

Egzersizde Hormonal Değişimler Ve Düzenleme

PROF.DR.MİTAT KOZ

Egzersizde endokrin sistemin amacı ?

- Egzersizin oluşturduğu stresin ortadan kaldırılmasına yardımcı olmak (homeostazis)
 - Artan enerji tüketimi
 - Artan vücut ısısı
 - Artan elektrolit kaybı
 - Su, mineral, asit-baz değişimleri
 - Kalp-dolaşım sistemi fonksiyonlarındaki değişim
 -

Nöro-endokrin sistem

- Vücutta iç ortamdaki dengelerin sabit tutulmasını sağlayacak otonom sistemler bulunmaktadır.
- Bunlar sinir sistemi ve endokrin(hormon) sistemidir.
- Sıklıkla bu iki sistem birlikte çalışırlar ve nöroendokrin sistem olarak adlandırılırlar.

Nöroendokrin sistem çalışma şekilleri Nöronal-Hormonal

- Bu iki sistem kullandıkları mesaj gönderme yolu açısından birbirinden farklıdırlar.
- Endokrin sistem kana **hormon** salgılar,
- Sinir sistemi ise bir sinirden diğerine veya bir sinirden bir dokuya bilgi-haber aktarmak için **nörotransmitter** dediğimiz maddeleri üreterek kullanır.
- Endokrin sistem geç oluşan ancak uzun süreli etkili değişikliklere neden olurken, sinir sistemi daha daha hızlı ve daha kısa süreli etkiler oluşturur.

Dinamik etkileşim

- Hormon reseptörleri dinamik yapıdadır ve fizyolojik gereksinime göre sürekli olarak kendilerini ayarlarlar.
- Upregülasyon;
 - Hormon düzeylerinin azaldığı durumlarda hedef hücrenin reseptör sayısını artırdığı durum.
- Downregülasyon ;
 - Uzun süre yüksek hormon konsantrasyonlarına maruz kalma sonucu hedef hücrenin reseptör duyarlılığını veya sayısını azalttığı durum.

Hormon salgısının kontrolü...

- **Hormonal sekresyonlar genellikle negatif feedback sistemler ile normal seviyede tutulur.**

Endokrin bez aktivitesi 3 yolla uyarılır.

- Hormonal uyarılma
 - Hormonlar birbirlerinin sekresyonunu etkileyebilir.
- Humoral uyarılma
 - Kanda, safrada ve diğer vücut sıvılarındaki bazı iyonların besin öğelerinin değişmesi hormon salgısını uyarır.
- Nöral uyarılma
 - Sinirsel aktivite hormon salgılanmasını etkiler.

Hipofiz bezi

- **Beyinde hipotalamusun hemen altında bulunur.**
- **İki ayrı lobtan oluşmuştur;**
 - Anterior lob (adenohipofiz)
 - Posterior lob (nörohipfiz)
- **Adenohipofiz** gerçek bir endokrin bezdir ve salgı hücreleri ihtive eder.
- **Nörohipfiz** ise hipotalamustan köken alan pek çok sinir ucunun sonlandığı bölümdür.

Nörohipofiz hormonları

- Nörohipofizden hipotalamusta sentezlenen 2 hormon salgılanır.
 1. Antidiüretik hormon (ADH)
 2. Oksitosin

Antidiüretik hormon (ADH)

- **Antidiüretik: idrar atılımını azaltan**
- **ADH diğer adıyla vazopressinin ana görevi vücut sıvı dengesinin düzenlenmesine katkıda bulunmaktır.**
- **ADH'nin hedef organı böbreklerdir.**
- **Böbreklerden su geri emilimini artırarak, idrar yoluyla su atılımını azaltır.**
- **Dehidrasyon ve koma gibi kan sıvı miktarının azaldığı durumlarda ADH salgısı artar.**

- **Egzersizde**
 - plazma volümünün düşmesi,
 - ozmolaritenin artması ve
 - sempatik sistem aktivitesinin artması hipofiz bezinden ADH salgısını artırır.
- Özellikle egzersiz şiddeti % 60 VO₂ max. üzerine çıktığında ADH salgısı da artmaktadır.

Adenohipofiz hormonları

- 1. Growth hormon(GH)-Büyüme hormonu (BH)**
- 2. Prolaktin**
- 3. Tiroid stimüle edici hormon(TSH)**
- 4. Adrenokortikotropik hormon (ACTH)**
- 5. Luteinizan hormon (LH)**
- 6. Follikül stimüle edici hormon (FSH)**
- 7. Melanosit stimüle edici hormon (MSH)**

Büyüme Hormonu (BH)

- **Tek bir özel hedef organı olmayıp bütün vücut bölümlerini etkileyerek büyümeyi uyarır.**
- **En belirgin etkisi çocuklarda ve adolesan dönemde doku kütlesini artırarak (protein sentezi) ve hücre bölünmesini uyararak büyümeyi hızlandırır.**
- **Uzun kemiklerin epifiz plakları üzerine doğrudan etkiyerek epifiz plaklarının devamlılığını sağlar.**

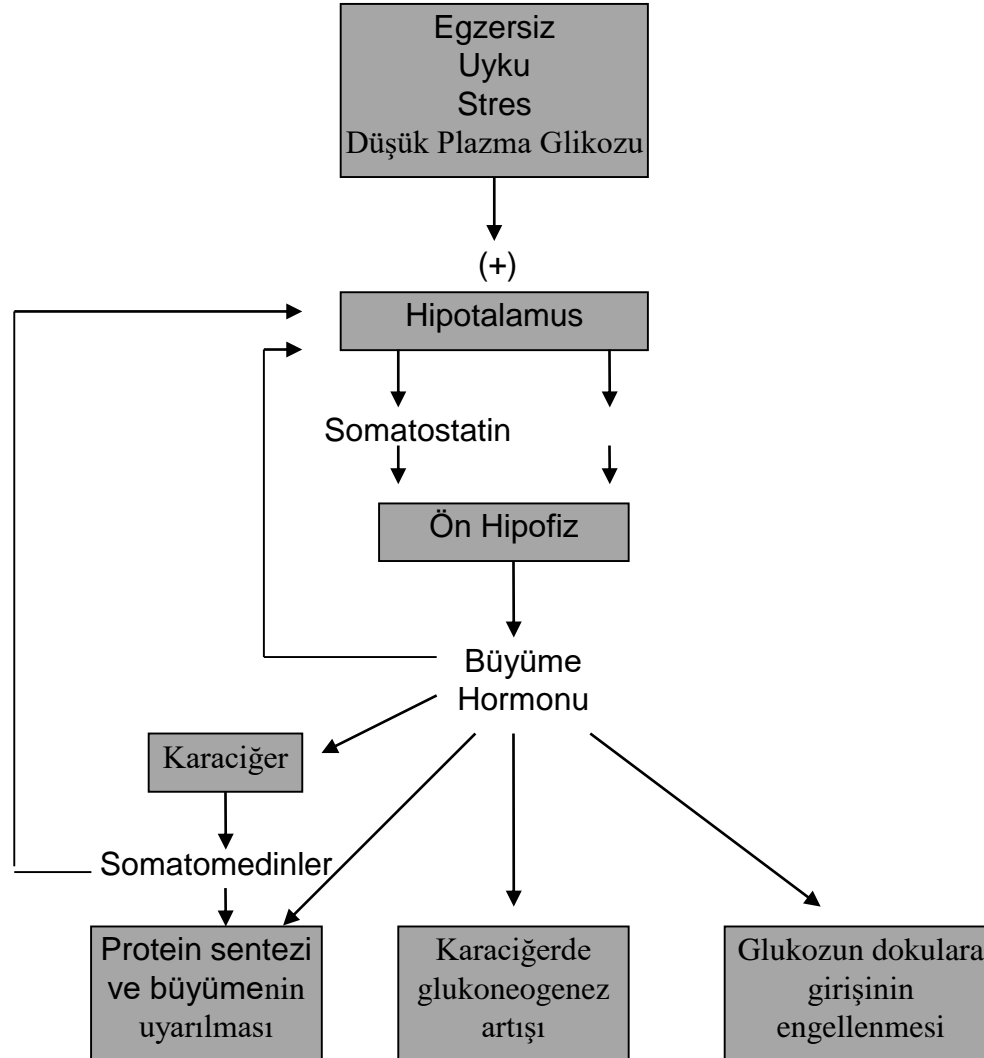
Büyüme Hormonu(BH)

- Ön hipofizden salgılanan BH dokuların protein sentezlemede rol alan ana faktördür.
- BH direkt olarak yada indirekt olarak karaciğerden somatomedinler adı verilen faktörlerin salgısını arttırmak suretiyle etkisini gösterir.
- Ayrıca BH yağ ve karbonhidrat metabolizmasında da etkilidir.
- BH kortizolün etkilerini destekler;
 - dokular tarafından glikoz alımını azaltır,
 - yağ asidi mobilizasyonunu arttırır ve
 - karaciğerde glukoneogenezisi yani glikojen yapımını hızlandırır.
- Net etkisi plazma glikoz konsantrasyonlarını sabit tutmaktır.

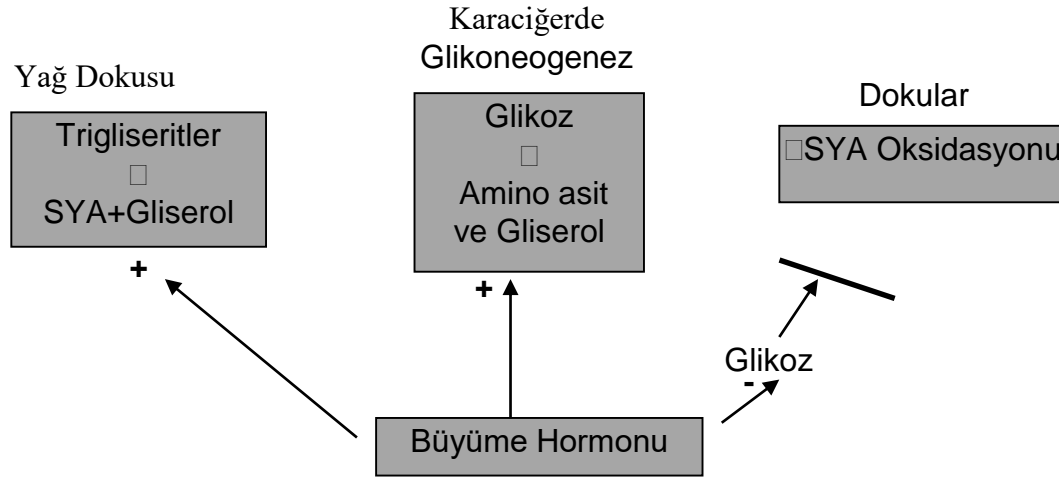
BH nin genel etkileri

- **Protein sentez hızını artırır,**
- **Protein yıkılımını azaltır,**
- **Glikoz kullanımını azaltır, önler;**
 - **enerji kaynağı olarak karbonhidrattan yağa doğru bir kayma olmasını sağlar,**

Büyüme Hormonunun sekresyonunun düzenlenmesi ve etkileri



Büyüme Hormonunun plazma glikozunun ayarlanmasına etkileri



Egzersiz-BH İlişkisi

- Egzersiz ile BH nun kandaki düzeyleri artar ve egzersiz şiddeti arttıkça artış da daha belirgin olur.
- Maksimal bir egzersiz çalışmasında dinlenim değerinin 25 katı kadar artabilir.
- BH egzersizde hemen artmaz, dereceli olarak artar.
- Egzersize BH cevabı bireyin fitness düzeyiyle de yakından ilişkilidir.

Adenohipofiz hormonları

1. **Growth hormon(GH)-Büyüme hormonu (BH)**
2. **Prolaktin**
3. **Tiroid stimüle edici hormon(TSH)**
4. **Adrenokortikotropik hormon (ACTH)**
5. **Luteinizan hormon (LH)**
6. **Folikül stimüle edici hormon (FSH)**
7. **Melanosit stimüle edici hormon (MSH)**

Prolaktin

- **Prolaktinin kadınlarda iki görevi vardır;**
 - 1. Östrojen (dişi cinsiyet hormonu) ile birlikte gebelikte meme bezlerinde meme kanallarının gelişimini uyarır.**
 - 2. Doğumdan sonra meme dokusunda süt üretimini uyarır.**

Prolaktin ve egzersiz

- Prolaktin düzeyleri yüksek yoğunluktaki egzersizde artar ve toparlanmada da 45 dakika içinde normale döner.
- Egzersizin yol açtığı prolaktin değişimleri over fonksiyonlarını inhibe ederek sporcu kadınlarda siklus bozukluklarına yol açabilir.
- Prolaktin düzeyleri maksimal egzersiz sonrası erkeklerde de artar.

Adenohipofiz hormonları

1. **Growth hormon(GH)-Büyüme hormonu (BH)**
2. **Prolaktin**
3. **Tiroid stimüle edici hormon(TSH)**
4. **Adrenokortikotropik hormon (ACTH)**
5. **Luteinizan hormon (LH)**
6. **Folikül stimüle edici hormon (FSH)**
7. **Melanosit stimüle edici hormon (MSH)**

Adrenokortikotropik hormon (ACTH)

- **ACTH böbrek üstü bezinden glukokortikoidler olarak adlandırılan steroid yapılı hormonların üretimini ve salgısını artırır.**
- **ACTH salgısı hipotalamustan salgılanan kortikotropin salgılatıcı hormon tarafından düzenlenir.**
- **Stres, insülin, ADH ve diğer hormonlar kortikotropin salgılatıcı hormon salgısını feedback mekanizmalar ile etkileyerek ACTH salgısını artırırlar.**

ACTH

- Yağ dokudan yağ asidi mobilizasyonunu artırır,
- Glikoneogenezi artırır
- Protein katabolizmasını uyarır

ACTH ve egzersiz

- ACTH düzeyleri egzersiz şiddeti aerobik kapasitenin % 25 ini geçerse egzersizin süresi ve şiddeti ile orantılı olarak artar

Adenohipofiz hormonları

1. **Growth hormon(GH)-Büyüme hormonu (BH)**
2. **Prolaktin**
3. **Tiroid stimüle edici hormon(TSH)**
4. **Adrenokortikotropik hormon (ACTH)**
5. **Luteinizan hormon (LH)**
6. **Folikül stimüle edici hormon (FSH)**
7. **Melanosit stimüle edici hormon (MSH)**

Adenohipofiz hormonları

1. **Growth hormon(GH)-Büyüme hormonu (BH)**
2. **Prolaktin**
3. **Tiroid stimüle edici hormon(TSH)**
4. **Adrenokortikotropik hormon (ACTH)**
5. **Luteinizan hormon (LH)**
6. **Folikül stimüle edici hormon (FSH)**
7. **Melanosit stimüle edici hormon (MSH)**

Endokrin Bezler

- Hipofiz bezi-Hipotalamus
- Tiroid bezi
- Paratiroid bezi
- **Böbrek üstü bezleri**
- Pankreas
- Gonadlar-cinsiyet bezleri
- Diğerleri
 - Böbrekler
 - Pineal bez
 - Timus bezi
 - Kalp
 - Sindirim kanalı

Böbrek Üstü bezleri (Adrenal Bezler)

- **Her bir adrenal bez iki farklı bezin bileşiminden oluşmuştur**
 - **Medülla (iç bölümü),
adrenal medülla**
 - **Kortex (dış bölüm,
medüllanın çevresi),
adrenal kortex**

Adrenal korteks; *Glukokortikoidler*

- **Glukokortikoidler 2 tiptir;**
 - Kortizol
 - Kortikosteron
- **Glukokortikoid etkinin % 95 i kortizole aittir.**
- **Glukokortikoidler karbonhidrat, protein ve yağ metabolizması için gereklidir.**
- **Glukoneogenezi (karbonhidrat dışındaki kaynaklardan karaciğerde glikoz sentezlenmesi) uyarır.**
- **Allerjik reaksiyonları ve inflamatuvar cevapları baskılar.**

Kortizol ve ACTH

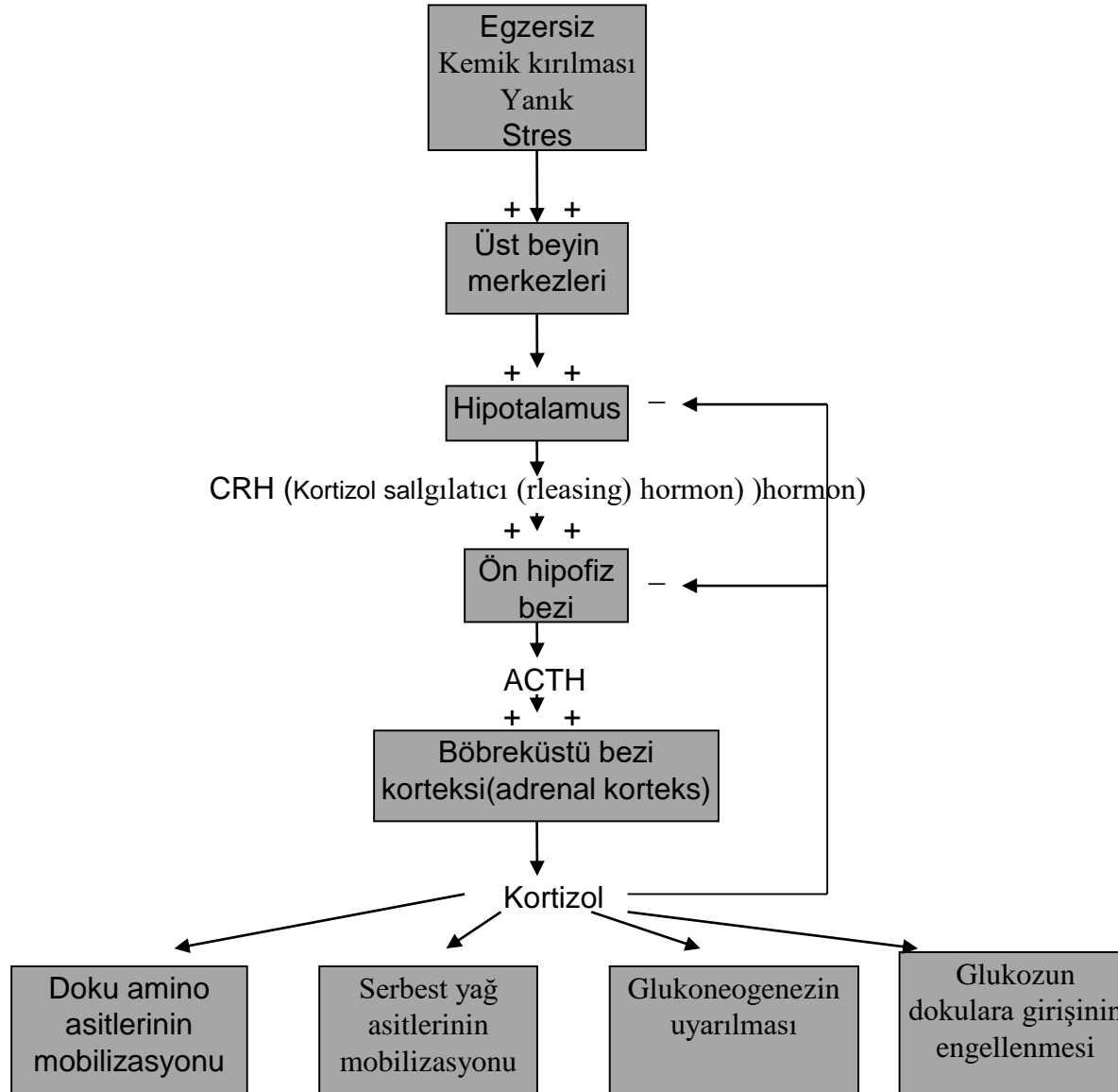
- Böbreküstü bezi korteksinden salgılanan kortizol uzun süreli açlıkta ve uzun süreli egzersizde çeşitli mekanizmalar ile kan glikozunun sabit düzeylerde tutulmasına katkıda bulunur.

Bu mekanizmalar arasında:

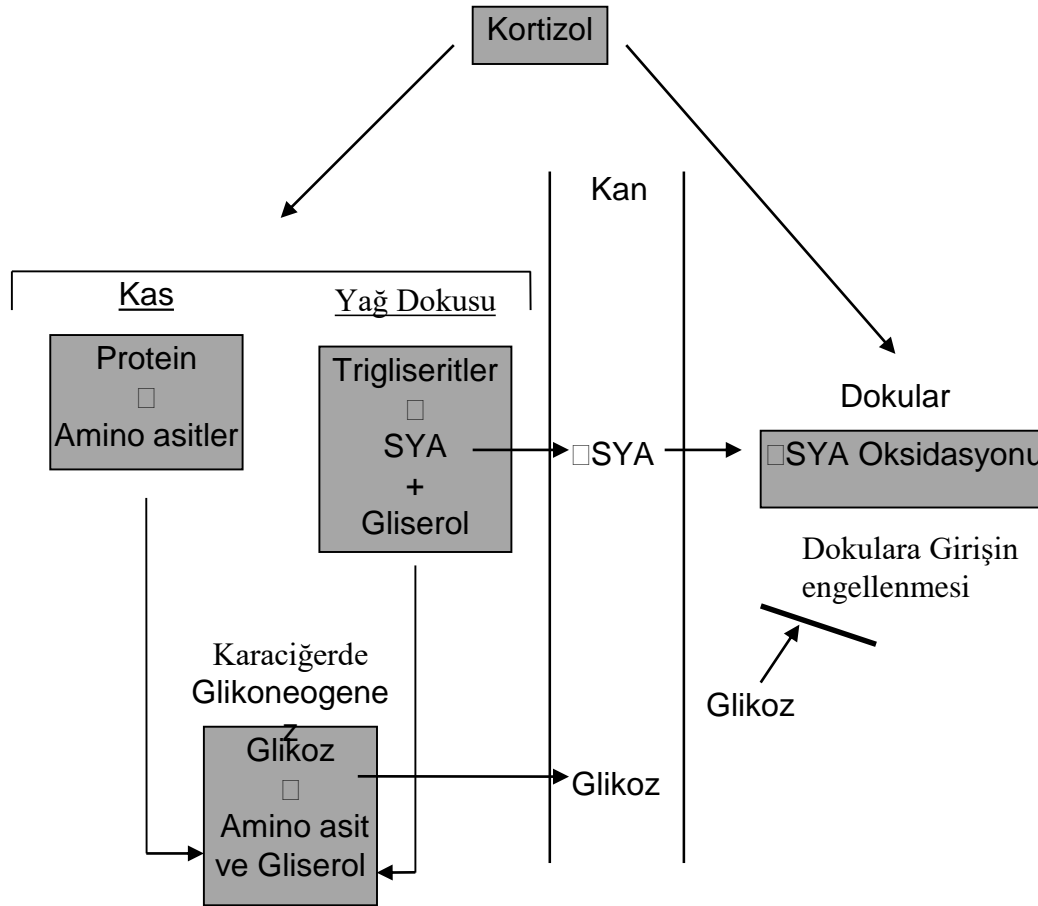
- 1-Dokuların protein yıkılımını arttırarak (protein sentezini inhibe ederek), amino asit oluşmasını ve oluşan amino asitlerin karaciğer tarafından yeni glikoz sentezinde kullanılmasını (glukoneogenezis) arttırmak,
- 2- yağ dokusundan serbest yağ asidi salınımını arttırmak,
- 3-glikoz sentezinde görev alacak karaciğer enzimlerinin sentezini uyarmak,
- 4- glikozun dokulara girişini engelleyerek daha fazla yağ asidi kullanmalarına zorlamak.

- Egzersiz kortizol salgısını etkiler.
- Kortizol salgısı egzersiz şiddetiyle yakından ilişkilidir.
- % 60 VO₂ maksimumun altındaki şiddetlerde yapılan egzersizlerde plazma kortizol düzeyleri düşerken bu şiddetin üzerindeki egzersizlerde ve sonrasında artar.

Kortizol salgılanmasının kontrolü ve etkileri



Kortizolün plazma glikozunun ayarlanmasına etkileri(SYA:Serbest yağ asitleri)

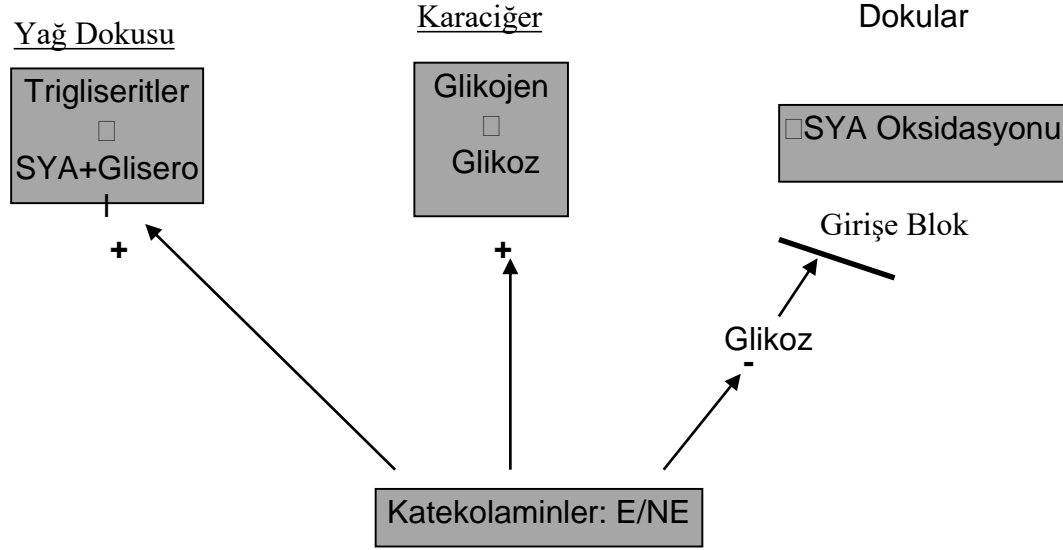


- Hafif egzersizlerde aldosteron salgısında yok denecek kadar az değişme olurken egzersiz şiddeti % 50 VO₂ max. Yaklaştığında renin-anjiotensin ve aldosteron salgıları birbirine paralel olarak artar.

Adrenal Medülla-Katekolaminler

- Adrenal medülladan epinefrin (adrenalin) ve norepinefrin (noradrenalin) salgılanır.
- Medüllanın ana salgısı epinefrindir, az miktarda norepinefrin salgılanır.
- Bu iki hormon sempatik sinir sistemini stimüle eder.
- Epinefrin ve norepinefrin sempatik sinir sistemine benzer etki yaparlar.
- Hormonal etki daha uzun sürer.
- Medülla hormonları stres hormonlarıdır.

Katekolaminlerin Etkileri



Stres durumlarında...

- **Hipofiz bezinden ACTH salgısı uyarılır.**
- **ACTH kas, sindirim, dolaşım ve solunum sistemlerinin strese karşı koyması için adrenal korteks ve medüllayı uyarır.**
 - **Protein yıkılımı uyarılır, açığa çıkan amino asitler enerji kaynağı olarak veya yaralanma durumunda doku tamiri için kullanılır.**
 - **Amino asitler karaciğerde glikoza çevrilir.**
 - **Sempatik sistem etkileri artar.**
- **Uzamış stres durumlarında immün sistem baskılanır ve ciddi hastalıklar ortaya çıkabilir.**

Katekolaminler: Epinefrin ve Norepinefrin

- Böbreküstü bezi (BÖB) medüllasından salınan katekolaminler sempatik sinir sistemi aktivitesiyle yakın ilişkili olduklarından egzersizde katekolamin konsantrasyonlarının artması sürpriz değildir.
- BÖB den salgılanan hormonların büyük bir bölümü yaklaşık % 80 i epinefrindir(E) dir.
- E ve NE
 - kardiyovasküler sistem,
 - solunum sistemi,
 - gastrointestinal sistem,
 - karaciğer,
 - salgı bezleri,
 - kas ve
 - yağ dokusu üzerinde belirgin etkilere sahiptir.

Katekolaminler: Epinefrin ve Norepinefrin etkileri-1

- Bu etkileri kısaca sıralayacak olursak:
 - sempatik sistemin uyarılması salgı bezlerinin kan damarlarını daraltarak sekresyon hızını azaltır,
 - ter bezlerinin yoğun ter salgılamasına neden olur,
 - gastrointestinal sistem fonksiyonlarını azaltarak besinlerin kanal boyunca ilerlemesini yavaşlatır,
 - kalbin kasılma gücünü, frekansını ve ileti hızını arttırır,
 - karın içi organların, derinin, salgı bezlerinin arteriyollerinde daralma,
 - iskelet kası, karaciğer arteriyollerinde ve akciğer bronşlarında genişlemeye neden olur.

Katekolaminler: Epinefrin ve Norepinefrin etkileri-2

- Ayrıca E ve NE;
 - karaciğerden glikoz,
 - yağ dokusundan da serbest yağ asidi mobilizasyonunu da artırır.
- E karaciğerden glikoz mobilizasyonunda rol alan ana katekolamin dir.

Egzersizizin etkisi

- Plazma E ve NE egzersizin süresiyle lineer olarak artar.
- Bu artışlar egzersize kardiyovasküler sistemdeki ayarlamaları yapmanın yanında yakıt mobilizasyonundaki ayarlamalara da yardım eder.
- Plazma katekolamin konsantrasyonlarındaki artışlar egzersiz süre ve şiddetiyle yakından ilişkilidir, süre ve şiddet arttıkça salgıda artar.

Düzenli egzersizin etkisi-1

- Uzun süreli düzenli egzersiz çalışması belirli bir iş yüküne verilen katekolamin cevabını lineer bir şekilde azaltır.
- Egzersiz çalışması maksimal bir egzersize plazma katekolamin cevabının antrene bireylerde sedanterlerden daha yüksek olmasına neden olur.

Düzenli egzersizin etkisi-2

- Katekolamin salgılama kapasitesinin düzenli egzersiz ile artması kardiyovasküler ve metabolik sistem fonksiyonlarını artırarak egzersiz performansının artışına yardım eder.
- Diğer yandan düzenli egzersiz eğitimi ile aynı iş yüküne verilen katekolamin cevabının azalması dinlenim halinde ve normal günlük yaşam aktivitelerinde kardiyovasküler ve metabolik sistemlere binen stresi ve beraberinde de genel stresi azaltarak olumlu etkiler sergiler.

Endokrin Bezler

- Hipofiz bezi-Hipotalamus
- Tiroid bezi
- Paratiroid bezi
- Böbrek üstü bezleri
- **Pankreas**
- Gonadlar-cinsiyet bezleri
- Diğerleri
 - Böbrekler
 - Pineal bez
 - Timus bezi
 - Kalp
 - Sindirim kanalı

Pankreas

- Pankreas sindirimkanalına enzim salgılayan **egzokrin bir bez** ve kana hormon salgılayan **endokrin bir organ** olarak işlev görür.
- Hormonlar pankreasın endokrin bölümündeki pankreatik adacıklarda senteslenir, depolanır ve salgılanır.

Pankreas hormonları

- **Pankreatik adacıklardan;**
 - 1. Glukogon (alfa hücreleri)**
 - 2. İnsülin (beta hücreleri)**
 - 3. Somatostatin (delta hücreleri)**
 - 4. Pankreatik polipeptid(F hücreleri) sentezlenir.**

Pankreas hormonları;

Glukagon

- **Glikojenin glikoza çevrilmesini (glikojenoliz) uyararak kan glikozunu yükseltir.**
- **Yağ dokusundan yağ asidi ve gliserol salınımını uyararak enerji için yağ kullanımını teşvik eder.**
- **Bu nedenlerle glukagon hiperglisemik bir hormondur.**

Pankreas hormonları; **İnsülin**

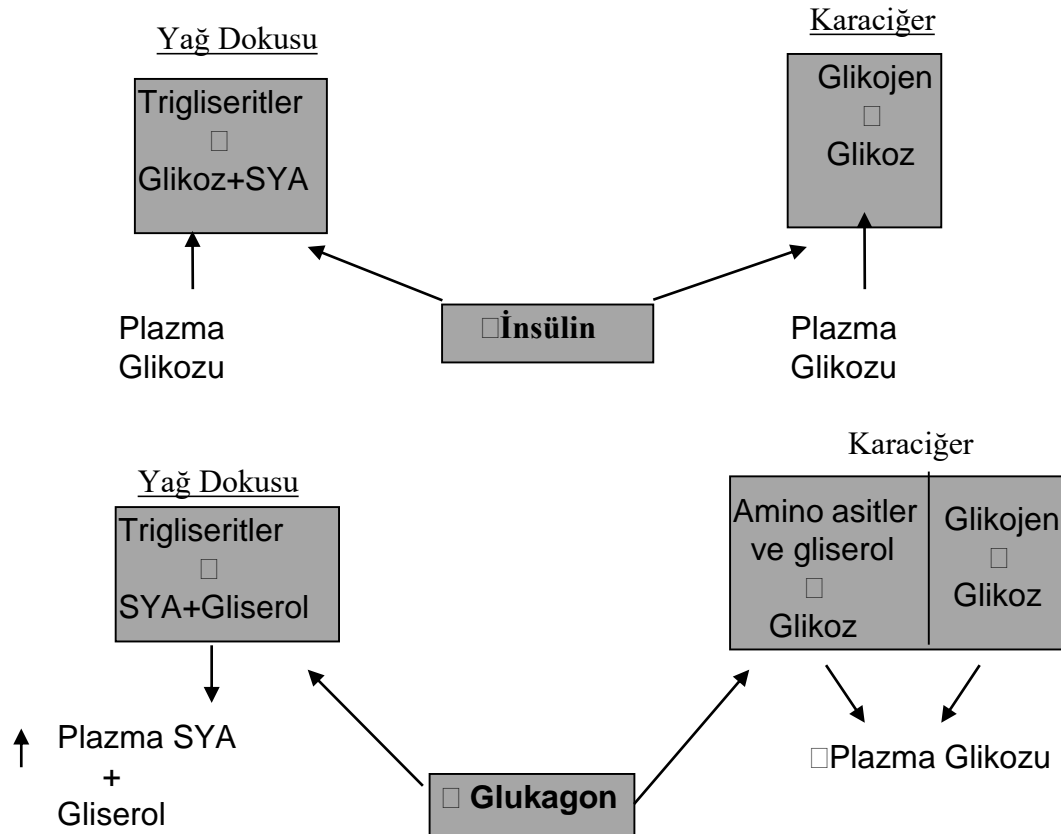
- **İnsülin glukagonun tersi etkilere sahiptir.**
- **Dokulara glikoz girişini artırarak kan glikoz düzeylerini düşürür.**
- **Glikozun glikojene çevrilmesini (glikogenez) uyararak depo edilmesini sağlar.**

İnsülin Ve Glukagon

İnsülin

- Pankreastan insülin sekresyonu
 - plazma glikoz konsantrasyonu,
 - plazma amino asit konsantrasyonu,
 - sempatik ve parasempatik sinir stimülasyonu ve
 - çeşitli hormonlar tarafından kontrol edilmektedir.
- Kan glikoz konsantrasyonlarındaki değişiklik ana uyarı kaynağıdır.

İnsülin ve Glukagonun Etkileri



Diabetes Mellitus

- **Pankreas beta hücrelerince yeterli miktarda insülin üretilemediği zaman diabetes mellitus adı verilen hastalık ortaya çıkar.**
- **Hiperglisemi:kan glikozunda yükselme**
- **Fazla insülin hipoglisemiye yol açar.**
- **İnsülin ve glukagonun her ikisi de kan glikozu tarafından kontrol edilir.**

Diabetes mellitus

- İnsülin eksikliğinde dokular glikozu kandan alamayacakları için, kan glikoz düzeyleri yükselir.
- Buna diabetes mellitus denir.

İnsülin Ve Glukagon

Glukagon

- İnsülinin tersine glukagon;
 - karaciğerden glikoz mobilizasyonunu,
 - yağ asitlerinden yağ asidi mobilizasyonunu artırarak
 - kan glikoz konsantrasyonlarını yükseltici etkiler sergiler.

İnsülin Ve Glukagon

- Glikoz ve serbest yağ asitlerinin her ikisi de enerji için gerekli olduklarından egzersiz anında egzersizin şiddeti ile orantılı olarak;
 - glukagon konsantrasyonları artarken,
 - insülin konsantrasyonları düşer.
- Çünkü egzersiz anında en önemli olaylardan birisi kan glikoz konsantrasyonlarının sabit tutulmasıdır.
- Egzersiz anında düşen insülin ve artan glukagon konsantrasyonları kan glikozunun sabit tutulmasına katkıda bulunurlar.
- Egzersiz anında düşük insülin konsantrasyonları karaciğerden glikoz, yağ dokusundan da yağ asidi salınımını artırır.

Düzenli egzersizin etkileri...

- Diğer yandan düzenli uzun süreli egzersiz programları sonrası, aynı iş yüküne verilen insülin cevabı, yani egzersiz anında insülinin düşmesi azalmaktadır.
- Uzun süreli düzenli egzersiz insülin reseptörlerinin duyarlılığını artırarak, yani aynı etki için daha az insülin kullanılmasına yol açarak bu etkisini gerçekleştirmektedir.

Endokrin Bezler

- Hipofiz bezi-Hipotalamus
- Tiroid bezi
- Paratiroid bezi
- Böbrek üstü bezleri
- Pankreas
- **Gonadlar-cinsiyet bezleri**
- Diğerleri
 - Böbrekler
 - Pineal bez
 - Timus bezi
 - Kalp
 - Sindirim kanalı

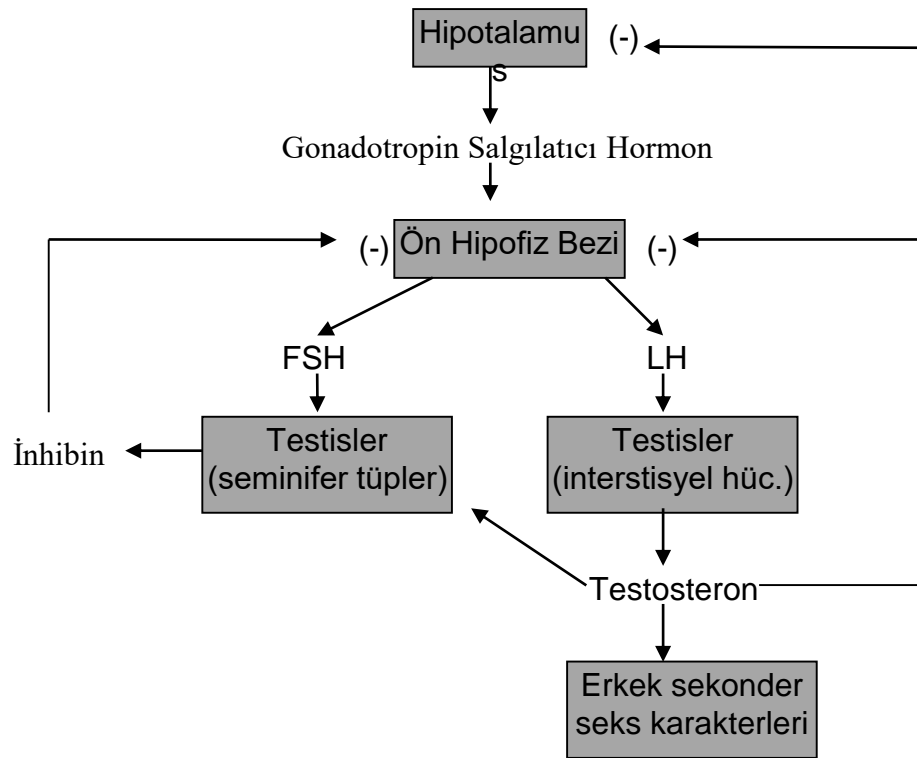
Gonadlar: Cinsiyet bezleri

- **Gonadlar kadında overler erkekte ise testislerdir.**
- **Gonadlar üreme fonksiyonlarını kontrol eden hormonlar salgırlar.**
- **Erkeklerde ana cinsiyet hormonu testesteron, kadınlarda ise östrojen, progesteron ve relaxindir.**

Testesteron

- Testislerin interstitiel hücrelerinden salgılanır.
- FSH ve LH ile birlikte spermatogenezi (sperm üretimi) uyarır.
- Erkek cinsiyet organlarının gelişimi ve devamlılığı için gereklidir.
- İkincil cinsiyet özelliklerinin gelişimini uyarır;
 - Yüzde ve pubik bölgede kıllanma
 - Larinkste genişleme
 - Sesin kalınlaşması
 - Kaslılığın artması

Testosteron salgılanmasının kontrolü ve etkileri



- Plazma testosteron düzeyleri genç ve yaşlı erkeklerde akut bir egzersiz sonrası artar.
- Ayrıca antrene bireyler maksimal bir egzersize daha fazla androjen cevabı gösterirler.
- Egzersize testosteron cevabı çalışma süresi ve toplam yapılan işten ziyade çalışma yoğunluğu ile ilişkilidir.
- Erkeklerle nazaran çok daha az olmasına karşın kadınlarda da plazma testosteron düzeyleri egzersizle artar.

- Kronik egzersiz çalışması seks hormonlarının salgılanma düzenlerini etkileyerek bayan sporcularda siklus bozukluklarına yol açabilir.
- Örneğin endurans atletlerinin % 29 unda primer amenoreye (siklusların başlamasının 16 yaşına kadar gecikmesi) veya sekonder amenoreye (menstruel siklusların yok olması) yol açtığı gösterilmiştir.
- Özellikle sekonder amenore düşük östrojen düzeylerine yol açmaktadır.
- Düşük östrojen de kemik mineral yapısını olumsuz etkileyerek özellikle yaşlarda osteoporozaya yol açmaktadır.