

Jihočeská universita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra tělesné výchovy a sportu

ZMĚNY HLADINY KREVNÍHO CUKRU V KRVI V ZÁVISLOSTI NA
DRUHU A INTENZITĚ SILOVÉHO TRÉNINKU

Diplomová práce
(magisterská)

Autor: Josef Halaburda, učitelství pro střední školy,
tělesná výchova – biologie
Vedoucí práce: PhDr. Radek Vobr, Ph.D.

České Budějovice 2008

University of South Bohemia in České Budějovice
Pedagogical faculty
Department of physical education and sport

CHANGES OF PLASMA GLUKOSE CONCENTRACION IN
DEPENDENCE OF KIND AND INTENSITY OF POWER
TRAINING

Diploma work
(Master)

Author: Josef Halaburda, physical education – biology
Supervisor: PhDr. Radek Vobr, Ph.D.

České Budějovice 2008

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Josef Halaburda

Název diplomové práce: Změny hladiny krevního cukru v krvi v závislosti na druhu a intenzitě silového tréninku

Pracoviště: Katedra tělesné výchovy a sportu

Vedoucí diplomové práce: PhDr. Radek Vobr, Ph.D.

Rok obhajoby diplomové práce: 2008

Abstrakt: Cílem práce bylo sledování a záznam tréninkového zatížení (druh činnosti, zaměření činnosti a záznam fyziologické odezvy). Se zaměřením na fyziologickou odezvu v podobě změn hladiny krevního cukru. Výsledkem práce je zvolený druh zatížení spolu s fyziologickou odezvou změn hladiny krevního cukru. Naměřené hodnoty této fyziologické odezvy spolu s druhem pohybové aktivity mohou pomoci trenérům a učitelům v praxi odhadnout náročnost tréninkového procesu. Experimentální měření byla prováděna na skupině 4 testovaných objektů.

Klíčová slova: glukóza, glykémie, silový trénink,

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Josef Halaburda

Title of the master thesis: Changes of plasma glukose concentracion in dependence of kind and intensity of power training

Department: Pedagogical faculty, Department of physical education and sport

Supervisor: PhDr. Radek Vobr, Ph.D.

The year of presentation: 2008

Abstrakt: The aim of this work should be watching and registration of training intensity (kind of oxercise, intent of exercise and registration of responses). With a view to response of change of plasma glukose. The result of this work should be summary of exercises together with response of changes of plasma glukose. The value of this response we have measured, together with a kind of exercise can help trainers and teachers to judge intensity of training. There were four testing subjects in the group we have measured.

Keywords: glukose, glukose level (glykemie), power training,

I agree with lending of this thesis in library range.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci Změny hladiny krevního cukru v krvi v závislosti na druhu a intenzitě silového tréninku, zpracoval samostatně, uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Lažánkách dne 11. 1. 2008

.....

Děkuji doc. PaedDr. Řepkovi CSc. za jeho nezištnou pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování diplomové práce. Dále děkuji paní Ivaně Píblové a Janu Hradeckému za laskavé zapůjčení měřicích přístrojů.

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Teoretická část.....	9
2.1. Význam cukrů v lidském těle	9
2.1.1. Trávení cukrů	9
2.1.2. Funkce jater	9
2.1.3. Metabolické procesy	10
2.2. Hladina glukózy v organismu.....	11
2.2.1. Definice glykémie	11
2.2.2. Hladina glukózy v organismu	12
2.2.3. Druhy regulace glykémie	16
2.3. Změny tělesné energetiky v důsledku pohybové činnosti.....	18
2.3.1. Změny energetiky na začátku zatížení	18
2.3.2. Změny energetiky po dosažení setrvalého stavu.....	19
2.3.3. Změny energetiky v průběhu dlouhodobé zátěže.....	20
2.4. Energetické zajištění činnosti svalů	21
2.4.1. Zóny energetického krytí	22
2.5. Charakteristika silového tréninku	27
2.5.1. Charakteristika silových schopností.....	28
2.5.2. Diferenciace silových schopností.....	29
2.5.3. Účinek silového tréninku	29
2.5.4. Základní pojmy silového tréninku.....	30
2.5.5. Tréninkové metody	31
2.6. Další faktory ovlivňující hladinu krevní glukózy.....	35
2.6.1. Ranní cvičení versus odpolední trénink	35
2.6.2. Porovnání tréninku střední a vysoké intenzity	35
2.6.3. Vliv doplňků stravy „suplementů“	36
2.6.4. Hladina glukózy v mozku v závislosti na tréninku	37
3. Výzkumná část.....	38
3.1. Cíle, úkoly a hypotézy práce	38
3.1.1. Cíl práce	38
3.1.2. Úkoly práce	38
3.1.3. Hypotézy	38
3.2. Metoda a organizace experimentu	39
3.3. Charakteristika využití tréninkové jednotky	40
3.4. Charakteristika testovaných objektů	50
3.5. Metoda sběru dat.....	50
3.5.1. Měření hladiny glukózy	50
3.5.2. Měření tepové frekvence	53
3.6. Výsledky a diskuze.....	54
3.6.1. Výsledky naměřených hodnot hladiny glukózy	54
3.6.2. Výsledky naměřených hodnot tepové frekvence	57
4. Závěr.....	59
5. Seznam literatury	60

1. Úvod

Při jakémkoli sportovním tréninku a jakékoli sportovní aktivitě dochází v lidském těle k řadě změn, které jsou odpovědí organismu na zvýšenou fyzickou zátěž. Může docházet jednak k přetrénování v důsledku nadměrného zatížení organismu sportujícího jedince a jednak k nedosažení prahových hodnot fyziologických funkcí, jejichž to dosažení je nutné pro zvýšení trénovanosti. Tělesné cvičení je nejmocnějším fyziologickým stimulem. Pravidelné aerobní cvičení vede k výrazným změnám kardiovaskulárního systému.

K posouzení míry zatížení a intenzity tréninku se v současné době používá mnoho metod. Ve školské praxi mnohdy stačí pozorovat vizuální změny u cvičenců. Sledujeme především dech a míru pocení. Obě tyto reakce patří mezi základní autoregulační mechanismy, z nichž můžeme alespoň částečně odhadnout míru zatížení jedince. Základní ukazatel, a to tepovou frekvenci, lze přibližně stanovit za použití časomíry. Palpačním způsobem na arteria karotis nebo arteria radialis. Dalším způsobem je použití různých druhů sportesterů, ze kterých získáváme přesnější údaje o kardiovaskulárním systému. V laboratorních podmínkách můžeme sledovat údaje, jako jsou plicní ventilace, spotřeba kyslíku ve tkáních atd.

Ve své práci jsem se pokusil stanovit míru intenzity silového tréninku za pomoci měření hladiny krevního cukru. A snažil jsem se zdokumentovat vliv silového tréninku na hladinu glykémie.

Trénink jsem sestavil tak, aby v průběhu jedné jednotky došlo k procvičení všech důležitých svalových skupin. Na začátek tréninku jsou zařazeny největší svalové partie, jejichž trénink je nejnáročnější a to svalstvo zad a dolních končetin. Přestávky mezi sériemi jsou v rozmezí jedné až dvou minut, což je dostatečná doba pro regeneraci svalů. Mezi cviky zatěžujícími jednotlivé svalové partie jsou vloženy cviky na posilování břišních svalů. Tím je ještě prodloužena přestávka při procvičování jednotlivých partií. Dále jsou pak řazeny cviky zatěžující menší svalové partie. Při jejich tréninku používáme většinou menších zátěží a striktních opakování. Řadíme sem svalstvo horních končetin a deltového pletence.

Vybral jsem si toto téma diplomové práce, protože se kondičnímu posilování věnuji již dlouhou dobu. Chtěl jsem se na posilování podívat z pohledu konkrétní fyziologické odezvy. Namísto nekonečného studia metod, cviků a kineziologických rozborů.

2. Teoretická část

2.1. Význam cukrů v lidském těle

2.1.1. Trávení cukrů

V lidské potravě jsou nejčastěji zastoupeny jednoduché cukry; sacharóza(cukr řepný) a laktóza(cukr mléčný). Dále pak složité cukry v podobě škrobu a celulózy. Z energetického hlediska je celulóza pro lidský organismus nepodstatná coby zdroj energie, protože ji nedokážeme strávit. Pouze ji mírně naštěpují bakterie tlustého střeva.

Základní chemickou reakcí trávení je hydrolýza. Jedná se o jednoduchý chemický proces štěpení, závislý na přítomnosti specifických enzymů. Všechny enzymy jsou obecně proteinové povahy. Obecné schéma hydrolýzy lze popsat takto: za přítomnosti výchozí makromolekulární látky, molekuly vody a příslušného enzymu dochází ke katabolické reakci za vzniku látek jednodušších (Rokyta, 2000).

Trávení cukrů začíná již v ústech, kde slinná α -amyláza(ptyalin) štěpí škroby na dextriny. Toto štěpení pokračuje ještě v jícnu a na začátku žaludku, než kyselé žaludeční šťávy inaktivují slinnou amylázu. V duodenu, kam se vylučuje vysoce aktivní pankreatická α -amyláza, se štěpí dextriny na jednodušší disacharidy. Tyto pak jsou dále v tenkém střevu štěpeny specifickými disacharidázami na monosacharidy. Sacharóza je štěpena sacharázou na glukózu a fruktózu, laktóza laktázou na galaktózu a glukózu a maltóza maltázou na dvě molekuly glukózy. Jednoduché cukry pak již mohou být resorbovány do portální krve a dopraveny do jater, odkud se dostávají dále do tkání jako zdroj energie. Nebo zůstávají v játrech v podobě zásobní látky - glykogenu (Rokyta, 2000).

Resorpce cukrů. Do krve se vstřebávají téměř výhradně monosacharidy. Nejvíce cukrů se vstřebává v duodenu a proximálním jejunu. Jedná se o aktivní transport, takže i pro tento proces je zapotřebí aktivní dodání energie (Bartoš, Pelikánová, 1996).

2.1.2. Funkce jater

Játra jsou metabolicky nejaktivnější tkání v těle. Pro zjednodušení můžeme jejich metabolickou aktivitu rozdělit podle třech základních energetických substrátů na metabolismus cukrů, metabolismus tuků a metabolismus bílkovin, přičemž tyto metabolické

procesy neprobíhají separovaně, ale prolínají se v některých svých částech. My se budeme zajímat především o metabolismus cukrů.

Játra udržují spolu s ostatními kontrolními mechanismy v rovnováze glykémii organismu. Fungují jako glukostat(glukózový „pufr“ neboli nárazník). Při zvýšené glykémii se glukóza vychytává v játrech a přeměňuje se na jaterní glykogen (zásobní forma). Při nedostatku glukózy se jaterní glykogen odbourává v procesu zvaném glykogenolýza a uvolňuje glukózu do krve. Játra jsou současně hlavním orgánem glukoneogeneze(tvorba glukózy z necukerných zdrojů, např. laktátu, aminokyselin, a glycerol-fosfátu) (Bartoš, Pelikánová, 1996).

2.1.3. Metabolické procesy

Látková výměna neboli přeměna látek v těle se skládá z množství jednotlivých metabolických pochodů, vzájemně koordinovaných a na sobě časově závislých. Zjednodušeně lze říci, že všechny živiny v těle procházejí třemi obecnými fázemi chemického zpracování. Takto popisuje jednotlivé fáze s ohledem na cukry Rokyta (2000, 149) :

1. Hydrolytické reakce – ve střevě dochází při trávení k rozkladu složitých živin na jednoduché.
2. Degradace v cytoplasmě buněk – z glukózy vzniká pyruvát, je to nejsnáze a nejrychleji probíhající reakce v cytoplasmě buněk, a navíc již při této reakci vzniká nově využitelná energie
3. Mitochondriální fáze – v mitochondriích je pyruvát dále odbouráván na meziprodukt acetylkoenzym A(acetyl Co-A), který následně vstupuje do cyklu kyseliny citronové a dýchacího řetězce. Dochází v něm k úplné oxidaci za vzniku energie, která je využita k syntéze **adenosintrifosfátu (ATP)**

ATP se vytváří v mitochondriální matrix za přítomnosti enzymů a kyslíku(proto označení dýchací řetězec). Je to sloučenina obsahující vazby s vysokým obsahem využitelné energie, které se snadno štěpí. Zjednodušené schéma vypadá takto:



V každé z naznačených vysoce energetických fosfátových vazeb je ukryto 7300 kalorií, které mohou být využity třeba ke svalové kontrakci. Z ATP pak vzniká ADP(adenosindifosfát). ADP může být ještě dále štěpen na AMP(adenosinmonofosfát). ATP

je tedy bezprostředním zdrojem energie, ale množství ve svalu vystačí při maximální zátěži zhruba 3 vteřiny (Rokyta, 2000).

CP(kreatinfosfát) je další makroergní látkou. Při rozštěpení makroergní vazby se uvolní dokonce více energie než při rozštěpení vazby ATP(10300 kalorií). Kreatinfosfát proto může snadno rekonstruovat makroergní vazby ATP a jeho množství je asi pětikrát vyšší než ATP (Máček, Vávra, 1980).

Přes tyto makroergní látky se dostáváme zpět ke glukóze. Při spotřebě ATP rozštěpením vazby vzniká ADP. Jeho koncentrace je přímo úměrná aktivitě buňky. Část ADP se přemění na AMP a dále na cAMP (cyklickýadenosinmonofosfát). Ten aktivuje enzym fosforylázu a ta spustí štěpení glykogenu na glukózu. Glukóza se podle výše popsaného degraduje na pyruvát a začíná nový cyklus výroby energie (Rokyta, 2000).

2.2. Hladina glukózy v organismu

2.2.1. Definice glykémie

Glykémie neboli hladina glukózy v krvi udává množství glukózy coby základního energetického substrátu v krevní plasmě. Glykémie se u zdravého jedince udržuje v relativně úzkém rozmezí 3 až 8 mmol/litr a závisí na rovnováze mezi přísunem a odsunem glukózy z plasy (Pelikánová, 1996).

„Normou glykémie u zdravého jedince je hodnota 3,33 až 5,83 mmol/l. U těchto hodnot musíme ještě přihlížet k tomu, odkud byl vzorek krve odebírán. Jelikož v kapilární krvi jsou hodnoty cca o 10% vyšší než ve venózní krvi. V séru a plasmě pak cca o 15% vyšší než ve venózní krvi. Dále pak je nutné zohlednit, zda byla krev odebírána ve stavu nalačno nebo po podání jídla obsahujícího sacharidy. U zdravých jedinců by hodnoty naměřené nalačno neměly přesáhnout zmiňovaných 7 mmol/l, zatímco 1 hodinu po dodání cukrů v potravě by hladina glykémie neměla přesáhnout 10 mmol/l. Bráno v žilné krvi“ (Peprla, Kuklínek, 1995, 68).

Stavy, kdy jsou hodnoty glykémie mimo toto rozmezí, jsou v literatuře popsány jako hyperglykémie a hypoglykémie.

Hyperglykémie – zvýšená hladina krevního cukru. Za hranici hyperglykémie považují posledně jmenovaní autoři vyšší hodnotu jak 7 mmol/l u žilné krve a hodnotu vyšší než 8 u krve kapilární. Dále uvádějí i nejčastější příčiny hyperglykemií. Počítají mezi ně Diabetes

melittus obojího typu, těhotenský diabetes, onemocnění pankreatu a jiné endokrinní choroby (hyperthyreóza, nádor hypofýzy)(Peprla,Kuklínek, 1995).

Hypoglykémie – ačkoli pojem hypoglykémie je ve své podstatě pojem biochemický, rozumíme zpravidla pod hypoglykemií patologický stav snížené koncentrace glukózy provázený klinickými, humorálními a dalšími biochemickými projevy. Jako hranice hypoglykémie se udává hodnota pod 3,3 mmol/l v kapilární plasmě (Saudek, 1996). Za nejčastější příčiny jsou považovány tyto: fyziologické stavy(těhotenství, laktace, velká fyzická námaha), hladová hypoglykémie a hyperinzulínismus(hyperplasie Langerhansových ostrůvků, chybění A- buněk pankreatu)(Bartoš, Pelikánová, 1996).

2.2.2. Hladina glukózy v organismu

Příjem glukózy potravou není kontinuální a naopak její potřeba k udržení alespoň bazálního metabolismu je trvalá. Proto musí být množství glukózy v krevním řečišti neustále regulováno (Bartoš, Pelikánová, 1996).

Hladina glukózy v krvi(glykémie) je výsledkem poměru mezi přísunem a odsunem glukózy z krevní plasmy. Základním zdrojem glukózy je potrava, ale její dostatečnost je zachována i v podmínkách nalačno. A to jaterní produkcí (Trávníček, 1978).

Zdrojem produkce glukózy v játrech je jaterní glykogenolýza a glukoneogeneze z tříuhlíkatých prekurzorů. Ty vznikají odbouráváním svalového glykogenu(pyruvát, laktát), svalového proteinu(aminokyseliny – alanin, glutamin) a při lipolýze tukové tkáně (glycerol)(Bartoš, Pelikánová, 1996).

Podle stejných autorů existují dva základní způsoby odsunu glukózy z krevní plasmy

a) non-inzulin-dependetní transport

Glukóza vstupuje do buněk difuzí, která není energeticky podmíněna, závisí pouze na koncentračním spádu a je zprostředkována glukózovými transportéry GLUT 1,2,3,5. V podmínkách nalačno se uplatňuje zejména v tkáních nezávislých na inzulinu(insulin-insenzitivní tkáně), např. centrální nervová soustava, krevní elementy, pro něž je glukóza prakticky jediným energetickým substrátem(pouze při protahovaném hladovění mohou využívat ketolátky). Tento transport samozřejmě existuje i v tkáních závislých na inzulinu a hraje roli

například při fyzické aktivitě, která přímo aktivuje GLUT 4. Dalším transportem nezávislým na inzulinu je energeticky podmíněný kotransport sodíku a glukózy v proximálních tubulech ledvin daný aktivitou sodno-draselné ATPázy.

b) inzulin-dependentní transport

Uplatňuje se zejména v anabolické fázi a je zprostředkován glukózovými transportéry GLUT 4. Děje se do inzulin-senzitivních tkání, jejichž hlavními představiteli jsou svalová a tuková tkáň, ale také játra a střevo.

(Bartoš, Pelikánová, 1996)

Po vstupu glukózy do buněk je glukóza fosforylována na glukózo-6-fosfát glukokinázou nebo hexokinázou a metabolizována oxidativně(oxidace v Krebsově cyklu) nebo neoxidativně(tvorba glykogenu, glykolýza a vznik tříuhlíkatých prekurzorů).

Nalačno(katabolická fáze) :

V podmínkách nalačno využívá většina tkání jako zdroj energie mastné kyseliny. Pro některé tkáně je však prakticky jediným energetickým substrátem glukóza, event. při protahovaném hladovění ketolátky.

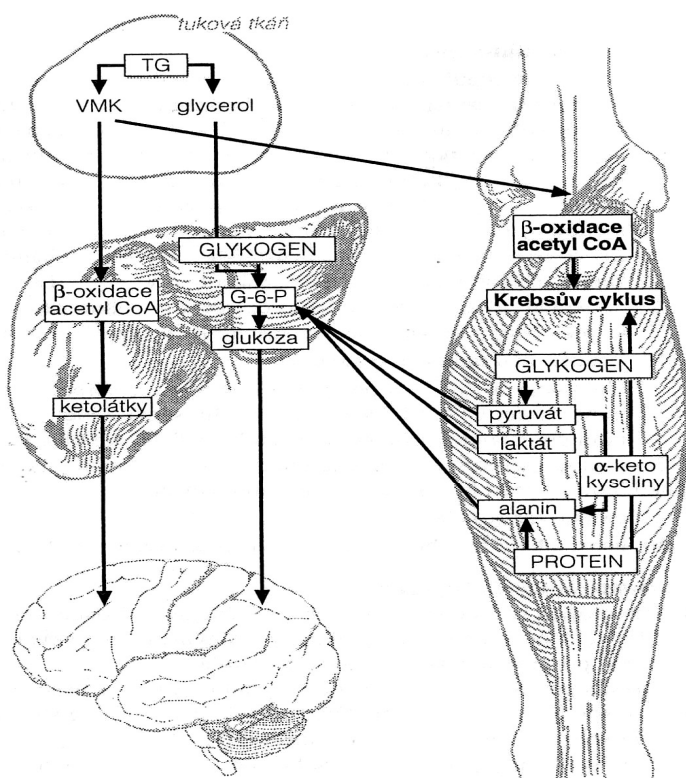
Bazální potřeba glukózy činí asi 2 mg/min na 1 kg tělesné hmotnosti. Z toho 50% je vychytáváno mozkem(mozek spotřebuje denně asi 100g glukózy), 25% splanchnikem(játra a střevo) a pouze 25% inzulin-senzitivními tkáněmi, zejména svaly.

Potřeba glukózy je nalačno plně kryta jaterní produkcí; 75% tvoří glykogenolýza a 25% glukoneogeneze. Po delší době hladovění(více než 12-16 hodin) roste podíl glukoneogeneze.

V katabolické fázi je cílem uvolnit vlastní energetické substráty a to v zásadě dvojím způsobem.

- a) Volné mastné kyseliny se uvolňují při lipolýze triacylglycerolů tukové tkáně a jsou buď přímým zdrojem energie ve svalu, nebo jsou v játrech přeměňovány na ketolátky, které představují náhradní zdroj energie pro mozek.
- b) Glukóza se tvoří v játrech glykogenolýzou jaterního glykogenu a glukoneogenezí z prekurzorů vznikajících odbouráváním svalového glykogenu(pyruvát, laktát), svalových proteinů(alanin) a při lipolýze tukové tkáně(glycerol)(viz.obrázek č. 1).

(Bartoš, Pelikánová, 1996)



Obr. 2 Katabolická fáze. Cílem je uvolnit energetické substráty (volné mastné kyseliny – VMK, ketolátky, glukózu) z vlastních zásob.

- a)** VMK se uvolňují při lipolýze triacylglycerolů tukové tkáně a jsou buď přímým zdrojem energie ve svalu nebo jsou v játrech přeměňovány na ketolátky, které představují náhradní zdroj energie pro mozek.
- b)** Glukóza se tvoří v játrech glykogenolýzou jaterního glykogenu a glukoneogenezí z prekurzorů vznikajících odbouráváním svalového glykogenu (pyruvát, laktát), svalových proteinů (alanin) a při lipolýze tukové tkáně (glycerol).

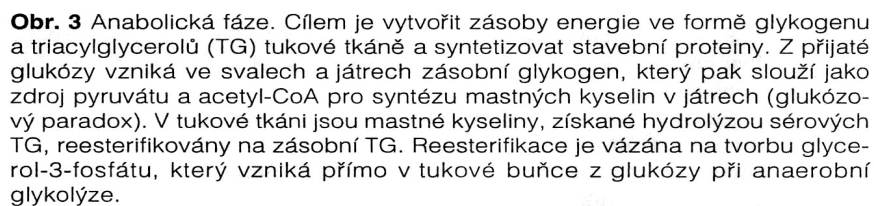
Obrázek 1. Metabolismus glukózy – katabolická fáze (Bartoš, Pelikánová, 1996)

Postprandiálně(anabolická fáze) :

Po příjmu potravy je zablokována produkce glukózy játry. Vlivem inzulínu je stimulován inzulín-dependentní odsun a vlivem hyperglykémie non-inzulín-dependentní odsun glukózy. Po per-orálním příjmu glukózy je asi 30-40% vychytáno játry a 50-60% svalovou tkání. Po intra-venózním podání odpovídá za 90 % odsunu glukózy svalová tkáň.

V anabolické fázi je cílem vytvořit zásoby energie ve formě glykogenu a triacylglycerolů tukové tkáně a syntetizovat stavební proteiny. Z přijaté glukózy vzniká ve svalech a játrech zásobní glykogen, který pak slouží jako zdroj pyruvátu a acetyl-CoA pro syntézu mastných kyselin v játrech. V tukové tkáni jsou mastné kyseliny, získané hydrolýzou sérových triacylglycerolů, reesterifikovány na zásobní triacylglyceroly(viz.obrázek č. 2).

(Bartoš, Pelikánová, 1996)



Nejdůležitějšími faktory, které zodpovídají za normální odsun glukózy, jsou:

- 1) normální sekrece inzulínu
- 2) normální účinek inzulínu v cílových tkáních, v játrech potlačení produkce glukózy, ve svaích stimulace odsunu glukózy
- 3) normální non-inzulín-dependetní transport glukózy

15

2.2.3. Druhy regulace glykémie

Podle Bartoše a Pelikánové (1996, 16) mezi základní způsoby regulace glykémie patří tyto:

- Hormonální regulace – má pravděpodobně největší význam. Jediným kompletně anabolickým a nezaměnitelným hormonem je inzulin. Jeho účinky jsou antagonizovány kontraregulačními hormony v játrech, zejména glukagonem a adrenalinem. V tukové tkáni pak adrenalinem a ve svalovém aparátu kortizolem.
- Autoregulace – hyperglykémie stimuluje non–inzulin-dependentní odsun glukózy do tkání a blokuje jaterní produkci glukózy, zatímco hypoglykémie má opačné účinky.
- Nervové vlivy – mechanismus, jímž se centrální nervová soustava uplatňuje v regulaci glykémie, je pravděpodobně zprostředkován vegetativním nervstvem a ovlivněním hormonální odpovědi organismu. Aktivace parasympatiku má hypoglykemizující účinek, zatímco naproti tomu účinky sympatiku jsou hyperglykemizující.

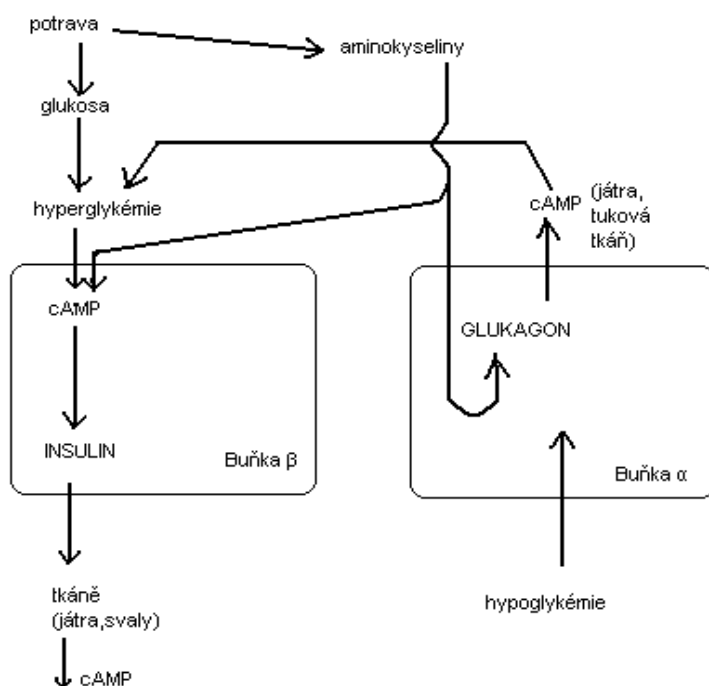
Hormonální regulace

Tento nejdůležitější regulační mechanismus v metabolismu glukózy je, jak bylo výše uvedeno, zprostředkován dvěma základními hormony. Oba tyto hormony jsou produkovány pankreatem. Pankreas patří ke žlázám trávicího ústrojí. Je žlázou se smíšenou sekrecí(exo i endokrinní sekrecí). Insulin a glukagon jsou produkty jeho vnitřně sekreční části Langerhansových ostrůvků. Oba hormony jsou v některých směrech podobné ostatním hormonům v trávicím traktu. Jsou polypeptidové povahy a hlavním místem jejich působení jsou játra (Trávníček, 1978).

Insulin-je polypeptid a obsahuje 51 aminokyselin. Skládá se ze dvou lineárních řetězců. Delší řetězec má 30 aminokyselin a kratší 21. V průběhu biosynthesy jsou oba řetězce spojeny dalším lineárním řetězcem. Biologický poločas insulínu je asi 10-25 minut a insulin je z krve rychle vychytáván játry, svaly a ledvinami. V místech působení insulínu dochází současně k jeho degradaci. Hlavním místem metabolické degradace jsou játra, dochází k odštěpování dvou lineárních řetězců. Hlavním účinkem insulínu je regulace utilizace glukózy v tkáních,

druhotně pak regulace glykémie. Insulin podporuje utilizaci glukózy ve většině tkání(hlavně však v játrech, svalech a ve tkáni tukové) tím, že se váže na specifické receptory ve stěně buněk a vyvolává komplexní metabolickou reakci (Trávníček, 1978).

Glukagon-je polypeptid obsahující 29 aminokyselin. Je produkován α -bunškami Langerhansových ostrůvků. Metabolická degradace glukagonu probíhá rovněž v játrech. Glukagon má účinek glykogenolytický. Zvyšuje glukoneogenezi v játrech a zvyšuje metabolismus. Účinek obou pankreatických hormonů probíhá ve vzájemné souvislosti a návaznosti(viz.obrázek č. 3)(Trávníček, 1978).



Obrázek 3. Vzájemná regulace Insulin – Glukagon (Trávníček, 1978)

Regulace-sekrece insulinu a glukagonu je vzájemně propojena tak, že výsledným účinkem je zachování normální glykémie. Buňky Langerhansových ostrůvků jsou současně chemoreceptory i efekторы. Hypoglykémie vede k vyplavení glukagonu z α buněk a hyperglykémie k vyplavení insulinu z buněk β . Endokrinní pankreas má rozhodující a korigující funkci. Vyrovnává výchylky způsobené jinými vlivy a zajišťuje základní regulaci glykémie. Sekrece insulinu z β buněk je ovlivněna i vlivy nervovými a patrně na ně působí i hormony gastrointestinálního ústrojí, zejména sekretin. Stimulačně sekreci insulinu dále ovlivňuje řada metabolických faktorů: hladina aminokyselin, mastných kyselin a ketokyselin. Hlavním podnětem pro sekreci glukagonu je hypoglykémie; hyperglykémie naopak sekreci glukagonu tlumí. Při hladovění se sekrece glukagonu zvyšuje a glukagon tak brání vzniku

výraznější hypoglykémie. V interakci s glukokortikoidy glukagon za hladovění zvyšuje jaterní glukoneogenesi. Sekrece glukagonu se také zvyšuje při zvýšené hladině aminokyselin, což brání hypoglykemisujícímu působení bílkovinné potravy. Bez současné zvýšené sekrece glukagonu by zvýšená hladina aminokyselin vedla k hypoglykémii (Trávníček, 1978).

2.3. Změny tělesné energetiky v důsledku pohybové činnosti

2.3.1. Změny energetiky na začátku zatížení

Začátek práce je vymezen počáteční svalovou aktivitou a končí přechodem do takzvaného setrvalého stavu. Při maximální zátěži se však setrvalý stav v obvyklém slova smyslu neobjevuje. Začátek svalové práce je doprovázen řadou změn kvantitativních, ale i kvalitativních (Máček, Vávra, 1980).

Při jakékoli tělesné zátěži dochází ke změně nároků organismu na vytváření a dodávání energie nezbytné pro svalový aparát, coby efektor pohybu. Změny v energetickém výdaji oproti klidovému stavu se řídí podle způsobu tělesné zátěže. V prvních deseti sekundách se spalují zásoby svalového ATP(adenosintrifosfát) a CP(kreatinfosfát), současně začíná **glykolytická fosforylace**, vydávající energii v prvních minutách zátěže. Nakonec se uplatňuje **oxidativní fosforylace**, která by mohla být zdrojem energetického výdeje při střední zátěži v průběhu rovnovážného stavu, teoreticky do vyčerpání energetických zásob (Máček, Vávra, 1980).

Podle Kučery a Dylevského (1999) je na začátku práce zdrojem energie taktéž ATP, jehož chemická energie se přeměňuje v energii mechanickou. ATP se při tom hydrolyzuje na energeticky chudší ADP(adenosindifosfát). Zásoba ATP v buňkách je omezená. K jeho obnově je však k dispozici určitá zásoba CP a také ADP může dalším uvolněním vysoce energetické fosfátové vazby dodat energii pro resyntézu ATP za vzniku AMP(adenosinmonofosfát). Zásoby energeticky bohatých fosfátů v buňce jsou omezeny a musí být po vyčerpání ihned doplňovány. K jejich resyntéze – fosforylaci – slouží energie uvolňovaná při odbourávání dalších makroergních substrátů, především sacharidů a tuků. Hlavním zdrojem energie pro fosforylaci je oxidace vodíku kyslíkem. Toto se děje v mitochondriálním respiračním řetězu – **oxidační fosforylace**. Štěpením makroergních substrátů a to sacharidů uvolňuje již při glykolýze část energie použitelné k fosforylaci tzv. **fosforylace glykolytická**. Její zisk je oproti oxidativní fosforylaci velmi malý, umožňuje však

těž resynthesu ATP i při nedostatku kyslíku. Glykolytické odbourávání tedy jednak uvolňuje rychlou energii a také poskytuje látky pro další oxidační odbourávání uhlíkového řetězu v Krebsově cyklu, jako zdroje energie pro oxidační fosforylaci. Při odbourávání tuků mají hlavní energetický význam mastné kyseliny, jejich oxidace spirálou z nich uvolňuje látky k dalšímu odbourávání v Krebsově cyklu.

V začátku zátěže je energie získávána anaerobním způsobem: čerpáním zásob fosfagenu(ATP, CP) a anaerobní glykogenolysou. Při práci střední až submaximální intensity po 2-3 minutách po začátku práce je již veškerá energie u zdravého organismu získávána aerobním způsobem. Jak již bylo uvedeno, základními zdroji energie pro tělesný pohyb jsou sacharidy a tuky (Kučera, Dylevský, 1999).

2.3.2. Změny energetiky po dosažení setrvalého stavu

Setrvalý neboli rovnovážný stav je stav, při kterém je v rovnováze přijaté a vydané množství energie. V důsledku toho jsou i ostatní funkce v jisté rovnováze. Navzdory tomu můžeme v tomto stavu pozorovat nepatrný vzrůst spotřeby kyslíku či srdeční frekvence při déle trvající práci. Současně se mění i energetické zdroje.

V setrvalém stavu se z energetického hlediska jedná o aerobní způsob získávání energie. Přejít na aerobní způsob získávání energie je postupný a subjektivně nepostřehnutelný. Pro jeho nástup je rozhodující rychlost transportního systému a oxidační enzymová kapacita. Tato kapacita závisí na množství a velikosti mitochondrií ve svalových vláknech (Kučera, Dylevský, 1999).

Energetické zdroje v setrvalém stavu závisí na intenzitě a trvání zátěže. Zdrojem jsou jak sacharidy, tak tuky. Čím je výkon vyšší, tím více jsou využívány sacharidy a naopak. Čím je výkon méně namáhavý, jsou používány jako zdroj tuky. Podíl sacharidů a tuků při tvorbě energie pro tělesnou práci se odráží i v hodnotě respiračního kvocientu. Podle něho můžeme usuzovat na účast jednotlivých energetických substrátů. Obecně platí, že čím více stoupá zátěž, zvětšuje se i respirační kvocient a s ním i podíl sacharidů coby energetického substrátu (Máček, Vávra, 1980).

2.3.3. Změny energetiky v průběhu dlouhodobé zátěže

Pojmem dlouhodobá zátěž rozumíme zatížení vytrvalostního charakteru obvykle zahrnující delší časový úsek. Povětšinou platí, že čím delší je časový úsek, tím bývá nižší intenzita zátěže a tím i menší energetický výdej za časovou jednotku. Tato práce probíhá v setrvalém stavu, ale přesto se řada fyziologických funkcí mění (nárůst tepové frekvence, zvyšuje se teplota, ztráta tekutin odpařováním, změny osmotického tlaku atd.) (Máček, Vávra, 1980).

Pokud bychom chtěli posuzovat míru intenzity výkonu u dlouhodobého zatížení, používáme pro její určení nejčastěji ukazatel $\dot{V}O_2 \text{ max}$ nebo hodnoty tepové frekvence. Při 90% maximálního výkonu lze cvičit 15-20 minut. Nižší intenzitou mezi 70-80% procenty maximálního výkonu (tj. asi do 170 tepů za minutu) asi hodinu. A intenzitou do 60% max. výkonu (tj. do 160 tepů za minutu), lze pracovat i několik hodin (Máček, Vávra, 1980).

Při dlouhodobé práci se může na druh použitého energetického zdroje usuzovat i podle respiračního kvocientu (RQ). Při čistém aerobním metabolismu sacharidů je roven 1, u tuků pak 0,7. Jakmile tedy RQ při práci klesá, znamená to, že se zvětšuje podíl metabolizovaných tuků. U dlouhodobé zátěže se zpravidla pohybuje mezi 0,8-0,9 a u trénovaných osob je o něco nižší. Metabolisace volných mastných kyselin narůstá výrazně již během první hodiny zátěže. Mezi 1.-4. hodinou je již asi 50% výdeje energie hrazen z tukových zásob. Podíl tuků nadále stoupá, takže v 8.-9. hodině je až 90%. Současně však dochází ke spalování glukózy. Zdrojem této glukózy je proces glukoneogeneze v játrech. Toto množství představuje asi dvojnásobnou spotřebu glykogenu vzhledem ke klidovému stavu a zásobuje tkáň, pro které je glukóza nepostradatelná (Kučera, Dylevský, 1999).

2.4. Energetické zajištění činnosti svalů

Tvorba energie je nezbytným předpokladem pro vytváření svalového stahu a z něj vyplývajícího pohybu. Pohyb vytvářejí kosterní svaly, které spotřebovávají energii z živin, vytvářejí svalový stah a následně pohyb. Potřebnou energii pro svalový stah poskytuje štěpení ATP neboli štěpení kyseliny adenosintrifosforečné. Pro svalovou práci musí být ve svalových buňkách dostatečné množství ATP. Rezerva ATP je uložena ve svalových vláknech a kryje okamžitou potřebu energie. Tato rezerva však vystačí maximálně na 3s práce. Proto tato vyčerpaná zásoba ATP musí být průběžně doplňována. K resyntéze ATP organismus využívá převážně sacharidy a tuky. Sacharidy se v těle skladují ve formě glykogenu, buď přímo ve svaích, nebo v játrech, odkud jsou v podobě glukózy transportovány do svalů. Bílkoviny se k resyntéze využívají jen v mezních případech.

Využití energetických zdrojů v těle je možné pomocí aerobních a anaerobních biochemických reakcí. Aerobní reakce probíhají za účasti O_2 obsaženého v krvi. Čím větší má být pracovní intenzita, tím větší jsou nároky svalů na spotřebu kyslíku. Dochází ke zvýšení dechové frekvence a srdečního rytmu podle rychlosti pohybu a intenzity nasazení. Dochází ke zvýšenému transportu kyslíku do svalů. Příjem kyslíku je však omezen maximální spotřebou kyslíku daného sportovce. Pokud je překročena maximální spotřeba kyslíku, začínají se aktivizovat anaerobní procesy a to tím více, čím je větší intenzita pohybu.

Při rychlostním a rychlostně silovém pohybu je energetický požadavek zabezpečován na podkladě ATP-CP procesů nebo anaerobní glykolýzy. Svalstvo i ostatní orgány tedy uvolňují energii třemi rozdílnými způsoby, které označujeme jako ATP-CP systém, LA systém, O_2 systém. Energetický zdroj ATP je doplňován pomocí energetických systémů. Jejich adaptací na zatížení můžeme zvyšovat jejich funkceschopnost a zvýšit tak energetický potenciál hráče. Adaptací ATP-CP systému můžeme také zvyšovat aktuální rezervu ATP ve svalových buňkách. Svalová buňka tak bude vázat větší množství energie, kterou bude moci aktuálně využít. U LA a O_2 systému je důležitá nejen jejich energetická kapacita, ale také rychlost, s jakou je daný systém schopen fungovat (Heller, 1996).

2.4.1. Zóny energetického krytí

Podle Hellera, (1996) využívá tělo pro resyntézu ATP tři možnosti. První je kreatinfosfát CP. Jde o makroergní fosfát, který doplňuje jednu fosforovou vazbu do ADP(adenosindifosfátu) či AMP(adenosinmonofosfátu). Druhou možností je glukóza získaná rozštěpením glykogenu. Tento proces získávání energie se nazývá glykolýza. Třetí možností je resyntéza ATP z tuků v procesu zvaném lipolýza. Resyntéza ATP probíhá za přítomnosti kyslíku - aerobně, nebo za nepřítomnosti kyslíku - anaerobně. Aerobně znamená, že tělo je schopno dodávat tolik kyslíku, kolik je ho ve svazech a ostatních pracujících tkáních zapotřebí. Anaerobně znamená, že svaly nemají dostatečné množství kyslíku, který potřebují k resyntéze ATP. Organismus pracuje v tzv. kyslíkovém deficitu. Na tomto základě můžeme stanovit čtyři základní zóny energetického krytí:

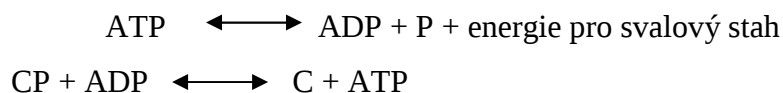
1. **ATP-CP** anaerobně alaktátová zóna,
2. **LA** anaerobně laktátová zóna,
3. **LA-O₂** aerobně laktátová zóna, smíšená zóna,
4. **Oxidativní O₂** aerobně alaktátová, oxidativní zóna.

V některých literaturách se udávají pouze tři zóny energetického krytí. Vynechává se zóna LA-O₂, kterou představuje zatížení na úrovni anaerobního prahu, ANP (Melichna, 1995). Zatížení na úrovni anaerobního prahu je takové, při kterém ještě aerobní procesy stačí vyrovnávat nároky na krytí energie. Je to přechod mezi aerobním a anaerobním krytím, ve kterém prudce narůstá podíl neoxidativní úhrady energetických potřeb. Hodnota anaerobního prahu vyjadřuje okamžik nelineárního nárůstu kumulování kyseliny mléčné v krvi v závislosti na intenzitě zatížení. Hodnota kyseliny mléčné v krvi odpovídající ANP je kolem 4 mmol. U vytrvalců či starších osob je ANP v oblasti koncentrace 2-3 mmol. ANP lze určit invazivním způsobem sledováním změny koncentrace laktátu či neinvazivním způsobem, tj. změnami ventilačně respiračních parametrů při zatížení. Někteří autoři udávají, že se jednotlivé hodnoty obou prahů neliší, jiní udávají rozdíly. Čím vyšší je vytrvalost na úrovni ANP, tím vyšší je identita hodnot získaných invazivním a neinvazivním způsobem. Další alternativou může být stanovení ANP ze vztahu mezi průběhem změn spotřeby kyslíku při stupňované zátěži (Heller, 1996).

ATP-CP zóna

Při práci v této zóně energetického krytí se energie pro resyntézu ATP získává rozštěpením makroergické vazby kreatinfosfátu-CP. Melichna (1995) říká, že jde o činnost maximální intenzity s trváním do 10-20s. Zpětné doplnění zásoby ATP-CP se předpokládá za 2-3min. Celkové množství energie v této zásobě je malé, pouze mezi 21-33 kJ. Při těchto krátkodobých činnostech, bez dostatečného přísunu kyslíku a zároveň bez zvýšení hladiny kyseliny mléčné v krvi hovoříme o tzv. alaktátovém neoxidativním anaerobním způsobu hrazení energie.

Biochemické reakce zde probíhající vypadají následovně:



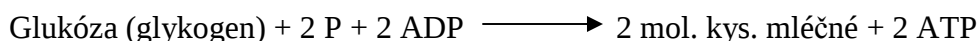
Podkladem pohybové činnosti v alaktátové zóně jsou vrozené předpoklady, tedy poměr zastoupení a aktivita rychlých glykolitických vláken kosterního svalu, zabezpečujících vysokou intenzitu stahu, ale rovněž rychlou únavu. Dalším předpokladem vysoké výkonnosti je rovněž zvýšení příčného průřezu svalu, svalová hypertrofie, pomocí tréninku. Aktuální alaktátovou neoxidativní kapacitu nepochybně spoluvytváří také soubor koenzymů, zejména anaerobních dehydrogenáz, které mohou zabezpečit přenos elektronů, a tím realizaci části respiračního řetězce s využitím jejich pohotové kapacity, bez nutnosti okamžitého přísunu kyslíku. Jsou to především oxidované formy koenzymů NAD^+ , NADP^+ , FAD, FMN(nikotinamiddinukleotid, nikotinamiddinukleotidfosfát, flavinmononukleotid) koenzym Q, cytochromy apod.

Přímé stanovení alaktátové anaerobní kapacity organismu je náročné a předpokládá bioptické vyšetření, či využití metody nukleární magnetické rezonance se sledováním změn anorganického fosfátu. Nepřímé stanovení využívá hodnocení výkonu či rychlé strmé složky návratu spotřeby kyslíku ke klidovým hodnotám v zotavné fázi(splácení kyslíkového dluhu do 3-5 min. zotavení).

Rozvoj a udržování rychlostních a silových schopností patří mezi základní úkoly tréninku. Dominantní úlohu přitom hraje právě ATP-CP zóna. Vysoká úroveň rozvoje ATP-CP zóny znamená dosažení vysoké zásoby ATP a CP a rychlejší schopnost jejich resyntézy (Bukač & Dovalil, 1990).

LA zóna

Nastupuje při pohybových činnostech submaximální intenzity s trváním 45-90s případně delších činnostech s nedostatečnou dodávkou kyslíku. Převažuje laktátový neoxidativní systém hrazení energie, charakteristický vzestupem koncentrace kyseliny mléčné a jejích solí v krvi. Je to důsledek anaerobní glykolýzy, neoxidativního odbourávání svalového glykogenu respektive glukózy. Celková kapacita tohoto systému je přibližně 120-420kj, energetický zisk je tudíž opět relativně malý. Schematicky vyjádřená reakce vypadá následovně:



Z hlediska intenzity pohybové činnosti je nevýhodné, že rychlost uplatnění ATP, získaného odbouráváním svalového glykogenu v přímém energetickém zabezpečení svalového stahu, je v laktátové zóně energetického krytí dvakrát pomalejší, než v zóně alaktátové. Důsledkem toho je snížení intenzity pohybové činnosti v souvislosti s vyplavením laktátu. Celková kapacita využití laktátové zóny metabolického krytí je omezena subjektivní schopností tolerovat nepříjemné důsledky zátěžové metabolické acidózy. Podkladem pohybové činnosti jsou zde rychlá glykolytická svalová vlákna, zabezpečující intenzivní svalový stah s rychle nastupující únavou. Za typický ukazatel laktátové anaerobní kapacity organismu se považuje hladina laktátu v krvi. Nepřímým ukazatelem je opět výkon či pomalá následná složka kyslíkového dluhu mezi 5-60ti min. zotavení. Alternativní možností je stanovení kyslíkového deficitu (Melichna, 1995).

Laktát vyvíjí větší nároky na koordinaci pohybu. Způsobuje nepříjemné pocity, spojené s vyššími nároky na soustředěnost a je spojen s pohybovou nestabilitou. Navíc laktát vyžaduje značnou dobu na odbourání, musí být ze svalu nejdříve transportován do jater a tam dále přeměněn. Laktát se proto v těle akumuluje a vede k okyselení vnitřního prostředí. Prodlužuje dobu zotavení, čímž zvyšuje únavu. V tréninku se snažíme o oddálení nástupu tvorby laktátu větším rozvojem ATP-CP zóny. Při utkání se laktátová zóna na energetickém krytí vždy podílí, je tedy nezbytné ji rozvíjet, a to především pro urychlení zotavné fáze.

Laktátový trénink je velmi náročný. Trénink zaměřený na rozvoj anaerobní laktátové zóny energetického krytí má svůj nenahraditelný význam, ale nesmí být zaměňován za trénink jiného typu (Bukač & Dovalil, 1990).

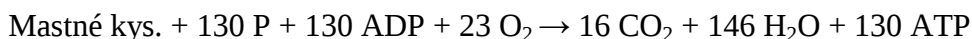
LA- O² zóna

Při práci v délce 3-10 min. přechází anaerobní glykolýza v aerobní glykolýzu. Tento přechod se nazývá anaerobní práh(ANP). Anaerobní práh znamená takovou nejvyšší intenzitu konstantního zatížení, při níž k úhradě energetického požadavku nestačí pouze aerobní procesy, ale výrazněji se uplatňují anaerobní procesy, avšak celý systém laktátové výměny zůstává ještě v dynamické rovnováze tvorby a utilizace laktátu. Je to intenzita, která klade nároky na spotřebu kyslíku, acidóza přitom zůstává v mezích přijatelné tolerance. Cvičení tak lze provádět déle než při čistě LA zátěži (Dovalil, 2002). Množství energie získané těmito procesy je již velké, proto je možné v tomto energetickém režimu pracovat po relativně dlouhou dobu a v poměrně vysokém tempu, aniž by došlo k negativnímu okyselení a tím i k narušení potřebných pohybových struktur (Heller, 1996).

Získání konkrétních hodnot ANP předpokládá laboratorní vyšetření. V praxi se vymezuje ANP pomocí laktátu v pásmu mezi 4-6ti mmol, tepová frekvence 160-180 tepů/min. Choutka a Dovalil (1991) vypočítávají přibližnou tepovou frekvenci na úrovni anaerobního prahu podle vzorce $(220 - \text{věk}) \times 0,85$. Výhodou tréninku na úrovni ANP je zapojení jak aerobních, tak anaerobních procesů. Tímto tréninkem se výrazně zlepšuje schopnost odbourávat laktát, což vede k urychlení zotavné fáze. Navíc je dobře stimulována anaerobní vytrvalost.

Oxidativní (O₂) zóna

Teprve při pohybových činnostech střední a mírné intenzity s trváním činnosti nad 90s, hovoříme o oxidativním(aerobním) způsobu hrazení energie. Je zde dostatečný transport kyslíku pro potřeby kosterního svalstva. Při výlučném oxidativním energetickém krytí potřeby energie nedochází ke zvýšení hladiny kyseliny mléčné v krvi. Kapacita oxidativního systému je teoreticky neomezená, avšak limitem jeho využívání je typ pohybové činnosti i rychlost schopnosti aerobního systému dodávat makroergní fosfáty činným svalům. Energie je štěpena oxidativně z glukózy(glykogenu), nebo z mastných kyselin(např. palmitová, stearová). Jde o aerobní glykolýzu a lipolýzu.



Jak vyplývá z výše uvedeného vyčíslení v rovnicích, je oxidativní způsob přibližně 13-19krát účinnější, avšak pomalejší. Oxidativní způsob energetického krytí má rozhodující význam pro rychlé doplňování zásob ATP a CP na maximální výchozí úroveň, nezbytnou pro

intervalovou činnost objektivně maximální intenzity. Podkladem pohybové činnosti je aktivita především pomalých vláken kosterního svalu, kterých mají vytrvalci procentuální převahu. Vyčerpání svalového glykogenu (především z pomalých vláken) předpokládá až 48h trvající dobu regenerace. Ukazatelem aerobních schopností organismu je především maximální spotřeba kyslíku, stanovitelná nejlépe při stupňovaném zatížení do *vita maxima*. Také hodnota W_{170} , hodnota tepového kyslíku, zejména při maximálním zatížení, hodnota anaerobního prahu, procento využití kyslíku z ventilovaného vzduchu, výdeje oxidu uhličitého, hodnota respiračního kvocientu apod. Problematika hodnocení aerobních schopností organismu vyžaduje komplexní přístup, ve kterém je nutno brát v úvahu vždy větší počet ukazatelů v jejich vzájemných vztazích a v jejich dynamickém průběhu včetně fáze zotavení (Havlíčková a kol., 1993).

Jak již bylo řečeno, aerobní zóna energetického krytí nastupuje po 90s zátěže mírné až střední intenzity, hlavní funkci zásobitele energie však plní až pro výkony trvající nad 10min. Hlavními energetickými zdroji jsou glukóza a tuky. Štěpení glukózy nastává od počátku výkonu, tuky se začínají štěpit kolem 12. minuty práce. Doba, po kterou stačíme pracovat se zásobami glukózy v podobě glykogenu, je kolem 1h. Tuky vystačí (podle jejich množství v těle) na dlouhou dobu, přibližně několik hodin.

Vysoká úroveň rozvoje oxidativní zóny je jedním ze základních faktorů sportovního výkonu. Využití vysoké úrovně rozvoje aerobních procesů je spojováno jak s rozvojem vytrvalostních schopností, tak s vysokou úrovní zotavných procesů. Umožňuje efektivně využívat kyslík ve svalech, což napomáhá udržení relativně vysoké intenzity pohybu, bez toho aby došlo ke koncentraci laktátu. Uplatňují se hlavně pomalá svalová vlákna typu SO. Při tréninku v oxidativní zóně musíme rozlišit rozvojový trénink vytrvalostních schopností od tréninku zotavovacího, který je rovněž aerobního charakteru.

Navíc samotné zvýšení cirkulace krve napomáhá odplavení ostatních metabolitů a zlepšuje přísun živin, aniž by na sval vyvíjelo enormní zátěž, při níž je potřeba značné doby k zotavení (Melichna, 1995).

Zóny energetického krytí v praxi

Žádný z uvedených energetických systémů však nepracuje při pohybové činnosti izolovaně. Svaly využívají při každé práci všechny tři typy uvolňování energie, záleží na intenzitě činnosti a jejím trvání. Podle délky trvání a intenzity činnosti se aktivizuje více či méně daný systém. Způsob a pořadí zapojení jednotlivých systémů v poskytování energie za jednotku času znázorňuje tabulka 1 (Podíl zapojení energetických systémů za jednotku času).

Tabulka 1. Podíl zapojení energetických systémů za jednotku času (E/t) v %

Doba práce	ATP-CP	LA	O ₂
5 s	85	10	5
10 s	50	35	15
30 s	15	65	20
1 min	8	62	30
2 min	4	46	50
4 min	2	28	70
10 min	1	9	90
30 min	1	5	94
1 h	1	2	97
2 h	1	1	98

(Dovalil, 1990)

Z tabulky je patrná závislost zapojení dané zóny energetického krytí na době provádění, relativně co nejvyšší intenzitou. Čím je prováděná činnost intenzivnější, tím je kratší doba, po kterou můžeme touto intenzitou pracovat. V praxi se často setkáváme s případy opakovaného provádění s neúplným až nedostatečným zotavením. Takové zatížení se stává náročnějším. Zvyšuje se podíl anaerobního energetického krytí a ještě více se oddálí doba zotavení.

2.5. Charakteristika silového tréninku

Tělesná výchova má ve vzdělávání své nezastupitelné místo, ale zároveň má též svá specifika. Na rozdíl od ostatních předmětů neklade hlavní důraz na získávání a uchovávání vědomostí, naopak velkou část učiva tvoří osvojované pohybové dovednosti a rozvoj schopností. Další nedílnou součástí tělesné výchovy je potom i zdravotní působení pohybu samotného. Myslím tím nejen učení aktivnímu a zdravému způsobu života, ale samozřejmě i působení na fyzickou kondici jednotlivců. Kondiční příprava se primárně zaměřuje na ovlivnění pohybových schopností. Základní pohybové schopnosti můžeme rozdělit na schopnosti silové, rychlostní, vytrvalostní a skupinu schopností koordinačních. Toto dělení je zjednodušené. Ve skutečnosti každá z těchto čtyř základních skupin zahrnuje širokou škálu pohybových projevů člověka.

Kondiční přípravu rozdělujeme na obecnou a speciální. V obecné přípravě neklademe důraz na žádnou z výše uvedených schopností, ale věnujeme se jejich rozvoji jako celku.

Využíváme různorodých cvičení a aktivit. Cílem je dosáhnout všestranného pohybového rozvoje. Ta by měla být stěžejní ve školní tělesné výchově. Zatímco speciální kondiční příprava se zaměřuje na uplatnění pohybových schopností ve sportovních dovednostech (Dovalil, 2002).

Stimulace rychlostních schopností – ovlivňování rychlostních schopností patří k nejobtížnějším tréninkovým úkolům. Více než u jiných pohybových schopností vyžaduje znalost podmínek, metod, cvičení atd. Velice důležitý je věk, kdy s rozvojem začít. A navíc rychlost je ze všech schopností nejvíce ovlivněna i genetickými dispozicemi jedince.

Stimulace vytrvalostních schopností – působení na vytrvalostní schopnosti nepatří k obtížnějším tréninkovým úkolům. Adaptabilita systémů, které tyto schopnosti podmiňují, je větší než u ostatních pohybových schopností. První změny lze očekávat již za několik týdnů.

Stimulace koordinačních schopností – koordinační schopnosti byly dříve nazývány schopnostmi obratnostními. Ve skutečnosti se jedná o široký komplex schopností. Stimulace koordinačních schopností souvisí s technickou přípravou, avšak není s ní totožná. Principiálně jde o seznamování se s mnoha pohybovými činnostmi, při čemž nejde o dokonalé zvládnutí (Dovalil, 2002).

2.5.1. Charakteristika silových schopností

„Síla jako pohybová schopnost překonat, udržet nebo brzdít určitý odpor „(Dovalil, 2002, 26). Pro trénink silových schopností je potřeba znalostí svalové činnosti a jejího nervového řízení.

Mezi nejdůležitější vlastnosti svalu patří jeho kontraktilita a dráždivost. Svalová kontrakce je vlastní odpovědí na nervový vzruch přicházející z nervových center. Jeden nerv inervuje několik svalových vláken, které tak vytvářejí základní motorickou jednotku. Tyto motorické jednotky jsou u různých svalů různě velké a neaktivují se nikdy všechny najednou. Samotná svalová kontraktilita je dána stavbou svalového vlákna, v němž se pravidelně střídají molekuly stavebních bílkovin aktinu a myozinu. Pro správnou funkčnost svalstva jsou nezbytné vápník a energie uvolňovaná štěpením ATP. Obě tyto látky jsou nezbytné pro dostatečně silnou a rychlou odpověď svalu na nervové vzruchy. Rychlost odpovědi svalstva od vzniku budivého momentu v nervových centrech po stažení svalu se pohybuje v řádu tisícín až setin sekundy (Rokyta, 2000).

2.5.2. Diferenciace silových schopností

Přes nespornou bohatost poznatků neexistuje zcela shoda v pojetí ani výkladu(i tréninku) silových schopností. Vyplývá to z faktu, že ve sportu je třeba kromě klasických představ o síle jako mohutnosti svalového stahu(s ohledem na velikost odporu) brát v úvahu často také rychlost svalového stahu při působení na odpor. A také trvání pohybu či počet opakování v čase. Podle toho se rozlišuje několik silových schopností:

- o Síla absolutní(maximální), jako schopnost spojená s nejvyšším možným odporem, může být realizována při svalové činnosti dynamické (koncentrické nebo excentrické) nebo statické.
- o Síla rychlá a výbušná(explozivní), jako schopnost spojená s překonáváním nemaximálního odporu vysokou až maximální rychlostí, může být realizována při dynamické(koncentrické) svalové činnosti.
- o Síla vytrvalostní, jako schopnost překonávat nemaximální odpor opakováním pohybu v daných podmínkách nebo dlouhodobě odpor udržovat, může být realizována při dynamické nebo statické svalové činnosti.

(Dovalil, 2002)

Toto rozdělení není samoúčelné a naopak. Jeho nerespektování v tréninku může vést k neefektivitě a malým účinkům posilování, navzdory dlouhodobému a intenzivnímu trénování. Např. svaly trénované pouze k projevům absolutní síly jsou méně výkonné v oblasti výbušné síly, svaly trénované převážně k výbušné síle jsou méně výkonné při požadavcích na vytrvalostní sílu.

2.5.3. Účinek silového tréninku

Působení na posilovaný sval je popisováno v několika rovinách. Za prvé u trénovaného svalu dochází ke změnám energetických zásob ve svalu. Za druhé dochází i ke změnám enzymatické aktivity v souvislosti s čerpáním těchto energetických zásob. Třetím efektem je hypertrofie svalového vlákna. To znamená, že dochází ke zvětšení plochy svalu na jeho příčném řezu. Dalším výrazným efektem je i vliv na nervosvalový systém. Tréninkem se mění nitrosvalová koordinace, počet aktivovaných motorických jednotek a různých typů svalových

vláken. Zlepšuje se mezisvalová koordinace vedoucí k energetické ekonomičnosti pohybu. Současně se diskutuje i o možném dalším způsobu působení. Tím by měla být hyperplazie svalových vláken. Jedná se o zmnožení počtu svalových vláken, ale tento účinek tréninku je stále diskutován (Dovalil, 2002).

2.5.4. Základní pojmy silového tréninku

Svalová tenze – podmínkou ovlivnění silových schopností je vyvolání vysoké tenze(napětí) ve svalu. Právě opakované vystavování svalu podnětům zvyšujícím napětí, vede k potřebným přizpůsobovacím reakcím popsaným výše. Základním problémem posilování je tudíž navození vysokého svalového napětí. Toho se dosahuje nejčastěji pomocí vnějšího odporu(břemene), jeho hmotností, rychlostí přemísťování a dobou působení.

Kontrakce – jak již bylo popsáno, svalová kontrakce je základní vlastností svalového vlákna. Kontrakce lze také rozdělit podle uskutečněného pohybu, jeho rychlosti a dle změn napětí ve svalu (Dovalil, 2000, 111):

- o dynamická - délka svalu se nemění, je zřejmý mechanický pohyb. Tu můžeme dále rozdělit na **koncentrickou**, kdy sval vykonává pozitivní práci, síla působí ve stejném směru jako pohybující se segment těla a dochází k typickému zvětšení svalového bříška. Při **excentrické** se sval prodlužuje, protahuje, svalové úpony se oddalují a výsledkem je pohyb brzdící.
- o statická – délka svalu se nemění, vzdálenost úponů svalů zůstává stejná, nedochází k přibližování segmentů těla, ve stejném smyslu se používá pojem izometrická

Odpor – v posilování představují různá břemena(činky různých velikostí, plné míče, závaží, tréninkový partner a jejich různé hmotnosti). Pracujeme též s vahou vlastního těla. Využíváme odporu vnějšího prostředí(ztížené podmínky v písku, ve sněhu, proti větru), odporů pružných předmětů a jiných odporů v podobě různých posilovacích strojů a trenažérů.

S tím souvisí i stanovení a znalost velikosti odporu. Toho lze nejnázne dosáhnout u hmotnosti břemen. Vztahovým bodem je tzv. maximální zátěž. Tj. maximální možná hmotnost břemene, se kterou je ještě možné provést opakování. Maximální zátěž vyjadřujeme jako 100%. Z ní poté vypočítáváme orientační hodnoty zátěže 90%, 80%, 70%, atd. Jinou používanou variantou je tzv. opakovací maximum(OM). Opakovací maximum je založeno na vztahu velikosti odporu a počtu opakování. Např. OM 10 znamená takovou hmotnost břemene, s níž lze bez přerušení a dopomoci provést deset opakování za sebou. Ne více, ne méně. Větší opakovací maximum znamená menší hmotnost a naopak (Dovalil, 2002).

Rychlost pohybu – rychlost pohybu je informačním parametrem o koncentraci svalového úsilí. Zvláštní význam má hlavně při metodách posilování zaměřených na rozvoj výbušné síly. Její hodnocení je v praxi obtížné a často se stanovuje odhadem, subjektivním pocitem nebo kontrolou trenéra.

Interval odpočinku – odpočinek je nedílnou součástí tréninku a znamená dobu mezi jednotlivými silovými podněty. Mění se spolu se zaměřením tréninku a vychází z dynamiky kreatinfosfátu jako hlavního energetického zdroje silových cvičení. Nejčastěji uváděným intervalem je pauza dlouhá 2-3 minuty. Ovšem může se měnit na základě subjektivních pocitů, podle toho zda máme tréninkového partnera atd. (Dovalil, 2002).

2.5.5. Tréninkové metody

V této kapitole se pokusím uvést nejčastěji používané metody rozvoje silových schopností. Jejich rozdělení a samozřejmě jejich charakteristiku. Rozdělení použito dle Dovalila a doplněno o výběr metod z Encyklopedie moderní kulturistiky (Shwarzenegger, 1995).

Rozdělení tréninkových metod dle Dovalila (2002, 114):

A. Metody s maximálním odporem:

metoda těžkoatletická

metoda izometrická(statická)

metoda excentrická(brzdivá)

B. Metody s nemaximálním odporem:

1. Metody s nemaximální rychlostí pohybu

metoda opakovaných úsilí

metoda intermediální

metoda izokinetická

metoda vytrvalostní

2. Metody s maximální rychlostí pohybu

metoda rychlostní

metoda kontrastní

metoda plyometrická

C. Speciální metody

Metoda elektrostimulace

Metoda těžkoatletická – metoda krátkodobých napětí, m. maximálních odporů, Svalová činnost překonávající velké odpory: 95-100 % maxima, rychlost pohybu malá, počet opakování cvičení v sérii 1-3, celkový počet sérií se určuje individuálně podle trénovanosti jedince, odpočinek 2-3 minuty, silový podnět trvá krátce 2-7 sekund, vysoký odpor klade velké nároky na nitrosvalovou koordinaci, menší na mezisvalovou koordinaci, pro trénované jedince po předchozí přípravě, nepřipustná pro trénink dětí.

Metoda izometrická – m. statická, svalové působení proti pevnému odporu, velikost odporu se stupňuje zvyšováním volního úsilí po několik sekund a poté setrvání v kontrakci 5–12 s, počet cvičení není pevně vymezen, dobré zkušenosti jsou s výběrem 4–5 obsahově různých cvičení, doba odpočinku 2-3 minuty, chybí moment mezisvalová koordinace, dobré možnosti lokálního působení.

Metoda excentrická – m. brzdivá, násilné protažení kontrahovaných svalů, pohyb segmentů těla vyvolaný nadmaximálním odporem je bržděn, zpomalován, počet opakování 1, trvání podnětu 2-3 s, doba odpočinku kolem 3 minut, počet cvičení tohoto typu není pevně vymezen, ale není příliš velký, aplikace umožňuje dosažení nejvyšší možné tenze, ze všech metod posilování, není nárokována mezisvalová koordinace, důležitá je dopomoc a pravidla bezpečnosti, nevhodné pro trénink dětí, nutný předchozí rozvoj silových schopností.

Metoda opakovaných úsilí – m. kulturistická, m. submaximálního odporu, odpor 60–80 % maxima, rychlost provedení nemaximální, počty opakování 8–15, odpočinek 2–3 minuty, délka trvající silový podnět 10–30 s, po jeho skončení dochází v zotavné fázi k intenzivnější syntéze bílkovin, dlouhodobá aplikace vede ke značné hypertrofii svalů, nároky na nitro i mezisvalovou koordinaci, tato metoda má mnoho modifikací.

Metoda intermediární – v průběhu cvičení se střídá dynamická a statická činnost zatěžovaných svalových skupin, tj. pohyb při cvičení se v několika polohách na asi 5 s opakovaně zastavuje až do skončení celého rozsahu, velikost odporu stejná jako u předchozí metody, musí umožnit provést cvičení včetně výdrží, celkový počet cvičení není vymezen, odpočinek 2–3 minuty, metoda prodlužuje působení silového podnětu současně s omezováním setrvačnosti pohybujících se břemen, nároky na nitro i mezisvalovou koordinaci.

Metoda izokinetická – m. variabilních odporů, předpokládá odpor, který je modelován speciálním posilovacím zařízením, překonávaný odpor se v průběhu cvičení mění podle dosaženého úsilí(subjektivně maximální, objektivně proměnlivé), v důsledku toho svaly vyvíjejí v celém rozsahu, v každém úhlu a bodu pohybu maximální dynamické napětí při

mechanicky konstantní rychlosti pohybu, 6-8 opakování v sérii, celkově 5-8 sérií, odpočinek 2–3 minuty.

Metoda silově-vytrvalostní – dominujícím parametrem je vysoký počet opakování s nižším odporem, tj. do 30–40 % maxima, rychlost pohybu nehraje zásadní roli, cvičení vede nejen k silovému působení ale i k ovlivnění srdečního a dýchacího systému (aspekt vytrvalostní), uplatňují se zásady vytrvalostního zatížení, tj. zatížení intervalové nebo nepřerušované.

Metoda rychlostní – m. rychlostně silová, m. dynamických úsilí, dominantní charakteristikou je rychlost pohybu: vysoká až maximální, požadavku na rychlost odpovídá velikost odporu, která je 30–60 % maxima, představuje současně silový aspekt i podmínky pro vysokou rychlost jako stimul rychlých vláken, doba zatížení 2–15 s., rychlost během cvičení by neměla klesnout pod 50 % rychlosti téhož pohybu bez odporu, celkový objem cvičení není jednoznačně vymezen.

Metoda kontrastní – m. variabilní, m. variabilního působení, základní charakteristiky jsou stejné jako u metody rychlostní, v rámci téhož cvičení se obměňuje velikost odporu v rozmezí 30–70 % maxima, provedení vždy s úsilím o co největší rychlost, reálná rychlost se podle velikosti odporu mění, velikost odporu má být měněna v co nejkratším čase, zvyšuje to bezprostřední vjem žádoucího kontrastu odporu a rychlosti provedení.

Metoda plyometrická – m. reaktivní, m. rázová, bezprostředně předcházející excentrické protažení svalu umožňuje dosáhnout vysoké tenze a silového projevu v následující koncentrické činnosti (vysvětluje se to kumulací svalového napětí v důsledku protahovacího reflexu – násilné protažení svalu vede k reflexnímu zvýšení jeho tenze a elastických složek svalu), důraz na rychlý přechod k aktivnímu pohybu, koncentrace na jeho provedení ve vysoké rychlosti, její udržení omezuje dobu cvičení na několik sekund, počet opakování 5–10, dobře stimuluje nitro i mezisvalovou koordinaci, celkově vysoce náročná metoda, opatrnost v dávkování.

Metoda elektrostimulace - aktivita svalů se podněcuje elektrickými impulsy zprostředkovanými elektrodami na povrchu těla, vyloučení volní složky oddaluje únavu CNS, doporučuje se stejnosměrný proud, frekvence 50–200 Hz, intenzita podle individuální snesitelnosti 15–60 V, doba dráždění 10 s, pauzy 40–20 s, zvláště vhodné pro svalové skupiny, na které se obtížně aplikují jiné metody posilování.

Další tréninkové metody dle Schwarzneggera, (1995, 159)

Opakování s dopomocí – forsírovaná opakování jsou metodou, jak dosáhnout několika přídatných opakování za pomoci tréninkového partnera nebo trenéra, ten lehkou dopomocí pomůže cvičícímu ve chvíli, kdy už sám není schopen provést opakování. Tuto metodu nepoužíváme nadměrně a při každé sérii, stačí ji využít u jedné až dvou nejtěžších pracovních sérií, její efekt závisí i na tom, kdo poskytuje dopomoc.

Izolovaný trénink – je způsobem ke zvýšení intenzity tréninku, snažíme se při ní o izolování jednotlivých svalových skupin a jejich samostatné procvičení, používáme mnohdy nižších odporů.

Forsírovaná negativní opakování – vychází z negativních opakování, jedná se v podstatě o výše uvedenou metodu excentrickou, drobným rozdílem je použití nadmaximálních odporů, spolupracovník dává dopomoc i při negativní části pohybu, nejen při překonávání odporu do výchozí polohy, nutnost předchozího rozvoje silových schopností, opatrnost v dávkování.

Supersérie – supersérie zahrnují dva cviky, které se cvičí ihned za sebou bez odpočinku, cviky mohou být zaměřeny buďto na stejnou svalovou skupinu, nebo na dvě různé skupiny svalů, pokud jsou oba cviky zaměřeny na jednu svalovou partii, je nejvhodnější, když jeden ze cviků je tahový a druhý tlakový, velice obtížné, zařazovat jen pro pokročilé cvičence.

Trojsérie – trojsérie jsou v zásadě stejné jako supersérie, ale řadíme za sebe tři cviky,

Shazovací metoda – m. strippingová, metoda kdy při zdánlivém vyčerpání na konci série snížíme odpor (ubereme hmotnost závaží), používáme ji až u posledních sérií, je vhodné, aby změnu zátěže provedl někdo jiný než trénující osoba, důležité je rychlé snížení odporu.

Částečná opakování – jsou taková opakování, která provádíme, když už nejsme schopni provádět cvičení v plném rozsahu pohybu, neprocvičujeme sval v celé jeho délce, ale zvyšujeme tím intenzitu tréninku.

Metoda „jeden a půl“ – provádí se tak, že pravidelně střídáme úplné opakování s opakováním provedeným jen do poloviny dráhy pohybu a to až do konce série, je nezbytné provádět poloviční opakování velmi pomalu a striktně, ve vrcholném bodě následuje chvilková výdrž.

2.6. Další faktory ovlivňující hladinu krevní glukózy

Na hladinu krevní glukózy podle výše uvedeného a probraného mají hlavní vliv fyziologické regulační mechanismy. Nedílnou součástí regulace glykémie je i pohybová aktivita. V odborné literatuře je tento fakt uváděn jako nezpochybnitelný, a dokonce je na něm založena i léčba Diabetes mellitus. Ovšem konkrétní údaje, fakta či snad měření týkající se této tematiky už jsou poměrně vzácná. V následujících odstavcích bude popsáno několik konkrétních experimentů, které popisují nejen hladinu krevní glukózy, ale ukazují i na další faktory jí ovlivňující. Zdrojem byly především internetové stránky www.pubmed.gov. Což jsou stránky národních knihoven medicíny a národních institutů zdraví.

2.6.1. Ranní cvičení versus odpolední trénink

Pokus srovnání ranního tréninku s tréninkem odpoledne prováděl institut: Vanderbilt University school of Medicin, and Nashville Veterans Affairs Medical Center. Pokus byl prováděn na 16 testovaných osobách ve věku 27 let, 8 objektů bylo pohlaví mužského a 8 ženského. Oba testy byly uskutečněny v průběhu jednoho dne a byly odděleny tří hodinovou pauzou. Test byl prováděn na stacionárním kole a jak ranní tak odpolední část představovala 90 minut jízdy při zatížení 50% VO₂ max. Po skončení ranního tréninku bylo podáno 1,5g/kg sacharidů k doplnění energie. V obou případech byla hladina krevní glukózy udržována v rozmezí 5,2 +/- 0,1 mmol/l krve speciální „clamp technique“ svěrákovou metodou. V závěru experimentu je uvedeno: V posledních 30 minutách odpoledního tréninku stoupla potřeba vnějšího dodání glukózy oproti rannímu tréninku a to jak u žen, tak u mužů. Ranní trénink tudíž snižuje schopnost těla udržet hladinu glukózy při následné zátěži. A to i za předpokladu dostatečného vnějšího přísunu sacharidů mezi jednotlivými tréninkovými jednotkami (<http://www.ncbi.gov/entrez/query.fcgi?db=pubmed&cmd=Retrieve&dopt=A...>).

2.6.2. Porovnání tréninku střední a vysoké intensity

Srovnávání tréninku střední a vysoké intensity pozorovali na: Faculdade de Medicina, Universidade de Porto. Bohužel v tomto článku nebylo přesně vymezeno pojem střední a vysoká intenzita tréninku. Měření byla prováděna na skupině 20 mladých jedinců vždy 15 minut po skončení daného zatížení. Byla sledována hladina insulinu, růstového hormonu a somatostatinu(měřeny imunoradiologicky) a hladina krevní glukózy. Výsledky byly

následující. Po zatížení střední intenzity došlo k poklesu insulinu v plasmě, růstový hormon měl stoupající tendenci a hladina somatostatinu se nezměnila. Po intenzivním tréninku došlo ke stejnému poklesu insulinu, ale vysokému nárůstu růstového hormonu v plasmě. Somatostatin zůstal tak jako v prvním případě nezměněn. A z našeho pohledu nejzajímavější hladina krevního cukru zůstala v obou těchto měřeních taktéž zcela nezměněna (<http://www.ncbi.gov/entrez/query.fcgi?db=pubmed&cmd=Retrieve&dopt=A...>).

2.6.3. Vliv doplňků stravy „suplementů“

Studie Department of Nutritional Science and Informaiton, Verenidge Bedrijven Nutricia, Netherlands. Experiment sledoval odezvy glukózy a insulinu při použití různých, běžně dostupných doplňků stravy. Test byl prováděn na 6 atletech, kteří požíli dvě hodiny před tréninkem převážně sacharidové suplementy. A výsledky byly měřeny bezprostředně po hodinovém běhu. Byly použity tyto nápoje 1, 160g/sacharidů ve 400 ml vody; 2, 69g/400ml; 3, 69g sacharidů + 6g proteinů/400ml; 4, 69g + 5g + 4g tuků/400ml. Před tréninkem nebyly žádné rozdíly v hladině glukózy a inzulinu u těchto čtyř nápojů. Ani v inusulino/glukózovém indexu. Po zátěži významně vzrostla hladina glukózy u vzorku č. 2 oproti všem ostatním. V absolutních číslech 352 vs. 241,251, a 182. A naopak u vzorku č. 2 byl menší insulino/glukosový index oproti vzorku č. 1(6,2 vs. 15,8). Jediným závěrem však zůstává, že druh sportovní výživy může ovlivnit odezvy glukózy a insulinu po zátěži (<http://www.ncbi.gov/entrez/query.fcgi?db=pubmed&cmd=Retrieve&dopt=A...>).

Je dlouho známé, že rychlý nárůst hladiny krevního cukru je spojován s příjmem jednoduchých cukrů, jako je glukosa, fruktosa a koncentrovaný fruktózový sirup. Ačkoli tohle není příčinou vždy. Vědci objevili, že odezva v podobě zvýšení glykémie platí jak pro jednoduché tak pro složité sacharidy. To vedlo k zavedení ukazatele zvaného Glykemický index potravin GI. Požití bílého pečiva vede k vysokému a prodlouženému zvýšení hladiny krevního cukru. To bylo ustanoveno jako standard a byla přidělena hodnota glykemického indexu 100. Glykemická odezva všech ostatních potravin je srovnávána právě s odezvou bílého pečiva. Užitím 50 g obou potravin. Glykemický index je počítán takto: $GI = 100 \cdot (\text{glykemická odezva po dvou hodinách po podání 50 g testované potraviny} / \text{glykemická odezva po dvou hodinách po podání 50 g bílého pečiva})$. Byly ustanoveny tři kategorie GI:

Potraviny s vysokým $GI > 85$, např. slazené nápoje, světlé pečivo, med, brambory, zmrzlina, hrozinky

Potraviny se středním $GI 60-85$, např. sladké pečivo, rýže, pomeranče, banány, mrkev

Potraviny s nízkým GI < 60, např. těstoviny, mléko, grapefruit, fazole, jablka, arašídý. Před cvičením se doporučují potraviny s nízkým GI kvůli redukci pravděpodobnosti hyperglykémie. Ačkoli potraviny s vysokým GI by mohly být výhodou v průběhu zátěže, kdy pomáhají udržovat hladinu glukózy. A jsou též příčinou zotavení po náročném tréninku, při kterém dochází ke snížení zásob svalového a jaterního glykogenu (Wilmore, Costill, 1999).

2.6.4. Hladina glukózy v mozku v závislosti na tréninku

V části popisující hladinu glukózy v krvi je zmíněno, že skoro polovina její denní potřeby je využita jako zdroj energie pro mozek. Studie Turku PET Centre, University of Turku se zabývala vlivem intenzity tréninku na vstřebávání glukózy v mozku. Experimentální skupinu tvořilo čtyřicet zdravých mužů, praváků. Zátěží bylo 35 minut jízdy na kole ve třech různých dnech se zátěží 30, 55 a 75% VO_2 max. Měření bylo prováděno pozitronovým emisním tomografem ihned po zátěži. Přičemž po desáté minutě tréninku byla testovaným osobám podána fluoro-deoxy-glukóza nitrožilně. Měření prokázala úbytek hladiny glukózy ve všech měřených částech mozkové kůry po začátku zatížení. A rozdíl hladiny glukózy v mozkové kůře při nejnižší a nejvyšší intenzitě tvořil až 32%. Současně s tím byla měřena hladina laktátu a ta měla opačný průběh křivky. Což by odpovídalo tvrzení, že laktát slouží jako zásobní zdroj energie mozku v případech nedostatečného zásobení glukózou (<http://www.ncbi.gov/entrez/query.fcgi?db=pubmed&cmd=Retrieve&dopt=A...>).

3. Výzkumná část

3.1. Cíle, úkoly a hypotézy práce

3.1.1. Cíl práce

Zaměřením této práce bylo zjištění fyziologické odezvy lidského těla na silový trénink. Jako hlavní ukazatel odezvy jsme si zvolili hladinu glukózy v krevním řečišti. Jako doplňující ukazatel jsme měřili hodnoty tepové frekvence. Toto pořadí jsme zvolili záměrně. V současné praxi dochází ke sledování pouze tepové frekvence a změny hladiny krevního cukru zůstávají bez většího zájmu. Cílem vlastní práce bylo sestavení jednoduchého silového tréninku a zjištění reakce organismu na tento trénink, vyhodnocením hladiny glukózy v krvi.

3.1.2. Úkoly práce

Ke splnění daných cílů jsme stanovili několik dílčích úkolů. Podrobnější specifikace úkolů práce pak byla následující:

- Studium literatury a dostupných materiálů v dané oblasti
- Sestavení tréninkového programu
- Naměření potřebných dat (hladina glukózy v krvi a tepová frekvence)
- Vyhodnocení získaných výsledků
- Vyvození závěrů

3.1.3 Hypotézy

H1 – Hladina glukózy v krvi bude po skončení tréninku nižší než na jejím začátku.

Vycházíme především z prostudované literatury a z popisu energetického zásobení svalů v průběhu zátěže (např. Máček, Vávra 1980; Kučera, Dylevský 1999).

H2 – Hladina glukózy v krvi 30 min po skončení zatížení bude na stejné úrovni nebo dojde k jejímu nárůstu.

Vycházíme –li z literatury, dá se předpokládat pozvolný návrat hladiny glukózy k původním hodnotám, v rámci regeneračních procesů v těle (např. Heller, 1996; Kučera, Dylevský 1999).

H3 – Měření tepové frekvence v průběhu zatížení nepřinese výsledky, z kterých by se dal formulovat obecný závěr.

Při stanovení této hypotézy vycházíme jednak z praktických zkušeností (velká rozdílnost v provádění jednotlivých cviků a především ve způsobu dýchání a výskytu bezdeší v průběhu cvičení), ze studie Tlapáka (1998), který se tímto měřením zabýval u reprezentačních kulturistů a v neposlední řadě ze studia literatury (např. Dovalil 2002).

3.2. Metoda a organizace experimentu

Celý výzkumný experimentální projekt byl postaven jako komparativní případová studie u zvolených probandů. Kvůli materiální a organizační náročnosti byl zvolen postup kvalitativního výzkumu.

Kvalitativní výzkum se chápe na jedné straně jako původní doplněk výzkumných strategií, na druhé straně jako protipól nebo vyhraněná výzkumná pozice ve vztahu k jednotné, na přírodovědných základech založené vědě. Za kvalitativní výzkum se považuje jakýkoli výzkum, jehož výsledků se nedosahuje pomocí statistických procedur nebo jiných způsobů kvantifikace (Hendl, 1999). I přes rozdílnost ve sběru dat a jejich verifikaci se však modely kvantitativního a kvalitativního výzkumu shodují v některých fázích a charakteristikách výzkumu. „Kvalitativní přístup je vždy poznamenán napětím mezi konsekventní idiografikou, tedy soustředěním se na daný jedinečný případ“ (Hendl, 1999, 16).

Stejný autor dále jmenuje některé rozdíly mezi metodou kvantitativní a metodou kvalitativní (1999, 22):

	Kvant. Met.	Kvalit. Met.
vztah výzkumníka k objektu	odstup	těsný
postoj výzkumníka	vně situace	uvnitř situace
vztah teorie a výzkumu	potvrzení, falsifikace	teorie často vzniká
platnost výsledků	nomotetická	idiografická
povaha dat	tvrdá, spolehlivá	bohatá, hloubková

V rámci experimentu jsme sledovali úzkou skupinu probandů. Jednalo se o osoby úzce spjaté s osobou výzkumníka. Všichni byli ve věku 20 až 26 let a žádný z nich nesměl mít žádné předchozí zkušenosti se silovým tréninkem. Byli obeznámeni s obsahem tréninkové jednotky, se způsobem odběru vzorku a měření. Všichni testovaní dobrovolně souhlasili s provedením měření.

V experimentu jsme sledovali především hladinu glukózy v krvi a dále srdeční tepovou frekvenci. K měření glukózy jsme použili přístroj Accu-check go a ke sledování tepové frekvence pulsmetr Sigma PC 15.

3.3. Charakteristika využití tréninkové jednotky

Popis silového tréninku

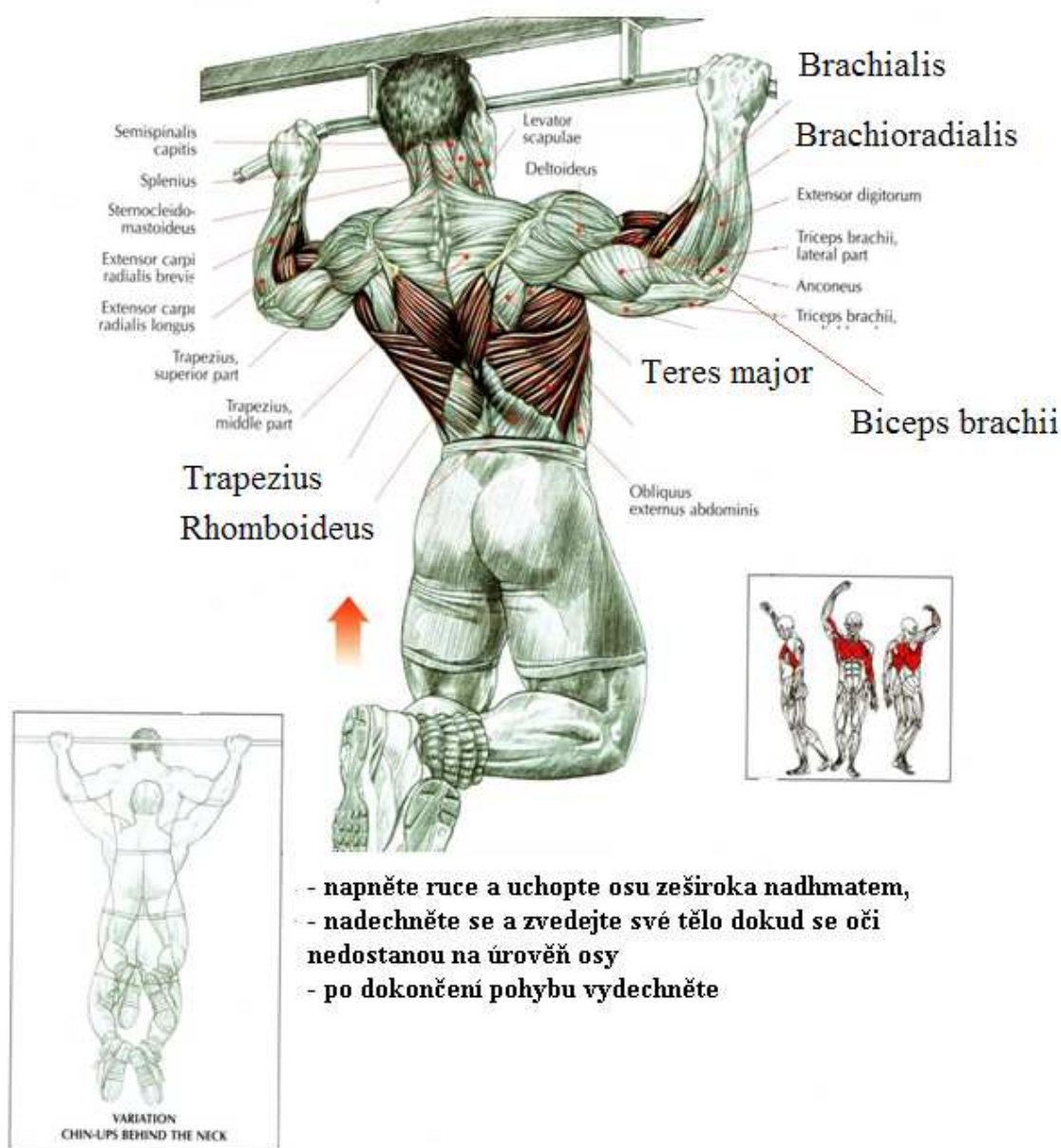
Pro svůj experiment jsme využili modelového tréninku. V tomto modelovém tréninku jsme se zaměřili na procvičení všech základních velkých svalových partií celého těla. Vybrali jsme základní cviky pro dané partie. Použili jsme co nejvíce přirozených cvičení, bez velké náročnosti na vybavení, ale s použitím co největšího počtu cviků s vahou vlastního těla. Trénink jsme sestavili tak aby ho mohl zvládnout i cvičenec bez předchozích zkušeností s kondičním posilováním. Před samotným začátkem testu se musel každý jedinec zahřát (5 – 10 min. aerobní činnosti, kolo, běh, aerobik). Pro zahřátí jsme nakonec zvolili 10 ti minutovou jízdu na stacionárním kole. Přestávky mezi jednotlivými cviky pouze jednu minutu, protože cviky jsou za sebou řazeny tak aby nedocházelo k zatěžování jedné svalové partie dvěma cviky po sobě. Mezi sériemi pak jedna přestávka trvala 1-2 minuty. Při stanovení délky přestávek jsme vycházeli z běžných doporučení z literatury ale i z osobních zkušeností.

Cviky byly vybrány ze základních cviků používaných v kondiční kulturistice. S důrazem na koordinační jednoduchost prováděného cviku. Důraz byl kladen hlavně na technickou čistotu provedení. Jednalo se o prostá opakování řazená do sérií, bez použití jakýchkoli intenzifikačních metod, nebo metod pro pokročilé cvičence.

V průběhu zatížení bylo možné doplňovat tekutiny dle subjektivního pocitu testovaných osob. V žádném případě se však nesmělo jednat o slazené nebo jinak upravované nápoje. K doplnění tekutin jsme používali výhradně čistou vodu. Modelový trénink tvořilo celkem 9 cviků. Zatížení jednotlivých svalových skupin postupovalo od největších svalových partií k nejmenším. Trénink v plném rozsahu i se zahřátím trvá cca. 60 – 65 minut.

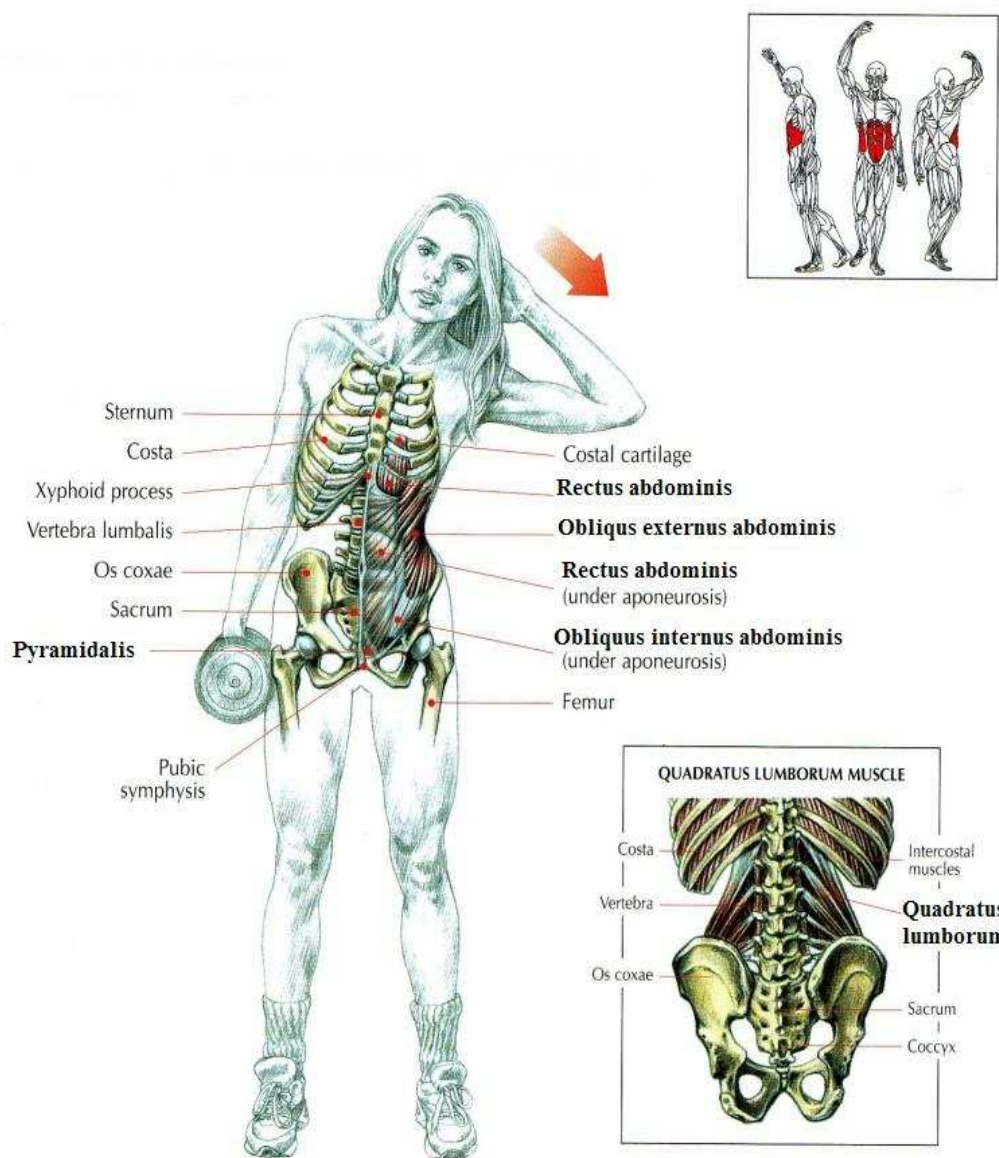
Anatomicko-kineziologický rozbor použitých cviků

1. cvik – **shyby nadhmatem**, přitahování hrudníku k ose (nebo verze podhmatem), v případě nemožnosti provést cvik samostatně poskytnout dopomoc podepřením nohou, v tomto případě maximálně 5 opakování, ostatní maximální počet opakování, 3 série, odpočinek 2 minuty,



Obrázek 4. Shyby nadhmatem (Delavier 2001)

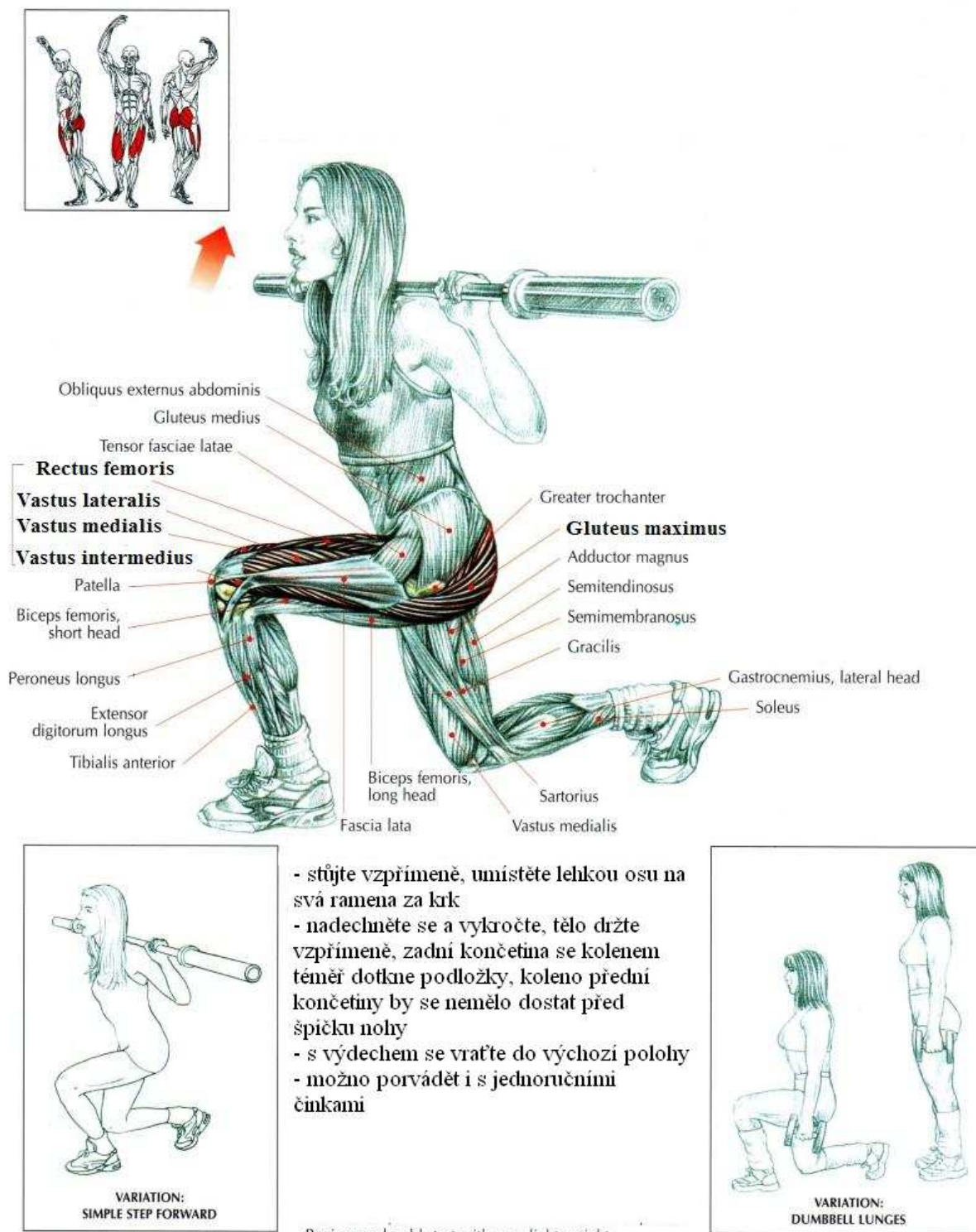
2. cvik – **úklony do stran**, (šikmé břišní svaly), bez zátěže, 1 série po 15 opakováních na každou stranu,



- mirný stoj rozkročný, činku uchopte do pravé ruky, levou ruku dejte za krk,
- s nádechem proved'te úklon do pravé strany
- s výdechem se vraťte do výchozí polohy
- dejte pozor na předklánění a zaklánění
- použijte stejný počet sérií a opakování pro obě strany

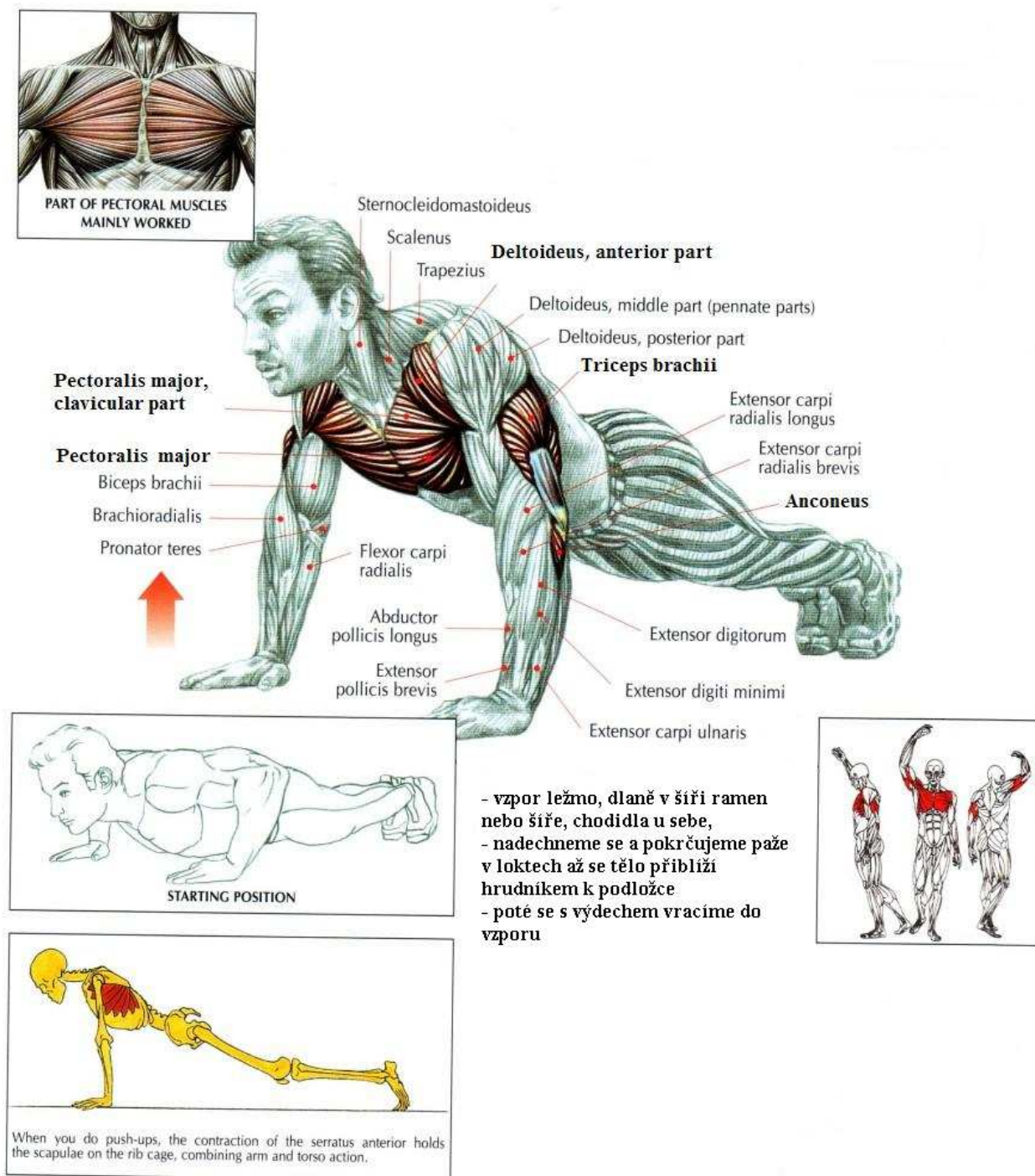
Obrázek 5. Úklony do stran (Delavier 2001)

3. cvik – **výpady vpřed**, dbát na správné provedení, 4 série, 12 opakování každou nohou, odpočinek cca 2 minuty,



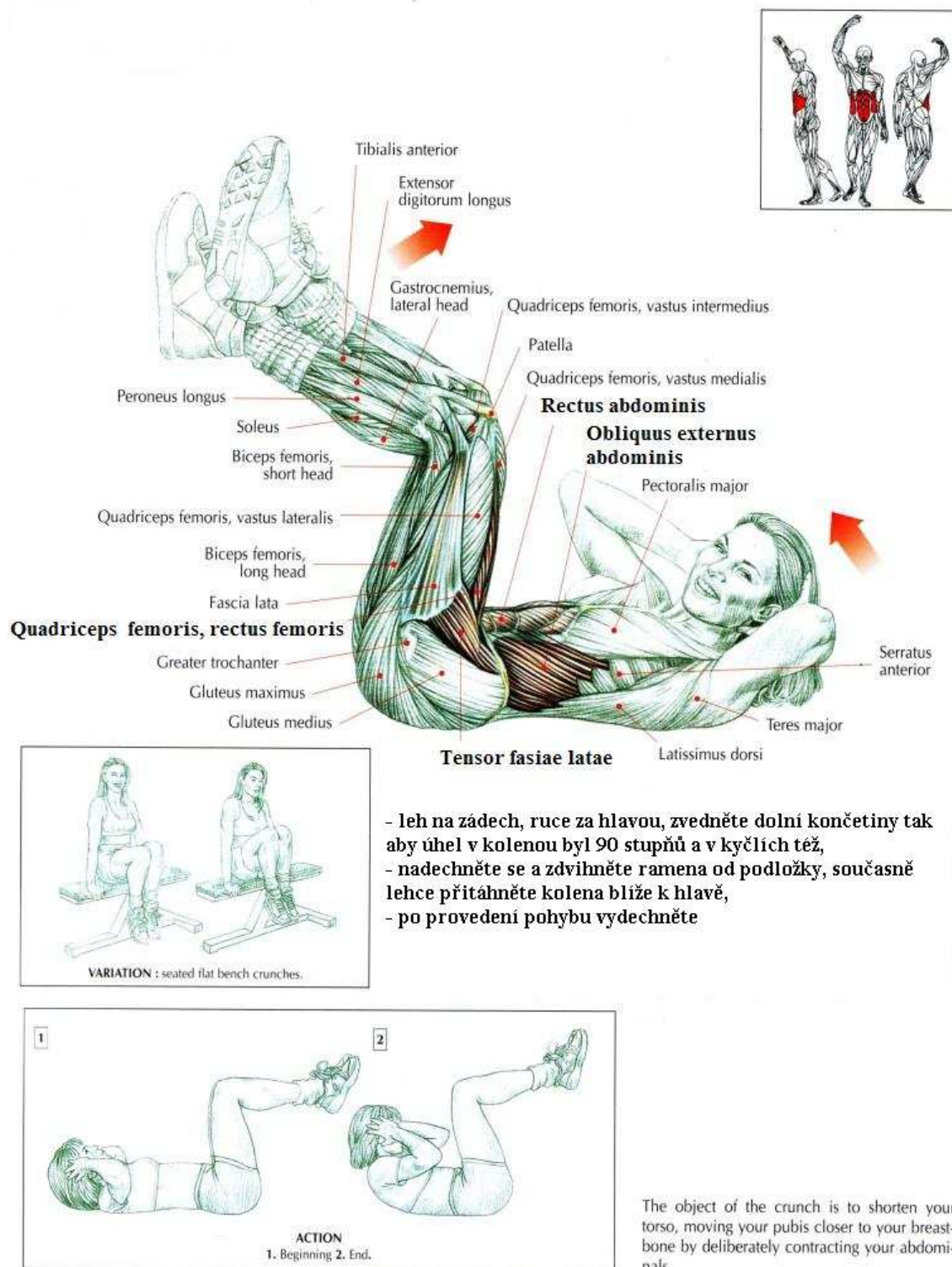
Obrázek 6. Výpady vpřed (Delavier 2001)

4. cvik – **kliky se širokou polohou paží**, 4 série, vždy maximální počet opakování, odpočinek 2 minuty,



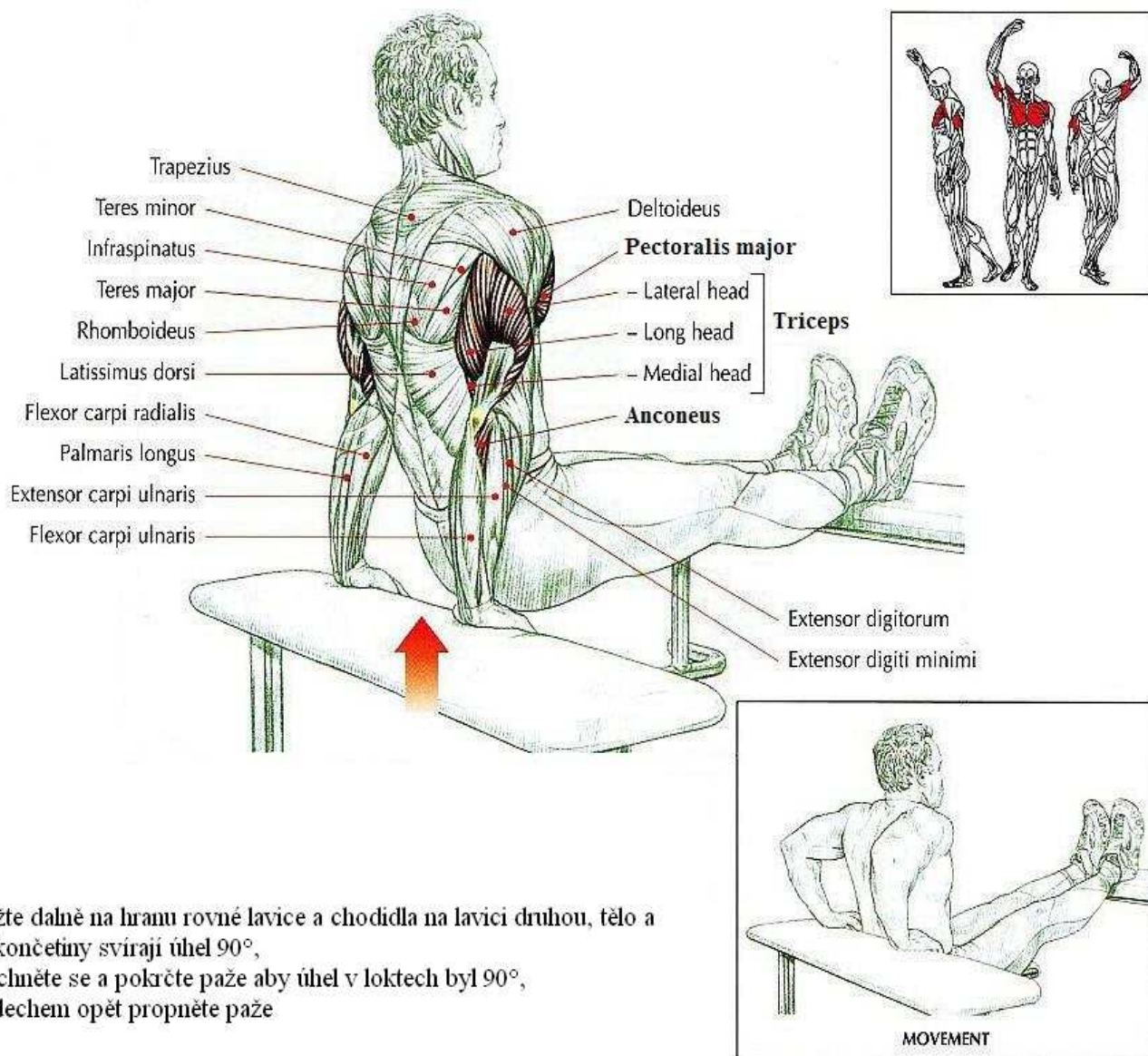
Obrázek 7. Klik se širokou polohou paží (Delavier 2001)

5. cvik – **zkracovačky s koleny ve vzduchu**, 1 série, minimálně 25 opakování (do maxima),



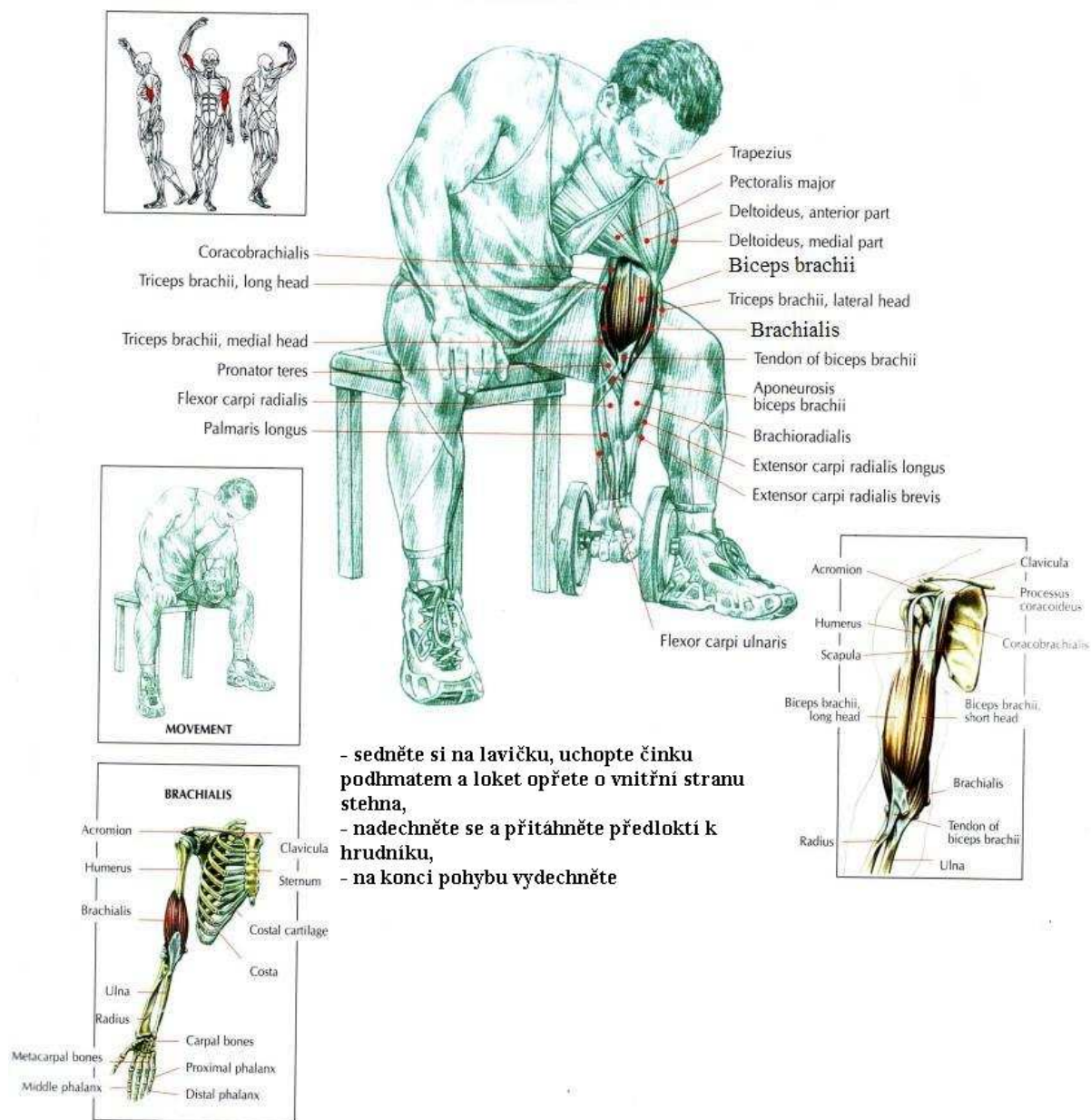
Obrázek 8. Zkracovačky s koleny ve vzduchu (Delavier 2001)

6. cvik – **kliky mezi dvěma lavičkami**, 3 série, po 10 opakováních, odpočinek 2 minuty,



Obrázek 9. Klik mezi dvěma lavičkami (Delavier 2001)

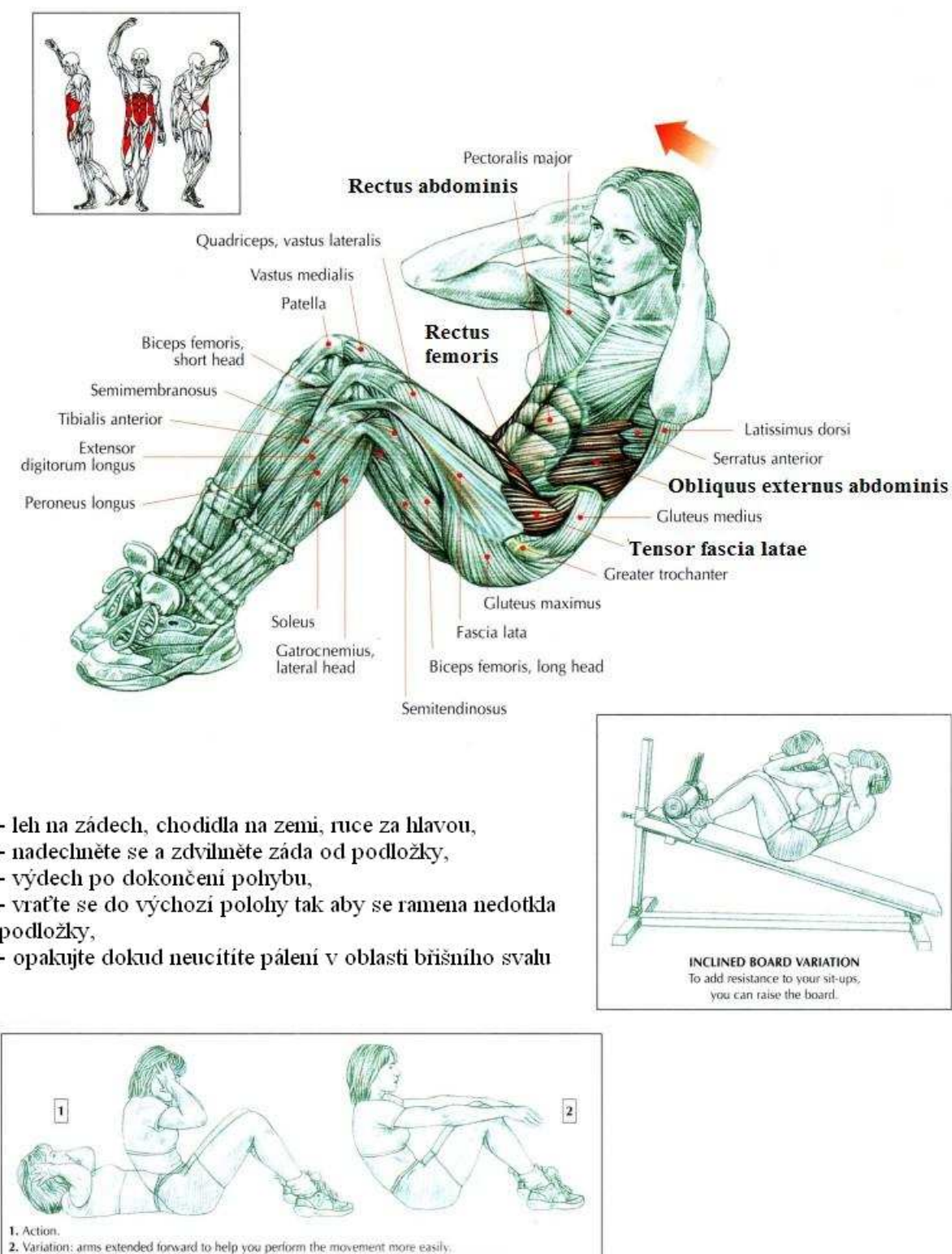
7. cvik – **bicepsové zdvihy s jednoručkami**, 3 série, zátěž taková, která dovoluje alespoň 10 opakování, odpočinek 2 minuty,



- sedněte si na lavičku, uchopte činku podhmatem a loket opřete o vnitřní stranu stehna,
- nadechněte se a přitáhněte předloktí k hrudníku,
- na konci pohybu vydechněte

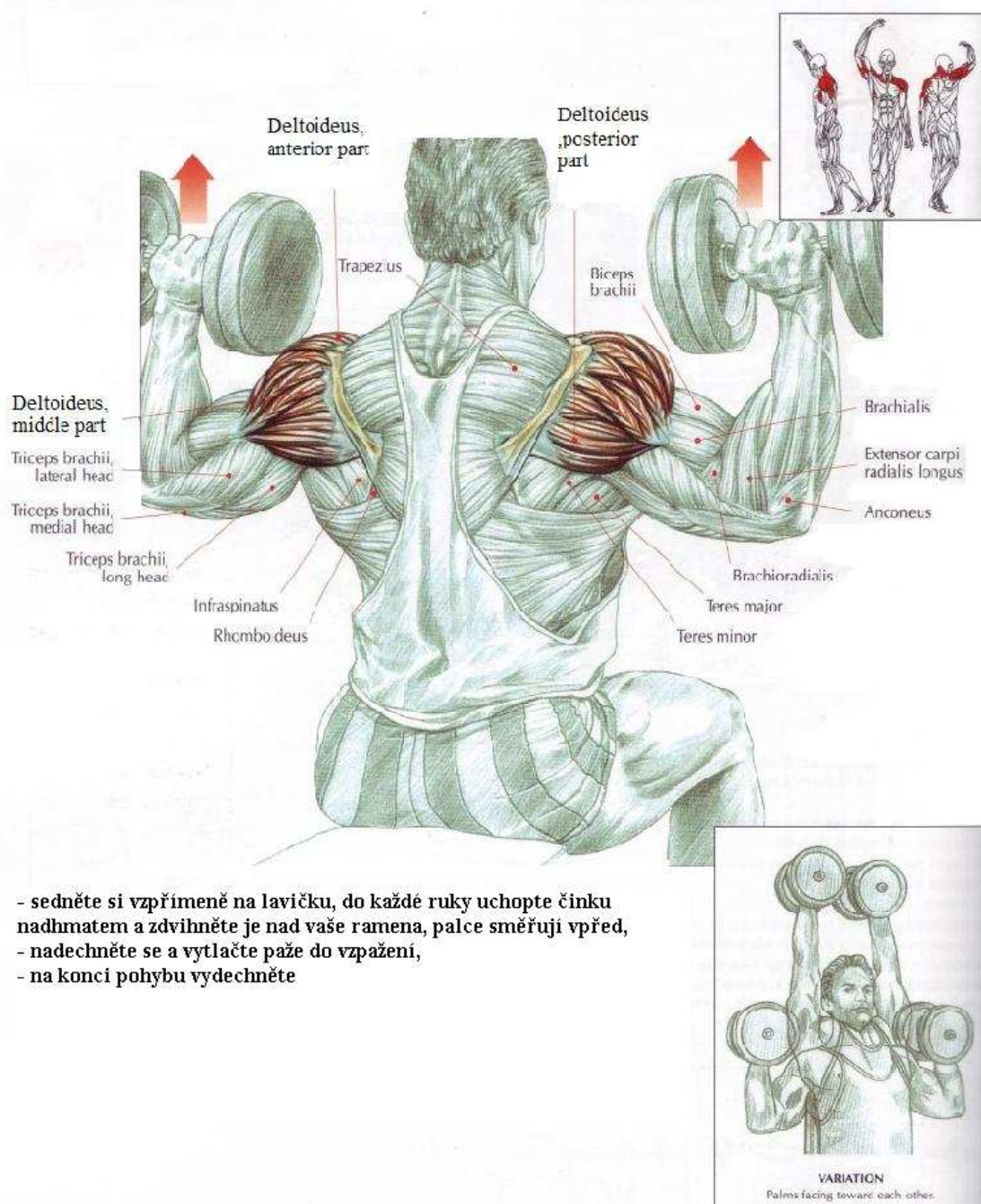
Obrázek 10. Bicepsové zdvihy s jednoručkami (Delavier 2001)

8. cvik – **leh-sed**, 2 série, alespoň 25 opakování,



Obrázek 11. Leh – sed (Delavier 2001)

9. cvik – **tlak s jednoručkami v sedě**, 3 série, zátěž 50 – 70 % maxima, 10 – 12 opakování, odpočinek 2 minuty,



- sedněte si vzpřímeně na lavičku, do každé ruky uchopte činku nadhmatem a zdvihněte je nad vaše ramena, palce směřují vpřed,
- nadechněte se a vytlačte paže do vzpažení,
- na konci pohybu vydechněte

Obrázek 12. Tlak s jednoručkami v sedě (Delavier 2001)

3.4. Charakteristika testovaných objektů

Silový trénink byl prováděn se skupinou čtyř objektů. Všichni byli muži ve věkovém rozmezí 20-25 let. Cvičení byla prováděna ve stejných podmínkách, na stejném místě (posilovna: Fitness studio Takis, Příbram 6), ve stejnou denní hodinu (začátek vždy okolo 16.00) a se stejným vybavením. Důležitou podmínkou pro samotné měření bylo absolvování vstupního měření minimálně dvě hodiny po příjmu poslední potravy. Zároveň se muselo jednat o běžnou smíšenou stravu. Testovaný jedinec nesměl mít žádné speciální stravovací návyky jako dělená strava, strava vegetariánská ani jinak dieteticky upravená. Byť ani tímto se nedá vyloučit vliv stravy na naměřené hodnoty. U testované osoby číslo 1 byla provedena dvě měření nezávisle na sobě. V rámci kvalitativního výzkumu nešlo o sběr většího množství údajů ale o srovnání dvou měření u jedné a téže osoby. Jelikož tento druh výzkumu umožňuje osobní přístup, chtěli jsme zjistit, zda u jednoho testovaného naměříme stejné hodnoty. Vycházeli jsme ze znalosti jeho stravovacích návyků a denních aktivit, o kterých jsme věděli, že byli v obou dnech testování velmi podobné.

Tabulka 2. Charakteristika testovaných objektů

	pohlaví	věk	výška	váha	doba tréninku
Testovaný objekt č. 1 a:	muž	25,4 let	187	95	61
Testovaný objekt č. 1 b:	muž	25,4 let	187	95	63
Testovaný objekt č. 2 :	muž	24,8 let	173	82	60
Testovaný objekt č. 3 :	muž	25,0 let	181	79	60
Testovaný objekt č. 4 :	muž	20,2 let	183	72	56

3.5. Metoda sběru dat

3.5.1. Měření hladiny glukózy

Pro měření hladiny glukózy v krvi jsme využili přístroj Glukometr Accu-Check Go. Jedná se o přístroj, který využívá velká část osob trpících chorobou Diabetes Melittus. Principem měření je reflexní spektrometrie. Jeho výhodami jsou především rychlost vyhodnocení (5 s) a také malé množství vzorku postačující ke správnému měření.

Technické parametry: Glukometr Accu-Chek Go měří glykémii v rámci definovaného rozsahu (10-600 mg/dl nebo 0,6-33,3 mmol/L). Výsledky mimo tento rozsah se zobrazí s označením Lo – což znamená, že výsledek je nižší než 10 mg/dl nebo 0,6 mmol/L – nebo Hi – což znamená, že výsledek

je vyšší než 600 mg/dl nebo 33,3 mmol/L. Paměť na 300 hodnot.
Průměry ze 7, 14 a 30 měření. Výsledek měření již za 5 sekund.
rozměry: 113*46*20 mm, hmotnost 55 g bez baterie,

Postup při měření glykémie

1. Omyjte si ruce teplou vodou a mýdlem a poté je dobře osušte.
2. Promasírujte si koneček prstu, abyste povzbudili krevní oběh.
3. Pomocí lancetového pera Accu-Chek Softclix se píchněte ze strany do promasírovaného konečku prstu.
4. Jemně masírujte prst směrem ke konečku, abyste napomohli vytvoření malé kapky krve.
5. Uchopte glukometr testovacím proužkem dolů. Při nanášení krve vždy držte glukoměr tak aby testovací proužek byl směrem dolů.
6. Jakmile se vytvoří kapka krve, dotkněte se jí předním okrajem testovacího proužku v místě, kde se nachází černá testovací drážka.
7. Jakmile testovací proužek nasaje dostatečné množství krve, ozve se pípnutí.
8. Glukometr zapípá podruhé asi po 5 sekundách. Zobrazí výsledek.



Obrázek 13. Použití glukometru (www.Accu-chek.zc)

Použití lancetového pera Accu-Chek Softclix – viz. schéma



Nasazení lancetky –
Stáhněte kryt (čepičku).



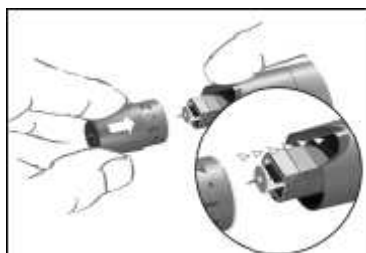
Vložte do držáku lancetky novou lancetku a zasuňte ji, dokud nezaklapne.



Otáčivým pohybem sejměte z lancetky ochranný kryt.



Nasuňte kryt do zaklapnutí. Ujistěte se, že zářez na krytu je zarovnaný se středem polokruhového výřezu na ejektoru.



Odběr krve

Zamáčkněte natahovací pojistku, až zacvakne. Dávejte pozor, abyste současně nestiskli průhlednou spoušť. Lancetové pero je nataženo, jakmile se v průhledné spoušti objeví žlutá tečka.



Jemně přitiskněte lancetové pero na koneček prstu nebo na ušní lalůček a zmáčkněte spoušť opatrně tak, abyste přitom nezmáčkli i natahovací pojistku nebo nebránili jejímu volnému pohybu.



zdroj: www.Accu-chek.zc

3.5.2. Měření tepové frekvence

Pro měření tepové frekvence v průběhu zatížení jsme využili Snímač tepové frekvence Sigma PC 15. Jedná se o standardní pulsmetr vybavený hrudním pásem. Můžeme u něho využít široké škály funkcí: puls, hodinky, stopky, počítáč kalorií, menu v 5 -ti jazycích, osobní nastavení, průměrná tepová frekvence, automatické nastavení tréninkových zón, čas v zónách i mimo ně, tréninkový manager, indikátor zón, alarm pro tři zóny, zvukový signál při nedosažení nebo překročení ideální tepové frekvence, porovnávání mezi okamžitou a maximální tepovou frekvencí, maximální tepová frekvence, celkový čas tréninku, počítáč kol, baterie hodinky CR 2032, baterie hrudní pás CR 2032,



Obrázek 14. Sportester Sigma PC 15 (www.sigmasport.de)

3.6. Výsledky a diskuze

3.6.1. Výsledky naměřených hodnot hladiny glukózy

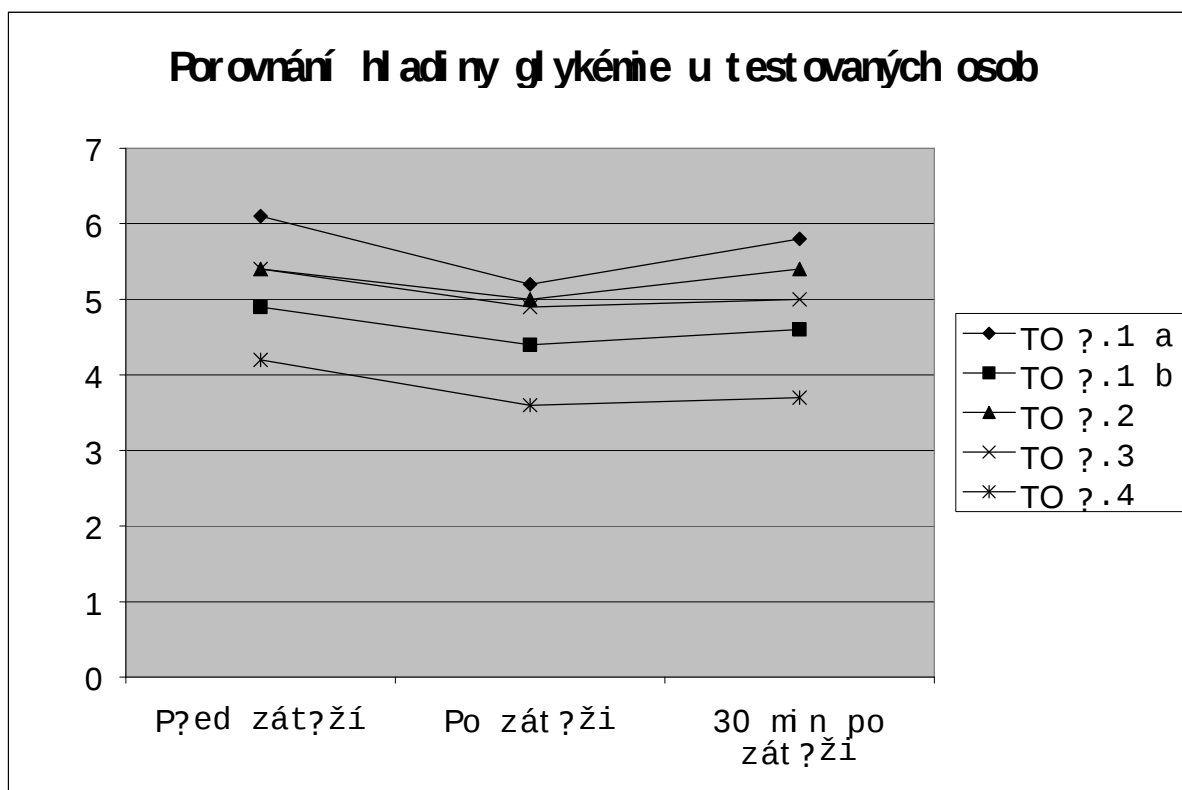
Měření před samotným zatížením nesmělo proběhnout dříve než 2 hodiny po příjmu poslední potravy. Aby byly výsledky co nejméně zatížené individuálním metabolismem jednotlivců. Veškeré hodnoty naměřené těsně před samotným zatížením lze považovat za zcela normální (Tabulka 3. Výsledky naměřených hodnot glykémie). Vešly se do rozmezí, které jsme již dříve popsali jako přirozená hladina glykémie. Tj. do rozmezí fyziologických hodnot mezi 3 až 8 mmol/l.

Taktéž hodnoty naměřené ihned po zatížení se pohybovaly v rozmezí referenčních fyziologických hodnot. Zároveň lze z druhého sloupce hodnot (měření ihned po zatížení) vyčíst, že u všech testovaných osob došlo v tomto intervalu k výraznému snížení hladiny cukru v krvi. Minimálním poklesem bylo snížení hladiny glukózy o 0,4 mmol/l u testované osoby č. 2. K nejvyššímu poklesu glykémie došlo u prvního měření testované osoby č. 1, kde hladina glukózy poklesla o 0,9 mmol/l. Ze srovnání dvou měření u prvního probanda vidíme, že k výraznému poklesu glukózy došlo při obou měřeních. Z čísel je však patrný i rozdíl hodnot, které by za zachování identických podmínek měly být stejné. Zde se však výrazně liší již vstupní hodnota před zatížením a od ní se odvíjejí i další difference. Průměrná hodnota ze všech měření ihned po zatížení vypovídá o poklesu hladiny glykémie 0,58 mmol/l oproti výchozímu stavu. Toto je velmi důležité zjištění, které mělo být podstatou této diplomové práce. Ověření poklesu glykémie při silovém zatížení, jakým byl sestavený trénink.

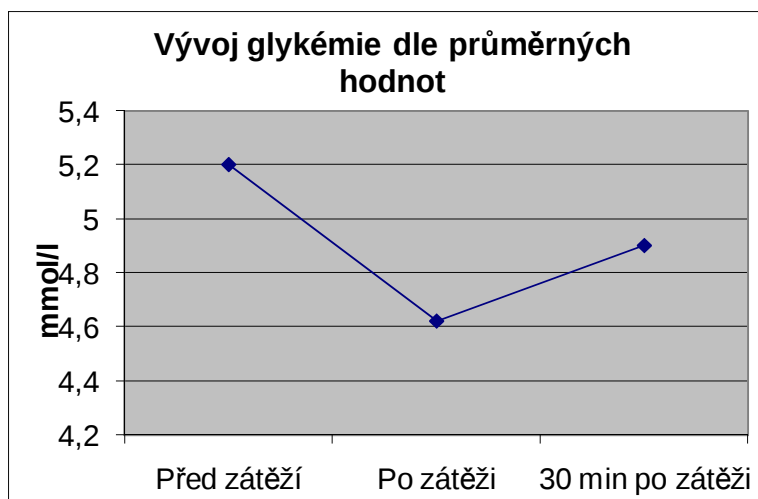
U měření provedeného po 30 -ti minutách po skončení zátěže byly výsledky následující. Ve všech měřeních bylo prokázáno, že již 30 minut po takovémto zatížení dochází k návratu hladiny cukru v krvi k původním hodnotám. Největší opětovný nárůst hladiny glukózy byl zaznamenán u testované osoby č. 1 při prvním měření. Zde došlo oproti měření ihned po zatížení k nárůstu o 0,6 mmol/l. Tato hodnota velmi ovlivnila i výslednou průměrnou hodnotu nárůstu glykémie. Protože u dvou testovaných jedinců (TO č. 3 a č. 4) došlo jen k nepatrnému nárůstu a to o 0,1 mmol/l. U TO č. 1 ve druhém měření došlo, též jen k nepatrnému nárůstu o 0,2 mmol/l. U TO č. 2 byl změřen nárůst hladiny glukózy o 0,4 mmol/l.

Tabulka 3. Výsledky naměřených hodnot glykémie

	Před zatížením	Okamžitě po zatížení	30 min po zatížení
TO č. 1 a	6,1	5,2	5,8
TO č. 1 b	4,9	4,4	4,6
TO č. 2	5,4	5,0	5,4
TO č. 3	5,4	4,9	5,0
TO č. 4	4,2	3,6	3,7
průměrná hodnota	5,20	4,62	4,90



Obrázek 15. Porovnání hladiny glykémie při zatížení



Obrázek 16. Vývoj glykémie dle průměrných hodnot

Grafy ukazující vývoj glykémie u jednotlivých testovaných osob můžeme rozdělit vždy na dvě části. První část ukazuje vývoj hladiny glukózy v průběhu zatížení. Druhá pak vypovídá o vývoji hladiny glukózy v prvních 30 ti minutách po zatížení. Třetím bodem, který můžeme sledovat, je konečná hodnota glykémie na konci grafu.

Při srovnání testovaných osob zjistíme, že první část grafu je u všech podobná a hladina glukózy v průběhu zátěže vždy klesá a to v průměru o 0,58 mmol/l. To je důležitým zjištěním práce, protože jsme ověřili a dokázali, že silový trénink má přímý vliv na hladinu krevního cukru. Jeho aplikací může zdravý jedinec aktivně působit na regulaci glykémie ve svém těle. V této práci jsme došli k originálnímu zjištění vývoje hladiny glukózy. Ovšem daná čísla a měření jsou platná pouze pro testované osoby, které se zúčastnili tohoto měření. Jelikož se jednalo o kvalitativní výzkum, nejsou výsledky posuzovány žádnou kvantifikační statistickou metodou. Pro stanovení obecně platných výsledků by bylo zapotřebí navázat na tuto práci dalším rozšiřujícím výzkumem.

V druhé části grafu lze patrně vyčíst reakci organismu na předchozí vyčerpávání glukózy z krve. U všech testovaných jedinců došlo k opětovnému nárůstu hladiny glukózy. K nejvýraznějšímu opětovnému nárůstu došlo u TO č. 1 v prvním měření. U zbylých testovaných nebyl nárůst tak výrazný. Průměrné hodnoty hovoří o zvýšení hladiny glykémie o 0,28 mmol/l oproti měření ihned po zatížení. Z grafu srovnávajícího jednotlivé testované objekty lze vyčíst ještě jeden fakt. Při žádném měření prováděném 30 min po zatížení nebyla naměřena hodnota, která by se vyrovnala nebo převýšila hodnoty naměřené před zatížením. Z toho vyplývá, že doba 30 -ti minut není dostačující pro znovuoobnovení hladiny krevního cukru na původní úroveň před zatížením.

Samotné snižování hladiny glukózy v průběhu zátěže bylo očekávatelné, protože glukóza byla využita jako zdroj energie pro resyntézu ATP a CP. Již od třetí minuty zatížení by měla být energie získávána aerobním způsobem z glukózy, a to i u cvičení střední až submaximální intensity, což byl případ tohoto tréninku. Po tréninku se glykémie začala upravovat na základě glukoneogeneze v játrech.

3.6.2. Výsledky naměřených hodnot tepové frekvence

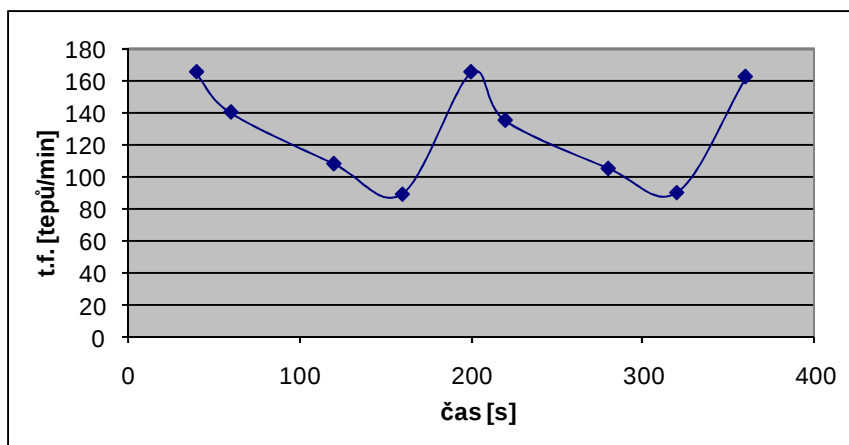
Součástí měření hladiny glukózy při silovém tréninku bylo i měření tepové frekvence. Výsledky naměřených hodnot tepové frekvence byly velmi rozdílné (Tabulka 4. Výsledky naměřených hodnot TF). Při porovnání maximální dosažené TF vidíme, že hodnoty se pohybují ve velmi širokém rozmezí. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou maximální tepovou frekvencí u testovaných osob je 37 tepů/min. To je vzhledem k použití totožných cviků a dodržení stejných přestávek velmi výrazný rozdíl. Při porovnání průměrných hodnot TF vidíme, že se pohybují v mnohem užším rozmezí. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou průměrnou hodnotou je 16 tepů/min.

Dále je přiložen graf vývoje tepové frekvence v průběhu několika pracovních sérií (obrázek 17.). Zařadili jsme jej, aby bylo patrné, jakým způsobem se vyvíjí TF v průběhu silového zatížení. Konkrétně se jedná o záznam tepové frekvence v průběhu třech sérií cviku „střídavý bicepsový zdvih s jednoručkami“ u testované osoby č. 1 při prvním měření. Ve všech pěti případech mají grafy podobný průběh. V závěru pracovní série stoupá hodnota TF k maximálním hodnotám a v průběhu dvouminutové pauzy klesají hluboko pod hodnotu stanovenou jako hodnota průměrná. Rozdíly v jednotlivých grafech byly v absolutních hodnotách, které korespondují s tabulkou naměřených hodnot.

Tabulka 4. Výsledky naměřených hodnot TF

	max. TF	avg. TF	trvání tréninku
TO č. 1. a	165	128	58 min.
TO č. 1. b	148	118	56 min
TO č. 2	155	120	60 min.
TO č. 3	128	114	61 min.
TO č. 4	143	112	59 min.

*Vysvětlivky: max. TF – maximální dosažená tepová frekvence
avg. TF – průměrná tepová frekvence*



Obrázek 17. Vývoj tepové frekvence mezi jednotlivými pracovními sériemi (měření TO č.1 a)

U výsledků měření TF jsme nezjistili data, která by dovolovala stanovit obecný závěr. Velký rozptyl zjištěných hodnot je zřejmě dán několika faktory. Zaprvé se při silovém tréninku projevuje fyzická kondice jednotlivých probandů. Stanovená intenzita v podobě počtu opakování a váhy odvozené od opakovacího maxima, vyvolávají u jedinců různé fyzické úrovně odlišnou odezvu v podobě zvýšení TF.

Dalším významným faktorem ovlivňujícím tepovou frekvenci je dýchání v průběhu zátěže. Ačkoli technika dechu má své zásady a pro všechny cviky je popsána jsou v praxi rozdíly v jeho provedení. Někteří cvičenci provádí mělký výdech v průběhu celé aktivní fáze pohybu. Zatímco jiní provádějí hluboký a prudký výdech až na samém konci tohoto pohybu. Třetím faktorem působícím na TF je fakt, že v průběhu aktivní fáze pohybu dochází v organismu k chvilkovému stavu bezdeší. Všechny tyto faktory společně způsobují velké výkyvy v naměřených hodnotách. Vyplývá to i z ústního sdělení Tlapáka (2008). Tento přední odborník na kulturistiku, prováděl měření tepové frekvence na srazu reprezentantů ČR. Tlapák uvádí, že měření provedená v Bojniciach roku 1998 před mistrovstvím světa, též nepřinesla žádné výsledky. Autor měření tvrdí, že interindividuální rozdíly mezi jednotlivci jsou příliš velké pro stanovení nějakého závěru, což naše studie jednoznačně potvrzuje. Vezmeme-li v úvahu charakteristiku jím testované skupiny (reprezentanti ČR v kulturistice) a srovnáme ji s naší testovanou skupinou, dojdeme k dalšímu vysvětlení velkých rozdílů mezi naměřenými hodnotami.

V rámci silového tréninku se intenzita zatížení stanovuje pomocí váhy břemen, počtu opakování, délkou odpočinku a použitím intenzifikačních metod. Posilování nepatří mezi aerobní zatížení a díky velkým rozdílům mezi jednotlivci se nevyužívá sledování TF pro stanovení náročnosti tréninku.

4. Závěr

Práce byla zaměřena na zjištění jedné z fyziologických reakcí organismu na zátěž. Změnu hladiny krevního cukru. Součástí práce bylo i měření tepové frekvence při silovém zatížení. Zatímco sledování TF (tepové frekvence) je velmi oblíbený způsob monitorování tělesné aktivity, sledování hladiny krevního cukru je využíváno jen sporadicky. Podle výsledků DP však toto měření v kulturistice má svůj význam.

Všechny úkoly, které jsme si stanovili na počátku práce, se nám v průběhu experimentu podařilo splnit. Na základě prostudované literatury a praktických zkušeností jsme sestavili tréninkovou jednotku, v rámci jejíhož provedení jsme získávali pomocí měření potřebná data. Sledovali jsme současně dvě různé odezvy lidského organismu na silové zatížení.

Hypotéza č.1 byla potvrzena. V průběhu silového tréninku došlo k poklesu hladiny glukózy u všech testovaných osob. Hypotéza č.2 byla potvrzena. Po skončení zatížení docházelo ve všech případech k opětovnému nárůstu hladiny glukózy v krvi. Hypotéza č.3 byla potvrzena. Výsledky měření tepové frekvence se výrazně lišily u jednotlivých testovaných osob.

Důležitým závěrem z pohledu učitele tělesné výchovy je pozitivní působení silové zátěže na organismus. Dočasné snížení glykémie u cvičícího jedince v řádech desetin mmol/l. Neméně důležitý je i poznatek, že u zdravých jedinců tento pokles hladiny glukózy není natolik významný, aby mohlo docházet k potížím spojeným s hypoglykemickými stavy. Všechny naměřené hodnoty se udržely v rozmezí referenčních hodnot zdravého jedince (3-8 mmol/l). V otázce praktického využití měření tepové frekvence při silovém tréninku již není závěr tak jednoznačný. Hodnoty jsou totiž natolik ovlivněny interindividuálními rozdíly jednotlivců, že nelze vyvodit žádný obecný závěr. Jediný ověřitelný poznatek je ten, že při silovém tréninku dochází zcela jistě ke zvýšení tepové frekvence.

Na výsledky a zjištění této diplomové práce by se v budoucnosti dalo navázat použitím kvantitativních metod výzkumu. Údaje získané v rámci této DP jsou platné pouze pro zúčastněné osoby a pro vyvození obecnějších závěrů by bylo potřeba získat větší množství dat a vyhodnotit je pomocí statistických metod. Dalo by se též sledovat, zda má silový trénink vliv na hladinu glukózy z dlouhodobého pohledu. Měření hladiny glukózy při zatížení je málo popsaným a z fyziologického hlediska velmi zajímavým tématem pro další možné rozšiřující práce.

5. Seznam literatury

1. BARTOŠ, V., PELIKÁNOVÁ, T. *Praktická diabetologie*. Praha: Maxdorf Jessenius, 1996.
2. BUKAČ, L., DOVALIL, J. *Lední hokej - trénink herní dokonalosti*. Praha: Olympia, 1990.
3. CHOUTKA, M., DOVALIL, J. *Sportovní trénink*. Praha: Olympia, 1991.
4. ČERNÝ, Z. *Kulturistika do A do Z. Díl 1*. Zlín: CnS, 1992-1993.
5. ČERNÝ, Z. *Kulturistika od A do Z. Díl 2*. Zlín: CnS, 1993.
6. DELAVIER, F. *Strength Training Anatomy*. Paris: Edition Vigot, 2001.
7. DOVALIL, J. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2002.
8. FRÖMEL, K. *Kompendium psaní a publikování v kinantropologii*. Olomouc: Universita Palackého, 2002.
9. HAVLÍČKOVÁ, L., et al. *Fyziologie tělesné zátěže II, speciální část 1díl*. Praha: Universita Karlova, 1993.
10. HELLER, J. *Fyziologie tělesné zátěže. II., speciální část - 3. díl. 1. vyd.* Praha: Karolinum, 1996.
11. HENDL, J. *Úvod do kvalitativního výzkumu*. Praha: Carolinum, 1999.
12. JANSÁ, P., DOVALIL, J. *Sportovní příprava*. Praha: Q-art, 2007.
13. KUČERA, M., DYLEVSKÝ, I. *Sportovní medicína*. Praha: Grada, 1999.
14. MÁČEK, M., VÁVRA, J. *Fysiologie a psychofysiologie tělesné zátěže*. Praha: Avicenum, 1980.
15. MELICHNA, J. *Fyziologie tělesné zátěže. II., speciální část - 2. díl. 1. vyd.* Praha: Universita Karlova, 1995.
16. PEPRLA, J., KUKLÍNEK, P. *Přehled laboratorních vyšetření*. Brno: Ami studio, 1995.
17. ROKYTA, R. *Fyziologie*. Praha: ISV, 2000.
18. SCHWARZENEGGER, A. *Encyklopedie moderní kulturistiky*. Praha-Plzeň: Beta-Dobrovský & Ševčík, 1995.
19. ŠTUMBAUER, J. *Základy vědecké práce v tělesné kultuře*. České Budějovice: Pedagogická fakulta, 1989.
20. TRÁVNÍČEK, T. *Speciální patologická fyziologie*. Praha: Avicenum, 1978.

21. WILMORE, J.H. & COSTILL, D.L. *Physiology of Sport and Exercise*. 1999.

ZDROJE Z INTERNETU:

1. www.bodybuilding.com
2. www.e-kulturistika.cz
3. www.ncbi.gov
4. www.pubmed.gov
5. www.Accu-check.cz
6. www.sigmasport.de