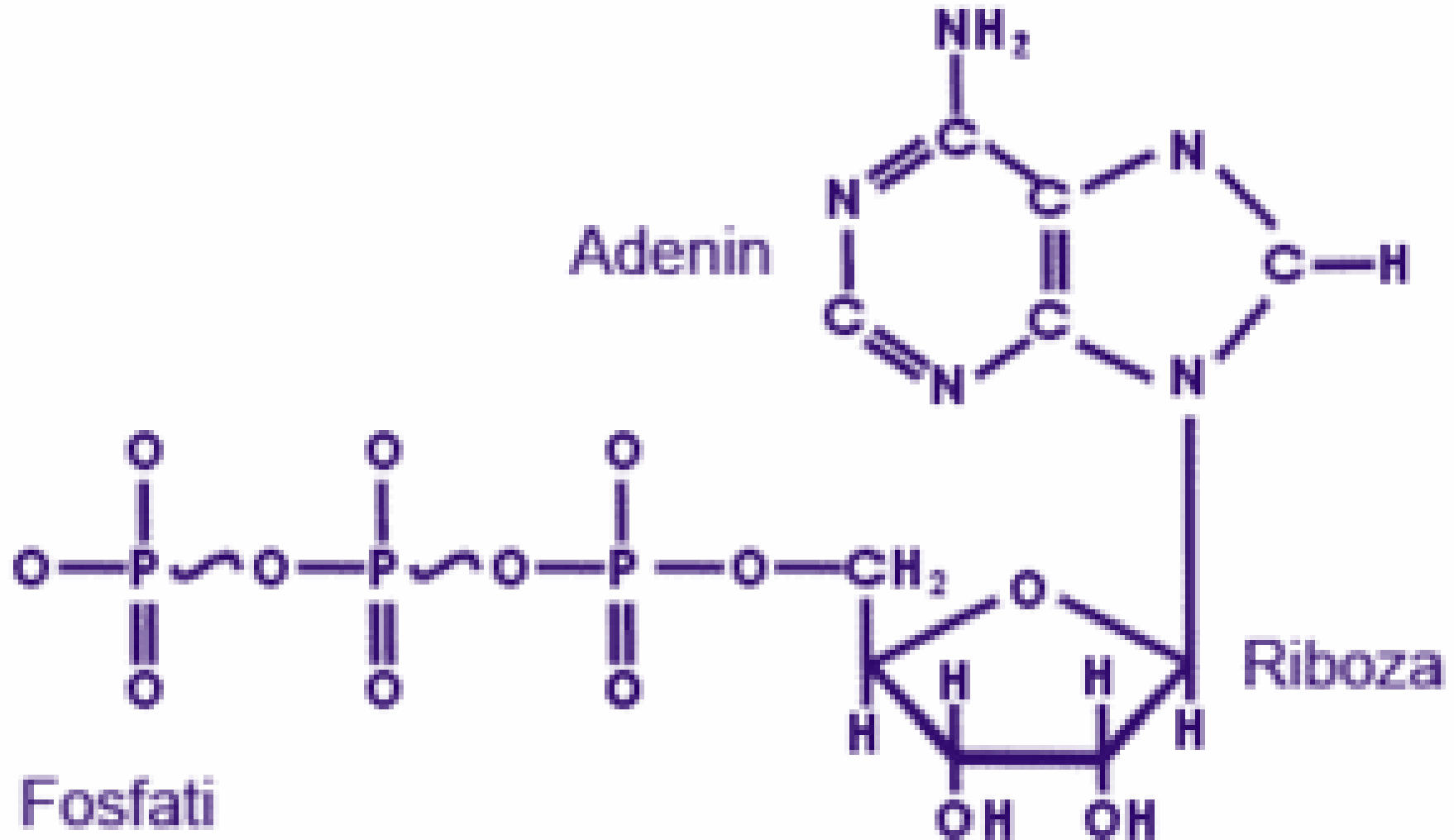


ISHRANA SPORTISTA

Prof dr Duško Bjelica
Dr Bojan Mašanović

► Adenozin trifosfat - ATP



ATP

- ▶ Jedino jedinjenje koje je sposobno **da hemijsku energiju** direktno **pretvori u mehanički rad**

ATP

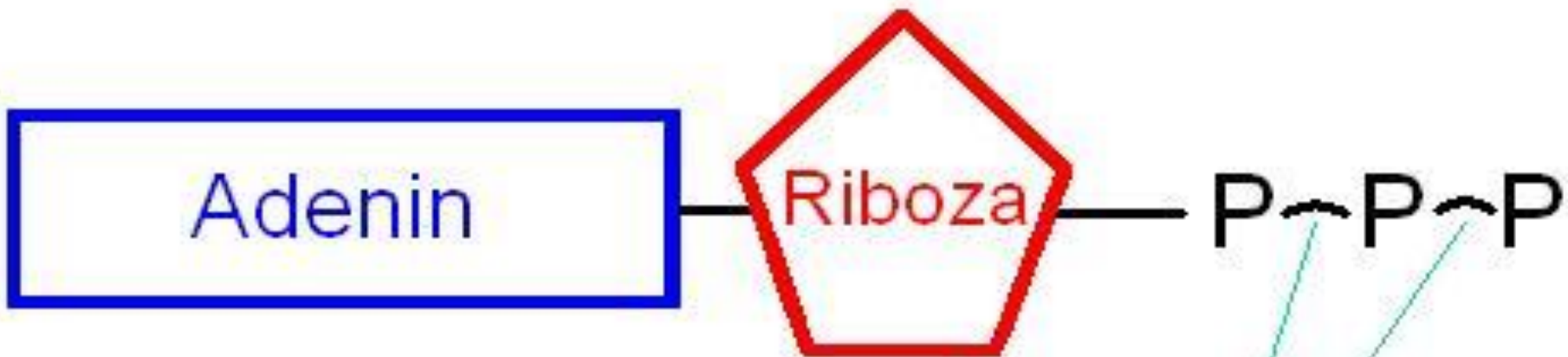
- ▶ glavno stanično skladište energije.

- ▶ Mišićna tanica **normalno funkcioniše samo kad ima dovoljnu količinu ATP-a** tj. energije.

Fosforilacija

- ▶ proces pri kojemu se **na adenozin monofosfat (AMP)**
- ▶ **veže dodatni fosfat** i tada nastaje **adenozin difosfat (ADP)**
- ▶ **nakon toga još jedan** fosfat se veže na drugi **i nastaje** treća energijom bogata fosfatna veza (dobivamo **ATP**).

- Za aktivnosti mišićna stanica troši energiju skladištenu u fosfatnim vezama

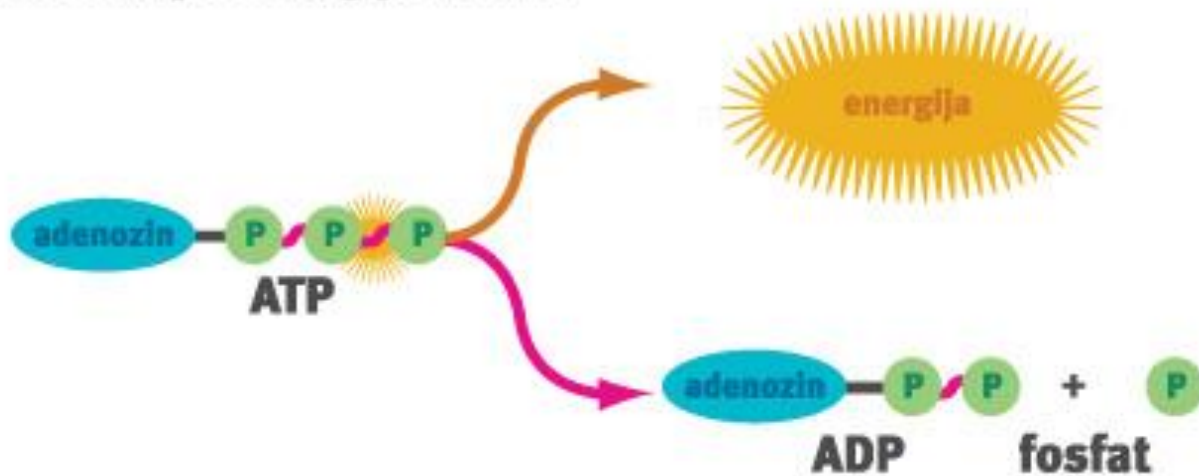


Energijom bogate fosfatne veze

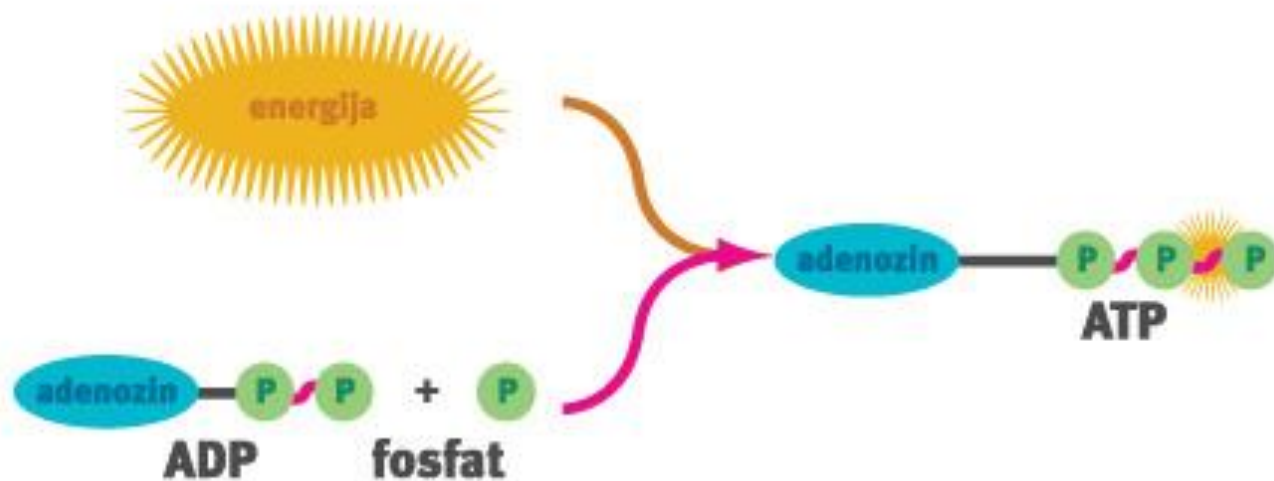
Hidroliza

- ▶ **Obrnut proces** od fosforilacije
- ▶ dolazi do **pucanja zadnje fosfatne veze** i **odcjepljenja zadnjeg fosfata**
- ▶ Pri tome **nastaje ADP**, i **nastaje energija** potrebna mišićnoj stanici

Sproščanje energije iz ATP



Shranjevanje energije v ATP



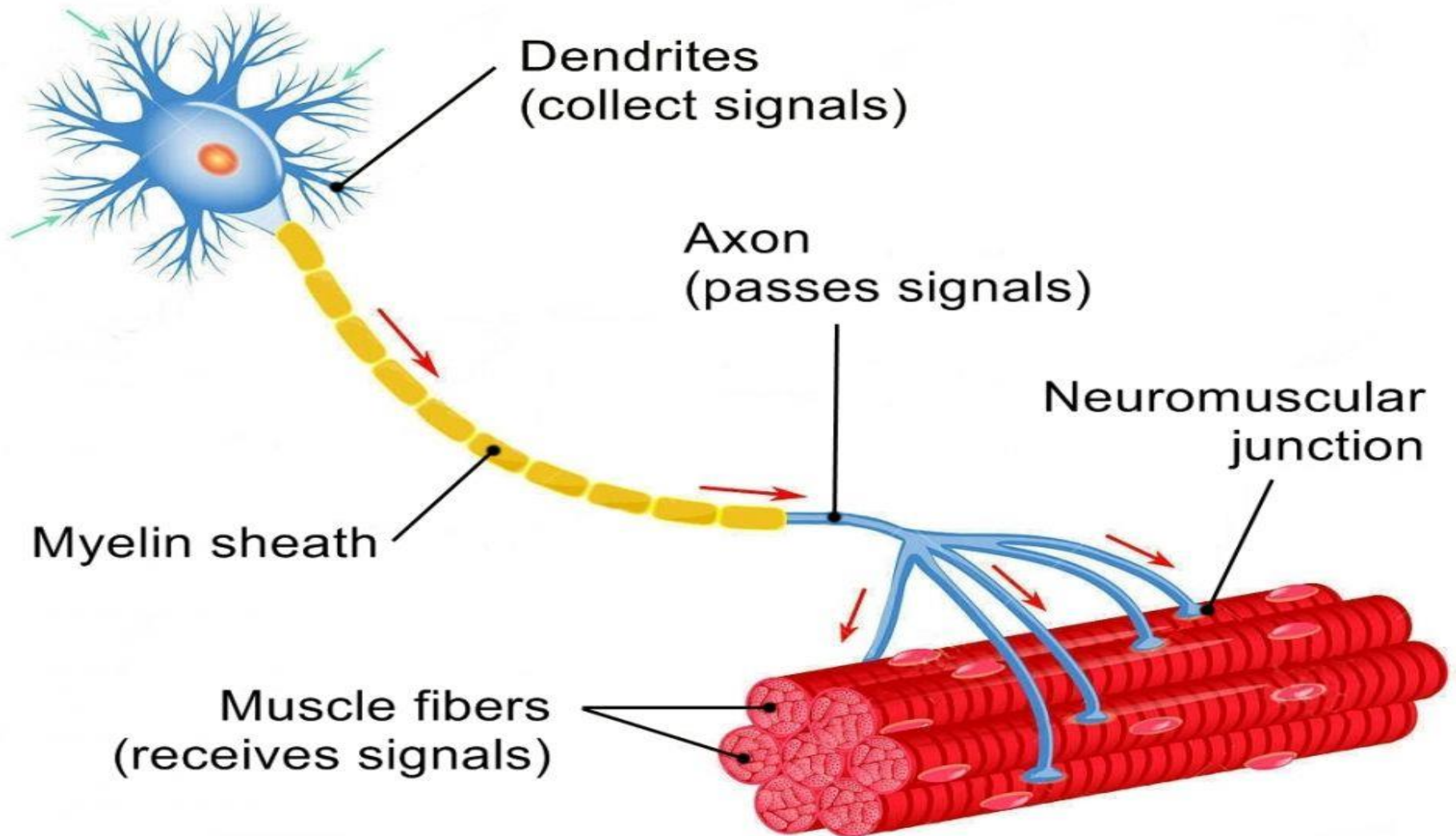
▶ **Bazični izvori energije su:**

▶ Glikogen

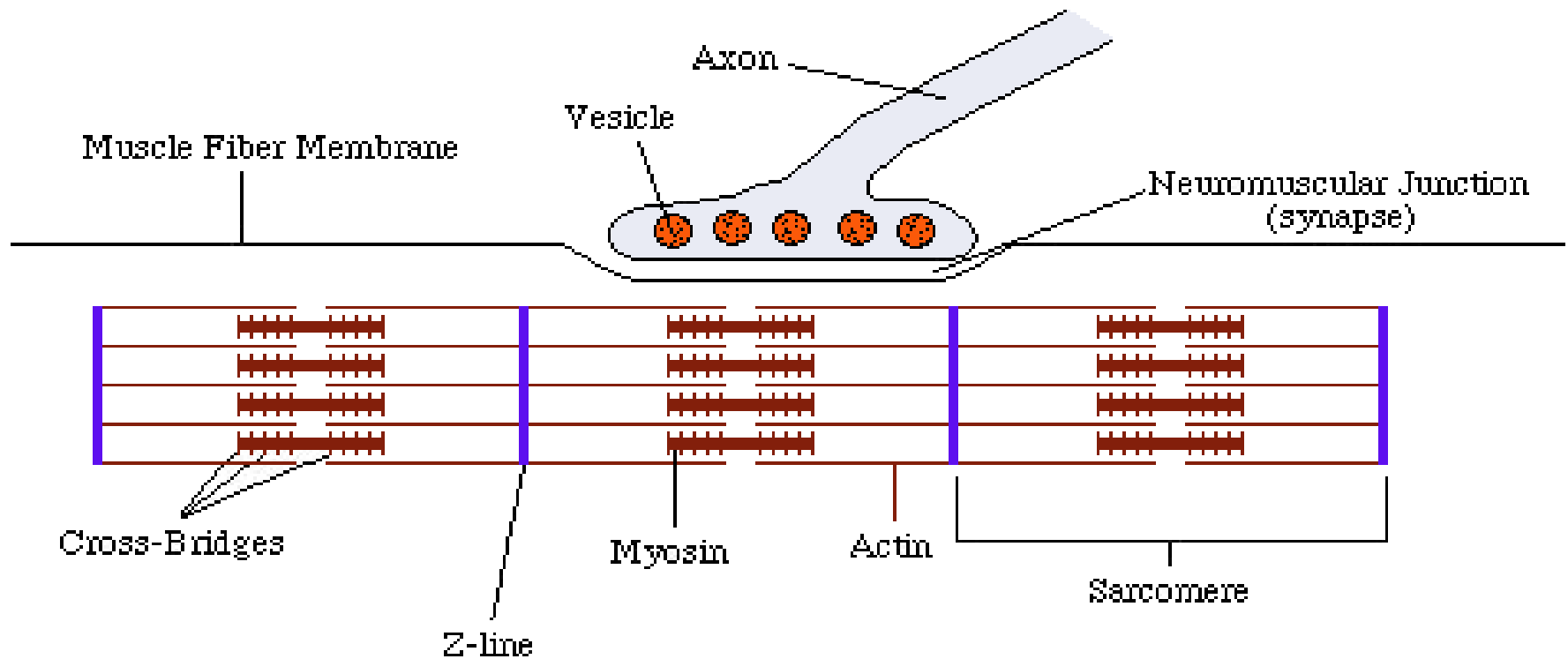
▶ Trigliceridi

▶ Proteini (u manjoj mjeri)

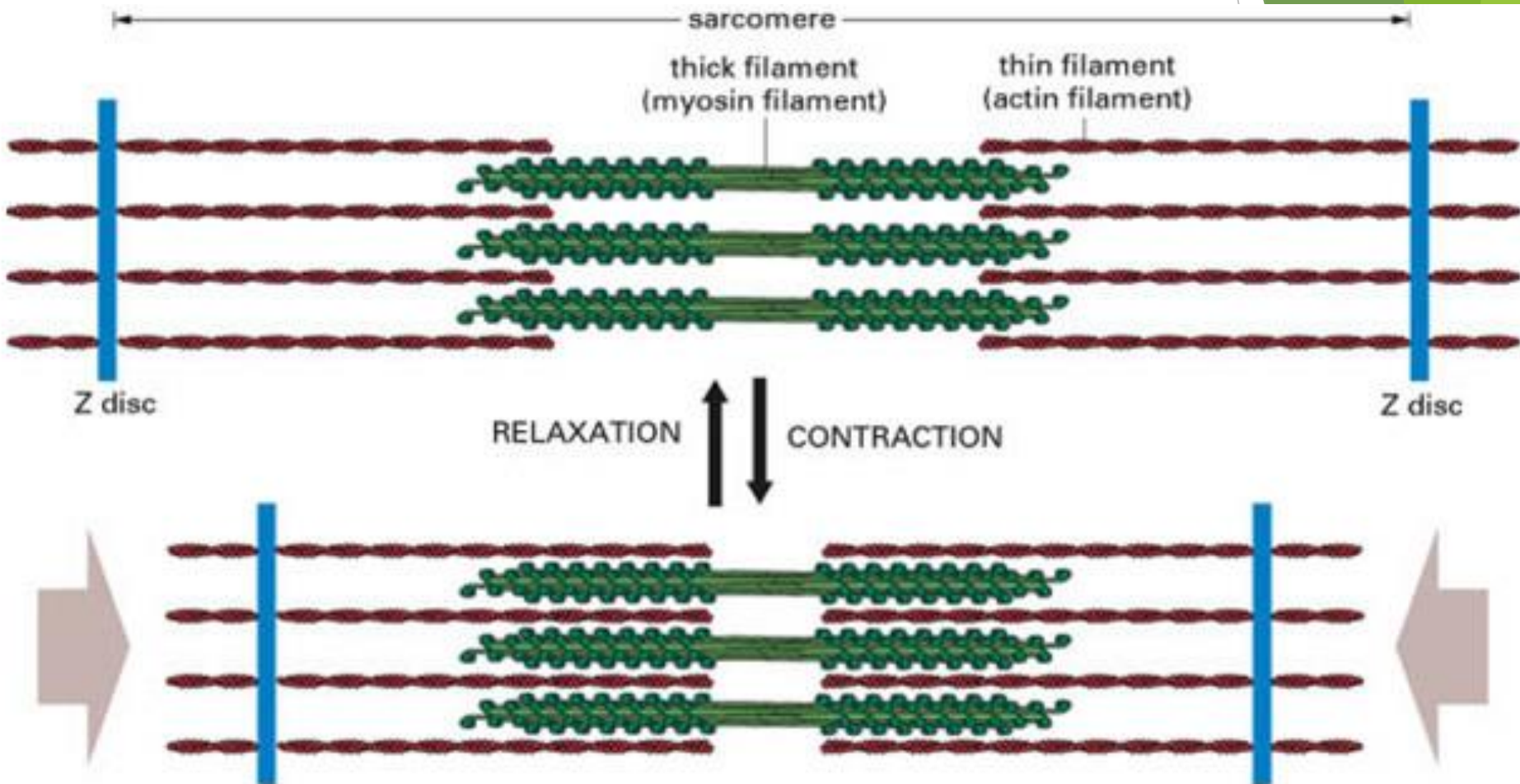
Inervacija



Neuron i motorna jedinica



Motorna jedinica



Sliding Filaments



STEP 1: Cross Bridge Formation





Myosin head





▶ **Zalihe ATP su male**

▶ Pa on mora stalno da se sintetiše

- ▶ **Da bi se sintetisao ATP** bazični izvori energije se **razlažu**
- ▶ Potpuna **razgradnja** energetskih supstrata odigrava se **u**:
 - ▶ Citosolu
 - ▶ Mitohondrijama
- ▶ Kojom **brzinom** će da se odigrava razmjena materija **zavisi od količine redukovanih elemenata**

- ▶ **Koji će se gorivo upotrijebiti kao izvor energije** **zavise** od toga:
- ▶ da li je odgovarajuće **gorivo deponovano u mišićnim ćelijama** (glikogen ili masti - **endogena** goriva)
- ▶ **ili je u drugim skladištima** (**egzogena** goriva, masti u masnom tkivu ili glikogen u jetri ili glikoza u krvi).

- ▶ da li je blizu
- ▶ ili je daleko

- ▶ Mišić mora da koristi ono što ima

- ▶ Za egzogena goriva treba da se obezbijede protok od skladišta do mjesta korišćenja

- ▶ **Najveći dio sinteze ATP** odvija se kad god je moguće **oksidacijom ugljenih hidrata i masti**

▶ **Procentualno učešće** ugljenih hidrata i masti **zavisi** od sljedećih faktora:

- ▶ **tipa** mišićne **aktivnosti**,
- ▶ **intenziteta**,
- ▶ **trajanja**,
- ▶ **tipa ishrane** i stanja uhranjenosti,
- ▶ stanja **treniranosti**,
- ▶ stanja **zdravlja**.

- ▶ **Iz masti** se dobija **najveća energija** ali ona **može da se koristi samo kod rada nižeg intenziteta**
- ▶ Ako je **rad većeg intenziteta** **ne može se praviti pauza čekali novi kiseonik**
- ▶ **rad mora da se nastavi**

- ▶ Koncentracija **glukoze** u plazmi **ne zadovoljava snabdijevanje** pri slabim intenzitetima treninga
- ▶ **Masti su jače gorivo** i a u tim uslovima mogu da se koriste
- ▶ **ali glukoza** može da **zadovoljava pri velikim intenzitetima** zato što je **gorivo koje može brže da se iskoristi**
- ▶ **Ne mora se čekati dopremanje** dovoljne količine **kiseonika**

- ▶ **Samoregulativni proces**
- ▶ Organizam **uzima ono što je najbolje za njega**

- ▶ Slobodne **masne kiseline** povećavaju svoje učešće u treningu umjerenog intenziteta
- ▶ Organizam ih koristi zbog **ekonomičnosti**
- ▶ **Jače gorivo** - umjesto slabijeg

- ▶ njihovo **učešće se smanjuje** u treningu **većeg intenziteta**
- ▶ jer **organizam** tada **nema vremena da čeka** dovoljnu količinu kiseonika
- ▶ **Dostupnije gorivo** - umjesto jačeg

Intenzitet treninga i učešće pojedinih izvora energije

- ▶ **maksimalni i submaksimalni** intenzitet - glavni izvor energije **ugljeni hidrati**
- ▶ u treninzima **umjerenog** intenziteta sa **stabilnim stanjem** - glavni izvor **masti**, ali se ne isključuje i učešće ugljenih hidrata

Najbliža goriva

- ▶ CP - kreatinfosfat
- ▶ Glikogen

- ▶ **Glikogen je dominantni izvor** energije za sintezu ATP tokom **kratkotrajnog rada maksimalnog intenziteta**
- ▶ kada se energija obezbjeđuje **anaerobnim**
- ▶ **Glikoliza u mišićima** odvija se
- ▶ **paralelno s hidrolizom fosfagena** od početka treninga

- ▶ U **treningu maksimalnog** intenziteta **kapacitet** za obavljanje **rada zavisi od zaliha** glikogena
- ▶ Ukoliko ga ima **više duža mogućnost** rada submaksimalnog intenziteta

- ▶ Pri **srednjem intenzitetu** treninga, **oksidacija masti** je glavni **izvor za sintezu ATP**

- ▶ Pri **velikom intenzitetu** treninga kad je **dopremanje kiseonika otežano**,
- ▶ kao **glavni izvor energije - ugljeni hidrati**,
- ▶ ali su njihove **zalihe ograničene**

- ▶ Anaerobna glikoliza je manje produktivan način stvaranja energije
- ▶ dobija se samo 8% ATP u poređenju s oksidacijom glikogena

- ▶ Još jedna nepovoljnost anaerobne glikolize je mliječna kiselina koja se pri tom stvara
- ▶ Ona remeti normalno funkcionisanje mišića
- ▶ Njeno nakupljanje koči mobilizaciju slobodnih masnih kiselina iz deponija
- ▶ prigušuje se metabolizam
- ▶ smanjuje količina dostupnih energetske materije
- ▶ Smanjuje dopremanje slobodnih masnih kiselina

Sadržaj glikogena u mišiću

- ▶ Ako **prosječan čovjek** ima oko **25 kg mišića**
- ▶ ukupni **sadržaj glikogena** - **3,6 grama**
- ▶ Ako se **nekoliko dana** uzima **hrana bogata ugljenim hidratima**, **sadržaj glikogena** u mišiću **može da se udvostruči**.

- ▶ **Od zaliha glikogena** zavisi **brzina trčanja**
- ▶ **Primjetno** u trkama na **duge pruge**
- ▶ Što je **niži početni sadržaj glikogena** u mišićima, **osoba će sporije trčati u finišu**

- ▶ **Ispitivanja** na trkačima koji su trčali **30 km**:
- ▶ **tokom prvog sata nije bilo razlike u brzini** bez obzira na sadržaj glikogena
- ▶ **u finišu najbrže** su trčale osobe koje su imale **najviši nivo glikogena** u mišićima

- ▶ **U teškom treningu** submaksimalnog intenziteta, koji traje najviše oko sat i trideset minuta,
- ▶ **signifikantno se smanjuje sadržaj** mišićnog **glikogena**
- ▶ i to predstavlja **oganičavajući faktor** za izdržljivost.

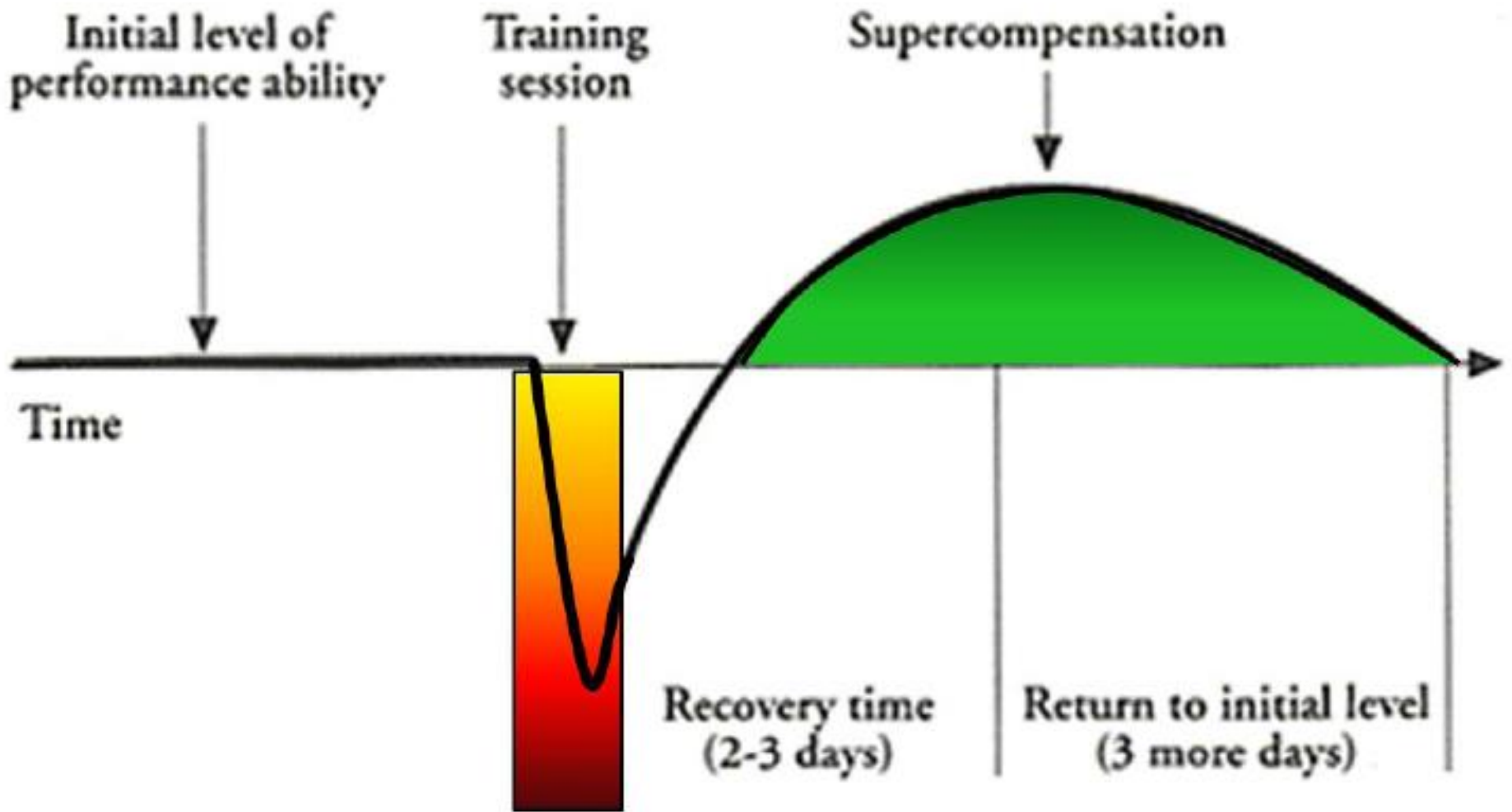
- ▶ Tokom dugotrajnog rada glukoza iz krvi znatno doprinosi energetsom bilansu
- ▶ Ona se dobija razlaganjem glikogena jetre na molekule glikoze koji odlaze u krv

- ▶ Glukoze **stalno** ima u krvi
- ▶ **CNS** u velikoj mjeri **zavisi** od sadržaja glikoze u krvi
- ▶ Jedan od razloga

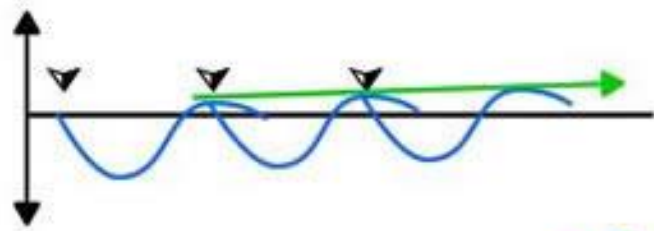
- ▶ oko **60% glikoze u krvi** koja potiče iz jetre koristi **CNS** za metabolizam
- ▶ **Da bi se sačuvalo** dovoljno glikoze CNS-u, **ostale ćelije slabo propuštaju glukozu** preko svojih membrana

Resinteza glikogena i superkompenzacija glikogena u mišiću

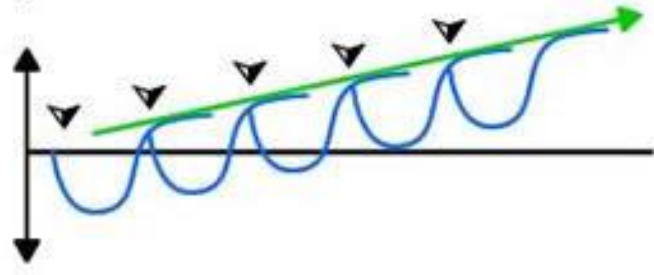
- ▶ Poslije **kontinuiranog treninga** velikog intenziteta, dolazi do **znatnog smanjenja glikogena**
- ▶ Ako se u **prva dva sata oporavka** hranom **ne unose ugljeni hidrati**, neznatno se povećava zaliha glikogena
- ▶ U takvim uslovima **zalihe** glikogena se **nijesu povećale ni poslije 5 dana** od prestanka rada



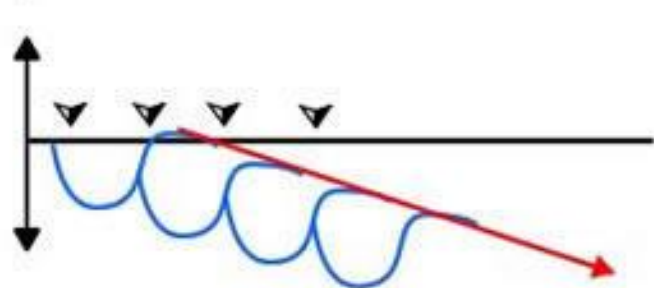
Supercompensation after a training session.



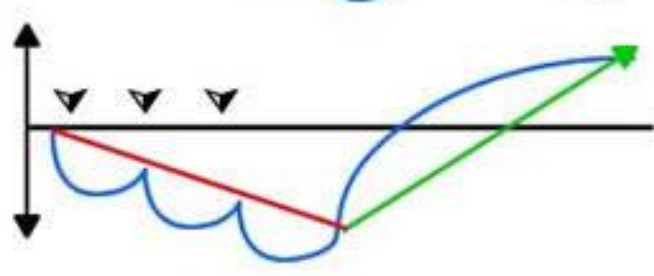
Supercompensation positive



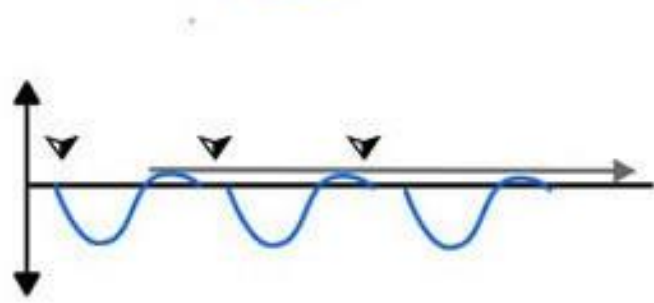
Supercompensation positive



Supercompensation negative



Supercompensation positive accumulated



Supercompensation null

- ▶ Neophodno je da se **stalno održavaju adekvatni nivoi glikogena** u mišićima

- ▶ Poslije teškog treninga izdržljivosti - trčanje nekoliko kilometara dnevno
- ▶ potrebno bar dva dana za potpuno popunjavanje depoa glikogena
- ▶ Zbog toga je teška nadoknada

- ▶ Ako se prva dva sata ne unose ugljeni hidrati organizam će ipak **resintetisati** glikogen **glikogenezom iz mlječne kisjeline**

- ▶ **Glukoza** je **jedina vrsta** ugljenih hidrata koja **može da se skladišti kao glikogen**
- ▶ **Zalihe glikogena mogu da se iscrpe poslije:**
 - ▶ **2-3 sata kontinuiranog treninga** pri **submaksimalnom opterećenju**,
 - ▶ **15-30 minuta** treninga pri **maksimalnom opterećenju**

- ▶ Često dešava da se **zalihe glikogena smanje** kod **fudbalera ili hokejaša** **već poslije prvog poluvremena**
- ▶ **Stoga sportisti** koji svakodnevno treniraju moraju da **povećaju potrošnju šećera na 70-80%** ukupnog energetskeg unosa
- ▶ **Time** bi se postiglo **relativno optimalno deponovanje glikogena**

- ▶ Najbrža sinteza glikogena ostvaruje se u prva 2 sata poslije rada
- ▶ **Sportisti treba da počnu s uzimanjem hrane što prije** poslije rada
- ▶ unošenje hrane svaka dva sata nepraktično
- ▶ predlaže se da se uzima **u što češćim razmacima dok se ne unese dovoljno**
- ▶ više od **600 g** za osobu od 70 kg

- ▶ Vrsta ugljenih hidrata utiče na brzinu **popune zaliha**
- ▶ Uzimanje fruktoze smanjuje brzinu **sinteze glikogena**
- ▶ **Jetra je sporo pretvara** u glikozu

- ▶ **Složeni** ugljeni hidrati koji se sastoje **od glukoze** podjednako **brzo se sintetišu** u glikogen kao glukoza

Superkompenzacija glikogena u mišićima

- ▶ prije takmičenja se isprazne zalihe mišićnog glikogena intenzivnim treningom, uz ishranu siromašnom ugljenim hidratima,

- ▶ zatim se **sljedećih nekoliko dana** daje **hrana bogata šećerima**,
- ▶ sadržaj glikogena u mišićima premašice 200 mM kg⁻¹ vlažnog mišića
- ▶ Tada rad pri 75% V_{O2}max može da se obavlja više od 4 sata

- ▶ **Dokazano je da depoi glikogena u mišiću zavise od vrste ishrane**
- ▶ **Istraživanjem sledeći podaci:**

- ▶ ishrana siromašna ugljenim hidratima
- ▶ a bogata mastima
- ▶ 3 dana

- ▶ sadržaj glikogena u m.vastus lateralis bio je **6,3 g kg⁻¹**

- ▶ a rad do iscrpljenja trajao je **57 min**

- ▶ mješovita ishrana
- ▶ sadržaj glikogena bio je 17,5 g kg⁻¹
- ▶ a rad je trajao 114 min

- ▶ ishrana bogata ugljenim hidratima
- ▶ sadržaj glikogena je bio 35,1 g kg⁻¹
- ▶ a rad je trajao 167 min

- ▶ Superkompenzacija glikogena se događa samo u aktivnim mišićima
- ▶ Kod neaktivnih se ne javljaju nikakve promjene

- ▶ **Preporučuje** se da se **faza popunjavanja glikogena završi 48 sati prije takmičenja**
- ▶ **Da se ne bi javljali:**
 - ▶ Gladovanje
 - ▶ Gubitak mase
 - ▶ Mentalni zamor

- ▶ Superkompenzacija ima smisla samo na treninzima velikog intenziteta koji traju više od 90 minuta

Ostvarivanje superkompenzacije se može postići na tri načina:

Prvi

- ▶ Sportisti **3-4 dana** uzimaju **mješovitu hranu**,
- ▶ sljedeća **3-4 dana** hranu **bogatu ugljenim hidratima**
- ▶ **Tokom ishrane bogate ugljenim hidratima treninzi** treba da budu **umjerenog** intenziteta
- ▶ Na taj način **mogu** da **povećaju sadržaj glikogena od 15 na 25 g** po kg mišića.

Drugi

- ▶ kombinuje se fizički napor i dijeta
- ▶ Iz mišića se **isprazne zalihe** glikogena **radom**
- ▶ Zatim se **nekoliko dana uzima hrana bogata ugljenim hidratima**
- ▶ tako može da se **udvostruči sadržaj glikogena** u mišićima **od 15 na 35 g kg⁻¹ mišića.**

Treći

- ▶ takođe se kombinuje rad i ishrana
- ▶ **Smanjenje glikogena započinje intenzivnim radom**
- ▶ **Zatim** se daje **hrana siromašna ugljenim hidratima** (bogata mastima) tokom sljedeća **tri dana**
- ▶ **Za to vrijeme** obavljaju se **iscrpljujući treninzi**

- ▶ Poslije toga **tri dana** se daje **ishrana bogata ugljenim hidratima**
- ▶ Ovim metodom mogu **zalihe glikogena** da **se utrostruče** (**do 50 g** kg⁻¹)
- ▶ Pri tome **može da se deponuje oko 700 g glikogena u svim mišićima** (11.760 kj)
- ▶ dok **prosječno** pri mješovitoj ishrani u svim mišićima ima **oko 400 g** glikogena

- ▶ **Treći postupak** daje **najviši efekat**
- ▶ **Ali** se **najteže** ostvaruje

- ▶ Za uobičajena takmičenja, kad se svake nedjelje podiže nivo glikogena,
- ▶ **bolje je koristiti** jedan od **prva dva** metoda, a treći se čuva za važnija takmičenja.

Uticaj klime na potrošnju glikogena

- ▶ **Trening u toploj sredini povećava korišćenje glikogena**
- ▶ **Više krvi cirkuliše kroz površinske vene** radi održavanja stalne tjelesne temperature
- ▶ Što znači da **manje egzogenih materija** dolazi do njih **pa koriste endogene**

- ▶ Takođe kad se **drhtanjem** izaziva termogeneza **pri hladnoći**, više se **troši glikogen**
- ▶ U hipoksičkim uslovima **više se troši glikogen** dok se sportista ne privikne na uslove

- ▶ Ne troše samo mišići ATP
- ▶ I eritrocitima je potreban za transport kiseonika i ugljen dioksida
- ▶ Skeletni mišići i eritrociti su najveći potrošači glikogena

PROTEINI

Itraživanja su pokazala

- ▶ **proteini se ne koriste u znatnoj mjeri kao izvor energije**
- ▶ to važi **dok je snabdijevanje** energetske materijalima **zadovoljavajuće**
- ▶ **Razumljiv mehanizam - inače bi mišićna vlakna razarala sama sebe**

Nutristionička istraživanja su utvrdila:

- ▶ bazalne **proteinske potrebe** iznose između **30 i 60 grama** dnevno
- ▶ **Katabolizam** proteina **u mirovanju** kreće u prosječnog čovjeka iznosi **oko 60 grama dnevno**
- ▶ **jedan gram na kilograma tjelesne težine** dnevno

- ▶ Pretjerano unošenje proteina može, donekle, da ima i negativno dejstvo
- ▶ Proteini istiskuju ugljene hidrate iz ishrane i pretvaraju se u mast što nije poželjno.
- ▶ Ako hrana sadrži manje od 50% ugljenih hidrata, mišićni glikogen se neće dovoljnoi brzo oporaviti

Ishrana tokom sportske aktivnosti

- ▶ **Količina hrane** koja treba da se unese u **zavisi od energetske potrebe**
- ▶ Energetske **potrebe zavise od:**
 - ▶ brzine rasta
 - ▶ Godina
 - ▶ Pola
 - ▶ fizičke aktivnosti

- ▶ **Mast i meso se sporo vare**
- ▶ **ako se uzmu 3-4 sata prije treninga,**
izazvaće mučninu u stomaku
- ▶ **a to može da pokvari rezultat**

- ▶ **Posljednji obrok** ne treba da bude uzet kasnije **od 2,5 sati prije takmičenja** ili igre, a **ugljeni hidrati** treba da budu uzeti **najkasnije 1 sat prije takmičenja**

- ▶ **Preporučeni** procjentalni doprinos energrijskom unosu pojedinih namirnica:
- ▶ **Proteini 14-15%**
- ▶ **Masti 29-30%**
- ▶ **Ugljeni hidrati 55-56%**

Uzimanje hrane prije takmičenja

- ▶ **Cilj uzimanja ugljenih hidrata** prije takmičenja jeste **da se dopune rezerve glikogena** u mišićima

- ▶ a ako se **1 sat prije unese šećer**
- ▶ **Povećava se prodor glikoze u mišiće**
- ▶ A to dugotrajno **smanjuje oslobađanje slobodnih masnih kiselina** iz depoa

- ▶ Nema štetnih uticaja ako se nekoliko sati prije takmičenja pojede određena količina ugljenih hidrata

Istraživanje

- ▶ Prvoj grupi **4 sata prije rada** na ergociklu:
 - ▶ dato **200g** ugljenih hidrata (**hleb, čokolada**)
 - ▶ Nađeno je poboljšanje u intenzitetu savladanog rada **22%**
- ▶ Drugoj grupi dat **komad čokolade (45g)**
- ▶ Poboljšanje **11%**

Drugo istraživanje

- ▶ Biciklistim je 4 sata prije rada dato 312g glukoze
- ▶ Nađeno je povećanje snage 15%
- ▶ Predlog je da se za poboljšanje rada 4 sata prije rada uzme 200-300g ugljenih hidrata

Treće istraživanje

- ▶ Kad se ugljeni hidrati uzmu manje **1 sat prije treninga**
- ▶ **75g glukoze**, trening **submaksimalni**, **30 minuta**
- ▶ Dobilo se sljedeće:
 - ▶ **Povećana glikemija 38%** na početku treninga
 - ▶ **3,3 puta porasla koncentracija insulina** u krvi na početku treninga
 - ▶ **Glikemija se smanjivala**, a **pred kraj** nastupila **hipoglikemija**
 - ▶ pojavio se **osjećaj zamora**, **smanjilo dopremanje glukoze** u mišiće
 - ▶ **Korišćenje mišićnog glikogena se povećalo 17%**

- ▶ Na osnovu toga se preporučuje
- ▶ Da se na manje od jednog sata prije treninga uzimaju samo:
 - ▶ Osvježavajući napici
 - ▶ Negazirani voćni sokovi

Uzimanje hrane tokom rada (treninga)

- ▶ Kada se daju **ugljeni hidrati tokom rada**
- ▶ **odgađa se pojava zamora za 30-60min**

- ▶ **Smatra se da zamor nastaje usljed iscrpljenosti ugljenih hidrata**
- ▶ **zato što aktivni mišići više koriste glukozu iz krvi**

Istraživanje

- ▶ Kod **biciklista u treningu** koji su radili **pri 70% opterećana** nađeno je da se:
 - ▶ **50% energije dobija oksidacijom masti**
 - ▶ **50% iz ugljenih hidrata**

- ▶ U početku veće korišćenje glikogena mišića a njegov udio se smanjuje s trajanjem rada
- ▶ dok se povećava udio glukoze iz krvi

- ▶ **Poslije 3 sata rada** kad se pije **samo voda**
 - ▶ **Najveći dio energije** obezbeđuje **glukoza iz krvi** (jer se glikogen potrošio) **i javlja se zamor**
- ▶ **Kad se tokom rada uzimaju ugljeni hidrati**
 - ▶ **povećava se glikemija, odlaže se zamor i smanjuje korištenje mišićnog glikogena**

Aktivnosti koje traju više od 2 sata

- ▶ U kasnijim stadijumima rada kad su rezerve mišićnog glikogena niske,
 - ▶ uglavnom se koristi glukoza iz krvi
 - ▶ osjeća se umor u mišićima
 - ▶ i čovjek mora da se koncentriše na održavanje stalnog intenziteta rada
- ▶ nije slučaj kad su zalihe glikogena pune

Rad ispod dva sata

- ▶ nije sasvim jasno da li davanje šećera tokom rada ima povoljnog efekta
- ▶ Pad glikemije nije tako uočljiv tokom dugotrajnog trčanja kao pri vožnji biciklom
- ▶ Manje su potrebe za nadoknadom ugljenih hidrata pri trčanju
- ▶ Time se objašnjava zašto neki vrhunski maratonci ne uzimaju ugljene hidrate tokom trke

Istraživanje

- ▶ **Koncentracija glukoze smanjuje** se pri trčanju na 30 kilometara
 - ▶ **Kad je trkačima davana samo voda**
- ▶ **Ako je davana glukoza**
 - ▶ **poslednjih 5 kilometara završavano je brže**

- ▶ **Bolje je da se uzimaju** ugljeni hidrati tokom rada koji traje više od 60 minuta

- ▶ Ako se sa uzimanjem šećera čeka do pojave iscrpljenja
 - ▶ moralo bi da se popije 400ml 50% rastvora (200ml glikoze)
 - ▶ što je nemoguće da se apsorbuje da bi se željene potrebe mišića održale

- ▶ **Biclistima se preporučuje** da počnu sa uzimanjem glukoze (kao napitak) **30 min prije nastupa zamora**
- ▶ Davanje ugljenih hidrata **nema efekta:**
 - ▶ u sprintu na 100m
 - ▶ kod atletskih bacanja
 - ▶ atletskih skokova
 - ▶ dizanju tegova i sl.

HVALA NA PAŽNJI !