

10. Hafta Oksidatif Fosforillenme ve Fotofosforillenme

Oksidatif fosforillenme aerobik organizmalarda ki enerji metabolizmasının son basamağıdır. Karbohidratlar, yağlar ve amino asitlerin yıkımı ile ilgili tüm oksidatif adımlar, hücre sel solunumun bu son aşamasında birleşir. Oksidasyon enerjisi ATP sentezlemek için kullanılır.

Fotosentetik organizmalar, biyosferdeki başlıca enerji kaynağı olan güneş ışığından yararlanırlar ve fotofosforillenme yoluyla ATP sentezlerler.

Birçok organizma tarafından sentezlenen ATP'nin önemli bir bölümü, çoğunlukla oksidatif fosforillenme ve fotofosforillenme yoluyla sağlanır.

Ökaryotlarda, oksidatif fosforillenme mitokondrilerde, fotofosforillenme ise kloroplastlarda gerçekleşir. Oksidatif fosforillenmede, NADH ve FADH₂ tarafından verilen elektronlar ile O₂, H₂O'ya indirgenir.

Mitokondrilerde ve kloroplastlarda ATP sentezi gerçekleşir.

Mitokondrinin biyokimyasal anatomisi

Gerekli şekiller tahtada gösterilmektedir

Hipoteze göre, biyolojik oksidasyon tepkimelerinden kazanılan enerji, zar boyunca proton derişimi farkı şeklinde saklanır. Bu kemiosmotik teori, yirminci yüzyıl biyolojisinin en önemli birleştirici ilkelerinden biri olarak kabul edilir.

Oksidatif fosforillenmeyle başlayan bu bölümde öncelikle, elektron aktarım zincirinin bileşenlerini, mitokondri iç zarında büyük işlevsel kompleksler şeklindeki düzenlenmesi, bu kompleksler üzerinden geçen elektronların akış yolunu ve bu akış ile birlikte gerçekleşen proton hareketlerini tanımlıyoruz.

Işığın fotosentetik pigmentler tarafından soğurulması, ışık enerjisi ile ilerleyen tepkimeler yoluyla H₂O'dan NADP⁺ 'ye elektron akışı ve elektron aktarımı ile proton hareketinin eşleştirilmesinin moleküler temelini açıklıyoruz.

OKSİDATİF FOSFORİLLENME

Kemiosmotik teori, oksidatif fosforillenme ve fotofosforillenme gibi birçok biyolojik enerji dönüşümünün anlaşılması için düşünsel bir çerçeve sağlar. Enerji eşleştirme mekanizması her iki durumda da benzerdir: elektron akışı enerjisi protonların zarın karşı tarafına pompalanması şeklinde saklanır ve elektrokimyasal fark oluşur; bu da proton hareket kuvvetidir.

Mitokondrideki Elektron Aktarma Tepkimeleri

Mitokondride, hidrür iyonlarını substratlarından uzaklaştıran NAD-bağımlı dehidrogenazlar elektronları solunum (elektron aktarma) zincirine aktarırlar. Elektronlar bu zincir üzerinden moleküler O₂'e aktarılırlar ve O₂, H₂O'ya indirgenir.

Gerekli şekiller tahtada gösterilmektedir

Elektronlar Genel Elektron Alıcılarına Verilir

Nikotinamid nükleotit-bağlı dehidrogenazlar, Flavoproteinler, Ubikinon, Sitokromlar, Demir-kükürt proteinleri.

Gerekli şekiller tahtada gösterilmektedir

Elektronlar Zara Bağlı Bir Dizi Taşıyıcı Üzerinden Geçer

Mekik sistemleri indirgeyici eşdeğerleri sitozolik NADH'den mitokondriyel NADH'ye aktarırlar. NADH-bağımlı dehidrojenlenme tepkimelerinden gelen tüm indirgeyici eşdeğerler, mitokondriyel NADH dehidrogenaza (Kompleks I) aktarılırlar.

Bazı elektronlar, taşıyıcıların oluşturduğu bu zincire değişik yollar üzerinden girerler. Süksinat, süksinat dehidrogenaz (Kompleks II) tarafından yükseltgenir.

İndirgeyici eşdeğerler daha sonra, bir dizi Fe-S merkezi üzerinden geçerek ubikinona aktarılırlar. Ubikinon elektronları Kompleks III'ün ilk taşıyıcısı olan sitokrom b'ye aktarır. Bu komplekste, elektronlar bir Fe-S merkeze iki ayrı yol (iki tane b-tip sitokrom ve sitokrom c1) üzerinden aktarılırlar. Fe-S merkezi her defasında bir elektronu sitokrom c üzerinden Kompleks IV'e (sitokrom oksidaz) verir. Bu bakır içeren enzim, ayrıca sitokrom a ve a₃ de içerir. Elektronları biriktirerek daha sonra O₂'e verir ve H₂O'ya indirger.

Gerekli şekiller tahtada gösterilmektedir

Çoklu Enzim Komplekslerinde Elektron Taşıyıcılar Görev Yapar

Kompleks I: NADH'dan Ubikinona
Kompleks II: Süksinattan Ubikinona
Kompleks III: Ubikinondan Sitokrom c'ye
Kompleks IV: Sitokrom c'den O₂'e

Elektron Aktarma Enerjisi Proton Farkı Şeklinde Etkin Olarak Saklanır

Gerekli şekiller tahtada gösterilmektedir

Proton Hareket Kuvveti

Gerekli şekiller tahtada gösterilmektedir

Oksidatif Fosforillenme Sırasında Reaktif Oksijen Türleri Oluşur

Mitokondride oluşan ve potansiyel tehlike yaratan reaktif oksijen türleri, süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz gibi koruyucu enzimler tarafından inaktifleştirilirler.

Gerekli şekiller tahtada gösterilmektedir

ATP Sentezi

Proton derişimi farkı ATP şekline nasıl dönüştürülür?

Elektronların Kompleks I, III ve IV üzerinden akışı sonucu, protonlar iç zardan pompalanır. Bu da, matriksi zarlar arası bölgeye kıyasla daha bazık yapar. Bu proton farkı, iç zardaki ATP

sentazın (FoF1 kompleksi) ADP ve Pi'den ATP sentezlemesi için enerji (proton hareket kuvveti şeklinde) sağlar.

Protonların ATP sentaz ile bağlantılı bir proton kanalından geçerek, matrikse pasif olarak geri dönüşü sırasında ATP sentezlenir.

Gerekli şekiller tahtada gösterilmektedir

ATP Sentaz İşlevsel İki Bölge İçerir: Fo ve F1

ATP sentaz "çevrimsel kataliz" gerçekleştirir. Fo üzerinden gerçekleşen proton akışı nedeniyle, F1'deki üç nükleotit bağlanma bölgesinden her biri (ADP+Pi)-bağlı, ATP-bağlı ve boş olmak üzere farklı konformasyonlarda bulunur.

Kompleks V

Gerekli şekiller tahtada gösterilmektedir

F1 Yüzeyinde ADP Yerine ATP'nin Daha Kararlı Olması Sağlanır

Proton Farkı ATP'nin Enzim Yüzeyinden Ayrılmasını Sağlar

Enzim üzerinde ATP oluşumu çok az bir enerji gerektirir. Proton hareket kuvvetinin rolü, sentaz üzerindeki bağlanma bölgesinden ATP'yi uzaklaştırmaktır.

Proton Hareket Kuvveti Aktif Taşınma için Enerji Sağlar

Gerekli şekiller tahtada gösterilmektedir

Kemiosmotik Eşleşme Nedeniyle O₂ Tüketimi ve ATP Sentezinde Tam Sayılı Olmayan Bir Sitokiyometri Vardır

H₂O'ya indirgenen her O₂ başına sentezlenen ATP oranı (P/O oranı), elektronlar solunum zincirine Kompleks I üzerinden girerlerse 2,5; ubikinon üzerinden girerlerse 1,5'dir.

Mekik Sistemleri Sitozolik NADH'yi Oksidasyon için Mitokondriye Taşır

İç mitokondri zarı NADH ve NAD⁺'ye karşı geçirgen değildir. NADH eşdeğerleri sitozolden matrikse, iki mekik sisteminden biri tarafından taşınır.

Malat-aspartat mekiği ve Gliserol 3-fosfat

Gerekli şekiller tahtada gösterilmektedir