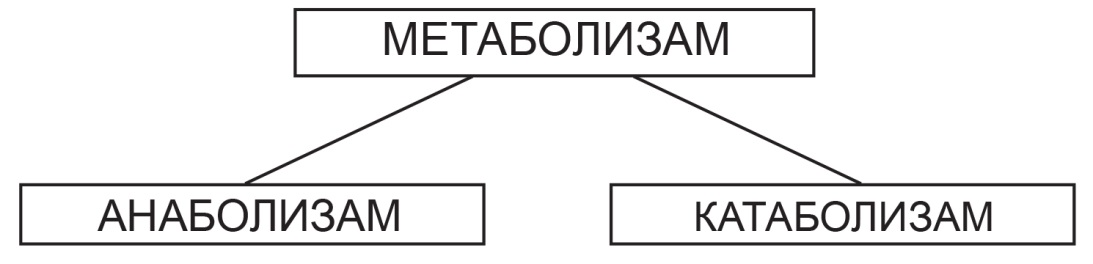
8. ПРЕГЛЕД МЕТАБОЛИЗМА ХРАНЉИВИХ МАТЕРИЈА. ХРАНЉИВЕ МАТЕРИЈЕ И ЊИХОВО СКЛАДИШТЕЊЕ. СТАЊЕ СИТОСТИ И ГЛАДОВАЊА. ДНЕВНА ПОТРОШЊА ЕНЕРГИЈЕ, ПОТРЕБЕ И ПРЕПОРУКЕ У ИСХРАНИ

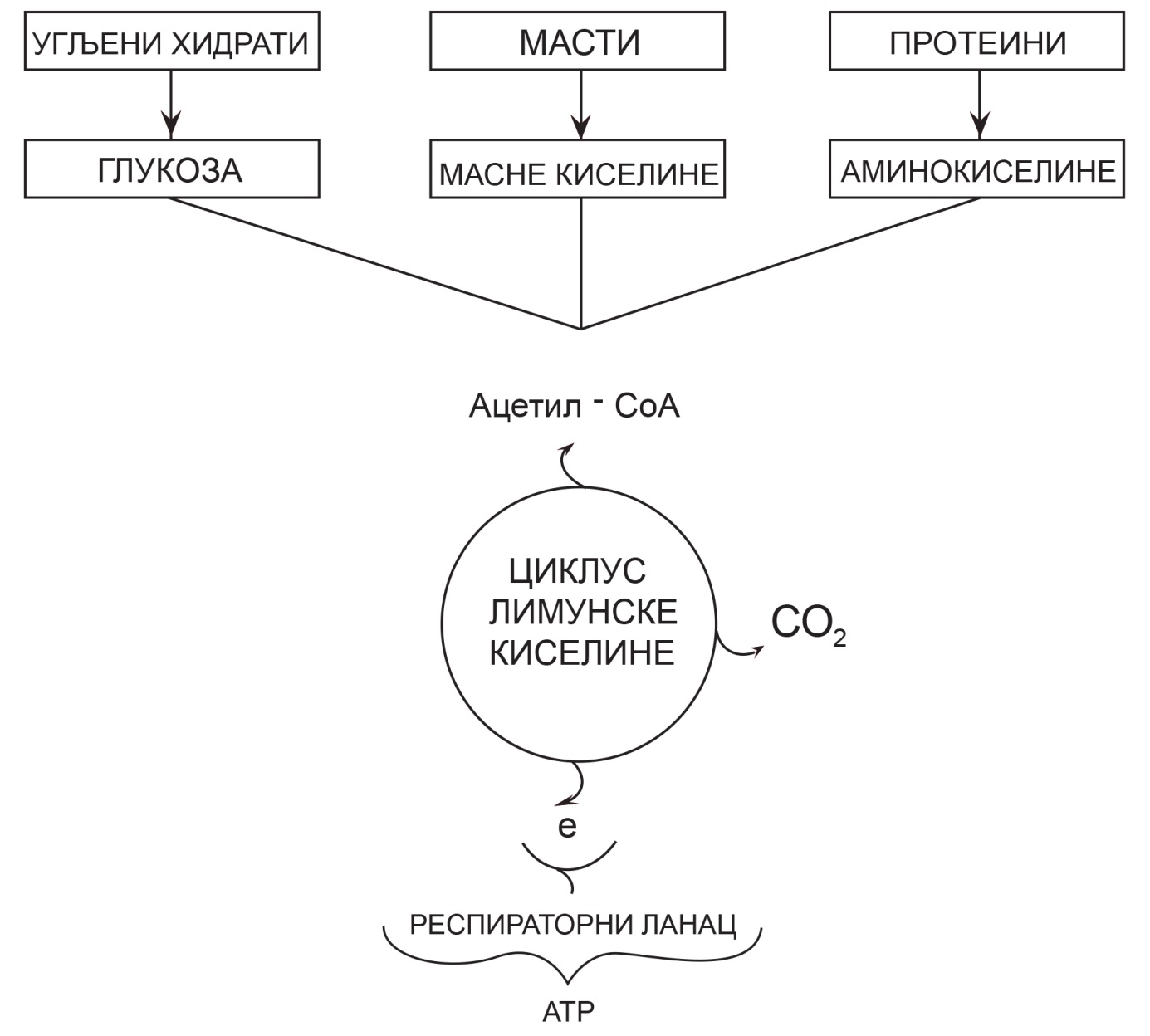
Храном се у организам уносе материје неопходне за синтетске процесе, за добијање енергије и за нормално одвијање различитих врста хемијских реакција у ћелијама. Ове потрбе се задовољавају уносом протеина, угљених хидрата, масти, витамина и минерала. Метаболизам представља скуп свих хемијских реакција које се одвијају у организму, а грубо се може поделити на анаболизам (синтетски процеси којима се од једноставнијих изграђују сложенија једињења)) и катаболизам (процеси разградње – добијање једноставних једињења разградњом комплексних) (слика 1). Оба процеса се непрекидно одвијају и у физиолошким условима су избалансирани, односно организам се прилагођава тренутним условима регулишући да ли ће се одвијати анаболички или катаболички процеси.

Слика 1.Подела метаболизма



Оксидацијом, односно сагоревањем основних хранљивих материја – угљених хидрата, масти и протеина до угљен диоксида и воде, ослобађа се енергија која ствара топлоту и аденозин-трифосфат (АТР) који је универзална енергетска монета ћелије. Молекул АТР-а садржи две везе богате енергијом чијим се раскидањем ослобађа по 7кcal које ћелије могу употребити за различите сврхе – биосинтетске процесе, транспорт молекула или јона насупрот концентрационог градијента, за контракцију мишића итд. Процес оксидације хранљивих материје током кога се добија АТР назива се ћелијско дисање. Метаболизми свих главних хранљивих материја – угљених хидрста, масти и протеина “срећу се” у циклусу лимунске киселине који се одиграва у митохондријама и тесно је повезан са респираторним ланцем на коме се производи највећи део енергије у облику АТР-а, што је поједностављено приказано на слици 2.

Слика 2. Метаболизам главних хранљивих материја



***Угљени хидрати***

Угљени хидрати су хранљиве материје најзаступљеније у просечној исхрани. Њихова основна улога је енергетска, али осим те, угљени хидрати имају и структурну улогу. Храном се уносе сложени угљени хидрати (скроб и гликоген) и прости шећери. Варењем се разлажу до моносахарида од којих је најзаступљенија глукоза, а затим се апсорбују у крв, тако да након оброка долази до пораста гликемије. Повећана концентрација глукозе у крви је стимулус за бета ћелије панкреаса да луче инсулин, хормон који има улогу да смањи концентрацију глукозе у крви тако што делује на ћелије својих циљна ткива, пре свега мишићног и масног, да преузму глукозу. Потребно је око два сата након оброка да се гликемија смањи на вредност пре оброка. Сагоревањем 1g угљених хидрата ослобађа се енергија од 1ксаl

***Масти***

Масти се уносе у облику простих масти - триацилглицерола, сложених масти – фосфолипида и у облику холестерола. Триацилглицероли имају првенствено енергетску улогу, фосфолипиди су структурне компоненте ћелијске мембране, а холестерол улази у састав ћелијске мембране и служи као прекурсор за синтезу стероидних хормона. Триацилглицероли се разлажу до масних киселина и алкохола глицерола. Потпуном оксидацијом једног грама триацилглицероладо угљен диоксида и воде ослобађа се енергија од око 9ксаl.

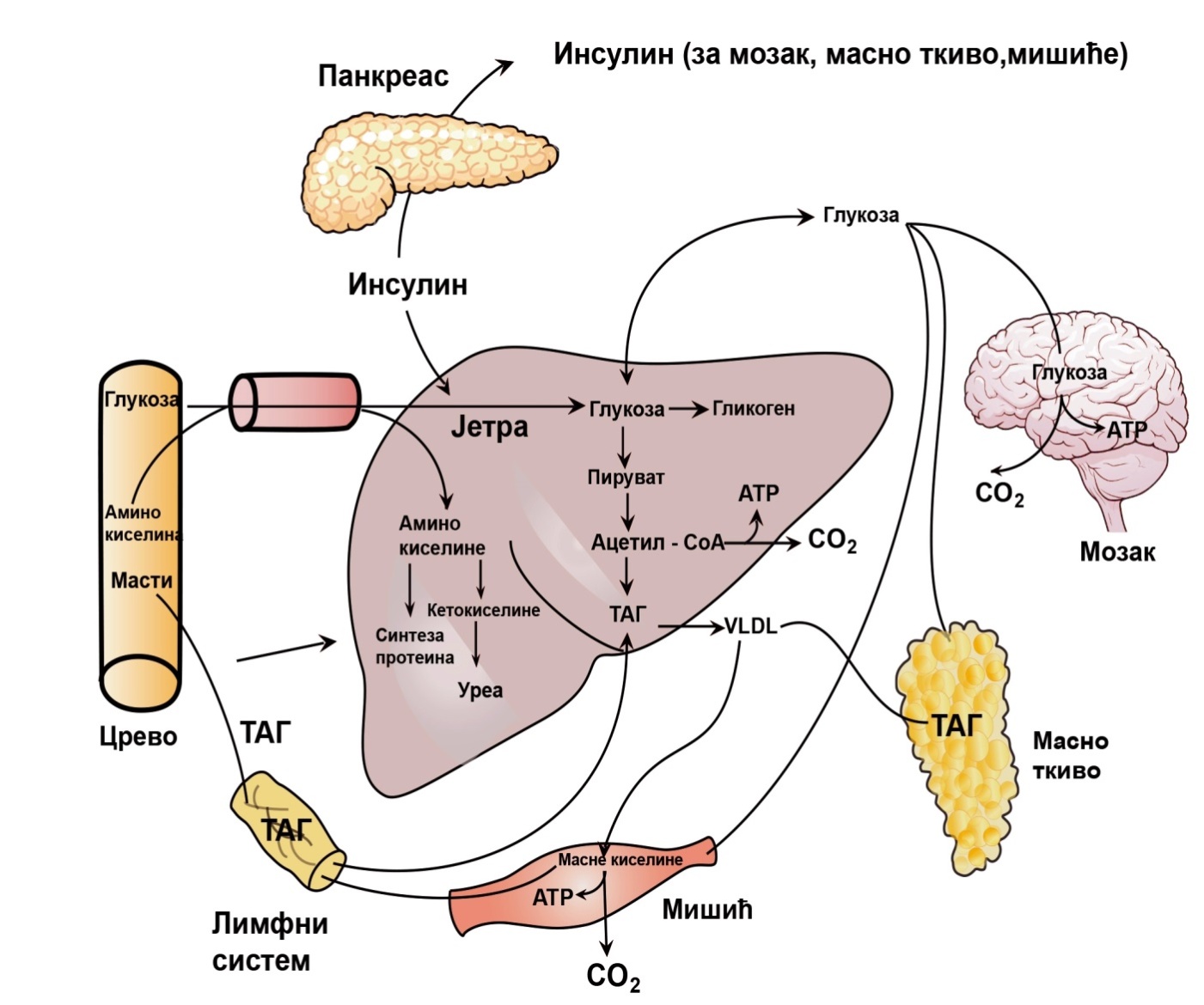
***Протеини***

Протеини су полимери аминокиселина, који осим угљеника, кисеоника и водоника садрже и азот као обавезни конститутивни атом, а поједине аминокиселине садрже и сумпор. Протеини имају структурну улогу, граде антитела која представљају одбрану од страних молекула, учествују у транспорту различитих молекула и граде ензиме који су неопходни за одвијање хемијских реакција у свим ћелијама. Потпуним сагоревањем протеина осим угљен-диоксида и воде добија се и амонијум јон који се уграђује у уреу у јетри и сслобађа путем урина, али се амонијум јон директно може ослобађати у урин и доприности одржавау ацидо-базне равнотеже у организму.

***СТАЊЕ СИТОСТИ***

Стање ситости је период након узимања оброка до завршетка процеса апсорпције хранивих материја и може трајати, у зависности од количине и врсте хране, до четири сата. (слика 3). У том периоду анаболички процеси су интензивнији него катаболички. Варење угљених хидрата започиње чим се нађу у устима, а завршава се у танком цреву. Протеини почињу да се варе у желуцу, а липиди углавном у танком цреву. Варењем се све хранљиве материје разлажу до молекула који се могу апсорбовати, а то су моносахариди, аминокиселине, масне лиселине, глицерол, слободан холестерол. Након апсорпције, из ентероцита глукоза и аминокиселине одлазе у крв, док масти иду најпре у лимфну циркулацију, а тек онда из лимфе се уливају у системски крвоток. Уколико се храном уносе више хранљивих материја него што је организму тренутно потребно, сав вишак ће се складиштити и користи касније, у стању гладовања.

Глукоза након оброка прво доспева у јетру која део те глукозе оксидује стварајући енергију. Вишак глукозе ће се у стању ситости складиштити у облику гликегена у јетри и мишићима. Остала ткива такође складиште гликоген, али у далеко мањој мери. Синтеза гликогена – гликогенеза је подстакута хормоном инсулином који је главни хормон који се лучи у стању ситости. У јетри се може скалдиштити 200-300g гликогена. Тај гликоген има важну улогу у одржавању гликемије у стању гладовања. Гликоген складиштен у мишићима корсите искључиво мишићи за своју активност када нема дотока глукозе из крви. У мишићима одраслог мушкарца од 70kg у мировању се може депоновати око 150g гликогена. Када јетра на располагању има и даље глукозу након што се попуне капацитети за складиштење гликогена вишак глукозе, односно ацетил-СоА који настаје од ње ће се употребити за синтезу масних киселина које пакује у триацилглицероле и уграђује у липопротеине веома мале густине – VLDL, који напуштају јетру и носе масти према периферним ткивима.



Слика 3. Стање ситости

Глукоза осим у јетру, након оброка одлази и у сва остала ткива која је преузимају и користе за задовољавање својих тренутних енергетских потреба. Ћелије свих ткива могу да користе глукозу. Она је једини извор енергије за еритроците пошто они немају митохондрије па могу вршити само анаеробну гликолизу у циљу производње АТР-а. Нервно ткиво је веома зависно од глукозе, пошто од алтернативних извора енергије може да користи једино кетонска тела. Мишићи у стању ситости оксидују глукозу за своје актуелне процесе који троше енергију као што је мишићна контракција, а вишак расположиве глукозе депонују у облику гликогена. За смањење концентрације глукозе у крви након оброка одговоран је инсулин пошто делује тако што омогућава улазак глукозе у ћелије инсулин-зависних ткива – мишићног и масног.

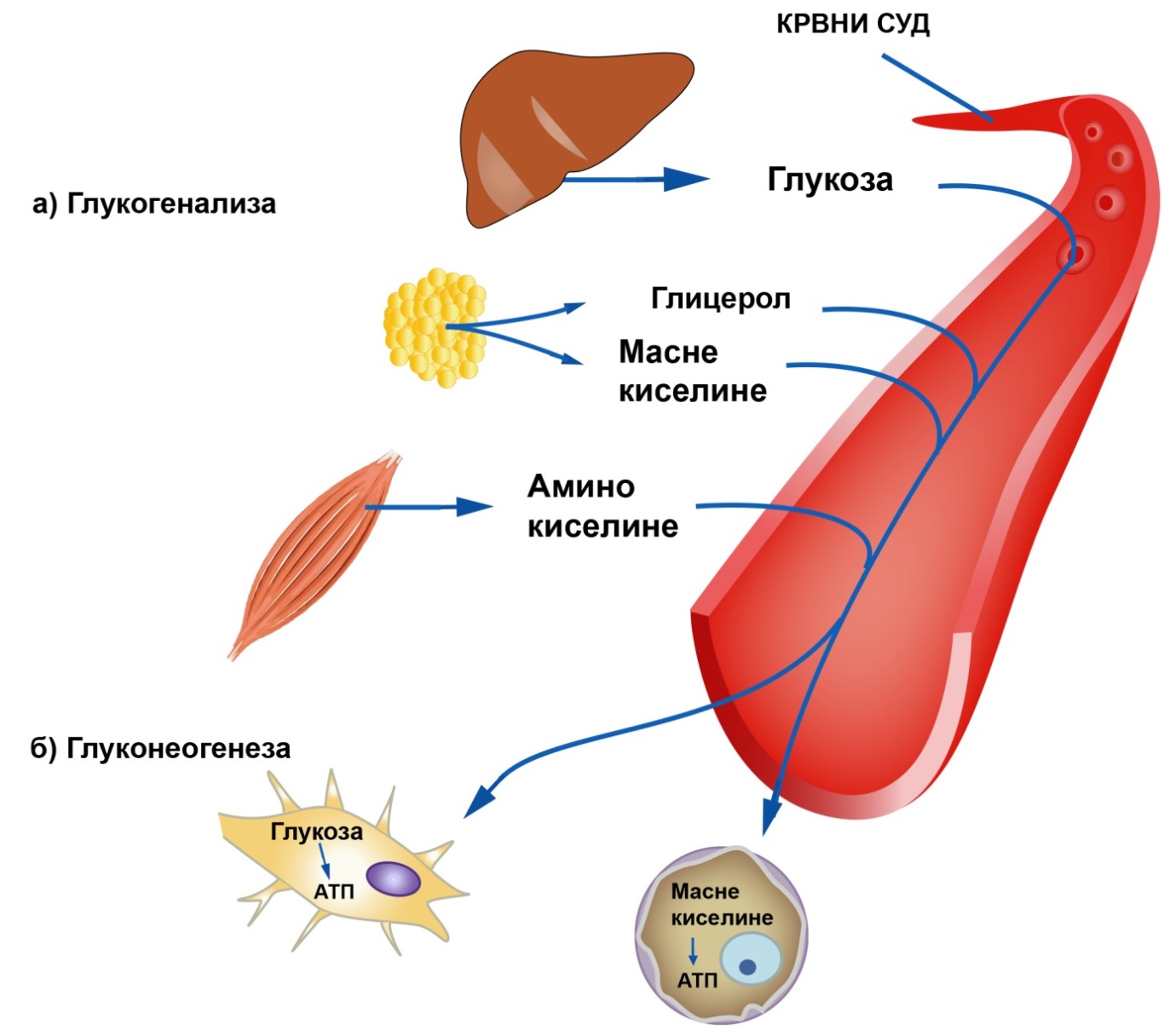
У стању ситости се стварају две врсте липопротеинских честица – хиломикрони и VLDL. Након оброка масти унете храном се у склопу липопротеинских честица – хиломикрона путем лимфе доносе у системску циркулацију. Tриацилглицероле из хиломикрона у капиларима мишићног и масног ткива хидролизује ензим липопротеинска липаза коју активира инсулин и ослобођене масне киселине улазе у ћелије. У мишићима се масне киселине користе за добијање енергије док се у ћелијама масног тива – адипоцитима ресинтетишу у триацилглицероле и депонују. Капацитети за складиштење масти су веома велики – могу бити и десетине килограма, за разлику од врло ограничених капацитета за складиштење гликогена. У јетри се од вишка глукозе стварају масне киселине које се уграђују у триацилглицероле, а затим пакују у липопротеине веома мале густине - VLDL који напуштају јетру и иду према периферним ткивима. Слично као у хиломикронима, у капиларима мишићног и масног ткива триацилглицеролеVLDL честица хидролизује ензим липопротеинска липаза, а масне киселине преузимају адипоцити и мишићне ћелије.

Аминокиселине настале варењем протеина након апсорпције из ентероцита путем портне циркулације одлазе у јетру која их користи за синтезу сопствених протеина, протеина серума као и за синтезу различитих једињења која садрже азот као што су хем, хормони, неесенцијалне аминокиселине, пуринске и пиримидинске базе. Аминокиселине и у слободном облику улазе у системску циркулацију и одлазе у сва ткива која их преузимају и користе за синтезу сопствених протеина, других једињења која садрже азот, а могу их и оксидисати у циљу добијања енергије.

***СТАЊЕ ГЛАДОВАЊА***

Гладовање у метаболичком смислу је стање након завршеног процеса апсорпције хранљивих материја. Потребно је око два сата да се гликемија након оброка смањи до нивоа који одговара стању гладовања. Тада се смањује лучење инсулина, а почиње лучење глукагона, хормона алфа ћелија панкреаса који на концентрацију глукозе у крви делује супротно од инсулина, односно има хипергликемични ефекат. Стање гладовања траје све до уноса следећег оброка. Базално стање се односи на стање након проспаване ноћи и неуношења хране 12 сати. У стању гладовања активирају се катаболички процеси (слика 4).

Организму је потребна енергија непрестано, невезано за физичку активност, за одвијање базалног метаболизма. Извор енергије у стању гладовања представљају депоноване хранљиве материје. За одржавање гликемије најпре се користи гликоген из јетре који се у процесу гликогенолизе, коју подстиче глукагон, разлаже до глукозе, а онда из хепатоцита упућује у крв. Глукагон такође активира липолизу у масном ткиву, тј. разградњу триацилглицерола из адипоцита и излазак масних киселина које преузимају нпр. мишићне ћелије, оксидују их и добијену енергију користе за своје потребе. Јетра масне киселине оксидује делимично, до кетонских тела која шаље у крвоток и ставља на располагање осталим ткивима која могу да их користе. То је нарочито битно за мозак јер су нервне ћелије у стању да, осим глукозе, користе само кетонска тела као извор енергије.



Слика 4. Стање гладовања

Главни извор глукозе током краткотрајног гладовања је гликоген. Међутим, резерве гликогена су довољне за свега 12-24 сата гладовања, након чега се исцрпе, тако да у одржавању гликемије након тога главну улогу има процес глуконеогенезе, односно синтезе глукозе из неугљенохидратних прекурсора – лактата, глицерола, глукогених аминокиселина. Што гладовање дуже траје глуконеогенеза ће се бити интензивнија, а овај процес је регулисан хормонима – активирају га хормони контрарегулаторни инсулину – глукагон и кортизол највише. Кортизол се зато највише лучи у јутарњим часовима, пошто се укључује у одржавање гликемије након ноћног гладовања – испољава хипергликемијски ефекат. Између осталог кортизол стимулише разградњу протеина – протеолизу што обезбеђује аминокиселине за процес глуконеогенезе. Азот из аминокиселина се у јетри уграђује у уреу која се путем урина излучује. Све протеинске аминокиселине изузев леуцина и лизина могу послужити као супстраз глуконеогенезе.

Масно ткиво има веома значајну улогу у стању гладовања пошто представља основни извор енергије. Липолиза у стању гладовања је хормонски регулисан процес и дешава се под дејтвом ензима хормон-сензитивне липазе, при чему се ослобађају масне киселине и глицерол. Различита ткива – мишићи, бубрези и већина осталих су стању да оксидују масне киселине и на тај начин обезбеђују енергију. Јетра масне киселине оксидује делимично – до кетонских тела која затим, друга ткива користе за добијање енергије. Нарочито је битно то што кетонска тела могу користити ћелије нервног ткива као алтернативни извор енергије када нема довољно глукозе. Концентрација кетонских тела у крви у току гладовања је повећана. У гладовању које дуго траје, смањује се стварање глукозе из аминокиселина, јер се телесни протеини штеде, тако да се смањује и стварање урее и пада њена концетрација у крви.

Колико дуго може човек да гладује одређује више фактора - величина масног ткива с обзиром да оно у гладовању обезбеђује највише енергије, али и маса телесних протеина.

***ДНЕВНА ПОТРОШЊА ЕНЕРГИЈЕ***

Дневна потрошња енергије је количина енергије потребна за одржање базалног метаболизма и за све физичке активности као и енергија потребна за обраду унете хране.

Базални метаболизам је количина енергије потребна за функционисање виталних органа – срца, плућа, мозга, бубрега, функцинисање ћелијских мембрана, за одвијање биохемијских реакција у ћелијама. То је енергија која је потребна у току дана за одржање у животу ако човек нема никакву физичку активност. Базални метаболизам се изражава у калоријама на дан и директно зависи од количине метаболички активног ткива и чисте телесне масе (без масноћа). ФАктори који утичу на величину базалног метаболизма одраслих су:

* пол (код мушкараца је базални метаболизам виши него код жена)
* телесна температура (расте са порастом телесне температуре)
* спољна температура (на хладноћи расте)
* тиреоидни статус (расте у хипертиреоидизму)
* трудноћа и лактација (расте)
* старост (смањује се са старењем)

Најгрубље се величина базалног метаболизма израчунава множењем телесне масе са 24, тако добијамо величину базалног метаболизма изражену у kcal/дану. За прецизније одређивање користе се различите емпиријски изведене једначине, али ни оне не дају сасвим сигурне резултате јер не узимају у обзир индивидуалне разлике међу појединцима. Једна од једначина које се користе за израчунавање величине базалног метаболизма је модификована Харис-Бенедиктова једначина:

|  |  |
| --- | --- |
| Мушкарци | BMR = (10 × масау kg) + (6.25 × висина у cm) - (5 × године старости) + 5 |
| Жене | BMR = (10 × маса у kg) + (6.25 × висина у cm) - (5 × године старости) - 161 |

Дневна птрошња енергије добија се када се величин абазалног метаболизма сабере са енергијом која је потребна за обављање различитих активности. За претежно седентарни начин живота и слабу физичку активност на базални метаболизам се додаје још 30%, а заумерену физичкуактивност у трајању од око 2 сата дневно троши се још 60-70% енергије у односу на базални метаболизам. Уколико се исхраном уноси више енергије него што се троши доћи ће до пораста телесне масе, а уношењем мање енергије него што је потребно долази до смањења телесне масе.

***ПОТРЕБЕ И ПРЕПОРУКЕ У ИСХРАНИ***

Организам за нормално функционисање захтева снабдевање нутријентима који обезбеђују енргију, градивни материјал и компоненте неопходне за одржавање хомеостазе и одвијање хемијских реакција у ћелијама.

Нутријенти се деле на макронутритијенти (угљени хидрати, протеини и масти) имикронутријенте (витамини и минерали)

У задовољавању енергетских потреба организма најзначајнију улогу имају угљени хидрати и масти, али и протеини.За раст и развој ткива неопходни су протеини, минерали , елементи у трагу и витамини. За метаболичку контролу неопходни су вода, протеини и витамини, али и минерали и елементи у трагу.

Ни један угљени хидрат није есенцијалан јер се може синтетисати у организму из аминокиселина на пример, а могу се и преводити један у други.Угљених хидрата су главни извор енергије у просечној балансираној исхрани (45-65%). Осим енергетске улоге, неопходни су нпр. за синтезу неких неесенцијалних аминокиселина.Главни извори угљених хидрата су сложени угљени хидрати (скроб и дијететска влакна) и прости (шећер). Исхрана без угљених хидрата мора да садржи већеколичине масти да би биле задовољене енергетске потребе, али таква исхрана повлачи гојазност и атеросклерозу.Неке масне киселине је неопходно уносити храном јер није могуће синтетисати их у организму, па су зато есенцијалне. Што се тиче протеина, неке аминикиселине се не могу синтетисати у организму, па се морају унети путем хране, њих називамо есенцијалне. Зато исхрана треба да их садржи. Дневно је потребно унети око 0,8g протеина по килограму телесне масе да би се задовољила потреба за есенцијалним аминокиселинама. Протеини животињског порекла су богатији у есенцијалним аминокиселинма ау односу на биљне протеине.Статус протеина у организму се процењује мерењем концентрације албумина у серуму (статус је адекватан ако је концентрација албумина >35g/l). Дијета са високим садржајем протеина се често користи у циљу повећања мишићне масе, али и губитка вишка масти пошто протеинска храна даје јачи ефекат засићења него храна богата угљеним хидратима и мастима.Високопротеинска исхрана утиче на повећање брзине гломеруларне филтрације што дугорочно може да доведе оштећења бубрега, па се са повећаним уносом протеина препоручује и повећан унос воде. Високопротеинска исхрана је такође фактор ризика за појаву бубрежних каменаца код предиспонираних особа

Различите врсте макронутритијенaта се разликују по енергетском садржају који обезбеђују своjом оксидацијом, а који се мери калориметријом

* угљени хидрати 400kcal/100g
* масти 900kcal/100g
* протеини немају униформну калоријску вредност због различитог садржаја аминокиселина, али просечан протеин садржи око 400kcal/100g

Витамини су у малим количинама неопходни за одвијање метаболичких процеса, раст и развој организма. Већина витамина се не може синтетисати у организму или бар не у довољној мери тако да је неопходно уносити их храном. Постоје препоруке о дневном уносу за сваки витамин, а прекомеран унос липосолубилних витамина, пошто се они депонују у организму, доводи до нежељених ефеката.

Минерале је неопходно уносити у организам због бројних функција које имају. Електролити – натријум, калијум и хлор одговорни су за одржавање равнотеже воде, јонски градијент на мембранама и позитиван или негативана електрични набој на протеинима и другим молекулима. Калцијум и фосфор имају градивну улогу, а калцијум и бројне друге улоге – регулише дејство хормона, учествује у мишићној контракцији, коагулацији крви. Фосфор је потрабан за синтезу АТР-а и фосфорилисаних интермедијера метаболизма.Гвожђе је вађно јер представља компоненту хемоглобина, а микроелементи као што су магнезијум, бакар, цинк, манган, молибден потебни су за дејство бројних ензима.

Вода представља од једне 50-80% укупне масе људског тела. КОличина воде коју је потребно дневно унети зависи од разлике између количине воде која се произведе у метаболичким процесима и количине која се изгуби путем мокраће, коже, дисањем и фецесом.

Пирамида исхране представља шематски приказ оптималног уноса појединих врста и количине намирница (слика 5). Све намирнице су подељене на пет група:

* хлеб, цереалије, пиринач и тестенине 40%
* поврће 18%
* воће 17%
* млеко, јогурт и млечни производи 10%
* месо, риба јаја, легуминозе и орашасти плодови 10%
* масноће, уље, слаткиши 5%



Слика 5. Пирамида исхране

Литература

1. Tопић Е, Приморац Д, Јанковић С. Медицинска биокемија и лабораторијска медицина у клиничкој пракси, 2. Издање. Медицинска наклада; 2018.
2. Rodwel VW, Bender D, Kathleen M. Harper’sillustratedBiochemistry ; thirty-sixthedition ; 2018.
3. Lieberman M, Marks AD, Marks C.Mарксове основе медицинске биохемије – клинички приступ. Data status; 2008.
4. Спасић С, Јелић-Ивановић З, Спасојевић-Калимановска В. Медицинска биохемија; 2003.