# ဆဲလ်ဗေဒ

## အခန်း ၂

အကြောင်းအရာများအားအချက်ပြပါ


ဆဲလ်သီအိုရီ
ဆဲလ်များလေ့လာတွေ့ရှိချက်
ဆဲလ်ဖွဲ့စည်းတည်ဆောက်ပုံ၏ခြုံငုံသုံးသပ်ချက်
Endoplasmic Reticulum နှင့် Segregated Synthesis
ကြမ်းတမ်းသော endoplasmic reticulum
ချောမွေ့သော endoplasmic reticulum
Golgi Complex နှင့် Exocytosis
Golgi ရှုပ်ထွေးမှု၏အခန်းကဏ္ဍ
exocytosis အားဖြင့်အထွက်
Lysosomes နှင့် Endocytosis
ရေးမြို့နယ်၏အခန်းကဏ္ဍ
Endocytosis ဖြစ်တယ်
Peroxisomes နှင့် Detoxification
Mitochondria နှင့် ATP ထုတ်လုပ်မှု
Glycolysis နည်း
mitochondria ၏အခန်းကဏ္ဍ:: citric acid cycle နှင့် oxidative phosphorylation
aerobic နှင့် anaerobic အခြေအနေများတွင် ATP ၏မျိုးဆက်
ATP အသုံးပြုမှု
Ribosomes နှင့် Protein Synthesis
ဆယ်လူလာထရပ်ကားများကဲ့သို့ Vaults များ
Centrosome, Centrioles နှင့် Microtubule အဖွဲ့အစည်း
Cytosol: ဆဲလ်ဂျယ်
Cytoskeleton: ဆဲလ်“ အရိုးနှင့်ကြွက်သား”
microtubules များ၊ microfilaments များနှင့်အလယ်အလတ်အဆင့်များ filaments


http: // www တွင် CengageNOW သို့ဝင်ရောက်ပါ .cengage.com/ sso/ သင်ယူလေ့လာရန်အခွင့်အလမ်းတစ်ခုအတွက် ခက်ခဲသောသဘောတရားများကိုကိုယ်တိုင်လေ့လာခြင်းဖြင့်သရုပ်ဖော်သော module သင်ခန်းစာများ၊ ကာတွန်းများနှင့်အပြန်အလှန်ဆက်သွယ်နိုင်သောပဟေဠိများသင်သင်ယူရန်ကူညီသည်။ ပြန်လည်သုံးသပ်ခြင်းနှင့်ဇီဝကမ္မဗေဒဆိုင်ရာသဘောတရားများကိုလေ့လာပါ။

## ဆဲလ်သီအိုရီ

သက်ရှိဆဲလ်များကိုဖြစ်စေသောဓာတုပစ္စည်းများတူညီသော်လည်း၊ သက်မဲ့အရာဝတ္ထုတွေမှာတွေ့ရှိခဲ့တာကြောင့်သုတေသီတွေကမတတ်နိုင်ခဲ့ပါဘူး ဤဓာတုပစ္စည်းများကိုဓာတ်ခွဲခန်းတစ်ခုတွင်သက်ရှိဆဲလ်များအဖြစ်စုစည်းပါ။ ဘဝ ထူးခြား။ ရှုပ်ထွေးသောအဖွဲ့အစည်းနှင့်ရည်ရွယ်ချက် ဆဲလ်အတွင်း၌ဤသက်မဲ့ဓာတုပစ္စည်းများပါဝင်သည်။ ဆဲလ်များ၊ အသေးငယ်ဆုံးသောသက်ရှိအဖွဲ့အစည်းများ၊ နေထိုင်ရန်အဆောက်အအုံများအဖြစ်ဆောင်ရွက်သည် ခန္ဓာကိုယ်တစ်ခုလုံးသည်အလွန်ရှုပ်ထွေးသည်။ ထို့ကြောင့်ဆဲလ်များသည် ဓာတုပစ္စည်းများနှင့်လူသားများအကြားပေါင်းကူးတံတား (နှင့်အခြားသက်ရှိများအားလုံး ganisms) ဆဲလ်ပေါင်းစုံပါ ဝ င်သောသက်ရှိအားလုံး၏ခန္ဓာကိုယ်လုပ်ဆောင်ချက်များ စုပေါင်းဖွဲ့စည်းတည်ဆောက်ပုံနှင့်လုပ်ဆောင်နိုင်မှုစွမ်းရည်ပေါ်မူတည်သည်။ ၎င်း၏တစ် ဦး ချင်းစီဆဲလ်များ၏စွမ်းရည်များ ဒါ့အပြင်ဆဲလ်အသစ်တွေအားလုံး ဘဝသစ်သည်ယခင်တည်ရှိနေသောဆဲလ်များကိုခွဲခြင်းမှမဟုတ်ဘဲပေါ်ထွက်လာသည် အသက်မဲ့ရင်းမြစ်များ ဤအသက်တာတည်မြဲမှုကြောင့်ဆဲလ်များဖြစ်သည် သက်ရှိအားလုံးသည်အခြေခံအားဖြင့်ဖွဲ့စည်းပုံနှင့်ဆင်တူသည် သတ်မှတ်ချက် ▲ ဇယား ၂-၁ တွင်သိထားသည့်ဤအခြေခံမူများကိုအကျဉ်းချုပ်ဖော်ပြထားသည် **ဆဲလ်သီအိုရီအရ** စုပေါင်းသည် ။ လကိုပိုမိုနက်ရှိုင်းစွာစုံစမ်းခြင်းဖြင့် lecular ဖွဲ့စည်းတည်ဆောက်ပုံနှင့်ဆဲလ်များဖွဲ့စည်းခြင်း ခန္ဓာကိုယ်၊ ခေတ်သစ်ရူပဗေဒပညာရှင်များသည်ပိုမိုကျယ်ပြန့်သောအရာများကိုဖြေရှင်းနေသည် ခန္ဓာကိုယ်အလုပ်လုပ်ပုံ၏လျှို့ဝှက်ချက်များ

## ဆဲလ်များလေ့လာတွေ့ရှိချက်

လူ့ခန္ဓာကိုယ်ကိုဖွဲ့စည်းထားသောဆဲလ်များသည်အလွန်သေးငယ်။ ၎င်းတို့သည်မလုပ်ဆောင်နိုင်ပါ အကူအညီမပါသောမျက်လုံးဖြင့်မြင်နိုင်သည်။ အသေးငယ်ဆုံးမြင်နိုင်သောအမှုန်သည် ၅ မှ ၅ ဖြစ်သည် ပျမ်းမျှအားဖြင့်သာမန်လူ့ဆဲလ်ထက် ၁၀ ဆပိုကြီးသည် အချင်း ၁၀ မှ ၂၀ မိုက်ခရိုမီတာ (မီတာ ၁ ဒသမ ၁ မီတာ) မီတာ) ပျမ်းမျှအရွယ်ဆဲလ် ၁၀၀ ခန့်သည်ဘေးချင်းယှဉ်လျက်ရှိသည် ၁ မီလီမီတာ (၁ မီလီမီတာ ၁ ၀၀၀) သာအကွာအဝေးကိုဆွဲဆန့်လိမ့်မည် တစ်မီတာ; ၁ မီတာ ၃၉.၃၇ လက်မ) (နှိုင်းယှဉ်မှုအတွက်နောက်ဆက်တွဲ A ကိုကြည့်ပါ မက်ထရစ်ယူနစ်များနှင့်၎င်းတို့၏အင်္ဂလိပ်စာညီမျှမှုများ ဒီအူအတက် ဆက်နွယ်နေသောဆဲလ်များ၏အရွယ်အစားနှိုင်းယှဉ်ပုံကိုလည်းပေးသည် အခြားရွေးချယ်ထားသောအဆောက်အအ ဦး များသို့

၁၇ ခုအလယ်၌မိုက်ခရိုစကုပ်ကိုတီထွင်သည်အထိဖြစ်သည် ရာစုနှစ်များကဆဲလ်များရှိနေကြောင်းသိပ္ပံပညာရှင်များမသိခဲ့ပေ။ de- နှင့် ၁၉ ရာစုအစောပိုင်းတွင်ပိုမိုကောင်းမွန်သောအလင်းရောင်မိုက်ခရိုစကုပ်များတည်ဆောက်ခြင်း၊ အပင်နှင့်တိရိစ္ဆာန်အားလုံးသည် indi- များပါ ဝ င်သည်ကိုသူတို့သိလာသည်။ vidual ဆဲလ်များ ပျားတစ်ကောင်၊ လူသားတစ် ဦး နှင့်ဝေလငါးများ၏ဆဲလ်များ အားလုံးအရွယ်အစားတူကြသည်။ ပိုကြီးတဲ့မျိုးစိတ်တွေမှာဆဲလ်တွေပိုများတယ် ဆဲလ်ပိုကြီးပါတယ်။ ဤအစောပိုင်းစုံစမ်းစစ်ဆေးသူများသည်ဆဲလ်များကိုရှာဖွေတွေ့ရှိခဲ့သည် microscopic စွမ်းရည်များပေးသောအရည်တစ်ခုနှင့်ပြည့်နေသည် ထိုအချိန်ကယူနီဖောင်းနှင့်ဟင်းရည်အရောအနှောဖြစ်ပုံရသည်





▲ TABLE 2-1 **ဆဲလ်၏အခြေခံမူများ သီအိုရီ**

- အဆိုပါဆဲလ်အသေးဆုံးအခြေခံအဆောက်အဦးများနှင့်အလုပ်လုပ်တဲ့ယူနစ်ဖြစ်ပါတယ် ca- ဘဝဖြစ်စဉ်များကိုအကောင်ထည်ဖော်နိုင်သည်။
- ဦးချင်းစီကလာပ်စည်း၏အလုပ်လုပ်တဲ့လုပ်ငန်းများကို spe- အပေါ်မူတည် ဆဲလ်၏ဖွဲ့စည်းတည်ဆောက်ပုံဆိုင်ရာဂုဏ်သတ္တိများ

အလင်းရောင်အဏုကြည့်မှန်ထက်အဆ ၁၀၀ ပိုအစွမ်းထက်သည်။ ) ယခု သိပ္ပံပညာရှင်များသည်ပိုမိုခေတ်မီသောအဏုကြည့်မှန်၊ ဓာတုနည်းစနစ်၊ ဆဲလ်ယဉ်ကျေးမှုနည်းပညာနှင့်မျိုးရိုးဗီဇ neering၊ ဆဲလ်၏ပုံစံသည်အဏုကြည့်မှန်ဘီလူးကဲ့သို့ပုံစံမရှိပေ အရည်သည်ဆဲလ်အဖြစ်ကျွန်ုပ်တို့လက်ရှိနားလည်မှုကိုနည်းလမ်းပေးသည် ရှုပ်ထွေး။ အလွန်စုစည်းထားသောခွဲခြမ်းထားသောဖွဲ့စည်းပုံ (ပူးတွဲပါ boxed အင်္ဂါရပ်၊ ■ အယူအဆများ၊ စိန်ခေါ်မှုများ ကိုကြည့်ပါ ။ စိတ် ဝ င်စားစရာအခန်းတစ်ခန်းသို့တစေ့တစောင်းကြည့်ရန်နှင့်အငြင်းပွားဖွယ်ရာများ

- s ဆဲလ်များသည် multicellular အားလုံး၏သက်ရှိအဆောက်အ ဦး များဖြစ်သည် သက်ရှိများ။
- organ သက်ရှိတစ် ဦး ၏ဖွဲ့စည်းပုံနှင့်လုပ်ဆောင်ချက်သည်နောက်ဆုံးတွင်မူတည်သည် စုပေါင်းဖွဲ့စည်းတည်ဆောက်ပုံဆိုင်ရာလက္ခဏာများနှင့်လုပ်ဆောင်ချက်အပေါ် ၎င်း၏ဆဲလ်များ၏စွမ်းရည်
- အားလုံးအသစ်ကဆဲလ်များနှင့်အသက်တာသစ် preexisting ထံမှသာပေါ်ထွန်း ဆဲလ်များ
- အားလုံး organ- ၏ဆဲလ်တွေကြောင့်ဘဝ၏ဤဆက်လက်၏ isms များသည်ဖွဲ့စည်းတည်ဆောက်ပုံနှင့်လုပ်ဆောင်ချက်၌အခြေခံအားဖြင့်ဆင်တူသည်။

တွေ့ရခဲ့သော“ ဘဝအကြောင်းအရာများ” ဟုယုံကြည်ကြသည်။ ၁၉၄၀ ပြည့်လွန်နှစ်များ ရှာဖွေသူများသည်သက်ရှိများကိုကြည့်ရှုရန်အီလက်ထရွန်မိုက်ခရိုစကုပ်ကိုပထမဆုံးအသုံးပြုခဲ့သည် ကိစ္စ၊ သူတို့သည်မတူကွဲပြားမှုကြီးနှင့်ရှုပ်ထွေးမှုကိုနားလည်လာသည် ဆဲလ်များ၏အတွင်းပိုင်းဖွဲ့စည်းပုံ (အီလက်ထရွန်မိုက်ခရိုစကုပ်များဖြစ်ကြသည်

ဆဲလ်ယဉ်ကျေးမှုသမိုင်း

## ဆဲလ်ဖွဲ့စည်းတည်ဆောက်ပုံ၏ခြုံငုံသုံးသပ်ချက်

လူသားတစ် ဦး ၏ခန္ဓာကိုယ်၌ဆဲလ်ပေါင်းသန်းနှင့်ချီ။ ခွဲခြားထားသည် တည်ဆောက်ပုံနှင့်ပုံစံကွဲပြားမှုပေါ် မူတည်၍ ကွဲပြားခြားနားသောအမျိုးအစား ၂၀၀ function ပါ။ ၎င်းတို့သည်ကွဲပြားခြားနားသောဖွဲ့စည်းတည်ဆောက်ပုံနှင့်လုပ်ဆောင်နိုင်စွမ်းရှိလင့်ကစား အထူးပြု၊ ကွဲပြားသောဆဲလ်များသည်ဘုံအင်္ဂါရပ်များစွာကိုမျှဝေသည်။ ဆဲလ်အများစုတွင်အဓိက ပလာစမာ သုံးမျိုးခွဲထားသည်။ ဆဲလ်များကိုဖုံးအုပ်ထားသော *brane* ၊ ယင်း နျူကလိယ ဟာပါရှိသည်သော ဆဲလ်၏မျိုးရိုးဗီဇပစ္စည်း; နှင့် *cytoplasm* ၊ ဆဲလ်များ၏အတွင်းပိုင်း nucleus အ (• ပုံ ၂-၁) တွင်နေရာမယူပါ။ ဒီမှာ, ကျွန်ုပ်တို့သည် ... ခွဲတစ်ခုစီ၏ခြုံငုံသုံးသပ်ချက်ကိုပေးလိမ့်မည်၊ ထို့နောက်ကျွန်ုပ်တို့အာရုံစိုက်လိမ့်မည် အဓိကအားဖြင့်ဤအခန်းရှိ cytoplasm ကိုအဓိကထားသည်။ ပလာစမာ membrane နှင့် nucleus တို့ကိုနောက်ပိုင်းတွင်အသေးစိတ်ဖော်ပြထားသည်။

Peroxisome ဖြစ်သည်

Mitochondria

အခမဲ့ ribosome

ဆိုပါစို့

အနုမြူခြွံပေါက်

တို့ဖြစ်သည်

ကြမ်းတမ်းသော ER

တဲ့၏
centrioles

centrosome တွင်

Ribosome ပါ
(ကပ်ထားသည်
ကြမ်းတမ်းသော ER)

Endoplasmic
မျက်ကြည်လွှာ

ရေးမြို့နယ်

ချောမွေ့ ER

Microtubules များ
ဖြာနေသည်
centrosome ဖြစ်သည်

Microfilaments များ

Vesicle

ပလာစမာ
အမြေးပါး

Golgi ရှုပ်ထွေး

Cytosol

• ပုံ 2-1 တစ်ခုအီလက်ထရွန်အဏုအောက်မှာမြင်နိုင်ဆဲလ်အဆောက်အဦများ၏ပုံကြမ်း။

၂၂ အခန်း ၂

---

**စာမျက်နှာ ၃**

[ယုံကြည်ချက်များ၊ စိန်ခေါ်မှုများနှင့်ထိန်းချုပ်မှုများ]

## HeLa ဆဲလ်များ "ကြီးထွားလာသော" စက်မှုလုပ်ငန်းများတွင်ပြဿနာများ

ဆဲလ်ဇီဝကမ္မဗေဒ၊ အခြေခံတိုးတက်မှုများ netics နှင့်ကင်ဆာသုတေသနများပါလာသည် ကြီးထွားလာသောဆဲလ်များကိုအသုံးပြုခြင်းအားဖြင့်၎င်း၊ ခန္ဓာကိုယ်အပြင်ဘက်တွင်ယဉ်ကျေးသည်။ အလယ်မှား နောက်ဆုံးရာစုတွင်ကြိုးစားမှုများစွာပြုလုပ်ခဲ့သည် တစ်သျှူးများ သုံး၍ လူ့ဆဲလ်များကိုယဉ်ကျေးစေရန် biopsies (သို့) ခွဲစိတ်မှုနည်းလမ်းများဖြင့်ဆေးကြောသည်။ ဤအစောပိုင်းကြိုးစားမှုများသည်အများအားဖြင့်မအောင်မြင်ဘဲ ယူရီးယား; ဆဲလ်များသည်ရက်အနည်းငယ် (သို့) ရက်သတ္တပတ်အကြာ... ယဉ်ကျေးမှု၌အများအားဖြင့်ကွဲပြားခြင်းမရှိဘဲ။ ဒီအခက်အခဲတွေကဖေဖော်ဝါရီအထိဆက်ရှိနေတယ် ၁၉၅၁ ခုနှစ်ဂျွန်ဟော့ကင်းတွင်သုတေသနပညာရှင်တစ် ဦး ဖြစ်သည် သားအိမ်ခေါင်းကင်ဆာနမူနာတစ်ခုရရှိခဲ့သည် Henrietta အမည်ရှိလူနာတစ် ဦး ထံမှကင်ဆာ မရှိခြင်း။ စည်းဝေးအပြီးတွင်ယဉ်ကျေးမှု ပထမဆုံးပေါင်းပြီး HeLa ဟုအမည်ပေးခဲ့သည် အလှူရှင်၏ပထမဆုံးနှင့်နောက်ဆုံးစာနှစ်စောင် နာမည်များ ဤဆဲလ်လိုင်းသည်ကြီးထွားလာရုံသာမကကြီးထွားလာသည် ယဉ်ကျေးမှုအခြေအနေများအောက်တွင်တိုးတက်အောင်မြင်ခဲ့သည် အစောဆုံးဆဲလ်လိုင်းများထဲမှတစ်ခုကိုကိုယ်စားပြုသည် ခန္ဓာကိုယ်အပြင်ဘက်တွင်အောင်မြင်စွာကြီးထွားလာသည်။
သုတေသီများသည်လူသားဖြစ်ရန်ဆန္ဒပြင်းပြခဲ့ကြသည် ဆဲလ်များကိုလေ့လာရန်လိုအပ်သည်။ မူးယစ်ဆေးဝါး၏အဆိပ်၊ ဓာတုပစ္စည်းများ၊ ဓာတ်ရောင်ခြည်များ လူ၏တစ်သျှူးများတွင်ဗိုင်းရပ်စ်များနှင့် ဥပမာ, Poliomyelitis ဗိုင်းရပ်စ်သည် HeLa တွင်ကောင်းစွာပြန်လည်ထုတ်လုပ်သည် ဆဲလ်များသည်တိုးတက်မှုကိုအောင်မြင်စေသည်။

အရာအားလုံးညစ်ညမ်းပြီးယူလာခဲ့တာ HeLa ဆဲလ်များမှတဆင့် အဲဒီနှစ်ခု သိပ္ပံပညာရှင်များက ၃၂ နှစ်မှ ၂၄ နှစ်ကိုအတည်ပြုခဲ့သည် ဗဟိုသိုလှောင်ရုံရှိဆဲလ်လိုင်းများသည် နှစ် ဦး စလုံး HeLa ဆဲလ်များ သုတေသနလုပ်ဖူးသူ သူတို့ထင်တာတွေကိုနှစ်ပေါင်းများစွာလေ့လာခဲ့တယ် အမှန်မှာနှလုံးသို့မဟုတ်ကျောက်ကပ်ဆဲလ်များရှိခဲ့သည် သားအိမ်ခေါင်းကင်ဆာဆဲလ်နှင့်အလုပ်လုပ်နေ ... ရှာဖွေတွေ့ရှိမှုကဆိုလိုသည်မှာ စမ်းသပ်မှုပေါင်းထောင်ချီပြီး ကမ္ဘာတစ်ဝှမ်းရှိဓာတ်ခွဲခန်းများတွင်ဖွဲ့စည်းခဲ့သည် မမှန်ကန်ခဲ့ပါ။
ဤသင်ခန်းစာသည်နာကျင်သလောက်သိပ္ပံပညာရှင်များက ဆဲလ်အသစ်များပြင်ဆင်ခြင်းနှင့်စတင်ခဲ့သည် ပိုမိုတင်းကျပ်သောနည်းဥပဒေစည်းမျဉ်းများကို သုံး၍ HeLa ဆဲလ်များနှင့်ညစ်ညမ်းမှုကိုကာကွယ်ပေးသည်။ Un- ကံကောင်းထောက်မစွာ, ပြဿနာကမပြီးဆုံးသေးပါ။ ၌ ၁၉၇၄ တွင် Walter Nelson-Rees ကစာစောင်တစ်ခုကိုထုတ်ဝေခဲ့သည် ဆဲလ် ၅ လိုင်းကိုပြသခြင်းအားဖြင့် တကယ်တော့ကင်ဆာသုတေသနမှာသုံးတဲ့အချက်တွေဟာတကယ်တစ်ခု HeLa ဆဲလ်အားလုံး ၁၉၇၆ ခုနှစ်တွင်နောက်ထပ်ဆဲလ် ၁၁ ခု သုတေသနများတွင်အသုံးများသောလိုင်းများသည်တစ်ခုစီဖြစ်သည် HeLa ဆဲလ်များကိုလည်းတွေ့ရှိခဲ့သည်။နှင့် ၁၉၈၁ ခုနှစ်၊ Nelson-Rees သည်နောက်ထပ်ဆဲလ် ၂၂ လိုင်းကိုဖော်ပြခဲ့သည် HeLa နှင့်ညစ်ညမ်းခဲ့သည်။ အားလုံး၊ တစ်ခု ... သုတေသနတွင်သုံးသောဆဲလ်လိုင်းအားလုံး၏တတိယ တကယ်က HeLa ဆဲလ်တွေဖြစ်ပုံရတယ်။ ရလဒ်

စည်းမျဉ်းများပြဋ္ဌာန်းရန်တွန့်ဆုတ်နေခဲ့သည် အဖြေကိုပြန်သုံးသင့်တယ်လို့ယုံကြည်တယ်။ ပညာရှင်အဖွဲ့အစည်းတွေ၊ သိပ္ပံပညာတွေနဲ့ သူတို့ကိုယ်သူတို့တင်းကျပ်။
HeLa မှအခြားယဉ်ကျေးမှုများကိုကျူးကျော်ခြင်း ဆဲလ်များသည်ရက်စက်ကြမ်းကြုတ်မှုနှင့်သက်သေခံချက်ဖြစ်သည် ကင်ဆာဆဲလ်အချို့၏ပြင်းထန်သောသဘောသဘာဝ ၌ ဆဲလ်ယဉ်ကျေးမှုဓာတ်ခွဲခန်းများ၊ ပိုးသတ်နည်းပညာများ၏စည်းမျဉ်းများ nique များသည်ဖြတ်ကျော်ရန်သေချာစေရန်လိုအပ်သည်။ ယဉ်ကျေးမှုတစ်ခုနှင့်တစ်ခုယဉ်ကျေးမှုကိုညစ်ညမ်းစေခြင်း မဖြစ်ပါ။ သို့သော်သုတေသီများသည်သာ လူ၊ တစ်ခါတစ်ရံအမှားလုပ်မိတတ်ကြသည်။ ဥပမာအားဖြင့်ယဉ်ကျေးမှုတစ်ပုလင်းဖြစ်နိုင်သည်။ dium သည်မလျော်ကန်သောကြောင့်ညစ်ညမ်းခဲ့သည် ကိုင်တွယ်မှု (သို့) ဆဲလ်လိုင်းကိုတံဆိပ်တပ်ထားသည်။ ဘာလဲ- မည်သည့်ကိစ္စတွင်မဆိုတစ်ချိန်ချိန်တွင်ဖြစ်စေ၊ HeLa ဆဲလ်များကို ပိုမို၍ သုံးလာကြသည်။ သူတို့မပိုင်တဲ့နေရာ
HeLa ဆဲလ်များသည်ထက်ပိုမိုလျင်မြန်စွာဝေငှသည် ... ဖြစ်စေ၊ အခြားလူ့ဆဲလ်အများစုဖြစ်စေ ကင်ဆာဖြစ်စေသောကြောင့်၎င်းတို့သည်အာဟာရကိုသုံးသည် အခြားဆဲလ်အမျိုးအစားများထက်ပိုမိုလျင်မြန်သည်။ ဘာလဲ ယဉ်ကျေးမှု၌ကြီးထွားသောဆဲလ်များသည်အလွယ်တကူမရနိုင်ပါ တစ် ဦး နှင့်တစ် ဦး ကွဲပြားခြားနားသည် ကြည့်ရှု; အများအားဖြင့်ဇီဝဓာတုစမ်းသပ်မှုများပြုလုပ်သည် သက်သေခံရန်လိုအပ်သည်။ ထို့ကြောင့်အထဲမှာ လွှဲပြောင်းမှုသံသရာအနည်းငယ်၊ ယဉ်ကျေးမှုတစ်ခု

ပိုလီယိုကျူးမှုဆဲလ်နေစ်များကိုတီရွက်ခြင်း။ဆဲလ်အမြစ်ထားဆဲလ်
လိုင်းများသည်အခြားကင်ဆာများနှင့်စတင်ခဲ့သည်
နှလုံးအပါအ ဝ င်ပုံမှန်တစ်သျှူးများမှ
ney နှင့်အသည်းတစ်ရှူးများ။ ၁၉၆၀ ခုနှစ်များအစောပိုင်းတွင်အေ
ဆဲလ်လိုင်းများ၏ဗဟိုစုဆောင်းမှုသည်
ဝါရှင်တန်ဒီစီ၌ထုတ်ဝေသည်။
ကုသနိုင်သောလူသားဆဲလ်များသည်အရေးပါသောကိရိယာတစ်ခုဖြစ်သည်
ဇီဝဗေဒသုတေသနနယ်ပယ်များစွာ၌
သို့သော် ၁၉၆၆ ခုနှစ်တွင်မျိုးရိုးဗီဇပညာရှင် Stanley Gartler
ဆိုးဝါးသောရှာဖွေတွေ့ရှိမှုတစ်ခုကိုပြုလုပ်ခဲ့သည်။သူကခွဲခြမ်းစိတ်ဖြာ
ကွဲပြားခြားနားသောလူ့ဆဲလ်ဆဲလ် ၁၈ ခုကိုတွေ့ရှိခဲ့သည်

အခြေအနေဖြစ်ရလွန်အတွေ့ပြုန်းတိုင်း Roland Nardone၊
လက်ရှိဖြစ်ပွားနေသောပြဿနာများကြောင့်
ညစ်ညမ်းမှုများဖြင့်တိုက်ပွဲကိုဆင်နွှဲခဲ့သည်။ သူ
" အရေးယူရန်တောင်းဆိုမှု" စာတမ်းဖြူစာတမ်းတွင်ရေးသားခဲ့သည်။
ကျယ်ပြန့်သောအပြောင်းအလဲနှစ်ခုအတွက်လေ့လာခြင်း- ပညာရေးတိုးတက်မှု
ညစ်ညမ်းမှုကိုမည်သို့ရှောင်ရှားရန်ကြိုးစားအားထုတ်မှု
သိပ္ပံနည်းကျထောက်ပံ့ငွေပေးအပ်ခြင်း
အေဂျင်စီများနှင့်ဂျာနယ်များကငင်းကိုလုပ်ပိုင်ခွင့်ပေးထားသည်
သူတို့ရန်ပုံငွေသို့သုတေသနအတွက်သုံးသောဆဲလ်လိုင်းများ
ထုတ်ဝေမှုမှန်ကန်ကြောင်းစစ်ဆေးပါ။ ဘယ်လိုလဲ-
ယနေ့အထိအေဂျင်စီများနှင့်ဂျာနယ်များအမြဲရှိနေပါသည်

လူသားဆဲလ်ဆဲလ်များ၏ (ကိုကွန်ဖြစ်မှုစုန္ဒိုင်စေခဲ့သည်
လျင်မြန်စွာကြီးထွားနေသော HeLa ဆဲလ်များကြောင့်
ငင်းသည်မူလဆဲလ်မျဉ်းကြောင်းကိုသာစုစည်းစေသည်
ကင်ဆာဆဲလ်များသည်ခန္ဓာကိုယ်၌ရှိသကဲ့သို့
Henrietta Lacks သည်လွန်ခဲ့သောနှစ်ပေါင်းများစွာကတည်းကသေဆုံးခဲ့သည်
HeLa line မှစတင်ခဲ့သောသားအိမ်ခေါင်းကင်ဆာ၊
သို့သော်ဤအစွမ်းထက်ဆဲလ်များသည်ဆက်လက်ရှင်သန်နေသည်။ သူတို့ရဲ့ပျံ့နှံ့မှု
လူ့ဆဲလ်ယဉ်ကျေးမှုများတစ်လျှောက်
မပြောင်းလဲသောကင်ဆာ၏သဘောသဘာဝကိုအမှတ်ပေးသည်
ထိန်းမနိုင်သိမ်းမရကြီးထွားနေသောရောဂါနှင့်ပြန်လည်
အရင်းအမြစ်သုံးစွဲမှု

## ပလာစမာအမြေးသည်ဆဲလ်ကိုဘောင်ခတ်ထားသည်။

အဆိုပါ **ပလာစမာအမြှေးပါး** ဟာအလွန်ပါးလွှာသောအမြှေးပါးဖွဲ့စည်းပုံဖြစ်ပါသည်
ဆဲလ်တစ်ခုစီကိုဖုံးအုပ်ထားပြီးအများအားဖြင့် lipid (အဆီ) နှင့်ဖွဲ့စည်းထားသည်။
ပရိုတင်းများနှင့်ဖွဲ့စည်းထားသောမော်လီကျူးများ ဤအဆီအတားအဆီးသည်ခွဲခြားသည်
ပတ် ဝ န်းကျင်မှဆဲလ်များပါဝင်မှု၊ ၎င်းသည်အတွင်းပိုင်းကိုထိန်းသိမ်းပေးသည်
ဆဲလ်များအတွင်းမှ lular fluid (ICF) သည်အခြားအရာများနှင့်ရောနှောခြင်းမှ
ဆဲလ်ပြင်ပဆဲလ်များအရည် (ECF) ပလာစမာအမြှေးပါးသည်
ဆဲလ်တစ်ခု၏ပါဝင်မှုကိုထိန်းရန်စက်ပစ္စည်းအတားအဆီးတစ်ခုမဟုတ်ပါ။
၎င်း၏ပရိုတိန်းများအကြားမော်လီကျူးများ၏ရွေ့လျားမှုကိုထိန်းချုပ်သည်
ICF နှင့် ECF ပလာစမာအမြှေးပါးကိုနိုင်းယှဉ်နိုင်သည်
ရှေးဟောင်းမြို့များကိုဝန်းရံထားသောတံခါးများ ဤဖွဲ့စည်းပုံအားဖြင့်၊
ဆဲလ်သည်အာဟာရဓာတ်များနှင့်အခြားလိုအပ်သောအာဟာရဓာတ်များ ဝ င်ရောက်မှုကိုထိန်းချုပ်သည်
plies နှင့်အတွင်း၌ထုတ်လုပ်သောထုတ်ကုန်များတင်ပို့ခြင်း၊
တစ်ချိန်တည်းမှာမလိုလားအပ်တဲ့အ ဝ င်အထွက်သို့မဟုတ်အဝင်အထွက်ကိုကာကွယ်တယ်
ဆဲလ်။ ပလာစမာအမြှေးကိုအသေအချာဆွေးနွေးသည်
အခန်း ၃ ။

## နျူကလိယတွင် DNA ပါ ဝ င်သည်။

ဆဲလ်၏အတွင်းပိုင်း၏အဓိကအစိတ်အပိုင်းနှစ်ခုမှာ nucleus နှင့် the တို့ဖြစ်သည်
cytoplasm ။ အဆိုပါ **နျူကလိယ,** ပုံမှန်အားဖြင့်အကြီးဆုံးတစ်ခုတည်း orga- ဖြစ်သော
nized ဆဲလ်အစိတ်အပိုင်းကိုထူးခြားသောလုံးပတ်သို့မဟုတ်ဘဲဥပုံအဖြစ်မြင်နိုင်သည်
အများအားဖြင့်ဆဲလ်၏ဗဟိုအနီးတွင်တည်ရှိသည်။ ဒါဟာ sur-
**နျူကလီးယားစာအိတ်ကို** နှစ်ထပ်အလွှာဖြင့်ပတ်ထားသည် ၊
၎င်းသည် nucleus ကိုကျန်ဆဲလ်များမှခွဲထုတ်သည်။ အထူးမြူ
မော်လီကျူးများသွားလာခွင့်ပြုနိုင်သော **နျူကလီးယားချွေးပေါက်များ** ဖြင့်ဖောက်ထားသည်
nucleus နှင့် cytoplasm ကြားရွေ့လျားရန်အသွားအလာ။



---

**စာမျက်နှာ ၄**

နျူကလိယသည်ဆဲလ်၏မျိုးဗီဇပစ္စည်းဖြစ်သော **deoxyribonu-**
အရေးကြီးလုပ်ငန်းဆောင်တာနှစ်ခုပါ ဝ င်သော **cleic acid (DNA)၊** (၁) တိုက်ရိုက်
ပရိုတင်းပေါင်းစပ်ခြင်းနှင့် (၂) ကာလအတွင်းမျိုးရိုးဗီဇအစီအစဉ်အဖြစ်ဆောင်ရွက်သည်
ဆဲလ်ပွားခြင်း။ DNA သည်တိုက်ရိုက်ကုဒ်များ (သို့) ညွှန်ကြားချက်များပေးသည်။
အတွင်း၌သီးခြားဖွဲ့စည်းတည်ဆောက်ပုံနှင့် enzymatic ပရိုတင်းများပေါင်းစပ်ဖွဲ့စည်းခြင်း
ဆဲလ်။ ပရိုတင်းအမျိုးအစားများနှင့်ပမာဏတို့ကိုသတ်မှတ်ခြင်းအားဖြင့်ဖြစ်သည်
ထုတ်လုပ်သော nucleus သည်ဆဲလ်လှုပ်ရှားမှုအများစုကိုသွယ်ဝိုက်ပြီးထိန်းချုပ်သည်
ဆဲလ်၏ထိန်းချုပ်ရေးဌာနအဖြစ်ဆောင်ရွက်သည်။

**ribonucleic acid (RNA)** အမျိုးအစားသုံးမျိုး သည်ပရိုတင်းတွင်အဓိကအခန်းကဏ္ဍမှပါဝင်သည်
ပေါင်းစပ်။ ပထမ ဦး စွာပရိုတိန်းတစ်ခုအတွက် DNA ၏မျိုးရိုးဗီဇကုဒ်သည်
**messenger RNA (mRNA)** မော်လီကျူး အဖြစ်ကူးပြောင်းသည်
နျူကလီးယားချွေးပေါက်များမှနျူကလိယကိုထုတ်သည်။ cyto အတွင်းမှာ
plasm, mRNA သည် coded message ကို *ribosomes* သို့ ပေးသည်
ကုဒ်ကိုဖတ်ပြီးသင့်တော်သောအမိုင်နိုအက်ဆစ်သို့ဘာသာပြန်ပါ
သတ်မှတ်ထားသောအသားဓာတ်အတွက်ပေါင်းစပ်မှု **Ribo-**
**somal RNA (rRNA)** သည် ribosomes ၏မရှိမဖြစ်အစိတ်အပိုင်းတစ်ခုဖြစ်သည်။
**Transfer RNA (tRNA)** သည်သင့်တော်သောအမိုင်နိုအက်ဆစ်များကိုပေးသည်
cytoplasm အတွင်းမှ၎င်းတို့သတ်မှတ်ထားသော site သို့ protein un-
der ဆောက်လုပ်ရေး

ပရိုတင်းပေါင်းစပ်မှုအတွက်ကုဒ်များကိုပေးသည့်အပြင် DNA လည်းရှိသည်
ဆဲလ်ပွားများစဉ်အတွင်းမျိုးရိုးဗီဇအသေးစိတ်အစီအစဉ်အဖြစ်တာဝန်ယူသည်
ဆဲလ်သည်သူ့နည်းတူဆဲလ်များထပ်မံထုတ်လုပ်သည်၊ ထို့ကြောင့်
ခန္ဓာကိုယ်အတွင်းတူညီသောဆဲလ်အမျိုးအစားကိုဖြာခြင်း ဒါ့ထက်
မျိုးပွားခြင်းဆဲလ်များ (ဥများနှင့်သုက်ပိုးများ) တွင် DNA ပါ ဝ င်သည်
အသေးစိတ်အစီအစဉ်သည်အနာဂတ်မျိုးရိုးဗီဇလက္ခဏာများကိုလွှဲပြောင်းရန်ဖြစ်သည်
ဆန္ဒများ DNA နှင့် RNA ၏အသေးစိတ်အချက်အလက်များအတွက်နောက်ဆက်တွဲ C ကိုကြည့်ပါ
လုပ်ဆောင်ချက်နှင့်ပရိုတင်းပေါင်းစပ်မှု

### cytoplasm တွင် organelles အမျိုးမျိုး၊ cytoskeleton နှင့် cytosol

အဆိုပါ **cytoplasm** ဆဲလ်အတွင်းပိုင်း၏အဘိုကိုသိမ်းပိုက်သည်မဟုတ်
တို့ဖြစ်သည်။ ၎င်းတွင်သီးခြား၊ အထူးပြုအမျိုးအစားများစွာပါ ဝ င်သည်
*organelles* (ဆဲလ်၏သေးငယ်သောအင်္ဂါများ) နှင့် *cytoskeleton* (scaf-
ဆဲလ်၏အရိုးနှင့်ကြွက်သားများအဖြစ်ဆောင်ရွက်သောအသားဓာတ်)
*cytosol* (ရှုပ်ထွေးသော၊ ဂျယ်ကဲ့သို့အရည်) အတွင်းပျံ့နှံ့သွားသည် ။

**Organelles** များသည်ကွဲပြားခြားနားသော၊ အလွန်မြင့်မားသောဖွဲ့စည်းတည်ဆောက်ပုံများဖြစ်သည်
ဆဲလ်အတွင်းအထူးလုပ်ဆောင်ချက်များကိုလုပ်ဆောင်သည်။ ပျမ်းမျှ
စုစုပေါင်းဆဲလ်ပမာဏ၏ထက်ဝက်နီးပါးကိုအမျိုးအစားနှစ်ခုခွဲထားသည်
organelles ၏ *membranous organelles* နှင့် *nonembembous or*
*ganelles* ။ အ **မြှေးပါး organelle** တစ်ခုစီ သည်သီးခြားအခန်းတစ်ခုဖြစ်သည်။
အလားတူအမြှေးပါးဖြင့်ဖုံးလွှမ်းထားသောဆဲလ်အတွင်းမှ ment
plasma အမြှေးပါး။ ထို့ကြောင့်အမြှေးပါးတစ်ခု၏အကြောင်းအရာများ
organelle ကို cytosol နှင့်ပတ် ဝ န်းကျင်မှခွဲခြားထားသည်
အခြား organelles များ၏အကြောင်းအရာများ ဆဲလ်အားလုံးနီးပါးတွင်ငါးကောင်ပါရှိသည်
အဓိကအမြှေးပါး organelles အမျိုးအစားများ- *endoplasmic reticu-*
*lum, Golgi complex, lysosomes, peroxisomes* နှင့် *mitochondria*
Membranous organelles များသည် intracellular" အထူးဆိုင်များ" နှင့်တူသည်။
တစ်ခုစီတွင်သီးခြားသီးသန့်အခန်းတစ်ခုပါ ဝ င်သည်
ဆဲလ်တစ်ခု၏လုပ်ငန်းဆောင်တာတစ်ခုကိုဆောင်ရွက်ရန်ဓာတုပစ္စည်းများ
ဤခွဲဝေမှုသည်ဓာတုဗေဒလုပ်ဆောင်ချက်များကိုခွင့်ပြုသည်
တစ်ပြိုင်နက်တည်းဖြစ်ပေါ်ရန်မှာတစ်ခုနှင့်တစ်ခုသဟဇာတမဖြစ်ပါ။

membranous organelles, nonmembranous organelles များသည် orga-
ဆဲလ်အတွင်းတိကျသောလုပ်ဆောင်ချက်များကိုလုပ်ဆောင်သော nized အဆောက်အ ဦး များ။
Organelles သည်ဆဲလ်အားလုံး၌တူညီသော်လည်းအချို့ရှိသည်
ဆဲလ်တစ်ခုစီ၏အထူးပြုနိုင်စွမ်းပေါ် မူတည်၍ အပြောင်းအလဲများ
အမျိုးအစား။ ကိုယ်တွင်းအင်္ဂါတစ်ခုစီရှင်သန်ရပ်တည်ရေးအတွက်မရှိမဖြစ်လိုအပ်တဲ့အခန်းကဏ္ဍတစ်ခုအနေနဲ့ပါ ဝ င်ပါတ
ခန္ဓာကိုယ်တစ်ခုလုံး၊ organelle တစ်ခုစီသည်အထူးလုပ်ဆောင်ချက်တစ်ခုလိုအပ်သည်။
ဆဲလ်တစ်ခုလုံးရှင်သန်မှုအတွက်အဓိကသော့ချက်။

အဆိုပါ **cytoskeleton** ပရိုတိန်းတစ်ခုအပြန်အလှန်ဆက်နွယ်သည့်စနစ်ဖြစ်ပါသည် fi-
bers နှင့်ပြွန်များသည် cytosol တစ်လျှောက်လုံးတွင်ပျံ့နှံ့သည်။ ဒီအသေးစိတ်
ပရိုတင်းကွန်ယက်နူးသည်ဆဲလ်အား၎င်း၏ပုံသဏ္ဍgivesာန်ကိုပေးသည်၊
ternal အဖွဲ့အစည်းနှင့်၎င်း၏အမျိုးမျိုးသောလှုပ်ရှားမှုများကိုထိန်းညှိပေးသည်။

cytoplasm ၏ကျန်ရှိသောအစိတ်အပိုင်းများကို organelles များကမသိမ်းပိုက်ပါ
cytoskeleton တွင် **cytosol** (" ဆဲလ်အရည်များ") တို့ပါဝင်သည်။ ဆိုက်က
tosol သည် semiliquid၊ gel ကဲ့သို့အစုလိုက်အပြုံလိုက်ဖြစ်သည်။ ဓာတုလက်နက်အများအပြား
တစ် ဦး နှင့်တစ် ဦး သဟဇာတဖြစ်သည့်အရာများကိုတာ ဝ န်၌ကောက်ယူသည်
cytosol ပါ။ (ရှင်းလင်းချက်အရ intracellular fluid သည်ဝန်းရံသည်
ဆဲလ်အတွင်းအရည်အားလုံး၊ cytosol အတွင်း၊ အပါအ ဝ င်
organelles နှင့် nucleus တို့ဖြစ်သည်။ )

ဤအခန်းတွင်ကျွန်ုပ်တို့သည် cytoplasmic ပေါင်းစပ်မှုတစ်ခုစီကိုဆန်းစစ်သည်။
nents များကိုအသေးစိတ်၊ အမြှေးပါးကို ဦး စွာအာရုံစိုက်ပါ
organelles ။

### Endoplasmic Reticulum ဖြစ်သည် နှင့် Segregated Synthesis

အဆိုပါ **endoplasmic reticulum (ER)** တစ်ဦးပီပီအရည်-ဖြည့်ဖြစ်ပါသည်
အမြှေးပါးစနစ်သည်နေရာအနှံ့တွင်ကျယ်ကျယ်ပြန့်ပြန့်ဖြန့်သည်
cytosol ပါ။ ၎င်းသည်အဓိကအားဖြင့်အသားဓာတ်နှင့်အဆီထုတ်လုပ်သောစက်ရုံဖြစ်သည်။
ကွဲပြားသော endoplasmic reticulum အမျိုးအစားနှစ်ခု - ကြမ်းတမ်းသော ER
ချောမွေ့သော ER ကိုခွဲခြားနိုင်သည်။ အဆိုပါ **ကြမ်းတမ်း ER** con-
အတော်လေးပြားချပ်နေသည့်အပြန်အလှန်ချိတ်ထားသောအိတ်များကိုစုစည်းထားသော်လည်း၊
အဆိုပါ **ချောမွေ့ ER** အလွန်သေးငယ်သောအပြန်အလှန် tubules တစ် meshwork ဖြစ်ပါသည်
( • ပုံ ၂-၂) ။ ဤဒေသနှစ်ခုသည်ကွဲပြားခြားနားသော်လည်း၊
အသွင်အပြင်နှင့်လုပ်ဆောင်ချက်၌၎င်းတို့သည်တစ်ခုနှင့်တစ်ခုဆက်စပ်နေသည်
အခြား တစ်နည်းအားဖြင့် ER သည်စဉ်ဆက်မပြတ် organelle တစ်ခုဖြစ်သည်
ဆက်စပ်မှုများဖြစ်သည် သောချန်နယ်များ နိုင်းရကြမ်းတမ်းသောပမာဏ
လုပ်ဆောင်ချက်ပေါ် မူတည်၍ ချောမွေ့သော ER သည်ဆဲလ်များအကြားကွဲပြားသည်
ဆဲလ်၏

### ကြမ်းတမ်းသော endoplasmic reticulum ဖြစ်သည် အသားဓာတ်ထုတ်ရန်အသားဓာတ်ကိုပေါင်းစပ်ပေးသည် နှင့်အမြှေးပါးတည်ဆောက်ခြင်း။

ကြမ်းတမ်းသော ER အမြှေးပါး၏အပြင်ဘက်မျက်နှာပြင်ကိုကာရံထားသည်
၎င်းသည် "ကြမ်းတမ်းသော" (သို့) သေးငယ်သည့်အသွင်အပြင်ကိုပေးသောအမှုန်လေးများ
အလင်းမိုက်ခရိုစကုပ်တစ်ခုအောက်တွင် ဤအမှုန်များသည် *ribosomes* ဖြစ်သည်
ပရိုတိန်းပေါင်းစပ်မှုဖြစ်သည့်" workbenches" ဖြစ်သည်။ ကျွန်တော်တို
ribosomes များ၏တည်ဆောက်ပုံနှင့်လုပ်ဆောင်ချက်ကိုထပ်မံဆွေးနွေးပါမည်
အသေးစိတ်ကိုနောက်မှ ဆဲလ်အတွင်းရှိ ribosomes အားလုံးကိုပူးတွဲမထားပါ
ကြမ်းတမ်းသော ER မချိတ်ထားသောသို့မဟုတ်" အခမဲ့" ribosomes များသည်ကွဲသွားသည်
cytosol တစ်လျှောက်လုံး

ဆဲလ်အတွင်းရှိလိုအပ်ချက်များနှင့်အတူ ... မရှိမဖြစ်ဖျက်ဆီးပစ်မည့်အန္တရာယ်မရှိသောရေးမြို့နယ်၏ဒဏ်ငွေ
ဆဲလ်ပရိုတိန်း အဆိုပါ **nonmembranous organelles** မဟုတ် sur-
အမြေးပါးဖြင့်လုံးဝန်း။ ၎င်းနှင့်တိုက်ရိုက်ထိတွေ့သည်
cytosol ပါ။ ၎င်းတို့တွင် *ribosomes, vaults* နှင့် *centrioles* တို့ပါ ဝ င်သည် ။ ကြိုက်tein ...

... ER lumen ... ကြမ်းတမ်းသော ER သည်ပေါင်းစပ်သည်
ER အမြေးပါးဖြင့်ဖုံးလွှမ်းထားသောအရည်များပြည့်နေသောနေရာ ဤပရိုတိန်း
ရည်ရွယ်ချက်နှစ်ခုအနက်မှတစ်ခုကိုလုပ်ဆောင်ပါ။ (၁) အချို့သောပရိုတိန်းများအတွက်ရည်ရွယ်သည်
pro ကဲ့သို့သောလျှို့ဝှက်ပစ္စည်းများအဖြစ်ဆဲလ်၏အပြင်ဘက်သို့တင်ပို့သည်။
ဟော်မုန်းသို့မဟုတ်အင်ဇိုင်းများ။ (၂) အခြားပရိုတင်းများကိုသယ်ယူပို့ဆောင်ပေးသည်



**စာမျက်နှာ ၅**

**ကြမ်းတမ်းသော ER**

**ချောမွေ့ ER**

ကြမ်းတမ်းသော ER lumen

ချောမွေ့သော ER lumen

Ribosomes များ

အိတ်များ

Tubules များ

isuals Unlimited ဖြစ်သည်

မရ။ Fawcett/V

©ဒွန်ဒဗလျူ

isuals Unlimited ဖြစ်သည်

မရ။ Fawcett/V

©ဒွန်ဒဗလျူ

ကြမ်းတမ်းသော ER lumen Ribosomes များ ချောမွေ့သော ER lumen

**(က)** ကြမ်းတမ်းသော ER **(ခ)** ချောမွေ့သော ER

• **ပုံ 2-2 Endoplasmic reticulum (ER) ။** (က) ပုံ၏ပုံနှင့် electron micrograph
Ribo နှင့်တွဲထားသောအတော်လေးပြားသောအပြန်အလှန်ချိတ်ဆက်ထားသောအိတ်များပါ ဝ င်သောကြမ်းတမ်းသော ER
တစ်စုံတစ်ခု (ခ) သေးငယ်သော mesh ဖြစ်သောချောမွေ့ ER ၏ပုံနှင့်အီလက်ထရွန်မိုက်ခရိုဂရပ်
အပြန်အလှန်ဆက်သွယ်ထားသော tubules များ ကြမ်းတမ်းသော ER နှင့်ချောမွေ့သော ER တို့သည်တစ်ခုနှင့်တစ်ခုအဆက်မပြတ်ချိတ်ဆက်နေသည်
organelle ။

ဆဲလ်အသစ်များတည်ဆောက်ရာတွင်အသုံးပြုရန်ဆဲလ်အတွင်းရှိနေရာများသို့
အမြေးပါး (ပလာစမာအမြေးသို့မဟုတ် organelle အမြေးပါးဖြစ်စေ)
သို့မဟုတ် organelles ၏အခြားပရိုတင်းအစိတ်အပိုင်းများ အမြေးပါးသည်
ER ၏နံရံတွင်ပေါင်းစပ်မှုအတွက်မရှိမဖြစ်လိုအပ်သောအင်ဇိုင်းများပါ ဝ င်သည်
အမြေးပါးအသစ်များထုတ်လုပ်ရန်လိုအပ်သော lipids အားလုံးနီးပါး
ဤအသစ်ပြုပြင်ထားသော lipids များသည် ER lumen နှင့်အတူပါ ဝ င်သည်
ပရိုတိန်း။ ခန့်မှန်းခြေအားဖြင့်ကြမ်းတမ်းသော ER သည်ဆဲလ်များတွင်အပေါ်များ ...
ပရိုတင်းဓာတ်ထုတ်လွှတ်မှုအတွက်အထူးပြုသည် (ဥပမာဆဲလ်များမှထွက်သော ...
အစာခြေအင်ဇိုင်းများ (သို့) ကျယ်ပြန့်သောအမြေးပါးလိုအပ်သောဆဲလ်များတွင်
ပေါင်းစပ်မှု (ဥပမာအားဖြင့်မဖွံ့ဖြိုးသေးသောဆဲလ်များကဲ့သို့လျင်မြန်စွာကြီးထွားလာသည် ...
ကြက်ဥဆဲလ်များ)

ER lumen အတွင်းတွင်အသစ်ပြုပြင်ထားသောအသားဓာတ်ကိုခေါက်လိုက်သည် ...
၎င်း၏နောက်ဆုံးပုံစံသို့ ၎င်းကိုအခြား၌လည်းပြုပြင်နိုင်သည်
ဖြတ်တောက်ခြင်းသို့မဟုတ်ကာဘိုဟိုက်ဒရိတ်ပါ ဝ င်ခြင်းကဲ့သို့နည်းလမ်းများ

အဲဒါ ဤလုပ်ငန်းစဉ်ပြီးသောအခါပရိုတိန်းအသစ်သည်မထုတ်နိုင်ပါ
ER အမြေးပါးမှတဆင့် lumen နှင့်ထို့ကြောင့်ဖြစ်လာသည်။
ဖြစ်ပျက်သည်နှင့်တပြိုင်နက် cytosol နှင့်သေသေချာချာခွဲထုတ်သည်
ပေါင်းစပ်ထားသည်။ ကြမ်းတမ်းသော ER ribosomes နှင့်မတူဘဲ free ribo-
somes များသည် cytosol အတွင်း၌သုံးသောပရိုတိန်းများကိုပေါင်းစပ်သည်။ ၌
ဤနည်းအားဖြင့်တင်ပို့ရန်ရည်ရွယ်ထားသောအသစ်ထုတ်လုပ်ထားသောမော်လီကျူးများ
... သို့မဟုတ်ဆဲလ်အစိတ်အပိုင်းအသစ်များပေါင်းစပ်ရန် (၎င်းတို့အား
ER ပေါင်းစပ်ပြီး) ၎င်းအရာများနှင့်ရုပ်ပိုင်းဆိုင်ရာခွဲခြားထားသည်
cytosol (free ribosomes မှထုတ်လုပ်သော) များတွင်ရှိသည်။
ER lu တွင်အသစ်ဖွဲ့စည်းထားသောမော်လီကျူးများကိုမည်သို့လုပ်ဆောင်သနည်း။
အမျိုးသားများသည်ဆဲလ်များအတွင်းသို့သို့မဟုတ်အခြားနေရာများသို့၎င်းတို့၏ ဦး တည်ရာများသို့ရောက်သည်
... သည် ER ကိုမဖြတ်သန်းနိုင်လျှင်ဆဲလ်၏အပြင်ဘက်
အမြေး? သူတို့ကချောချောမွေ့မွေ့ endo- ၏လုပ်ဆောင်ချက်မှတဆင့်ထိုသို့ပြုသည်။
plasmic reticulum ဖြစ်သည်။



**စာမျက်နှာ ၆**

ဆောက်လုပ်ရေးဆိုင်ရာလမ်းညွှန်ချက်များ
ပရိုတိန်းများသည် nucleus မှထွက်ခွာသည်
cytoplasm ကိုရိုက်ထည့်ပါ။

အသားဓာတ်
(ရောင်စုံကြိုးများ)
စုစည်းကြသည်
ribosomes ပေါ်တွင်
ကိုတွဲထားသည်
ER သို့အခမဲ့ဝင်ပါ

၁ ကြမ်းတမ်းသော ER ကိုပေါင်းစပ်သည်
ပရိုတင်းများကိုသိုလှောင်ထားသည်
အပြင်ဘက်သို့ထည့်သွင်းရန်
ဆယ်လူလာအမြေးပါး။

၂ ချောမွေ့သော ER သည်ထုပ်ပိုးထားသည်
secretory ထုတ်ကုန်များကိုသယ်ယူပို့ဆောင်သည်
vesicles, အစို့အထွက်နှင့်ရွှေ့လျား

**တို့ဖြစ်သည်**

cytoplasm ကို။

Ribosomes များ

၁

ကြမ်းတမ်းသည်
ER

ချောမွေ့သည်
ER

၂

ပို့ဆောင်ရေး
vesicles

၃

Golgi ရှုပ်ထွေး

၄

လျှို့ဝှက်ချက်
vesicles

၅

၇

၆

ရေးမြို့နယ်

လျှို့ဝှက်ချက်
(exocytosis) ရောဂါ၊

Golgi complex သို့

၃ သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးအမြှေးပါးများနှင့်အတူပေါင်းလိုက်သည်
Golgi ရှုပ်ထွေး။ ဖွင့် ၄ ၅ ရှိ သူတို့၏အလွတ်များကိုထားပါ
အကြောင်းအရာများကိုအနီးဆုံး Golgi အိတ်ထဲသို့ထည့်ပါ။

၄ အသစ်ဖွဲ့စည်းထားသောပရိုတင်းများ
ER ခရီးမှ vesicular သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးဖြင့်
Golgi ရှုပ်ထွေးသောအလွှာများမှတဆင့်၊
၎င်းသည်ကုန်ကြမ်းပရိုတင်းများကိုနောက်ဆုံးအဆင့်သို့မွမ်းမံသည်
ပုံစံနှင့်စီရန်နှင့်ပြီးစီးမှုကိုညွှန်ပြသည်
ထုတ်ကုန်များသည်သူတို့၏နောက်ဆုံးပန်းတိုင်သို့
သူတို့ရဲ့ထုပ်ပိုးမှုတွေကိုကွဲပြားစေတယ်။

၅ ပါဝင်သောလျှို့ဝှက်ချက်များ
ပြီးစီးသောအသားဓာတ်ထုတ်ကုန်များ
Golgi သည်ရှုပ်ထွေးပြီး၎င်းတွင်တည်ရှိသည်
cytosol, ထုတ်ကုန်များသို့လှောင်သည်အထိ
လွှတ်ရန်အချက်ပြသည်။

၆ သင့်တော်သောလှုံ့ဆော်မှုနှင့် ပတ်သက်၍ secretory သည်
vesicles သည် plasma အမြှေးပါးနှင့် fuse၊
ဖွင့် ၅ ၍ သူတို့၏ပါဝင်ချက်များကိုဆဲလ်၏နေရာလွတ်၌ထားပါ
အပြင်ပိုင်း exocytosis ကြောင့်လျှော့ထွက်ခြင်း၊
secretory ထုတ်ကုန်များဘယ်တော့မှမလာဘူး
cytosol နှင့်ထိတွေ့ခြင်း

၇ Lysosomes သည်အပင်မှထွက်သည်
Golgi ရှုပ်ထွေး။

• ပုံ 2-3 **အဆိုပါ endo- အားဖြင့်ဖန်တီးပရိုတိန်းများအတွက်လျှို့ဝှက်လုပ်ငန်းစဉ်၏ခြုံငုံသုံးသပ်ချက် plasmic reticulum ဖြစ်သည်။** secretory ထုတ်ကုန်သည် cytosol နှင့်မည်သည့်အခါမျှထိတွေ့ခြင်းမရှိကြောင်းသတိပြုပါ။

## ချောမွေ့သော endoplasmic reticulum အထုပ်များ သယ်ယူပို့ဆောင်ရေး vesicles ထဲမှာပရိုတိန်းအသစ်

ချောမွေ့သော ER တွင် ribosomes မပါဝင်သောကြောင့်၎င်းသည်ချောမွေ့သည်။ ribosomes ချို့တဲ့ပါကငြင်းသည်ပရိုတင်းပေါင်းစပ်မှုတွင်မပါဝင်ပါ။ အတွင်း၌ ၎င်းသည်ကွဲပြားသောဆဲလ်အမျိုးအစားများတွင်ကွဲပြားသောအခြားရည်ရွယ်ချက်များကိုလည်းဆောင်သည်။

ဆဲလ်အများစုတွင်ချောမွေ့သော ER သည်အတော်လေးကျဲသည် အဓိကထုပ်ပိုးခြင်းနှင့်ထုတ်လွှတ်ခြင်းဆိုင်ရာနေရာအဖြစ်အဓိကလုပ်ဆောင်သည် ER မှသယ်ဆောင်ရမည့်မော်လီကျူးများ အသစ်ဖန်တီးထားသည် ပရိုတင်းများနှင့် lipids များသည်အဆက်မပြတ် lumen အတွင်းမှရွှေ့လျားသည် rough ER သည်ချောမွေ့သော ER ကိုသိမ်းသည်။ ချောမွေ့သောအပိုင်းများ ER ထို့နောက်" ဖယ်ထုတ်လိုက်ပါ" (ဆိုလိုသည်မှာမျက်နှာပြင်ပေါ် ရှိပူဖောင်းကိုအဖုံးအုပ်ထားသည့်နှင့်တူ ဖွဲ့စည်း) ကိုချွတ် pinched နေကြသည် **သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးတွေနေကျမဟုတ်သော** ချောမွေ့သောမှရရှိသောစက်လုံးတောင့်၌မော်လီကျူးအသစ်များ ER အမြှေးပါး ( • ပုံ ၂-၃) ။ (အ **မြှေး** ပါးသည်အရည်ဓာတ်ပြည့်ဝသည်။ membrane-enclosed intracellular ကုန်တင်ကွန်တိန်နာ။ ) New syn-

thesized အမြှေးပါးအစိတ်အပိုင်းများကိုလျှင်မြန်စွာထည့်သွင်းထားသည် ER အမြှေးပါးကိုသူ့ဟာသူအစားထိုးသုံးသောအမြှေးပါးကိုအစားထိုးသည် သယ်ယူပို့ဆောင်ရေး vesicle ။ သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးလေအိတ်များသည် Golgi com- သို့ နောက်ထပ်လုပ်ဆောင်ရန်အတွက်နောက်အပိုင်း၌ဖော်ပြထားသော plex၊ သို့ရွှေ့ကြသည်။

ဆဲလ်အများစုတွင်ချောမွေ့ ER ၏ sparseness နှင့်မတူဘဲ၊ အချို့သောအထူးပြုဆဲလ်များသည်ကျယ်ပြန့်ချောမွေ့သော ER၊ ၎င်းတွင်အပိုဆောင်းလုပ်ဆောင်ချက်များရှိသည်။

▪ ချောမွေ့သော ER သည် lipid ကိုအထူးပြုသောဆဲလ်များတွင်ကြွယ်ဝသည် metabolism-ဥပမာ-lipid မှဆင်းသက်သော ste- ဆဲလ်များကိုထုတ်ပေးသောဆဲလ်များ ချောမွေ့သော ER ၏အမြှေးပါးနံရံ အသစ်တည်ဆောက်ရာတွင် lipids များပေါင်းစပ်ရန်အင်ဇိုင်းများပါဝင်သည်။ ကြမ်းတမ်းသော ER ၌ lipid ထုတ်လုပ်သောအင်ဇိုင်းများသည်သူတို့ကိုယ်တိုင်ဖြစ်သည် အမြှေးပါးသည်ထိန်းသိမ်းရန်လိုလောက်သော lipid ပေါင်းစပ်မှုကိုမလုပ်ဆောင်နိုင်ပါ လုံလောက်သော steroid- ဟော်မုန်းထုတ်လွှတ်မှုအဆင့်များရှိသည်၊ ထို့ကြောင့်ဤဆဲလ်များရှိသည်





အပိုပစ္စည်းပါသောတိုးချဲ့ချောမွေ့သော ER အခန်း လိုအပ်ချက်များနှင့်အညီအရှိန်မြှင့်ရန်လိုအပ်သော tional enzymes များ mone လျှို့ဝှက်ချက်။

▪ အသည်းဆဲလ်များတွင်ချောမွေ့သော ER အထူးပြုအင်ဇိုင်းများပါဝင်သည် ခန္ဓာကိုယ်အတွင်းမှထုတ်လုပ်သောအဆိပ်အတောက်များကိုဖယ်ရှားပေးရန် ဇီဝဖြစ်စဉ် (သို့) ခန္ဓာကိုယ်မှပြင်ပသို့ဝင်လာသောအရာများကြောင့် ဆေးများ (သို့) အခြားနိုင်ငံခြားဒြပ်ပေါင်းများပုံစံဖြစ်သည်။ ဒါတွေပါ detoxification အင်ဇိုင်းများသည်အဆိပ်အတောက်ဖြစ်စေသောအရာများကိုပြောင်းလဲစေသဖြင့် lat- ter ကိုဆီးတွင်ပိုမိုလွယ်ကူစွာချေဖျက်နိုင်သည်။ ပမာဏ detoxification ၏တာဝန်အတွက်ချောမွေ့သော ER ကိုအသည်းဆဲလ်များတွင်ရနိုင်သည် လိုအပ်ချက်ပေါ် မူတည်၍ သိသိသာသာကွဲပြားနိုင်သည်။ ဥပမာပေးရရင် phenobarbital ကိုသက်သာစေသောဆေးကိုအကြောက်အများယူသည် အသည်းဆဲလ်များတွင်ချောမွေ့သော ER ပမာဏသည်ရက်အနည်းငယ်အတွင်းနှစ်ဆ ဆေးထိုးပြီး ၅ ရက်အတွင်းပုံမှန်ပြန်ဖြစ်ရန်သာ ရပ်စဲသည်။

▪ ကြွက်သားဆဲလ်များတွင်ပီပီပြင်ပြင်ပြုပြင်ထားသောချောမွေ့သော ER ရှိသည် *sarcoplasmic reticulum* ကဲ့သို့၎င်း၌ သုံးသောကယ်လ်စီယမ်ကိုသိုလှောင်သည် ကြွက်သားကျုံ့ခြင်းဖြစ်စဉ် (စာမျက်နှာ ၂၆၄ ကိုကြည့်ပါ) ။

**Golgi ရှုပ်ထွေး**

ပို့ဆောင်ရေး
vesicle မှ
ER၊ အကြောင်း
အတူဖျူး
Golgi အမြှေး

Golgi
lumen

Golgi
အိတ်များ

Vesicles များပါဝင်သည်
ကုန်ချောထုတ်ကုန်

Golgi ရှုပ်ထွေး

## Golgi Complex နှင့် Exocytosis

အဆိုပါ **Golgi ရှုပ်ထွေး** အနီးကပ် endoplasmic နှင့်ဆက်စပ်နေသည် reticulum ။ Golgi complex တစ်ခုစီတွင်ပြားချပ်နေသည့် stack တစ်ခုစီပါဝင်သည်။ အနည်းငယ်ကွေး, အမြှေးပါး-ပူတွဲဝတ်မှုန်အိတ် ( • ပုံ 2-4) ။ ဟိ Golgi stack တစ်ခုစီရှိအထုပ်များသည်ရုပ်ပိုင်းဆိုင်ရာထိတွေ့မှုမရှိကြပေ အချင်းချင်း ပြားချပ်ချပ်ပါသောအိတ်များသည်ပါးလွှာသည်ကိုသတိပြုပါ အလယ်၊ ဒါပေမယ့်အနားများ၊ Golgi အရေအတွက် ဆဲလ်အမျိုးအစားပေါ် မူတည်၍ ရှုပ်ထွေးမှုကွဲပြားသည်။ ဆဲလ်အချို့ရှိသည် Golgi stack တစ်ခုသာရှိသည်၊ pro များအတွက်အထူးပြုလုပ်ထားသောဆဲလ်များသည် tein လျှို့ဝှက်ချက်သည်ရာပေါင်းများစွာစုနိုင်သည်။

isuals Unlimited ဖြစ်သည်

## သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးအမြှေးပါးများသည်၎င်းတို့၏ကုန်များကိုသယ်ဆောင်သည် နောက်ထပ်လုပ်ဆောင်ရန် Golgi complex သို့

ဒေါက်တာ Don Fawcett & R. Bollender/V

အသစ်ထွက်လာသောအသစ်ဖွဲ့စည်းထားသောမော်လီကျူးအများစုသည် ချောမွေ့သော ER မှ ဖြတ်၍ Golgi stack တစ်ခုထည့်ပါ။ ကူးပြောင်းတဲ့အခါ port vesicle သည် Golgi stack သို့ရောက်သည်၊ vesicle membrane သည် fuse ဖြစ်သည် ဆဲလ်၏ဗဟိုနှင့်အနီးဆုံးအိတ်၏အမြှေးနှင့်အတူ vesicle အမြှေးပါးသည်ပွင့်လာပြီးပေါင်းစည်းသွားသည် Golgi အမြှေးနှင့် vesicle ၏အကြောင်းအရာများသည်ပြန်လည် (မြင် sac ၏အတွင်းပိုင်းမှငှားရမ်းထား • ပုံ 2-3) ။

•ပုံ **2-4 Golgi ရှုပ်ထွေး။** ပုံကြမ်းနှင့်အီလက်ထရွန်မိုက်ခရိုဂရပ် အနည်းငယ်ကွေးကောက်သော stack တစ်ခုပါ ဝ င်သော Golgi complex တစ်ခု အမြှေးပါးဖုံးထားသောအိတ်များ ချဲ့ထားသောအနားများရှိ vesicles များ အိတ်များသို့ဖြန့်ဖြူးရန်ထုပ်ပိုးထားသောအချောပရိုတိန်းထုတ်ကုန်များပါ ဝ င်သည် သူတို့ရဲ့နောက်ဆုံးပန်းတိုင်

ER ခရီးသွားခြင်းမှဤအသစ်ပြုပြင်ထားသောကုန်ကြမ်းများ Golgi အလွှာများမှတဆင့် vesicle ဖွဲ့စည်းခြင်းအားဖြင့် ER နှင့်အနီးဆုံးအတွင်းဆုံးအိတ်မှ stack အပြင်ဘက်သို့ plasma အမြှေးပါးနှင့်နီးသောအိတ် ဤအကူးအပြောင်းကာလအတွင်းအရေးပါသောအချက်နှစ်ချက် tant, ဆက်နွယ်နေသောလုပ်ဆောင်ချက်များသည်နေရာယူသည်။

**၁။** ကုန်ကြမ်းများကိုကုန်ချောထုတ်ကုန်များအဖြစ်ပြောင်းလဲခြင်း။ အတွင်း Golgi complex၊ ER မှ "raw" protein များကိုပြုပြင်ထားသည် ဥပမာသူတို့ရဲ့ကာဗိုဟိုက်ဒရိတ်ပါ ဝ င်ခြင်းအားဖြင့်သူတို့ရဲ့နောက်ဆုံးပုံစံထဲကို သင်ပေးသည်။ ပရိုတိန်းများမှိဝဲသောဇီဝဓာတုလမ်းကြောင်းများ Golgi complex ကို ဖြတ်၍ သူတို့၏ဖြတ်သန်းမှုများသည်အသေးစိတ် နောက်ဆုံးထုတ်ကုန်တစ်ခုစီအတွက်တိကျစွာအစီအစဉ်ချပြီး

**၂။** အချောထည်ထုတ်ကုန်များကိုနောက်ဆုံးအဆင့်သို့စီစဉ်ခြင်းနှင့်ညွှန်ကြားခြင်း *tinations* ။ Golgi complex သည်အမျိုးအစားခွဲရန်နှင့်တာဝန်ယူရန်ဖြစ်သည် သူတို့ရဲ့လုပ်ဆောင်ချက်အလိုက်ထုတ်ကုန်အမျိုးအစားအမျိုးမျိုးခွဲခြား ရည်ရွယ်ချက်နှင့် ဦး တည်ချက်၊ ပြောရရင်ထုတ်ကုန် (၁) ကိုလျှို့ဝှက်ထားရန်ဖြစ်သည် ဆဲလ်၏အပြင်ဘက် (၂) ကို plasma အသစ်တည်ဆောက်ရာတွင်သုံးသည် အမြှေးပါး (သို့) (၃) ကိုအခြား organelles များ၊ အထူးသဖြင့်ရေးမြို့နယ်။

## Golgi ရှုပ်ထွေးသောအထုပ်များသည် secretory vesicles များဖြစ်သည် exocytosis ဖြင့်လွှတ်ပေးရန်။

Golgi ရှုပ်ထွေးမှုကိုဘယ်လိုစီပြီးတိုက်ရိုက်ပြီးစီးထားသောပရိုတင်းများကဘယ်လိုလဲ သင့်တော်သောနေရာများသို့ အချောထည်ပစ္စည်းများသည်အတွင်း၌စုဆောင်းသည် Golgi complex ၏အိတ်များ၏အနားများကိုချဲ့ထားသည်။ အပြင်ဘက်အစွန်း- အိတ်အများစုသည်အမြှေးပါးဖြင့်ဖုံးထားသော vesicle တစ်ခုအဖြစ်ပိတ်သွားသည် ရွေးချယ်ထားသောထုတ်ကုန်တစ်ခုပါ ဝ င်သည်။ ထုတ်ကုန်အမျိုးအစားတစ်ခုစီအတွက်လက်လှမ်းမှီသည် ၎င်း၏သင့်တော်သောလုပ်ဆောင်ချက်နေရာ၊ vesicle အမျိုးအစားတစ်ခုစီကွဲပြားသည် ပို့ရွှယ်စဉ်မစမီသီးခြားထုတ်ကုန်တစ်ခုကိုယူပါ။ Vesicles နှင့်အတူ မတူညီသောနေရာများသို့ ဦး တည်နေသောသူတို့၏ရွေးချယ်ထားသောကုန်တင်ယာဉ်များကိုထုပ်ပိုးထားသည် ကွဲပြားခြားနားသောမျက်နှာပြင်ပရိုတိန်းများပါ ဝ င်သောအမြှေးပါးများ မျက်နှာပြင်ပေါ် ရှိအသားဓာတ်တစ်မျိုးစီသည်သီးခြား**docking အမှတ်အသား** တစ်ခုအဖြစ်ဆောင်ရွက်သည်



**စာမျက်နှာ ၈**

extracellular အရည်

ပလာစမာအမြှေး

လျှို့ဝှက်အိတ်

Cytosol

**(က) Exocytosis:** ပလာစမာနှင့်တွဲထားသော secret vesicle တစ်ခု အမြှေးပါးသည် vesicle ပါဝင်မှုကိုဆဲလ်၏အပြင်ဘက်သို့ထုတ်လွှတ်သည်။ vesicle အမြှေးပါးသည် plasma အမြှေးပါး၏အစိတ်အပိုင်းဖြစ်လာသည်။

Endocytic သားအိမ်

**(ခ) Endocytosis:** ဆဲလ်၏အပြင်ဘက်ရှိပစ္စည်းများကိုဖုံးလွှမ်းထားသည် အတွင်းသို့ဝ င်လာသောပလာစမာအမြှေးပါးတစ်ခြမ်း၌ endocytic vesicle အဖြစ်ပိတ်သည်။

•ပုံ **2-5 Exocytosis နှင့် endocytosis**

(စာအိတ်ပေါ်တွင်လိပ်စာကဲ့သို့) vesicle သည်“ dock” နှင့်“ un” လုပ်နိုင်သည်။ သင့်ရွေးချယ်ထားသောကုန်တင်ကိုသင့်တော်သော **dock-marker** တွင်သာတင်ပါ **accepto** , r , သာအသင့်လျော် destination သည်မှာတည်ရှိပါတယ်ပရိုတိန်း ဆဲလ်အတွင်း (အိမ်လိပ်စာကဲ့သို့) ထို့ကြောင့် Golgi ထုတ်ကုန်များ ၎င်းတို့ကိုစီထားသည်ဖြစ်သောကြောင့်၎င်းတို့နှင့်သင့်တော်သော function site ကိုရောက်သည် အထူးသဖြင့်ပါရှိသောလိပ်စာပါစာအိတ်များကဲ့သို့ပို့ဆောင်သည် မေးလ်အပိုင်းအစများကိုသင့်တော်ရာအိမ်သို့သာပို့ဆောင်ပေးနေသည် လိပ်စာများ

ဘာ့ကြောင့်သူတို့ကပလာစမာအမြှေးမှာသာချိတ်ထားနိုင်တာလဲ ( • ပုံ 2-6):

- စွန့်ပစ်ရန်ရည်ရွယ်ထားသောအသစ်ပြီးစီးထားသောအသားဓာတ်တစ်ခုပါ ဝ င်သည် တစ်ဦးအဖြစ်လူသိများအမိုင်နိုအက်ဆစ်ထူးခြားတဲ့ sequence ကို *sorting signal* ကို နှင့် Golgi membrane ၏အတွင်းမျက်နှာပြင်သည် အသိအမှတ်ပြုမှု ပါ ဝ င်သည် အမှတ်အသားများ၊ တိကျသော sorting ကိုအသိအမှတ်ပြုပြီးဆွဲဆောင်သောပရိုတိန်းများ အချက်ပြ။ လက်ခံပရိုတိန်း၏ sorting signal ကိုအသိအမှတ်ပြုခြင်းအားဖြင့်ဖြစ်သည် complementary membrane marker သည်သင့်တော်ကြောင်းသေချာစေသည် ကုန်တင်ကိုဖမ်းပြီးအိတ်အတွင်းသို့ထုပ်ပိုးသည်။
- အကျီမှုပရိုတင်း များကို *coatomer* ဟုခေါ်သော cytosol နှင့်တွဲသည် မှတ်ဉာဏ်၏အပြင်ဘက်မျက်နှာပြင်ကိုမျက်နှာမှုသောနောက်ထပ်တိကျသောပရိုတိန်း brane ။ ဤအကျီပရိုတင်းများချိတ်ဆက်မှုသည်မျက်နှာပြင်ကိုဖြစ်ပေါ်စေသည် Golgi sac ၏အမြှေးပါးသည်ကွေးညွှတ်ပြီးအမိုးပုံသဏ္ဌာန်ရှိသည် ဖမ်းမိထားသောကုန်တင်ပတ်ပတ်လည် နောက်ဆုံးတော့မျက်နှာပြင်ဟာ brane ပိတ်ပြီး vesicle ကိုပိတ်လိုက်သည်။
- အပင်ပေါက်ပြီးနောက်၊ vesicle သည်၎င်း၏အကျီပရိုတိန်းများနှင့်သွန်းလောင်းသည် အဆိုပါ docking အမှတ်အသားများဖျောထုတ၂ , အဖြစ်လူသိများ *v*-ကျော့ကွင်း ထားတဲ့မျက်နှာ vesicle အမြှေးပါး၏အပြင်ဘက်မျက်နှာပြင်။
- v-SNARE သည် lock-and-key ဖက်ရှင်ကို၎င်း၏နှင့်သာချိတ်ဆက်နိုင်သည် *t-SNARE* ဟုခေါ်သော docking marker လက်ခံသူ ကိုပစ်မှတ်ထားသည် အမြှေးပါး။ လျှို့ဝှက်အိတ်များကိုစုတွင် ဦး တည်သောမှတ်စု brane သည်ပလာစမာအမြှေးကိုစွန့်ထုတ်ရန်သတ်မှတ်ထားသောပလာစမာဖြစ်သည် နေရာယူရန် ထို့ကြောင့် secretory vesicles ၏ v-SNAREs သည် fuse သာဖြစ်သည် plasma အမြှေးပါး၏ t-SNAREs များနှင့် တစ်ခါကအမြှေးပါးတစ်ခုရှိတယ် ကိုက်ညီသောနည်းလမ်းဖြင့်သင့်တော်သောအမြှေးပါး၌ချိတ်ထားသည် SNAREs၊ အမြှေးပါးနှစ်ခုသည်လုံးဝ fuse; ထို့နောက် vesicle ဖွင့ ်၍ ၎င်း၌ပါ ဝ င်သောအရာများကိုပစ်မှတ်ထားသော site တွင်သွန်ပစ်သည်။

secretory vesicles ၏အကြောင်းအရာများသည်မည်သည့်အခါမျှမပါ ဝ င်ကြောင်းသတိပြုပါ cytosol နှင့်ဆက်သွယ်ပါ။ ဒီထုတ်ကုန်တွေကအရင်ကတည်းက ၎င်းတို့သည်ဆဲလ်မှထုတ်လွှတ်သည်အထိ ER ၌ပေါင်းစပ်ထားသည် exocytosis၊ ၎င်းတို့သည်အမြှေးပါး၌အမြဲရစ်ပတ်လျက်ရှိသည် ဆဲလ်၏ကျန်ရှိသောနေရာမှခွဲထုတ်သည်။ ၎င်း၏ထုတ်လုပ်ခြင်းအားဖြင့် အထူးသဖြင့် secretory protein ကိုအချိန်မီသိုလှောင်ထားသည် secretory vesicles ရှိ secretory cell သည်အလွယ်တကူရနိုင်သောအရာဖြစ်သည်။ ဤထုတ်ကုန်အမြောက်အမြားကိုသိုလှောင်ရန်အရံထားနိုင်သည်။ လိုအပ်ချက်ပေါ်မူတည်ပြီး လျှို့ဝှက်ဆဲလ်တစ်ခုသည်၎င်း၏ထုတ်ကုန်အားလုံးကိုပေါင်းစပ်ရန်လိုလျှင် ပို့ကုန်အတွက်လိုအပ်သည့်အတိုင်း uct တွင်ဆဲလ်သည် ပို၍ ရှိလိမ့်မည် ကွဲပြားခြားနားသောဝယ်လိုအားကိုဖြည့်ဆည်းရန်၎င်း၏စွမ်းရည်၌အကန့်အသတ်ရှိသည်။

အထူးပြု secretory ဆဲလ်များတွင် endocrine ဆဲလ်များပါဝင်သည် ပရိုတင်းဟော်မုန်းများနှင့်အစာခြေဂလင်းဆဲလ်များကိုခွဲခြားပေးသည်။ crete အစာခြေအင်ဇိုင်းများ secretory cells တွေမှာကြီးမားတဲ့ **se-** ပရိုတင်းများပါ ဝ င်သော **cretory vesicles** များသည်ဖယ်ရှားပစ်သည် Golgi stacks များမှ ၂၀၀ ခန့်ရှိသော secretory vesicles များ သယ်ယူပို့ဆောင်ရေး vesicles များထက်အဆများစွာပိုလုံသောအသားဓာတ်ကိုသိုလှောင်ပါ ဆဲလ်တစ်ခုအားညွှန်ပြသောတိကျသောအချက်တစ်ခုဖြင့်နှိုးဆွသည်အထိ ဤအထူးလျှို့ဝှက်ထုတ်ကုန်ကိုဖြန့်ချိရန်လိုအပ်သည်။ ap ပေါ်မှာ သင့်တော်သောအချက်၊ vesicle သည်ဆဲလ်၏အစွန်အဖျားသို့ရွှေ့လျားသည် ပလာစမာအမြှေးပါးဖြင့်ဖွင့ ်၍ ၎င်း၏ပါ ဝ င်ချက်များကိုစွန့်ပစ်သည် အပြင်ဘက် ( • ပုံ ၂-၃ နှင့် ၂-၅a) ဒီယန္တရား - ထုတ်လွှတ်မှု ဆဲလ်အတွင်းမှ ဝ င်လာသောအရာများ၏အပြင်ဘက်သို့ပြန်လည်ရောက်ရှိသည်။ အဖြစ်ကိုနှစ်သက် **exocytosis** ( *Exo* ; "ထဲက" နည်းလမ်း *cyto* နည်းလမ်းများ "ဆဲလ်") ။ Exocytosis သည်အောင်မြင်ရန်အတွက်အဓိကယန္တရားဖြစ်သည်။

secretory vesicles များကို secretory cells များဖြင့်သာဖွဲ့စည်းသည်။ ဘယ်လိုလဲ- Golgi ၏ရှုပ်ထွေးမှုများသည်ဤနှင့်အခြားဆဲလ်အမျိုးအစားများကိုလည်းခွဲခြားသည် မတူကွဲပြားသောပန်းတိုင်များအတွက်အသစ်ဖွဲ့စည်းထားသောထုတ်ကုန်များကိုထုပ်ပိုးပါ။ ဆဲလ်အတွင်းမှလုပ်ဆောင်ချက်များ ကိစ္စတိုင်းတွင် vesicle တစ်ခုသည် a ကိုဖမ်းယူသည် ပရိုတိန်းများစွာပါ ဝ င်သောကုန်တင်ကုန်ချအမျိုးအစား Golgi lumen၊ ထို့နောက်ကုန်သေတ္တာတစ်ခုစီကို dis- အတွက် tinct ဦး တည်ရာ

## Lysosomes နှင့် Endocytosis

**Lysosomes** များသည် **ကွဲအက်** သောသေးငယ်ပြီးအမြှေးပါးဖုံးနေသော organelles များဖြစ်သည် အောက်ဂဲနစ်မော်လီကျူးများ ( *lys* သည်“ ပြိုကွဲခြင်း”၊ အချို့ကို ဆိုလိုသည်

[illegible] ။ [illegible] သည်။
elles များသည်ထို့ကြောင့်အသီးမသီးခြင်း (သို့) အန္တရာယ်ရှိသောဥထွက်ခြင်းကိုကာ[illegible]ချေဖျက်သောအကြောင်းအရာများပေါ်မူတည်သည်။ အများအားဖြင့်၊
secretell ထုတ်ကုန်များမှ organelles သို့ lysosomes များသည်သေးငယ်သော (အချင်း ၀.၂ မှ ၀.၅ မီတာ) ဘဲဥပုံသို့မဟုတ်လုံးပတ်
ကဲ secretory vesicles တွေဘယ်လိုယူသလဲဆိုတာကိုအသေးစိတ်ကြည့်ရအောင်ယ်လိုရီအလောင်း ( • ပုံ 2-7) ။ ပျမ်းမျှအားဖြင့်ဆဲလ်တစ်ခုခန့်ရှိသည်
ECF သို့ဖြန့်ရန် Golgi stacks ရှိတိကျသောထုတ်ကုန်များကိုတက်ပါ ရေးမြို့နယ် ၃၀၀ ။



# စာမျက်နှာ ၉

Golgi lumen | အပြင်ဘက်အမြေးပါး Golgi အိတ် | Cytosol | ပလာစမာ အမြေးပါး | ECF

Dr Birgit Satir၊ Albert Einstein ဆေးတက္ကသိုလ်

၁ **လျှို့ဝှက်အိတ် ဖွဲ့စည်းခြင်း**
၂ **တက်သစ်စကနေ Golgi**
၃ **Uncoating**
၄ **ဆိုက်ကပ်နေသည် plasma အမြေးပါး**
၅ **Exocytosis ဖြစ်တယ်**

**သော့ချက်**

t-SNARE (docking-အမှတ်အသားလက်ခံသူ)

အသိအမှတ်ပြုအမှတ်အသား

Coat-protein လက်ခံသူ

v-SNARE (ချိတ်မှတ်)

အချက်ပြခွဲခြင်း

ကုန်တင်ပရိုတိန်း

Coatomer (အကျီပရိုတိန်း membrane ဖြစ်စေသည် ကွေးရန်)

၁ အမြေးပါး၏အသိအမှတ်ပြုအမှတ်အသားများ
အပြင်ဘက်ဆုံး Golgi အိတ်မှသင့်လျော်သောကုန်တင်ကိုဖမ်းယူပါ
Golgi lumen ကို sorting signal များဖြင့်သာချည်နှောင်သည်
ပရိုတင်းမော်လီကျူးများသို့လှောင်ရန် အမြေးပါး
vesicle ကိုဖုံးအုပ်မည့်အရာကို coatomer ဖြင့်အုပ်ထားသည်
အမြေးပါးကိုကွေးညွှတ်စေပြီး bud တစ်ခုဖြစ်ပေါ်စေသည်။

၂ အမြေးသည်အဖုံးအောက်တွင်ပိတ်ပြီးအညှောင့်ထွက်သည်
secretory vesicle ဖြစ်သည်။

၃ vesicle သည် v-SNARE ကိုဖော်ထုတ်။ ၎င်း၏အပေါ်ယံပိုင်းကိုဆုံးရှုံးသည်
vesicle မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် docking အမှတ်အသားများ

၄ v-SNARE များသည် t-SNARE နှင့်သာတွဲသည်
ပစ်မှတ်ပလာစမာကို docking-marker လက်ခံသူများ
အမြေးပါးသည် secretory vesicles များမပါ ၀ င်ကြောင်းသေချာစေသည်
သူတို့ရဲ့အကြောင်းအရာတွေကိုဆဲလ်ရဲ့အပြင်ဘက်ကို

• ပုံ ၂-၆ ထုပ်ပိုးမှု၊
**docking နှင့်လျှို့ဝှက်လွှတ်**
**tory vesicles များ။** အခုမှအစီအရီ
secretory vesicle ပုံစံကိုဖော်ပြသည်။
တစ် ဦး ၏အကူအညီနှင့်တက်သစ်စ
အသားဓာတ်နှင့်အကျီကိုတွဲချိတ်ပါ
plasma အမြေးပါးကိုဆိုလိုသည်
v-SNAREs နှင့် t-SNARES ဖြတ်ကျော်ခြင်း
မစ်ရှင်အီလက်ထရွန် micrograph ပြသထားတယ်
exocytosis ကြောင့်အရည်များထွက်ခြင်း

**Peroxisome ဖြစ်သည်**

## Lysosomes သည် extracellular ပစ္စည်းကိုချေဖျက်ယူဆောင်လာသည် phagocytosis ဖြင့်ဆဲလ်ထဲသို့

Lysosomes ကို Golgi complex မှတက်သစ်စများဖြင့်ဖွဲ့စည်းသည်။ တစ် ဦး lysosome တွင်ကွဲပြားသောအစွမ်းထက် **Hydro** ၃၀ ကျော်ပါ ၀ င်သည်။ ER တွင်ပေါင်းစပ်ထားသော **lytic အင်ဇိုင်းများ** ၊ ထို့နောက် trans အပင်ပေါက်များကိုထုပ်ပိုးရန် Golgi complex သို့ပို့သည် lysosome (တွေ့မြင် • ပုံ 2-3) ။ ဤအင်ဇိုင်းများသည် **hydroly sis၊ အပို** ပစ္စည်းများမှအော်ဂဲနစ်မော်လီကျူးများကိုပြိုကွဲစေသောတုံ့ပြန်မှုများ ငွေချေးစာချုပ် (p ။ A-15 ကိုကြည့်ပါ) ( *hydrolysis* ကို ဆိုလိုသည် "ရေနှင့်ခွဲခြင်း") ရေးမြို့နယ်တွင်အော်ဂဲနစ်မော်လီကျူးများရှိသည် ဆဲလ်အပျက်အစီးများနှင့်ဘက်တီးရီးယားကဲ့သို့သောအရာများဖြစ်သည် အချုပ်ခန်းထဲသို့ခေါ်ဆောင်လာခဲ့သည်။ Lysosomal အင်ဇိုင်းများဖြစ်ကြသည် အစာခြေစနစ်၏ hydrolytic အင်ဇိုင်းများနှင့်ဆင်တူသည် အစာကိုချေဖျက်ရန်လျှို့ဝှက်သည်။ ထို့ကြောင့် lysosomes သည် intracelcel အဖြစ်ဆောင်ရွက်သည်။ lular "အစာခြေစနစ်"

**ရေးမြို့နယ်**

Hydrolytic ဖြစ်သည် အင်ဇိုင်းများ

ဓာတ်တိုးခြင်း အင်ဇိုင်းများ

ပြင်ပဆဲလ်များကို lysosomal အင်ဇိုင်းများဖြင့်တိုက်ခိုက်သည် phagocytosis ၏လုပ်ငန်းစဉ်များမှတဆင့်ဆဲလ်သို့ဆောင်ခဲ့တာဖြစ်ပါတယ် , တစ်ဦး endocytosis အမျိုးအစား **Endocytosis၊** exocytosis ၏ပြောင်းပြန်၊ ဆဲလ်တစ်ခုအတွင်းဆဲလ်တစ်ခုအတွင်းမှပြင်ပမှအရာ ၀ တ္ထုများ (internalcellular) ကိုတည်ဆောက်ခြင်းကိုဆိုလိုသည် ( *endo* နည်းလမ်းများ "အတွင်း") (ကိုတွေ့မြင် • ပုံ 2-5b) ။ Endocytosis နိုင်ပါတယ် *pinocytosis, receptor-mediated en-* နည်းလမ်း သုံးမျိုးဖြင့်ပြီးမြောက်သည်။ *docytosis* နှင့် *phagocytosis* - အကြောင်းအရာများပေါ်တွင်မူတည်သည် internalized ပစ္စည်း ( • ပုံ 2-8) ။

မရ၊ Fawcett/ဓာတ်ပုံသုတေသီများ, Inc.

©ခွန်ဒဗလျူ

• **ပုံ 2-7 Lysosomes နှင့် peroxisomes ။** ပုံနှင့် elec
hydrolytic အင်ဇိုင်းများပါ ၀ င်သော lysosomes ၏ tron micrograph
နှင့် oxidative enzymes များပါ ၀ င်သော peroxisomes



# စာမျက်နှာ ၁၀

Cytosol

အပြင်မှာ ဆဲလ်

ရေ မော်လီကျူး

ဖြေရှင်းပါ မော်လီကျူး

ပလာစမာ အမြေးပါး

နောက်ကျတယ် ဖွဲ့စည်းခြင်း endocytic အိတ်

Endocytic ဖြစ်တယ် vesicle

ပလာစမာ အမြေးပါး

အစေးကြီး

မရ၊ Fawcett/ဓာတ်ပုံသုတေသီများ, Inc.

ရေမော်လီကျူးများနှင့်ဖြစ်သောအတွင်းရှိသည် plasma အမြှေးပါး။ solute မော်လီကျူးများအတွင်းပိတ်ထားသည် ရေမော်လီကျူးများ endocytic ဆောင်ကဲ့သို့ပိတ်ထားသည် ECF ၏နမူနာ။ ဖွဲ့စည်းခြင်း အိတ် ©ခွန်ဒဇလူ

**(က) Pinocytosis**

Cytosol ဆဲလ်ပြင်ပ

Clathrin

ပစ်မှတ် မော်လီကျူး

မော်လီကျူးများ ချည်နှောင်ထားသည် မျက်နှာပြင် receptors များ

အပေါ်ယံ တွင်း

လက်ခံသူ

ပလာစမာ အမြှေးပါး

Clathrin အင်္ကျီ

ပလာစမာ အမြှေးပါး MM Perry နှင့် AM Gilbert

၁ အရာဝတ္ထုများကိုပူးတွဲတင်ပြသည် membrane receptors များ၊

၂ အမြှေးအိတ်များအတွင်းသို့

၃ အိတ်ဆောင်ကဲ့သို့ပိတ်သွားသည် endocytic vesicle ပါ ဝ င်သည် ပစ်မှတ်မော်လီကျူး

**(ခ) Receptor-mediated endocytosis**

ရေးမြို့နယ်

Pseudopod သားကောင် Endocytic ဖြစ်တယ် vesicle

၁ Pseudopods စတင် သားကောင်ကိုဝန်းရံဖို့

၂ Pseudopods ပိတ်လိုက်သည် သားကောင်ပတ်လည်

၃ သားကောင်ကိုအလုံပိတ်ထားသည် endocytic vesicle အဲဒါ cytoplasm ထဲသို့နှစ်သည်။

၄ Lysosome တို့နှင့်ပေါင်းစပ်ထားသည် vesicle သည်အင်ဇိုင်းများထုတ်လွှတ်သည် သားအိမ်အတွင်းပိုင်းကိုတိုက်ခိုက်သောပစ္စည်း

အားကုန်ပင်ပန်းသည် သွေးနီဥ အဖြူရောင် သွေးဆဲလ်

ပါဆောတွင်းရှင်းပြစ်ဆေးဒ်သို့ယူတေသီများ၊

**(ဂ) Phagocytosis**

• **ပုံ 2-8 endocytosis ၏ပုံစံ။** (က) pinocytosis ၏ပုံနှင့် electron micrograph ဟိ မျက်နှာပြင်အမြှေးသည်အိတ်အတွင်းသို့စိမ့်ဝင်သွားပြီးမျက်နှာပြင်ကိုဖုံးအုပ်ကာ intracellular en- ဖွဲ့စည်းသည်။ ECF ၏အစိတ်အပိုင်းအချို့ကိုမရွေးဘဲထည့်သွင်းထားသော docytic vesicle (ခ) ပုံနှင့်အီလက်ထရွန်မိုက်ခရိုဂရပ် receptor-mediated endocytosis ဖြစ်သည်။ ပရိုတိန်းကဲ့သို့ကြီးမားသောမော်လီကျူးတစ်ခုသည်တိကျသော surpass သို့ကပ်သောအခါ မျက်နှာအခံ၊ အမြှေးပါးသည်အင်္ကျီပရိုတိန်း၏အကူအညီဖြင့်အတွင်းသို့ဖုံးအုပ်ထားသောအဖုံးကိုဖွဲ့စည်းသည်။ ထို့နောက် endocytic vesicle တစ်ခုတွင်မော်လီကျူးကိုရွေးထုတ်ရန်ပိတ်လိုက်သည်။ (ဂ) ပုံကြမ်းနှင့် phagocytosis ၏ electron micrograph series ကိုစကင်ဖတ်စစ်ဆေးသည်။ သွေးဖြူဥများသည် multimolecular ကိုအတွင်းပိုင်းသို့ ဝ င်စေသည် ဘက်တီးရီးယားများ (သို့) သွေးနီဥအဟောင်းများကဲ့သို့အမှုန်များပတ်လည်တွင်ပတ်ထားသော pseudopods များကိုချဲ့ထွင်ခြင်းဖြင့် ပစ်မှတ်ထားပစ္စည်း၌တံဆိပ်ခတ်ပါ။ lysosome သည် vesicle ပါဝင်မှုကိုပေါင်းစပ်ပြီးပျက်စေသည်။

**၃၀** အခန်း ၂

---

**စာမျက်နှာ ၁၁**

**PINOCYTOSIS** ခုနှစ်တွင် **pinocytosis** ( "ဆဲလ်အရက်သောက်"), ex- tracellular အရည်ကိုမရွေးချယ်ဘဲစုပ်ယူသည်။ ပထမ ဦး စွာပလာစမာ အမြှေးပါးသည်အတွင်းသို့ကျဆင်းသွားပြီးအဖုံးငယ်တစ်ခုပါ ဝ င်သည် ECF နည်းနည်း ( • ပုံ 2-8a) ထို့နောက်ပလာစမာအမြှေးပါးကိုတံဆိပ်ခတ်သည် အိတ်၏မျက်နှာပြင်ကိုအသေးအဖွဲ့အတွင်း၌ရှိသောအရာများဖြင့်ပိတ်မိနေသည်။ ဆဲလ်သေ **endocytic vesicle ။** *Dynamin* သည်ပရိုတင်းအတွက်တာဝန်ရှိသည် Endocytic vesicle ကိုဆွဲထုတ်ပြီးပတ်ပတ်လည်ရှိကွင်းများဖြစ်လာသည် နှင့်အိတ်၏“ လည်ပင်းကိုဆွဲပါ”၊ မျက်နှာပြင်အမြှေးပါး။ ECF ကိုဆဲလ်တစ်ခုထဲသို့ထည့်ခြင်းအပြင် pinocyto- sis သည်၎င်းကိုအပိုပလာစမာအမြှေးပါးအားပြန်လည်ရယူရန်နည်းလမ်းတစ်ခုပေးသည် exocytosis ကာလအတွင်းဆဲလ်မျက်နှာပြင်သို့ထည့်ထားသည်။

**RECEPTOR-MEDIATED ENDOCYTOSIS သည်** pinocytosis နှင့်မတူပါ ပတ် ဝ န်းကျင်ရှိအရည်ကိုမရွေးချယ်ဘဲစုပ်ယူခြင်းပါ ဝ င်သည်။ **receptor-mediated endocytosis** သည်အလွန်ရွေးချယ်သောလုပ်ငန်းစဉ်တစ်ခုဖြစ်သည် ၎င်းသည်ဆဲလ်များလိုအပ်သောတိကျသောမော်လီကျူးကြီးများကိုတင်သွင်းနိုင်စေသည် ၎င်း၏ပတ်ဝန်းကျင်မှ Receptor-mediated endocytosis သည်ဖြစ်ပေါ်စေသည်။ a ကဲ့သို့သောတိကျသောပစ်မှတ်မော်လီကျူးတစ်ခုအားစည်းနှောင်ခြင်းဖြင့်ပေးသည် ထိုမှဲ့အတွက်သီးခြားအမြှေးပါးပရိုတင်းသို့ပရိုတင်းဓာတ် cule ( • ပုံ 2-8b) ။ ဤစည်းနှောင်မှုသည်ပလာစမာအမြှေးကိုဖြစ်ပေါ်စေသည် ထို site အတွင်းသို့အိတ်ကပ်အတွင်းထည့်ပါ၊ ထို့နောက်မျက်နှာပြင်တွင်တံဆိပ်ခတ်ပါ ဆဲလ်အတွင်း၌ချည်နှောင်ထားသောမော်လီကျူး အိတ်ကိုအိတ်ဖြင့်ဖွဲ့စည်းထားသည် အမြှေးပါးပုံပျက်နေသော *clathrin* မော်လီကျူး များ၏ဆက်သွယ်မှု plasma အမြှေးပါး၏အတွင်းမျက်နှာပြင်ပေါ်တွင်ပရိုတင်းများဖုံးအုပ်သည်။ Clathrin သည် exocy- အတွက်သုံးသောအရာနှင့်မတူသောအင်္ကျီပရိုတိန်းဖြစ်သည်။ tosis ထွက်ပေါ်လာသောအိတ်ကို ၎င်းကို *coated pit* ဟုခေါ်သည် clathrin ဖြင့်ဖုံးအုပ်ထားသည်။ ကိုလက်စထရောများ၊ ဗီတာမင် B 12 ၊ အင်ဆူလင်ဟော်မုန်းနှင့်သံဓာတ်တို့သည်ဓာတ်ပစ္စည်းများ၏ဥပမာများဖြစ်သည်။ receptor-mediated endocytosis ဖြင့်ဆဲလ်များထဲသို့တင်းကျပ်စွာခေါ်ဆောင်သွားသည်။ ကံမကောင်းစွာဖြင့်ဗိုင်းရပ်စ်အချို့သည်ဆဲလ်များထဲသို့ခိုး ဝ င်နိုင်သည်။ ဤယန္တရားကိုအကောင်အထည်ဖော်သည်။ ဥပမာအားဖြင့်တုပ်ကွေးဗိုင်းရပ်စ်နှင့်

တစ်ဦးမျက်ရည် (သို့) ဆဲလ်သည်အစားထိုးအစိတ်အပိုင်းအသစ်များအတွက်လမ်းကြောင်းပေးသည်။ ဆဲလ်အများစုတွင်အားလုံး organelles များသည်ပြန်လည်ပြည့်ဖြိုးမြဲဖြစ်သည်။

အချို့ပုဂ္ဂိုလ်များသည်တစ်ခု (သို့) ပေါင်းစပ်နိုင်စွမ်းမရှိခြင်း lysosomal အင်ဇိုင်းများပိုများသည်။ ရလဒ်သည်ကြီးမားသည် ဒြပ်ပေါင်း၏ lysosomes အတွင်းစုဆောင်းခြင်း

ပုံမှန်အားဖြင့်ပျောက်ဆုံးနေသောအင်ဇိုင်းများဖြင့်အစာကြေသည်။ လက်တွေ့သရုပ် စေ့စပ်ထားသောကြောင့်ဤရောဂါများသည်မကြာခဏပါ ဝ င်သည် lysosomes သည်ပုံမှန်ဆဲလ်များ၏လုပ်ဆောင်မှုကိုအနှောင့်အယှက်ပေးသည်။ သဘောသဘာဝနှင့် ရောဂါလက္ခဏာများ၏ပြင်းထန်မှုသည်ပစ္စည်းအမျိုးအစားပေါ်မူတည်သည်။ စုဆောင်းခြင်း၊ အလှည့်အပြောင်းသည် lysosomal အင်ဇိုင်းပေါ်မူတည်သည် ပျောက်နေသည်။ ဤ သိုလှောင်ရုံရောဂါများ တွင် **Tay-Sachs** ဟုခေါ်သည် ပုံမှန်မဟုတ်သောစုပုံခြင်းဖြင့်ပြသော **ရောဂါ** ဖြစ်သည် အာရုံကြောဆဲလ်များတွင်တွေ့ရသောရှုပ်ထွေးသောမော်လီကျူးများ စုဆောင်းထားသည့်အတိုင်းဖြစ်သည် ဆက်လက်၍ တိုးတက်သောအာရုံကြောစနစ်၏လေးနက်သောလက္ခဏာများ degeneration ရလဒ်။

## Peroxisomes နှင့် Detoxification

**Peroxisomes** များသည်အမြှေးပါးဆဲလ်များထုတ်လုပ်ပြီး **decompose လုပ်သော** အမြှေးပါး organelles များဖြစ်သ ဓာတ်တိုးဆုတ်ယုတ်ပျက်စီးစေသောဖြစ်စဉ်တွင်ဟိုက်ဒရိုဂျင်ပါအောက်ဆိုဒ်ကိုရေးဖွဲ့ပါ။ အဆိပ်အတောက်ဖြစ်စေသောမော်လီကျူးများ ( *peroxi* သည်“ hydrogen peroxide” ကိုရည်ညွှန်းသည်) ပုံမှန်အားဖြင့် peroxisomes ငယ်ပေါင်းရာဂဏန်းခန့်ရှိသည် ဆဲလ်တစ်ခုတွင်ပျမ်းမျှ lysosomes အရွယ်အစား၏သုံးပုံတစ်ပုံမှတစ်ဝက်အထိရှိသည် (ကြည့်ရှု • ပုံ 2-7) ။ သူတို့သည် ER/Golgi ရှုပ်ထွေးမှုမှလည်းပေါ်ထွက်လာသည်။

### Peroxisomes သည်အိမ်သုံးဓာတ်တိုးဆန့်ကျင်အင်ဇိုင်းများဖြစ်သည် အမျိုးမျိုးသောအညစ်အကြေးများကိုအဆိပ်အတောက်ဖြစ်စေသည်။

Peroxisomes များသည်အမြှေးပါးရှိ lysosomes နှင့်ဆင်တူသည်။ အင်ဇိုင်းများပါ ဝ င်သောအိတ်များ၊ hydrolytic enzymes, peroxisomes house အများအပြားပါ ဝ င်သည်

အဲဒီ receptor-mediated endocytosis မှတဆင့်ဆဲလ်များ၊ သူတို့ဟာ bind- အားဖြင့်အစီအစဉ် ပုံမှန်အားဖြင့်အမြေးပါးကိုလှုံ့ဆော်ရန်ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ထားသောအမြေးပါး receptors များနှင့်တွဲလျက် လိုအပ်သောမော်လီကျူးတစ်ခု၏အတွင်းပိုင်းဖြစ်ခြင်း။

**PHAGOCYTOSIS** စဉ်အတွင်း **phagocytosis** ( "ဆဲလ်စား"), ကြီးမားတဲ့ mul-timolecular အမှုန်များသည် internalized ဖြစ်သည်။ ခန္ဓာကိုယ်ဆဲလ်အများစုသည် pinocytosis သည်များစွာသော receptor-mediated endocytosis ကိုသယ်ဆောင်သည် အထူးပြုဆဲလ်အနည်းငယ်သာ phagocytosis ကိုအများဆုံးပေးနိုင်သည် သိသာထင်ရှားတဲ့အချက်တစ်ခုကသွေးဖြူဥအမျိုးအစားအချို့ဟာသိသာထင်ရှားပါတယ် ခန္ဓာကိုယ်ခံစွမ်းရည်တွင်အရေးပါသောအခန်းကဏ္ဍ ဖြူလိုက်တာ သွေးဆဲလ်သည်ဘက်တီးရီးယား (သို့) တီဘီကဲ့သို့အမှုန်အမွှားများနှင့်တွေ့သည်။ အပုဂ်အစီးများကိုတရားစွဲသည် ၎င်းသည် **pseudopods** ဟုခေါ်သောမျက်နှာပြင်ထုတ်ပြန်ချက်များကိုပို့သည် (" မားယွင်းသောခြေများ") သည်အမှုန်များနှင့်လုံး ဝ ပတ်လည်ဝိုင်းလျက်ရှိသည် အပြည့်ပြည့်ဆိုင်ရာတွေ့နေကျမဟုတ်သော (အတွင်းထောင်ချောက်က • ပုံ 2-8c) ။ ထို့နောက်နေ phagocytic vesicle ၏အမြေးပါးနှင့်ဖျူးခြင်း ၎င်း၏ hydrolytic အင်ဇိုင်းများသည်သားအိမ်အတွင်းသို့လုံခြုံစွာတိုက်ခိုက်သည် ဘက်တီးရီးယားသို့မဟုတ်အခြားပိတ်မိနေသောအရာများကိုမထိခိုက်စေဘဲ ဆဲလ်များ၏ကျန်ရှိသော။ အဆိုပါအင်ဇိုင်းတွေအကြီးအကျယ် en- ဖြိုဖျက် အမိုင်နိုအက်ဆစ်များကဲ့သို့ကုန်ကြမ်းပါဝင်ပစ္စည်းများထဲသို့ပေါင်းစပ်ထားသောအရာများ ဆဲလ်တွင်သုံးနိုင်သော cose နှင့် fatty acids များ

## Lysosomes သည်ဟောင်းနွမ်းနေသော organelles များကိုဖယ်ရှားသည်။

Lysosomes သည်အသက်ကြီး။ ပျက်စီးသွားသော organelles များနှင့်လည်းပေါင်းစပ်နိုင်သည် ဆဲလ်၏ဤအသုံးမကျသောအစိတ်အပိုင်းများကိုဖယ်ရှားပါ။ ဒီလိုရွေးချယ်ထားတဲ့ကိုယ်ပိုင် အဖြစ်လူသိများအစာခြေ, **autophagy** ( အော်တို နည်းလမ်းများ "ကိုယ့်ကိုယ်ကို"; *phagy* ဆိုလိုသည်မှာ

အစွန်းထက် *oxidative* အင်ဇိုင်းများ နှင့်ဆဲလ်၏ *cata-* အများစုပါ ဝင်သည်။ **ဆဲလ်အဆိပ်သင့်မှုဖြစ်စဉ်** ဖော်ပြထားသော **Oxidative enzymes သည်** အောက်ဆီဂျင် ($O_2$) ကိုသုံးသည်၊ ဤကိစ္စတွင်အချို့သောအော်ဂဲနစ်မော်လီကျူးများမှဟိုက်ဒရိုဂျင်ကိုထုတ်ယူသည်။ ဤတုံ့ပြန်မှုသည်အတွင်းမှထုတ်လုပ်သောစွန့်ပစ်ပစ္စည်းအမျိုးမျိုးကို detoxify လုပ်ရန်ကူညီသည် ဆဲလ် (သို့) ဆဲလ်အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာသောအဆိပ်အတောက်ဒြပ်ပေါင်းများ **အရက်ကဲ့သို့** peroxisome, *hydrogen* ထုတ်လုပ်သောအဓိကထုတ်ကုန် ပါအောက်ဆိုဒ် ($H_2O_2$) ကိုမော်လီကျူးအောက်ဆီဂျင်နှင့် hy- တို့ဖြင့်ဖွဲ့စည်းသည်။ **drogen** အက်တမ်များသည်အဆိပ်မော်လီကျူးမှထုတ်ယူသည်။ ဟိုက်ဒရိုဂျင် ပါအောက်ဆိုဒ်သည်စုပြုခွင့်ပြုလျှင်သို့မဟုတ်ဖျက်ဆီးနိုင်ချေရှိသည် peroxisome ၏အကျဉ်းခန်းများမှလွတ်မြောက်ရန် သို့သော် peroxi- **ခန်းမရှိများ catalase** အင်ဇိုင်းဓာတ် များစွာပါ ဝင်သည် အစွမ်းထက် $H_2O_2$ ကိုအန္တရာယ်မရှိသော $H_2O$ နှင့် $O_2$ အဖြစ် ပြိုကွဲစေသည် ။ ဒီနက် **တုံ့ပြန်မှုသည်** ဖျက်ဆီးပစ်ရန်အရေးကြီးသောလုံခြုံရေးယန္တရားတစ်ခုဖြစ်သည် ထို့ကြောင့်၎င်း၏ထုတ်လုပ်သည့်နေရာ၌သေစေနိုင်သောဖြစ်နိုင်ခြေရှိသောပါအောက်ဆိုဒ် ၎င်းသည် cytosol ထဲသို့အဖျက်အမှောင့်ဖြစ်နိုင်ချေကိုကာကွယ်ပေးသည်။

## Mitochondria နှင့် ATP ထုတ်လုပ်မှု

**Mitochondria** များသည်စွမ်းအင် organelles များ (သို့)" power plant" များဖြစ်သည် ဆဲလ်; သူတို့သည်အစားအစာနှင့်အာဟာရဓာတ်များမှစွမ်းအင်ကိုထုတ်ယူသည် ဆဲလ်လုပ်ငန်းများအတွက်အသုံးဝင်သောပုံစံအဖြစ်အသွင်ပြောင်းပါ။ Mitochondria ထုတ်လုပ်သည့်စွမ်းအင်၏ ၉၀ ရာခိုင်နှုန်းခန့်ကိုထုတ်ပေးသည်၊ **ခန္ဓာကိုယ်** တစ်ခုလုံးသည်ရှင်သန်ရန်နှင့်အလုပ်လုပ်ရန်လိုအပ်သည်။ ဆဲလ်တစ်ခုတည်း ရာဂဏန်းမှ (သို့) ထောင်ဂဏန်းလောက်ထိဆံ့နိုင်တယ်





mitochondria သည်အစိတ်အပိုင်းတစ်ခုစီ၏စွမ်းအင်လိုအပ်ချက်များအပေါ်မူတည်သည်။ Lar ဆဲလ်အမျိုးအစား။ အချို့သောဆဲလ်အမျိုးအစားများမှာ mitochondria ထူထပ်များမှာ စွမ်းအင်အများဆုံးသုံးသောဆဲလ်များ၏ဒေသများသို့ချူလိုက်သည်။ ဥပမာအားဖြင့်, mitochondria အဆိုပါ contractile အကြားထုပ်ပိုးထားသည် နှလုံး၏ကြွက်သားဆဲလ်များတွင်ယူနစ်များ

## Mitochondria ကိုအမြေးပါးနှစ်ခုဖြင့်ဝန်းရံထားသည်။

mitochondria အရွယ်အစားနှင့် ပတ်သက်. ကြိမ်လုံး-shaped သို့မဟုတ်ဘဲဥပုံအဆောက်အဦများမှာ ဘက်တီးရီးယားများမှ တကယ်တော့ mitochondria သည်ဘက်တီးရီးယားများမှဆင်းသက်လာသည် ဆင့်ကဲဖြစ်စဉ်အစောပိုင်းဆဲလ်များကကျူးကျော်ဝင်ရောက်လာသောသို့မဟုတ်ဖုံးလွှမ်းနေသော tionary history နှင့်၎င်းသည်နောက်ပိုင်းတွင်အမြဲတမ်းဖြစ်လာခဲ့သည်။ ganelles ။ သူတို့၏သီးခြားအမွေအနှစ်၏တစ်စိတ်တစ်ပိုင်းအဖြစ် mitochondria သည် ဆဲလ်များအတွင်း၌ရှိသော DNA နှင့်ကွဲပြားသောသူတို့၏ကိုယ်ပိုင် DNA ကိုစိစ်ပါ တို့ဖြစ်သည်။ Mitochondrial DNA သည်မျိုးရိုးဗီဇဆိုင်ရာကုဒ်များပါ ဝင်သည် mitochondria မှလိုအပ်သောမော်လီကျူးများစွာကိုထုတ်လုပ်သည် စွမ်းအင်ထုတ်ပေးသည်။

အားနည်းချက်များသည် mitochondrial DNA တွင်တဖြည်းဖြည်းစုပြုံလာသည် လူတစ် ဦး ၏သက်တမ်းတစ်လျှောက် ဒီအားနည်းချက်တွေကဆက်စပ်နေတယ် အသက်အရွယ်ကြီးရင့်မှုနှင့်ရောဂါပုံမှန်မှုများတွင်ဖော်ပြထားသည်။ မိတို-chondrial ရောဂါများသည်ခန့်မှန်းခြေအားဖြင့်လူ ၅၀၀၀ တွင် ၁ ယောက်ဖြစ်သည်။ ဟိ ဤရောဂါများ၏လက်တွေ့လက္ခဏာများသည်အလွန်ကွဲပြားခြားနားသည်။ mitochondrial DNA ၏တည်နေရာနှင့်အတိုင်းအတာပေါ်မူတည်သည် ပြောင်းလဲမှုများ mitochondrial ရောဂါများတွင်အထင်ရှားဆုံးမှာ၎င်းတို့ဖြစ်သည် အချို့သောပုံစံများကဲ့သို့နှောင်ဘ ဝ ၌အားလျော့စေသည် နာတာရှည်ဆုတ်ယုတ်ပျက်စီးနေသောကြွက်သားများနှင့်အာရုံကြောစနစ်ဆိုင်ရာရောဂါများ၊ ဥပမာ **Charcot-Marie-Tooth အမျိုးအစား 2a** ပိုပြီး com-mitochondrial ရောဂါ၏ mon လက္ခဏာများတွင်ကြွက်သားများအားနည်းခြင်း၊ သတိမရှိခြင်း၊ မည်သွတ်ခြင်း၊ တက်ခြင်း၊ မျက်စိကွယ်ခြင်းနှင့်အကြားအာရုံဆုံးရှုံးခြင်း

mitochondrion တစ်ခုစီကို double membrane -a ဖြင့်ဝန်းရံထားသည် mitochondrion ကိုဝန်းရံထားသောချောမွေ့သောအပြင်ဘက်အမြေး self နှင့် infoldings များအစီအရီဖွဲ့စည်းသောအတွင်းစိတ်အမြေးပါး **cristae** ဟုခေါ်သောစင် များသည်အတွင်းဂလိုင်ထဲသို့ဖြည့်ပေးသည် အဆိုပါအဖြစ်လူသိများနေတဲ့ဂျယ်လ်ကဲ့သို့ဖြေရှင်းချက်တွေနဲ့ **matrix ကို** ( • ပုံ 2-9) ။ ဟိ အမြေးပါးနှစ်ခုကိုကျဉ်းမြောင်းသောအမြေးပါးတစ်ခုဖြင့်ခွဲခြားထားသည် နေရာ။ cristae တွင်နောက်ဆုံးတွင်တုံ့ပြန်သောပရိုတိန်းများပါ ဝင်သည်။ sible သည်အစားအစာမှစွမ်းအင်များစွာကိုအသုံးဝင်သောအရာအဖြစ်ပြောင်းလဲပေးသည် ပုံစံ။ အတွင်းစိတ်အမြေးပါး၌ရက်ရောသောအကွေးများသည်အလွန်ကြီးမားသည်။ တွန်နေသောမျက်နှာပြင်ဧရိယာသည်အိမ်ရာအတွက်ဤအရေးကြီးသောရှိုင်သည် ပရိုတိန်း။ အဆိုပါ matrix တွင် hun- အရောအနှောပါ ဝင်သည်။ အာဟာရဓာတ်များကိုပြင်ဆင်ပေးသောမတူညီသောဖျက်သိမ်းသောအင်ဇိုင်းများ၏အစိတ်အပိုင်း cristae မှသုံးနိုင်သောစွမ်းအင်၏နောက်ဆုံးထုတ်ယူမှုအတွက် ecules ပရိုတိန်း။

**Mitochondrion**

Intermembrane
နေရာ

Cristae

ပရိုတင်းများ အီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေး | အတွင်းစိတ် mitochondrial အမြေးပါး | Matrix | ရှုပကာ mitochondrial အမြေးပါး

Cristae

© Bill Longcore/ဓာတ်ပုံသုတေသနပညာရှင်များ Inc.

• **ပုံ 2-9 Mitochondrion ၏ဖွဲ့စည်းပုံ** အီလက်ထရွန်မိုက်ခရို mitochondrion ၏ဂရပ် အပြင်ဘက်အမြေးပါးသည်ကိုသတိပြုပါ အတွင်းစိတ်အမြေးပါးများသည် cristae ဟုခေါ်သောခေါက်ရိုးများချောမွေ့နေသည် ၎င်းသည် matrix သို့တိုးချဲ့သည်။ intermembrane space သည်၎င်းကိုခွဲခြားသည် အတွင်းနှင့်အပြင်ဘက်အမြေးပါး။ အီလက်ထရွန်သည်ပရိုတိန်းများကိုသယ်ဆောင်သည်။ cristae တွင်အိပ်ယာများသည်နောက်ဆုံးတွင်ပြောင်းလဲရန်တာဝန်ရှိသည် အစားအစာ၏စွမ်းအင်များစွာကိုအကျိုးရှိစွာသုံးနိုင်သောပုံစံသို့ပြောင်းသည်။

## Mitochondria သည်အဓိကကစားသည် ATP ထုတ်လုပ်ရာတွင်အခန်းကဏ္ဍ

ခန္ဓာကိုယ်အတွက်စွမ်းအင်အရင်းအမြစ်သည်သိုလှောင်ထားသောဓာတုစွမ်းအင်ဖြစ်သည် စားသုံးမိသောအစာများ၏ကာဘွန်အနှောင်အဖွဲ့တွင် ခန္ဓာကိုယ်ဆဲလ်များကိုတဝ်ဆောင်ရွက်ပါ ဒီစွမ်းအင်ကိုတိုက်ရိုက်သုံးဖို့ အဲဒီအစားဆဲလ်တွေကစွမ်းအင်ကိုထုတ်ယူရမယ် အစားအစာများမှအာဟာရဓာတ်များကို၎င်းတို့သုံးနိုင်သောပုံစံသို့ပြောင်းပါ။ **adenosine triphos** ၏စွမ်းအင်မြင့်ဖော့စဖိတ်အနှောင်အဖွဲ့များ **phate (ATP)၊** adenosine နှင့် phosphate သုံးမျိုးပါ ဝင်သည် အုပ်စုများ (ပူးတွဲပါ *tri* နည်းလမ်းများ "သုံး") (စ။ အဖြေ-17 ကိုကြည့်ပါ) ။ အခါ high

ချက်ချင်းအသုံးပြုနိုင်သောစွမ်းအင်ကိုရယူပြီးဆဲလ်များသည် terminal phos- ကိုခွဲပေးသည်။ **adenosine diphosphate** ကိုထုတ်ပေးသော ATP ၏ phate bond **(ADP)** ၊ ဖော့စဖိတ်အုပ်စုနှစ်ခုပါသော adenosine ( *di* ဆိုလိုသည်မှာ" နှစ်ခု") - အရာမ ဝ င်ဖော့စဖိတ် ($P_i$) အပေါ်င်းစွမ်းအင်

ATP 8888n ADP $P_i$ ဆဲလ်မှသုံးသောစွမ်းအင်

ဤစွမ်းအင်အစီအစဉ်တွင်အစားအစာကို" ရေနံစိမ်း" ဟုယူဆနိုင်သည် "လောင်စာ" နှင့် ATP သည်ခန္ဓာကိုယ်အားလည်ပတ်ရန်" သန့်စင်ထားသောလောင်စာဆီ" အဖြစ်သတ်မှတ်သည်

terminal phosphate ကို adenosine သည်ကွဲသွားပြီးစွမ်းအင်ဆဲလ်လုပ်ငန်းများကိုထုတ်လွှတ်သည်။ ကြီး five system ကိုလွှဲပြောင်းပေးသည်။

Adenosine triphosphate သည်ကမ္ဘာလုံးဆိုင်ရာစွမ်းအင်သယ်ဆောင်သူဖြစ်သည်။ အစာခြေလမ်းကြောင်းမှ lumen သို့သွေးထဲသို့ (အခန်း ၁၆ ကိုကြည့်ပါ) ။ ခန္ဓာကိုယ်၏ဘုံစွမ်းအင် "ငွေကြေး" ဆဲလ်များသည် ATP တွင်ငွေသားပေးနိုင်သည် ဥပမာအားဖြင့်ကာဗိုဟိုက်ဒရိတ်ဓါတ်သည်အဓိကအားဖြင့်ပြိုကွဲသည် ဆဲလ်စက်များလည်ပတ်ရန်စွမ်းအင် "ဈေးနှုန်း" ကိုပေးရန်။ ရန် ဂလူးကို့စ်ကိုသွေးထဲသို့စုပ်ယူသည်။ အသုံးမ ဝ င်ပါဘူး



## စာမျက်နှာ ၁၃

အစာချေဖျက်စဉ် ergy ကိုထုတ်လွှတ်သည်။ သို့အပ်နှံသောအခါ ဆဲလ်များမှသွေးအားဖြင့်အာဟာရမော်လီကျူးများကိုသယ်ယူပို့ဆောင်သည် plasma အမြှေးပါးကို ဖြတ်၍ cytosol သို့ (ဘယ်လိုအသေးစိတ် ပစ္စည်းများကိုအမြှေးပါးကိုအခန်း ၃ ၌ဖုံးထားသည်။ )

ယခုကျွန်ုပ်တို့ ATP တွင်ပါ ဝ င်သောခြေလှမ်းများကိုအာရုံစိုက်ပါ ဆဲလ်အတွင်းထုတ်လုပ်မှုနှင့် mitochondria ၏အခန်းကဏ္ဍ ဤအဆင့်များ **ဆယ်လူလာအသက်ရှူခြင်း** သည်အကြားအာရုံကိုစုပေါင်းသည်။ စွမ်းအင်ကြွယ်ဝသောမော်လီကျူးများကျိုးပဲ့သွားသောဆဲလ်တုံ့ပြန်မှုများ ATP ကိုပုံစံ ချ၍ $O_2$ ကို သုံး၍ လုပ်ငန်းစဉ်၌ $CO_2$ ကို ထုတ်လုပ်သည် ။ ဆဲလ်အများစုတွင် ATP ကိုအစဉ်လိုက်ဖျက်သိမ်းခြင်းမှထုတ်ပေးသည် : သုံးအဆင့်စုပ်ယူအာဟာရမော်လီကျူး၏ *glycolysis* ထဲမှာ cytosol , ပု *citric* အက်ဆစ်သံသရာ အတွက် mitochondrial matrix ၌ရှင်း, mitochondrial အတွင်းပိုင်း၌ *oxidative phosphorylation* brane ( • ပုံ 2-10) ။ ကြွက်သားဆဲလ်များသည်နောက်ထပ် cytosolic ကိုသုံးသည် အစပိုင်း၌စွမ်းအင်ချက်ချင်းထုတ်ပေးရန်လမ်းကြောင်း ercise; p ကိုကြည့်ပါ။ ၂၇၆။) ဖော်ပြရန်ဥပမာအားဖြင့်ကျွန်ုပ်တို့သည်ဂလူးကို့စ်ကိုသုံးလိမ့်မည် ဤအအဆင့်ဆင့်။

**GLYCOLYSIS** သည် cytosol ရှိအင်ဇိုင်းပေါင်းထောင်ချီတွင်ပါဝင်သည် **glycolysis** အတွက် ဓာတုဗေဒလုပ်ငန်းစဉ် ၁၀ ခုတွင်တာဝန်ရှိသည်။ ကာဗွန်ခြောက်သကြားဓာတ်ကိုဖြိုဖျက်သောဆင့်ကဲတုံ့ပြန်မှု ၁၀ ခုကိုပြုလုပ်သည် မော်လီကျူး၊ ဂလူးကို့စ်သည် pyruvate မော်လီကျူးနှစ်ခုသုံးမျိုးစီရှိသည် ကာဗု ( *glyc* - နည်းလမ်းများ "ချိုမြိန်"; *lysis* နည်းလမ်းများ "ပြိုကွဲ") ( • Fig- ယူရီးယား ၂-၁၁) ဤဖြစ်စဉ်တွင်ဟိုက်ဒရိုဂျင်နှစ်ခုကိုထုတ်လွှတ်သည် နောက်ပိုင်းတွင်သုံးရန် NADH မော်လီကျူး ၂ ခုသို့လွှဲပြောင်းသည်။ (သင်သင်ယူလိမ့်မည် မကြာမီ NADH အကြောင်းပိုသိသည်။ ) ဘရိုမိုစွမ်းအင်အချို့ ken ၏ဂလူးကို့စ်ဓာတ်ချည်နှောင်မှုများကို ADP သို့ပြောင်းရန်တိုက်ရိုက်အသုံးပြုသည် ATP သို့ သို့သော် glycolysis သည်အလွန်ထိရောက်သည် စွမ်းအင်ထုတ်ယူမှု၊ အသားတင်အထွက်နှုန်းသည် ATP မော်လီကျူးနှစ်ခုသာဖြစ်သည် ပြုပြင်ထားသောဂလူးကို့စ်မော်လီကျူးတစ်ခုလျှင် စွမ်းအင်အများကြီးမှုလက ဂလူးကို့စ်မော်လီကျူးတွင်ပါ ဝ င်သောဓာတုပစ္စည်းကိုသော့ခတ်ထားဆဲဖြစ်သည် pyruvate မော်လီကျူးများ၏အနှောင်အဖွဲ့များ စွမ်းအင်နိမ့်သောအထွက်နှုန်း colysis သည်ခန္ဓာကိုယ်၏ ATP အတွက်လိုအပ်ချက်ကိုပံ့ပိုးရန်မလုံလောက်ပါ။ ဤသည် mitochondria ကစားသည့်နေရာဖြစ်သည်။

Glycolysis နည်း

ဂလူးကို့စ်နှင့်အခြား လောင်စာမော်လီကျူးများ

Cytosol

၂ ATP

Pyruvate

Acetate သို့ Pyruvate

Acetyl-CoA

Citric အက်ဆစ် သံသရာ

၂ ATP

Mitochondrial matrix

သယ်ဆောင်လာသောအီလက်ထရွန်များ NADH နှင့် $FADH_2$

ဓာတ်တိုးခြင်း phosphorylation (အီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ် နှင့် chemiosmosis)

၂၈ ATP

Mitochondrial အတွင်းအမြှေး

•ပုံ ၂ မှ ၁၀ **အထိ ဆယ်လူလာအသက်ရှူခြင်းအဆင့်များ** သုံးယောက် ဆယ်လူလာအသက်ရှူ၏အဆင့် (1) glycolysis, (2) citric အက်ဆစ်သံသရာဖြစ်ကြောင်း, (၃) oxidative phosphorylation

**CITRIC ACID** **စက်ဝိုင်း** pyruvate pro- cytosol တွင် glycolysis အားဖြင့်တားသည် mito သို့ရွေးချယ်ပို့ဆောင်သည်။ chondrial matrix ကို။ ဒီမှာသူ့ရဲ့ကားတစ်စီးက bons များကိုအင်ဇိုင်းများဖြင့်ဖယ်ရှားသည် ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ် ($CO_2$) နှင့် နောက်ပိုင်းတွင်ခန္ဓာကိုယ်မှဖယ်ရှားပစ်ခဲ့သည် အဆုံးထုတ်ကုန်, ဒါမှမဟုတ်စွန့်ပစ် ( • ပုံ 2-12) ၎င်းငြား။ ထိုပြင်အခြားဟိုက်ဒရိုဂျင်ကိုလည်းထုတ်လွှတ်သည် အခြား NADH သို့လွှဲပြောင်းပေးခဲ့သည်။ ကာဗွန်မော်လီကျူးနှစ်ခုကျန်သည် ပြိုကွဲခြင်းဖြစ်စဉ်ပြီးနောက် acetate၊ coenzyme A (CoA) နှင့်ပေါင်းစပ်ထားသည် pantothenic acid (a B) မှဆင်းသက်လာသည် ဗီတာမင်) ပေါင်းစပ်ထုတ်လုပ်သည် acetyl coenzyme A (acetyl-CoA) ဖြစ်သည်။

Acetyl-CoA သည် **citric** ထဲသို့ ဝ င်သည် **acid cycle၊** စက်ဝိုင်း ၈ ခု cata- ဇီဝဓာတုတုံ့ပြန်မှုများ mitochondrial matrix ၏အင်ဇိုင်းများဖြင့်စုပ်ယူသည်။ ဤသံသရာ တုံ့ပြန်မှုများကို Ferris တစ်ဝိုက်တော်လှန်ရေးတစ်ခုနှင့်နှိုင်းယှဉ်နိုင်သည် မော်လီကျူးများသည်၎င်းတို့သည်ရုပ်ပိုင်းဆိုင်ရာမဟုတ်ကြောင်းမှ လွဲ၍ ဘီး သံသရာတစ်ဝိုက်၌ရွေ့လျားသွားသည်။ Ferris wheel ထိပ်တွင် acetyl-

Glycolysis နည်း ATP

Cytosol

ကာဗွန် ၆ လုံးပါ ဂလူးကို့စ်မော်လီကျူး

Pyruvate သို့ acetate

၂ NAD +

တဆယ် သီးခြား ခြေလှမ်းများ

၂ နတေရှဆဍျ

citric အက်ဆစ် သံသရာ ATP

2 ADP + 2 P

2 ATP

ဓာတ်တိုးခြင်း phosphorylation ATP

နှစ်ဦးကို 3-ကာဗွန် pyruvate မော်လီကျူးများ

• **ပုံ 2-11 အဆိုပါ cytosol အတွက် Glycolysis ။** နှစ်ခု py- သို့ Glycolysis ပြိုကွဲဂလူးကို့စ (ခြောက်လကာဗု) fur- များအတွက်ရရှိနိုင် 2 ATP ပေါင်း 2 နတေရှဆဍျ (တစ်ဦးအသားတင်အထွက်နှုန်းနှင့်အတူ ruvate မော်လီကျူး (သုံးကာဗုတစ်ခုချင်းစီ), အီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်ဖြင့်စွမ်းအင်ထုတ်ယူသည်။ )

ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်မော်လီကျူးနှစ်ခုဖြစ်သော CoA သည်နေရာယူပြီးသားထိုင်ခုံတစ်ခုထဲသို့ ဝ င်လာသည် လေးကာဗုသည့် oxaloacetate ။ ထိုသူနှစ်ဦးမော်လီကျူး link ကို (၆) ကာဗွန် citrate မော်လီကျူး (intracellular pH တွင် citric) ကိုဖွဲ့စည်းရန် အက်ဆစ်သည် ionized ပုံစံ၊ citrate) နှင့်ပတ် ဝ န်းကျင်ခရီးရှိသည်



## စာမျက်နှာ ၁၄

Glycolysis နည်း ATP

Mitochondrial matrix

Pyruvate acetate ရန်

3C Pyruvate

citric အက်ဆစ် သံသရာ ATP

1C $CO_2$

NAD +

CoA

နတေရှဆဍျ

ဓာတ်တိုးခြင်း
phosphorylation

ATP

2C Acetyl-CoA **CoA**

**သော့ချက်**

ဂ ကာဗွန်အက်တမ်

Oxaloacetate ဆေး
4C

နတေရှုဆဉှ
citrate

ဧ ၂ အို
6C

NAD +

**mitochondrial တွင်**
**matrix**

Malate
4C

Isocitrate
6C

ဧ ၂ အို

NAD +

နတေရှုဆဉှ

$CO_2$ 1C

Fumarate ပါ
4C

Ketoglutarate ဆေး၊
5C

CoA

NAD +

FADH ၂

FAD

ဧ ၂ အို **CoA**

နတေရှုဆဉှ

အောင်မြင်ပါစေ
4C

Succinyl CoA
4C

$CO_2$ 1C

ဂျီဒီပီ

GTP + ဓ ၊

ADP

ATP

• **ပုံ 2-12 အဆိုပါ mitochondrial matrix ကိုအတွက် citric အက်ဆစ်သံသရာ။** ကာဗွန်နှစ်လုံးဝင်လာသည်
acetyl-CoA ဖြင့်သံသရာကိုနောက်ဆုံးတွင် oxaloacetate ဖြင့် $CO_2$ သို့ကူးပြောင်းသည်။
အဆိုပါသိသိလမ်းကြောင်းရဲ့အဆုံးမှာ regenerated ခံရ acetyl-CoA cepts ။ ဟိုက်ဒရိုဂျင်ကိုထုတ်လွှတ်သည်
လမ်းကြောင်းတစ်လျှောက်တွင်တိုကျသောအချက်များသည် fur- အတွက်ဟိုက်ဒရိုဂျင်သယ်ဆောင်မော်လီကျူးများ NAD နှင့် FAD တို့နှင့်ချည်နှောင်ထားသည်။
အီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်ဖြင့်လုပ်ဆောင်သည်။ mol တစ်ခုစီအတွက် ATP မော်လီကျူးတစ်ခုကိုထုတ်ပေးသည်။
Citric acid သံသရာထဲသို့ ဝ င်လာသော acetyl-CoA ၏ ecule ၏တစ်ခုစီသည် ATP ၏မော်လီကျူးနှစ်ခုလုံးအတွက်
ပြုပြင်ထားသောလလူးကိုစ်မော်လီကျူး။



## စာမျက်နှာ ၁၅

citric အက်ဆစ်သံသရာကစတင်ခဲ့သည်။ (ဤသံသရာတနည်းအဖြစ်လူသိများသည် **Krebs သံသရာ၊** ၎င်း၏အမိကတွေ့ရှိသူ (သို့) **သုံးဘီး boxylic acid သံသရာ၊** citrate တွင် carboxylic သုံးခုပါ ဝ င်သောကြောင့်ဖြစ်သည် acid အုပ်စုများဖြစ်သည်။ ) သံသရာခြေလှမ်းတိုင်းတွင် matrix enzymes များသည် ခရီးသည်မော်လီကျူးသည်အနည်းငယ်ကွဲပြားသောမော်လီကျူးကိုဖွဲ့စည်းသည် (မှာပြထားတဲ့ • ပုံ 2-12) ၎င်းပျူး။ ဤမော်လီကျူးပြောင်းလဲမှုများတွင်ရှိသည် အောက်ပါအရေးကြီးသောအကျိုးဆက်များ

၁။ ကာဗွန်နှစ်လုံးကို" ကားဖြင့်တိုက်ထုတ်" သည်၊ တစ်ခုချင်းဖြန့်သည် ကာဘွန် citrate ခြောက်မှအချိန်သည်၎င်းကိုလေးဆသိုပြန်ပြောင်းသည်။ carbon oxaloacetate ကိုယခုထိပ်တွင်ရနိုင်သည် အခြားတော်လှန်ရေးအတွက်နောက်ထပ် acetyl-CoA ကိုကောက်ရန်သံသရာ သံသရာတဆင့်။ CoA ကိုလည်းပြန်လည်အသုံးပြုသည်။ ၎င်းကိုအဆုံးတွင်လွှတ်သည် သံသရာ၏၊ ၎င်းကို acetate အသစ်တစ်ခုနှင့်ပေါင်းစပ်ရန်ပြုလုပ်နိုင်သည် အခြား acetyl-CoA ကိုဖွဲ့စည်းပါ။

၂။ ထွက်လာသောကာဗွန်များကိုမော်လီကျူးနှစ်ခုအဖြစ်ပြောင်းသည် $CO_2$ ။ ကာဗွန်အက်တမ်နှစ်ခုသည်ပုံစံဖြင့်သံသရာထဲသို့ ဝ င်သည်ကိုသတိပြုပါ acetyl-CoA နှင့်ကာဗွန်အက်တမ်နှစ်ခုတို့သည်သံသရာမှထွက်ခွာသွားသည် $CO_2$ မော်လီကျူး နှစ်ခုပုံစံ ။ ဤ $CO_2$ အပြင် $CO_2$ pro- pyruvate မှ acetate ဖွဲ့စည်းစဉ် duced ထွက်လာသည် mitochondrial matrix ၏နောက်ပိုင်းတွင်ဆဲလ်မှထွက်သွားသည် သွေးထဲသို့ဝင်ပါ။ သွေးသည် $CO_2$ ကိုအဆုတ်သို့ ပို့ဆောင်သည် ကအသက်ရှူနေတဆင့်လေထုမှဖယ်ထုတ်ပစ်သည်။ Oxy- gen $CO_2$ အောင်ဖို့အသုံးပြု ၂ ကဤဖြန့်ချိကာဗုကနေဆင်းသက်လာတာဖြစ်ပါတယ် တုံ့ပြန်မှုများတွင်ပါ ဝ င်သောမော်လီကျူးများမှအလကားရသည်မဟုတ် အသက်ရှူခြင်းဖြင့်ပေးသောမော်လီကျူးအောက်ဆီဂျင်

၃။ ဟိုက်ဒရိုဂျင်သည်စက်ဝန်းလေးခု၌" ပိတ်" သွားသည် ဓာတုပြောင်းလဲခြင်းအဆင့်များ အဆိုပါ citric ၏သော့ရည်ရွယ်ချက် အက်ဆစ်သံသရာသည်ဤဟိုက်ဒရိုဂျင်များကိုလျှပ်စစ်ဓာတ်ထဲသို့ ဝ င်ရောက်ရန်ထုတ်လုပ်ခြင်းသည် အတွင်း mitochondrial အမြှေးပါးအတွင်း Tron သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်။ ဟိုက်ဒရိုဂျင်ကိုမတူညီသောဟိုက်ဒရိုဂျင်သယ်ဆောင်သူနှစ် ဦး သို့လွှဲပြောင်းပေးသည်

ထုတ်လွှတ်သောစွမ်းအင်ကို သုံး၍ ATP ကိုပေါင်းစပ်ပြုလုပ်သောလုပ်ငန်းစဉ်ဖြစ်သည် အီလက်ထရွန်တို့ကသူတို့အိုပြောင်းရွှေ့နေကြသည်အဖြစ် ၂ ။ ဤလုပ်ငန်းစဉ်ကပါဝင်ပတ်သက် အတွင်းအုပ်စုနှစ်စုသည်အတွင်း mitochondrial တွင်တည်ရှိသည် **အီလက်ထရွန်** သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ် နှင့် *ATP synthase*

စွမ်းအင်ဖမ်းယူရှိ "ကြီးမားသောငွေပမာဏသည်" သောအခါနတေရှုဆဉှနစ်တင် FADH ၂ သည်အီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်ကိုထည့်သွင်းသည်။ အဆိုပါ **အီလက်ထရွန် trans- port စနစ်** ကြီးတွင်အီလက်ထရွန်သယ်ဆောင်သူလေး ဦး ပါ ဝ င်သည် stationary protein complexes များ၊ နံပါတ် ၁၊ II၊ III နှင့် IV တိုတစ်လျှောက် အလွန်သေးငယ်သောမိုဘိုင်းအီလက်ထရွန်သယ်ဆောင်သူနှစ် ဦး နှင့်အတူ cytochrome *c* နှင့် ubiquinone (coenzyme Q သို့မဟုတ် CoQ ဟုလည်းသိသည်) အဓိကရုပ်ထွေးသော (အကြားလွန်းအီလက်ထရွန် • ပုံ 2-13) ။

အီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်စတင်သည်နှင့်အမျှစွမ်းအင်မြင့်မားလာသည် NADH တွင်ကျင်းပသော hydrogens များမှအီလက်ထရွန်များကိုထုတ်ယူသည် နှင့် FADH ၂ တို့ကိုအဆင့်ဆင့်မှတစ်ဆင့်လွှဲပြောင်းပေးသည် အီလက်ထရွန်သယ်ဆောင်သူမော်လီကျူးတစ်ခုသည်စည်းတစ်ခုအတွင်းသို့အခြားတစ်ခုသို့ (အဆင့် ၁ ) ရလဒ်အဖြစ်ဟိုက်ဒရိုဂျင်အိုင်းယွန်း (H) နှင့်စွန့်ထုတ်ခြင်း အီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်အတွင်း၌အီလက်ထရွန်များ၊ NADH နှင့် FADH ၂ ကို NAD နှင့် FAD (အဆင့် ၂ ) သို့အခမဲ့ပြန်လည်ကူးပြောင်းသည်။ ၎င်းတို့အားထုတ်လွှတ်နေစဉ်ဟိုက်ဒရိုဂျင်အက်တမ်များကိုပိုမိုကောက်ယူသည် glycolysis နှင့် citric acid သံသရာ။ ထို့ကြောင့် NAD နှင့် FAD citric acid cycle နှင့် electron ကြားဆက်စပ်မှုအဖြစ်ဆောင်ရွက်သည် သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်။ အီလက်ထရွန်သယ်ဆောင်မှုများကိုအတတ်နိုင်ဆုံးစီစဉ်ပေးထားသည်။ cific order အတွင်းပိုင်းအမြှေးပါး၌စွမ်းအင်မြင့်မားသည် အီလက်ထရွန်များသည်၎င်းတို့ကဲ့သို့စွမ်းအင်အဆင့်ဆင့်သို့ဆက်တိုက်ကျဆင်းသွားသည် လက်လှမ်းမီသောကွင်းဆက်မှတဆင့်သယ်ဆောင်သူမှသယ်ဆောင်သူသို့လွှဲပြောင်းသည်။ အဆင့် ( ၃ ) နောက်ဆုံးတော့သူတို့ဟာသူတို့ရဲ့အနိမ့်ဆုံးအခြေအနေမှာရှိနေတဲ့အခါ ergy ပြည်နယ်တွင်အီလက်ထရွန်များသည်မော်လီကျူးအောက်ဆီဂျင် ($O_2$) နှင့်ချည်နှောင်ထားသည်။ ကျွန်ုပ်တို့ရှူရှိုက်သောလေမှဆင်းသက်လာသည်။ အောက်ဆီဂျင်သည်ကြွက်သားထဲသို့ ဝ င်ရောက်သည်။ electron ၏နောက်ဆုံး electron လက်ခံသူအဖြစ်ဆောင်ရွက်သည် သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်။ ဒါဟာအဆိုးတရားစွဲဆိုအောက်စီဂျင် (အနုတ်လက္ခဏာ ရှိနေသည်အပိုအီလက်ထရွန်များရရှိသောကြောင့်) ထို့နောက်ပေါင်းစည်းသည်

B ဗီတာမင်များ niacin မှ nicotinamide adenine dinucleotide (NAD+), flavin adenine dinucleotide (FAD) သည် B ဗီတာမင် riboflavin မှဆင်းသက်လာသည်။ ဟိုက်ဒရိုဂျင်၏အပြောင်းအရွေ့နတေစျဆငျ့ဤဒြပ်ပေါင်းများကိုပြောင်းပေးနှင့် $FADH_2$ တို့ဖြစ်ကြောင်းသိရသည်။ NADH သုံးခုနှင့် $FADH_2$ ၂ခု တို့ကလိုလားသည်။ citric အက်ဆစ်သံသရာ၏အလှည့်တစ်ခုစီအတွက် duced သည်။

**၄ င်း** မော်လီကျူးတစ်ခုစီအတွက် ATP ၏နောက်ထပ်မော်လီကျူးတစ်ခုကိုထုတ်လုပ်သည်။ acetyl-CoA လုပ်ငန်းများ၌။ တကယ်တော့ ATP ကတိုက်ရိုက်ထုတ်လုပ်တာမဟုတ်ဘူး citric အက်ဆစ်သံသရာ။ ထုတ်လွှတ်သောစွမ်းအင်သည်ဇီဝသကိရှိများနှင့်တိုက်ရိုက်ဆက်စပ်သည် ရန်ဖော့စဖိတ် **guanosine diphosphate (ဂျီဒီပီ)**, ဖွဲ့စည်း **guanosine triphosphate (GTP)** သည် ATP နှင့်ဆင်တူစွမ်းအင်မြင့်မော်လီကျူးတစ်ခုဖြစ်သည်။ GTP မှစွမ်းအင်ကို ATP သို့အောက်ပါအတိုင်းလွှဲပြောင်းသည်။

ADP GTP 34 ATP GDP ဖြစ်သည်

အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော်ဂလူးကို့စ်မော်လီကျူးတစ်ခုစီကို acetate နှစ်ခုအဖြစ်ပြောင်းလဲသောကြောင့်ဖြစ်သည်။ အဆိုပါ citric အက်ဆစ်သံသရာနှစ်ခုအလှည့်နှစ်ဦးထက်ပိုပိုဆိုမော်လီကျူး, ATP မော်လီကျူးများကိုဂလူးကို့စ်မော်လီကျူးတစ်ခုစီမှထုတ်လုပ်သည်။

ဒါကြောင့်ယခုအချိန်အထိဆဲလ်နေဆဲတစ်ခုစွမ်းအင်အမြတ်အစွန်းအများကြီးမရှိပါ။ သို့သော် citric acid သံသရာသည်ပြင်ဆင်ခြင်းအတွက်အရေးကြီးသည် hydrogen carrier မော်လီကျူးများသည်၎င်းတို့၏နောက်ဆုံးအဆင့်သို့ဝင်ရောက်မှု၊ ဓာတ်စွမ်းအင်ကိုပိုမိုထုတ်လုပ်ပေးသော oxidative phosphorylation ဖြစ်သည် ATP ၏ကျဲငွေပမာဏထက်သံသရာသူ့ဟာသူကိုထုတ်လုပ်ခဲ့ပါတယ်။

**OXIDATIVE PHOSPHORYLATION ကြီးကျယ်ခမ်းနားသောထိရောက်မှု** မရှိသောစွမ်းအင် အီလက်ထရွန်များပါ ဝ င်သောဟိုက်ဒရိုဂျင်များသိုလှောင်ထားဆဲဖြစ်သည် မြင့်မားသောစွမ်းအင်အဆင့်တွင် **Oxidative phosphorylation** သည် **ဓာတ်** ကိုရည်ညွှန်းသည်

အဆိုပါ hydrogens ထဲကအီလက်ထရွန်၏ခွဲခြားခြင်းဖြင့်ဖြစ်ပေါ်သည်။ ဤအီလက်ထရွန်များသည် သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်) သည်ရေ၊ $H_2O$ (အဆင့် ၄) ဖြစ်သည်။

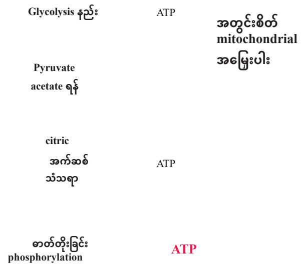
အီလက်ထရွန်များသည်ဤတုံ့ပြန်မှုကွင်းဆက်များကို ဖြတ်၍ ရွေ့လျားသောအခါ၎င်းတို့သည် အခမဲ့စွမ်းအင်ကိုဘူးရမ်းပါ။ ထွက်လာသောစွမ်းအင်၏တစ်စိတ်တစ်ပိုင်းသည်အပူကဲ့သို့ဆုံးရှုံးသွားသည် အချို့ကို ATP ကိုပေါင်းစပ်ရန် mitochondrion မှအသုံးပြုသည်။ မှာ အဆိုပါအီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်သုံးဆိုဒ်များ (Complex ငါ III ကို, နှင့် IV) အီလက်ထရွန်များလွှဲပြောင်းစဉ်ထုတ်လွှတ်သောစွမ်းအင်သည် အတွင်း mito- အီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးဟိုက်ဒရိုဂျင်အိုင်းယွန်း (H) ရန်အသုံးပြု matrix မှ chondrial membrane အကြား space သို့ အတွင်းနှင့်အပြင်ဘက် mitochondrial အမြှေးပါးများ၊ *intermembrane* အာကာသ (ခြေလှမ်း ၅ ) ။ ထို့ကြောင့်ဟိုက်ဒရိုဂျင်အိုင်းယွန်းများသည် ပို၍ ကြီးမားသည် အဆိုပါ matrix ကိုအတွက်ထက် intermembrane အာကာသအတွင်းအာရုံစိုက်။ ဤ H gradient ကို electron transport system မှထုတ်ပေးသည် (ခြေလှမ်း ၆ ) drives တွေကိုကပေါင်းစပ် ATP သောစွမ်းအင်ဖြန့်ဖြူး membrane-bound mitochondrial enzyme ATP synthase ဖြစ်သည်။

**ATP synthase** သည် in- တွင်ထည့်သွင်းထားသော *basal* ယူနစ်တစ်ခု ပါ ဝ င် သည်။ ner membrane ကိုအညာတစ်ခုဖြင့်ဆက်သွယ်ထားသော *headpiece* တစ်ခုတွင် တည်ရှိသည် matrix, *stator* သည် basal ယူနစ်နှင့် ဦး ခေါင်းကိုပေါင်းကူးပေးသည်။ အပိုင်းအစ။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် H ions များသည်၎င်းတွင်ပိုမိုအလေးအနက်ထားသည် intermembrane space သည် matrix ၌၎င်းတို့ထက်အားကောင်းသည် အတွင်းစိတ်မှတဆင့် matrix ထဲသို့ပြန်စီးရန်သဘောထား basal ယူနစ်များနှင့် stators များအကြားဖွဲ့စည်းထားသောလမ်းကြောင်းများမှတဆင့် brane ATP synthase complexes (အဆင့် ၇ ) ဤအိုင်းယွန်းများစီးဆင်းသည် Active ATP synthase နှင့် head- အားဖြင့်ပေါင်းစပ် ATP အင်အားကြီး အပိုင်းတစ်ပိုင်းကို **chemiosmosis** ဟုခေါ်သည် ။ H အိုင်းယွန်းများဖြတ်သန်းခြင်း ချန်နယ်မှတဆင့် headpiece နှင့်အညာသည်တစ်ခုကဲ့သို့လည်ပတ်စေသည်



## စာမျက်နှာ ၁၆

ပုံ ၂-၁၃ Oxidative phosphoryla- mitochondrial အတွင်းပိုင်းမှတ်ဉာဏ်တွင် brane ။ Oxidative phosphorylation လည်းပါဝင်တယ် အီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ် (အဆင့် ၁-၆) နှင့် ATP synthase (အဆင့် ၇-၉) မှ chemiosmosis အီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေး sys တွင်ပန်ရောင်စက်ဝိုင်းများ tem သည်သီးခြားအီလက်ထရွန်သယ်ဆောင်သူများကိုကိုယ်စားပြုသည်။




၁ စွမ်းအင်မြင့်အီလက်ထရွန်များမှထုတ်ယူသည် NADH နှင့် $FADH_2$ ရှိ hydrogens များကိုလွှဲပြောင်းပေးသည် အီလက်ထရွန်သယ်ဆောင်သူမော်လီကျူးတစ်ခုမှအခြားတစ်ခုသို့

၂ အဆိုပါနတေစျဆငျ့နှင့် $FADH_2$ ကူးပြောင်းနေကြသည် $NAD^+$ နှင့် FAD တို့သည်၎င်းတို့ကိုကောက်ရန်လွှတ်မြောက်စေသည် ထို့ကြောင့်အတွင်းဟိုက်ဒရိုဂျင်အက်တမ်များပိုမိုထုတ်လွှတ်သည် glycolysis နှင့် citric acid သံသရာ။

၃ စွမ်းအင်မြင့်အီလက်ထရွန်များသည်ဆင့်ကဲကျဆင်းသည် ၎င်းတို့မှလွှဲပြောင်းသောစွမ်းအင်အဆင့်နိမ့်သည် အီလက်ထရွန်မှတဆင့်သယ်ဆောင်ရန်သယ်ဆောင်သူ စနစ်။

၄ အီလက်ထရွန်များသည် နောက်ဆုံး $O_2$ သို့ဖြတ်သွားသည် electron လက်ခံသူသည်အီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်ကိုလက်ခံသည် ဤအောက်ဆီဂျင်သည်ယခုအခါအနုတ်လက္ခဏာဖြစ်သွားသောကြောင့်၎င်းအားသွင်းလိုက်သည် ၎င်းနှင့်ပေါင်းစပ်ထားသောအပိုအီလက်ထရွန်များကိုရယူလိုက်သည် $H^+$ အိုင်းယွန်းများသည်၎င်းတို့အားအပြုသဘောဆောင်သောအားသွင်းပေးသောကြောင့်ဖြစ်သည် အီလက်ထရွန်၏အစတွင်အီလက်ထရွန်များလွှဲပြောင်းခဲ့သည် သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်သည် $H_2O$ ပုံစံဖြစ်သည်။

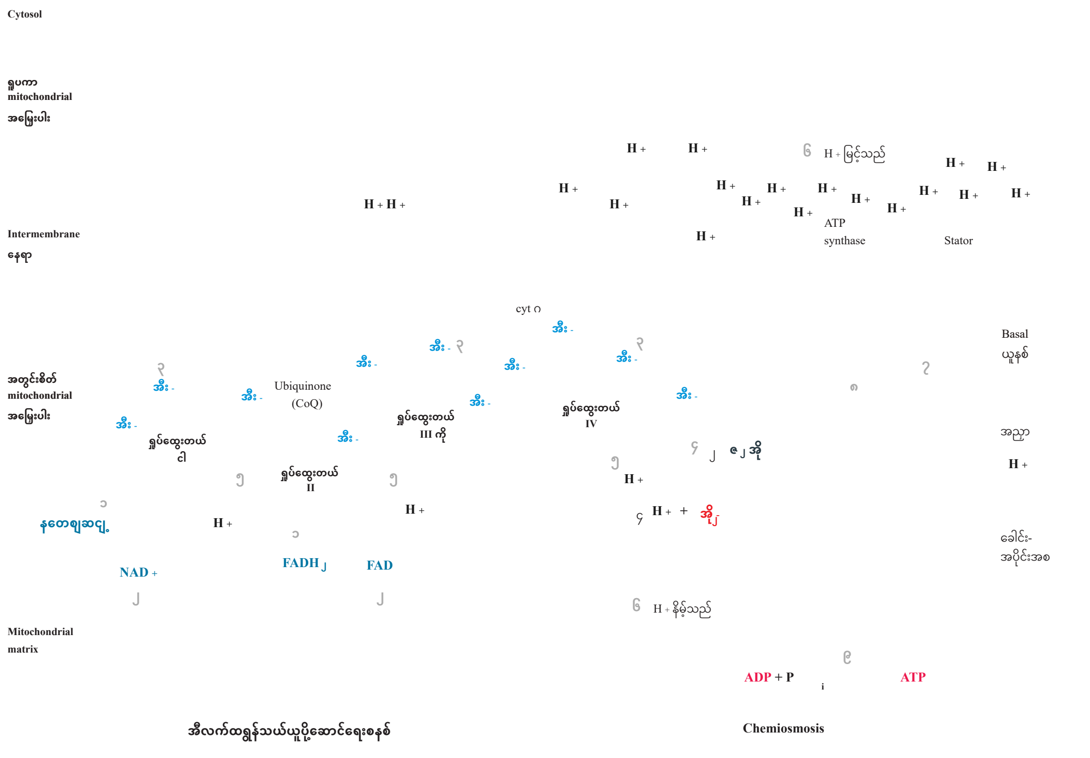
၅ အီလက်ထရွန်များသည်အီလက်ထရွန်မှတဆင့်ရွေ့လျားသည် သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်, သူတို့အခမဲ့စွမ်းအင်ကိုလွှတ်။ တစ်စိတ်တစ်ပိုင်း ထုတ်လွှတ်သောစွမ်းအင်သည်အပူကဲ့သို့ဆုံးရှုံးသွားသော်လည်းအချို့မှာရှိသည် $H^+$ ကိုပို့ဆောင်ရန် mitochondrion မှအသုံးပြုသည် အတွင်းမှ mitochondrial အမြှေးပါးကို ဖြတ်၍ Complexes I ရှိ intermembrane space သို့ matrix၊ III နှင့် IV ။

၆ ရလဒ်အနေနှင့် $H^+$ ions များသည် ပို၍ ကြီးမားသည် intermembrane space တွင်စုစည်းထားသည် အဆိုပါ matrix ကိုထက်။ ဤသည်ကို $H^+$ gradient ကိုထောက်ပံ့ရေးပစ္စည်းများ ATP ဖြင့် ATP ပေါင်းစပ်မှုကိုမောင်းနှင်သောစွမ်းအင် synthase ။

၇ ဤ gradient ကြောင့် $H^+$ ions များရှိသည် matrix ထဲသို့စီးဆင်းရန်ခိုင်မာသောသဘောထား လမ်းကြောင်းများမှတဆင့်အတွင်းအမြှေးကို ဖြတ်၍ basal ယူနစ်များနှင့် stator များအကြား ATP synthase ရှုပ်ထွေးမှုများ။

၈ $H^+$ အိုင်းယွန်းများ စီးဆင်းမှုသည် ATP ကိုသက်ဝင်စေသည် synthase နှင့် ATP ပေါင်းစပ်မှုအားကောင်းစေသည် headpiece, **chemi- osmosis** ဟုခေါ်သောလုပ်ငန်းစဉ် ။ ၎င်းမှတဆင့် $H^+$ အိုင်းယွန်းများဖြတ်သန်းသည် channel သည် headpiece နှင့်အညာကိုဖြစ်စေသည် တိုင်ကဲ့သို့လည်ပါ။

၉ ရလဒ်အနေနှင့်၎င်း၏ပုံသဏ္ဌာန်နှင့်အပြောင်းအလဲများ အနေအထားအတိုင်းလည့်လိုက်လျှင် headpiece ကိုကောက်သည် ADP နှင့် $P_i$ တို့ကိုပေါင်းစပ်ပြီးဖြန့်ချိသည် ATP ထုတ်ကုန်




အီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်

Chemiosmosis

စွမ်းအင်မြင့်မြင့်သို့ရောက်ရှိသည့်ဟိုက်ဒရိုဂျင်အိုင်းယွန်းများကိုဆောင်သည်
အတွင်းပိုင်း mitochondrial အမြှေးကို ဖြတ်၍ H + gradient

ATP ကိုပေါင်းစပ်ပြုလုပ်သည်
အမြှေးပါးကို ဖြတ်၍ gradient

**Oxidative phosphorylation**



## စာမျက်နှာ ၁၇

ထိပ် (အဆင့် ၈ ) သည်ရေစီးဆင်းမှုနှင့်ဆင်တူသည်
waterwheel အလှည့် ရလဒ်အနေဖြင့်၎င်း၏အပြောင်းအလဲများ
ပုံသဏ္ဌာန်နှင့်အနေအထားအတိုင်းလှည့်လိုက်လျှင် headpiece ကစွမ်းသည်
ADP နှင့် P ၊ တို့ကို စဉ်ဆက်မပြတ်ကောက် ရန်၎င်းတို့ကိုပေါင်းစပ်ရန်
ATP ထုတ်ကုန် (အဆင့် ၉ ) ကိုလွှတ်ပါ။
Oxidative phosphorylation သည်ပတ်ဝန်းကျင်ကိုလွှမ်းခြုံစေသည်။
ATP synthase သည် ATP ကိုပေါင်းစပ်ပေးသောတာယာဖြစ်စဉ်ဖြစ်သည်
ADP သို့ phosphorylating (phosphate ထည့်ခြင်း) ဖြင့်
အီလက်ထရွန်များထုတ်လွှတ်သောစွမ်းအင်ကို၎င်းတို့အတိုင်းသုံးသည်
အီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်ဖြင့် $O_2$ သို့လွှဲပြောင်းပေးခဲ့သည် ။
စွမ်းအင်အဖြစ်အသုံးဝင်သောပုံစံအဖြစ်သုံးပါ
စွမ်းအင်မြင့်အခြေအနေမှနိမ့်ရာသို့အီလက်ထရွန်များကျဆင်း
စွမ်းအင်အခြေအနေကိုလျှပ်စစ်ဓာတ်အားပေးစက်ရုံတစ်ခုနှင့်နှိုင်းယှဉ်နိုင်သည်။
ရေတံခွန်တစ်ခုကျဆင်းပြီးစီးဆင်းနေသောရေစွမ်းအင်ကို
လျှပ်စစ်စီးထဲသို့
အသက်သွင်းသောအခါ ATP synthase သည်ကြွယ်ဝစေသည်
ဂလူးကို့စ်တစ်ခုစီအတွက်နောက်ထပ် ATP မော်လီကျူး ၂၈ လုံးထုတ်ပေးသည်
မော်လီကျူးလုပ်ငန်းများ၌ ( • ပုံ 2-14) ။ နောက်ဆုံးပေါ်
သုတေသနပြချက်အရခန့်မှန်းခြေအားဖြင့် ATP 2.5 ခန့်ရှိသည်
NADH မှထုတ်လွှတ်သောအီလက်ထရွန်တစ်စုံကိုပေါင်းစပ်ထားသည်
အီလက်ထရွန်သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးစနစ်တစ်ခုလုံးကိုဖြတ်သန်းသွားလာသည်
အောက်ဆီဂျင်သို့ ပို့တိုသောလမ်းတစ်ခုနောက်တွင် elec-
FADH ကနေလွှတ်လာ Tron pair တစ်စုံ ကို ၂ (တွေ့မြင် • ပုံ 2-13)
1.5 ATP ကိုပေါင်းစပ်သည်။ ဆိုလိုသည်မှာစုစုပေါင်း ၃၂ ဖြစ်သည်
ATP ၏မော်လီကျူးများကိုဂလူးကို့စ်ကြားများထည့်သွင်းသောအခါ
ecule ကိုဆယ်လူလာအသက်ရှူခြင်းတွင်လုံးဝဖျက်ပစ်လိုက်သည်။
အနှစ်ချုပ်- glycolysis လုပ်နေစဉ် ၂၊ citric acid cy အတွင်း ၂ လုံး
cle နှင့် ၂၈ တွင် oxidative phosphorylation အတွင်း။ ဟိ
ATP ကို mitochondrion မှသယ်ယူသည်
ဆဲလ်၏စွမ်းအင်အရင်းအမြစ်အဖြစ်သုံးရန် cytosol
oxidative phosphorylation သို့ဦး တည်သည့်ခြေလှမ်းများ
အစပိုင်းမှာမလိုအပ်တဲ့ရှုပ်ထွေးမှုတစ်ခုဖြစ်နိုင်တယ်။
အစာမှိုအားတိုက်ရိုက်ဓာတ်တိုးခြင်း (သို့) လောင်ကျွမ်းစေရုံမကအဘယ်ကြောင့်ရိုးရှင်းသော oxida- မှ ATP ထုတ်လုပ်မှု၏အနှစ်ချုပ်
သူတို့ရဲ့စွမ်းအင်တွေကိုထုတ်လွှတ်ဖို့စည်းကမ်းတွေရှိလား။ ဤလုပ်ငန်းစဉ်ဖြင့်ဂလူးကို့စ်မော်လီကျူးတစ်ခု၏ဖွဲ့စည်းမှု စုစုပေါင်း ATP ၃၂ ခုသည်လျှပ်စစ်ဓာတ်
ခန္ဓာကိုယ်အပြင်ဘက်ရှိကိုနိစာများ၊ သို့လောင်ထားသောစွမ်းအင်အားလုံး NADH အတွက်နှုန်း ၂.၅ ATP တစ်ခုစီနှင့် FADH ၂ ခုစီသယ်ဆောင်ထားသော trons များ
အစားအစာမော်လီကျူးသည်ပုံစံဖြင့်ပေါက်ကွဲထွက်လာသည် oxidative phosphorylation ကာလအတွင်း 1.5 ATP အထွက်နှုန်းပေးသည်။
အပူ ( • ပုံ ၂-၁၅) ဘာဖြစ်သွားလဲစဉ်းစားပါ
marshmallow တစ်ခုမတော်တဆကင်မိတဲ့အခါ
မီးလောင်နေသည်။ ပူလောင်နေသော marshmallow သည်အလွန်လျင်မြန်လာသည်
သကြား၏လျင်မြန်သောဓာတ်တိုးမှု၏ရလဒ်အဖြစ် ခန္ဓာကိုယ်ထဲမှာ၊ အစာ
မော်လီကျူးများသည်သေးငယ်သောမျိုးစုံသော mitochondria အတွင်း၌ oxidized လုပ်ခံရသည်
သူတို့၏ဓာတုစွမ်းအင်များတဖြည်းဖြည်းပြန်လည်ရရှိရန်ထိန်းချုပ်ထားသောအဆင့်များကိုထိန်းချုပ်ထားသည်
ပိုမိုထိရောက်စွာဖမ်းယူနိုင်သောပမာဏအနည်းငယ်ဖြင့်၎င်းရမ်းခဲ့သည်
ATP ငွေချေးစာချုပ်များနှင့်ဆဲလ်အတွက်အသုံးဝင်သောပုံစံဖြင့်သိမ်းဆည်းထားသည်
ဤနည်းအားဖြင့်စွမ်းအင်များစွာကိုအပူအဖြစ်သို့ပြောင်းလဲပေးသည်။ အပူ
ထုတ်လုပ်သောစွမ်းအင်သည်လုံးဝအလဟဿမဖြစ်ပါ။ ၎င်းကိုအသုံးပြုသည်
မည်သည့်ပိုလျှံသောအပူရှိနိုင်မဆိုခန္ဓာကိုယ်အပူချိန်ကိုထိန်းသိမ်းရန်ကူညီသည်
ပတ်ဝန်းကျင်ကိုဖယ်ထုတ်ပစ်လိုက်သည်။

၁ ဂလူးကို့စ်
Cytosol
၂ နတေရျဆဍျ့ Glycolysis နည်း ၂ ATP
၂ Pyruvate
၂ နတေရျဆဍျ့ Pyruvate acetate ရန်
Mitochondrial matrix
၂ Acetyl-CoA
၆ နတေရျဆဍျ့ ၂ လှည့် citric ၏ အက်ဆစ်သံသရာ ၂ ATP
၂ FADH ၂
အီလက်ထရွန် လွှဲပြောင်း
၂ FADH ၂ ၂ ၁.၅ ATP/FADH ၂ ၃ ATP အတွင်းအမြှေး Mitoch
အီလက်ထရွန် လွှဲပြောင်း
၁၀ နတေရျဆဍျ့ ၁၀ ၂.၅ ATP/NADH ၂၅ ATP
ဓာတ်တိုးခြင်း phosphorylation
အပေါ် ခါလည်း ရှိသည် ၄
စုစုပေါင်း၃၂ ATP

## [ဆဲလ်သည်အရေးပေါ်အချိန်တွင်စွမ်းအင်ပိုထုတ်ပေးသည် anaerobic အခြေအနေများထက်]()

ဆဲလ်သည်အောက်ဆီဂျင်ပေးသည့်အခါပိုမိုထိရောက်သောစွမ်းအင်ပြောင်းပေးသည့်အရာဖြစ်သည်
ရရှိနိုင်သည် ( • ပုံ ၂-၁၆) ။ တစ်ဦးအတွက် **အောက်ဆီဂျင်မဲ့ချေ** ( "လေထု၏မရှိခြင်း," spe-
အထူးသဖြင့်" $O_2$ " မရှိခြင်း ၊ ဂလူးကို့စ်ပျက်စီးခြင်း
cy ၌ဖြစ်ပေါ်သော glycolysis ကို ကျော်လွန်၍ မသွားနိုင်ပါ။
tosol သည်မော်လီကျူးတစ်ခုလျှင် ATP မော်လီကျူးနှစ်ခုသာထုတ်ပေးသည်
ဂလူးကို့စ် ဂလူးကို့စ်မော်လီကျူး၏မထိရသေးသောစွမ်းအင်ကျန်ရှိနေသည်

၎င်းသည်ပင် pyruvate မော်လီကျူးများ၏အနှောင်အဖွဲ့တွင်သော့ခတ်ထားသည်။
သူတို့ကအဲဒီလမ်းကြောင်းထဲကိုမ ဝ င်ဘူးဆိုရင် **နှစ်ကြိမ်လုံး lactate** အဖြစ်ပြောင်းတယ်
ထို့ကြောင့်သင့်ရဲ့ oxidative phosphorylation ကိုဖြစ်ပေါ်စေသည်။
ဆဲလ်များသည် $O_2$ ရှိနေလျှင် **aerobic** (" with
လေ" သို့မဟုတ်" $O_2$ ") အခြေအနေ - mitochondrial processing (အဲဒါ
သည် matrix နှင့် electron သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးတွင် citric acid သံသရာဖြစ်သည်
system နှင့် ATP synthase (အတွင်းအမြှေးပါး) တွင်ချိတ်ပါ
စုစုပေါင်းအတွက် ATP မော်လီကျူး ၂၈ လုံးကိုထုတ်လုပ်ရန်လုံလောက်သောစွမ်းအင်ရှိသည်
ဂလူးကို့စ်ပြုပြင်ထားသောမော်လီကျူးတစ်ခုလျှင် ၃၂ ATPs အသားတင်အထွက်နှုန်း (တစ်ခုအတွက်
အရေးဘတ်လေ့ကျင့်ခန်း၏ဖော်ပြချက်၊ p တွင်ပါရှိသော boxed feature ကိုကြည့်ပါ။ ၃၉၊
▪ လေ့ကျင့်ခန်းဇီဝကမ္မဗေဒမှာတစ်ဦးပိုမိုနီးကပ်စွာမျှော်။ ) အဆိုပါခြင်္ဂတို့ပြန်မှု
အစားအစာများမော်လီကျူးများ၏ဓာတ်တိုးခြင်းကိုဆဲလ်များအတွင်းစွမ်းအင်ထုတ်ပေးသည်။
lular respiration သည်အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်သည်။

| အစားအစာ | အို ၂ | ၃၄ CO ၂ | ၈ ၂ အို | ATP |
|---|---|---|---|---|
| (လိုအပ်သည် oxidative အတွက် phosphorylation) ဓာတ်၊ | | (ထုတ်လုပ်သည် အဓိကအားဖြင့် citric အားဖြင့် အက်ဆစ်သံသရာ) | (မှထုတ်လုပ်သည် အီလက်ထရွန် သယ်ယူပို့ဆောင်ရေး စနစ်) | (ထုတ်လုပ်သည် အဓိကအားဖြင့် ATP synthase) |

ကာဗိုဟိုက်ဒရိတ်ဓါတ်မှရရှိသောအဓိကအာဟာရဖြစ်သောဂလူးကို့စ်
drates သည်ဆဲလ်အများစု၏လောင်စာ ဦး စားပေးဖြစ်သည်။ သို့သော်အာဟာရဖြစ်သည်