

ÇİZGİKLİ KASLARIN KASILMA MEKANİZMASI

11. SINIF ÜNİTE, KONU, KAZANIM VE AÇIKLAMALARI

11.1.2. Destek ve Hareket Sistemi

Anahtar Kavramlar

eklem, kas, kemik, kırık, tendon

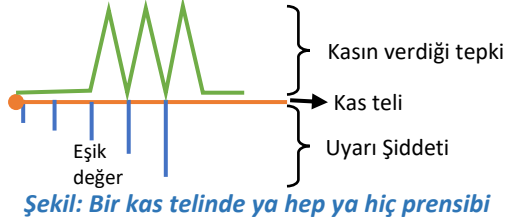
11.1.2.1. Destek ve hareket sisteminin yapı, görev ve işleyişini açıklar.

ÇİZGİKLİ KASLARIN KASILMA MEKANİZMASI

-Kasları kasılabilmesi için uyarılmaları gerekir.

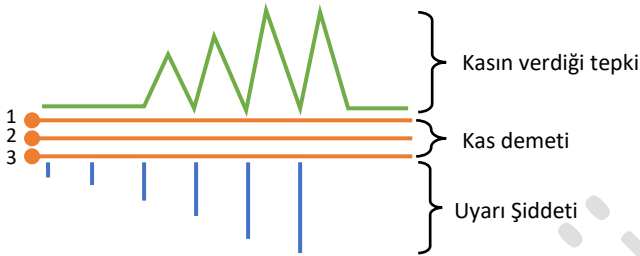
-Kasların kasılmasını sağlayan en küçük uyarı şiddetine **eşik şiddeti** denir.

-Kas eşik şiddetin altındaki uyarılara tepki göstermez. Eşik şiddetin üzerindeki uyarılara ise hep aynı şiddette tepki gösterir. Buna **ya hep ya hiç prensibi** denir.



NOT:

Ya hep ya hiç kuralı tek bir kas teli için geçerlidir. Birçok kas telinin bir araya gelmesiyle oluşan kas demetlerinde merdiven etkisi görülür. Çünkü kas demetine verilen uyarı şiddeti arttığında, uyarılan kas teli sayısı da artacağından verilen tepki de artar.



1, 2 ve 3 ile verilen kas telerinin uyarılma eşiği farklıdır. Belli bir şiddetteki uyarı önce kolay uyarılabilen 1. kas telini uyarır. Uyarı şiddeti arttıkça sonra 2. kas teli sonra da 3. kas teli uyarılır. Uyarılacak kas teli kalmayınca verilen tepki değişmez.

-Uyarılan bir kasın bir kez kasılıp gevşeyerek eski hâlini almasına **kas sarsı** ya da **kasıl sarsılma** denir.

-Kas sarsı üç aşamada gerçekleşir:

Gizli evre: Kasın uyarıldığı an ile kasılmaya başladığı an arasında geçen süredir.

Kasılma evresi: Kasılmanın başladığı an ile gevşemenin başladığı an arasında geçen süredir.

Gevşeme evresi: Kasın gevşeyerek eski hâline dönmesine kadar geçen süredir.



a. Belli zaman aralıkları ile gönderilen uyarıların kasta yol açtığı normal kasılıp gevşemeleri gösterir.

b. Uyarı gönderme aralıkları kısaltıldığında, kasın gevşeyemeden tekrar kasılmasını (tam olmayan fizyolojik tetanos halini) gösterir.

c. Uyarı gönderme aralıkları kısaltıldığında, kasın kasılı durumda kalmasını (tam fizyolojik tetanos halini) gösterir.

Çizgili kaslardaki bantlaşma

- Çizgili kaslardaki bantlaşmaların sebebi, kasın yapısındaki aktin ve miyozin proteinlerinin düzenli bir şekilde dizilmiş olmalarıdır.

- Kas yapısında sadece aktin iplikçiklerin bulunduğu bölge ince yapıda olduğundan ışığı az kırar, açık renkli görünür. Bu bölgeye **I bandı** adı verilir.

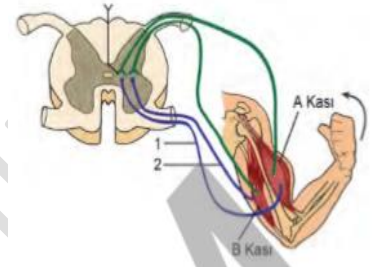
-Miyozin ve aktin iplikçiklerin bulunduğu bölge ise ışığı çok kırar ve koyu renkli görünür. Bu bölge **A bandı** adını alır.

SORU 1. (2017-LYS2/BİY)

Kasılan bir iskelet kasının gevşeme sürecinde aşağıdaki olaylardan hangisi gerçekleşmez?

- Sinir hücresinden gelen uyarının kesilmesi
- Sinaptik yarıktaki asetilkolin miktarının azalması
- Nöronun akson ucunun kas hücresinden ayrılması
- Miyozin filamentinin aktin filamentinden ayrılması
- Sarkoplazmik retikulumda Ca^{2+} iyonlarının pompalanması

SORU 2. (2016-LYS2/BİY)

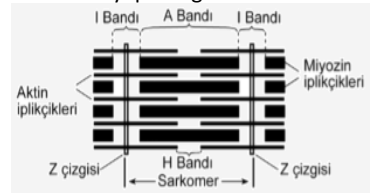


İnsanda, şekilde gösterilen kolun ok yönünde hareket etmesini sağlamak için iki farklı kasta (A ve B kaslarında) ve motor sinirlerde (1 ve 2) gerçekleşen olaylar aşağıdakilerin hangisinde verilmiştir?

	A kası	B kası	Motor sinir 1	Motor sinir 2
A)	Kasılır	Gevşer	Uyarılır	İnhibe olur
B)	Kasılır	Gevşer	İnhibe olur	Uyarılır
C)	Gevşer	Kasılır	Uyarılır	Uyarılır
D)	Gevşer	Kasılır	Uyarılır	İnhibe olur
E)	Kasılır	Kasılır	Uyarılır	Uyarılır

SORU 3. (2013 - LYS2 / BİY)

Aşağıdaki şekil, bir iskelet kasının mikroskopik yapısını göstermektedir



Kayan iplikçikler (filamentler) modeline göre,

Kasılma sırasında;

- Sarkomerin boyunun kısalması,
- Aktin ve miyozin iplikçiklerinin boyunun kısalması,
- "I" bandının daralması,

Gevşeme sırasında;

- "A" bandının boyunun uzaması,
- "Z" çizgilerinin birbirinden uzaklaşması,
- "H" bandının boyunun aynı kalması

olaylarından hangileri görülür?

- I, II ve IV
- I, III ve V
- II, III ve VI
- I, III, IV ve V
- II, III, V ve VI

-A bandının ortasında sadece miyozin iplikçiklerin bulunduğu açık renkli görünen şerit şeklindeki kısma **H bandı** denir.

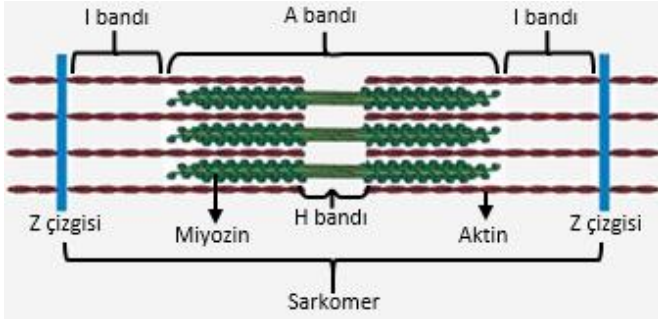
I bandının ortasında **Z çizgisi** bulunur.

İki Z çizgisi arasında kalan ve bir A bandını içeren birim **sarkomer** olarak adlandırılır.

-Sarkomer, kasların en küçük kasılma birimidir. Bir kas lifinde çok sayıda bulunur.

NOT:

İnsan kaslarının büyüklüğünü temelde kalıtım ve testosteron hormonu belirler. Erkeklerdeki testosteron hormonu, kasların kadınlara göre daha fazla gelişmesini sağlar. Ancak kaslar egzersizle %30-60 kadar daha hipertrofiye olabilir. Hipertrofi, kas liflerinin sayılarının artmasından daha çok, çaplarının artması sonucu oluşur.



Şekil: Çizgili kaslardaki bantlı yapılaşma

Huxley'in kayan iplikler modeline göre çizgili kasların kasılma mekanizması

- Çizgili kasların kasılma mekanizması, İngiliz bilim insanı H.E. Huxley (Haksli) tarafından ileri sürülen model ile açıklanır.

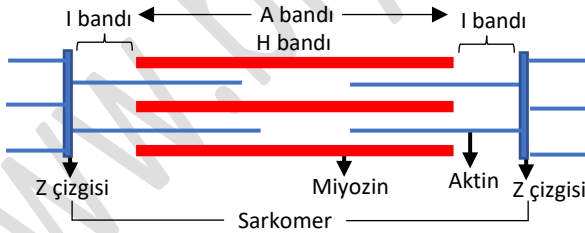
-Kasılma, kası oluşturan aktin ipliklerinin miyozin iplikler üzerinde kaymasıyla gerçekleşir.

-Kasılma sırasında gerçekleşen olaylar:

- Z çizgileri yaklaşır, sarkomerin boyu kısalmır.
- I bandının boyu kısalmır.
- Aktin ve miyozin ipliklerinin boyu değişmez.
- A bandının boyu değişmez,
- H bandı görülmez olur.
- Kasın boyu kısalmır, genişliği artar.
- Kasın hacim ve kütlelerinde değişme olmaz.

-Gevşeme sırasında gerçekleşen olaylar:

- Z çizgileri birbirinden uzaklaşır, sarkomerin boyu uzar.
- I bandının boyu uzar.
- Aktin ve miyozin ipliklerinin boyu değişmez.
- A bandının boyu değişmez,
- H bandı ortaya çıkar.
- Kasın boyu uzar, genişliği azalır.
- Kasın hacim ve kütlelerinde değişme olmaz.



Şekil: Gevşemiş kas



Şekil: Kasılmış kas

	KASILMA	GEVŞEME
-Huxley'in kayan iplikler modeline göre çizgili kaslarda kasılma-gevşeme olayları sırasında gerçekleşen olayların karşılaştırılması		
Z çizileri	Yaklaşır	Uzaklaşır
Sarkomerin boyu	Kısalmır	Uzar
I bandının boyu	Kısalmır	Uzar
A bandının boyu	Değişmez	Değişmez
H bandı	Kaybolur	Ortaya çıkar
Aktin ve Miyozin ipliklerinin boyu	Değişmez	Değişmez
Kasın boyu	Kısalmır	Uzar
Kasın genişliği (eni)	Artar	Azalır

SORU 4. (2011- LYS2 / BİY)

İnsanın iskelet kası dokusunda, uzun süreli egzersizde,

- I. kreatin fosfat
- II. laktik asit
- III. glikojen
- IV. ADP
- V. inorganik fosfat

moleküllerinden hangilerinin miktarında artış görülür?

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

SORU 5. (2010 – LYS2 / BİY)

Bir iskelet kasında gerçekleşen,

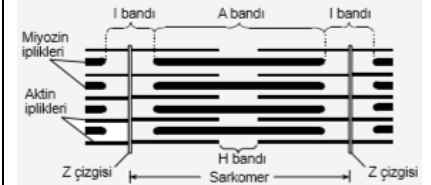
- I. kas hücrelerinin endoplazmik (sarkoplazmik) retikulumundan Ca⁺⁺ iyonlarının serbest kalması,
- II. miyozin ile aktin filamentlerinin ATP kullanılarak birbiri üzerinde kayması,
- III. kas hücrelerinde oluşan depolarizasyonun kas hücreleri zarı boyunca yayılması,
- IV. Ca⁺⁺ iyonunun aktin filamentine bağlanmasıyla miyozinin aktine bağlanma bölgelerinin açılması,
- V. motor uç plaklarındaki nöronal sinaptik boşluğa asetilkolin salınması

olaylarının doğru sırası aşağıdakilerin hangisinde verilmiştir?

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

SORU 6. (2007 Fen-2)

Aşağıdaki şema, insanda bir sarkomerin yapısını göstermektedir.



Kayan iplikler hipotezine göre, kasılmış bir çizgili kasın gevşemesi sırasında,

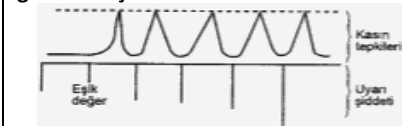
- I. H bandının kısılması,
- II. A bandının aynı kalması,
- III. I bandının kısılması,
- IV. Z çizgilerinin birbirinden uzaklaşması

olaylarından hangileri görülür?

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

SORU 7. (1995 ÖYS)

Bir kas teline sinir aracılığıyla uygulanan uyarıların şiddeti ve kas telinin bu uyarılara tepkisi, aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Bu grafikteki bilgilere dayanarak aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

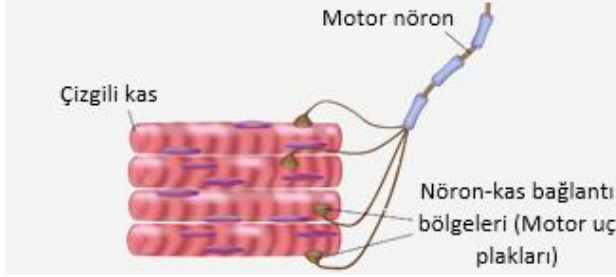
- A) Kasın tepkisi, uyarının şiddetiyle orantılı olarak artar.
- B) Kas, eşik değerinden az olan uyarıya zayıf tepki gösterir.
- C) Kas, her uyarıya tepki gösterir.
- D) Kas, eşik değerindeki bir uyarıya bütün şiddetiyle tepki gösterir.

NOT:

Düz kastaki kasılma birimi, sarkomer değil hücrenin kendisidir. Çünkü, düz kasta sarkomer bulunmaz.

Kas Kasılmasının Kimyasal Olarak Açıklanması

- Çizgili kasların kasılmaları beyin tarafından kontrol edilir.
- Çizgili kasın kasılmasını kontrol eden motor nöronların akson uçları çizgili kaslar ile sinaps yapar.
- Motor nöronların kas zarına bağlandığı kısma motor plak (sinir-kas sinapsı) denir.



Şekil: Çizgili kasın motor nöronları ile uyarılması

-Bir kasın uyarılarak kasılması sürecinde, sırası ile şu olaylar gerçekleşir.

1. motor uç plaklarındaki nörondan sinaptik boşluğa asetilkolin salgılanır.
2. Asetilkolin, kas hücreindeki reseptörlere bağlanır ve kas hücre zarının Na^+ geçirgenliğini artırır.
3. Kas hücre zarından içeri giren Na^+ iyonları, hücrede elektriksel bir değişime neden olur ve aksiyon potansiyelini başlatır.
4. Kas hücrelerinde oluşan depolarizasyon kas hücreleri zarı boyunca yayılır. Sarkoplazmik retikulumda depolanan Ca^{++} iyonları serbest kalarak aktin ve miyozin ipliklerinin arasına dağılır.
5. Ca^{++} iyonunun aktin filamentine bağlanmasıyla miyozinin aktine bağlanma bölgelerini açar.
6. Miyozin başının ATPaz aktivitesi ile ATP yıkılır. Enerji yüklenmiş miyozin başı aktin üzerinde açığa çıkmış olan bağlanma bölgesine bağlanır. Aktin iplikleri miyozin iplikleri tarafından çekilir.
7. Miyozin ile aktin filamentlerinin ATP kullanılarak birbiri üzerinde kayması ile kasılma gerçekleşir.
8. Ca^{++} iyonları endoplazmik retikulumların içine aktif taşıma ile tekrar taşınır ve gevşeme gerçekleşir.

NOT:

Kasılmış kasta Ca^{++} , sarkoplazmadaki aktin-miyozin arasındadır. Gevşemiş kasta Ca^{++} , sarkoplazmik retikulum içindedir.

-İskelet kası lifleri kendilerine sinirler aracılığı ile bir uyarı gelmediği sürece kasılmazlar. İskelet kasının kendi kendine, dışarıdan hiçbir uyarı olmadan kasılabileceği yeteneği yoktur.

Kasılmanın enerji metabolizması

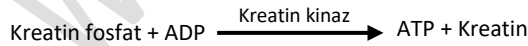
Kasların hem kasılması hem de gevşemesi sırasında enerji harcanır. Bu nedenle kas hücrelerinde mitokondri sayısı fazladır.

Bu enerji sırasıyla aşağıdaki şekilde elde edilir:

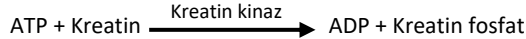
1. Enerji ilk olarak kas hücrelerinde hazır bulunan ATP molekülünden sağlanır.



2. ATP hücrede depolanmadığından çok kısa bir sürede (0,5 sn) tüketilir. Bu durumda gerekli olan enerji ilk önce dinlenme hâlindeki kas hücrelerinde sentezlenen kreatin fosfattan karşılanır. Sadece kas hücrelerinde bulunan bir enerji kaynağı olan kreatin fosfat, yapısındaki fosfatı ADP' ye vererek ATP' nin sentezlenmesini sağlar.



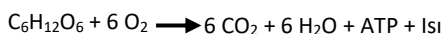
-Dinlenme sırasında kreatin, ATP' den bir fosfat alarak kreatin fosfat haline gelir.



3. Kas hücrelerinde depolanmış glikojen glukozla çevrilir. En kısa yoldan hızlı bir şekilde ATP üretebilmek için oluşan glukozdan laktik asit fermantasyonu ile ATP elde edilir. (Kısa bir süre)



4. Laktik asit fermantasyonuyla üretilen ATP yetersiz kalır. Ayrıca biriken laktik asitler oksijenli solunumu tetikler ve glukozlar oksijenli solunumda kullanılarak gerekli ATP üretilir.

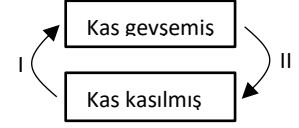


5. Bütün bu kaynakların tükenmesi ile birlikte önce yağlar en son da proteinler enerji kaynağı olarak kullanılır.

E) Kas, eşik değerindeki bir uyarıya arka arkaya tepki gösterir.

SORU 8. (1998 ÖYS)

İnsanda, çizgili kasla ilgili aşağıdaki şemada, I ve II numaralarla gösterilen geçişlerde, gerçekleşen bazı olaylar gösterilmiştir.



Bu geçişlerdeki numaralı olaylar aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

	I	II
A)	Kreatin fosfat miktarının azalması	iki Z çizgisinin birbirinden uzaklaşması
B)	Asetil kolinin serbest hale geçmesi	Ca^{+2} iyonlarının aktin-miyozin arasına girmesi
C)	iki Z çizgisinin birbirine yaklaşması	Kreatin fosfat miktarının artması
D)	I bandı boyunun uzaması	Asetil kolinin serbest hale geçmesi
E)	Ca^{+2} iyonlarının aktin-miyozin arasına girmesi	I bandı boyunun uzaması

SORU 9. (1994 ÖYS)

Kas hücrelerinde, ATP üretimi için kullanılan moleküllerden bazıları şunlardır:

- I. Glukoz
- II. Kreatin fosfat
- III. Glikojen

Bu moleküller, aşağıdakilerin hangisinde ATP üretimi en kısa yolla sağlayandan, en uzun yolla sağlayana doğru sıralanmıştır?

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

SORU 10: Sarkoplazmik retikulum aşağıdaki dokulardan hangisinde bulunur?

- A) Kan doku
- B) Kas doku
- C) Kıkırdak doku
- D) Sinir doku
- E) Kemik doku

CEVAPLAR ve ÇÖZÜMLERİ

1. Kas ile nöronlar arasında doğrudan bir temas yoktur. Sinaptik boşluk vardır. Dolayısı ile hem kasılma hem de gevşeme sırasında nöronun akson ucunun kas hücrelerinden ayrılması veya birleşmesi söz konusu değildir.

Cevap: C

2. Kolun ok yönünde hareketi için A kası kasılmalı, B kası gevşemelidir. A kası, 1 numaralı motor nöron ile uyarılarak kasılır. Bu durumda B kası gevşemiş olması için 2 numaralı motor nöronun inhibe edilmesi gerekir. Bu durumda sırası ile kasılır-gevşer-uyarılır-inhibe olur şeklinde olmalıdır.

NOT:

-Sonuç olarak ağır bir egzersiz sırasında moleküllerin öncelikli kullanım sırası:
ATP- Kreatin fosfat- Glikojenden oluşan glukoz Yağ – Protein şeklindedir.

Kasılmada azalanlar

-ATP
-Kreatin fosfat
-Glikojen
-Glukoz + O₂

Kasılmada artanlar

-ADP + P_i
-Kreatin
-CO₂ + H₂O
-Isı
-Laktik asit

NOT:**KREATİN**

Kreatin tüm memelilerin vücudunda glisin, arginin ve metiyonin amino asitlerinden karaciğer, böbrekler ve pankreasta sentezlenen bir amino asit türevidir. Biyosentezden sonra iskelet kaslarına, kalbe, beyne ve diğer dokulara taşınır. Bu dokularda ani enerji ihtiyaçlarını karşılamak için ATP'nin yıkılmasına yardımcı olarak enerji depolayıcı form olan 'kreatin fosfat (fosfokreatin)'a dönüşür. Kreatin fosfat kasta ve diğer dokularda ADP'den ATP dönüşümünü sağlayan yüksek enerjili bir fosfat bileşiğidir.

Kas-İskelet ilişkisi

İskelet kasları kemiklere lifli bağ dokudan oluşan **kas kirişleri (tendon)** ile bağlanmıştır. İskelet kaslarının bir tarafı kemiğe bağlanırken diğer tarafı hareketli bir eklem ya da deriye bağlanır. Kasın kemiğe bağlandığı yere **başlangıç noktası**, eklem bağlandığı yere de **sonlanış noktası** denir. İskelet kasları çoğunlukla çiftler hâlinde ve zıt yönlü çalışır. Çift kaslardan biri kasılırken diğeri gevşer.

NOT:

Kasların çekme özelliği bulunmasına karşın; itme özelliği yoktur. Bu nedenle vücuttaki kasların çoğu çift olarak bulunur ve birbirinin aksi yönde (antagonist) çalışır.

-Birbirine zıt çalışan bu kaslara **antagonist kas** denir. Kol ve bacaklardaki kaslar antagonist kaslardır. Örneğin kolun hareketini sağlayan kaslardan biri bükücü kas, diğeri de açıcı kas olarak görev yapar. Kol dirsekten büküldüğünde bükücü kas kasılır, açıcı kas gevşer. Kol açılırken de bükücü kas gevşer, açıcı kas kasılır. Bu hareketler sırasında dirsek bir kaldırıcın destek noktası gibi görev yapar.

-Aynı anda kasılıp aynı anda gevşeyen kaslara **sinerjistik kaslar** denir. Karın ve sırt kasları bu gruba girer.

Ölüm katılığı (rigor mortis)

- Kasılmış kasın ATP yetersizliği sonucu gevşeyememesidir. Çünkü ölümden sonra birkaç saat içinde mevcut ATP tükenmektedir. Bu durumda kalsiyum iyonları sarkoplazmik retikulumdan dışarıya sızmakta ve geriye pompalanıp gevşemenin olması için gerekli ATP olmadığından kaslar kasılı olarak kalmaktadır.

-Yaklaşık oda sıcaklığındaki bir insanda ölümden 3-4 saat sonra görülmeye başlar, 12 saat sonra doruk noktasına ulaşır ve 20 saat sonra ortadan kalkar. Bundan dolayı rigor mortis, adli tıpta yaklaşık ölüm saatini saptamak için kullanılmaktadır.

. Öldükten 15-20 saat sonra ise hücrelerdeki lizozomlar otoliz olayıyla kas proteinlerini parçaladığı için ölüm katılığı ortadan kalkar.

MERAKLISINA

-Uzun süre kovalanan hayvan avlanırsa, eti katı ve laktik asitten dolayı lezzetsiz olur.
-Ben de derim ki boş verin avlamayı bırakın yaşasın hayvancağımız. Belki de bakması gereken yavruları vardır. Ne dersiniz?

Cevap: A

3. Aktin miyozin iplikçiklerinin ve miyozin iplikçiklerinin oluşturduğu A bandının boyu hem kasılma hem de gevşeme sırasında değişmez. Kasılma sırasında Sarkomerin boyunun kısalır, "I" bandı daralır. Gevşeme sırasında ise "Z" çizgileri birbirinden uzaklaşır, "H" bandı tekrar ortaya çıkar. **Cevap: B**

4. Kreatin fosfat, harcadığı için azalır. Oksijen yetersizliğinde fermeantasyon gerçekleşeceği için laktik asit artar. Glukoz tükendiğinde glikojen deposu kullanılacağı için azalır. ATP yıkımı ile ADP ve inorganik fosfat oluşacağı için artar. **Cevap: D**

5. Doğru sıralama; V – III – I – IV – II şeklinde olmalıdır. **Cevap: E**

6. Gevşeme sırasında, A bandı aynı kalır, değişmez. Z çizgileri birbirinden uzaklaşır. Ancak H bandı da uzar, tekrar görünür hal alır. I bandı ise uzar. **Cevap: D**

7. Tek bir kas teli olduğu için "ya hep ya hiç" prensibi geçerlidir. Buna göre, kas, eşik değerindeki bir uyarıya bütün şiddetiyle tepki gösterir. **Cevap: D**

8. I numaralı olayda kas gevşemektedir. Bu durumda I bandının boyu uzar. II numaralı olayda kas kasılmaktadır. Bu durumda asetil kolinin serbest hale geçer. **Cevap: D**

9. **En kısa yoldan** denildiği için sıralama, II. Kreatin fosfat- I. Glukoz- III. Glikojen şeklinde olmalıdır. **Cevap: C**

10. Kas hücrelerinin endoplazmik retikulumuna sarkoplazmik retikulum denir. **Cevap: B**