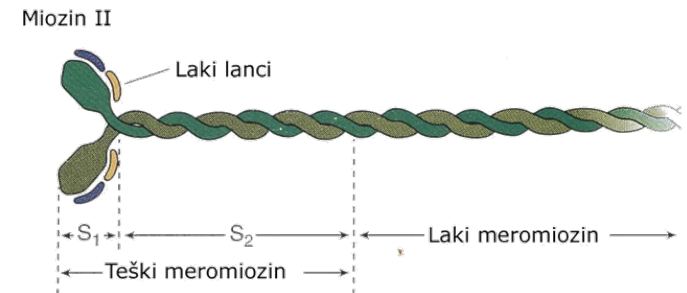
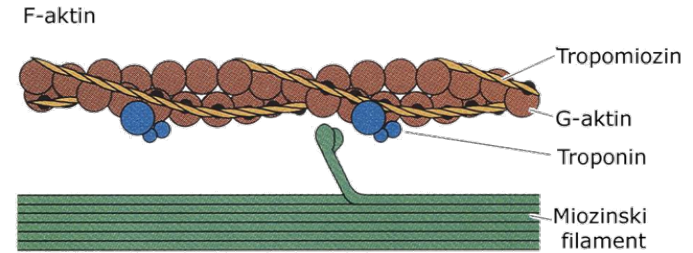
# Танки филаменти



- **Тропомиозин** је дуг и танак протеински молекул састављен од два полипептидна ланца, спирално увијена један око другог.
- Када је мишић релаксиран тропомиозин прекрива активна места на G-актину, што онемогућава везивање миозинских главица. Током контракције се завлачи у жлеб између два актинска ланца ослобађајући активна места.

# Дебели филаменти

- **Дебели филаменти** изграђени су од молекула миозина због чега се зову још и **миозински филаменти**.
- Један миозински филамент садржи 200-350 молекула миозина који по изгледу подсећају на **палицу за голф**.
- Највећи део миозинског молекула чини **реп** облика штапа за који је зглобљена **главица** облика лопте.
- **Миозинске главице** имају спиралан распоред тако да један навојак спирале образује **шест главица**.
- **Сваки миозински филамент** окружен је са **шест актинских филамената**.



- Током мишићне контракције главице једног миозинског филамента „хватају“ се за активна места на шест суседних актинских филамената.



# Вансаркомерни протеини

- **Дезмин** – интермедијарни филамент
- Повезује саркомере суседних миофибрила у нивоу Z или M линије.
- Функција:
  - Вертикално поравњавање миофибрила што за последицу има попречну испруганост.
  - Везује периферне миофибриле за ћелијску мембрану.

# Органеле у саставу скелетних МИОЦИТА

- Од органела у саркоплазми се истичу **митохондрије** (извор енергије за мишићне контракције) и **саркоплазмин ретикулум** (депо јона калцијума).
- **Саркоплазмин ретикулум** састоји се из разгранате мреже цевчица које се на граници **између тамне и светле пруге** проширују и око миофибрила граде канале облика прстена назване **завршне** или **терминалне цистерне**.
- Између **две терминалне цистерне** увлаче се **уврати сарколеме** названи **трансверзални** или **Т-тубули**.
- Један Т-тубул и две суседне терминалне цистерне чине **тријаду** скелетног мишића.
- Преко трансверзалних тубула шири се наддражај (талас деполяризације) са површине у унутрашњост мишићне ћелије.

# Типови скелетних мишићних влакана

- **Тип I**

- споре, дуготрајне контракције
- висок ниво миоглобина
- бројне митохондрије
- аеробни метаболизам
- тешко се замара
- боља прокрвљеност
- пример:
  - мишићи леђа

- **Тип II**

- брзе, краткотрајне контракције
- низак ниво миоглобина
- мање митохондрија
- анаеробни метаболизам
- лако се замара
- пример:
  - фацијални мишићи
  - грудни мишићи ("бело месо")

# Инервација скелетног мишића

- Скелетни мишић инервисан је **моторним** и **сензорним** нервним влакнима.
- **Моторна инервација** скелетног мишића врши се преко неурона чија се тела налазе у кичменој мождини.
- У перимизијуму нервна влакна мотонеурона гранају се на већи број гранчица од којих се свака завршава на мишићној ћелији у **неуромишићној синапси** – која се назива **моторна плоча**.
- Један моторни неурон и све мишићне ћелије инервисане њиме скупа чине **моторну јединицу**.

# Сензорна инервација

- **Сензорна инервација** скелетног мишића остварује се преко **мишићних вретена**.
- Мишићна вретена састоје се из модификованих мишићних ћелија (**интрафузални миоцити**) и неколико типова нервних завршетака који у ЦНС шаљу информације о дужини мишићних ћелија.

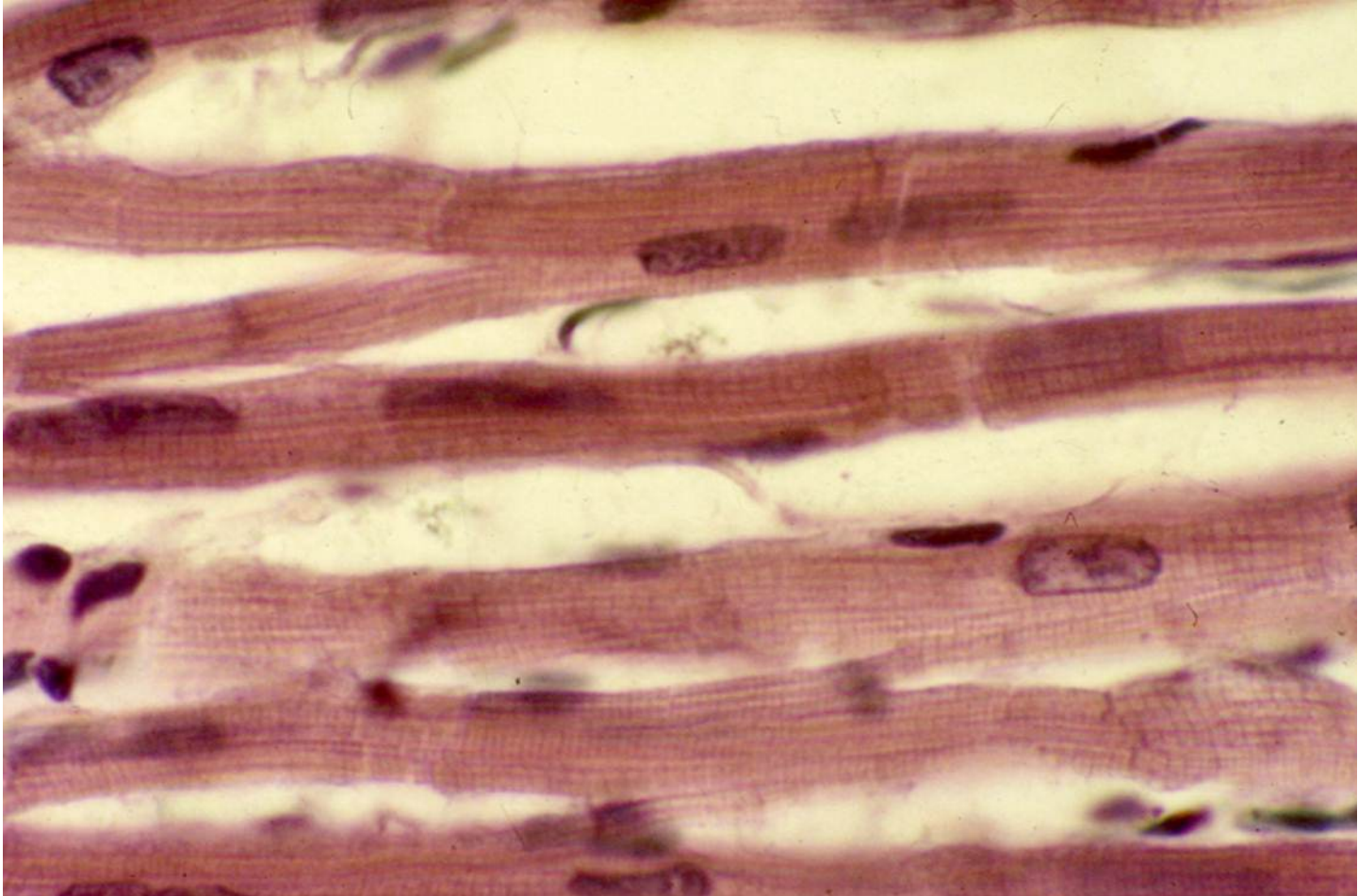
# **Срчано мишићно ткиво**

# Срчано мишићно ткиво

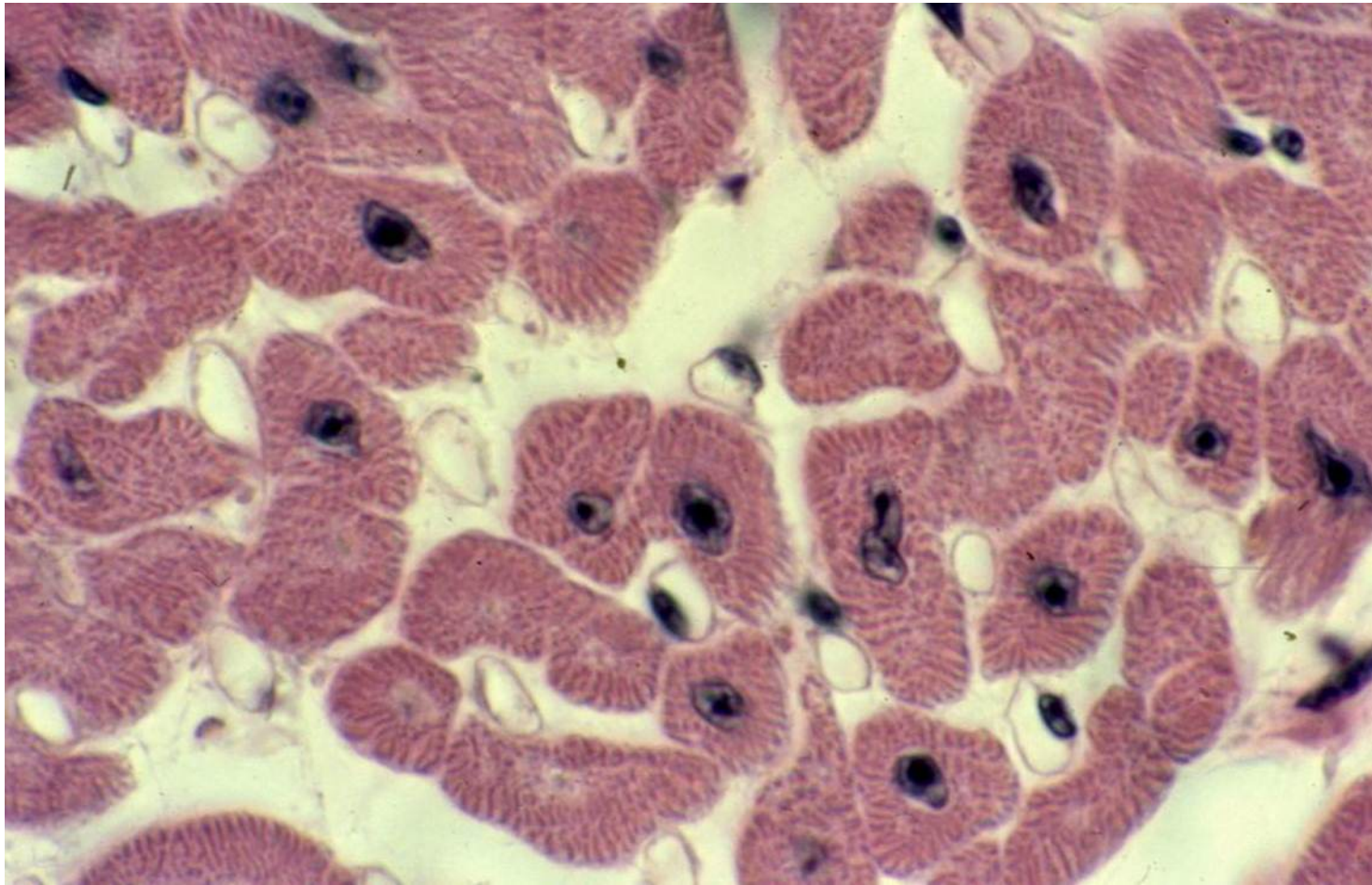
- Срчано мишићно ткиво налази се у **миокарду**.
- Чине га срчане мишићне ћелије - **кардиомиоцити**.
- Кардиомиоцити су краће и тање ћелије од скелетних миоцита.
- У саркоплазми садрже **миофибриле** чији специфични распоред узрокује попречну испруганост (види се на дужном пресеку ћелије, слабије изражена него код скелетних миоцита).
- Садрже **једно** или **два централно постављена једра**.
- Кардиомиоцити су **цитоплазматским мостовима** (безједарне спојнице) и **дискус интеркалатусима** повезани у сложену тродимензионалну мрежу.
- Оваква специфична повезаност кардиомиоцита омогућава постепено ширење таласа деполяризације од базе ка врху срца, односно омогућава одвијање срчаног циклуса.



# Срчано мишићно ткиво – дужни пресек



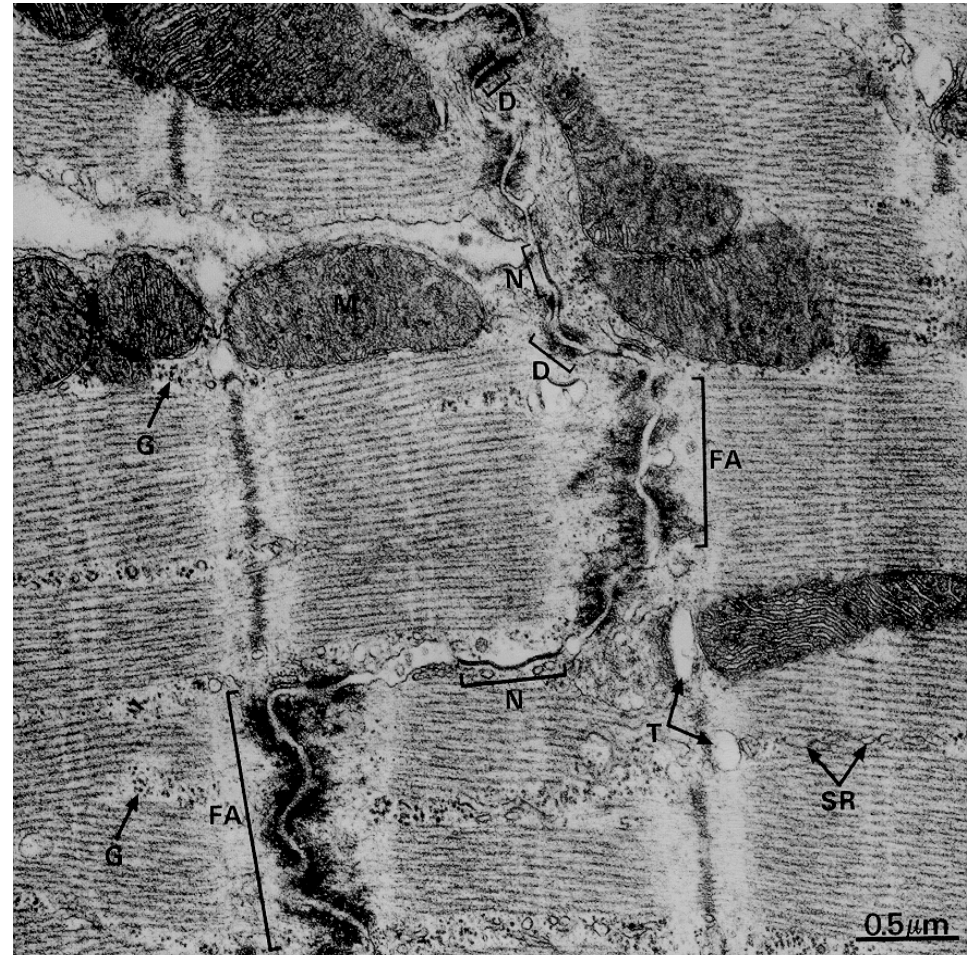
# Срчано мишићно ткиво — попречни пресек





# Discus intercalatus

- **Discus intercalatus** представља специфичан спој који се среће само код кардиомиоцита.
- Састоји се од адхерентних фасција, дезмозома и нексуса.
- **Дезмозоми** и **адхерентне фасције** обезбеђују механички спој између суседних ћелија.
- **Нексус** је комуникатни спој који електрохемијски “куплује” суседне ћелије и омогућава синхронизоване контракције срчаног мишића.



# Органеле кардиомиоцита

- Поред **миофибрила**, у саркоплазми кардиомиоцита садржане су и **органеле**.
- Најзаступљеније су **митохондрије** (извор енергије за мишићне контракције); заузимају готово половину срчане мишићне ћелије.
- **Саркоплазмин ретикулум** служи као депо калцијума.
- Саркоплазмин ретикулум је мрежасте структуре са местимичним проширењима.
- Ова проширења у контакту са увратима плазмалеме (Т тубулима) формирају **дијаде**.
- Остале ћелијске органеле су слабије изражене и смештене углавном у близини једра.

# Типови кардиомиоцита

- Већина срчаних мишићних ћелија има искључиво контрактилну улогу - **контракtilни кардиомиоцити**.
- Поред њих, постоје још ендокрини и спроводни кардиомиоцити.
- **Ендокрини кардиомиоцити** садрже грануле у којима је депонован хормон атријумски натриуретски пептид (АНП).
- Овај хормон поспешује елиминацију натријума и воде у бубрезима и тиме снижава крвни притисак.
- **Спроводни кардиомиоцити** специјализовани су за брзо провођење акционог потенцијала.
- Они немају Т-тубуле и садрже мање миофибрила од контрактилних кардиомиоцита.

**Глатко мишићно ткиво**

# Глатко мишићно ткиво

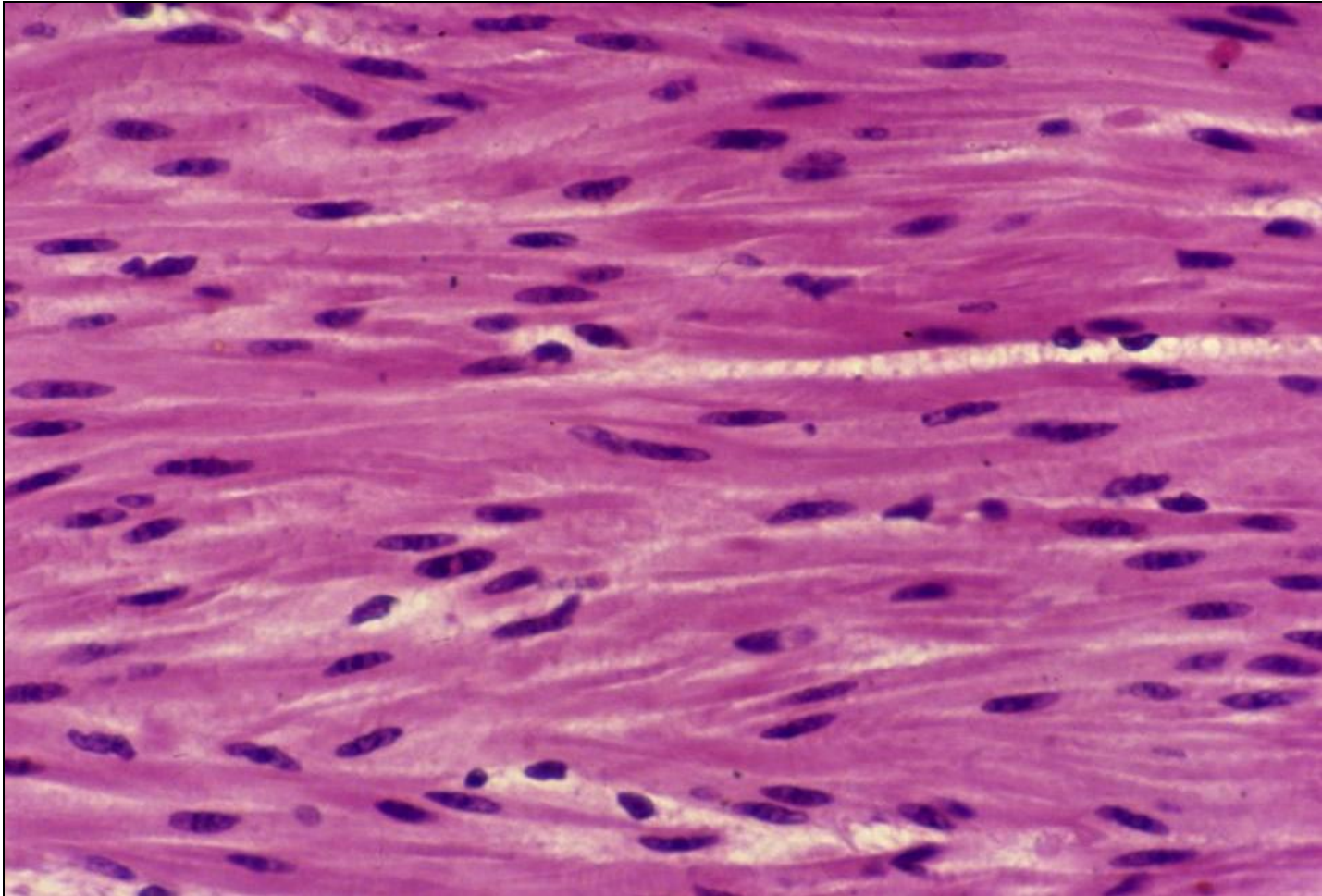
- Глатко мишићно ткиво учествује у грађи унутрашњих органа.
- Присутно је у зиду дигестивног, респираторног и урогениталног тракта, крвним судовима, изводним каналима егзокриних жлезда, чаури појединих органа итд.
- Контрахује се без утицаја воље при чему су контракције слабијег интензитета, али могу трајати знатно дуже у поређењу са скелетном мускулатуром.
- За разлику од скелетних и срчаних миоцита, глатки миоцити имају способност делимичне контракције.



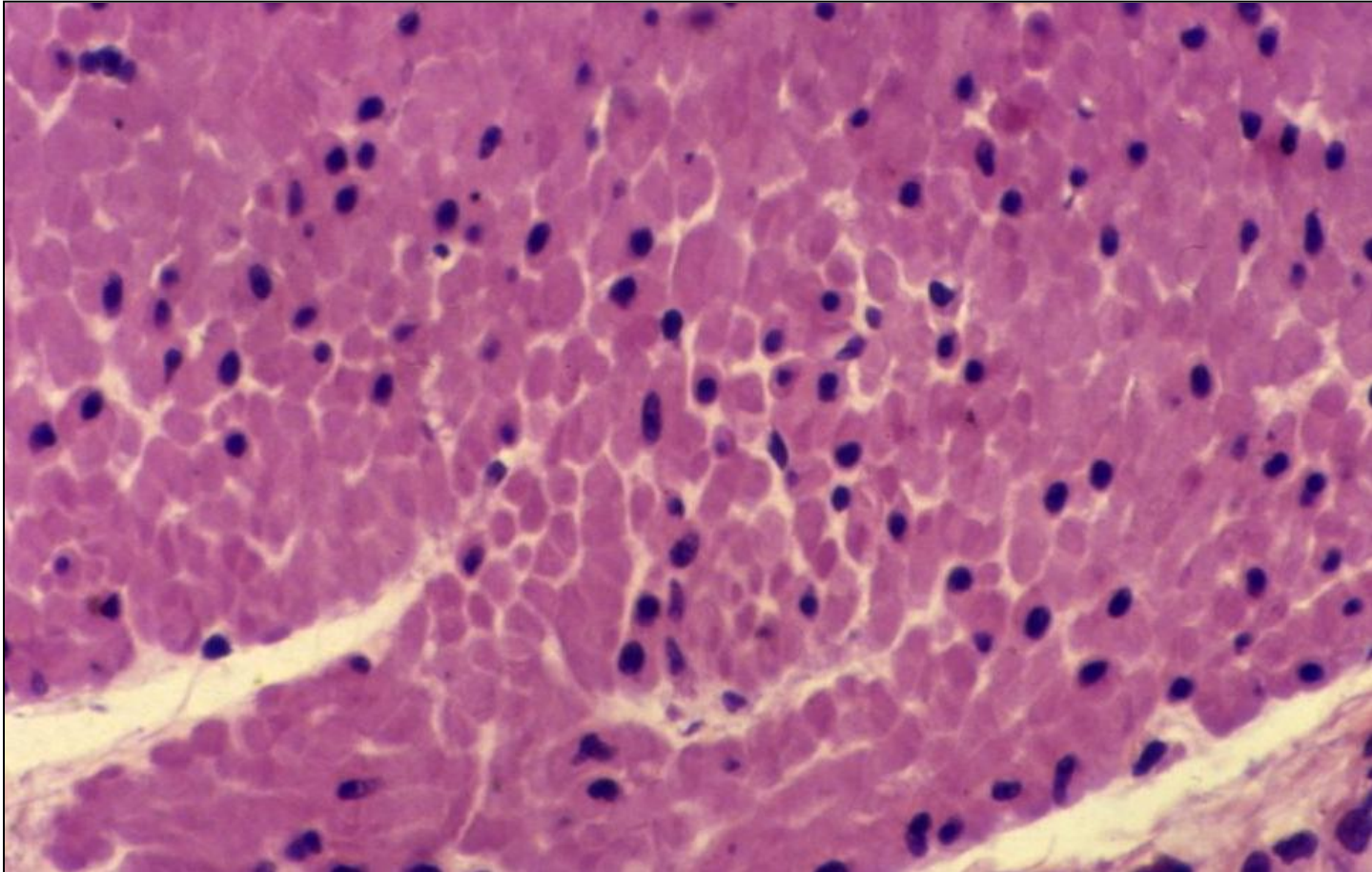
# Глатке мишићне ћелије

- Ћелије глатке мускулатуре су **вретенастог облика**, међусобно спојене **нексусима**, а окружене **оскудним ендомизијумом**.
- Унутар снопа глатки миоцити се ређају тако да шири део једне ћелије належа на уже делове суседних ћелија.
- Свака ћелија садржи **једно централно постављено једро**.
- У релаксираном миоциту једро је елипсоидног или вретенастог облика, а код контрахованог глатког миоцита једро има изглед вадичепа.
- Перинуклеарно су локализоване добро развијене синтетске органеле.

# Глатко мишићно ткиво – дужни пресек



# Глатко мишићно ткиво – попречни пресек



# Глатке мишићне ћелије

- Глатке мишићне ћелије карактерише:
- Једно, централно локализовано једро.
- Карактеристичан вретенаст облик.
- Актински и миозински филаменти су ирегуларно распоређени (не постоји попречна испруганост као код скелетног и срчаног мишића)
- Сваки миозински филамент окружен са 12 актинских филамената.
- Актински и интермедијарни филаменти причвршћени су за густа тела.
- Не постоје Т тубули, плазмалема поседује плитке уврате – кавеоле.
- Ћелије су међусобно спојене дезмозомима и нексусима.
- Осим актинских и миозинских, глатке мишићне ћелије у цитоплазми поседују и интермедијарне филаменте дезмин и виментин.

# Филаменти глатких мишићних ћелија

- Танки филаменти у глатком миоциту грађени су од **актина** и **тропомиозина**, а **дебели** од молекула **миозина**.
- **Одсуство тропонина** у танким филаментима одражава се на механизам контракције који је код глатких миоцита другачији у односу на скелетне и срчане миоците.
- Контракцију иницирају јони  $\text{Ca}^{++}$  који доспевају у цитосол из екстрацелуларне средине, ендоцитозних везикула и у мањој мери из саркоплазматског ретикулума.
- Калцијум везује за протеин **калмодулин**.
- Комплекс  **$\text{Ca}^{2+}$ -калмодулин** доводи до фосфорилације миозинских главица и до њиховог везивања за актинске филаменте, што је почетна фаза у контракцији глатке мишићне ћелије.



# Инервација глатке мускулатуре

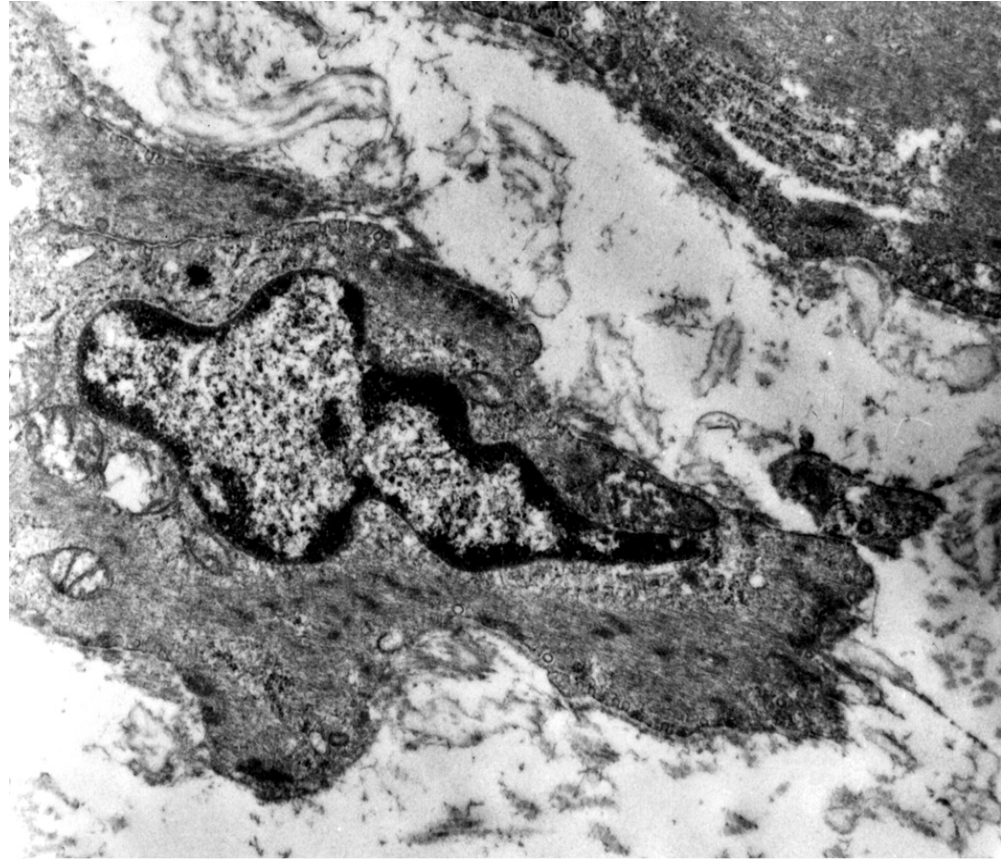
- Глатка мускулатура инервисана је влакнима **аутономног нервног система**.
- Инервација је оскудна, а надражај се преноси са једне ћелије на другу преко **нексуса**.
- На путу кроз ендомизијум нервна влакна формирају бројна проширења испуњена **неуротрансмитерима**.
- Проширења су обично удаљена од мишићних ћелија тако да ослобођени трансмитери дифундују на све стране и у исто време драже већи број миоцита.
- Овакве неуромишићне синапсе зову се “синапсе у пролазу” или “синапсе на дистанци”.

# Миоепителне ћелије

- Контракtilне ћелије **ектодермалног порекла**.
- Налазе се **око секретних делова** пљувачних, сузних, знојних и млечних жлезда.
- Садрже хетерохроматичан нуклеус, светлу цитоплазму са осредње развијеним органелама и добро израженим цитоскелетом.
- По неким карактеристикама сличне су епителним, по другим, глатким мишићним ћелијама.
- Као епителне ћелије: **кератински филаменти**; адхерентни спојеви (**дезмозоми**).
- Као глатке мишићне ћелије: **актин**, **миозин**, **дезмин** и **густа тела** у цитоплазми.
- Контракција се одвија под утицајем АНС, код ацинуса дојке и под дејством окситоцина.

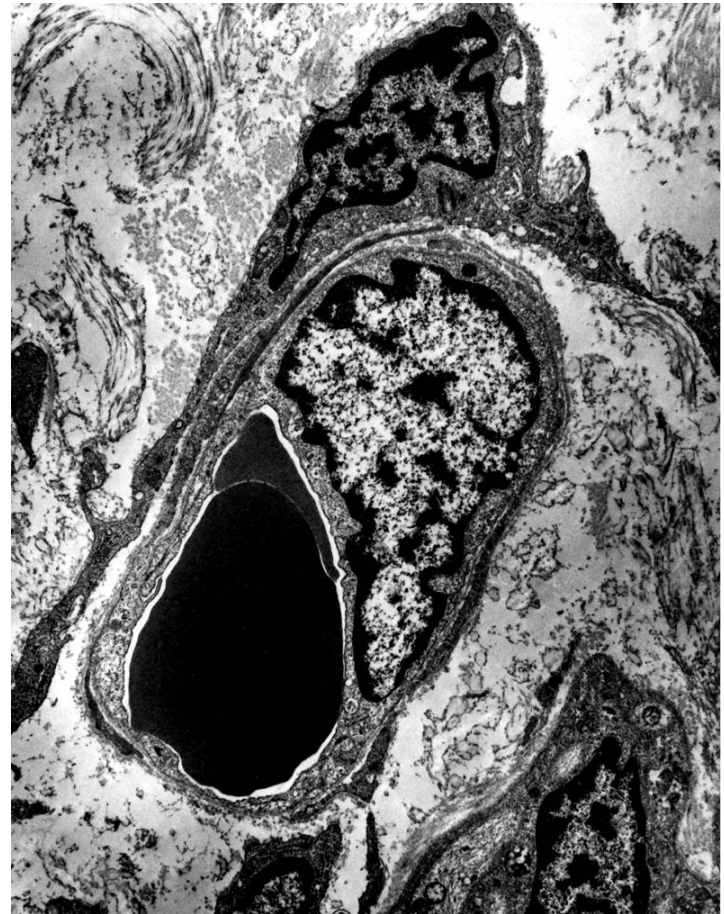
# Миофибробласти

- Синтетски активни попут фибробласта, поседују контрактилна својства попут глатких мишићних ћелија.
- Разликују се од фибробласта по присуству актина, дезмина и густих тела.
- У одређеним условима фибробласти могу да се диферентују у миофибробласте.



# Перицити

- Налазе се у зиду капилара и посткапиларних венула.
- Продужецима обухватају васкуларни зид.
- Са ендотелним ћелијама повезани нексусима.
- Поседују хетерохроматично једро, слабије развијене органеле, актин, миозин и тропомиозин у цитоплазми.
- Имају способност фагоцитозе.
- Настају од мезенхима.
- Могу да се диферентују у ендотелне ћелије, глатке мишићне ћелије адипоците или макрофаге.



**ПЕРВНО ТКИВО**

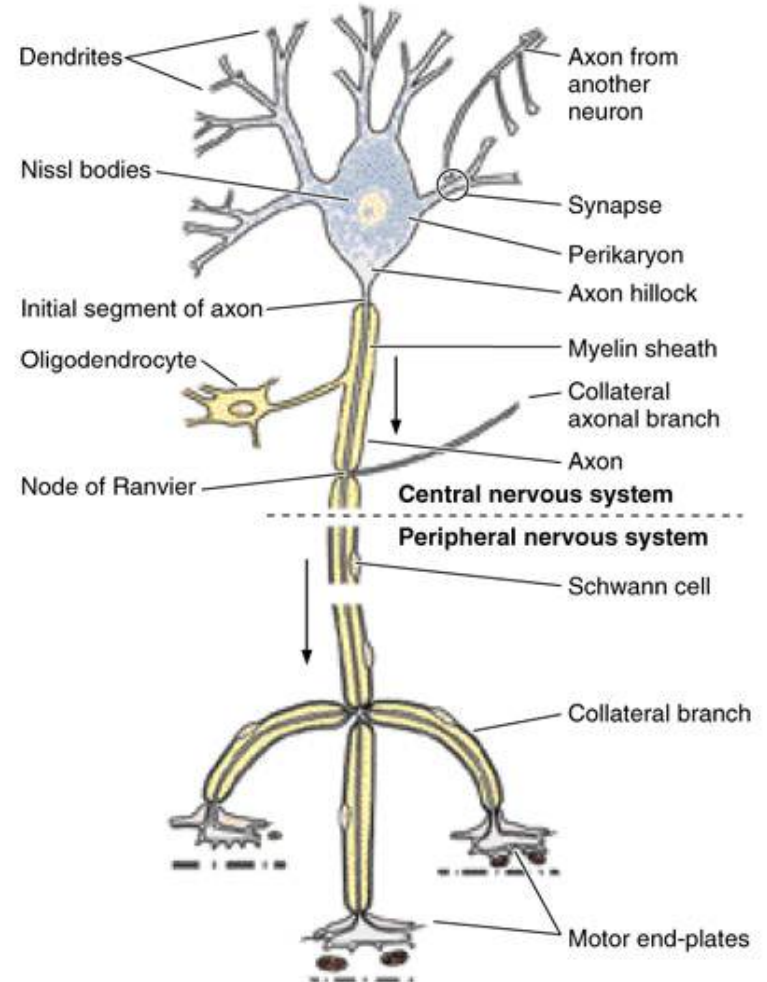


# Основна структура

- **Нервно ткиво** је целуларно ткиво које граде два основна типа **високо диференцираних ћелија**:
  - **неурони**  
(главни тип ћелија)
  - **неуроглија**  
(потпорне ћелије са бројним функцијама)

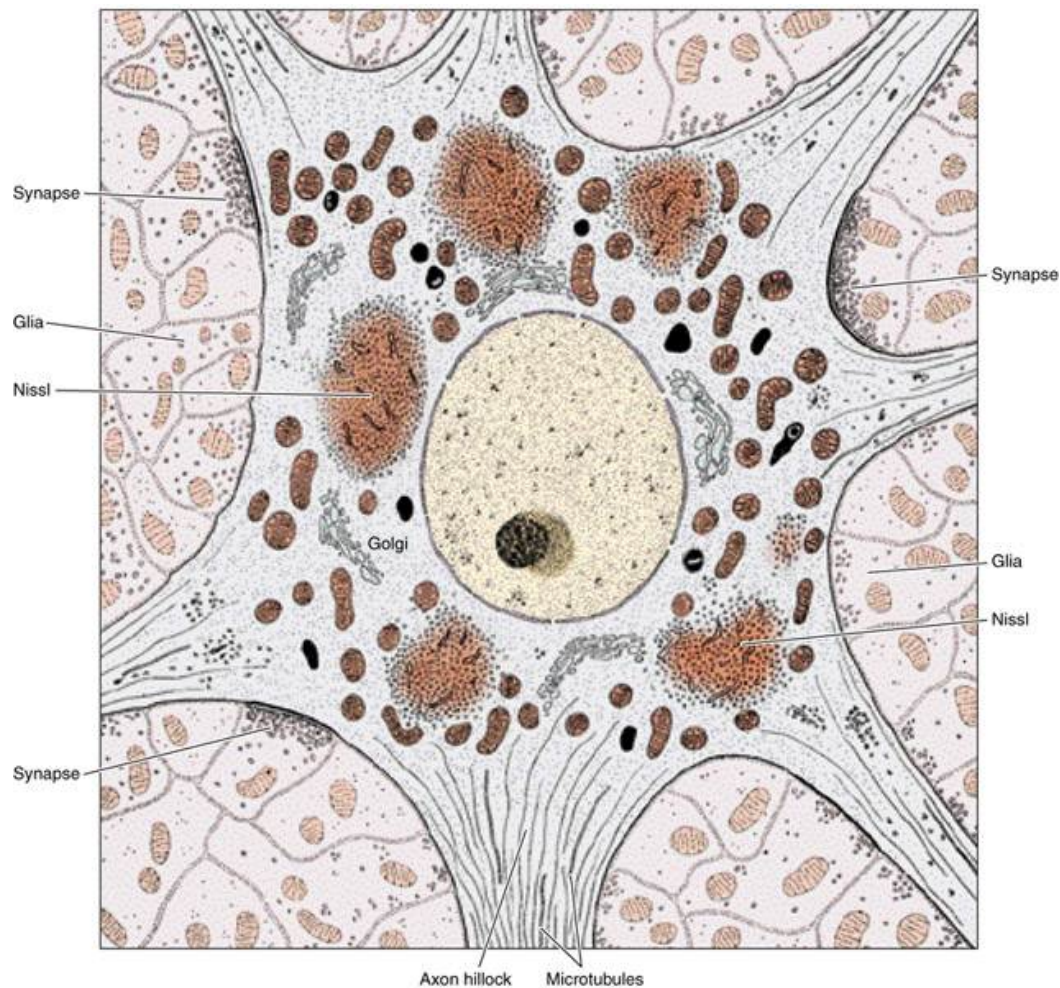
# Неурон

- **Неурон** је основна функционална јединица нервног ткива.
- Неурон поседује **тело** (сома, перикарион) и **два типа продужетака**:
  - **дендрити**  
(целулипетални продужеци)
  - **аксон**  
(целулифугалан продужетак)



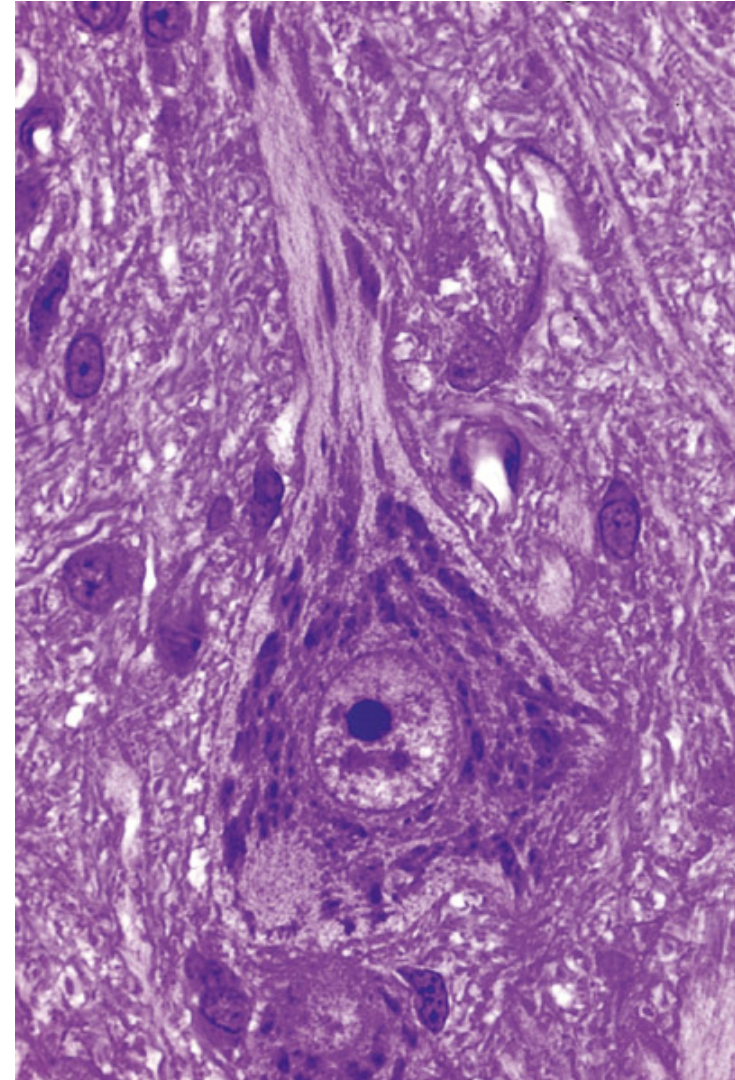
# Сома (перикарион) неурона

Сома представља  
**трофички и интегративни**  
центар неурона



# Перикарион - ултраструктура

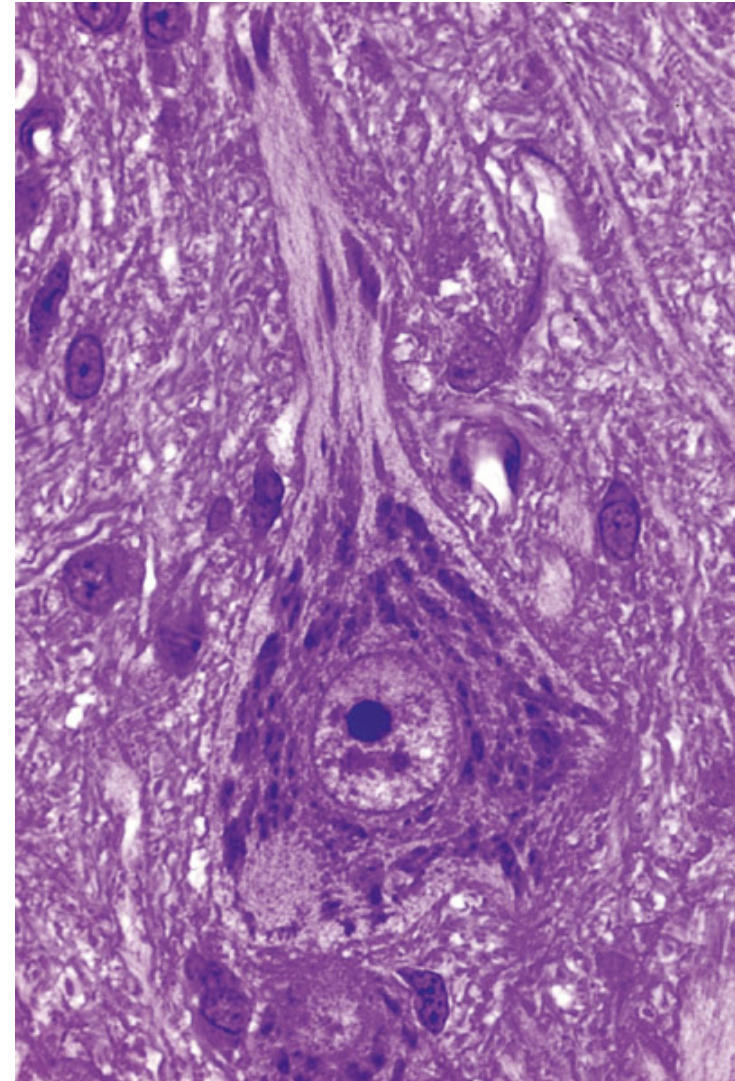
- У телу неурона смештени су **једро**, **органеле** и **инклузије**.
- Неурони садрже велики, **еухроматични нуклеус** са проминетним **нуклеолусом**.
- У цитоплазми се налазе накупине паралелно распоређених цистерни **ГрЕР** и слободних рибозома - **Нислова супстанца** или **тигроид**.
- **Нислова супстанца** заступљена је у свим деловима периакриона **осим у пределу Дајтерсове купе** (почетак аксона).





# Перикарион - ултраструктура

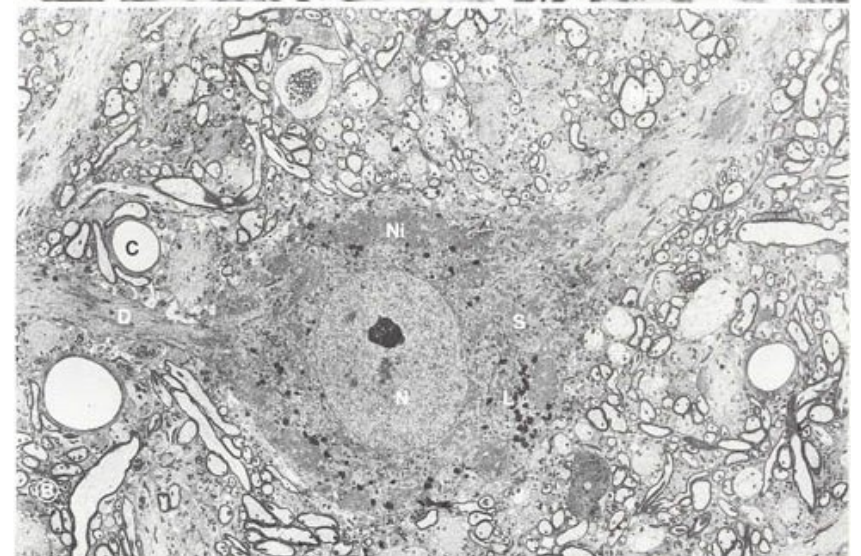
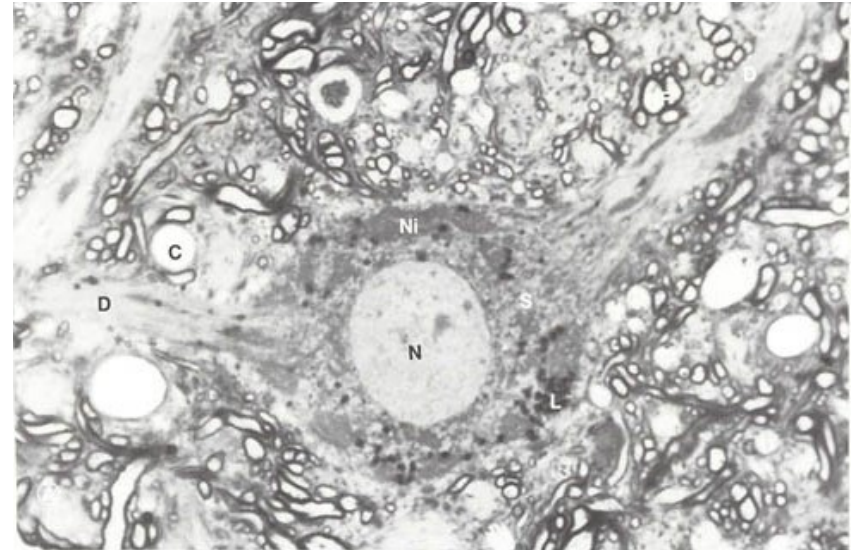
- У перикариону се налазе и:
  - добро развијен **Голџи апарат**
  - бројне **митохондрије**
  - **лизозоми**
  - пигменти **липофусцин** и **меланин**
- Од елемената цитоскелета, присутни су
  - **Микрофиламенти**
  - **Неурофиламенти**
  - **Микротубули**





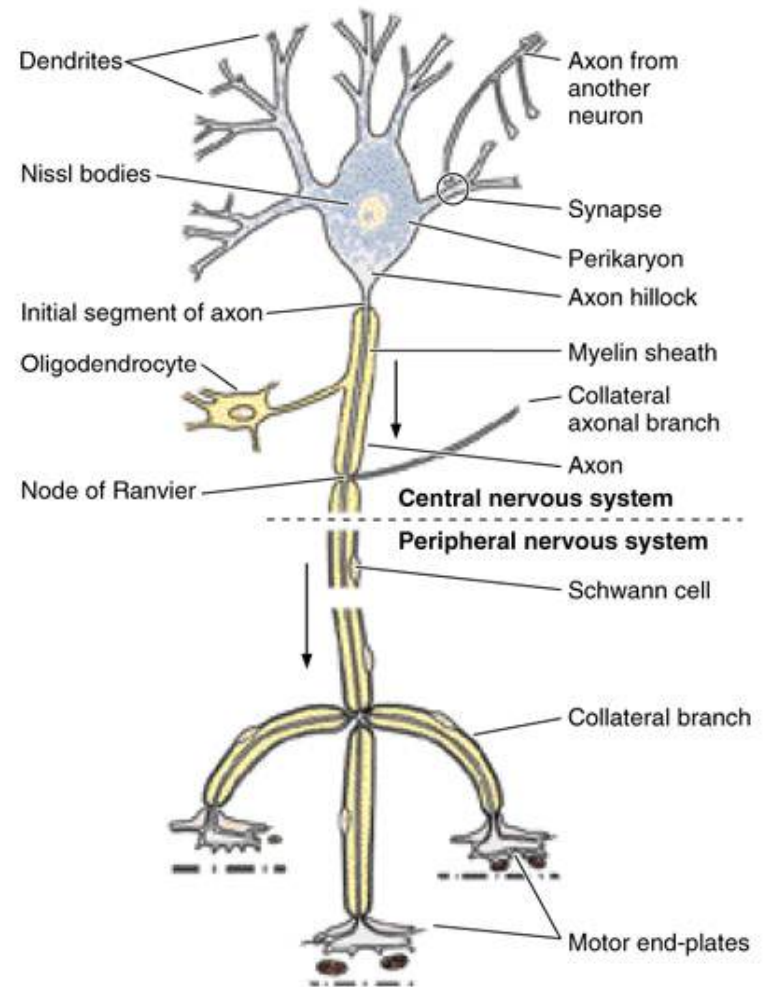
# Неурон

- **Неурон** (слике А и В).
- Светлосна и TEM фотомикрографија пресека кроз предњи рог кичмене мождине.
- **C** – капилар;
- **D** – дендрит моторног неурона;
- **L** – грануле липофусцина;
- **N** – нуклеус;
- **NF** – попречни пресек кроз мијелинизовано нервно влакно;
- **Ni** – Нислова супстанца;
- **S** – сома моторног неурона (фотографија и легенда [www.visualhistology.com](http://www.visualhistology.com)).



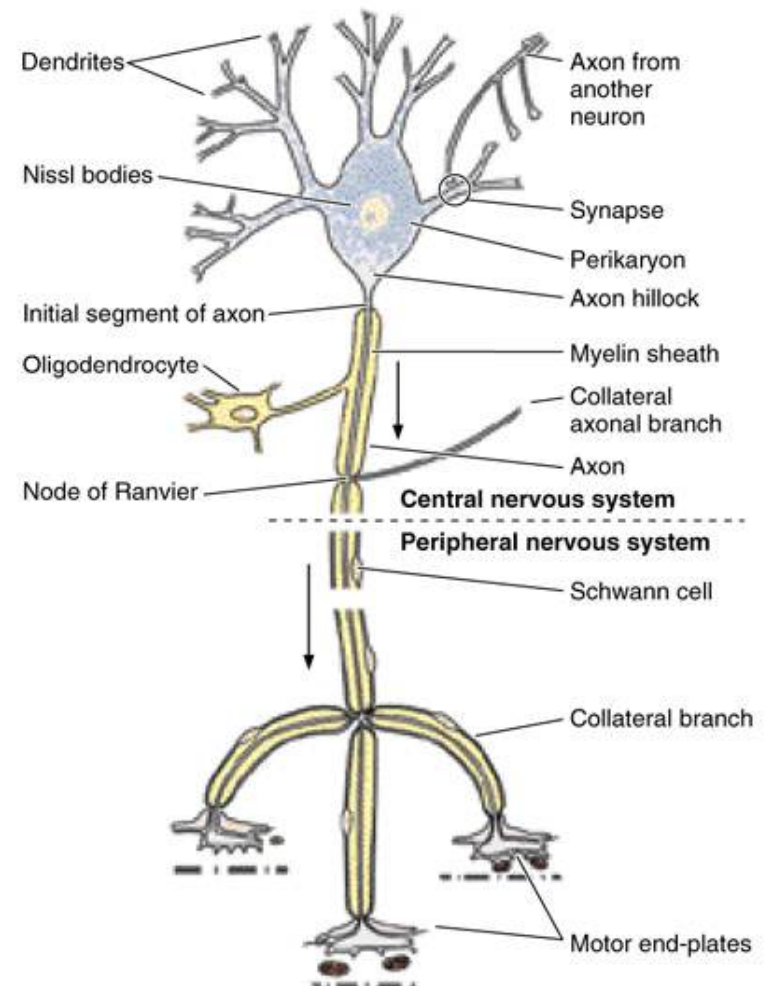
# Дендрити

- Дендрити су кратки, немијелинизовани продужеци који се гранају у близини перикариона.
- Преко дендрита неурон прима стимулусе.
- Број дендрита и њихов степен гранања одређени су типом неурона.
- Дендрити су најшири при својој бази на перикариону, а сваким гранањем се постепено сужавају.
- Посути су дендритским бодљама (спинама).
- У цитоплазми су присутне све органеле као и у перикариону.



# Аксон (неурит или нервно влакно)

- **Аксон** је најдужи продужетак неурона (и до 1м дужине).
- Почетак аксона у перикариону представља Дајтерсова купа (не садржи Нислову супстанцу ни Голџи апарат).
- Има уједначену дебљину целом дужином.
- Цитоплазма аксона назива се **аксоплазма**, а плазмалема – **аксолема**.
- У аксоплазми се налазе митохондрије, микротубули, микрофиламенти и ретки тубули **глЕР**-а.

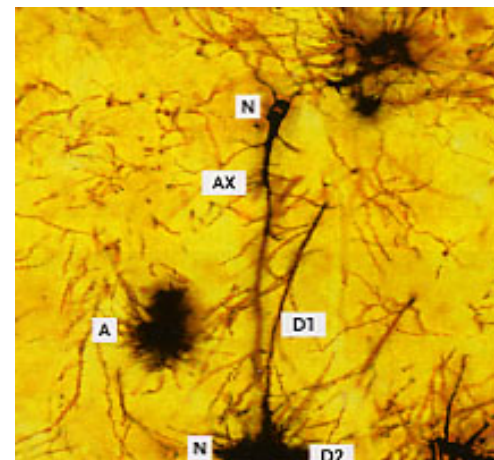
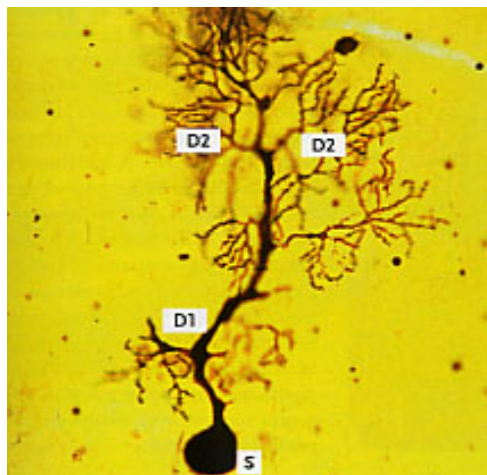
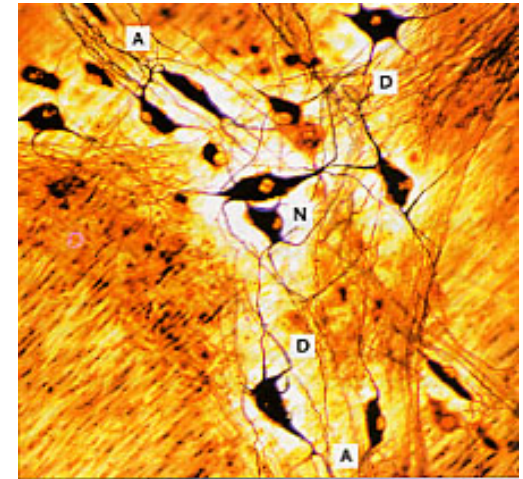
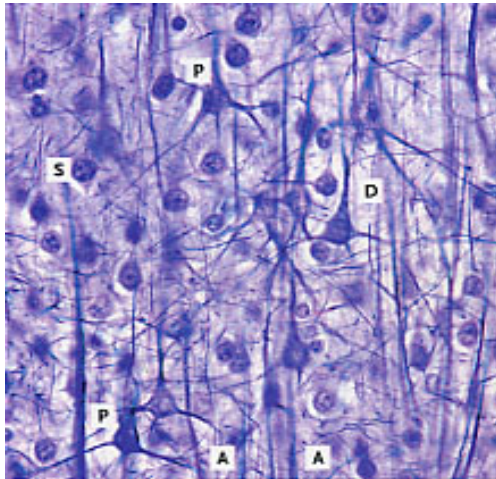
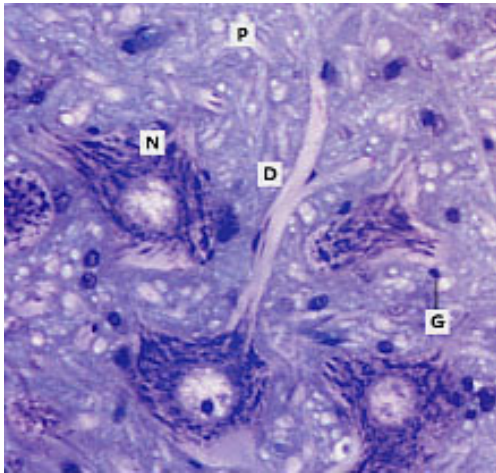


# Класификација неурона

- Неурони могу да се класификују на различите начине:
  - **према облику перикариона**
  - **према функцији**
  - **према дужини аксона или**
  - **према броју продужетака**
- **Према облику перикариона**, неурони се деле на
  - сферичне
  - овалне
  - пирамидалне
  - звездасте (стелатне)
  - вретенасте (фузиформне)
  - зрнасте (гранулозне)
  - корпасте (котарасте)
  - крушкасте итд.



# Класификација према облику перикариона





# Класификација према функцији

- Према функцији, неурони се деле на:

- **Сензорне (аферентне)**

- Детектују различите дражи и преносе надражај до центара у ЦНС-у.

- **Моторне (еферентне)**

- Преносе информације из ЦНС-а до ефекторних (мишићних, жлезданих) ћелија.

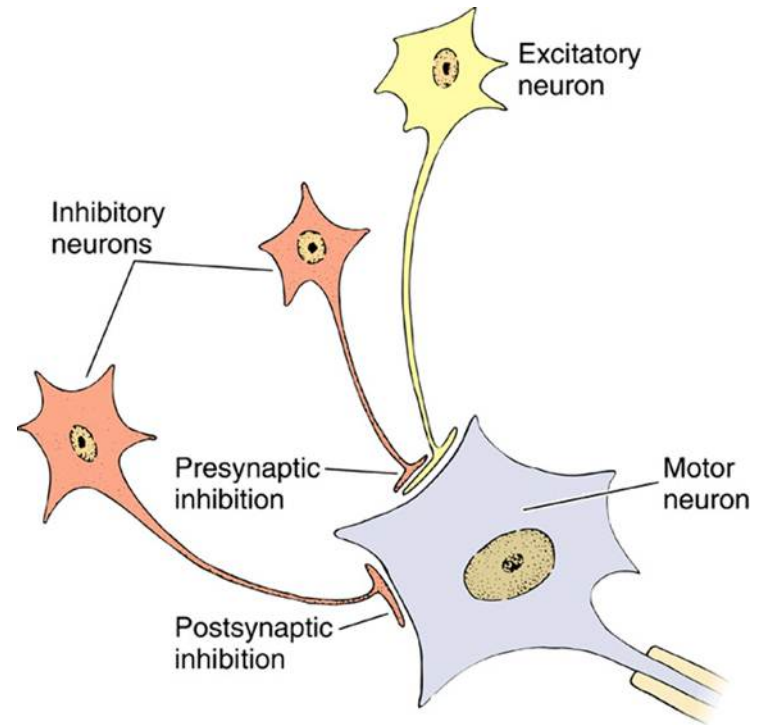
- **Интернеуроне**

- Повезују сензорне и моторне неуроне у јединствену мрежу.

- Процентуално, највећи део нервних ћелија припада интернеуронима.

# Класификација према дужини аксона

- Према дужини аксона, неурони се деле на:
- **Голџи тип I**  
(Главни неурони, дугоаксонски)  
Улазе у састав трактуса у мозгу или кичменој мождини или улазе у састав кичмених и можданих живаца.
- **Голџи тип II**  
(Интернеурони, краткоаксонски)  
Имају ситно тело и кратак аксон који се завршава недалеко од перикариона.



# Класификација према броју продужетака

- Према броју продужетака, неурони могу да буду:

- **Униполарни**

- Само један продужетак – пример: амакрине ћелије

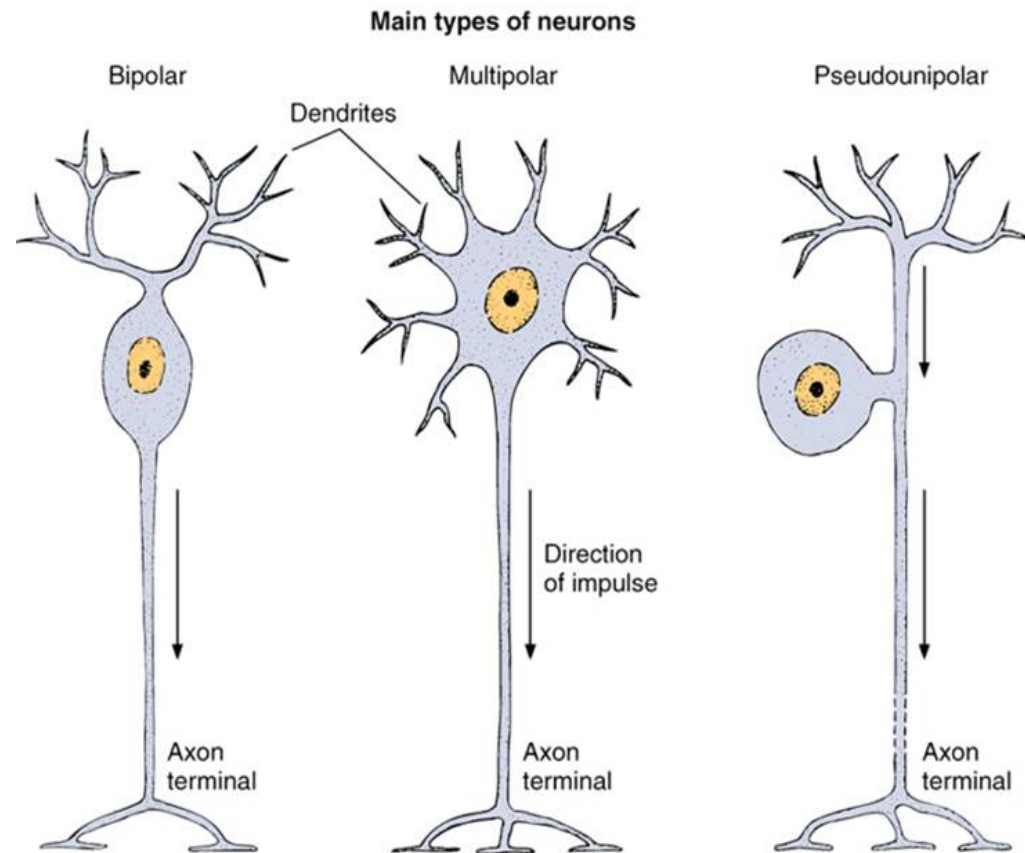
- **Биполарни**

- Један аксон и један дендрит – налазе се ретини, олфакторном епителу, спиралном и вестибуларном ганглиону

- **Псеудоуниполарни**

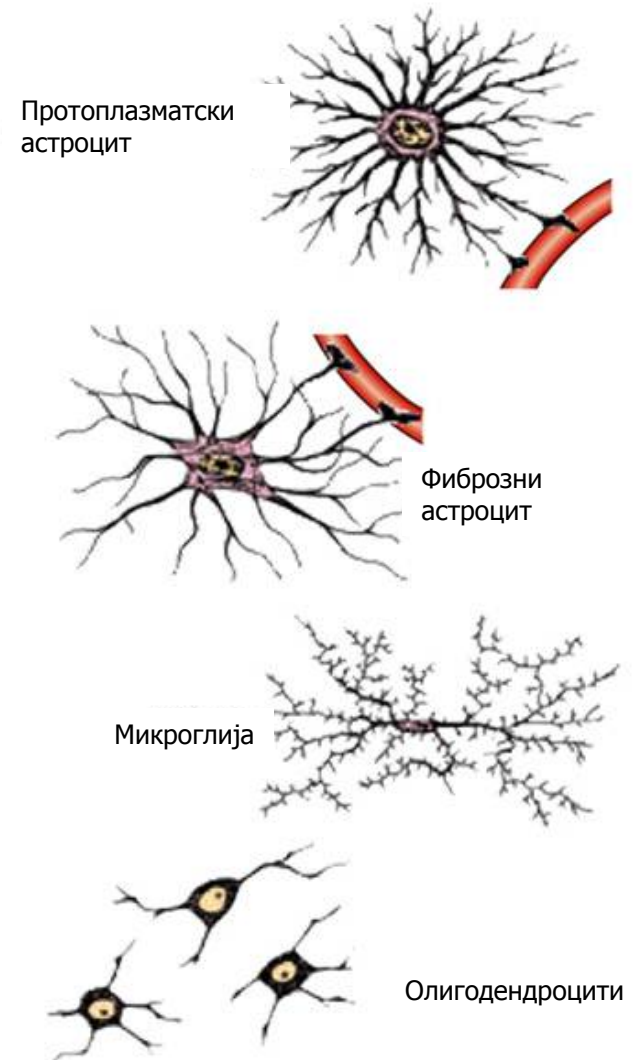
- Настају од биполарних спајањем стабала дендрита и аксона – налазе се у кранијалним и свим спиналним ганглијама.

- **Мултиполарни**



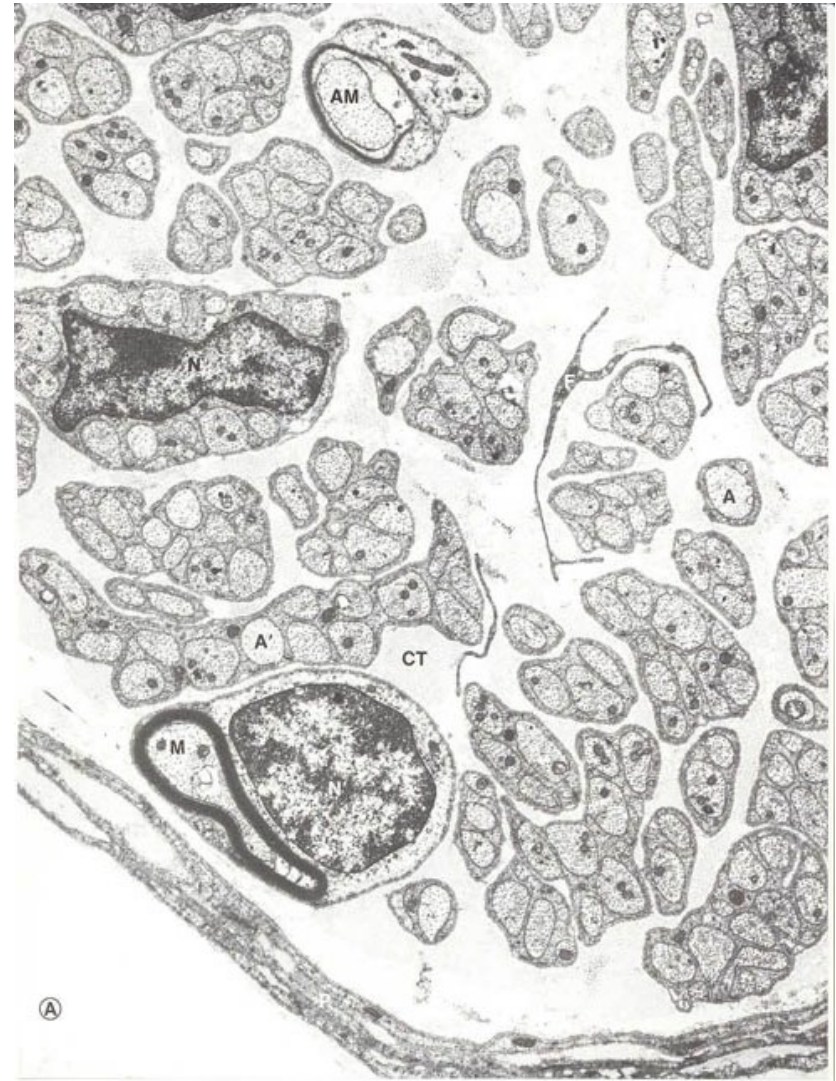
# Глија ћелије

- **Глија ћелије** (глиоцити, неуроглија) представљају потпорне ћелије централног и периферног нервног система. Деле се на:
  - **Периферне глија ћелије**
    - Шванове ћелије
    - сателитске ћелије
  - **Централне глија ћелије**
    - астроцити
      - фиброзни (бела маса)
      - протоплазматски (сива маса)
    - олигодендоцити
    - епендимоцити
    - микроглија



# Шванове ћелије – немијелинизовано нервно влакно

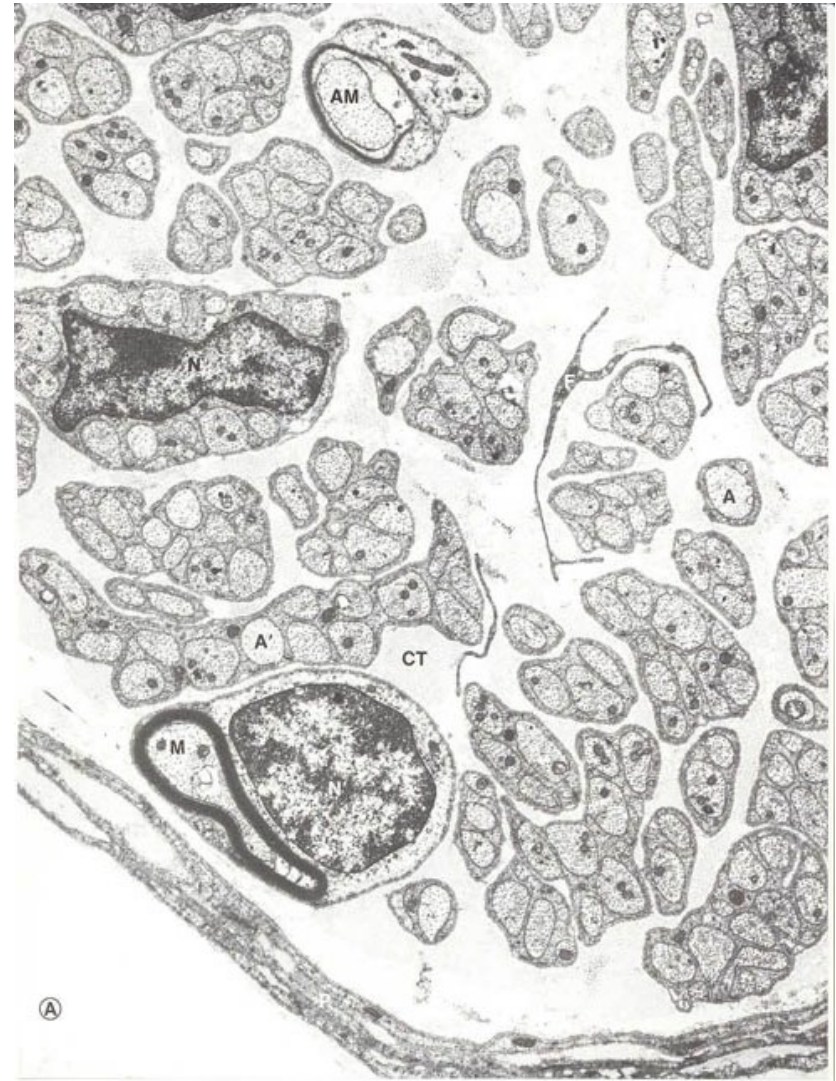
- **Шванове ћелије** обавијају аксоне нерава периферног нервног система.
- У зависности од начина обавијања Шванових ћелија, аксони се деле на **мијелинизоване** и **немијелинизоване**.
- Код **немијелизираних аксона**, Шванова ћелија само “једноструко” обавија аксон (А на слици).





# Шванове ћелије – немијелинизовано нервно влакно

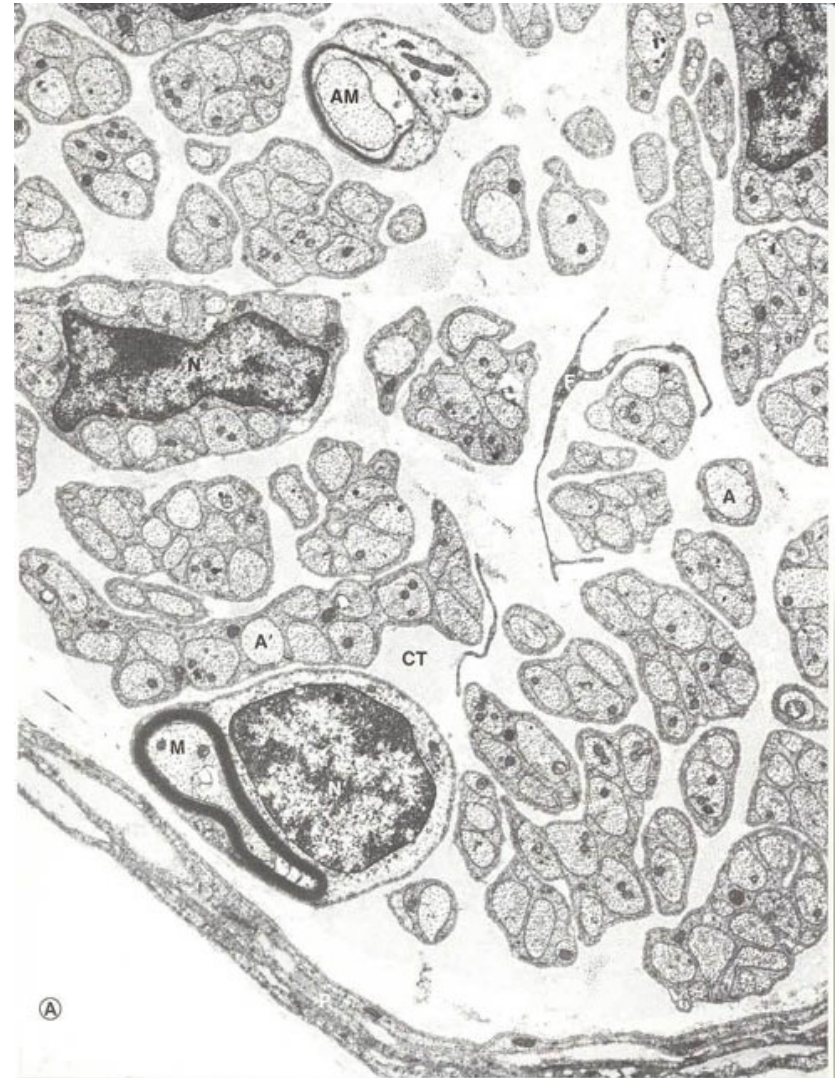
- Шванова ћелија може да обухвати и **већи број немијелинизованих аксона**.
- Они су тада смештени у цевастим удубљењима (жлебовима) којих у једној Швановој ћелији може да буде до 20 (A' на слици).
- У сваком жлебу може да се нађе **један или више аксона**, а понекад и читав аксонски сноп.



# Шванове ћелије – немијелинизовано нервно влакно

- **Немијелинизовано нервно влакно.**
- ТЕМ фотомикрографија попречног пресека малог периферног нерва.
- **A** – слободан немијелинизовани аксон обавијен једном Швановом ћелијом;
- **A'** – група немијелизованих аксона обавијених једном Швановом ћелијом;
- **AM** – аксон у процесу мијелинизације;
- **CT** – везивно ткиво ендонеуријума;
- **F** – фибробласт;
- **M** – мијелинизовани аксон;
- **N** – нуклеус Шванове ћелије која обухвата више немијелинизованих аксона;
- **N'** – нуклеус Шванове ћелије која обмотава један мијелинизовани аксон;
- **P** – перинеуријум

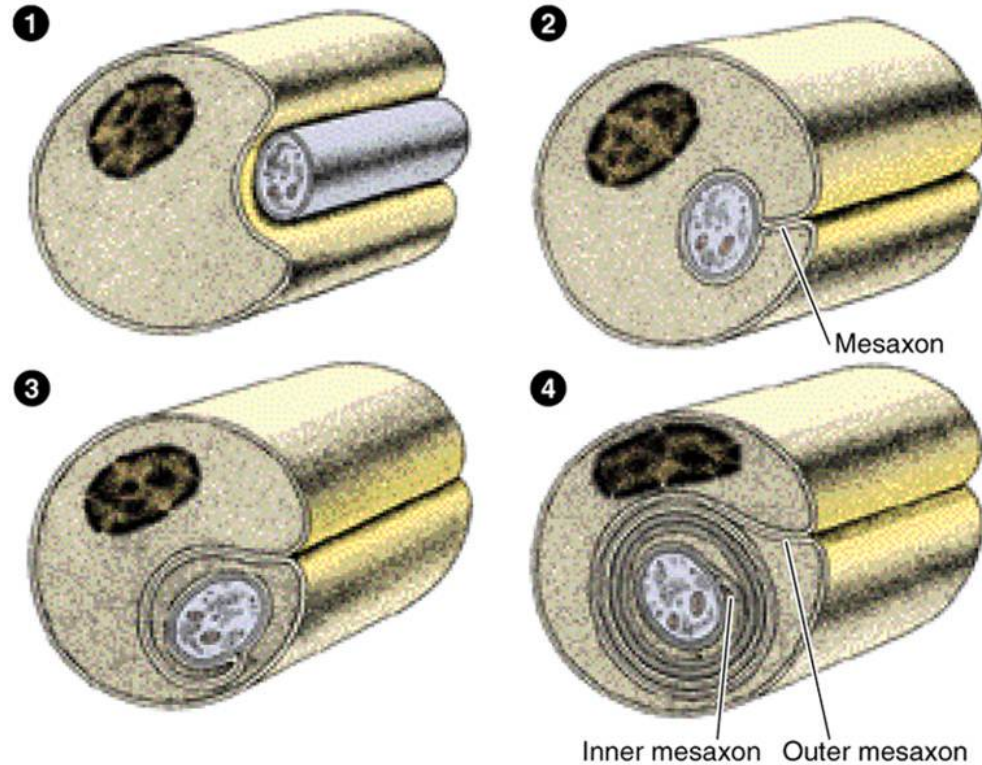
(фотографија и легенда  
[www.visualhistology.com](http://www.visualhistology.com)).





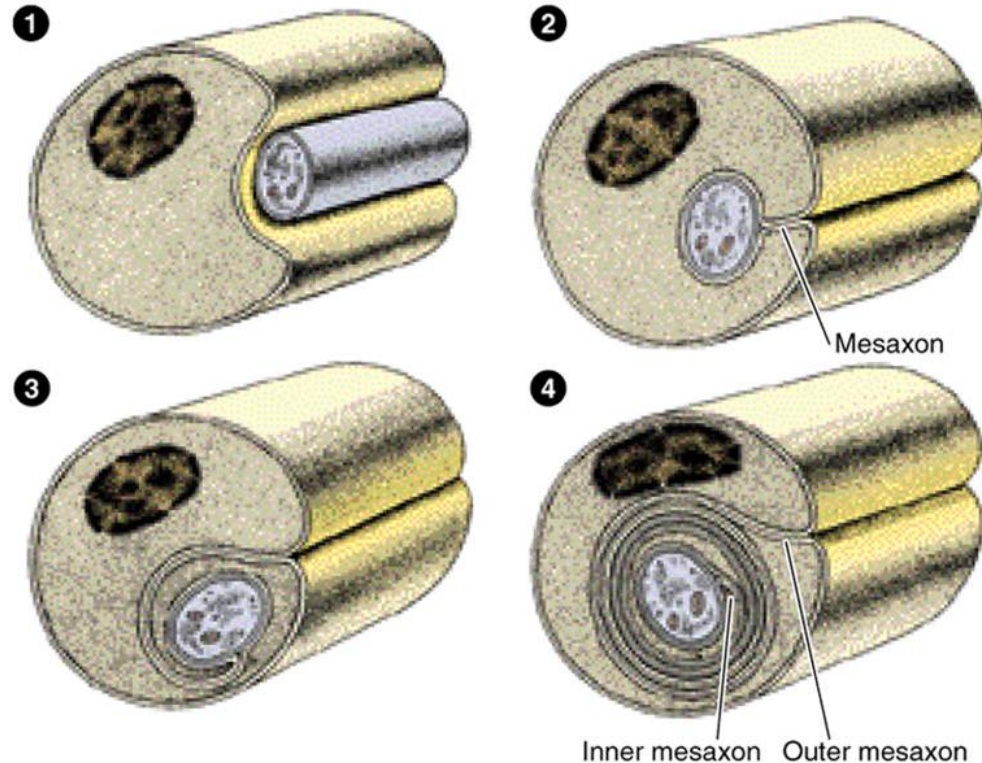
# Шванове ћелије – мијелинизовано нервно влакно

- Осим што обавијају немијелинизована нервна влакна, Шванове ћелије током ембриогенезе учествују и у стварању **мијелинског омотача** око будућих мијелинизованих аксона.
- Шванова ћелија “обгрљује” аксон док га потпуно не обухвати.
- Плазмалеме сучељених крајева Шванових ћелија приљубљују се једна уз другу.
- Узани интерцелуларни простор између њих назива се **мезаксон**.



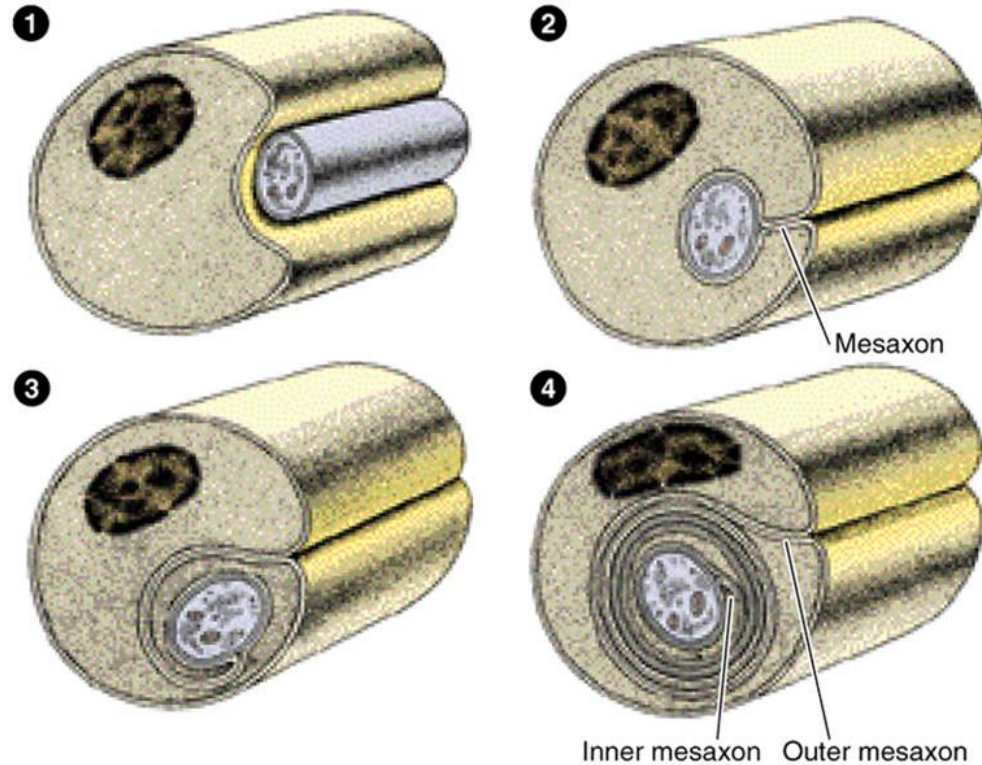
# Шванове ћелије – мијелинизовано нервно влакно

- Шванова ћелија наставља да се обмотава око аксона, истањујући своју цитоплазму.
- Цитоплазма се потискује ка периферији, док ламеле од истањене ћелијске мембране формирају **мијелински омотач**.
- Од првобитног мезаксона, формирају се **унутрашњи** и **спољашњи мезаксон**.



# Шванове ћелије – мијелинизовано нервно влакно

- Део цитоплазме је потиснут ка периферији (**спољашњи појас**), део је потиснут између аксона и мијелинског омотача (**унутрашњи појас**), а део остаје “заробљен” између ламела у виду острваца која се називају **Шмит-Лантерманови расцепи**.

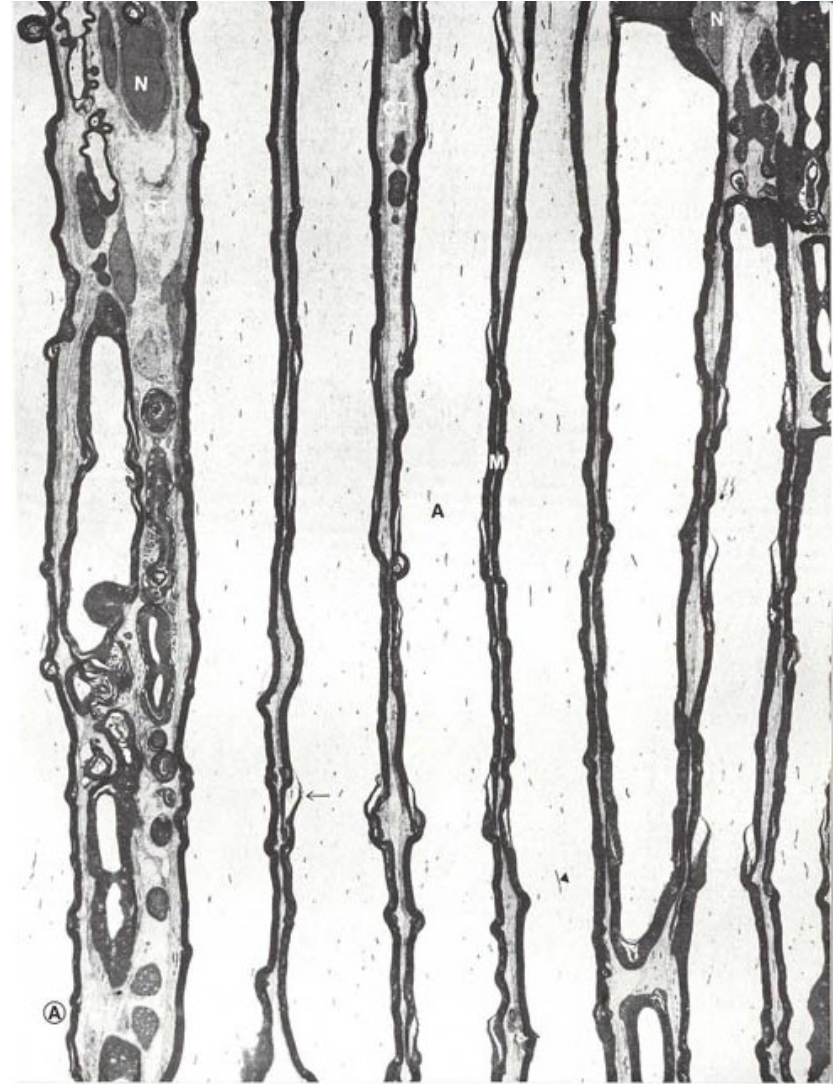




# Мијелински омотач

- **Мијелинизовано нервно влакно.**
- ТЕМ фотомикрографија дужног пресека кроз аксоне моторних неурона у периферном нерву.
- **А** – аксон;
- **СТ** – везивно ткиво ендонеуријума;
- **М** – мијелински омотач;
- **Н** – нуклеус Шванове ћелије;
- **звездица** – цитоплазма Шванове ћелије;
- **стрелица** – Шмит-Лантерманови расцепи;
- **врх стрелице** – митохондрије у аксоплазми

(фотографија и легенда  
[www.visualhistology.com](http://www.visualhistology.com)).



# Мијелински омотач

- Мијелинизација захвата читав аксон изузев његовог почетног сегмента и завршних гранчица које образују синапсе.
- Мијелински омотач је испрекидан на местима где се сустичу две суседне Шванове ћелије – **Ранвијеова сужења (чворови)**.
- Сегмент мијелина између два Ранвијеова чвора назива се **интернодусни сегмент** (одговара једној Швановој ћелији).



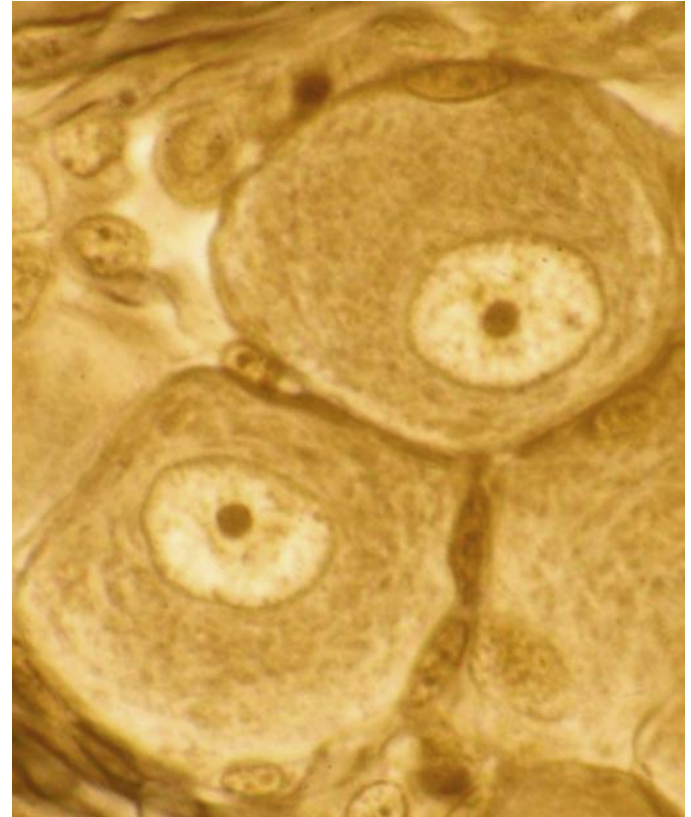
# Мијелински омотач

- У чворовима се налазе **волтаж-зависни  $\text{Na}^+$  канали** па се само на тим местима јавља **деполаризација**.
- Због тога акциони потенцијал “скаче” са чвора на чвор – **салтаторна кондукција** и брже спровођење импулса и до 50 пута у односу на немијелинизовани аксон.



# Сателитске ћелије

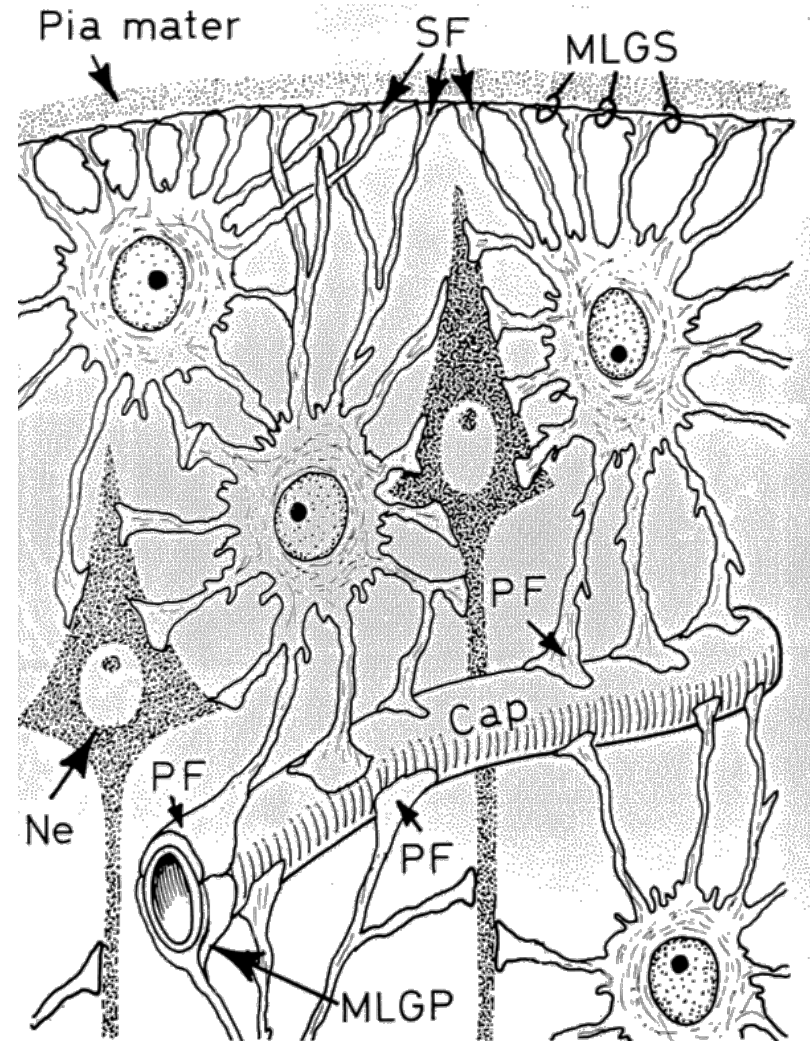
- **Сателитске ћелије** или **амфицити** окружују тела нервних ћелија у спиналним, церебралним и аутономним ганглијама.
- **Изољују ганглијске ћелије** од околног растреситог везивног ткива.
- Сплљоштеног су облика, са слабо развијеним органелама.
- Од околног ткива су одвојене **базалном ламином**.





# Астроцити

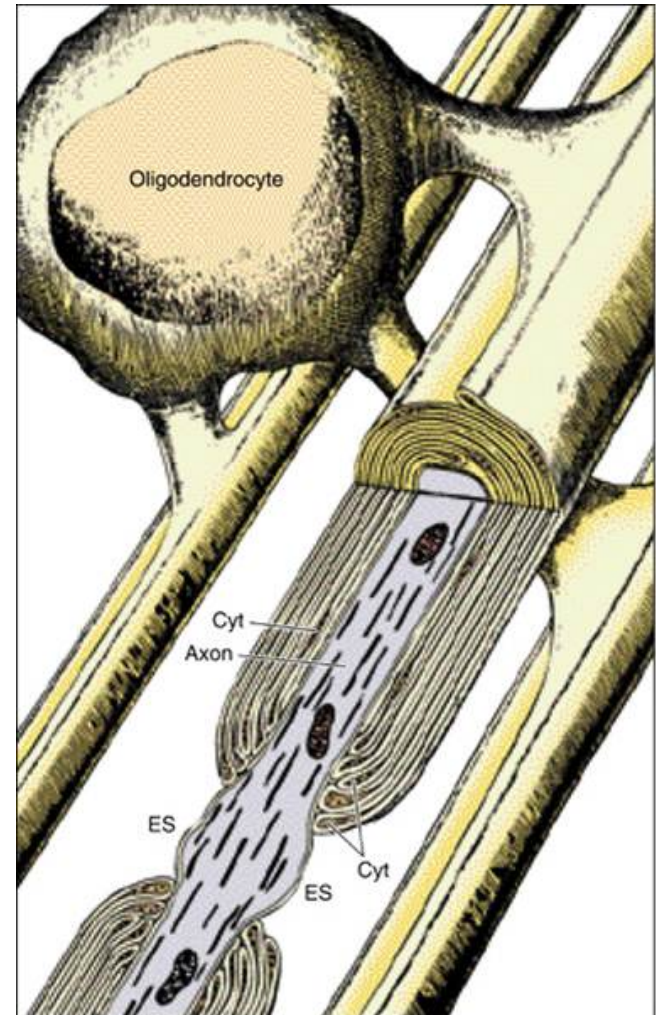
- **Астроцити** су ћелије **звездастог облика** са великим, овалним, претежно еухроматичним једром.
- Од тела полазе **бројни продужеци** који се пружају према:
  - телу и продужецима **неурона**
  - **крвним судовима** (*membrana limitans gliae perivascularis* – део хематоенцефалне баријере)
  - **површини мозга** (*membrana limitans gliae superficialis*)





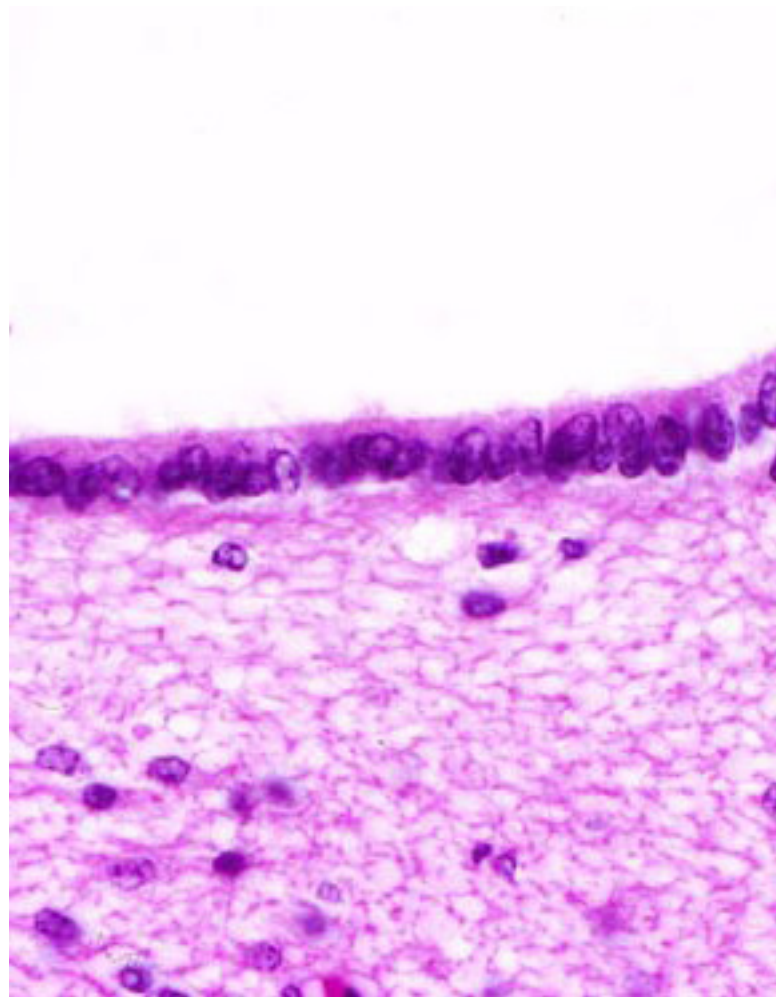
# Олигодендроцити

- **Олигодендроцити** формирају **мијелински омотач** нерава у **ЦНС-у**.
- Ситније су ћелије од астроцита.
- Поседују округло тело и неколико продужетака.
- Продужеци се пружају ка суседним аксонима и обмотавају их, попут Шванових ћелија око аксона периферних нерава.



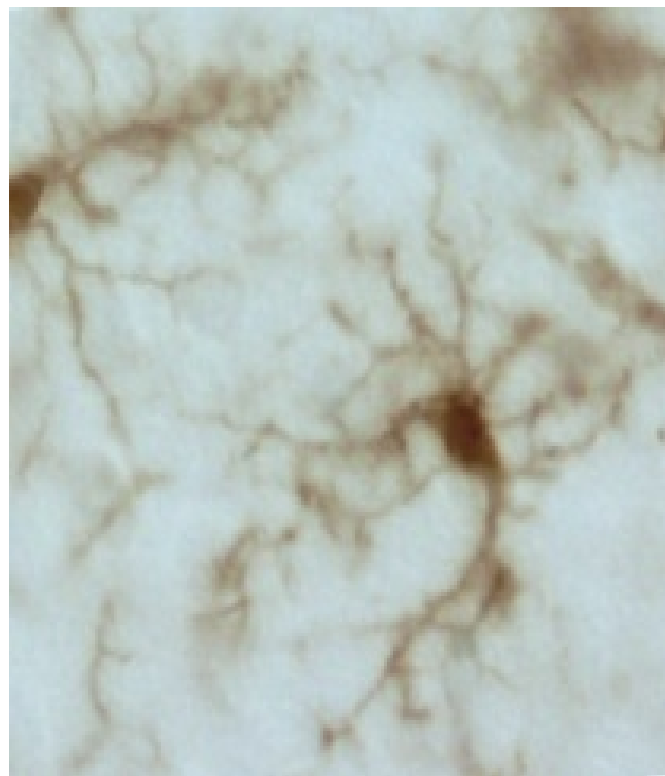
# Епендимоцити

- **Епендимне ћелије** облажу коморе и канале мозга и централни канал кичмене мождине.
- Поређане су **у једном слоју**, **коцкастог** су или цилиндричног облика.
- Подсећају на епител, али **не поседују базалну ламину**.
- На апикалној површини поседују микровиле, на латералним одељцима поседују нексусе и дезмосоме.
- Модификовани **епендимоцити хороидног плексуса** поседују оклудентне везе и **производе цереброспиналну течност**.



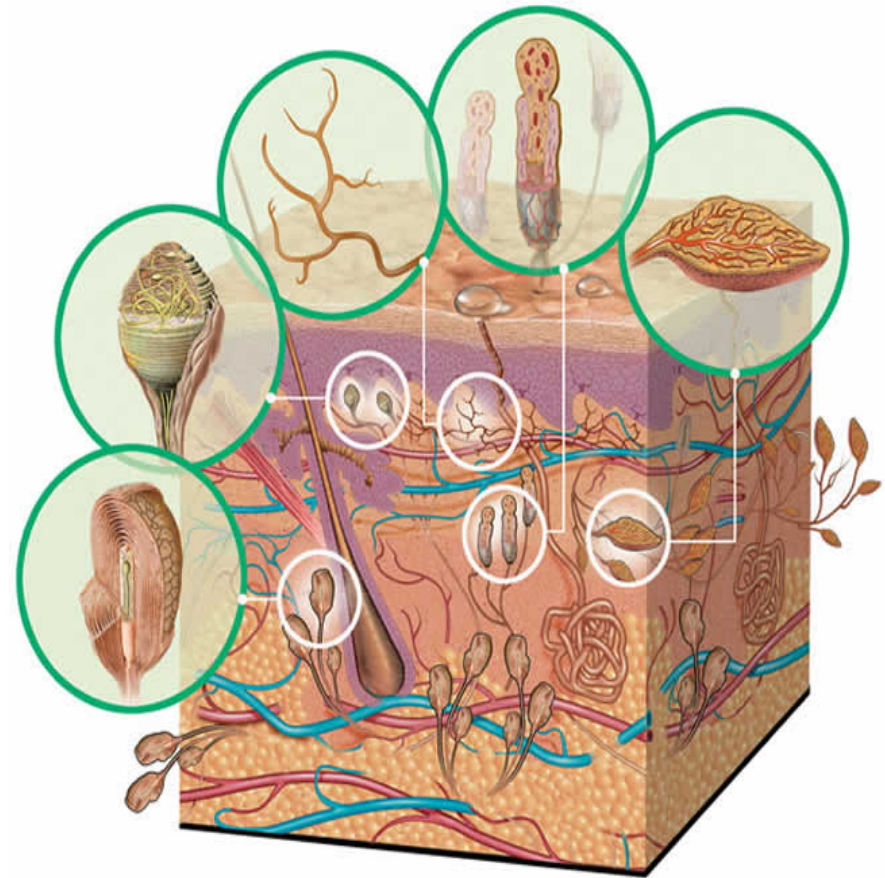
# Микроглија

- Ћелије **микроглије** су најситније и најмање бројне глијалне ћелије.
- Представљају део моноклеусног фагоцитног система – **мождани макрофаги**.
- Поседују оскудну цитоплазму и велики број продужетака са бројним трнастим израштајима.



# Нервни завршеци

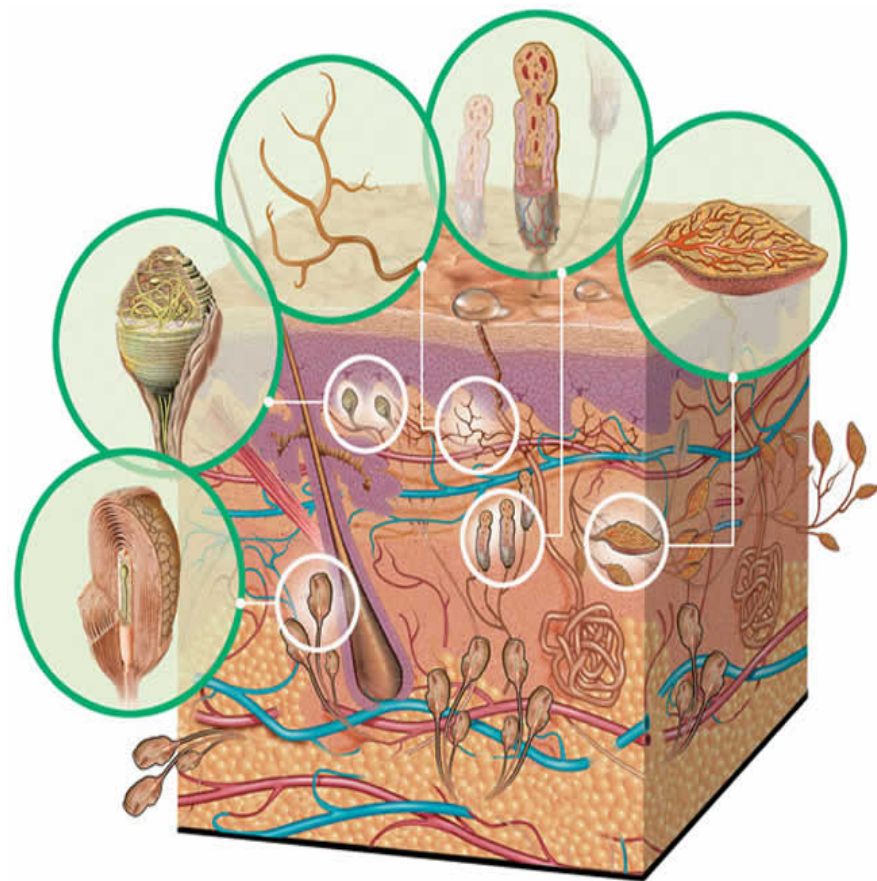
- Нервна влакна се завршавају гранањем у епителном, везивном и мишићном ткиву.
- Нервни завршеци могу да буду **еферентни** (ефекторни) или **аферентни** (механо-, термо-, хемо-, фоторецептори...)
- **Аферентни** нервни завршеци могу да буду **слободни** (аферентне гранчице немијелинизованих нервних влакана свуда по телу) или **инкапсулирани**.





# Инкапсулирани нервни завршеци

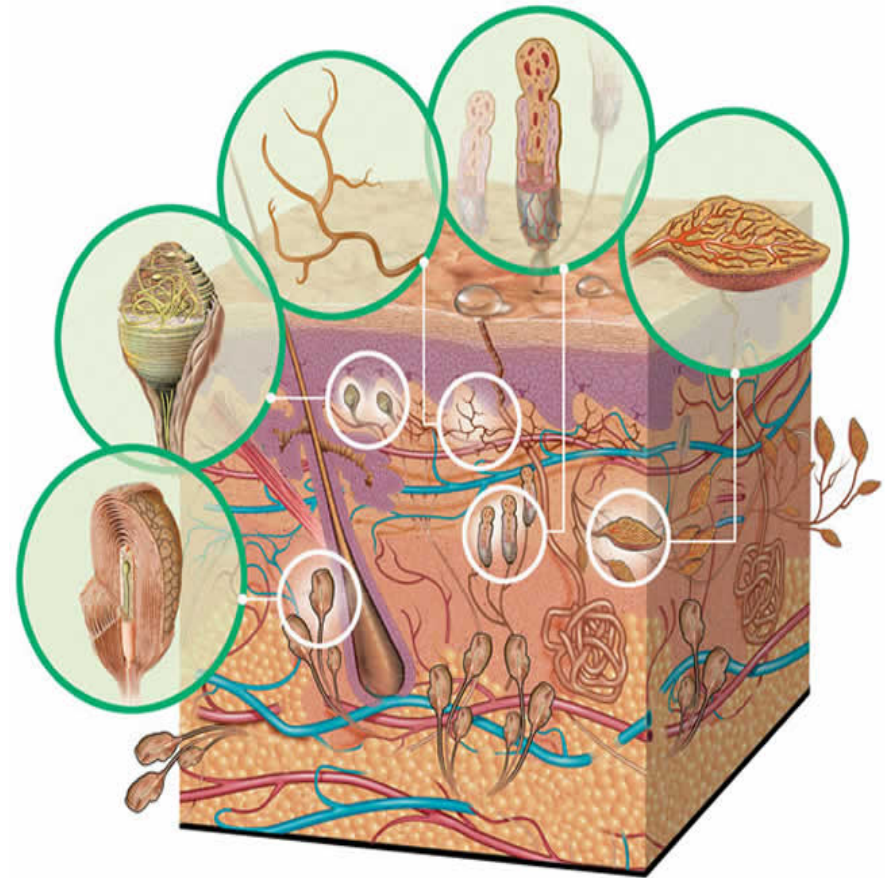
- **Инкапсулирани нервни завршеци** представљају **телашца** различите величине, облика и структуре, која поседују **везивно-ткивну капсулу**.
- **Фатер-Пачинијеви корпускули** су брзоадаптирајући механорецептори који региструју дубоки притисак и вибрације.
- Налазе се дубоко у дерму или хиподерму, периосту и строми појединих органа.
- Састоје се из нервног завршетка, спољашњег и унутрашњег булбуса и капсуле.





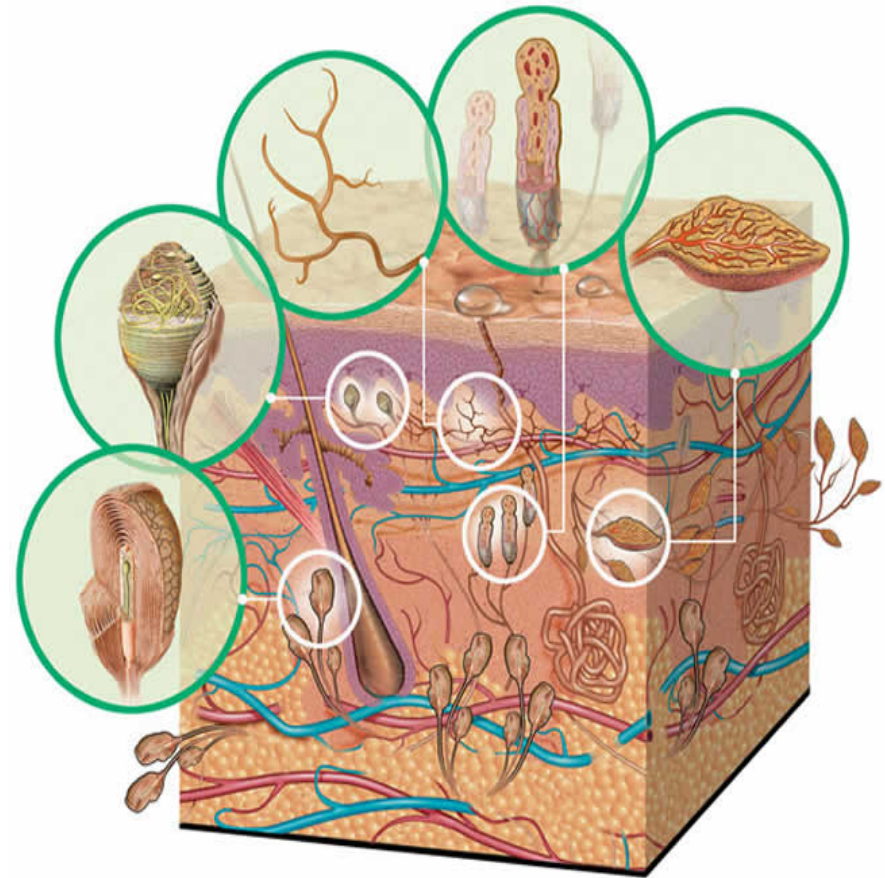
# Инкапсулирани нервни завршеци

- **Мајснерови корпускули** су брзоадаптирајући механорецептори локализовани у дермалним папилама коже усана, врхова прстију и спољашњих гениталија.
- Састоје се из нервних завршетака, Шванових ћелија и капсуле.
- **Руфинијеви корпускули** су спороадаптирајући механорецептори у локализовани у дерму, хиподерму и зглобним чаурама.



# Инкапсулирани нервни завршеци

- Састоје се из капсуле у којој се налазе колагена и нервна влакна потопљена у ткивној течности.
- Вретенастог су облика.
- **Краузеови завршни органи** су терморецептори смештени у папиларном слоју дерма и слузници усне дупље.
- Састоје се из разгранатих нервних завршетака обавијених капсулом.
- Сферичног су облика.

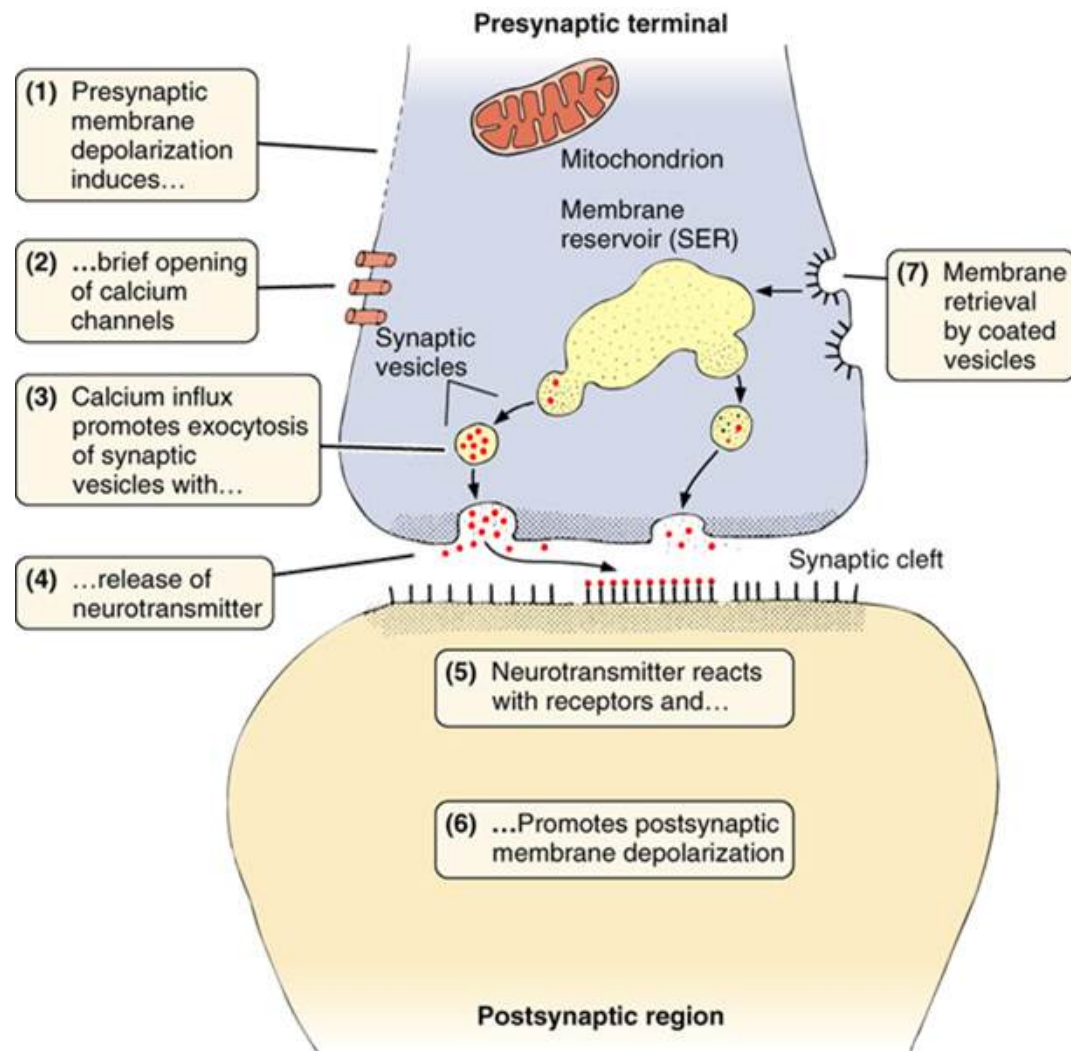


# Синапсе

- **Синапсе** су специјализовани међућелијски спојеви којима се нервни импулси преносе са једне ћелије на другу.
- Ћелија која предаје информацију (**пресинаптичка ћелија**) **увек је неурон**.
- Ћелија која прима сигнал (**постсинаптичка ћелија**) може да буде **неурон, жлездана или мишићна ћелија**.
- У зависности од механизма трансмисије сигнала, синапсе се деле на **електричне** и **хемијске**.
- **Електричне синапсе** су заступљене код бескичмењака, док се код сисара налазе само у неким деловима можданог стабла, у кори великог мозга и у мрежњачи.
- Овај тип синапсе не захтева присуство неуротрансмитера.

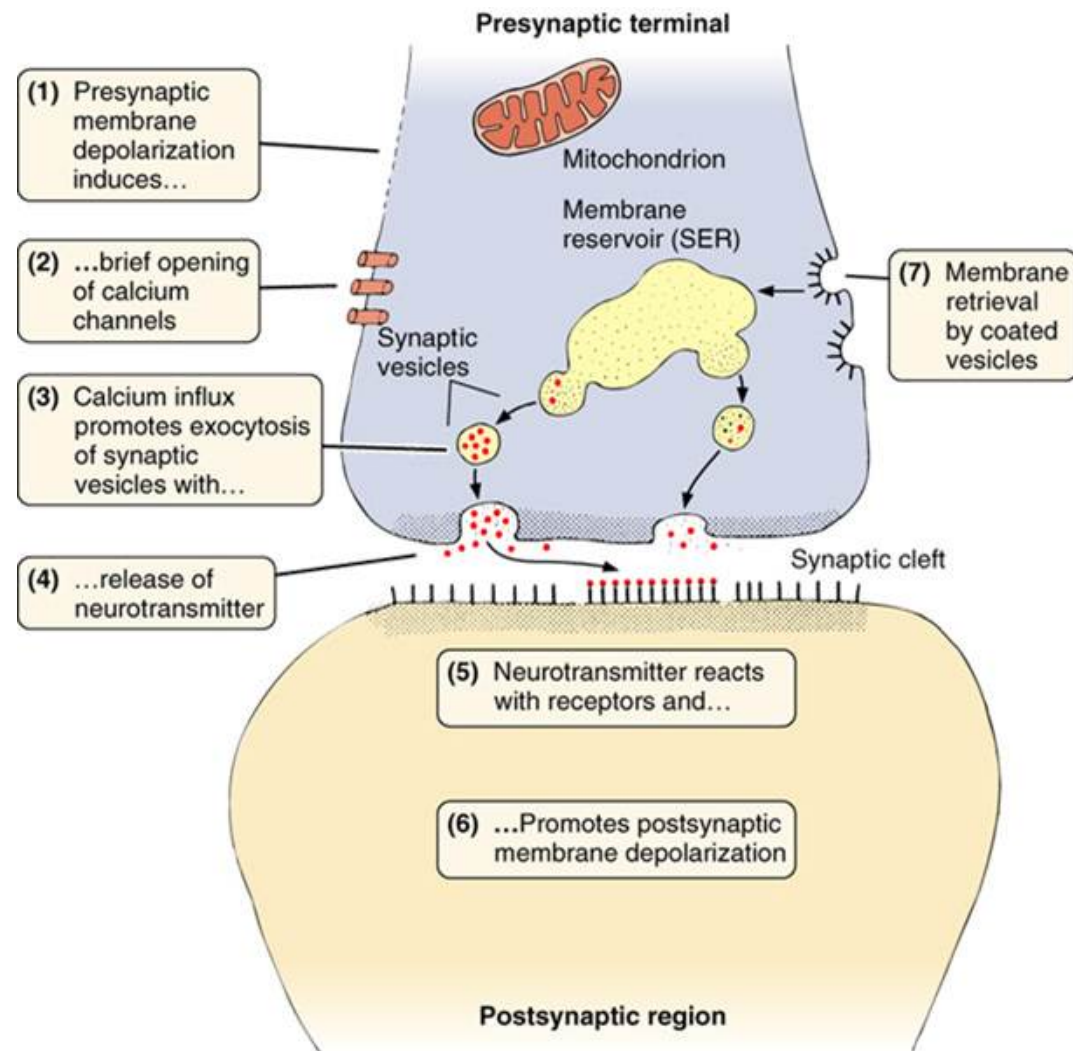
# Хемијске синапсе

- У **хемијским синапсама** комуникација између ћелија постиже се посредством **хемијских медијатора**.
- Преко хемијских синапси, неурони успостављају функционалне везе са другим неуронима (**интернеуронске синапсе**), жлезданим ћелијама (**неурогландуларне синапсе**) или са миоцитима (**неуромишићне синапсе**).



# Хемијске синапсе

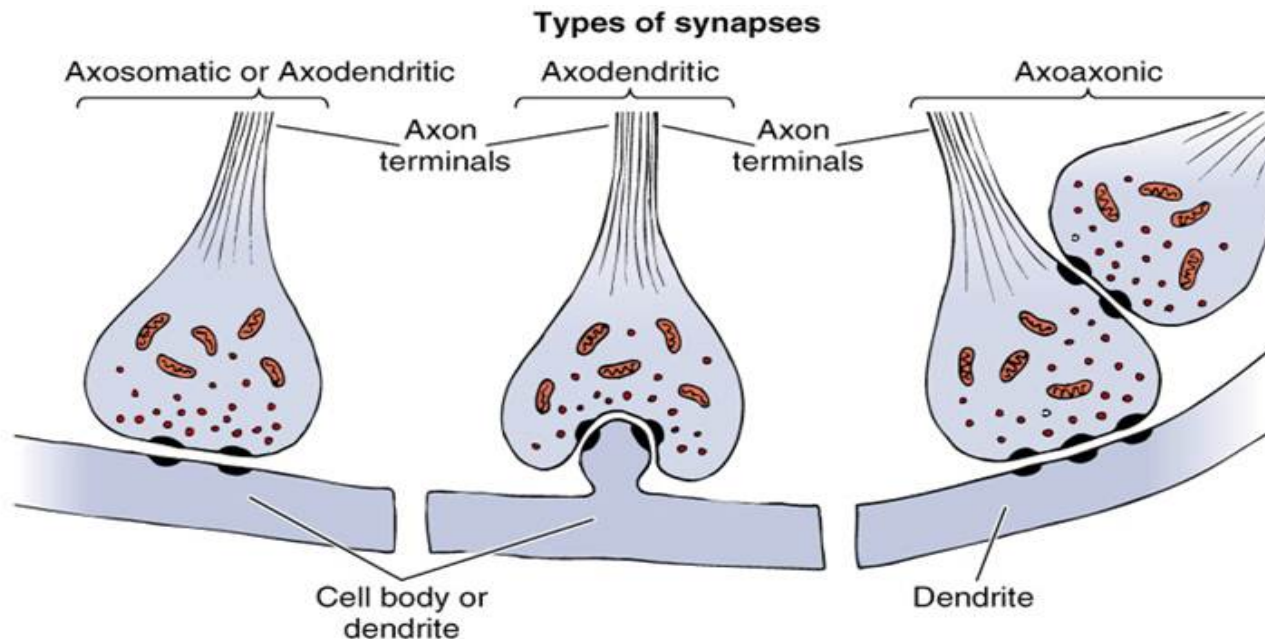
- Хемијска синапса састоји се из:
- **Синаптичког чвора** (завршетак пресинаптичког неурона)
- **Синаптичке пукотине**
- **Постсинаптичке мембране** (садржи рецепторе за одговарајуће трансмиторе)



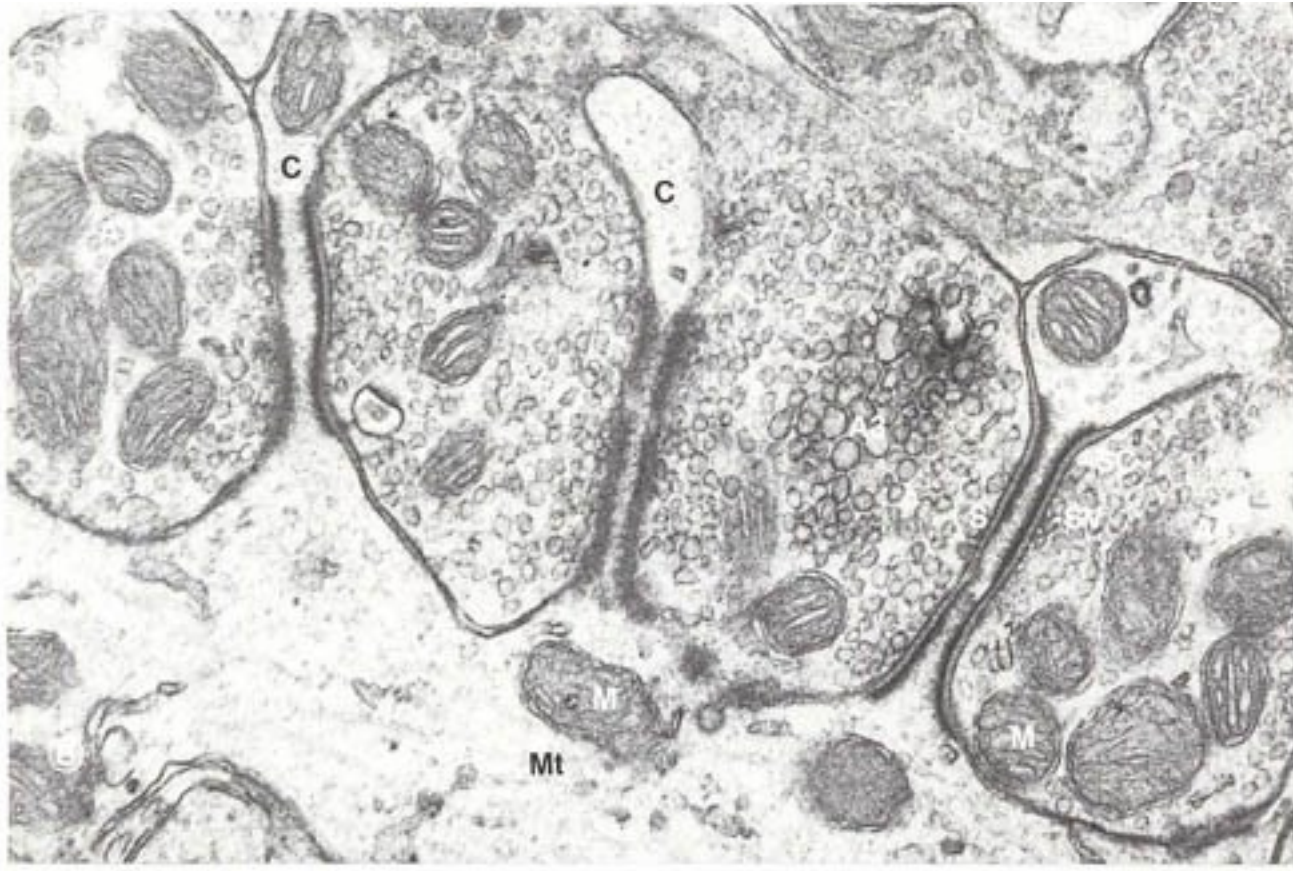


# Интернеуронске синапсе

- Код овог типа синапси, **пресинаптички неурон** готово увек учествује **аксоном**, а постсинаптички обично дендритима (**аксодендритска синапса**), ређе телом (**аксосоматска синапса**), а најређе аксоном (**аксоаксонска синапса**).
- Иако се ретко јављају, могуће су и **дендродендритске**, **дендросоматске** и **соматосоматске синапсе**.



# Синапсе (ТЕМ)



- ТЕМ фотомикрографија синапси у мозгу. **A1**, **A2**, **A3** и **A4** синаптички чворови различитих аксона; **C** – дендритска цитоплазма; **D** – дендрит; **M** – митохондрија; **Mt** – микротубул; **S** – синапса; **SC** – синаптичка пукотина; **Sv** – синаптичка везикула (courtesy of Dr. Tom Mehalick, [www.visualhistology.com](http://www.visualhistology.com)).