

DENETLEYİCİ ve DÜZENLEYİCİ SİSTEM

11. SINIF ÜNİTE, KONU, KAZANIM VE AÇIKLAMALARI

11.1. İnsan Fizyolojisi

11.1.1. Denetleyici ve Düzenleyici Sistem, Duyu Organları

11.1.1.1. Sinir sisteminin yapı, görev ve işleyişini açıklar.

- Sinir doku belirtilir. **Yapılarına göre nöron çeşitlerine girilmez.**
- İmpuls iletiminin elektriksel ve kimyasal olduğu vurgulanır.
- Sinir Sistemi merkezi ve çevresel sinir sistemi olarak verilir. Merkezi sinir sisteminin bölümlerinden beyin için; ön beyin (uç ve ara beyin), orta beyin ve arka beyin (pons, omurilik soğanı, beyincik) görevleri kısaca açıklanarak beyin alt yapı ve görevlerine girilmez. Omuriliğin görevleri ile refleks yayı açıklanır ve refleksin insan yaşamı için önemi vurgulanır.
- Çevresel sinir sisteminde, somatik ve otonom sinir sisteminin genel özellikleri verilir. **Sempatik ve parasempatik sinirler ayırımına girilmez.**
- Merkezi ve çevresel sinir sisteminin yapısı işlenirken görsel öğeler (fotoğraflar, resimler, çizimler, karikatürler vb.) ve grafik düzenleyiciler (kavram haritaları, zihin haritaları, şemalar vb.), e-öğrenme nesnesi ve uygulamalarından (animasyon, video, simülasyon, infografik, artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamaları vb.) yararlanılır.
- İbni Sina'nın insan fizyolojisi ile ilgili yaptığı çalışmalarına ilişkin okuma metni verilir.

DENETLEYİCİ ve DÜZENLEYİCİ SİSTEM

-Canlıların iç çevresi ile dış çevresi arasında iletişim kurulmasını ve canlının bütünlüğünün korunmasını sağlayan sisteme **denetleyici ve düzenleyici sistemler** denir.

- Denetleyici ve düzenleyici sistemler; sinir sistemi, duyu organları ve endokrin sistemden oluşur.
- Tüm sistemlerin amacı canlıda karalı bir iç denge yani homeostazisi sağlamak ve korumaktır.

- Sinir sistemi ve duyu organları ile değişen çevre şartlarına kısa sürede tepki gösterirken hormonlarla (endokrin sistem ile) oluşan tepkiler daha uzun sürede gerçekleşir.

Sinir Sisteminin Yapı, Görev ve İşleyişi

- İnsanlarda sinir sistemi iç ve dış ortamdaki gelen uyarıları alır.
- Canlıların çevresinde ışık, sıcaklık ve kimyasal maddeler gibi uyarıcı etkileri alan duyu organlarındaki özelleşmiş hücrelere **reseptör (alıcı hücreler)** denir.
- Uyarılar reseptör hücrede uyarının başlamasına neden olur.
- Bu uyarılar sinir hücrelerine iletilerek merkezi sinir sistemi organlarına (beyin ve omurilik) taşınır ve burada yorumlanır.
- Merkezi sinir sisteminde değerlendirilen uyarılara tepki oluşturan kas ve salgı bezi gibi organlara **efektör** denir.

Sinir doku nöron adı verilen sinir hücrelerinden ve glia denilen yardımcı hücrelerden oluşur.

-Glia (nöroglia): Nöronlardan daha fazla sayıda olan yardımcı hücrelerdir. Nöronların arasını doldurur. İnsanın yaşamı boyunca çoğalabilir.

Sinir Sistemindeki Glia hücrelerinin görevleri

- Nöronlara destek olmak.
- Sinir dokunun beslenmesi, solunumu ve onarımını sağlamak.
- Nöronların koruyucu kılıflarını oluşturmak. (Schwann hücreleri, nöronların aksonlarını saran ve miyelin kılıfı üreten bir çeşit glia hücreleridir.)
- Ortamdaki iyon konsantrasyonunu kontrol ederek nöronların metabolizmasını ve faaliyetlerini düzenlemek.
- Ara madde oluşumunu sağlamak.
- Mikroglia adı verilen hücreler ise merkezi sinir sistemini patojenlere ve hastalıklara karşı korurlar.

Glia çeşitleri		Yeri	İşlevleri
Mikroglialar		Merkezi Sinir Sistemi	Merkezi Sinir Sistemi'ni korumakla görevli savunma hücreleridir. Beyin içerisinde hareket edebilirler
Makroglialar	Astrostitler	Merkezi Sinir Sistemi	Yapısal olarak destek olur. Kan-beyin bariyerini oluşturur ve kandaki madde alışverişini sağlar. Sayısal olarak en çok olandır.
	Oligodendrositler	Merkezi Sinir Sistemi	Merkezi sinir sisteminde nöronlara miyelin kılıfı oluşturarak elektriksel yalıtım sağlar.
	Schwann hücreleri	Çevresel Sinir Sistemi	Çevresel sinir sisteminde nöronlara miyelin kılıfı oluşturarak elektriksel yalıtım sağlar. Ayrıca nöronların büyümesi sırasında ortaya çıkan artık maddeleri temizlemekle görevlidirler.
	Epindimal hücreler	Merkezi Sinir Sistemi	Beyin-omurilik sıvısı (BOS) dediğimiz sıvıyı salgılar, boşlukları örter.

UYARI! Merkezi sinir sisteminde bulunan nöronlarda miyelin kılıf oligodendrosit, çevresel sinirlerde ise schwann hücreleri tarafından oluşturulur.

SORU 1. (2018-AYT/Fen Bilimleri)

İnsan sinir sistemindeki impuls oluşumu ve iletimiyle ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi **yanlıştır**?

- Sinir hücrelerindeki impuls oluşumu, sodyum ve potasyum iyonlarının hücre zarında yarattığı kimyasal ve elektriksel değişimdir.
- Bir uyarının, sinir hücrelerinde impuls oluşturabilmesi için en azından eşik değere ulaşması gerekir.
- Eşik değer veya üzerindeki uyarılara nöronlar aynı şiddette cevap verir.
- Akson üzerindeki Ranvier boğum sayısı ve akson çapı impuls iletim hızını etkilemez.
- Dinlenme hâlindeki bir nöronun içindeki ve dışındaki iyon derişimi farklıdır.

SORU 2. İnsan sinir isteminde bulunan glia hücreleri ile ilgili olarak hangisi **söylenemez**?

- Sayıları nöronlardan fazladır.
- Sinir dokunun beslenmesi, solunumu ve onarımını sağlarlar.
- Nöronlar gibi bölünme yeteneklerini kaybederler.
- Bazı çeşitlerinden beyin-omurilik sıvısı (BOS) salgılanabilir.
- Bazı çeşitleri koruyucu kılıf oluşturabilirler.

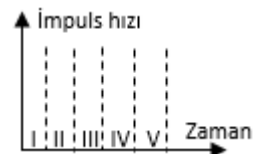
SORU 3. Bir impulsun alınması ile değerlendirme sürecinden sonra gerekli tepkinin verilmesi şeklinde sonuçlanan olaylarda görevli yapılar aşağıda verilmiştir.

- Efektör (tepki) organ
 - Ara nöron
 - Duyu nöronu
 - Motor nöronu
 - Reseptör (duyu) organ
- bu yapıların görev yapma sırasını yazınız.**
-

SORU 4. Aşağıdaki grafikte bir sinir teline belli aralıklarla gönderilen uyarıların değerleri verilmiştir.



Buna göre impuls iletim hızının zamana bağlı değişim grafiğini (aşağıdaki boş grafiğe) çiziniz.



SORU 5. Aşağıdaki tabloda insana ait bazı nöronların özellikleri verilmiştir.

Nöron	Akson çapı	Ranvier boğum sayısı
A	8	4
Y	4	0
T	8	2

Buna göre üçünü de uyabilecek eşik değer üzerinde bir uyarı verildiğinde impuls iletim hızının **çok olandan az olana doğru sıralanışını yazınız.**

BİRAZ AYRINTI YAPALIM

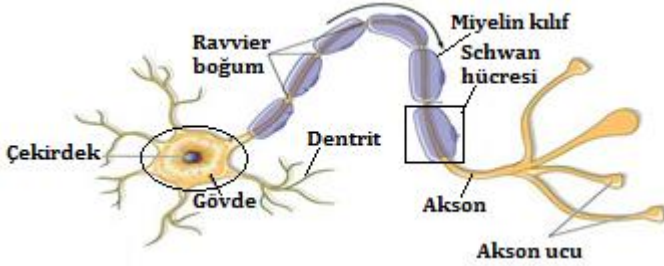
BAZI YÖNLERİ İLE NÖRON-GLİA KARŞILAŞTIRMASI

NÖRON	GLİA
Dendrit ve akson denilen iki farklı yapı ve fonksiyona sahip uzantı içerirler.	Tek tip uzantı içerirler.
Aksiyon potansiyeli oluşturabilirler.	Aksiyon potansiyeli oluşturamazlar.
Nörotransmitterlerin kullanıldığı sinapslar yapar.	Kimyasal sinapsları yoktur.
Nöronlar glia hücrelerine nazaran daha az sayıdadır.	Glia hücreleri nöronlara nazaran daha fazla sayıdadır (10-50 kat daha fazla).
Sinir sistemini oluşturan ana sinir hücreleridir.	Schwann hücreleri hariç, merkezi sinir sistemi'nde (beyin ve omurilikte) bulunurlar.
Tam özelleşmiş bir nöronun bölünemediği bilgisi halen geçerliliğini koruyor.	Bölünme yetenekleri yaşam boyu devam eder. Kendilerini yenileyebilirler.
Not: Son araştırmalarda olgun insan beyninde yeni nöronlar tespit edilmiş. Bu da beyinde bulunan kök hücrelerin bölünerek 1 nöron ve 1 kök hücresi oluşturması ile açıklanmıştır.	

Sinir Hücrelerinin (Nöronların) Yapısı

- Sinir hücresine **nöron** da denir.
- Nöronlar içten ve dıştan gelen uyarıları alma, değerlendirme ve oluşan cevapları kas ve bezlere iletme işlevini gerçekleştirir.
- Sinir hücresinin hücre zarına **nörolemma**, sitoplazmasına **nöroplazma** denir.

Bir nöron, hücre gövdesi, dendrit ve akson olmak üzere üç kısımdan oluşur.



Şekil: Bir nöron hücre gövdesi, dendritler ve aksondan oluşur.

a. Hücre gövdesi: Mitokondri, ribozom, endoplazmik retikulum gibi organellerin ve çekirdeğin bulunduğu kısımdır. İyi gelişmiş ve belirgin bir çekirdekçik içerir. Granüllü endoplazmik retikulumun bulunduğu, mikroskopta daha koyu renkli görülen bölgeler **Nissl cisimcikleri** olarak adlandırılır. Hücre gövdesinde ayrıca hücre iskeletinin elemanı olan nörofibriller bulunur.

Sinir hücrelerinde sentrozom bulunmaz ve sinir hücreleri bölünme yeteneklerini yitirmiştir.

b. Dendrit: Gövdeden çıkan çok sayıda ve kısa uzantılardır. Duyu hücrelerinden veya diğer nöronlardan gelen uyarıları alır ve hücre gövdesine iletir.

Dendritlerin çok sayıda olması, hücrelerin pek çok nörondan sinyal alma kapasitesini artırır.

c. Akson: Gövdeden gelen uyarıtı taşıyan ince, uzun tek olan uzantıdır. Aksonların sonlandığı ve dallanarak genişlediği bölge akson ucu olarak adlandırılır. Akson uçlarından bir nörondan diğerine ya da tepki organına uyarıların kimyasal yolla iletimini sağlayan ve nörotransmitter olarak tanımlanan maddeler salgılanır. Bu maddeler ile uyarılar diğer bir sinir hücresine veya tepki organına (efektöre) iletilir.

-Aksonların uzunluğu yaklaşık 1cm'den 1 m'ye kadar değişebilir. Örneğin omuriliği ayağa bağlayan aksonlar bir metreden daha uzundur.

-Aksonların sitoplazmasına **aksoplazma**, zarına ise **aksolemma** denir.

-Schwan (şivan) hücresi: Bazı nöronların aksonlarını saran ve miyelin kılıfı üreten bir çeşit glia hücreleridir.

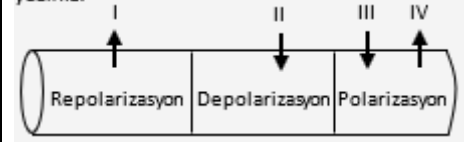
-Miyelin kılıf: Schwan (Şivan) hücreleri (oligodendrositler) in oluşturduğu akson etrafını saran kılıftır. Etrafında miyelin kılıf bulunan aksonlara **miyelinli aksonlar** denir.

-Miyelin kılıf aksonun elektriksel izolasyonunu sağlayarak uyarı iletimini hızlandırır. Bu yapı bakır elektrik tellerinin etrafını saran izolasyon tabakasına benzetilebilir. Örneğin miyelinli sinir hücrelerinde uyarı iletimi miyelinli hücrelere göre yaklaşık 10 kat kadar daha hızlıdır.

SORU 6. Bir insanda çevreden gelen bir uyarının alınması ve cevabın verilmesi sürecinde;

- Efektörlerin uyarılması
 - Reseptörlerin uyarılması
 - Uyarının ilgili merkezde değerlendirilmesi
 - Duyu nöronlarında impulsun oluşması
- olaylarının gerçekleşme sırasını yazınız.**

SORU 7. Aşağıda bir nöronda impuls iletimi sırasında yer değiştiren Na⁺ ve K⁺ iyonlarının yönü ok işaretleri ile gösterilmiştir. Buna göre ok yönünün gösterdiği ve numaralarla belirtilen yerlere gelmesi gereken iyonları yazınız.



SORU 8. (2006-ÖSS Fen-II)

Botoks, insanda uygulandığı bölgede sadece motor sinirlerdeki iletimi engellemek için kullanılan bir maddedir.

Buna göre, botoks, uygulandığı bölgede,

- uyarılardan alınarak merkezi sinir sistemine iletilmesi,
- tepki organında cevap oluşması,
- uyarılardan merkezi sinir sisteminde algılanması

işlevlerinden hangilerini engeller?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

SORU 9. (1983-ÖYS)

Bir sinir impulsunun elektriksel niteliğine ek olarak kimyasal niteliğinin de olduğunu aşağıdakilerden hangisi kanıtlar?

- A) Sinir boyunca impuls hızının değişmemesi
B) Bir uyarının birden fazla impuls oluşturması
C) Uyarının frekansının impuls sayısını etkilemesi
D) İmpuls sayısının tepki derecesini etkilemesi
E) İmpuls iletilirken oksijen ve enerji tüketilmesi

SORU 10. (1987-ÖYS)

Bir sinir hücresinde impuls iletilirken aşağıdaki olaylardan hangisi gerçekleşmez?

- A) Enerji harcanması
B) İletim hızının değişmesi
C) Kimyasal değişikliklerin olması
D) Isının açığa çıkması
E) Elektriksel yükün değişmesi

SORU 11. (2010 LYS)

Aşağıdaki tabloda çeşitli hayvan gruplarına ait K, L, M, N ve P olarak adlandırılan nöronların bazı özellikleri verilmiştir.

Nöron	Miyelin kılıf	Akson çapı (µm)
K	Yok	1
L	Yok	500
M	Var	5
N	Var	10
P	var	20

Tablodaki bilgilere göre K, L, M, N, ve P nöronlarının hangisinde impuls iletiminin en hızlı olması beklenir.

-Ranvier boğum: Miyelin kılıf, Schwann hücreleri arasında kesintiye uğrayarak boğumlar meydana getirir. Bu boğumlara Ranvier boğumları denir.

Sinirsel uyarılar, sadece miyelin kılıfın olmadığı ranvier boğumlarında oluşmakta ve bir aralıktan diğerine atlayarak iletilmektedir.

BİRAZ AYRINTI YAPALIM

BAZI YÖNLERİ İLE DENTRİT-AKSON KARŞILAŞTIRMASI

DENTRİT	AKSON
Nöron gövdesine bilgi getirirler	Nöron gövdesinden bilgi alırlar
Yüzeyleri düz değildir. (dendrik spinler)	Yüzeyleri düzdür.
Genellikle bir nöronda çok sayıda bulunur.	Hiç bir zaman bir nöronun birden fazla aksonu olmaz.
Miyelinleri yoktur.	Miyelinleri olabilir.
Nöron gövdesi yakınında dallanır.	Nöron gövdesinden uzakta dallanır.
Ribozomları vardır.	Ribozomları yoktur.

Görevlerine Göre Nöron Çeşitleri

1. Duyu nöronları (getirici nöronlar): iç ve dış çevreden aldığı uyarıları merkezî sinir sistemine iletir. Bu nöronların dendritleri alıcı hücrelerle, aksonları ise diğer nöronlarla bağlantılıdır.

2. Ara nöronlar (bağlayıcı nöronlar): Duyu nöronları ile motor nöronlar arasındaki bağlantıyı sağlar. Duyu nöronlarından gelen bilgileri değerlendirir ve oluşturduğu cevabı (tepkiyi) motor nöronlara iletir. Merkezî sinir sisteminde bulunur.

Ara nöronlar sadece merkezî sinir sisteminde (beyin ve omurilikte) bulunur.

3. Motor nöronlar (götürücü nöronlar): Merkezî sinir sisteminden aldığı uyarıyı kas ya da endokrin bez gibi efektör organlara taşır. Bu sebepten bunlara **götürücü sinirler** adı da verilir. Dendritleri diğer nöronlarla, aksonları ise tepki organlarıyla (örn: kas) bağlantılıdır.

Uyarı → Duyu organı → Duyu nöronu → Ara nöron → Motor nöron → Tepki organı (Efektör organ)

Şema: Uyarının nöronlar arasındaki ilerleyişi

Herhangi Bir Nöronun Görevini Yapamaz Hale Gelmesi Sonucunda Ortaya Çıkabilecek Olası Durumlar

-Sadece duyu nöronu zarar görmüş bir kişide; uyarı duyu organından merkezî sinir sistemine iletilmeyeceğinden kişinin eli yansa bile sıcaklık hissedilmez, ancak elini oynatmak isterse ara nöronlardan motor nöronlara uyarı verilip motor nöronlardan kasa uyarı iletileneceğinden elini oynatabilir.

-Lokal anestezi bu duruma örnek verilebilir: Elinde kesik oluşan bir kişi, kesğin lokal anestezi uygulanarak dikilmesi sırasında acıyı hissetmez, fakat elini oynatabilir.

-Sadece ara nöronu zarar gören bir kişide; uyarı duyu organından alınıp duyu nöronları ile merkezî sinir sistemine getirilse bile buradaki ara nöronlar çalışmayacağından uyarı değerlendirilemez, sıcaklık hissi algılanmaz ve tepki oluşmaz.

-Felç durumu buna örnek verilebilir.

-Sadece motor nöronu zarar gören bir kişide; uyarı duyu organından alınır, duyu nöronu ile ara nörona getirilir ve değerlendirilir. Yani "sıcak, acı" hissi algılanır, fakat değerlendirme sonucu tepki organına iletilmez; bundan dolayı eli yanan bir kişi acıyı hissetse dahi elini çekemez.

-Estetik amaçlı botoks uygulamaları buna örnek verilebilir. Botoks uygulanan bölgede motor sinirler çalışmaz. Örneğin yüzde yapılan botoks uygulamasında bu bölgedeki motor sinirler çalışmadığından yüzdeki kaslara uyarı iletilmez ve yüz mimiklerinde azalma görülür.

İMPULS OLUŞUMU VE İLETİMİ

-Uyaran: Organizmanın iç ve dış çevresinde bulunan ve organizmayı etkileyebilecek ağrı, ısı, ışık, nem, basınç vb etmenlere denir.

-İmpuls (uyartı): Uyarının sinir hücresinde oluşturduğu elektriksel ve kimyasal (elektrokimyasal) değişikliklere denir.

İmpuls iletimi elektriksel ve kimyasal olaylarla gerçekleştirilir.

İmpuls iletimi sırasındaki kimyasal olaylar;

- Aktif taşıma,
- Oksijenli solunum olayı,
- Isı artışı, Glikozun azalması, O₂'nin azalması, CO₂'nin artışı vb.
- Fosforilasyon ve defosforilasyon olayları,

İmpuls iletimi sırasındaki elektriksel olaylar;

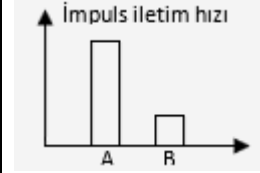
-İletim sırasında Na-K pompası etkisi ile nöron zarında iyon geçişleri ile gerçekleşen elektriksel yük değişimleridir.

Aksiyon potansiyeli: İmpulsun nöronda meydana getirdiği elektriksel değişimlere denir.

-Eşik değer (eşik şiddeti): Sinir hücresinde impuls oluşmasını sağlayan en düşük uyarı şiddetine denir. Eşik değer bireylere göre farklılık göstereceği gibi aynı bireyde zamana bağlı olarak da değişebilir.

A) K B) L C) M D) N E) P

SORU 12. A ve B nöronlarının t zamanında impuls iletim hızları aşağıda verilmiştir.



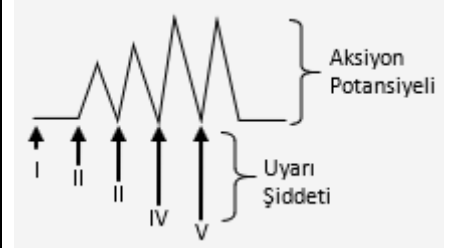
Bu nöronlarla ilgili,

- İkisinde de impuls oluşmuştur.
- A nöronunda miyelin kılıf bulunuyor olabilir.
- B nöronu eşik değerinin altındaki bir uyarı ile uyarılmıştır.

yorumlarından hangileri yapılabilir?

- A) Yalnız III B) I ve II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

SORU 13.



Yukarıda uyarı şiddetine bağlı aksiyon potansiyeli değişiklikleri verilmiştir.

Bununla ilgili olarak,

- Uyarılar bir sinire değil, bir sinir kordonuna gönderilmektedir.
- I. uyarı eşik değerinin altındadır.
- "Ya hep ya hiç" prensibi geçerlidir.

yorumlarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I, II ve III

SORU 14.

- O₂ harcanması
- Nöronun içinin pozitif (+) dışının negatif (-) yüklenmesi
- Asetilkolin salgılanması

Yukarıdaki olaylardan hangileri, bir nöronda impuls geçişi olmasa da gerçekleşmeye devam eder?

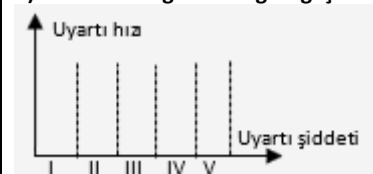
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve III E) II ve III

SORU 15. Bir sinir teline farklı zamanlarda verilen uyarı şiddeti grafikte verilmiştir.



Buna göre;

a) İletim hızını gösteren grafiği çiziniz.



b) İmpuls sayısını gösteren grafiği çiziniz.

-Ya hep ya hiç prensibi: Bir sinir telinin eşik değeri ve eşik değerin üzerindeki tüm uyarılara maksimum tepki vermesi, eşik değerden daha düşük uyarılara tepki vermemesine denir.

“Ya hep ya hiç prensibi”, sadece bir sinir hücresi (bir sinir teli) veya bir kas teli için geçerlidir. Sinir demetleri veya bir kas demeti için geçerli değildir. Sinir demetleri veya bir kas demeti için “merdiven etkisi prensibi” geçerlidir.

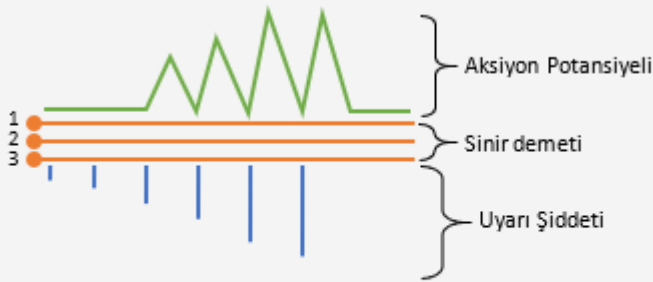


Şekil: Bir nöronda ya hep ya hiç prensibi

-Merdiven etkisi prensibi: Çok sayıda sinir telinden oluşmuş bir sinir kordonu (demeti) ve çok sayıda kas telinden oluşmuş bir kas demeti ya hep ya hiç prensibine uymaz. Çünkü her sinir telinin uyarılması için gerekli eşik şiddeti (eşik değeri) aynı değildir.

-Kolay uyarılabilen sinir tellerini veya kas tellerini önce düşük şiddetli uyarı. Uyarı şiddeti arttıkça uyarılan sinir teli veya kas teli sayısı artacağından daha kuvvetli cevap verilir.

-Uyarı şiddetinin artmasına bağlı olarak, tüm sinir telleri uyarılınca kadar sinir demetinin tepkisinin artmasına **merdiven etkisi** denir. Tüm sinir telleri uyarıldıktan sonra uyarı şiddeti arttırılsa bile verilen cevap değişmez.



Şekil: 1, 2 ve 3 ile verilen sinir tellerinin uyarılma eşiği farklıdır. Belli bir şiddetteki uyarı önce kolay uyarılabilen 1. sinir telini uyarır. Uyarı şiddeti arttıkça sonra 2. sinir teli sonra da 3. sinir teli uyarılır. Uyarılacak sinir teli kalmayınca aksiyon potansiyeli değişmez.

1. Uyarı (impuls) bir nöronun dendritten akson ucuna doğru tek yönlü iletilir.
2. Sinaps akson-dendrit arasında ise bir akson orta kısmından uyarıldığında impuls, her iki yöne de gider. Ancak dendrit ve nöron gövdesine doğru giden impuls söner, ortadan kalkar. Çünkü dendrit ve gövdeden nörotransmitter madde salgılanmaz. Dolayısı ile diğer nörona impuls iletilmez

İMPULS OLUŞUMU ve İLETİMİ MEKANİZMASI

-Polarizasyon (kutuplaşma): Uyarılmamış bir sinir hücresinde hücre dışı pozitif(+), hücre içi negatif(-) yüklüdür. Sinir hücresinin bu durumuna **polarizasyon (kutuplaşma)** denir.

-Polarizasyonun nedeni: Hücre içi ile hücre dışı arasındaki iyonların derişim farklılığıdır.

-Hücre içinde K⁺ derişimi fazla, Na⁺ derişimi azdır.

-Hücre dışında ise tam tersine K⁺ derişimi az, Na⁺ derişimi fazladır.

-Hücre için negatif olmasının nedeni ise derişimi hücre dışına göre fazla olan anyonlardan (A⁻) kaynaklanır.

- Bunlar proteinler, amino asitler, sülfat (SO₄⁻³), fosfat (PO₄⁻³) ve diğer negatif yüklü iyonlardır.

-Hücre içinde klor (Cl⁻) da bulunur. Ancak klor derişimi hücre dışında daha fazladır. Buna rağmen hücrenin dış kısmı pozitif, iç kısmı negatif yüklüdür. Bu da gösteriyor ki hücre içinin negatif olmasında Cl⁻'un bir etkisi yoktur.

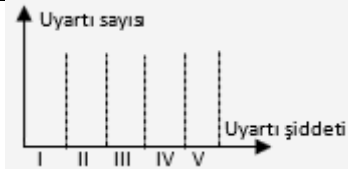
-Polarize durumundaki bir nöronun hücre içi ile hücre dışı arasında -70mV'luk bir potansiyel farkı ölçülür.

	[K ⁺]	[Na ⁺]	[Cl ⁻]	HÜCRE DIŞI
	5 mM	150 mM	120 mM	
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+

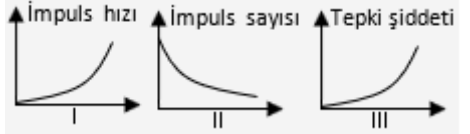
HÜCRE İÇİ	[K ⁺]	[Na ⁺]	[Cl ⁻]	[A ⁻]
	150 mM	15 mM	10 mM	100 mM
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

Şekil: Nöronun zar potansiyeli oluşturan iyonların dağılımı

-Polarize durumundaki bir nöronun Na ve K kanalları kapalıdır.



SORU 16. Aşağıda verilen grafiklerden hangileri, impuls iletimi gerçekleştiren bir nöronun uyarı şiddeti artırıldığında meydana gelen değişikliklerden birisi **olamaz**?



- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

SORU 17. Aşağıdaki grafikte bir nörona uygulanan farklı şiddetlerdeki uyarılar gösterilmiştir.



Buna göre, grafikte ilgili aşağıdakilerden hangisi **yanlıştır**?

- A) III. uyarı nöronun impuls oluşturmaz.
B) I. uyarı nöronun impuls oluşturur.
C) IV. uyarının oluşturduğu impuls, II. uyarıya göre daha hızlı iletilir.
D) Impuls sayısı en fazla IV. uyarıda oluşur.
E) I ve II. uyarının oluşturduğu impulsun iletim hızı eşittir.

SORU 18. Bir nöronun,

- I. çekirdek,
II. miyelin kılıf,
III. ranvier boğumu,
IV. akson

yapılarından hangileri **kesin olarak bulunur**?

- A) I ve IV B) II ve III C) I, II ve IV
D) I, III ve IV E) II, III ve IV

SORU 19. Bir insanın sinir sisteminde,

I. Duyu nöronları ile motor nöronlar arasındaki bağlantıyı sağlar.

II. Reseptörlerden aldıkları uyarıları merkezi sinir sistemine taşır.

III. Merkezi sinir sisteminden aldığı uyarıyı efektör organlara taşır.

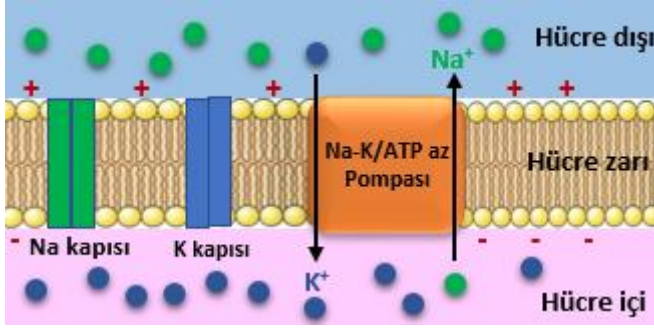
görevlerini gerçekleştiren nöronlar aşağıdakilerden hangisinde doğru eşleştirilmiştir?

	I	II	III
A)	Duyu nöronu	Ara nöron	Motor nöron
B)	Ara nöron	Duyu nöronu	Motor nöron
C)	Motor nöron	Ara nöron	Duyu nöronu
D)	Ara nöron	Motor nöron	Duyu nöronu
E)	Duyu nöronu	Motor nöron	Ara nöron

SORU 20.

- I. İmpulsun iletim şekli
II. İmpuls için gereken eşik değeri
III. İmpuls iletim hızı

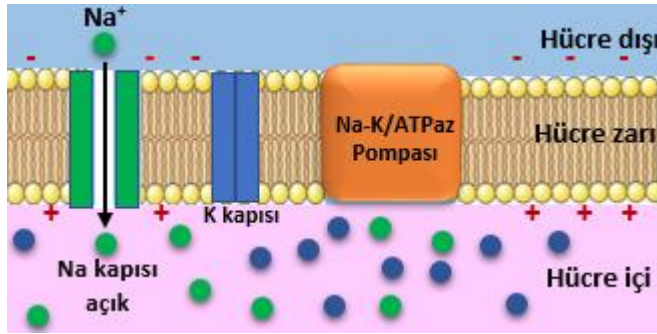
-Polarizasyonu sağlayan hücre zarında bulunan **Na⁺-K⁺ATPaz pompasıdır**. Aktif taşıma yapan bu elemanlar hücre içindeki Na⁺ ları dışarı atarken hücre dışındaki K⁺ları hücre içine alırlar. Na-K ATPaz ile dışarı pompalanan Na⁺ iyonları, içeri pompalanan K⁺ iyonlarından fazladır. Ayrıca hücre içinde bol miktarda bulunan negatif yüklü protein anyonları büyük moleküller olduklarından zardan geçemezler ve hücre içindeki K⁺ iyonlarını kendilerine doğru çekerek hücre dışına çıkmasına engel olurlar. Bunun sonucunda sinir hücresinin dış kısmı pozitif, iç kısmı negatif yüke sahip olur.



Şekil: Polarizasyon durumundaki hücre zarı

-Depolarizasyon (Kutuplaşmanın bozulması): Eşik değer ve ya üzerinde bir uyarı alındığında sinir hücresinin zarında bulunan Na⁺ kapıları açılır (K⁺ kapıları kapalı kalır) ve hücre dışında daha fazla bulunan Na⁺lar içeri doğru difüzyon kuralları gereğince akmaya başlar. Bu durumda hücre içinde hem Na⁺ hem K⁺ iyonları fazla duruma geldiğinden hücre içi dışarısına göre daha pozitif duruma geçer. Bu duruma **depolarizasyon** denir.

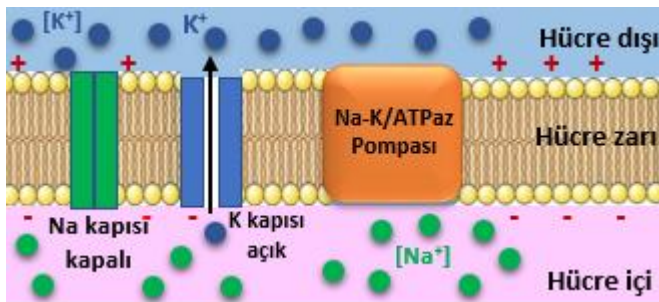
-Depolarize durumdaki bir sinir hücresi plazmasının hücre dışına göre elektriksel güç değeri +40 mV (milivolt) dur.



Şekil: Depolarizasyon durumundaki hücre zarı

-Repolarizasyon: Depolarizasyondan sonra hücre zarında bulunan Na⁺ kapıları kapanır ve hücre içine Na⁺ girişi durdurulur. Ardından hücre zarındaki K⁺ kapıları açılır ve bu sefer hücre içindeki K⁺lar hücre dışına doğru akmaya başlar. Sonuç olarak repolarize durumda bir nörona Na⁺ kapıları kapanmış ve K⁺ kapıları açılmıştır. Bu durumda hücre içinden hücre dışına çıkan K⁺lar nedeniyle yine hücre içi negatif (-), hücre dışı pozitif (+) yüklü duruma gelmiştir.

-Ancak durum polarizasyondan farklıdır. Repolarize durumda bir sinir hücresinin içinde Na⁺ iyonları fazla, dışında ise K⁺ iyonları fazladır. Polarizasyondan farkı Na içerde K dışarda fazla olmasıdır.



Şekil: Repolarizasyon durumundaki hücre zarı

-Polarize durumdan sırasıyla depolarize ve repolarize duruma geçmiş olan bir sinir hücresi, tekrar uyarı alıp impuls iletebilmek için ilk hâli olan polarizasyon durumuna dönmek zorundadır. İşte burada yukarıda anlatılan Na⁺-K⁺/ATPaz pompası hücreye giren Na⁺ iyonlarını dışarı, hücre dışına çıkan K⁺ iyonlarını tekrar içeri pompalayarak bu iyonların derişimini impuls öncesindeki duruma getirir. Böylece sinir hücresi tekrar polarizasyon hâline gelir. Bu olay aktif taşıma ile gerçekleşir.

Yukarıda verilen özelliklerden hangileri tüm nöronlar için ortaktır?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) II ve III E) I, II ve III

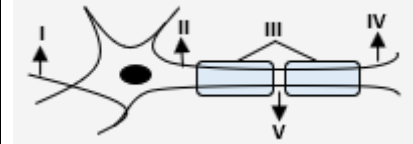
SORU 21. Bir nöronda;

- I. DNA eşlenmesi
II. ATP tüketimi
III. ekzositoz,
IV. dehidrasyon sentezi

olaylarından hangileri görülmez?

- A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III
D) I, III ve IV E) II, III ve IV

SORU 22. Aşağıda bir sinir hücresinin kısımları gösterilmiştir.



Buna göre, bir impuls iletimi sırasında kaç numaralı kısımda iyon değişimi gerçekleşmez?

- A) I B) II C) III D) IV E) V

SORU 23. Aşağıda bir nörona verilen üç uyarının şiddeti gösterilmiştir.



Bu nöronun uyarılara verdiği cevap aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir.

- A) I II III B) I II III C) I II III
D) I II III E) I II III

CEVAPLAR ve ÇÖZÜMLERİ

1. Akson çapı arttıkça iç direnç azalacağından impuls iletim hızı artar.

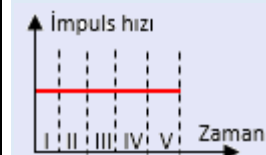
Cevap: D

2. Glialar, insanın yaşamı boyunca çoğalabilir.

Cevap: C

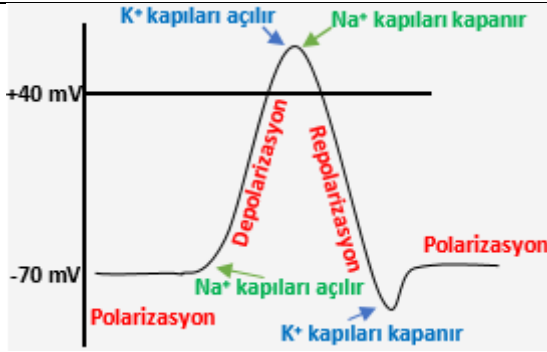
3. V – III – II – IV – I

4.



5. Aslında A ve T nöronlarında impuls iletim hızı eşittir. Ancak ranvier boğum sayısı hedefe ulaşma süresini uzattığı için T deki hız, A dan daha fazladır diye yorumlanır. Y de ranvier boğum olmadığına göre miyelinsizdir. İletim diğer ikisinden daha yavaştır.

Cevap: T – A – Y



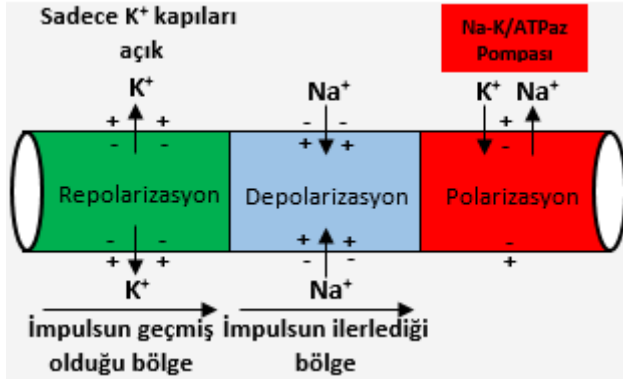
Grafik: İmpuls İletimi Sırasında Hücre Zarındaki Elektriksel Yük Değişimi (Aksiyon Potansiyeli)

Hiperpolarizasyon: Repolarizasyon sırasında açılan potasyum kanalları yavaş kapandığı için, hücre dışına fazla K⁺ çıkışı olur. Hücre -70 mV değerine dönmek isterken, -85 mV değere kadar düşebilir. Bu duruma **hiperpolarizasyon** denir. Yani hücrenin aşırı polarize hale gelmesidir.

Konuyu özetleyelim

1. Polarize halinde bulunan bir nöronun dışında $[Na^+] > [K^+]$, içinde ise $[Na^+] < [K^+]$ şeklindedir.
2. Bu derişim farklılığı, nöronun dışının pozitif (+), içinin negatif (-) olmasının sebebidir.
3. Hücre içinin negatif olmasının nedeni ise derişimi hücre dışına göre fazla olan anyonlar (A⁻) dir.
4. Hücre içinin negatif olmasında Cl⁻ un bir etkisi yoktur.
5. Polarize durumdaki bir nöronda Na ve K kanalları kapalıdır. (Bu kanallarla pasif geçiş yapılır. Bu sırada ATP harcanmaz.)
6. Polarizasyonu sağlayan hücre zarında bulunan Na⁺-K⁺/ATPaz pompasıdır. Aktif taşıma ile enerji harcanarak Na⁺ iyonları dışarı atılır, K⁺ iyonları içeri alınır.
7. Depolarizasyon sırasında (uyartı geldiğinde) Na⁺ kapıları açılır (K⁺ kapıları kapalı kalır), dışarıdan içeriye Na⁺ iyonları enerji harcanmadan alınır. İçeri pozitif, dışarı ise negatif olur.
8. Repolarizasyon sırasında Na⁺ kapıları kapanır, K⁺ kapıları açılır. Çıkan K⁺ iyonları nedeni ile tekrar içeri negatif (-), dışarı pozitif (+) hal alır.

Bütün bunları bir şema üzerinde gösterelim:



Şekil: İmpuls oluşumu ve iletimi sırasında gerçekleşen olaylar ve iyonların geçiş yönleri

9. Yukarıda bahsettiğimiz impuls iletimi miyelinsiz nöronlar içindir. Miyelinli nöronlarda miyelinli bölgeler yük taşımadığından iki ranvier boğumu arasında yük etkileşimi olur. Bu etkileşim sonucu aksiyon potansiyeli boğumdan boğuma sıçrayarak ilerlemiş olur. Buna **atlamalı iletim** denir.

Böylece daha hızlı iletim sağlanmış ve daha az ATP harcanmış olur. Bu nedenle miyelinli nöronlarda impuls iletimi 10 kat daha hızlıdır. Miyelinli nöronlarda impuls 120 m/s hızla iletilirken miyelinsiz sinirlerde impuls iletimi 12 m/s'dir.

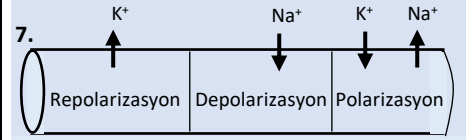
10. Bir sinir hücresinde impuls iletim hızı sabittir, değişmez. Yani oluşan impulsun iletimi sırasında hızında artma veya azalma meydana gelmez.

Bir sinir hücresinde impuls sayısını etkileyen faktörler

- a. Uyarının şiddeti
- b. Uyarının frekansı (sıklığı)
- c. Uyarının süresi

Uyarının şiddeti, frekansı (sıklığı), ve süresi impuls iletim hızını ve impulsun şiddetini (büyüklüğünü) etkilemez. Uyarılan sinir sayısı ve oluşan impuls sayısını artırdığı için tepki şiddetini artırır.

6. II-IV-III-I



8. Motor sinirler merkezi sinir sisteminden (beyin ve omurilik) aldıkları uyarıyı tepki organlarına taşırlar. Botoks uygulaması motor sinirlerin bu görevi yapmasını engeller. Böylece teki organında cevap oluşumu gerçekleşmez. Uyarıların alınarak merkezi sinir sistemine iletilmesini duyu nöronları yapar. Uyarıların merkezi sinir sisteminde algılanmasını ise ara nöronlar yapar. Botoks uygulamasında duyu ve ara nöronların işlevinde bir kısıtlama almaz.

Cevap: B

9. İmpuls iletimi sırasındaki kimyasal olaylar;
- Aktif taşıma,
- Oksijenli solunum olayı,
- İsi artışı, Glikozun azalması, O₂'nin azalması, CO₂'nin artışı, Fosforilasyon ve defosforilasyon olaylarıdır.

Cevap: E

10. Enerji harcanması, Isının açığa çıkması, impuls iletimi sırasında gerçekleşen kimyasal değişikliklerdir. Elektriksel yükün değişmesi ise elektriksel olaylardır. Bir sinir hücresinde impuls iletim hızı sabittir, değişmez. Yani oluşan impulsun iletimi sırasında hızında artma veya azalma meydana gelmez.

Cevap: B

11. Miyelin kılıfın bulunması ve akson çapının geniş olması impuls iletim hızını artırır. Buna göre miyelin kılıflı olup akson çapı en geniş olan P nöronudur.

Cevap: E

Şayet impuls iletim hızı en yavaş olan sorulmuş olsaydı bu durumda miyelin kılıfı bulunmayıp çapı en az olan K nöronu cevap olurdu.

12. I. Her ikisinin de bir impuls iletim hızı olduğuna göre, her ikisinde de impuls oluşmuştur. Doğru.

II. A nöronunda impuls iletim hızı yüksek olduğuna göre miyelinli bir nöron da olabilir. Doğru.

III. B'ye uygulanan uyarı eşik değerinin altında olmuş olsaydı hiç uyarılmazdı. İmpuls da oluşmazdı. Yanlış.

Cevap: B

13. I. Merdiven etkisi olduğuna göre bir sinir kordonuna gönderilmiştir. Doğru

II. I. uyarı ile aksiyon potansiyeli oluşmadığına göre eşik değerinin altındadır. Doğru.

III. Sinir kordonunda "Ya hep ya hiç" prensibi geçerli değildir.

Cevap: D

14. Nöronun içinin pozitif (+) dışının negatif (-) yüklenmesi depolarizasyon sırasında, asetilkolin salgılanması ise impulsun sinapslardan geçişinde gerçekleşir. Oksijen harcanması nörondaki metabolik olayların devamı için her zaman gerçekleşir.

LÜTFEN DİKKATLİ OKUYALIM ÖNEMLİ BİR UYARI

-Nöronlarda iletim impuls iletim hızı sabittir. Bir nöronda oluşan impulsun hızı nöron boyunca hızı değişmeden aktarılır.

-Miyelinli nöronların iyon kanallarının açılıp kapanması sadece miyelin kılıfın bulunmadığı aralıklarda (ranvier boğumlarında) gerçekleşeceğinden, aksiyon potansiyeli en yüksek hıza ulaşır.

-Ranvier boğum sayısına göre impuls hızı değişmez. Örneğin diğer bütün özellikleri aynı olan iki nöronun birisi 2, diğeri 3 ranvier boğumlu olsun. Bu iki nöronda impuls iletim hızı eşittir. Ancak ranvier boğumu 2 olan nöronda impuls hedefe daha erken vardığı için boğum sayısı az olanda impuls hızlı iletilir şeklinde yorumlanır.

İmpuls iletim hızını etkileyen faktörler:

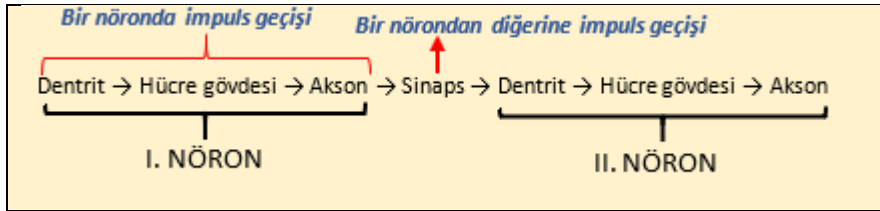
- Miyelin kılıf bulunması impuls iletim hızını artırır.
- Ranvier boğum sayısı arttıkça impuls iletim hızı azalır.
- Akson çapı arttıkça impuls iletim hızı artar.
- Sinaps sayısı arttıkça impuls iletim hızı azalır.
- Ortamın soğuk olması impuls iletim hızını azaltır.

-Sinaps sayısı, nörondaki impuls iletim hızını değiştirmez. Sinaps sayısının fazlalığı impulsun hedefe ulaşma süresini uzatır. Bundan dolayı sinaps sayısının artması impuls hızını yavaşlatır diye kabul ediliyor.

Sinapslarda impuls iletimi kimyasal olaylar ile gerçekleştiği için "impuls iletim hızı sinapslarda en yavaştır."

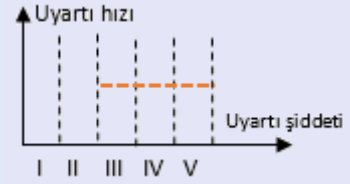
11. Sinir hücreleri eşik değer ve üzerindeki uyarılara her zaman aynı şiddette tepki verir. Yani elimizle 45 °C sıcaklıktaki bir demire de dokunsak 100 °C sıcaklıktaki bir demire de dokunsak sinir hücrelerinin tepkisi aynı olacaktır. Tepki farkı, sinir sistemine iletilen impuls sayısından kaynaklanır. 100 °C'lik demire dokunulduğunda oluşan impuls sayısı 45 °C'lik demire dokunulduğunda oluşan impuls sayısından daha fazladır.

13. Sinir hücrelerinde uyarıların iletilme şekli aynı olmasına rağmen uyarılar ışık, koku, basınç veya sıcaklık şeklinde algılanır. Bunun sebebi uyarıların beyindeki değerlendirilme merkezlerinin farklı olmasıdır. Örneğin kulaktan gelen impuls, beynin işitme merkezine iletildiğinde ses olarak algılanır.

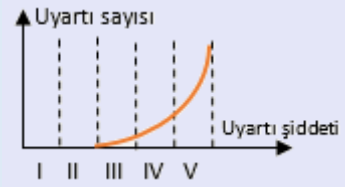


Cevap: A

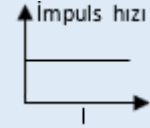
15. a)



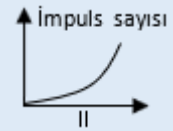
b)



16. I. Uyarı şiddetinin artırılması iletim hızını değiştirmez. Artış gösterilmiş. **Yanlış.** Grafiğin doğrusu:



II. Uyarı şiddetinin artırılması impuls sayısını artırır. Grafikte azalır gösterilmiş. **Yanlış.** Grafiğin doğrusu:



II. Uyarı şiddetinin artırılması, tepki şiddetini artırır. Doğru.

Cevap: D

17. Bir nöronda uyarı şiddetinin artırılması impuls iletim hızını değiştirmez.

Cevap: C

18. Çekirdek ve akson bütün nöronlarda bulunan temel bölümlerdir. Miyelin kılıf ve ranvier boğum bazılarında bulunur.

Cevap: A

19. I. Duyu nöronları ile motor nöronlar arasındaki bağlantıyı sağlar. (**Ara nöron**)
II. Reseptörlerden aldıkları uyarıları merkezi sinir sistemine taşır. (**Duyu nöronu**)
III. Merkezi sinir sisteminden aldığı uyarıyı efektör organlara taşır. (**Motor nöronu**)

Cevap: B

20. İmpulsun iletim şekli bütün nöronlarda aynıdır. İmpuls için gereken eşik değeri ve impuls iletim hızı farklı olabilir.

Cevap: A

21. DNA eşlenmesi bölünme özelliği taşıyan hücrelerde olur. Nöronların sentrozomları yok, oldukça özelleşmiş hücrelerdir. Genelde bölünme yeteneklerinin olmadığı kabul edilir. ATP tüketimi, dehidrasyon sentezi gibi olaylar nöronlarda gerçekleşir. Ekzositoz ise sinaptik aralığa nörotransmitter salınmasında gerçekleşir.

Cevap: A

22. Şekilde III numara ile miyelin kılıf gösterilmiştir. Miyelin kılıfın bulunduğu

bölgelerde impuls iletimi sırasında iyon değişimi gerçekleşmez.

Cevap: C

23. Eşik değeri ve üzerindeki uyarılarda aynı tepki verilir (I ve II). Eşik değerin altındaki uyarılara tepki verilmez (III). Buna göre;

Cevap: B