

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

**HODNOCENÍ KVANTITATIVNÍCH ZMĚN VYBRANÝCH SLOŽEK TĚLESNÉHO
SLOŽENÍ, STANOVENÝCH PŘÍSTROJEM InBody 720, PO LYMFATICKE
MASÁŽI**

Diplomová práce
(magisterská)

Autor: Ondřej Chromý, Tělesná výchova a sport
Vedoucí práce: Prof. RNDr. Jarmila Riegerová, Csc.
Olomouc 2010

Jméno a příjmení autora: Bc. Ondřej Chromý

Název diplomové práce: Hodnocení kvantitativních změn vybraných složek tělesného složení, stanovených přístrojem InBody 720, po lymfatické masáži.

Pracoviště: Katedra funkční antropologie a fyziologie

Vedoucí diplomové práce: Prof. RNDr. Jarmila Riegerová, Csc.

Rok obhajoby diplomové práce: 2010

Abstrakt: Tato práce se zabývá vlivem lymfatických masáží na vybrané složky tělesného složení. Aplikace lymfatické masáže má vysoce významný preventivní účinek, neboť posiluje drenážně transportní funkci mízní pumpy, tím aktivuje proudění lymfy a podporuje detoxikaci těla. Proto bylo u souboru 30 žen provedeno vyšetření složení těla na základě bioimpedančního měření, za pomoci přístroje InBody 720 před a po praktické výuce lymfatických masáží. Vzhledem k profesní selekci a nízké četnosti má tato studie pilotní charakter.

Klíčová slova: InBody 720, bioimpedance, tělesné složení, rekondice, lymfatická masáž, ženy

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Bc. Ondřej Chromý

Title of the master thesis: Evaluation of quantitative changes of selected components of body composition measured by InBody 720 Body Composition Analyser after manual lymphatic drainage.

Department: Department of Anthropology functional and physiology

Supervisor: Prof. RNDr. Jarmila Riegerová, Csc.

The year of presentation: 2010

Abstract: This thesis deals with the effects of manual lymphatic drainage (MLD) massage on selected components of body composition. Lymphatic massage has a significant preventive effect, since it stimulates the drainage and the transport functions of the lymphatic system by activating the lymph flow, and promotes detoxification of the body. Body composition was measured in a sample of 30 women using the bioelectrical impedance method by InBody 720 before and after MLD training session. This study is of a pioneering nature due to the occupational selection and the small size of the sample group.

Key words: InBody 720, bioimpedance, body composition, recondition, lymphatic massage, women

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením Prof. RNDr. Jarmily Riegerové, Csc., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 8. 6. 2010

.....

Děkuji Prof. RNDr. Jarmile Riegerové, Csc. za pomoc a cenné rady, které mi poskytla při zpracování diplomové práce.

OBSAH

1 Úvod	9
2 Přehled poznatků	10
2.1 Fyziologie buňky	10
2.1.1 Klidový membránový potenciál	11
2.1.2 Iontové kanály	12
2.1.3 Transportní děje na membránách	13
2.2 Fyziologie tělesných tekutin.....	14
2.2.1 Rozdělení tělesné vody.....	15
2.2.2 Složení tělních tekutin	15
2.2.3 Příjem a výdej vody.....	16
2.2.4 Regulace příjmu vody	16
2.2.5 Koloběh vody mezi orgány	17
2.2.6 Posuny v tělesné vodě při příjmu různě osmoticky aktivních roztoků	17
2.3 Acidobazická rovnováha a její udržování	18
2.3.1 Acidobazická rovnováha roztoků.....	18
2.3.2 Acidobazická rovnováha tělesných tekutin.....	19
2.3.3 Vylučování iontů H^+ do okolního prostředí.....	20
2.3.4 Klinické obrazy poruch acidobazické rovnováhy	21
2.4 Fyziologie imunitního systému	22
2.4.1 Lymfoidní tkáň	23
2.4.2 Řízení imunity	23
2.4.3 Lymfatický systém	24
2.4.4 Anatomie mizního (lymfatického) systému	25
2.4.5 Systém lymfatických cév	27
2.4.5.1 Lymfatické kapiláry	27
2.4.5.2 Lymfatické prekolektory	29
2.4.5.3 Mízní kmeny – trunci lymphatici	30
2.4.6 Inervace lymfatických cév.....	30
2.4.7 Lymfatická uzlina – nodus lymphaticus.....	31
2.4.8 Přehled hlavních mizních uzlin	32
2.4.9 Lymfedém – morfologie a patofyziologie.....	34
2.4.9.1 Anatomické a patofyziologické podklady vzniku lymfedému.....	35

2.4.9.2 Nadměrné hromadění tekutiny a bílkovin v tkáňových prostorech	36
2.4.10 Regenerace lymfatických cév a uzlin.....	36
2.4.11 Orgány řazené k lymfatické soustavě.....	37
2.5 Lymfatické masáže.....	38
2.6 Elektrická vodivost.....	41
2.6.1 Vedení elektrického proudu tkáněmi	41
2.6.2 Modelování elektrických vlastností buňky	41
2.6.3 Modelování elektrických vlastností buněčné membrány	42
2.6.4 Bioelektrická impedance – BIA	42
2.7 Analyzátor tělesného složení – InBody 720.....	43
2.7.1 Analýza složení těla.....	45
2.7.2 Analýza svalů a tuků	46
2.7.3 Diagnóza obezity.....	47
2.7.4 Rovnováha aktivní beztukové tkáně	49
2.7.5 Index Edema.....	50
2.7.6 Oblast viscerálního tuku.....	51
2.7.7 Různá komplexní vyhodnocení.....	52
3 Cíle práce.....	54
4 Metodika.....	55
5 Výsledky.....	57
6 Závěry.....	66
7 Souhrn	67
8 Summary	68
9 Referenční seznam	69
10 Přílohy	71

Seznam použitých zkratk:

AC _{R, L}	obvod paže (pravé, levé)
AMC _{R, L}	obvod svalu paže (pravé, levé)
BCM	buněčná hmota
BFM	tuková hmota
BMC	obsah minerálů v kostech
BMI	index tělesné hmotnosti
BMR	stupeň bazálního metabolismu
DK dex. Ed. 1, 2	index otoku pravé dolní končetiny
DK sin. Ed. 1, 2	index otoku levé dolní končetiny
Dop. BMC	doporučená hodnota obsahu minerálů v kostech
ECF	mimobuněčná tekutina obohacená o bílkoviny a minerály
ECW	mimobuněčná tekutina
Edema 1, 2	index otoku
FFM	beztuková hmota
HK dex. Ed. 1, 2	index otoku pravé horní končetiny
HK sin. Ed. 1, 2	index otoku levé horní končetiny
ICF	nitrobuněčná tekutina obohacená o bílkoviny a minerály
ICW	nitrobuněčná tekutina
M	průměr
PBF	procento tělesného tuku
s	směrodatná odchylka
SMM	svalová hmota
TBF	celkové množství tělesné tekutiny obohacené o bílkoviny a minerály
TBW	celkové množství tělesné tekutiny
VFA	oblast vnitřního tuku v břiše
WHR	poměr pas/boky

1 Úvod

Mízní systém zajišťuje v organismu drenážně transportní funkci a imunologickou funkci. Plnohodnotná funkce mízního oběhu je podstatou zachování rovnováhy mezi resorpční a transportní kapacitou mízního oběhu a tkáňovou proteolýzou. Narušení uvedené rovnováhy vede k městnání proteinů a jiných makromolekulárních látek ve tkáních. Proteiny osmoticky poutají vodu, čímž vznikají otoky (Benda, Bendová, Cagášková, Eliška, Houdová, Navrátilová, Wald, & Wittnerová, 2008).

Mimobuněčná tekutina tvoří v průměru 16 až 20 % váhy těla, za 24 hodin vzniká cca 20 l ECW, množství resorpce do kapilárního krevního řečiště představuje cca 80 % ECW. Zbývajících 20 % musí být odvedeno lymfatickým řečištěm. Proudění lymfy napomáhají lymfokinetické faktory jako jsou svalové kontrakce, pohyb podkožního vaziva, změny nitrobršního tlaku, dýchací pohyby hrudníku, pulzová vlna a další. Nitrobuněčná tekutina je zásadní, metabolicky aktivní složkou buněčné cytoplazmy (Johnston, 2008).

Závažným patologickým faktorem se stává hypokineza, vyvolávající nadměrnou zátěž lymfatického systému. Aplikace lymfatické masáže má v takových případech vysoce významný preventivní účinek, neboť posiluje funkci mízní pumpy, tím aktivuje proudění lymfy a podporuje detoxikaci těla. Je vhodná jako preventivní opatření pro úpravu imunity, k rychlejší regeneraci po fyzické zátěži i operačních zákrocích, ke zlepšení stavu pokožky a celulitidy, je prevencí vzniku křečových žil. Bylo prokázáno, že masáž lymfatických cest je účinná zejména pro zmírňování pooperačních otoků, bolestivosti a celkového urychlení hojení (Premkumar, 2003).

Pozitivně působí i při rekondici a rehabilitaci sportovců. Snahou sportovních terapeutů je podporovat hojení, obnovit normální funkci po zranění a dosáhnout optimálního výkonu svých klientů. Masáž může pomoci každému z těchto procesů, pozitivně ovlivňuje stav průtoku arteriální a žilní krve, proces srážení krve, otoky, lymfatické drenáže a vlastnosti pojivových tkání a svalů (Goats, 1994).

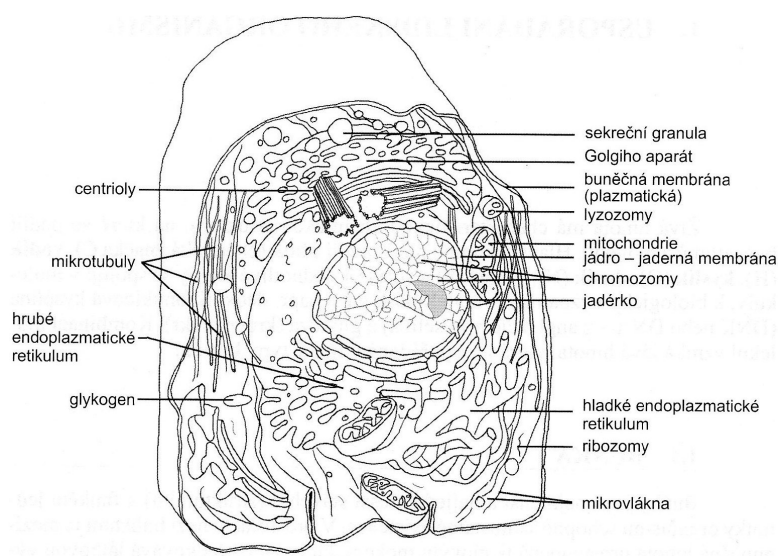
Přístroj InBody 720 využívaný v lékařství, lázeňských zařízeních, sportovních či wellness centrech, nám má pomoci zhodnotit kvantitativní změny vybraných složek tělesného složení po provedení lymfatické masáže.

2 Přehled poznatků

2.1 Fyziologie buňky

Buňky jsou nejmenší a nejjednodušší stavební a funkční jednotky organismu schopné samostatné existence. V prostorech mezi buňkami je mezibuněčná hmota prostoupená tkáňovým mokem, který zprostředkovává látkovou výměnu mezi buňkami a cévními tekutinami, krví a mizou (Merkunová & Orel, 2008).

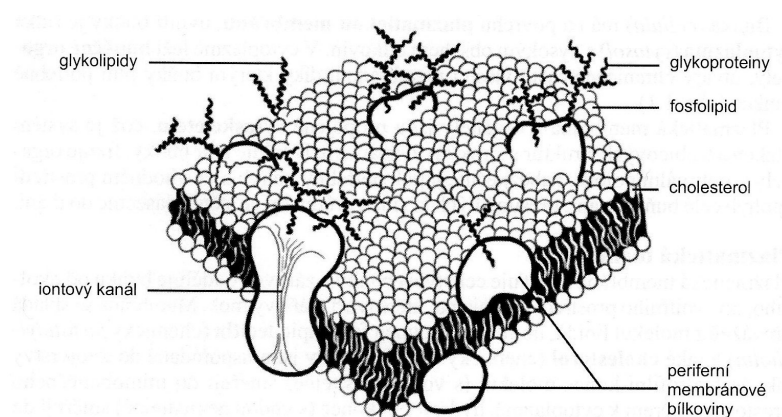
Buňka (cellula) má na povrchu plazmatickou membránu, uvnitř buňky je řídká cytoplazma (cytosol) s vysokým obsahem bílkovin. V cytoplazmě leží buněčné organely, útvary ohraničené často vlastní membránou, díky kterým plní buňky potřebné funkce. Plazmatická membrána a organely jsou propojené cytoskeletem, což je systém vláken a trubicových struktur s širokým významem. Udržuje tvar buňky, fixuje organely v optimální poloze, zabezpečuje jejich potřebný pohyb a ve vhodném prostředí i pohyb celé buňky, např. přesun bílých krvinek průduchy ve stěně vlásenec do tkání (Merkunová & Orel, 2008).



Obrázek 1. Schéma buňky s organelami (Merkunová & Orel, 2008).

Plazmatická membrána zajišťuje celistvost buňky a zároveň odděluje buňku od okolního, tzv. vnitřního prostředí organismu, které tvoří tkáňový mok. Membrána se skládá převážně z molekul lipidů, hojně je zastoupen fosfolipid lecitin (fosfatidylcholin) a také cholesterol (sterol). Lipidy jsou uspořádané do dvojvrstvy tak, že hydrofilní konce molekul (s vodou mísitelné) směřují do mimobuněčného prostoru i směrem k cytoplazmě, hydrofobní

konce (s vodou nemísitelné) směřují do nitra membrány. Součástí membrány jsou i bílkoviny. Plazmatická membrána je bariérou určující, které látky, s ohledem na velikost molekuly a chemickou strukturu, proniknou do buňky, případně buňku opustí. Děje se tak několika mechanismy, mezi které patří prostá fyzikální difuze, transport zprostředkovaný specifickým bílkovinným přenašečem, endocytóza (vtahování látek do buňky), popř. exocytóza (děj opačný) či transport membránovými kanály, kterému podléhají ionty. Otevírání a zavírání kanálů je specificky řízeno, např. změnou elektrického napětí na membráně, mediátory nebo mechanicky, např. při protažení buňky (Merkunová & Orel, 2008).



Obrázek 2. Schéma plazmatické membrány (Merkunová & Orel, 2008).

2.1.1 Klidový membránový potenciál

Plazmatické membrány jsou prakticky nepropustné pro koloidní částice, tj. makromolekuly bílkovin, ale propouštějí ionty. Přítomnost nedifuzibilních částic uvnitř buňky má za následek, že po dosažení rovnováhy budou difuzibilní ionty rozděleny na obou stranách nerovnoměrně. Pro udržení elektroneutrality musí být po dosažení rovnovážného stavu celkové množství kationtů na jedné straně membrány rovno celkovému množství aniontů na téže straně. Množství difuzibilních kationtů je vyšší uvnitř buňky spolu s vyšším množstvím nedifuzibilních aniontů. Důsledkem různé propustnosti membrány pro ionty je vznik tzv. klidového membránového potenciálu (polarizace membrány). Hodnota klidového membránového potenciálu je -30 až -90 mV podle druhu buňky. Ionty K^+ jsou přitom aktivně hromaděny v buňkách a mají tendenci podle svého gradientu opouštět buněčný prostor. Protože bílkovinné anionty je nemohou následovat, vzniká nepatrný rozdíl potenciálu mezi vnitřní a vnější stranou buněčné membrány. Vnitřní část plazmatické membrány je

elektronegativní. Pohyb iontů Cl^- do buňky je tím velmi omezen (Kohlíková, Bartůňková, Melichna, Smitka, & Vránová, 2003).

2.1.2 Iontové kanály

Podle mechanismu řízení funkce iontových kanálů rozlišujeme pět základních skupin (Kohlíková et al., 2003).

Iontové kanály stále otevřené – Tyto kanály jsou vlastně póry v membráně tvořené transportními bílkovinami. Uvnitř takové bílkoviny je vodou naplněný kanál, kterým difundují malé molekuly. Ty se pohybují podle koncentračního spádu a pokud nesou elektrický náboj, je jejich pohyb ovlivňován i membránovým potenciálem. Tím je dosaženo selektivity kanálu pro určité částice. Vnitřní tvar kanálu se mění spontánně s vysokou frekvencí mezi otevřeným a uzavřeným stavem. Selektivita je ovlivněna i průměrem kanálů. Pro ionty sodíku, které jsou více hydratovány, jsou kanály větší, než pro draslíkové kationty (Kohlíková et al., 2003).

Iontové kanály řízené napětím – Jsou charakterizovány možností změny jejich propustnosti pro určité ionty. Ke změně propustnosti dochází v důsledku konformační změny proteinové molekuly, tvořící kanál. Tento tvar mění napěťové kanály v důsledku změn elektrického potenciálu na plazmatické membráně. Silný negativní náboj na vnitřní straně plazmatické membrány buněk udržuje kanály pro Na^+ nebo K^+ ionty uzavřené. Jakmile však začne tato negativita klesat, kanály se otevrou (pro sodíkové ionty rychleji, pro draselné pomaleji). Kanál pro ionty Na^+ má dvě uzavírací záklopy, a sice na vnější straně membrány aktivační, na vnitřní straně inaktivační. Inaktivační záklopka se znovu otevírá až když se obnoví klidový membránový potenciál. Klidový stav sodíkového kanálu odpovídá tedy klidovému membránovému potenciálu, jehož hodnota je -90 mV . Tyto kanály se rychle otevírají při vzniku depolarizace, resp. akčního potenciálu. Draslíkové kanály mají záklopku intracelulárně a otevírají se v době, kdy Na^+ kanály jsou již opět uzavřeny a tím se výstupem K^+ iontů z buňky urychluje následný repolarizační proces (Kohlíková et al., 2003).

Iontové kanály řízené chemicky – Tyto kanály jsou založeny na vzájemném ovlivnění receptoru a iontového kanálu. Rozlišují se dva typy těchto iontových kanálů. Buď je receptor bezprostředně součástí kanálu, příkladem je klasický nikotinový acetylcholinový receptor postsynaptické membrány kosterního svalu (na motorické ploténce), anebo receptor ovlivňuje propustnost iontového kanálu prostřednictvím G-proteinu, a to buď přímo, nebo pomocí dalších vyvolaných reakcí (aktivace proteinkinázy cAMP) (Kohlíková et al., 2003).

Iontové kanály řízené napětím i chemicky (pomalé kanály) – Tyto kanály pro Na^+ a K^+ ionty se nalézají v myokardu. Kanály se otevírají vlivem depolarizace, ale doba jejich otevření závisí i na ovlivnění receptorů (Kohlíková et al., 2003).

Iontové kanály řízené mechanicky – Tyto kanály jsou citlivé na „napnutí“ cytoskeletu. Jsou součástí mechanoreceptorů (vestibulárního aparátu). Natažením membrána otevírá iontový kanál. Mechanické spojení mezi kanálem a membránou je zprostředkováno mikrofilamentem, jakousi strunou (Kohlíková et al., 2003).

2.1.3 Transportní děje na membránách

Plazmatická membrána je vybavena třemi základními typy specifických transportních systémů. Pasivním transportem, který probíhá bez spotřeby energie, aktivním transportem, který potřebuje energii a transportem spojeným s přeměnou transportované sloučeniny. Transport uskutečňuje systém bílkovin a enzymů, přičemž ve všech případech je vazba přenašeče s molekulou substrátu specifická (Kohlíková et al., 2003).

Pasivní transport probíhá prostou difúzí podle koncentračního gradientu látky. Tímto mechanismem však může procházet membránou jen velmi malé množství látek o málo polární molekule. Také voda prochází volně podle koncentrace látek. Podle velikosti molekuly voda difunduje přes membránu třikrát rychleji než močovina a více než osmkrát rychleji než glukóza (Kohlíková et al., 2003).

Aktivní transport je bezprostředně spojen se spotřebou ATP. Přenos je jednosměrný a probíhá proti koncentračnímu spádu. Důležitou funkcí plazmatické membrány je udržení koncentrace iontů Na^+ a K^+ . V membráně je totiž přítomna tzv. $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ - pumpa, která je aktivována ATPázou. Tento přenašeč (fosfoprotein) transportuje vždy tři sodné ionty z buňky a dva draselné ionty dovnitř na každou rozštěpenou makroergní vazbu ATP. Tento transport iontů je podmínkou vzniku klidového membránového potenciálu. Existuje i tzv. sekundární aktivní transport (spřažený transport – symport nebo antiport), který zajišťuje taktéž přenos látek proti koncentračnímu spádu, avšak je spřažen s prostupem jiné látky, například iontu po koncentračním gradientu. Tímto způsobem jsou pomocí iontů Na^+ přenášeny cukry a aminokyseliny (symport v poměru 1:1). Příkladem antiportu může být výměna iontů Na^+ a Ca^{2+} mezi buňkou a prostředím. Jeden vypumpovaný kalciový iont z buňky předpokládá vstup tří iontů sodných (antiport v poměru 1:3). Na^+ ionty musí následně z buňky odstranit již zmíněná $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ - pumpa, potřebující k funkci ATP (Kohlíková et al., 2003).

Aktivní transport spotřebovává značné množství energie, až desítky procent (ve vysoce aktivních buňkách činí spotřeba až 70 % z celkové energie), kterou má buňka k dispozici. Udržení stálosti vnitřního prostředí je tedy energeticky velmi náročné. Přenašečem je bílkovina enzymového charakteru. Energie je potřebná k vytvoření vazby přenašeče se substrátem a ke strukturním změnám molekuly přenašeče, které se projeví jeho specifickou afinitou. Komplex přenašeč-substrát prochází bariérou membrány. Na druhé straně se enzymově transportovaný substrát uvolní z vazby na přenašeč (Kohlíková et al., 2003).

Kapénky, agregáty molekul nebo i celé buňky mohou být vpravovány do buněk na základě pinocytózy nebo fagocytózy. Exocytózou se naopak látky z buňky vydávají. Při fagocytóze, která patří k důležitým obranným mechanismům zabezpečovaným mikrofágy a makrofágy, se vytvářejí plazmatické výběžky – pseudopodie, kterými jsou fagocytované částice uzavřeny do váčku a transportovány do buňky, kde jsou později tráveny. Při exocytóze se naopak membránové váčky, pocházející vesměs z Golgiho komplexu, spojují s plazmatickou membránou a jejich obsah je následně vyvržen z buňky. Toto vylučování látek z buňky je spojeno s dodáváním energie a podmiňují ho i ionty Ca^{2+} (Kohlíková et al., 2003).

2.2 Fyziologie tělesných tekutin

Základní složkou živého organismu je voda. Její množství závisí na věku, pohlaví a hmotnosti. Uvádí se, že procento tělesné hmotnosti tvořené vodou je u dospělého muže 63%, u žen o 10% méně. Voda má v organismu mnoho funkcí. Působí jako transportní prostředí pro živiny, elektrolyty, hormony, krevní plyny, odpadní látky, teplo a elektrické proudy. Voda také slouží jako rozpouštědlo a vhodné prostředí pro chemické reakce probíhající v organismu (např. hydrolýza živin). Kromě toho zvlhčuje a chrání sliznice a udržuje pružnost a odolnost kůže (Rokyta, Bernášková, Kříž, Myslivečková, Paul, Stančák, Šulc, & Yamamotová, 2000).

Nejvíce vody je v krvi, svalové tkáni a kůži. Podstatně méně vody obsahují kosti (22%) a tuková tkáň (10%). Obsah vody je proto nízký u obézních jedinců. U nich tvoří pouze 45% tělesné hmotnosti. Nejméně vody má zubní sklovina, 2% (Rokyta et al., 2000).

2.2.1 Rozdělení tělesné vody

Celkově se v těle dospělého 75 kg vážícího muže nachází 45 l vody (60% tělesné hmotnosti). Voda je rozdělena do dvou hlavních prostorů, intracelulárního a extracelulárního. Intracelulární tekutina (ICW) – nitrobuněčná – tvoří 40% tělesné hmotnosti dospělého muže, tedy 66% veškeré tělesné vody. U 75 kg vážícího člověka to představuje 30 l vody. Extracelulární tekutina (ECW) – mimobuněčná – tvoří 20% tělesné hmotnosti dospělého muže (15 l vody). Extracelulární tekutina se dále dělí na tekutinu intravazální (krevní plazma) a tekutinu intersticiální (tkáňový mok) (Rokyta et al., 2000).

Složení ECW a ICW se v některých složkách vzájemně liší, stejně tak i skladba tkáňového moku a krevní plazmy. Plazma obsahuje, na rozdíl od tkáňového moku, vysoké množství bílkovin (60–80 g/l krve). Mezi ICW a ECW jsou významné rozdíly i v zastoupení některých iontů. Hlavním kationtem v ECW je Na^+ (138–148 mmol/l), K^+ je hlavním kationtem ICW (140–160 mmol/l), rozdíl je i v množství Ca^{2+} iontů (v ICW velmi nízké). Neregulovatelný růst množství vápníku v buňce je považován za jeden z projevů stárnutí buňky. V případě aniontů je vysoké zastoupení fosfátů v ICT (100 mmol/l), v ECW pouze 2 mmol/l. Hlavním aniontem ECT je Cl^- (chloridové anionty), 110 mmol/l, v ICW pouze 10 mmol/l (Merkunová & Orel, 2008).

Zvláštní postavení mezi intracelulární a extracelulární tekutinou má transcelulární tekutina, kterou můžeme charakterizovat jako extracelulární tekutinu se speciálními funkcemi. Patří k ní mozkomíšní (cerebrospinalní) mok, nitrooční tekutina, pleurální, peritoneální a perikardiální tekutina, nitrokloubní (synoviální) tekutina a sekrety trávicích žláz (Rokyta et al., 2000).

Ženy mají jinou distribuci vody než muži. Voda u nich tvoří pouze 53% tělesné hmotnosti, přičemž intracelulární tekutina představuje 32% a extracelulární tekutina 21% tělesné hmotnosti. Nižší obsah vody je způsoben tukovou tkání, které je i u neobézních žen vyšší procento než u mužů (Rokyta et al., 2000).

2.2.2 Složení tělních tekutin

Objem i složení všech tělních tekutin jsou za normálních okolností udržovány téměř na konstantních hodnotách. Kromě některých dalších orgánů se na tom podílejí především ledviny a dýchací systém. V tělních tekutinách se vyskytují elektrolyty, které rozhodují o osmotickém tlaku a pH vnitřního prostředí. Osmolalita ECW se pohybuje kolem 290 – 320

mosm/l, její pH v rozmezí 7,38 – 7,42. V ICW a ECW je různé zastoupení iontů a proteinů, které jsou ve vzájemné elektrochemické rovnováze (Rokyta et al., 2000).

Extracelulární tekutina (intersticiální tekutina – tkáňový mok) byla nazvána „milieu intérieur“ Claudem Bernardem už v minulém století. Obsahuje velké množství iontů sodíku a chlóru a relativně velké množství iontů HCO_3^- . Omývá buňky, přináší jim rozpuštěné veškeré živiny, kyslík a odplavuje odpadní látky. Tím se výrazně podílí na udržování homeostázy. Plazma navíc obsahuje velké množství bílkovin (Rokyta et al., 2000).

Intracelulární tekutina obsahuje téměř čtyřikrát více bílkovin než krevní plazma, dále relativně velké množství iontů draselných a fosfátových, ale o to méně iontů sodíku a chlóru. V buňkách se také vyskytuje velice málo iontů vápníku a jejich hladina je udržována na nízké úrovni (Rokyta et al., 2000).

V biologických systémech řídí koncentrace látek rozpuštěných v roztoku pohyb vody přes membrány a velikost buňky. Ionty rozpuštěných látek totiž vytvářejí osmotický tlak, který ovlivňuje zásadním způsobem přestup vody přes semipermeabilní membránu. Vyšší osmotický tlak vede k nasávání vody, tím se osmotický tlak zmenší, ale v daném místě se zvětší objem tekutiny. Podobnou vlastnost mají bílkoviny. Vytvářejí tlak, jemuž se říká onkotický. Onkotický tlak je pododdílem tlaku osmotického. Osmotické tlaky na membráně jsou za fyziologických podmínek v rovnováze. Extracelulární tekutina je izotonická s tekutinou intracelulární (Rokyta et al., 2000).

2.2.3 Příjem a výdej vody

Příjem a výdej vody by měl být za normálních okolností v rovnováze. Příjem vody je uskutečňován zejména nápojem, potravou či pomocí oxidačních pochodů v těle. Naopak organismus se zbavuje vody močí, kůží, plícemi a trávicím traktem. Při nedostatečném příjmu tekutin nebo naopak nadměrných ztrátách (pocením, zvracením, průjmy), může dojít k dehydrataci organismu. V opačném případě vzniká hyperhydratace. Dehydratací jsou ohroženi především starší lidé a kojenci (Rokyta et al., 2000).

2.2.4 Regulace příjmu vody

Bez vody vydrží organismus velmi krátce. Už po dvou dnech nastávají závažné poruchy homeostázy. Informace o tom, kolik je v těle vody, podávají dvě skupiny receptorů.

Osmoreceptory, které reagují na změnu osmotického tlaku a objemové receptory (volumoreceptory), které reagují na změnu objemu tělní tekutiny (Rokyta et al., 2000).

Příjem vody je řízen hypotalamem, v němž je lokalizováno centrum žízně. Vlastní řízení umožňuje hormon hypofýzy – vazopresin (antidiuretický hormon – ADH). Vzniká v hypotalamu jako reakce na zvýšenou aktivitu centra pro žízeň, axonálním prouděním se dostává do zadního laloku hypofýzy a odtud je vylučován do krve. Zajišťuje vstřebávání vody v distálním tubulu a ve sběracím kanálku ledvin. Druhým hormonem, který se podílí na vstřebávání vody nepřímo, je mineralokortikoid aldosteron, hormon kůry nadledvin, vyvolávající zpětnou resorpci sodíku v distálním ledvinovém tubulu a sběracím kanálku. Se sodíkem se pasivně vstřebává i voda. Aldosteron se vyplavuje jako odpověď na aktivaci angiotenzinu II na podnět z juxtaglomerulárního aparátu ledvin, kde jsou uloženy senzorické buňky – volumoreceptory a buňky monitorující hladiny Na^+ a Cl^- (Rokyta et al., 2000).

Jediným hormonem zvyšujícím vylučování vody v organismu je atriální natriuretický faktor (ANF), který se tvoří při zvýšeném objemu cirkulující tekutiny v srdečních předsíních. Chrání srdce před objemovým přetížením (Rokyta et al., 2000).

2.2.5 Koloběh vody mezi orgány

Mezi různými orgánovými systémy existuje koloběh vody. Například trávicích šťáv se vyloučí denně do trávicí trubice 8 - 9 litrů, ale část se pak zpětně vstřebává v tenkém a tlustém střevě, takže stolicí se vyloučí pouze 100 ml vody. Ještě větší a významnější oběh vody je v ledvinách – glomerulární filtrací se vytvoří 170 litrů primární moči, z toho se 168,5 litru vstřebá zpět do krve a do moči se vylučuje pouze 1,5 l vody. Oběh mezi krví a mozkomíšním mokem je málo významný, stejně jako výměna vody mezi krví a oční tekutinou (Rokyta et al., 2000).

2.2.6 Posuny v tělesné vodě při příjmu různě osmoticky aktivních roztoků

Příjem izotonické tekutiny, např. fyziologického roztoku (0,9% NaCl) – většina přidaného objemu zůstane v extracelulárních prostorech. Nezmění se totiž koncentrace iontů ani osmotický tlak, tedy není nic, co by způsobilo pohyb tekutiny přes membrány. Toho se využívá především při rehydrataci organismu (Rokyta et al., 2000).

Příjem hypotonické tekutiny (s nižší osmolalitou než má ECW) – voda se nasává do buněk a způsobuje jejich otok. Ten prodlužuje difúzní dráhu pro kyslík a nastává jeho nedostatek v energetickém metabolismu. Na intracelulární otok je nejvíce citlivý mozek (Rokyta et al., 2000).

Příjem hypertonického roztoku způsobí přebytek iontů v extracelulární tekutině a podle Donnanovy rovnováhy začne voda přestupovat z buněk ven. Pocit žízně vzniká vždy, když se ztrácí intracelulární tekutina (Rokyta et al., 2000).

2.3 Acidobazická rovnováha a její udržování

Složité chemické reakce, aktivita enzymů, funkce membrán, přesuny iontů a udržení elektrických potenciálů jsou možné pouze v roztocích, jejichž složení je stálé. Stálostí rozumíme nejen koncentraci roztoků, jejich teplotu, ale i jejich reakci – kyselost nebo zásaditost. Vztahy a závislosti ovlivňující reakci tělesných tekutin popisuje acidobazická rovnováha (Rokyta et al., 2000).

Existují tzv. „Nárazníkové systémy“ (pufry, ústojné roztoky), které jsou schopné zabránit změnám pH i po přidání určitého množství kyseliny nebo zásady do roztoku. Jakmile přibývá iontů H^+ v roztoku, nárazník (slabá báze) je vyváže, jakmile množství iontů H^+ v roztoku klesá, nárazník (slabá kyselina) je uvolní. V obou případech ke změně pH nedojde (Merkunová & Orel, 2008).

2.3.1 Acidobazická rovnováha roztoků

Čistá voda obsahuje jen malé množství disociovaných molekul. Disociací vznikají kladně nabití ionty H^+ a negativně nabití ionty OH^- . Jejich množství je vyrovnané, voda má neutrální reakci. Koncentrace iontů H^+ v 1 litru dosahuje hodnoty 10^{-7} . Součin obou koncentrací se nazývá disociační konstanta (K_a). Voda má tuto konstantu:

$$K_a = 10^{-7} * 10^{-7} = 10^{-14}$$

Kyselina je látka s přebytkem iontů H^+ , zvyšuje jejich koncentraci v roztoku. Zásada naopak ionty H^+ přijímá, snižuje jejich množství v roztoku. Pokud v roztoku převažují ionty H^+ , říkáme, že je kyselý, při převaze iontů OH^- jej označujeme jako zásaditý. Koncentrace H^+ iontů v roztoku se také označuje jako reakce roztoku. Může tedy být kyselá, neutrální nebo zásaditá. Pro snadnější vyjádření vzájemného poměru H^+ a OH^- v roztocích se používá

symbolu pH – záporný logaritmus koncentrace vodíkových iontů v roztoku ($\text{pH} = -\log \text{H}^+$) (Rokyta et al., 2000).

Při neutrální reakci, kdy koncentrace $\text{H}^+ = 10^{-7}$, je $\text{pH} = -\log 10^{-7} = 7$. Při koncentraci $\text{H}^+ = 10^{-4}$ (značný přebytek iontů H^+) je $\text{pH} = 4$, při snížení H^+ na 10^{-8} je $\text{pH} = 8$. Snížení pH o jednu jednotku znamená desetinásobné zvětšení množství iontů H^+ , zvýšení pH o jednu jednotku naopak představuje snížení na desetinu původní koncentrace. Normální hodnota pH krve činí 7,35 – 7,4. Intracelulární tekutina má pH poněkud nižší. Kyseliny a obdobně i zásady mohou být zcela ionizovány – označují se jako silná kyselina, silná zásada (HCl, NaOH), nebo jsou ionizovány jen z části a pak jsou to slabé kyseliny nebo slabé zásady. Soli silné kyseliny a slabé zásady mají přebytek iontů H^+ a vytvářejí tak kyselý roztok, naopak soli slabé kyseliny a silné zásady vytvářejí roztok s přebytkem iontů OH^- , tedy zásaditý (Rokyta et al., 2000).

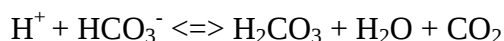
Reakce (neboli pH) nárazníkového systému je vyjádřena Hendersonovou-Hasselbalchovou rovnicí:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log_{10} \frac{\text{solí silné zásady}}{\text{slabá kyselina}}$$

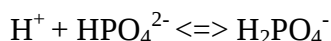
Kapacita nárazníkového systému – schopnost udržet nezměněné pH při přebytku nebo nedostatku H^+ iontů – je přímo úměrná koncentraci příslušných složek a množství roztoku (Rokyta et al., 2000).

2.3.2 Acidobazická rovnováha tělesných tekutin

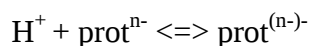
Při obvyklém metabolismu se v těle za 24 hodin vytvoří látkovou přeměnou asi 13 000 – 20 000 mmol H^+ iontů. To je množství, které by zcela změnilo reakci tělních tekutin a posunulo by ji do kyselé oblasti. Při udržování pH tělních tekutin jsou vznikající ionty H^+ neustále vázány v nárazníkových systémech (pufrech) a dále je organismus nepřetržitě odstraňuje z tělesných tekutin do okolního prostředí. Základním mechanismem vážícím ionty H^+ v tělesných tekutinách je reakce rozpuštěného CO_2 (slabá kyselina uhličitá) s volným přestupem iontů H^+ za současné tvorby molekuly vody. Průběh reakce je oboustranný a urychluje ji enzym karboanhydráza:



Dalším významným systémem napomáhajícím udržet stabilní pH v organismu, je fosfátový nárazníkový systém:



Důležitý je i systém bílkovinný, v němž jsou aktivní bílkoviny krevní plazmy a hemoglobin:



Všechny tyto reakce probíhají oboustranně. Pokud přibývá iontů H^+ , nárazníky je na sebe váží, pokud iontů H^+ ubývá, nárazníkové roztoky je uvolňují a pH se téměř nemění. Kapacita nárazníků však není neomezená. Konečný vliv na stabilitu pH mají zejména ledviny a plíce, jimiž se kyselé nebo zásadité ionty vylučují do okolního prostředí (Rokyta et al., 2000).

2.3.3 Vylučování iontů H^+ do okolního prostředí

Jedním z nejdůležitějších systémů, které odstraňují ionty H^+ z organismu, jsou ledviny; pH moči může dosáhnout hodnoty až 4,4, což představuje tisícinásobný rozdíl v koncentraci vodíkových iontů oproti plazmě (pH = 7,4). Mechanismus vylučování vodíkových iontů v ledvinách spočívá ve vzájemné reakci mezi CO_2 , který je obsažen v krvi ve formě disociované kyseliny uhličitě (HCO_3^- a H^+). Záporné ionty (HCO_3^-) jsou reabsorbovány z tubulů ledvin a vracejí se zpět do oběhu. Tvorba a ionizace (za přítomnosti karboanhydrázy) v tubulárních buňkách ledvin probíhá za zpětného vstřebávání iontu Na^+ z filtrované primární moči a jeho výměnou za iont H^+ . Tímto pochodem se jednak šetří ionty Na^+ v těle, jednak se organismus zbavuje přebytku kyselých iontů (Rokyta et al., 2000).

V ledvinových tubulech je i určité množství iontů H^+ secernováno do tubulární tekutiny proti koncentračnímu spádu. V ledvinách je dalším důležitým pochodem vylučování iontů kyseliny fosforečné $\text{HPO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4$. Při přetrvávající acidóze vnitřního prostředí se objevuje i tvorba NH_4 a jeho vylučování do moči. Zvýšená acidóza plazmy umožňuje zvýšené vylučování iontů H^+ , neboť se snižuje gradient, proti kterému musí tubulární buňky ledvin aktivně přenášet ionty. Překonávání tohoto gradientu je energeticky velmi náročné (Rokyta et al., 2000).

Velmi významný podíl na odstraňování iontů H^+ mají plíce. V plicích probíhá odstraňování CO_2 podle tlakového spádu. CO_2 má v krvi přitékající do místních kapilár vyšší tlak, než je parciální tlak CO_2 v alveolárním vzduchu. Krev přenáší CO_2 jednak ve formě plynu rozpuštěného v krevní plazmě (10 % objemu). Zbytek CO_2 je vázán na HCO_3^- , jehož obsah kolísá mezi 60 – 80 % objemu v arteriální a venózní krvi. Poslední část je vázána na krevní bílkoviny (10 – 20 %). Při přestupu CO_2 z krve do alveolů ubývá v plazmě disociované kyseliny uhličitě ($\text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$), a tím se zvyšuje i pH (Rokyta et al., 2000).

Koncentrace CO_2 a pH krevní plazmy ovlivňují chemoreceptory. Informace z chemoreceptorů působí tlumivým nebo excitačním vlivem na dýchací centrum v prodloužené míše. Velikost ventilace spolu s intenzitou metabolismu přímo ovlivňují

parciální tlak plynů v alveolárním prostoru, a tím i vylučování CO_2 z organismu. Jestliže je tkáňová produkce oxidu uhličitého stejná jako jeho eliminace plícemi, nemění se pH krve a vnitřního prostředí. Zvýšení nebo snížení ventilace při konstantní produkci CO_2 mění pH krve charakteristickým způsobem. Při hyperventilaci vzniká respirační alkalóza, při hypoventilaci respirační acidóza. Za fyziologických podmínek jsou však tyto změny rychle korigovány aktivitou chemoreceptorů, centra a následně přizpůsobením velikosti alveolární ventilace (Rokyta et al., 2000).

2.3.4 Klinické obrazy poruch acidobazické rovnováhy

Poruchou acidobazické rovnováhy bývá nejčastěji výchylka na kyselou stranu – acidóza (Rokyta et al., 2000).

Nastává v případě, že pH tepenné krve klesne, navzdory nárazníkům a orgánovým kompenzacím, pod hodnotu 7,36. Projevem rozvinuté acidózy je povšechný a hluboký útlum nervového systému, který vede k naprosté dezorientaci, bezvědomí až smrti (Merkunová & Orel, 2008).

Při patologických změnách lze rozlišit acidózu metabolickou a respirační. Metabolická acidóza bývá způsobena buď zvýšeným přívodem nebo tvorbou kyselin, nemožností vyloučení kyselin ztrátami hydrogenovaných karbonátů či aplikací infuzí bez nárazníků. Respirační acidóza je zapříčiněna poklesem alveolární ventilace. Důvody těchto kyselostí mohou být různé (centrální, periferní s nedostatečnou funkcí plic včetně plicní perfuze nebo poruchou svalového a kosterního aparátu respiračního systému). CO_2 se plícemi vylučuje v menším množství, než je metabolicky vytvářen, jeho parciální tlak v alveolárním vzduchu stoupá a následně i v krvi (Rokyta et al., 2000).

Alkalóza se vyvíjí v případě, že pH tepenné krve stoupne, navzdory nárazníkům a orgánovým kompenzacím, nad hodnotu 7,44. Důsledkem je zvýšená dráždivost centrální i periferní nervové soustavy, urychlený a opakovaný přenos vzruchů neurony, spontánní vznik vzruchů, který se projevuje podrážděností, svalovými stahy až křečemi, při jejím prohloubení může nastat i smrt (Merkunová & Orel, 2008).

Alkalózu, která bývá méně častá lze při patologických stavech opět rozlišit na metabolickou a respirační. Metabolická je v tomto případě způsobena ztrátami silných kyselin, přebytkem bází, ztrátami iontů Cl^- (při léčbě diuretiky), přesunem iontů K^+ do extracelulární tekutiny či reakcí na náhlé odstranění déletrvající acidózy. K respirační dochází v případě, kdy je ventilací odstraněno více CO_2 , než vzniká metabolismem. Příčina může být

centrální (např. při výškové hypoxii), reflexní, při intoxikacích, při umělé ventilaci. Parciální tlak CO₂ v krvi klesá pod 40 mm Hg (Rokyta et al., 2000).

Na kompenzaci odchylky pH se obvykle účastní opačný systém, než ten, který poruchu vyvolal. Např. metabolická acidóza je kompenzována respirací, tedy zvýšením alveolární ventilace. Kompenzační mechanismy obvykle upraví pH směrem k normální hodnotě, ale úplně ho nenormalizují (Rokyta et al., 2000).

2.4 Fyziologie imunitního systému

Imunitní systém patří spolu s nervovým a endokrinním k základním řídicím systémům organismu. Tyto tři systémy se stýkají a spolupracují na různých úrovních. Úkolem imunitního systému je udržování integrity a homeostázy organismu v různých zátěžových situacích, především při infekci a jiných onemocněních (například při nádorovém bujení). Významnou roli hrají i při stárnutí (Rokyta et al., 2000).

Určitá schopnost obrany se objevuje už u prvoků (pohlčení – ingesce – mikroorganismu je předchůdcem fagocytózy). Hmyz má schopnost vytvářet různé virocidní, baktericidní a fungicidní látky (látky schopné zabíjet viry, bakterie a houby, které napadnou jeho organismus) a rostliny (například česnek nebo cibule) vytvářejí látky protizánětlivé, působící například proti plísním, čehož se bohatě využívá zejména v lidovém léčitelství. Nejdále však v imunitě pokročili obratlovci, u kterých se všechny tyto schopnosti v různé míře zachovaly a přibyla specifická imunita (Rokyta et al., 2000).

Nejdůležitější schopností je rozeznávání vlastního od cizího, to znamená poznávání antigenu. Antigen je komplexní molekula rozeznávaná imunokompetentními buňkami (vyzrálými buňkami imunity) jako cizí. Aby byla molekula poznána jako antigen, musí splňovat dvě podmínky. Jednak musí být dostatečně velká (pokud je příliš malá, rozezná ji organismus jako cizí až po navázání na nějaký, většinou proteinový nosič) a druhou podmínkou je dostatečná odlišnost od ostatních molekul v těle (svým chemickým složením nebo prostorovým uspořádáním). Jestliže látka splňuje oba případy, znamená to, že je antigenem a má schopnost vyvolat tvorbu protilátek, se kterými může reagovat (je antigenní). Antigenem jsou většinou proteiny, ale mohou jimi být i některé glycidy a glykoproteiny, které mají cizorodé mikroorganismy na svém povrchu. Organismus je schopný se proti mikroorganismu nesoucímu antigen bránit a používá k tomu různé prostředky, a sice prostředky nespecifické a specifické imunity (Rokyta et al., 2000).

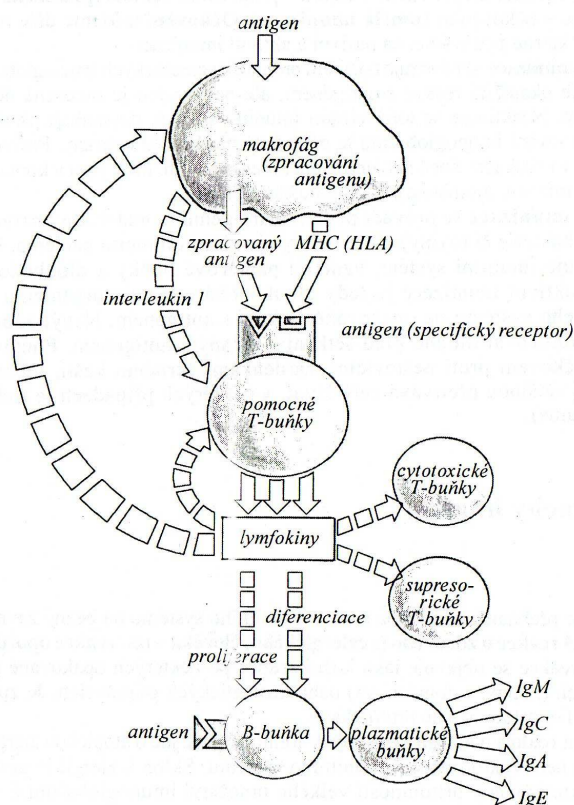
2.4.1 Lymfoidní tkáň

Obsahují lymfocyty, které jsou tvořeny v thymu, slezině, kostní dřeni, lymfatických uzlinách, lymfoidní tkáni zažívacího traktu a bronchiálního stromu plic. Všechny tyto orgány produkují různé druhy lymfocytů, které přecházejí jednak do krevních a lymfatických cév, jednak do extravaskulárních prostorů různých tkání, například vaziva. Rozeznáváme dva hlavní druhy lymfocytů, T-lymfocyty a B-lymfocyty. Lymfocyty T jsou odpovědné za buněčný typ imunity a B-lymfocyty za humorální typ imunity. Poslední produkují obranné protilátky – gama globuliny (Benda et al., 2008).

2.4.2 Řízení imunity

Většina složek imunity spolupracuje s jinými složkami, ať už nespecifické nebo specifické humorální i buněčné imunity. Příklady spolupráce bychom našli mnoho. Komplex antigen – protilátka (specifická imunita) aktivuje komplement (nespecifická imunita); protilátky (specifická imunita) často působí jako opsoniny pro různé buňky: makrofágy (nespecifická imunita) nebo cytotoxické buňky (specifická imunita) atd. Lze tedy říci, že imunita působí jako jeden celek a rozdělení je důležité spíše pro didaktické účely. Důkazem je i to, že je imunita jako jeden celek řízena jednak genetickými vlivy, zpětnou vazbou mezi jednotlivými složkami, regulací na úrovni metabolických procesů (například zvýšení teploty – horečka zvyšuje metabolismus, ale hlavně zrychluje proliferaci imunokompetentních buněk, zvyšuje tvorbu protilátek a zrychluje pohyb leukocytů), a také neurohumorálními vlivy – to znamená, že imunitu snižují například kortikoidy, stejně tak stres aktivací především sympatiku (Rokyta et al., 2000).

Rozhodující úlohu v řízení imunity mají makrofágy a pomocné T-lymfocyty (helper cells). Po zpracování antigenního materiálu makrofágem je makrofág schopen vyvěsit cizorodý antigen na svůj povrch (tzv. prezentuje antigen). Tento antigen na povrchu makrofágu současně s jeho určujícími antigeny v systému MHC = Main Histocompatibility Complex (HLA = Human Lymphocytic Antigens) aktivuje pomocné T-lymfocyty, které vytvářejí lymfokiny, jimiž napomáhají aktivaci cytotoxických a supresorických T-lymfocytů a napomáhají také proliferaci a diferenciaci B-lymfocytů. Lymfokiny zpětně aktivují makrofágy i pomocné T-lymfocyty. Aktivovaný makrofág vytváří také interleukin 1, lymfokin, který mimo jiné dále aktivuje pomocné T-lymfocyty (Rokyta et al., 2000).



Obrázek 3. Řízení imunity (Rokyta et al., 2000).

2.4.3 Lymfatický systém

Lymfatický systém je nedílnou součástí imunitního systému a také informačního systému člověka. Je to vlastně jediný systém, jenž uchovává a transportuje z těla ven škodliviny, které jednak vznikají při funkci organismu, jednak do něj vnikají z vnějšího prostředí vzduchem a potravinami. Lymfatický (mízní) oběh se velmi podobá oběhu krevnímu. Větší lymfatické cévy jsou podobné jako žíly, lymfatické kapiláry jsou rozptýleny po celém těle. Součástí tohoto systému jsou i lymfatické uzliny a orgány, jako slezina a brzlík (Dr. Natur, 2009).

Hlavní funkcí lymfatického systému je vstřebávání přebytečné tekutiny a její návrat do krevního řečiště, vázání tuků a účast na fungování imunitního systému. Uzliny zachycují nečistoty proudící lymfou a vylučují je z organismu. Lymfa tedy odvádí z těla všechny toxické látky, které naše tělo přijímá. Za normálních okolností protéká lymfatickým systémem denně zhruba čtyři litry tekutin. Obsahují vodu, bílkoviny, tuky, soli, odumřelé buňky, bakterie, látky vzniklé jako odpad metabolických procesů (Dr. Natur, 2009).

Tato speciální masáž má za úkol obnovit a zvýšit oběh lymfy. Lymfatický systém totiž nemá svoji pumpu. Jestliže nepracuje nebo je jeho činnost zpomalena, zůstávají zbytky látkové výměny v tkáních. Tukové buňky zvětšují svůj objem, vytvářejí se tukové polštářky, pomerančová kůže a otoky. Pomocí cíleného masážního tlaku a směru je možné lymfu aktivovat a dosáhnout odplavení škodlivin z těla ven. Lymfodrenážní masáž by měl provádět lymfoterapeut, který jemnou a přesně určenou technikou manuální lymfodrenáže odblokuje hlavní uzliny a odvede drenážovanou tekutinu vylučovacím systémem z těla ven. Tato metoda je přirozená a lékařsky zdůvodněná. Je nejen účelná, ale navíc velice příjemná a relaxační (Dr. Natur, 2009).

2.4.4 Anatomie mízního (lymfatického) systému

Soustava mízní se skládá z mízních kapilár, cév, kmenů a mízních uzlin. Mízní kapiláry začínají slepými, rozšířenými konci v mezibuněčných prostorech tkání. Stavbou cévní stěny se v podstatě neliší od krevních kapilár. Mízní cévy (vasa lymphatica – kolektory) vznikají spojováním sítí mízních kapilár. Jejich stěna má stavbu odpovídající žilní stěně, včetně drobných chlopní tvořených endotelem. Chlopně usnadňují proudění lymfy a za fyziologických podmínek brání zpětnému toku mízy. Při chorobném zničení chlopní je možný zpětný tok mízy (Riegerová, 2008).

V průběhu lymfatických cév jsou mízní uzliny (nodi lymphatici), které mají filtrační a imunologickou funkci. Většina uzlin vytváří skupiny, kterými protéká lympa z určité oblasti těla, orgánu nebo jeho části (uzliny regionální a orgánové). Infekce a nádorové buňky se šíří především lymfatickými cestami. V lymfatických uzlinách jsou přítomny B-lymfocyty, které při své imunitní odpovědi předávají do oběhu protilátky a T-lymfocyty, které reagují na rozpoznaný antigen přímo a cizí buňku zneškodňují lymfotoxiny. Jsou zde přítomny i plasmatické buňky, které syntetizují protilátky proti konkrétnímu antigenu. Takto zneškodněné cizorodé buňky jsou snáze pohlceny (fagocytovány) makrofágy. Při setkání uzliny s masivnější infekcí dojde k jejímu zduření, což odpovídá mnohočetné proliferaci v zárodečných centrech lymfatických uzlin. Do lymfatického řečiště jsou mízní uzliny zařazeny stupňovitě. Lymfatický systém tak představuje důležitou bariéru, bránící průniku infekce tkáněmi a aktivně vychytávající veškerý cizorodý materiál prošlý stěnou orgánů (Riegerová, 2008).

Mízní cévy nejsou vytvořeny v epitelárním pokryvu sliznic a v mozkové tkáni. Minimální množství mízních cév je ve slezině, játrech a kostní dřeni. V těchto orgánech nahrazují mízní drenáž krevní cévy (Riegerová, 2008).

Míza, nebo-li lymfa je mléčně zakalená tekutina, která obsahuje velké množství lymfocytů a je tedy nedílnou součástí imunitního systému. Vzniká přestupem tkáňového moku stěnou mízní kapiláry do jejího nitra. Prostředníky přestupu jsou mezibuněčné prostory vyplněné řídkým vmezeřeným vazivem. V hlavním mízovodu je asi 40 000 i více lymfocytů, v 1 mm³, které jsou vychytávány ve slezině, v mízních uzlinách a kostní dřeni. Do mízních kapilár ve střešní stěně se rovněž vstřebávají ve vodě rozpustné živiny a jako mikroskopické kapénky i ve vodě nerozpustné tuky (bělavá lymfa – chylus). Pohyby lymfy závisí na rychlosti její tvorby v sítích mízních kapilár, na pohybech svalstva v oblasti mízních cév, na změnách nitrobřišního tlaku a dýchání. Mohou být také ovlivněny změnami napětí stěn mízních cév nervovou cestou (autonomní nervy). Lymfatickou tkáň v orgánech představují lymfatické uzlíky roztroušené ve slizničním vazivu orgánů, nejvíce v trávicí trubici, horních cestách dýchacích a v močových cestách (Riegerová, 2008).

Mízní kmeny (trunci lymphatici) se formují z velkých mízních cév (kolektorů). Hlavní mízní kmeny – hrudní mízovod (ductus thoracicus) a pravý lymfatický kmen (truncus lymphaticus dexter) ústí do žilního oběhu v oblasti žilního úhlu (angulus venosus). Největším mízním kmenem je hrudní mízovod (ductus thoracicus). Začíná vakovitým rozšířením v břišní dutině ve výši Th12 – L1 za aortou soutokem párových bederních kmenů (trunci lumbales) a nepárového kmene střevního (truncus intestinalis). S aortou vstupuje do hrudní dutiny až k Th4. Zde se od aorty odděluje a přikládá se k jícnu. Po levé straně jícnu vystupuje k C7 a ústí do žilního úhlu, který je vytvořen soutokem levé hrdelnice a levé žíly podklíčkové (vena jugularis sinistra et vena subclavia sinistra). Bederní kmeny (trunci lumbales) vznikají spojením vývodných cév bederních mízních uzlin, ležících po obou stranách břišní aorty. Kmen střevní (truncus intestinalis) přivádí do hrudního mízovodu mízu z orgánů trávicí soustavy. Další přítoky hrudního kmene přivádí mízu z levých plic, levé pleurální dutiny a mediastina. Dále mízu z levé horní končetiny a levé poloviny hrudníku, levé poloviny hlavy a krku. Hrudní mízovod tak odvádí pomocí svých přítoků mízu ze tří čtvrtin těla. Lymfatický kmen pravý (truncus lymphaticus dexter) se vlévá do pravého soutoku žíly hrdelní a podklíčkové (angulus venosus dexter). Vzniká spojením pravého mízního průduškového kmene, pravého mízního podklíčkového kmene a pravého mízního hrdelního kmene (Riegerová, 2008).

Pro celou soustavu, která vytváří uzavřený systém je velmi důležitý tělesný pohyb. Při jeho nedostatku se totiž krev městná v žilách na nohou, což vede k otokům a vzniku křečových žil (Riegerová, 2008).

2.4.5 Systém lymfatických cév

Lymfatické cévy morfologicky rozdělujeme na lymfatické (mízní kapiláry), sběrné mízní cévy – kolektory a mízní kmeny. Lymfatické cévy jsou přítomny téměř ve všech tkáních těla. Nebyly nalezeny v avaskulárních strukturách, jako jsou vlasy, nehty, epidermis, rohovka, sklivec, čočka a některé druhy chrupavky. Dále nebyly nalezeny v nervové tkáni, kostní dřeni a v nitru jaterního lalůčku. Velké množství lymfatických cév obsahuje tuk a podkožní vazivo. V klinice je pro lymfatické cévy používáno obecného názvu lymfatika. Lymfatické cévy často probíhají spolu s nervy a krevními cévami (Benda et al., 2008).

Tkáňové prostory, které nemají endotelovou výstelku, ale jsou tvořeny pomocí elastických a kolagenních vláken, se nazývají prelymfatika. Tato vlákna ohraničují a vytvářejí v tkáních kanály, ve kterých teče tkáňový mok. Nejsou to tedy anatomicky svou strukturou lymfatické cévy, ale svým prostorovým uspořádáním připomínají též trubici, která usnadňuje tok tkáňového moku do lymfatické kapiláry. Někteří lyfologové prelymfatika nepovažují za samostatnou morfologicko-funkční jednotku. Neuznávají je (Benda et al., 2008).

2.4.5.1 Lymfatické kapiláry

Lymfatické kapiláry (iniciální lymfatické cévy) začínají slepě ve tkáňových prostorech, nejčastěji v řídkém intersticiálním vazivu, ve formě váčků, z kterých plynuce přecházejí do tubicového tvaru. Zde vzájemně anastomozují a vytvářejí síť – rete lymphocapillare. Utváření sítě závisí na struktuře tkáně, ve které jsou kapiláry uloženy. Plošné síť jsou vytvořeny například v pleuře, perikardu, peritoneu, prostorové síť jsou ve svalech nebo ve stěně střeva. Průsvit lymfatických kapilár se pohybuje od 10 do 100 mikronů. Lymfatické kapiláry mají většinou širší průsvit než kapiláry krevní (Benda et al., 2008).

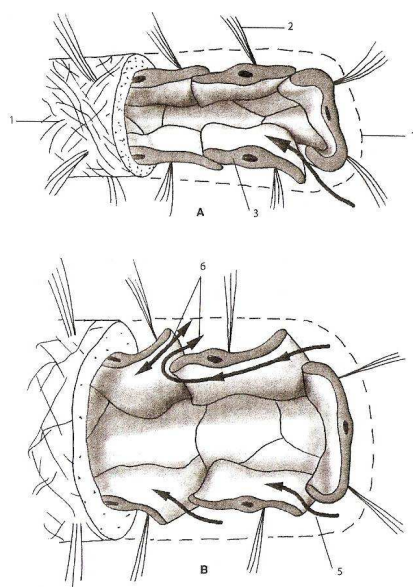
Stěna lymfatických kapilár se skládá z jedné vrstvy endotelových buněk a z nedokonale vytvořené lamina basalis. Tato bazální membrána je narozdíl od bazální membrány krevních kapilár nesouvislá, pervorovaná – fenestrovaná a může místy úplně chybět. Endotelové buňky obsahují jádro a vybíhají v tenké výběžky. Na rozdíl od krevních

kapilár nejsou v zevní vrstvě stěny lymfatické kapiláry zvláštní buňky – pericyty, které přispívají ke kontrakci krevních kapilár. Pericyty u lymfatických kapilár chybí a jejich funkce je nahrazována tím, že endotelové buňky jsou samy schopny pomalé kontrakce. V posledních letech se přichází na to, že endotelovými buňkami (endotelové junkce, interendoteliální junkce) jsou tvořeny jednoduchými kontakty typu „end to end“, tedy konec ke konci, kdy se jednotlivé výběžky sousedních buněk dotýkají nebo se okraje jednotlivých buněk přes sebe překládají. Endotelové spoje se kontrakcí endotelových buněk uvolňují a vznikají tak místy interendotelové kanály a ve vyšším stupni i mikroskopické štěrby mezi endotelovými buňkami – anglicky „gaps“. Díky tomuto pochodu mají kapiláry uzavřené nebo otevřené junkce. Vyskytují se v obou formách současně a jejich uzavření či otevření závisí na množství tekutiny, obsahu bílkovin, tlaku mezibuněčné tekutiny a funkčním stavu vláken basální membrány. Přes tyto kanály a gaps do lymfatických kapilár vstupuje do lumen lymfatické kapiláry tkáňový mok s vysokomolekulárními látkami a buňkami jako jsou makrofágy, lymfocyty a leukocyty. Endotelové buňky obsahují v cytoplasmě též řadu typických organel včetně mikropinocytových měchýřků, tak jak jsou patrné i v krevních endoteliích. Tyto měchýřky a v nich obsažené soluty a proteiny se narozdíl od krevních cév pohybují pouze od abluminální (tkáňové) k luminální části endotelové stěny, kde se otvírají a vyprazdňují svůj obsah do lumen lymfatických kapilár. V krevních kapilárách je narozdíl od lymfatických kapilár posun těchto měchýřků možný oběma směry. Proces se nazývá mikropinocytóza a slouží k látkové výměně mezi tkání a lymfatickou kapilárou (Benda et al., 2008).

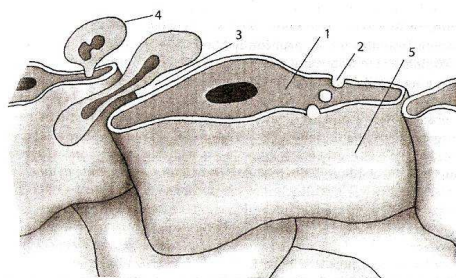
Bazální membrána, tvořící plášť endotelové trubice je neúplná a tvořena dvěma zónami. Zevní fibrozní, vytvářenou delikátními vlákny retikulárního a elastického charakteru a vnitřní, tvořenou menším množstvím základní mezibuněčné substance. Souborným názvem se obě zóny též označují jako extracelulární matrix. Vlákná probíhají cirkulárně a podélně ve formě nepravidelné sítě od níž pak do okolního intersticia odstupují radiální vlákna, která byla již dříve popsána jako zakotvující ligamenta. Jedním koncem jsou zakotvena v perilymfatické tkáni, druhým koncem až na endotelu lymfatické kapiláry. Jejich hlavní funkcí je udržet lymfatickou kapiláru stále otevřenou a nedovolit vzniku kolapsu lymfatik, i při přítomnosti edému. Síťovitá struktura bazální membrány dovolí, aby tkáňový mok s vysokomolekulárními látkami a buňkami proudil z intersticia do iniciálních lymfatik. Lymfatické kapiláry jen ojediněle obsahují chlopně (Benda et al., 2008).

2.4.5.2 Lymfatické prekolektory

Jsou též nazývány lymfatickými postkapilárami. Tyto lymfatické cévy jsou místy strukturálně podobny kapilárám, místy kolektorům. Polovina cévy má všechny znaky lymfatické kapiláry, druhá, kde jsou ve stěně cévy přítomna svalová vlákna a více vazivových vláken se podobá kolektorům. Obsahují již značné množství chlopní. Ze sítí lymfatických kapilár a prekolektorů se sbírají sběrné mízní cévy – *collectores lymphatici*. Tyto kolektory po různě dlouhém průběhu vstupují do lymfatických uzlin jako *vasa afferentia* a z uzlin vycházejí jako *vas efferens*. Pro lymfatické kolektory je tedy typická přítomnost chlopní, většinou párově uspořádaných, vzdálených od sebe 6-8 mm. Mohou dosahovat délky 2-4 cm a v ductus thoracicus cca 10 cm. Úsek mezi dvěma chlopněmi se nazývá lymphangion. Makroskopicky jsou lymfatické kolektory charakterizované svým nepravidelným průsvitem s koráلكovými vyklenutími cévní stěny. Mízní kolektory mají vytvořenou trojvrstevnou stěnu, skládající se z vnitřní endotelové vrstvy – *tunica intima*, střední svalové vrstvy – *tunica media* a zevní vazivové – *tunica adventicia*. Stěna lymfatických cév je podstatně slabší než nacházíme u krevních cév. Hladká svalovina v tunica media slabších kolektorů může být tvořena jen několika svalovými buňkami, u silnějších kolektorů to bývá jedna vrstva svalových buněk (horní končetina), nebo vrstvy dvě (dolní končetina) (Benda et al., 2008).



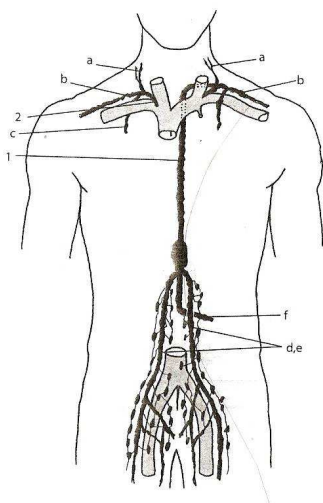
Obrázek 4. Schéma lymfatické kapiláry (A – za fyziologických podmínek, B – při lymfedému) (Benda et al., 2008).



Obrázek 5. Možné cesty transportu buněk a intersticiální tekutiny přes stěnu lymfatické kapiláry (Benda et al., 2008).

2.4.5.3 Mízní kmeny – trunci lymphatici

Vznikají spojením vasa efferentia odvodných lymfatických cév velkých skupin mízních uzlin na krku, v hrudníku a břiše. Svoji stavbou jsou podobné malým žilám. Stěny mízních kolektorů a mízních kmenů jsou vyživovány slabými krevními kapilárami – vasa vasorum, které jsou větvemi okolních krevních cév (Benda et al., 2008).



Obrázek 6. Schéma hlavních lymfatických kmenů (Benda et al., 2008).

2.4.6 Inervace lymfatických cév

Nervová vlákna, která byla na lymfatických cévách prokázána jsou cholinergní (většinou vasodilatační) a adrenergní (vasokonstrikční). Dále zde byla popsána inervace peptidergická. Na postgangliových sympatických zakončeních byly lokalizovány následující transmittery. Noradrenalin, serotonin, neuropeptid Y (NPY). Na postgangliových

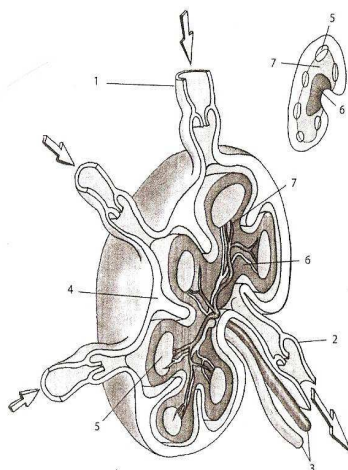
parasympatických vláknech byl detekován acetylcholin a vasoaktivní intestinální peptidy – VIP. Nervová vlákna jsou přítomna v adventicii a v silnější svalovině lymfangiomů. Hustota vláken je zde však ve srovnání s cévami krevními podstatně menší. Hustá inervace byla prokázána hlavně na lymfatických cévách břišních orgánů. Neuromuskulární kontakt na lymfangiomech není fixní. Nervové vlákno (axon) se povrchově dotýká svalové buňky lymfangiomu a tvoří neuromuskulární kontakt, který se během kontrakce lymfangiomu posunuje (Benda et al., 2008).

2.4.7 Lymfatická uzlina – nodus lymphaticus

Lymfatické uzliny (nodi lymphatici) jsou opouzdřené shluky lymfoidních buněk, převážně B a T-lymfocytů, které u savců spolu s lymfatickými cévami tvoří lymfatický systém. Uzliny jsou oválného nebo ledvinovitého tvaru velikosti 1 mm až 3,5 cm, pokryté hladkým bělavým pouzdrém. Jsou uloženy do průběhu lymfatických cév, kde jsou uspořádány nejčastěji v řetězcích a skupinách. Do konvexity uzliny vstupuje několik přírodních (aferentních) lymfatických cév a na protilehlé straně ve vkleslém místě – hilu, vystupuje jedna až dvě odvodné (eferentní) lymfatické cévy. V hilu vstupují do uzliny krevní cévy. Lymfatická uzlina váhy jednoho gramu obsahuje asi dvě miliardy lymfocytů. Uzliny, které sbírají lymfatické uzliny z určité krajiny nebo orgánu, označujeme jako uzliny regionální. Příslušná oblast je jejich tributární oblastí. Při šíření zánětlivého procesu nebo rozsevu nádoru jsou regionální lymfatické uzliny prvním místem, které je napadeno. Zde hraje důležitou úlohu sentinelová uzlina (hlídací nebo strážní uzlina). Je první uzlinou, kde se objevují metastázy. Lokalizuje se pomocí injekce barviva patentové modře nebo jiného barviva, také radiokoloidu přímo do místa nádoru například melanomu kůže nebo karcinomu prsu. Uzlina, která je pak při operaci nabarvená nebo před operací či pooperačně lokalizována gama sondou je sentinelovou uzlinou pro nádor (Benda et al., 2008).

Na povrchu uzliny je pouzdro. Pod pouzdrém uzliny je korová vrstva – cortex s uzlíky a uprostřed uzlíků pak prosvětlená místa – zárodečná centra. Obsahují převážně B-lymfocyty. Uvnitř uzliny je dřev uzliny – medulla a mezi kůrou a dřevem je parakortikální zóna, kde se nachází T-lymfocyty. Funkce uzliny je filtrační a imunobiologická. Uzliny jsou důležitými filtry pro bakterie a částčky, které se dostaly do aferentních lymfatických cest. Většina nádorových buněk se šíří lymfatickými cévami, kde jsou proudem lymfy odneseny do uzlin. Zadržení buněk je spojeno s částečným zničením metastazujících buněk T-lymfocyty. Po určité době však dochází k pomnožení nádorových buněk v uzlině, jejich prostupu do dalších

lymfatických cév a uzlin. Imunobiologická funkce je dána produkcí protilátek proti určitému typu antigenu. Protilátky se eferentními cévami dostávají do celého lymfatického a krevního systému. Regionální lymfatické uzliny jsou při lymfedémech do značné míry redukovány, ať již operací nebo dlouhodobou stázou lymfy a ozářením. Z toho následně vyplývá i oslabená regionální imunita, která může vyústit v opakované infekční záněty příslušné krajiny, nejčastěji končetin – erysipely (Benda et al., 2008).



Obrázek 7. Schéma struktury lymfatické uzliny (Benda et al., 2008).

2.4.8 Přehled hlavních mízních uzlin

Mízní uzliny hlavy a krku:

1. Mízní uzliny týlní (nodi lymphatici occipitales), uložené v podkoží týlní krajiny ve výši horní čáry šíjové (linea nuchae superior).
2. Mízní uzliny uložené za ušním boltcem
3. Mízní uzliny uložené pod dolní čelistí
4. Mízní uzliny uložené na spodinovém svalu nadjazylovém (m.mylohyoideus) mezi tělem jazyky a bradou.
5. Mízní uzliny na povrchu a uvnitř příušní žlázy.
6. Mízní uzliny na svalu tvářovém (m.buccinator).
7. Mízní uzliny na bocích kořene jazyka.
8. Mízní uzliny v průběhu vnější hrdelnice (v.jugularis externa).
9. Mízní uzliny ležící podél nervově cévního svazku krčního až ke klíční kosti.
10. Mízní uzliny uložené po bocích hltanu a za hltanem (Riegerová, 2008).

Mízní uzliny horní končetiny:

1. Mízní uzliny podpažní – 10 až 20 uzlin v podpažní jámě. Dělí se na skupinu přední (pektorální), dolní (centrální a subskapulární) a zevní, kam přichází míza z celé volné horní končetiny.
2. Mízní uzliny pažní, uložené podél pažní tepny.
3. Mízní uzliny loketní, uložené v jámě loketní.
4. Jedna až dvě mízní uzliny uložené v horní třetině předloktí (Riegerová, 2008).

Povrchové mízní cévy horní končetiny začínají z mízních sítí dlaňové a hřbetní části ruky, dělí se na dvě skupiny. Vnitřní skupina sleduje žílu královskou (v. basilica) až do loketní jamky, část lymfatických cév zde končí, část pokračuje do podpažních mízních uzlin (nodi lymphatici axillares). Zevní skupina sleduje boční pažní žílu (v. cephalica) a končí v axilárních uzlinách. Na prstech probíhající mízní cévy po bocích, v dlani vytváří mízní pleteň. Mízní cévy pokračují podél a. radialis a ulnaris, prochází přes uzliny loketní a jsou svedeny do axilárních uzlin (Riegerová, 2008).

Odvodné mízní cévy axilárních uzlin vytváří podél žíly podpažní (v. axillaris) a žíly podklíčkové (v. subclavia) axilární a podklíčkovou pleteň, z nichž pokračuje mízní kmen podklíčkový. Vlevo ústí do hrudního kmene, vpravo do pravého lymfatického kmene (Riegerová, 2008).

Mízní uzliny dolní končetiny:

1. Povrchové mízní uzliny tříselné (nodi lymphatici inguinales superficiales) jsou uloženy v podkoží pod tříselným vazem, dále distálně a při otvoru pro žílu skrytou (hiatus saphenus) – vytváří trojúhelník.
2. Hluboké mízní uzliny tříselné jsou uloženy v jámě kyčlohřebenové (fossa iliopectinea).
3. Mízní uzliny zákolenní (nodi lymphatici poplitei) se nachází v jamce zákolenní podél stejnojmenných cév. Vzhledem k četným spojkám přírodních i odvodných cév mízních uzlin zákolenních se zde vytváří mízní pleteň.
4. Mízní uzlina přední holenní (nodus lymphaticus tibialis anterior) je uložena v horní třetině bérce na přední ploše mezikostní membrány (Riegerová, 2008).

Povrchové mizní cévy začínají z kapilárních sítí kůže, fascií a periostu (pokud jsou kosti uloženy přímo pod kůží). Postupně se vytváří mizní cévy, které doprovází podkožní žíly. Mizní cévy z vnitřní plochy nohy přechází na mediální plochu bérce a jdou podél velké žíly skryté (v. saphena magna). Vstupují do dolní skupiny inguinálních uzlin. Lymfatické cévy z vnějšího okraje nohy přebírají větve z mizní sítě kolem vnějšího kotníku a vytáčí se na dorzální plochu lýtku. Jdou spolu s malou žílou skrytou (vena saphena parva), část končí v krajině zákolenní, část pokračuje na vnitřní plochu stehna a končí v dolní skupině inguinálních uzlin. Mizní cévy ze hřbetu nohy jdou po přední straně bérce do mizní uzliny přední holenní (nodus lymphaticus tibialis anterior), z něhož vychází mizní cévy do zákolenních uzlin. Mizní cévy planty jdou po laterální straně bérce do zákolenních uzlin. Mizní cévy vycházející ze zákolenních uzlin přechází na vnitřní straně na stehno, kde spolu se stehenními mizními uzlinami vytváří pletěň kolem stehenní tepny. Odtud je míza odváděna do tříselných uzlin (Riegerová, 2008).

Z dolní poloviny stěny břišní jdou povrchové mizní cévy do horní skupiny povrchových tříselných uzlin. Do středních tříselných uzlin jdou mizní cévy z povrchové oblasti genitálií, zevní plochy stehna, z krajiny hýžděové a dolního úseku páteře. Mizní cévy se z tříselných uzlin dostávají s cévami do pánve, kde ústí do kyčelních uzlin (nodi lymphatici iliaci externi), odtud je lymfa vedena do bederních uzlin (nodi lymphatici lumbales). Většina mizních cév ze stěn pánevních orgánů vede mízu do sakrálních a kyčelních uzlin, odtud pak do bederních uzlin (Riegerová, 2008).

2.4.9 Lymfedém – morfologie a patofyziologie

Lymfedém je způsoben narušením nebo malformací lymfatického systému, který vede k otoku postižené části těla. Může být akutní, chronický, přechodný nebo progresivní. Často jsou lymfedémy považovány za klinicky chronické, progresivní, počínaje zdánlivě neškodným povrchním otokem, který nabývá a ubývá. Pokud se neléčí, lymfedém může přerůst v trvalý stav, který má jednak hyzdící účinky, ale především se stává nevratným nebo nevyléčitelným (Poage, Singer, Armer, Poundall & Shellabarger, 2008).

Nejsou-li produkty tkáňového metabolismu odvedeny lymfatickým systémem ani po využití všech kompenzačních mechanismů, vzniká insuficience lymfatického systému, vyústující v patologický stav (onemocnění), které se nazývá lymfedém. Vyvíjí se diskrepance mezi transportní kapacitou lymfatických cév a množstvím lymfy vznikajícím v dané časové jednotce. Bílkoviny, které se hromadí v intersticiu, jsou příčinou chronického zánětu. Ten

spouští kaskádu reakcí různých buněčných proliferací v dlouhém časovém intervalu několika let. Ve fibrosní složce tkáně jsou aktivovány fibroblasty. Zmnožují se kolagenní vlákna, což vyúsťuje ve fibrose a sklerose kůže a podkoží. Dochází k proliferaci tukových buněk – adipocytů, s následnou degenerací tuků. V epidermis proliferují epidermální buňky, jejichž zmnožení vede k hyperkeratose a k papilomatose. Zvyšuje se i počet melanocytů a v důsledku toho přibývá množství melaninu. Dochází k hyperplasii lymfatických cév, která vede ke vzniku fistulí a cyst. V konečném stádiu může tato proliferace přerůst v nádorové bujení, to znamená podle typu proliferujících buněk ke vzniku fibrosarkomu, liposarkomu, basocelulárního karcinomu kůže, lymfangiosarkomu a snad i melanomu (Benda et al., 2008).

Vzhledem k tomu, že lymfedémy postihují nejčastěji horní a dolní končetiny, potom lymfostáza se všemi svými negativními důsledky postihuje všechny struktury končetiny, to znamená kůži, vazivo, stěnu krevních cév, ligamenta, šlachy, svaly a klouby. Výsledkem je fibrosa a sklerosa kůže a podkožního vaziva, zhoršený metabolismus stěny krevních cév, edém a zhoršená funkce pohybového aparátu, která je ještě umocněna sníženou hybností končetiny díky její lymfedémem zvětšené hmotnosti a objemnosti (Benda et al., 2008).

2.4.9.1 Anatomické a patofyziologické podklady vzniku lymfedému

U jedinců nepostížených lymfedémem nejsou lymfatické cévy dilatované a jejich chlopně jsou domykavé. Lymfatická céva je rozdělena četnými chlopněmi na malé lymfangiony cca 4 mm dlouhé, ve kterých je pouze malý sloupeček tekutiny s velmi nízkým hydrostatickým tlakem lymfy. Tento fakt umožňuje snadný pohyb tekutiny při kontrakci lymfangionů. Navíc díky precisní domykavosti chlopní nedochází k retrográdnímu toku lymfy. Průtok lymfy je též usnadňován negativním intratorakálním tlakem, dýchacími pohyby (proto jsou důležitá respirační cvičení), pulsací okolních tepen, negativním tlakem ve venae brachiocephalicae, kde ústí ductus thoracicus a truncus lymphaticus dexter do těchto žil (nasávací účinek) a svalovými kontrakcemi okolních příčně pruhovaných svalů končetin. Dále je to pomocí tak zvané vis a tergo, což je síla nově vytvořené hromadící se tekutiny, v tomto případě lymfy. Lymfa v periferní (zadní) části lymfatické cévy „posunuje“ zezadu lymfu, která je již přítomna v přední části lymfatické cévy. Všechny tyto mechanismy v dokonalé souhře na sebe navazují a zabezpečují tak drenáž intersticiální tekutiny a lymfy z různých úseků těla. Mechanické podráždění těchto lymfangionů a tedy i manuální lymfodrenáž a akvaterapie s adekvátní teplotou vody, vedou k jejich kontrakci jak u člověka lymfedémem nepostíženého, tak i postiženého (Benda et al., 2008).

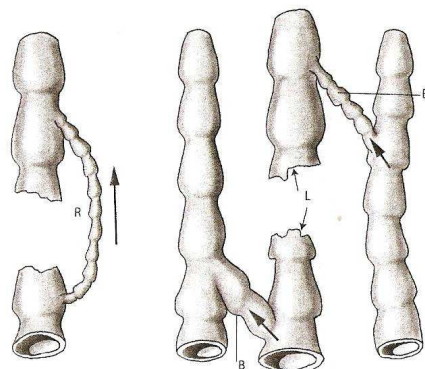
2.4.9.2 Nadměrné hromadění tekutiny a bílkovin v tkáňových prostorách

Též při lymfedému nadbytečné množství intersticiálního moku a proteinů je odvedeno interendotelovými štěrbinami a pinocytosou endotelových buněk do lumen lymfatické kapiláry. Tato drenáž je ale omezena několika faktory. Jestliže jsou lymfatické cévy a uzliny přerušeny a vyndány, nebo jsou vrozeně nedokonale vyvinuty, plní se zbylé lymfatické cévy jen do určité míry, která je určena maximální dilatací lymfatických cév. V začátku dilatace dochází nejprve ke zvýšení frekvence kontrakcí – kompenzační mechanismus, později ke snížení frekvence kontrakcí lymfangionů a někdy až k jejich úplné zástavě. Zároveň v nich stoupá intralymfatický tlak. Cévy nejsou schopny odvést hromadící se tkáňový mok a bílkoviny z tkání. Příčinou pro odvod lymfy je zde překážka v odtoku lymfy, která může být různého původu. Velmi často jsou to mechanické překážky, například jizvy, které se tvoří po odstranění (extirpaci) uzlin a přerušení lymfatických cév pro nádor. Podobná situace může nastat, ale i z nadměrné produkce tkáňového moku bez toho, že by lymfatické cévy byly poškozeny nebo přerušeny. Je zde přetížení lymfatických cév břemenem nadměrně vytvořené tekutiny a proteiny. Výsledkem všech zde jmenovaných jevů je stáza lymfy v lymfatických cévách a intersticiálního moku v tkáních – vzniká vysokoproteinový otok (Benda et al., 2008).

2.4.10 Regenerace lymfatických cév a uzlin

Jsou-li přerušeny lymfatické cévy a extirpovány lymfatické uzliny (Obrázek 8), například při exenteraci axily nebo třísla, organismus se snaží o nápravu několika způsoby. Konec přerušené lymfatické cévy se uzavře fibrinovou zátkou. Několik milimetrů až centimetrů pod koncem začnou pučet endotheliální výrůstky z lymfatické cévy, které prorůstají až k centrálnímu pahýlu přerušené lymfatické cévy. Ty poté luminizují a stanou se regenerovanou kolaterální lymfatickou cévou. Tento proces je pomalý a trvá týdny až měsíce. Navíc tato céva není tak dobře funkční jako céva přirozená. Většinou díky menšímu průsvitu a nerovnocennému morfologickému vybavení připomíná spíše rozšířenou lymfatickou kapiláru než kolektor. Lymfa přes ní protéká velmi pomalu. Dochází zde ke stagnaci lymfy. Druhou cestu představuje rozšíření preexistujících bočních cév, které nebyly poškozeny při operaci. Ty zmohutní do formy větších kmenů a snaží se odvést lymfatické břemeno z edematózní krajiny. Zda se to podaří, záleží na tom, kolik těchto cév persistovalo a nakolik zmohutněly. Třetí cestou je vytvoření přirozených lymfovenózních anastomos tzn., že lymfatická céva se v postižené krajině napojí na žílu. Tato možnost by pravděpodobně

vyřešila do určité míry lymfedém, ale bohužel těchto přirozených spojek se vytváří velmi málo a navíc mají malý průsvit – 30 až 50 mikronů. V místech, kde byla lymfatická uzlina extirpována, nedojde k vývoji nové uzliny. Z kousíčků lymfoidní tkáně se v podkožním vazivu vytváření několika milimetrové ostrůvky této tkáně, které jsou místy napojeny na kolaterální řečiště, ale nejsou schopny lymfu z edematosní krajiny zfiltrvat (Benda et al., 2008).



Obrázek 8. Vývoj kolaterální cirkulace po přerušení lymfatického kolektoru (Benda et al., 2008).

2.4.11 Orgány řazené k lymfatické soustavě

Slezina (lien) je křehký orgán, uložený pod levou klenbou brániční, vzadu u páteře. Jeho hmotnost je 100 až 200 g. Je místem tvorby lymfocytů, monocytů a plazmatických buněk, i místem fagocytózy poškozených krvinek. Jako zásobárna krve představuje pro cirkulaci krve rezervu asi 0,5 l. Na povrchu sleziny je silný vazivový obal s malým množstvím hladké svaloviny, která se rytmicky několikrát za minutu stahuje a vypuzuje slezinnou žilou krev směrem k játrům. Vazivové trámce rozdělují vnitřní prostor na dutiny (struktura připomíná mycí houbu). Dutiny vyplňuje kašovitá červená pulpa, složená s kapilár, erytrocytů, lymfocytů, plazmatických a retikulárních buněk. V červené pulpě jsou uzlíčky bílé pulpy, což jsou uzlíčky lymfocytů, jejichž středem probíhají větvičky slezinné tepny. Slezina je spolu s plícemi, játry a kostní dření součástí tzv. monocytomakrofágového systému, který se účastní očišťování organismu od poškozených buněk a látek endogenního a exogenního původu. Poškozené erytrocyty jsou fagocytovány makrofágy a rozkládány enzymy makrofágů na bilirubin a feritin. Imunitní úloha sleziny je založena na přítomnosti B-lymfocytů, T-lymfocytů, plazmatických buněk, makrofágů a retikulárních buněk. Plazmatické buňky

produkují protilátky a vycestovávají na antigenní podnět do krevního oběhu. Z oběhu se vracejí do sleziny a setrvávají zde jako paměťové buňky, schopné na další podnět tvořit urychlené velké množství specifických protilátek (Riegerová, 2008).

Brzlík (thymus) je centrálním lymfatickým orgánem. Po narození jeho hmotnost mírně klesá, pak do tří let mírně stoupá až do hmotnosti 35–37 g. Tuto hmotnost má brzlík až do puberty. V dalším vývoji se zmenšuje, kolem 50 let má hmotnost asi 12 g. Je tvořen dvěma symetrickými laloky, leží před průdušnicí a je kryt podjazyčkovými svaly. Báze laloků jsou zepředu kryty sternem, kolem thymu se nachází řídké vazivo. Základem kůry i dřeně brzlíku je retikulární epitel, který tvoří nosný skelet pro tzv. volné buňky - různé typy lymfocytů, makrofágů, plazmatické a žírné buňky. V thymu vznikají T-lymfocyty. Jde o dlouho žijící lymfocyty, které po uvolnění z brzlíku osidlují mízní uzliny, slezinu, mízní tkáň střeva apod. Na svém povrchu nesou tzv. theta antigen, který stimuluje B-lymfocyty vzniklé ve dření. Teprve takto stimulované lymfocyty jsou schopny se diferencovat v plazmatické buňky a produkovat protilátky. Schopnost imunitní reakce je sice determinována geneticky, ale aktivizace imunitního systému začíná až po narození. Dítě se postupně stává imunokompetentní. Lymfocyty mají ve své membráně receptory, schopné rozeznat a navázat různé typy antigenů. Vazba antigenu s lymfocytem vyvolá jeho aktivaci a rychlé dělení. Vznikají buňky dvojího typu - buňky produkující protilátky a buňky paměťové. Protilátky jsou vytvářeny i plazmatickými buňkami (Riegerová, 2008).

2.5 Lymfatické masáže

Lymfatická masáž se vyznačuje, oproti jiným technikám, zvláštním terapeutickým přístupem. Jedná se v podstatě o velmi jemnou hmatovou terapii, která působí fyziologicky na lymfatický systém tkáň a tkáňovou tekutinu. Mírnými tahy, pomalými kruhovými hmaty a jemnými tlaky na kůži se aktivují zakončení lymfatických cévek, které odvádějí periferní mizu do sběrných lymfatických uzlin. Cílem této techniky je především podpora odtoku lymfy ze tkání bez posilování přítoku krve, a tím i odstraňování vzniklých otoků (Bechyňová, 1997).

Lymfatický systém a krevní oběh jsou dva oběhové systémy, které existují vedle sebe. Na rozdíl od krevního systému nemá lymfatický systém svůj pohon. Lymfa se pohybuje v lymfatických cévách a kapilárách pomocí stahování kosterních svalů. Lymfatické cévy jsou ve většině orgánů těla a slouží k odvodu škodlivin, které nahromaděním vytvářejí otoky.

Lymfa se filtruje v lymfatických uzlinách, kde probíhá řada imunitních reakcí, tvorba protilátek a likvidace choroboplodných zárodků, toxinů a mrtvých bakterií (Klímová, 2009).

Pokud se lymfa hromadí v organismu, dochází k postupnému zanášení těla zplodinami metabolismu a toxických látek, které se podílejí na nerovnoměrném rozložení vody. Pokud lymfatický systém nefunguje, snižuje se obranyschopnost organismu. Zanesené lymfatické dráhy se projevují například celkovou tělesnou únavou, pocity vyčerpanosti, únavou nohou, otoky. Lymfatická masáž podporuje detoxikaci těla, zvyšuje imunitu a pomáhá proti chronické únavě. Lymfatické masáže pozitivně působí i při rehabilitaci sportovců. V medicíně se využívají například pro rychlejší hojení a odstranění otoků po operacích, při veškerých poúrazových a pooperačních stavech. Lymfatická masáž zlepšuje odtok produktů metabolismu v oblasti pooperační rány a podporuje hojení. Uvolňuje tkáňové napětí, a tím zbavuje pocitu bolesti. Kromě zdravotních vlivů mají lymfatické masáže také významné relaxační účinky (Slováková, 2009).

V každém případě je lymfatická masáž určitým zásahem do organismu, proto má její provádění jistá omezení. Nelze ji provádět při nádorových onemocněních, leukémii nebo při virovém či akutním onemocnění. Lymfatická masáž ztrácí účinek v kombinaci s jakoukoliv jinou masáží stejné části těla v jednom dni. Tato metoda byla veřejnosti představena poprvé na mezinárodní výstavě zdraví a krásy v Paříži v roce 1936. Její účinnost byla od té doby mnohokrát klinicky ověřena (Slováková, 2009).

Podle odborníků je lymfatická masáž vhodná jako preventivní opatření pro lidi vystavené dlouhému stání. Pomáhá také rychlejší regeneraci po fyzické zátěži, turistice, sportu. Užívá se také ke zlepšení stavu pokožky, ke zrychlení metabolických procesů, slouží k detoxikaci těla, prevenci vzniku křečových žil či celulitidy, ordinuje se při rekonvalescenci po liposukcích (Dream Body, 2009).

Lymfatická masáž je prováděna odborníkem, který absolvoval speciální kurz a má certifikaci k provádění této techniky. U masérů mimo sektor zdravotnických zařízení se hovoří o lymfatické masáži, zdravotničtí pracovníci mohou využívat lymfodrenáž (Riegerová, 2008).

Technika manuální lymfodrenáže je podmíněna 7 charakteristickými rysy:

1. Tlaková síla musí být taková, aby nepodmínila žádné posunutí ve prospěch filtrace, ale aby vyvolala co možná nejpríznivější kontrakční schopnost lymfatického systému.
2. Zachování zákona délky působení hmatu nejméně po jednu vteřinu, aby byl podpořen tok volné tekutiny v podkoží.

3. Jedna vteřina působení tlaku na tekutinu musí být odstupňována, i ve své nejkratší hodnotě, aby bylo umožněno střídání onkotických změn extra a intralymfaticky.
4. Pravidelně používat 5 – 7 hmatů vzhledem k prokázané motorice lymfangiomu.
5. Je nutné vytvářet co možná velkoploché a kruhovitě hmaty. Nejenže se ušetří tlak, práce a čas, ale povzbuzením lymfomotoriky následuje ekonomické zvýšení funkce lymfangiomu.
6. Hmatová technika musí využít znalostí lymfatického systému, aby odtok lymfy směřoval ke sběrným lymfatickým uzlinám. V případě insuficience odtokového rajonu se mění pracovní systém lymfodrenáže do intaktní oblasti.
7. Centrální oblasti jsou stavěny nejdříve do oblasti zájmu a pak periferní, čímž je podporována transportní kapacita do venózního systému při vústění lymfatického systému. Tím se stupňuje „odvodnění“ oblastí vzdálených od srdce. Přesto se provádějí hmaty, které jsou většinou uvedeny z distálnějších oblastí do proximálních, přičemž byly řádně vyprázdněny příslušné proximální sběrné uzliny (Bechyně & Bechyňová, 1997).

Doporučený tlak ruky při lymfatické masáži je 30–40 mm Hg (torrů). Při tomto tlaku dochází k optimálnímu přestupu intersticiální tekutiny do iniciálních lymfatik. Výjimečně může být jednorázově použito tlaku 60–70 torrů. Pokud je lymfatická masáž prováděna tlakem nižším než 25 torrů, není zaručeno kvalitní odvádění tekutiny z intersticia do lymfatických cév (Bechyně & Bechyňová, 1997).

Vyšší tlak již aktivuje tepenný a žilní oběhový systém. V klidu je otevřený asi 12 kapilár na 1 cm², po masáži se otevírá na hodnotu více než 100 kapilár na 1 cm², což má za následek větší prokrvení (Riegerová, 2008).

Příliš velký počet hmatů a vyšší ošetrovací tlak při drenáži vyvolá přechodný klid lymfomotoriky bez ohledu, zda byly uzliny excidovány či nikoliv, a pak následuje zvýšená filtrace a zhoršená resorpce (Bechyně & Bechyňová, 1997).

2.6 Elektrická vodivost

2.6.1 Vedení elektrického proudu tkáněmi

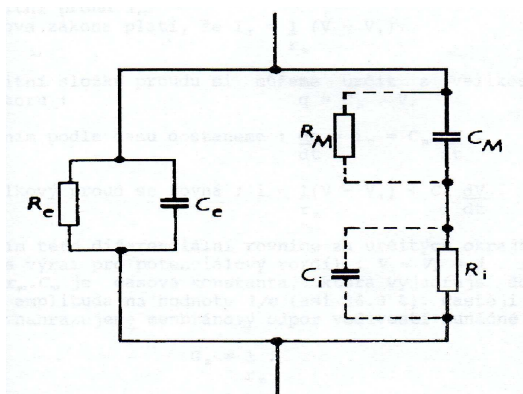
Protože voda tvoří asi 2/3 hmoty celého těla a 90% tělních tekutin, je z hlediska diagnostiky velice důležitá informace o jejím rozložení v organismu. Nejčastěji se zjišťuje stav tělních tekutin pomocí měření impedance (Bičíště, 1996).

Heterogenní prostředí tkání je komplikovaným vodičem elektrického proudu. Z hlediska vedení proudu mají buňky a mimobuněčná tekutina odlišné vlastnosti. Zatímco odpor mimobuněčné tekutiny je odporem vodiče druhého řádu, u membrán má charakter impedance (Bičíště, 1996).

2.6.2 Modelování elektrických vlastností buňky

Buňky jsou pokládány za základní stavební prvky tkání a jsou složitým komplexem organických a minerálních látek. Povrch buňky je tvořen membránou, která se elektricky projevuje kapacitou a povrchovým odporem (Bičíště, 1996).

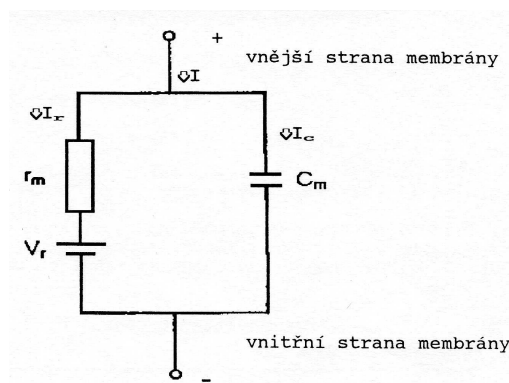
V nitrobuněčném a mimobuněčném prostoru můžeme skutečné prostředí modelově nahradit paralelními RC obvody odpovídající měrné vodivosti a měrné kapacitě těchto prostředí. Ve schématu můžeme zanedbat vodivost membrány ve srovnání se susceptancí její kapacity, u nitrobuněčné tekutiny bývá naopak reaktance natolik velká, že vodivý proud převládá nad posuvným. Potom můžeme prvky R_M a C_i vynechat. U extracelulární tekutiny je někdy třeba kapacitu C_e ponechat, neboť často bývá dána kapacitou mezi elektrodami více než měrnou kapacitou mimobuněčné tekutiny (Bičíště, 1996).



Obrázek 9. Náhradní schéma buňky (Bičíště, 1996).

2.6.3 Modelování elektrických vlastností buněčné membrány

Často se vyšetřuje chování biologických membrán měřením na elektrickém modelu, který simuluje pasivní elektrické vlastnosti buněčné membrány. Je známo, že buněčná membrána se chová v podmínkách fyziologického klidu jako RC obvod (Bičíště, 1996).



Obrázek 10. Náhradní schéma buněčné membrány (Bičíště, 1996).

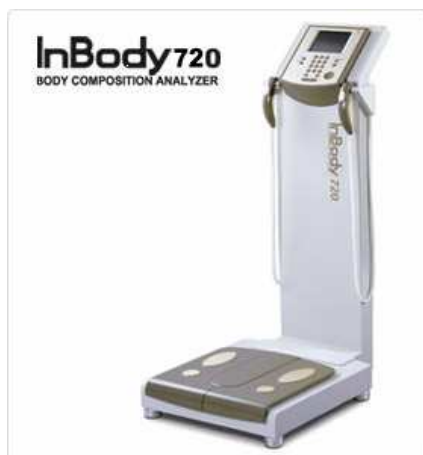
2.6.4 Bioelektrická impedance – BIA

Princip této metody spočívá na rozdílech v šíření elektrického proudu nízké intenzity v různých biologických strukturách. Úroveň hydratace (ATH), obsahující vysoký podíl vody a elektrolytů, je dobrým vodičem, zatímco tuková tkáň se chová jako izolátor. Aplikace konstantního střídavého proudu nízké intenzity vyvolává impedanci vůči šíření proudu, závislou na frekvenci, délce vodiče, jeho konfiguraci a průřezu (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 1998).

Pro měření BIA je komerčně vyráběna řada aparatur, většinou využívající excitační proud $800 \mu A$ s frekvencí 50 kHz (Riegerová et al., 1998).

Chyba odhadu této metody byla zjištěna 2 – 2,5 kg ATH či 2,7 % podílu tuku. Výsledky jsou v dobré shodě se stanovením celkové tělesné vody pomocí deuteria nejen u zdravých osob, ale i u lidí s poruchami metabolických funkcí s anomální hydratací (Riegerová et al., 1998).

2.7 Analyzátor tělesného složení – InBody 720



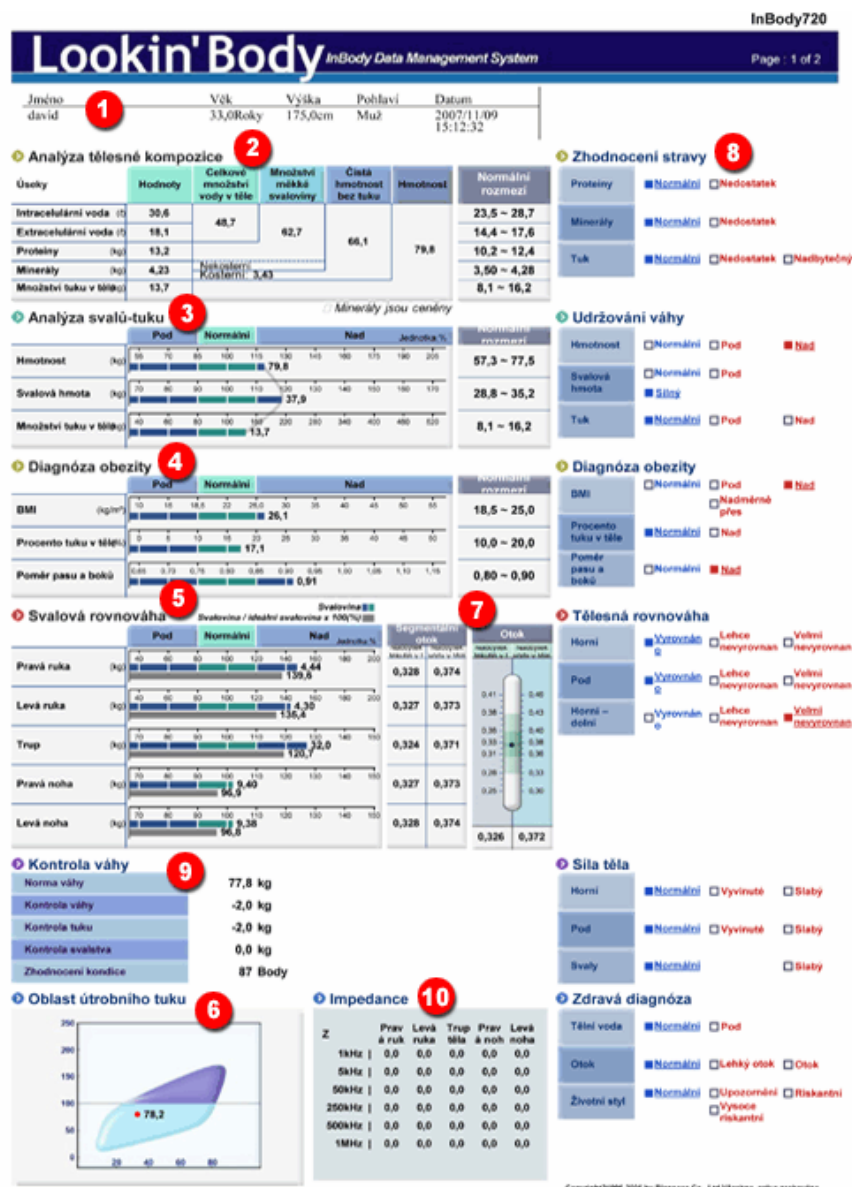
Obrázek 11. Analyzátor tělesného složení (Biospace, 2009).

Jedná se o analyzátor tělesné kompozice, který umožňuje vyhodnotit na základě bioimpedance celou řadu tělesných parametrů. Zjišťuje nejen stav nitrobuněčné a mimobuněčné vody v organismu či množství proteinů nebo kostních minerálů, ale informuje také o celkovém rozložení tukové, svalové a kostní hmoty včetně celkové váhy. Dokáže dále zpracovat a vyhodnotit BMI, procentuální podíl tělesného tuku, poměr pasu k bokům (WHR), procento svaloviny v jednotlivých tělesných segmentech, případně poukázat na edémy. Přístroj nám tak stanovuje řadu diagnóz, nutriční, zdravotní, určuje stav tělesné zdatnosti, fitness skóre, stupeň obezity či BCM, BMC, BMR, AC, AMC. Měří reaktanci a impedanci jednotlivých segmentů a jejich frekvence. Krom toho dokáže zaznamenat, v historii tělesného složení, výsledky deseti posledních měření (Biospace, 2009).

Výsledky zobrazené na barevném TFT LCD displeji, je pak díky vestavěnému výsledkovému archu možno vytisknout a s naměřenými hodnotami dále pracovat. To ostatně umožňuje i USB vstup pro ukládání a zálohování dat (Biospace, 2009).

Měření, které netrvá déle než 2 minuty, je uskutečňováno pomocí čtyř polárních elektrod, na základě osmibodového dotykového systému elektrod. Je založeno na metodě přímé analýzy segmentové multi-frekvenční bioelektrické impedance – metoda DSM-BIA. Jednotlivými položkami měření jsou: Impedance (Z) – 30 měření impedance za použití šesti různých frekvencí (1,5,50,250,500,1000 kHz), na každém z pěti segmentů (pravá paže, levá paže, trup, pravá noha, levá noha). Reaktance (Xc) – 15 měření třemi různými frekvencemi (5,50,250 kHz) na každý z pěti segmentů. Jakmile je analýza složení těla

vyšetřované osoby dokončena, jsou výsledky automaticky vytištěny. S ohledem na analýzu složení těla, InBody 720 přiřazuje kvantitativní hodnotu k různým prvkům týkajících se složení těla. Tyto hodnoty představují váhu každého prvku majícího vztah ke složení těla, který tvoří celkovou váhu těla vyšetřované osoby. Tyto přibližné hodnoty jsou potom porovnány s hodnotami danými normou (Biospace, 2009).



Obrázek 12. Ukázka formuláře pro výsledky analýzy (Biospace, 2009).

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 - Osobní údaje | 6 - Segmentální otok |
| 2 - Analýza tělesné kompozice | 7 - Index Edema |
| 3 - Analýza svalstva a tuku | 8 - Oblast útrobního tuku |
| 4 - Diagnóza obezity | 9 - Různé všeobecné hodnoty |
| 5 - Svalová rovnováha | 10 - Předchozí analýzy složení těla |

2.7.1 Analýza složení těla

Analýza složení těla, přístroje InBody 720 je založena na prostorovém modelu, který předpokládá, že se tělo skládá ze čtyř různých elementů: celkové tělesné vody, bílkovin, minerálů a tělesného tuku. Celkový součet těchto čtyř tělesných složek tvoří váhu těla (Biospace, 2009).

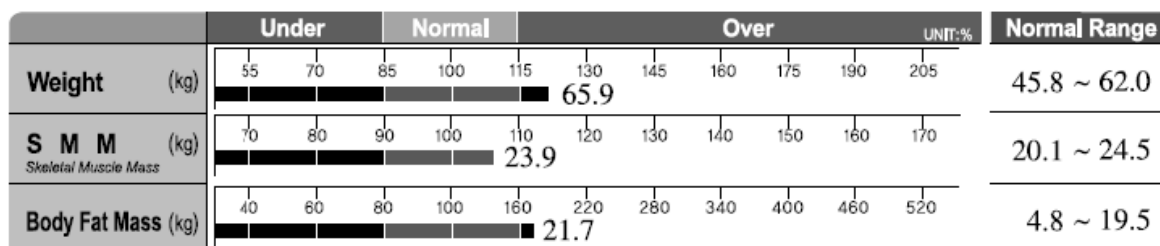
Compartments	Values	Total Body Water	Soft Lean Mass	Fat Free Mass	Weight	Normal Range			
I C W (ℓ) <i>Intracellular Water</i>	19.9	32.6	41.7	44.2	65.9	16.8 ~ 20.5			
E C W (ℓ) <i>Extracellular Water</i>	12.7					10.3 ~ 12.6			
Protein (kg)	8.6					7.2 ~ 8.9			
Mineral (kg)	3.00	NOT-OSSEOUS osseous: 2.49				2.50 ~ 3.10			
Body Fat Mass (kg)	21.7					9.8 ~ 19.5			

► Mineral is estimated.

Obrázek 13. Analýza tělesného složení (Biospace, 2009).

Přístroj InBody 720 měří TBW použitím multifrekvenční techniky, která separuje TBW na ICW a ECW. Nitrobuněčná voda (ICW) poukazuje na množství tekutiny uvnitř buňky, mimobuněčná voda (ECW) znázorňuje celkové množství tekutiny v intersticiu. V případě zdravého těla je ICW a ECW udržována přibližně v poměru 3:2. Bílkovina je základním stavebním kamenem organismu a společně s vodou tvoří hlavní složku měkké beztukové hmoty. Bílkovina má přímý vztah k nitrobuněčné vodě, proto současně její nedostatek poukazuje na nedostatek nitrobuněčné vody, což je následkem špatné výživy buňky. Klíčovou roli hrají v lidském těle také minerály. Přístroj InBody 720 analyzuje dvě velké skupiny minerálů. Minerály nalézající se v kostech (kostní minerály) a minerály nacházející se v ostatních částech těla, mimo kostí (nekostní minerály). Na kostní minerály připadá přibližně 80 % celkových tělesných minerálů. Množství minerálů nacházejících se v organismu úzce souvisí také se svalovou hmotou. S růstem svalové hmoty se zvyšuje hmotnost kostí (Biospace, 2009).

2.7.2 Analýza svalů a tuků



Obrázek 14. Analýza Svaly-Tuk (Biospace, 2009).

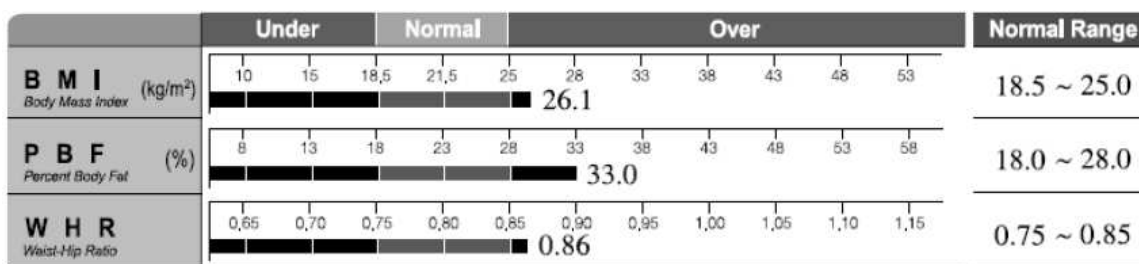
Analýza Svaly-Tuk sestává z odhadu hodnot tří prvků. Celkové váhy, podílu hmotnosti kosterního svalstva a podílu hmotnosti tělesného tuku. Touto analýzou se také provádí vzájemné porovnání výše zmiňovaných komponent těla použitím čísel a sloupcových grafů. Pro vysvětlení číselné a grafické podoby výstupu je možno uvést, že normativní hmotnost je vztažena k tělesné výšce probanda, z čehož pak vychází i metody výpočtu BMI. Manuál uvádí, že čísla uvedená ve sloupcových grafech ukazují měřené hodnoty každé položky, zatímco délka grafu představuje procento hodnoty dané normou pro každou položku. 100 % dosažených výsledků bude tedy ukazovat hodnotu stanovenou normou, s váhou kterou stanovuje norma, vypočítanou použitím výšky vyšetřované osoby. Proto můžeme snadno zjistit rovnováhu složení těla vyšetřované osoby jednoduše zhotovením grafu a zjištěním, zda jsou delší, nebo kratší než 100% hodnota podle normy. U vyšetřované osoby se 100% váha podle normy vztahuje k ideální hodnotě dané výškou osoby. To lze také vypočítat použitím metody výpočtu váhy BMI (Biospace, 2009).

Podle manuálu dále není u mužů bráno v úvahu etnické rozlišení. Pro dospělé osoby mužského pohlaví se jednotně používá hodnota 22, kdežto pro dospělé osoby ženského pohlaví se používají hodnoty 21 či 21,5. V případě, že jde o děti mladší 18 let, vypočítává se váha stanovená normou pro konkrétní věkovou skupinu na základě BMI. Pro váhu vyšetřované osoby, kterou stanovuje norma, se 100% kosterní svalová hmota daná normou týká ideálního množství kosterní svalové hmoty. Norma 100 % hmoty tělesného tuku se vztahuje ke hmotě tělesného tuku, který by vyšetřovaná osoba měla udržovat pro svou váhu stanovenou normou. Obecně platí, že ideální hmota tělesného tuku je 15 % pro muže a 23 % pro ženy. Sloupcový graf, který ukazuje stávající hmotu tělesného tuku dělenou hmotou tělesného tuku, kterou stanovuje norma v procentech, zobrazuje přiměřenou úroveň hmoty tělesného tuku (Biospace, 2009).

Rozsah podle normy	Muži	Ženy
Hmotnost	85–115% hmotnosti dané normou	85–115% hmotnosti dané normou
Kosterní svalová hmota	90–110% kosterní svalové hmoty SMM dané normou	90–110% kosterní svalové hmoty SMM dané normou
Tělesná tuková hmota	80–160% tělesné tukové hmoty BFM dané normou	80–160% tělesné tukové hmoty BFM dané normou

Tabulka rozsahů složení těla podle normy (Biospace, 2009).

2.7.3 Diagnóza obezity



Obrázek 15. Diagnóza obezity (Biospace, 2009).

Rozsah normy	Muži	Ženy
BMI Index tělesné hmotnosti	22 (norma tělesné hmotnosti: 18,5–24,9)	21,5 (norma tělesné hmotnosti: 18,5–24,9)
PBF Procento tělesného tuku	10–20% normy tělesné hmotnosti	18–28% normy tělesné hmotnosti
WHR Poměr pas-boky	0,80–0,90	0,75–0,85

Tabulka rozsahů složení těla podle normy (Biospace, 2009).

Pro funkci stanovení stupně obezity používá přístroj InBody 720 index tělesné hmotnosti a procento tělesného tuku. Metoda BMI se široce používá v obecné medicíně, dietní a sportovní medicíně jako hlavní prostředek stanovení diagnózy obezity. BMI zavedl v 19. století belgický statistik Adolphe Quetelet. Limitní hodnoty mezi kategoriemi jsou příležitostně předdefinovány a mohou se lišit v různých zemích. V červnu 1998 Národní institut zdraví v USA vydal oficiální definice kategorií BMI, které tehdy používala Světová zdravotnická organizace (WHO). Americký limit „nadváhy“ byl posunut z BMI 27 na BMI

25, což mělo za následek přesun asi třiceti milionů Američanů z „ideální“ hmotnosti do kategorie „nadváhy“ 0,45–4,55 kg. BMI zároveň nemůže poskytnout kompletní diagnostiku, protože nebere v potaz distribuci tuku v těle a poměr podílu tuku, svalů a kostí z celkové tělesné hmotnosti. Příkladně atlet s větším množstvím svalové hmoty tak může být klasifikován jako obézní typ (Tanita, 2010).

InBody 720 používá v případě BMI normy Světové zdravotnické organizace (Biospace, 2009).

Stupeň	BMI (kg/m ²)	Riziko zdravotních komplikací
Podvýživa	< 18,5	Vysoké
Normální hmotnost	18,5–24,9	Průměrné
Nadváha	25–29,9	Mírně zvýšené
1. stupeň obezity	30–34,9	Střední
2. stupeň obezity	35–39,9	Vysoké
3. stupeň obezity	≥ 40	Velmi vysoké

Tab. Evropské klasifikace váhy založená na metodě BMI, dle WHO 1998 (Biospace, 2009).

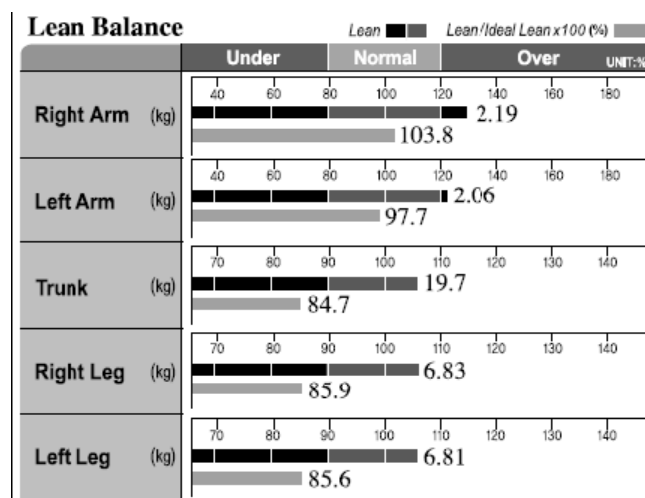
Norma procenta tělesného tuku je pro muže 15%, 23% pro ženy, zatímco rozsah normy hmotnosti tělesného tuku pro muže je 10-20 % váhy dané normou a 18-28 % váhy, kterou udává norma pro ženy. U věkové kategorie pod 18 let, InBody 720 identifikuje normu procenta tělesného tuku u osmiletých chlapců jako 20 % a tento objem se snižuje o 0,5 % každý rok, aby se dosáhlo normy procenta tělesného tuku 15 % v době, kdy jim bude 18 let. V manuálu je také uvedeno, že pokud je procento tělesného tuku osoby vypočítáno jako hodnota stojící za horní hranicí normy, pak je osoba považována za obézní. Když procento tělesného tuku spadá pod dolní hranici normy, je osoba považována za osobu mající nízkou hladinu tělesného tuku. Tuto nízkou hladinu tělesného tuku je možno rozdělit do dvou typů osob. Prvním typem je osoba, jejíž množství svalové hmoty posuzujeme jako vyhovující vůči proporci složení těla. Osoby tohoto typu spadají z hlediska celkové hmotnosti do oblasti normy nebo nad její rámec, do rozsahu nadváhy. Druhým typem je osoba s podváhou, která se nachází v nezdravém stavu z toho důvodu, že má nedostatek hmotnosti tělesného tuku a SMM. U tohoto typu registrujeme vyšší rizikovost výskytu doprovodných onemocnění (Biospace, 2009).

Za efektivní ukazatel hmotnosti tělesného tuku považujeme výpočet poměru obvodu pasu k bokům. Ovšem z důvodu jistých nepřesností, které s sebou nese použití měřicí pásky pro provádění skutečného testu obezity, jako je komplikovaná povaha měření lidského těla

a existence různého čtení údajů v závislosti na tom, kdo provádí test je poměrně obtížné získat přesnou hodnotu. K provedení vědeckého odhadu poměru pas/boky u vyšetřované osoby používá InBody 720 svůj index impedance, který se díky své přesnosti stává mnohem efektivnějším nástrojem pro vyšetření stavu obezity a následná opatření. Za kritickou hranici abdominální obezity lze považovat hodnoty 0,85 pro ženy a 0,90 pro muže (Biospace, 2009).

2.7.4 Rovnováha aktivní beztukové tkáně

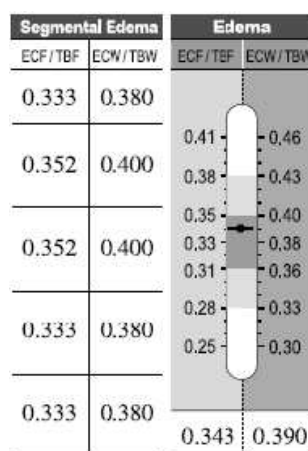
Pomocí segmentové analýzy umožňuje InBody 720 odhadnout hmotnost měkké aktivní tkáně bez tuku v každé části těla. Díky své schopnosti provádět segmentální analýzu, je přístroj InBody 720 schopen poskytovat podrobné informace o každé části těla. Proto analýza rovnováhy aktivní tkáně bez tuku poskytuje vyšetřované osobě informace o rovnováze či nerovnováze rozvoje vlastních svalů, stejně jako o jejich svalové síle. Nepřetržité odhady a monitorování rovnováhy aktivní beztukové tkáně umožňují vyšetřované osobě pozorovat změny stavu svalové hmoty v každé části těla, které se projeví jako výsledek opakované pohybové aktivity. Rozsah normy grafu pro rovnováhu aktivní beztukové tkáně je 80–120 % pro horní končetiny a 90–110 % pro trup a dolní končetiny. Rozdíl u těchto rozsahů normy je založen na skutečnosti, že zatímco horní část těla má snahu se u jednotlivců měnit, u dolních končetin se vyskytuje podstatně méně odchylek, vzhledem k jejich prioritnímu zatěžování. Dolní končetiny tak mají jako první tendenci získat přínos aktivní beztukové hmoty. Z tohoto důvodu mají hodnoty normy menší rozsah než hodnoty normy u horních končetin. Cvičení horní části těla je neméně důležité, ovšem je obtížnější vyvinout aktivní svalovou hmotu horní končetiny, pokud se nepodílí na cvičení navrženém specificky pro rozvoj svalu v této konkrétní části těla. Z tohoto důvodu má norma pro hmotnost aktivní beztukové tkáně horní končetiny větší rozsah, než jaký se používá pro aktivní beztukovou hmotu u dolních končetin (Biospace, 2009).



Obrázek 16. Rovnováha aktivní beztukové tkáně (Biospace, 2009).

U dvou sloupcových grafů, číslo u výše uvedeného sloupce představuje absolutní hodnotu pro hmotu aktivní tkáně bez tuku vyšetřované osoby v kilogramech. V tomto rozsahu 100 % představuje ideální měkkou aktivní hmotu bez tuku v ideální váze vyšetřované osoby k její výšce. Nebere v úvahu skutečnou váhu vyšetřované osoby. Číslo u spodního sloupce představuje poměr skutečné hmotnosti aktivní beztukové tkáně vyšetřované osoby k ideální hmotnosti aktivní beztukové tkáně vyjádřené v procentech. V celkovém rozsahu hodnota 100 % opět představuje ideální hmotnost, tentokrát však aktivní beztukové tkáně k skutečné váze vyšetřované osoby (Biospace, 2009).

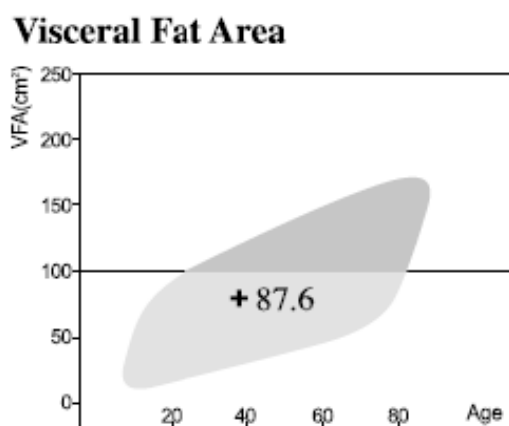
2.7.5 Index Edema



Obrázek 17. Vyhodnocení indexu Edema (Biospace, 2009).

InBody 720 měří tělesnou vodu jejím rozdělením do nitrobuněčné a mimobuněčné tekutiny a pro výpočet rovnováhy tělesné vody používá index Edema. Edema 1 hodnotí vztah mezi ECW a TBW. Zvýšení hodnoty Edema indexu 1 vypovídá o vyšším množství vody v extracelulárním prostředí, které může zapříčiňovat otoky. Rozsah normy pro index Edema (ECW/TBW) je mezi 0,36 a 0,40. Edema 2 se vztahuje k hodnocení extracelulární tekutiny obohacené o bílkoviny a minerály (ECF), ve vztahu k celkové tekutině (ECF + ICF). Proteiny a minerály jsou v TBF v poměru 2:1 (Biospace, 2009).

2.7.6 Oblast viscerálního tuku



Obrázek 18. Grafické znázornění oblasti viscerálního tuku (Biospace, 2009).

Viscerální tuk je zde definován jako průřezová oblast vnitřního tuku nacházejícího se v břišní dutině. V případě, že má oblast viscerálního tuku rozsah větší než 100 cm², jedná se o abdominální obezitu. Vystínovaná část grafu ukazuje průřez oblasti věkovou skupinou, která odhaluje, že hodnota průřezové oblasti vnitřního tuku je přiměřená věku. Analyzovaná oblast je označena znaménkem (+). Obvykle děti mají snahu vykazovat menší průřezovou oblast vnitřního tuku než dospělí, i když mají poměrně vysoký stupeň WHR. Je tomu tak proto, že většina podkožního tuku dětí je dobře vyvinuta. Proces stárnutí způsobuje postupné zvětšování průřezové oblasti vnitřního tuku (Biospace, 2009).

2.7.7 Různá komplexní vyhodnocení

Tato funkce umožňuje snadněji vyhodnotit výsledky vyšetření skladby těla. Pozitivní vyhodnocení jsou ve výsledném formuláři uvedena modře vlevo, zatímco negativní vyhodnocení červeně vpravo. Proto vyšetřovaná osoba s převahou modrých známek je považována za zdravou, kdežto osoba s mnoha červenými známkami může být vystavena potenciálním rizikům. Stav výživy těla se vyhodnocuje na základě složek bílkovin, tuku a minerálů. Ačkoliv bílkoviny, minerály a tuk představují nutriční prvky, které osoba získává z potravy, jsou tyto během analýzy složení těla považovány za součásti složení těla (Biospace, 2009).

Program řízení váhy se používá k vyhodnocení váhy osoby, kosterních svalů a hmotnosti tělesného tuku. Váha je považována za přiměřenou při hodnotě normy mezi 85–115 %. Z toho vyplývá, že 85% hodnoty normy a nižší znamenají podváhu, oproti tomu hodnoty přesahující 115 % poukazují na nadváhu. SMM při hodnotě mezi 90–110 % hodnoty normy lze považovat za přiměřený typ, 90 % a méně za typ s nízkou hmotností svalů, 100 % a více za typ s vysokou hmotností svalů. Tuk při hodnotě normy mezi 80–160 % považujeme za přiměřený, 80 % a méně za nedostatečný, 160 % a více za nadbytečný (Biospace, 2009).

Hodnoty BMI v rozmezí 18,5–24,9 jsou považovány za normální, zatímco osoby s BMI 18,5 a nižším jsou považovány za osoby s podváhou, 25–30 s nadváhou, hodnoty BMI přesahující 30 za osoby s nadměrnou váhou. V případě PBF jsou muži s poměrem tělesného tuku 10–20 % považováni za normální, s 20–25 % tělesného tuku za obézní a jedinci mající procento tuku vyšší než 30 % jsou označováni za extrémně obézní. U žen jsou tyto hodnoty odlišné. Normální hodnoty se pohybují v rozmezí 18–28 %, ženy s 28–33 % tělesného tuku jsou považovány za obézní. Extrémní obezitu značí procento tělesného tuku vyšší než 33 %. Hodnoty WHR u mužů jsou v normě, pokud se nachází pod hranicí 0,90. Rozmezí 0,90–0,95 znázorňuje obezitu, hodnoty WHR přesahující 0,95 již hraničí s extrémní obezitou. U žen je hodnota normy WHR do 0,85, obezita v mezích 0,85–0,95, vyšší hodnoty opět značí extrémní obezitu (Biospace, 2009).

Funkce tělesné rovnováhy ověřuje, zda jsou svaly v každé části těla vyvinuty vyváženým způsobem. Pro vyhodnocení rovnováhy horní části těla se zkoumají svalové odlišnosti obou horních končetin, pro vyhodnocení rovnováhy dolní části těla pak svalové odlišnosti obou dolních končetin. Pevnost těla ověřuje, zda je svalová hmota vyšetřované osoby dostatečně vyvinuta k tomu, aby mohla nést její váhu. Jedinci, jejichž sloupcový graf rovnováhy aktivní svalové hmoty bez tuku u spodní části těla spadá do rozsahu normy, jsou

považováni za „Normální“. V případě, že se jejich sloupcový graf rovnováhy svalové hmoty bez tuku nachází pod rozsahem normy, jsou považováni za „Slabé“, pokud se nachází nad rozsahem normy jsou považováni za „Vyvinuté“ (Biospace, 2009).

Hodnoty celkové tělesné vody 90 % nebo vyšší, potřebné pro optimální váhu, která je založena na jejich výšce považujeme za normu, hodnoty pod hranicí 90 % předznamenávají nedostatek tělesné vody. Graf otoku (ECW/TBW) v rozsahu 0,36–0,40 je hodnocen jako normální, 0,40–0,43 je klasifikován jako lehký otok a 0,43 nebo více jako otok. Zajímavé je vyhodnocení životního stylu. Tato funkce znamená mnohem více než jen ověření hmotnosti tělesného tuku. Důvod, proč je tato sekce pojmenována „životní styl“ je ten, že vnitřní tuk a svalová hmota dolní části těla mají úzký vztah k aspektům životního stylu lidí jako je stravování, režim cvičení a podobně. Tato funkce pomáhá vyšetřované osobě zlepšit, případně pozměnit životní styl v souladu s výsledky osobního vyhodnocení. To je založeno na výsledcích analýzy oblasti vnitřního tuku a svalové hmoty dolní části těla, stejně jako indexu otoku. Jinými slovy jde o porovnání vnitřního tuku a rozvoje svalové hmoty dolní části těla (Biospace, 2009).

Spíše než jednoduché zvyšování nebo snižování váhy vyšetřované osoby je nabízena funkce regulace váhy jako prostředek optimalizace složení těla. Nastavení cílové váhy pomocí InBody 720 se liší od normy váhy, vypočítané podle výšky osoby. Znaménko „+“ se týká množství hmoty, kterou je nutno zvýšit, zatímco znaménko „-“ se týká hmoty, kterou je nutno snížit. Tyto ukazatele pomáhají navrhovat změny poměru tělesného tuku a svalové hmoty. Skutečnost je taková, že dva lidé se stejnou výškou a váhou kteří mají rozdílné složení těla, budou mít rozdílné cílové váhy. Celkové výsledky zdravotního stavu, neboli Fitness Score jsou ukazatelem, který slouží k posouzení stavu těla. Hodnoty 70 a méně předznamenávají „Slabý“ nebo „Obézní typ“, 70–90 značí „Normální“ či „Zdravý typ“, hodnoty nad 90 „Silný typ“ (Biospace, 2009).

Pro podrobnější rozbor jednotlivých tělesných parametrů, které přístroj InBody 720 stanovuje jsem využil manuálu na webových stránkách. Jeho překlad byl však neodborný a bylo třeba ho upravit.

3 Cíle práce

Hlavním cílem diplomové práce je zhodnotit vliv lymfatických masáží na vybrané hodnoty složení těla a posoudit stabilitu vyšetření.

Dílčí cíle:

1. Provést dvě měření, 1. ranní – před zahájením výuky lymfatických masáží, 2. odpolední – před koncem výukového dne a na jejich základě posoudit kvantitativní změny ICW, ECW a Edema indexů u subsouborů, žen ve věku 20 – 50 let.
2. Posoudit odhad váhového množství celkových minerálů a kostních minerálů ve vztahu k osteoporóze, podle úpravy Riegerové et. al., 2009.

4 Metodika

Na dvou kurzech, které byly věnovány praktické výuce lymfatických masáží, jsme v druhé polovině kurzu, kdy již měli studenti zvládnutou techniku hmatů, provedli vyšetření složení těla přístrojem InBody 720 (multifrekvenční bioelektrická impedanční analýza). Pracovali jsme tak již s částečně optimalizovaným stavem tělesného prostředí. Vyšetřeno bylo 30 žen v širokém věkovém rozpětí 22 až 59 let, soubor byl profesně selektován (fyzioterapeutky, masérky). Vyšetření bylo realizováno ráno před zahájením výuky masáží a odpoledne, před koncem výukového dne. Mezi vyšetřeními uplynula časová pauza 8 hodin. Všechny frekventantky si vzájemně provedly lymfatickou masáž krku a horní končetiny. Získaná data byla zpracována souhrnně a vzhledem ke značnému věkovému rozpětí i po decéniích, v tomto případě se však soubor rozpadl na 4 subsoubory s malou četností.

Sledovali jsme vliv lymfatické masáže na složení těla a posuzovali stabilitu vyšetření. Uvádíme rozbor hodnot antropometricky definujících soubor (tělesná výška, váha, BMI), WHR, tukovou složku (BFM), svalovou frakci (SMM), změny podílů tělesné vody (TBW, ICW, ECW), proteinů, celkových minerálů, kostních minerálů (BMC) a změny Edema indexů (Edema 1, Edema 2).

Tuk je základní a vysoce variabilní komponentou lidského těla. K diagnóze obezity byl použit BMI (hranice rizikovosti nad 30,0 kg/m² jednotek), procento tuku (hranice rizikovosti u žen nad 28 %; Heyward & Wagner, 2004), WHR index – index pas/boky (hranice rizikovosti u žen nad 0,85 jednotek; Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006), oblast vnitřního tuku (VFA) a stupeň obezity. Viscerální tuk vypovídá o abdominální obezitě. Kumulace tuku ve viscerální oblasti hraje závažnou roli v etiopatogenezi závažných neinfekčních onemocnění hromadného výskytu, jako je diabetes mellitus, ischemická chodoba srdeční, infarkt myokardu, hypertenzní nemoc a další. Riziková hranice abdominální obezity je nad 100 cm² (střední riziko: 100–150 cm², vysoké riziko: > 150 cm²) (Biospace, 2008).

Proteiny vyjadřují absolutní zastoupení proteinů v těle, minerály vyjadřují absolutní zastoupení minerálů, jsou součástí sušiny (Dry Body Mass). Minerály je pak možno dělit na minerály v kostech (kostní minerály a nekostní minerály).

Index Edema 1 podává informaci o množství tekutin v extracelulárním prostředí. Za standardní hodnoty indexu Edema 1 (ECW/TBW) je považováno rozpětí 0,36–0,40, při hodnotách vyšších než 0,40 může docházet k tvorbě otoků. Index Edema 2 se vztahuje k hodnocení podílu ECW/TBW, obohacené o proteiny a minerály v poměru 2:1 (ECF/TBF). Hodnoty vyšší než 0,36 opět predikují tvorbu otoků.

Získaná data byla zpracována souhrnně a vzhledem ke značnému věkovému rozpětí i po decéniích, v tomto případě se však soubor rozpadl na 4 subsoubory s malou četností. Data byla analyzována za pomoci programu Statistica 8 software (Statsoft, 2008). Diference byly testovány párovým t-testem a effect size testem (Cramer's phi), který byl použit pro stanovení účinku velikosti mezi dvěma proměnnými. Pokud jde o Cramerovo phi, rozlišujeme nízké ($0,10 < \varphi < 0,29$), střední ($0,30 < \varphi < 0,49$) a vysoké ($\varphi > 0,50$). Tato studie má pilotní charakter.

5 Výsledky

Tabulka 1. Základní statistické charakteristiky vybraných dat tělesného složení (InBody 720, n = 30).

Znak	1. vyšetření		2. vyšetření	
	M	s	M	s
Věk	39,75	11,33	39,75	11,33
Výška [cm]	168,00	6,45	168,00	6,45
*Hmotnost [kg]	68,02	15,81	68,29	15,81
*BMI [kg/m ²]	23,89	4,19	23,98	4,19
*BFM [kg]	18,82	8,94	19,34	9,51
*PBF [%]	26,50	6,23	26,98	6,84
WHR	0,86	0,05	0,86	0,05
VFA [cm ²]	79,76	38,98	79,92	38,18
SMM [kg]	27,05	4,43	26,88	4,12
Proteiny [kg]	9,63	1,47	9,56	1,36
Minerály [kg]	3,52	0,61	3,50	0,58
BMC [kg]	2,91	0,52	2,91	0,50
Dop. BMC [kg]	2,62	0,20	2,62	0,20
ICW [l]	22,27	3,41	22,15	3,17
ECW [l]	13,79	2,13	13,75	2,03
*TBW [l]	36,06	5,52	35,90	5,18

Vysvětlivky: M – průměr; s – směrodatná odchylka; BMI – body mass index; BFM – body fat mass; PBF – percent body fat; WHR – waste hip ratio; VFA – visceral fat area; SMM – skeletal muscle mass; BMC – bone mineral content; ICW – intracellular water; ECW – extracellular water; TBW – total body water.

Kritické hodnoty: Hmotnost ($p = 0,008$; $\varphi = 0,0$); BMI ($p = 0,007$; $\varphi = 0,0$); BFM [kg] ($p = 0,008$; $\varphi = -0,1$); PBF [%] ($p = 0,026$; $\varphi = -0,1$).

Rozdíly mezi 1. a 2. vyšetřením byly vyhodnoceny párovým t-testem (* $p < 0,05$). U celého souboru se díky citlivosti párového t-testu projevila signifikance rozdílů v malém nárůstu hmotnosti, BMI i tukového podílu. Tento jev byl podmíněn zvýšeným přísunem tekutin v průběhu dne a krátkou dobou pro jejich tkáňovou utilizaci, stejně jako citlivostí bioimpedančního měření. Průměrná hodnota BMI spadla do rozmezí normální hmotnosti, také procento tukové frakce bylo pod hranicí rizikovosti, i když průměrné hodnoty oblasti vnitřního tuku zdaleka nedosahovaly rizikové hranice 100 cm².

S tím souvisí potvrzení signifikace změn u snížení množství TBW ($p = 0,042$; $\varphi = 0,0$). Nitrobuněčná tekutina prošla vyšším úbytkem než extracelulární, difference nedosáhly statistické významnosti. Také snížení hodnot směrodatných odchylek u všech složek tělesné

vody podporuje tvrzení o pozitivní intervenci lymfatické masáže na intersticiium a buněčné složení těla.

Váhové množství svalové složky, proteinů a celkových minerálů prošlo v souvislosti se snížením TBW rovněž malým úbytkem, bez statistické významnosti rozdílů. Kosterní svaly se podílely na celkové hmotnosti 39,76 %. Množství kostních minerálů zůstalo stabilní, na dobré úrovni. U průměrů veličin, které prošly snížením svých podílů, se také snížila hodnota směrodatné odchylky, navýšení průměrných hodnot bylo provázeno stabilitou nebo zvýšením hodnot směrodatných odchylek (Tabulka 1).

Stejný trend přírůstků a úbytků sledovaných veličin se projevil i při rozdělení na subsoubory podle věku, proto neuvažujeme o chybě měření, ale o vlivu masážní intervence. Signifikance rozdílů před a po masáži byla u 20letých žen potvrzena v případě navýšení hmotnosti ($p = 0,046$), BMI ($p = 0,042$) a množství viscerálního tuku ($p = 0,028$), u 30letých u navýšení tukové frakce v absolutní ($p = 0,028$) a relativní hodnotě ($p = 0,043$), u 40letých žen u úbytku hodnot indexu Edema 1 ($p = 0,005$) a Edema 2 ($p = 0,007$) pravé horní končetiny. Výsledky korespondují s výsledky testování celého souboru.

Nízká četnost subsouborů a profesní selekce probandek podtrhuje pilotní charakter výzkumu. Z pohledu věkových změn byla věnována pozornost změnám hodnot TBW, viscerálního tuku a změnám odhadu zastoupení minerálů v celém organismu a v kostech. Rozdíly mezi 1. a 2. vyšetřením u subsouborů byly vyhodnoceny párovým t-testem (* $p < 0,05$).

Tabulka 2. Základní statistické charakteristiky vybraných dat tělesného složení (InBody 720, n = 30) – rozdělení podle decenií, 20 až 50leté ženy.

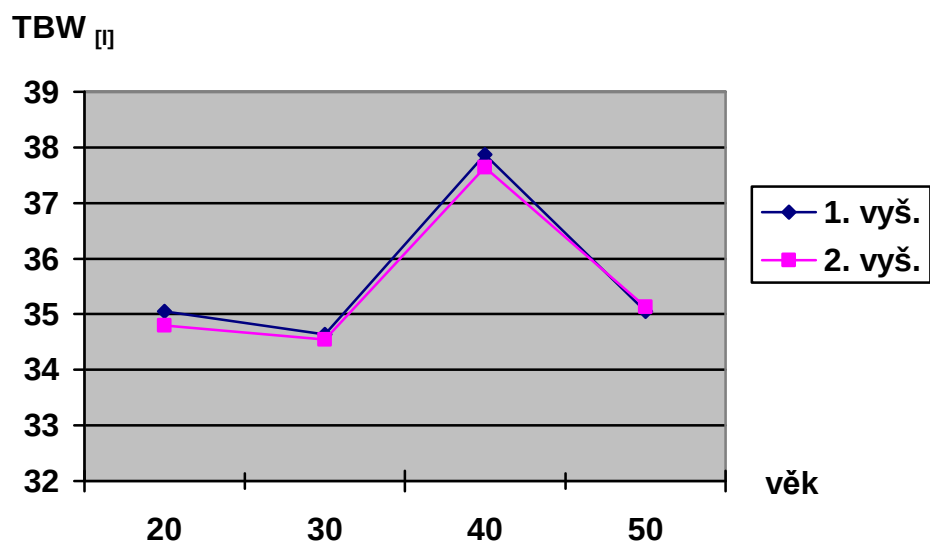
1. vyšetření	20leté (n=7)		30leté (n=8)		40leté (n=10)		50leté (n=5)	
Znak	M	s	M	s	M	s	M	s
Věk	24,33	3,20	33,71	2,29	46,00	3,66	56,25	4,14
Výška [cm]	168,67	5,32	165,93	6,22	170,05	7,63	165,00	4,24
Hmotnost [kg]	63,72*	7,14	63,54	8,52	74,64	21,93	64,06	12,26
BMI [kg/m ²]	22,41*	2,44	23,01	1,99	25,39	5,74	23,49	4,00
BFM [kg]	15,82	3,87	16,31*	3,64	22,97	12,46	16,30	6,78
PBF [%]	24,60	3,93	25,53*	3,50	28,75	8,03	24,83	7,23
WHR	0,80	0,03	0,84	0,01	0,88	0,04	0,92	0,03
VFA [cm ²]	51,37*	14,99	62,21	13,58	100,73	49,27	95,36	23,84
SMM [kg]	26,46	2,73	26,03	3,43	28,35	5,85	26,10	4,04
Proteiny [kg]	9,43	0,90	9,29	1,14	10,06	1,94	9,33	1,31
Minerály [kg]	3,41	0,31	3,32	0,43	3,73	0,84	3,42	0,46
BMC [kg]	2,85	0,24	2,74	0,35	3,09	0,72	2,81	0,38
Dop. BMC [kg]	2,64	0,17	2,55	0,19	2,68	0,24	2,53	0,13
ICW [l]	21,80	2,10	21,50	2,65	23,27	4,48	21,55	3,12
ECW [l]	13,25	1,20	13,14	1,61	14,60	2,76	13,50	1,97
TBW [l]	35,05	3,25	34,64	4,22	37,87	7,24	35,05	5,09

Kritické hodnoty: Hmotnost ($p = 0,046$); BMI ($p = 0,042$); VFA ($p = 0,028$; $0,043$); HK dex. Ed 1 ($p = 0,005$); HK dex. Ed. 2 ($p = 0,007$).

Tabulka 3. Základní statistické charakteristiky vybraných dat tělesného složení (InBody 720, n = 30) – rozdělení podle decenií, 20 až 50leté ženy.

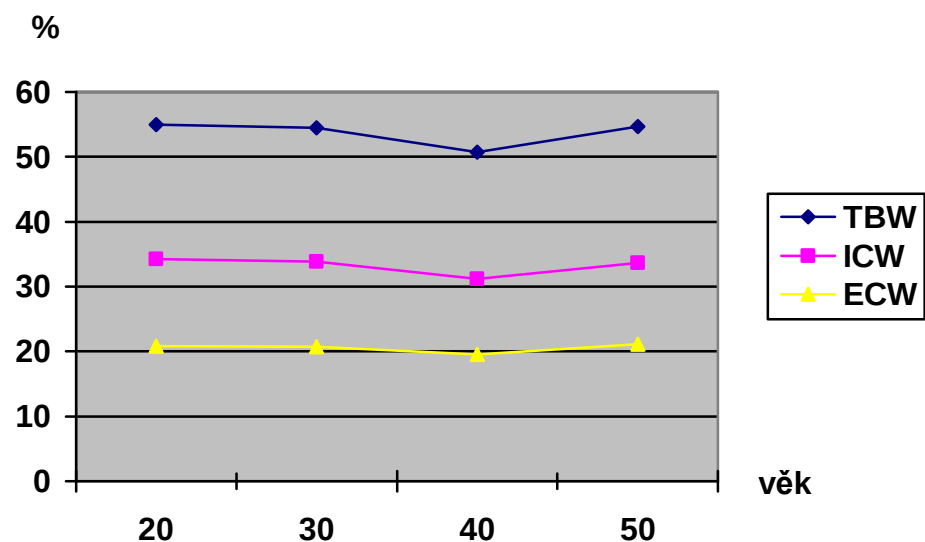
2. vyšetření	21–30 let (n=7)		31–40 let (n=8)		41–50 let (n=10)		51–60 let (n=5)	
Znak	M	s	M	s	M	s	M	s
Věk	24,33	3,20	33,71	2,29	46,00	3,66	56,25	4,11
Výška [cm]	168,67	5,32	165,93	6,22	170,05	7,63	165,00	4,24
Hmotnost [kg]	64,05*	7,25	63,78	8,47	74,96	22,06	64,19	11,73
BMI [kg/m ²]	22,52*	2,43	23,11	2,00	25,49	5,76	23,55	3,85
BFM [kg]	16,45	3,60	16,70*	3,83	23,65	13,43	16,43	7,07
PBF [%]	25,52	3,23	25,96*	3,57	29,21	9,26	24,84	7,86
WHR	0,81	0,03	0,84	0,01	0,88	0,04	0,92	0,03
VFA [cm ²]	53,77*	14,95	61,56	12,19	101,53	48,71	91,86	21,97
SMM [kg]	26,19	2,56	25,91	3,21	28,15	5,41	26,09	3,75
Proteiny [kg]	9,33	0,86	9,23	1,05	9,99	1,79	9,30	1,22
Minerály [kg]	3,44	0,29	3,31	0,40	3,71	0,81	3,38	0,41
BMC [kg]	2,87	0,25	2,75	0,34	3,08	0,70	2,79	0,31
Dop. BMC [kg]	2,64	0,17	2,55	0,19	2,68	0,24	2,53	0,13
ICW [l]	21,63	1,96	21,40	2,48	23,12	4,16	21,55	2,89
ECW [l]	13,17	1,20	13,14	1,58	14,52	2,61	13,58	1,77
TBW [l]	34,80	3,14	34,54	4,02	37,64	6,76	35,13	4,65

Pozn.: Hvězdičkou jsou označeny hodnoty se statisticky významnými rozdíly mezi 1. a 2. vyšetřením. Kritické hodnoty jsou uvedeny v tab. 2.



Graf 1. Změny celkového množství tělesné vody s věkem.

Celková tělesná voda tvořila ve sledované věkové řadě 55,00 %, 54,52 %, 50,74 %, 54,71 % tělesné hmotnosti, u celého souboru 53,01 %. ECW se celkem stabilně pohybovala v rozmezí 19,56 % – 21,07 %, s nejvyšší průměrnou hodnotou u 50letých žen. ICW v rozmezí 31,18 % – 34,21 % měla nejvyšší podíl u 20letých žen a s věkem procházela poklesem.

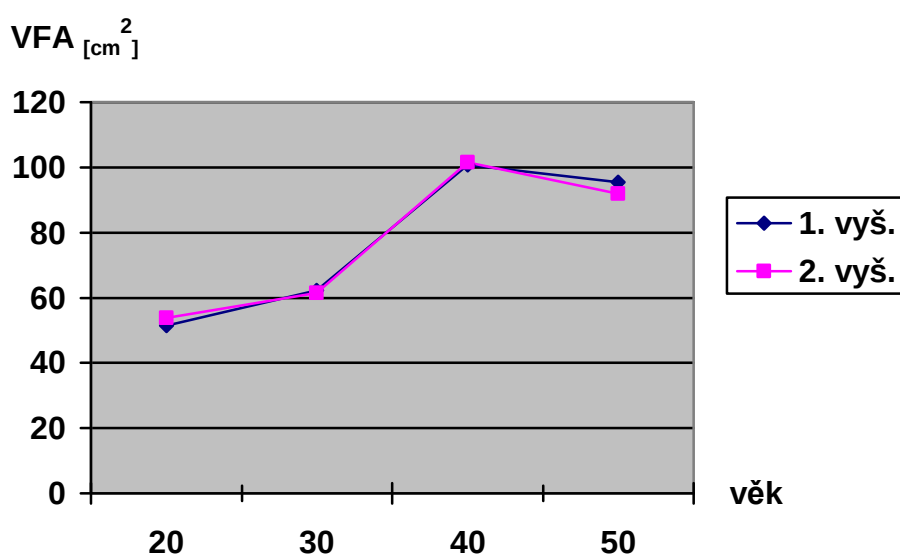


Graf 2. Procentuální vyjádření změn frakcí tělesné vody s věkem.

Schoeller (1989) uvádí u 30 a 40letých žen 49 % TBW, u 50letých žen 48 % TBW. Riegerová, Přidalová, Valenta, & Dostálová (2008) uvádí u 62letých žen 29,00 % ICW,

23,94 % ECW a 52,53 % TBW (měřeno QuadScan 4000), Gába, Riegerová, & Přidalová (2008) u 64letých seniorek 28,92 % ICW, 18,36 % ECW a 47,28 % TBW (měřeno InBody 720). Vyšší naměřené hodnoty ICW zřejmě souvisí s již optimalizovaným poměrem tělesných tekutin po lymfatických masážích.

Hodnoty viscerálního tuku narůstaly s věkem, výrazné navýšení u subsouboru 40letých žen způsobila probandka s hmotností 111,32 kg a tělesnou výškou 179 cm. Hodnota jejího viscerálního tuku byla vysoce riziková (200,18 cm²). 50leté ženy již mají poměrně vysoké množství viscerálního tuku i při relativně nízké hmotnosti (95,36 cm², 64,01 kg).

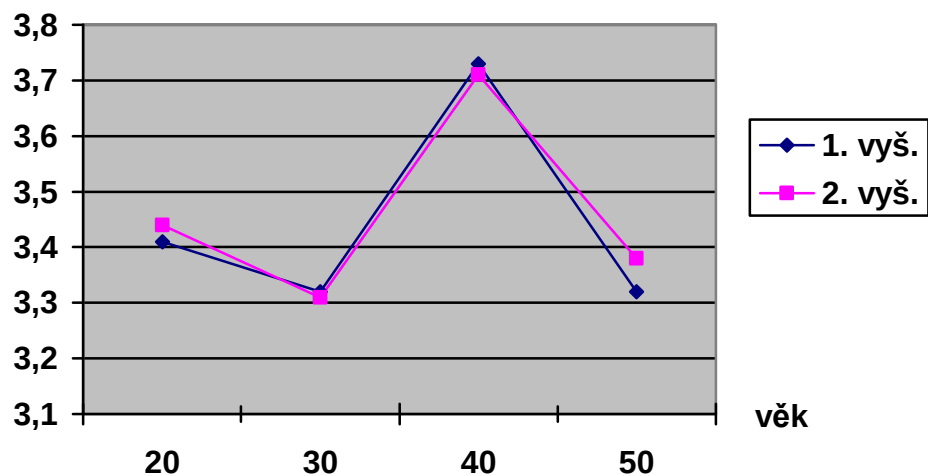


Graf 3. Změny viscerálního tuku s věkem.

V souvislosti s tělesnou výškou, nejvyšší jsou probandky s průměrným věkem 46 let, následují nejmladší probandky (24,3 let), nejnižší jsou pak ženy 50leté.

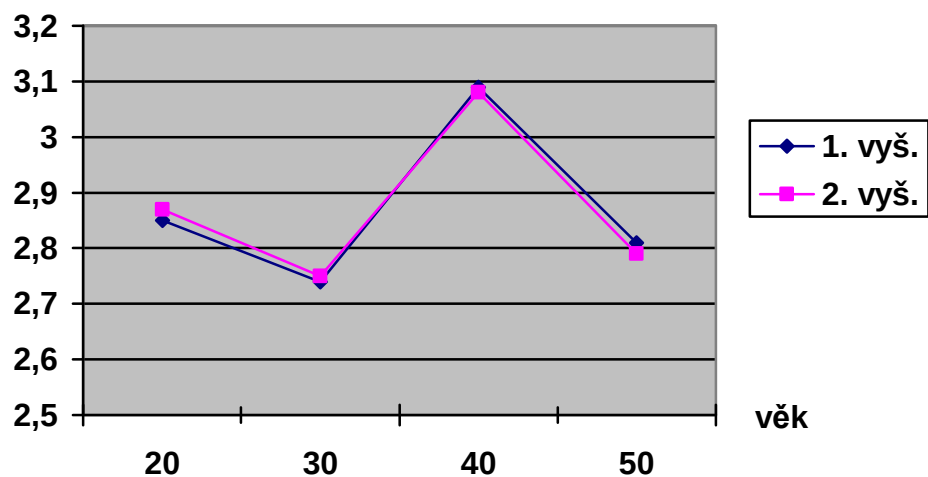
Průměrné hodnoty váhového množství celkových minerálů a kostních minerálů neprojevily výraznější sestupný trend s rostoucím věkem. Doporučená hladina kostních minerálů byla vždy nižší, než hodnota aktuální.

Minerály [kg]



Graf 4. Změny celkových tělesných minerálů s věkem.

BMC [kg]



Graf 5. Vyjádření změn kostních minerálů s věkem

Riegerová, Gába, Přidalová, & Langrová (2009) publikovali návrh rizikové hladiny pro odhad celkových minerálů a kostních minerálů při měření InBody 720 – 3,08 kg a níže a 2,55 kg a níže.

Pod touto rizikovou hladinou se pohybovaly nálezy u 4 žen:

E. K., 50 let, BMC 2,15 kg, minerály 3,16 kg, výška 160 cm, hmotnost 49,15 kg, BMI 19,20;
T. G., 50 let, BMC 2,06 kg, minerály 2,54 kg, výška 158 cm, hmotnost 45,46 kg, BMI 18,21;
L. P., 33 let, BMC 2,23 kg, minerály 2,77 kg, výška 160 cm, hmotnost 53,15 kg, BMI 20,76;

D. H., 22 let, BMC 2,45 kg, minerály 2,97 kg, výška 166 cm, hmotnost 51,42 kg, BMI 18,66.

Ve všech případech šlo o ženy s gracilní kostrou a nízkou hmotností, BMI signalizoval v případě T. G. a D. H. podváhu, v ostatních případech šlo o normální hmotnost. Ženy byly o svém stavu informovány a byla jim doporučena návštěva u odborného lékaře. Zpětnou vazbu jsme získali ve třech případech. U T. G. byla diagnostikována osteoporóza, u E. K. a L. P. klinická hladina osteopenie.

Tabulka 4. Základní statistické charakteristiky indexů Edema 1 a Edema 2 (InBody 720, n = 30).

Znak	1. vyšetření		2. vyšetření	
	M	s	M	s
Edema 1	0,3354	0,06	0,3361	0,01
* Edema 2	0,3823	0,07	0,3830	0,01
* HK dex. Ed. 1	0,3313	0,04	0,3298	0,01
* HK sin. Ed. 1	0,3324	0,04	0,3316	0,01
Trup Ed. 1	0,3356	0,06	0,3364	0,01
DK dex. Ed. 1	0,3354	0,07	0,3354	0,01
* DK sin. Ed. 1	0,3366	0,08	0,3383	0,01
* HK dex. Ed. 2	0,3779	0,04	0,3776	0,01
* HK sin. Ed. 2	0,3791	0,04	0,3784	0,01
Trup Ed. 2	0,3826	0,06	0,3834	0,01
* DK dex. Ed. 2	0,3837	0,08	0,3853	0,01
* DK sin. Ed. 2	0,3823	0,08	0,3828	0,01

Vysvětlivky: Edema 1, 2 – index otoku; HK dex. Ed. 1, 2 – index otoku pravé horní končetiny; HK sin. Ed. 1, 2 – index otoku levé horní končetiny; DK dex. Ed. 1, 2 – index otoku pravé dolní končetiny; DK sin. Ed. 1, 2 – index otoku levé dolní končetiny.

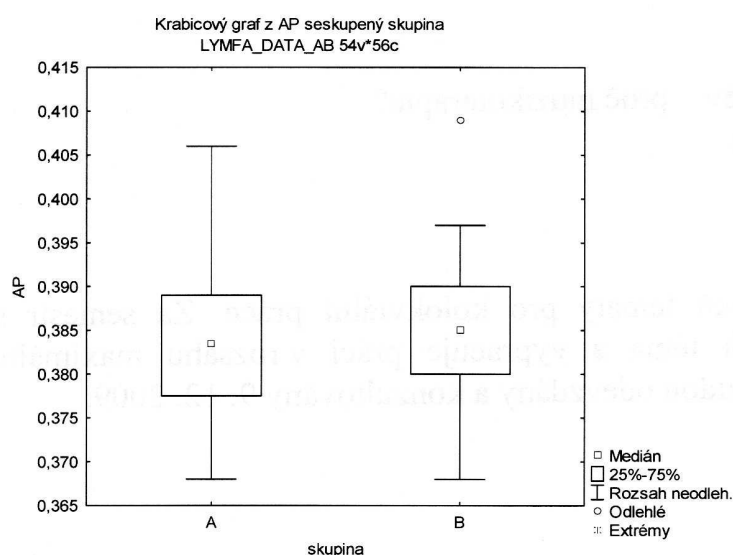
Kritické hodnoty: HK dex. Ed. 1 ($p = 0,042$; $\varphi = 0,4$); HK sin. Ed. 1 ($p = 0,012$; $\varphi = 0,2$); DK sin. Ed. 1 ($p = 0,014$; $\varphi = 0,2$); HK dex. Ed. 2 ($p = 0,008$; $\varphi = 0,3$); HK sin. Ed. 2 ($p = 0,009$; $\varphi = 0,2$).

Index Edema 1 informuje o množství tekutiny v mimobuněčném prostředí, index Edema 2 stanovuje poměr ECW/TBW, obohacené o bílkoviny a minerální látky v poměru 2:1. Rozdíly mezi 1. a 2. vyšetřením byly vyhodnoceny párovým t-testem (* $p < 0,05$).

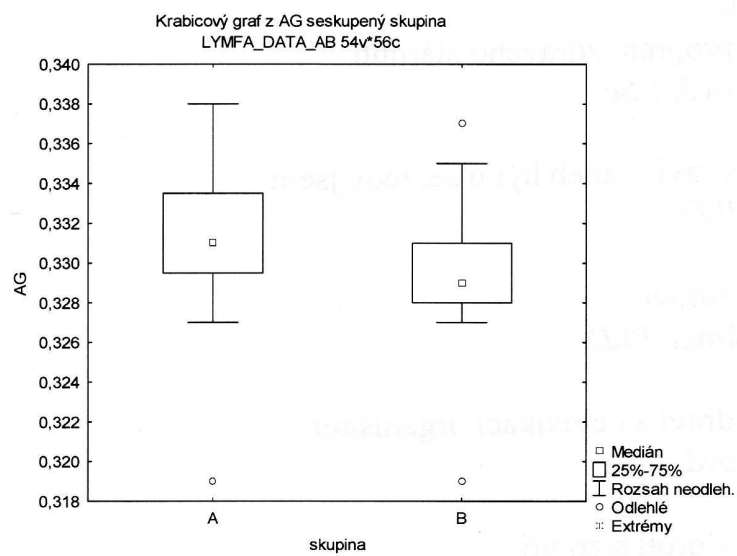
Hodnoty indexů Edema 1 byly ve svém průměru nižší, než dolní hranice uváděného standardního rozpětí 0,36–0,40. Vyrovnaně kolísaly v rozmezí 0,33–0,34 jednotek, důvodem nižších hodnot může být praktická výuka lymfatických masáží týden před vyšetřením. Při opakovaném měření se po průběhu lymfatické masáže projevilo statisticky významné snížení průměrné hodnoty indexu Edema 1 u horních končetin, které byly masírovány. Projevilo se také snížení a vyrovnaní hodnot směrodatných odchylek. U celkového indexu, indexu trupu a dolních končetin došlo k nepatrnému navýšení průměrných hodnot, které se signifikantně

projevilo pouze u levé dolní končetiny. Průměry indexů Edema 2 byly vyšší než udávaná limitní hodnota o 0,02 jednotek. U horních končetin se po masáži opět projevilo statisticky významné snížení indexu, u dolních končetin a trupu navýšení, které bylo signifikantní u obou dolních končetin. Signifikantní difference vychází z grafu 6 a 7, ale z věcného hlediska nehrají závažnou roli. Na základě výsledků testu effect size byl účinek střední úrovně potvrzen u Edema 1 a Edema 2 indexu pro pravou horní končetinu ($\varphi = 0,4$). U levé horní končetiny se projevil efekt malého účinku ($\varphi = 0,2$), stejně jako u dalších Edema indexů ($\varphi = 0,2-0,1$).

Naše výsledky potvrdily předpoklad pozitivních změn tělesného složení, naznačující však nutnost opakování experimentu, s jiným časovým rozvržením měření. V současné době nemáme evidované žádné studie, zaměřené na konkrétní změny ve složení těla po provedení lymfatické masáže. Proto považujeme tuto pilotní studii, i přes některá omezení (např. malá četnost souboru, věková variabilita), za prospěšnou pro teorii i praxi.



Graf 6. Krabicový graf průměrů a směrodatných odchylek indexů Edema 1 pravé horní končetiny (StatSoft, 2008).



Graf 7. Krabicový graf průměrů a směrodatných odchylek indexu Edema 2 pravé dolní končetiny (StatSoft, 2008).

6 Závěry

Na základě analýzy výstupů z InBody 720 lze potvrdit pozitivní intervenci lymfatické masáže na intersticiu a buněčné prostředí těla.

U celého souboru se projevila signifikance rozdílů v malém nárůstu hmotnosti, BMI a tukového podílu (BFM), což bylo zřejmě podmíněno zvýšeným přísunem tekutin a krátkou dobou pro její utilizaci. S tím souvisí i signifikantní snížení průměrných hodnot TBW, úbytek ICW i ECW a snížení hodnot směrodatných odchylek u všech složek tělesné vody.

Stejný trend přírůstu i úbytku sledovaných veličin se projevila i při rozdělení na subsoubory podle věku. Hodnoty viscerálního tuku narůstaly s věkem, průměrné hodnoty odhadu váhového množství celkových minerálů a kostních minerálů neprocházely ve věkové řadě výraznějším sestupným trendem.

Hodnoty indexů Edema 1 byly ve svém průměru nižší (optimalizované), než dolní hranice standardního rozpětí, vyrovnaně kolísaly v rozmezí 0,33–0,34 jednotek. Po lymfatické masáži horních končetin se projevilo signifikantní snížení indexů Edema 1 i Edema 2 pro masírovanou oblast. Projevilo se také snížení a vyrovnaní hodnot směrodatných odchylek. U nemasírovaných částí těla došlo k mírnému navýšení hodnot Edema indexů se signifikancí v případě indexů Edema 1 u levé dolní končetiny a Edema 2 u obou dolních končetin. Test effect size potvrdil účinek střední úrovně u indexu Edema 1 a Edema 2 pro pravou horní končetinu a pouze malý účinek pro levou horní končetinu.

Naše výsledky potvrdily předpoklad pozitivních změn ve složení těla. Vychází však z již částečně optimalizovaného stavu a naznačují nutnost opakování experimentu v jiném časovém rozvržení. Tato pilotní studie má své limity, kterými jsou malý rozsah souboru, velká věková variabilita, absence prací stejného zaměření vzhledem k možnosti komparace výsledků.

7 Souhrn

Na dvou výukových kurzech lymfatických masáží jsme ve druhé polovině kurzu provedli vyšetření složení těla přístrojem InBody 720. Vyšetření jsme realizovali ráno před zahájením výuky a před koncem výukového dne. Mezi prvním a druhým vyšetřením uplynula časová pauza 8 hodin. Vyšetřili jsme 30 žen, nízká četnost a profesní selekce probandek podtrhují sondážní charakter výzkumu. V předložené pilotní studii jsme sledovali vliv lymfatické masáže na vybrané složky složení těla a stabilitu vyšetření. Získaná data jsme zpracovali souhrnně a vzhledem k věkovému rozpětí i po deceniích programem Statistica 8, difference jsme testovali párovým t-testem. Věcná významnost byla posuzována pomocí koeficientu φ (Cramer's phi).

Potvrzujeme pozitivní intervenci lymfatické masáže na intersticium a buněčné prostředí těla. U souboru se projevila signifikance ($p < 0,05$) rozdílů v malém nárůstu hmotnosti, BMI a tukového podílu, což bylo zřejmě podmíněno zvýšeným přísunem tekutin a krátkou dobou pro jejich utilizaci. S tím souvisí i signifikantní snížení průměrných hodnot TBW ($p = 0,042$; $\varphi = 0,0$), úbytek ICW i ECW a snížení hodnot směrodatných odchylek u všech složek tělesné vody.

Stejný trend přírůstků a úbytků sledovaných veličin se projevil při rozdělení na subsoubory podle věku. Hodnoty viscerálního tuku narůstaly s věkem, průměrné hodnoty váhového množství celkových minerálů a kostních minerálů neprojevily ve věkové řadě výraznější sestupný trend.

Hodnoty indexů Edema 1 byly ve svém průměru nižší (optimalizované), než dolní hranice standardního rozpětí. Po lymfatické masáži horních končetin se projevilo signifikantní snížení indexu Edema 2 ($p = 0,021$; $\varphi = 0,1$) pro masírovanou oblast. Projevilo se také snížení a vyrovnaní hodnot směrodatných odchylek. Naše výsledky potvrdily předpoklad pozitivních změn ve složení těla, vychází však z již částečně optimalizovaného stavu v druhé polovině kurzu a naznačují nutnost opakování experimentu v jiném časovém rozvržení.

8 Summary

In the second halves of two MLD training courses, body composition was measured in 30 females using InBody 720 Body Composition Analyser. The measurements were done in the morning just before the training session and at the end of it. There was an interval of 8 hours between the first and the second measurement. The small number as well as the occupational selection of the female control subjects underscore the pioneering nature of the research. The following study examined the effect of manual lymphatic drainage on selected components of body composition and the reliability of the examination. The acquired data were processed using Statistica 8 software as a full data set and due to the age range separately by age decades as well. The differences were tested by the paired t-test. The effect size was assessed using the phi coefficient ϕ (Cramer's phi).

The results prove that MLD has a positive effect on the interstitial fluid and cellular environment of the body. The sample group showed statistically significant ($p < 0.05$) differences in a small increase in weight, BMI and proportion of fat, which appears to have been caused by increased liquid intake and little time for its utilization. Related to this is a significant reduction in the average values of TBW ($p = 0.042$, $\phi = 0.0$), decrease in ICW as well as in ECW, and the reduction in the values of standard deviations of all compartments of body water.

The same trend in the increase and decrease in the observed values was observed in each age subgroup. The proportion of visceral fat increased with age, the average weight of the total quantity of minerals and bone minerals did not show any significant downward trend.

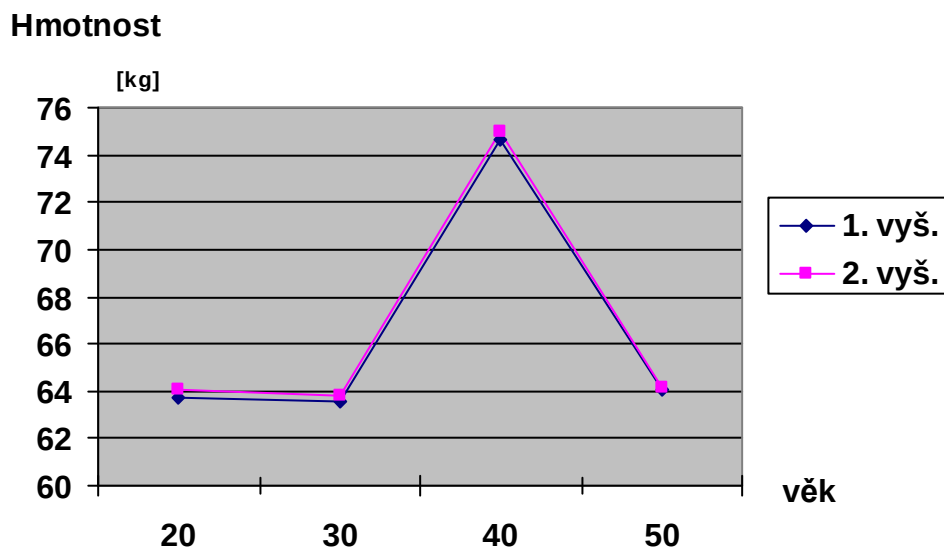
The average of Edema 1 index values was smaller than the lower limit of the standard range. MLD of the upper limbs lead to a significant reduction in Edema 2 index ($p = 0.021$, $\phi = 0.1$) for the massaged area. Standard deviation values were reduced and equalized. The obtained results confirmed the assumption of positive changes in body composition; however, the state of the individuals was already partially optimized (as the measurements were done in the second half of the course) which implies the need to repeat the experiment in a different timing.

9 Referenční seznam

- Bechyně, M., & Bechyňová, R. (1997). *Mízní otok – Lymfedém, komplexní terapie*. Praha: Phlebomedica.
- Benda, K., Bendová, M., Cagášková, J., Eliška, O., Houdová, H., Navrátilová, Z., Wald, M., & Wittnerová, M. (2008). *Lymfedém – komplexní fyzioterapie, lymfodrenáže a doplňující léčebná péče*. Brno: Mikadapress.
- Bičíště, J. (1996). *Biofyzika – Učební texty*. Brno: skriptum SPŠE Kounicova.
- Biospace (2008). *InBody720 – The precision body analyzer*. Retrieved 25. 9. 2009 from the World Wide Web: <http://www.e-inbody.com/Product/ib720.html>.
- Biospace (2009). *InBody720*. Retrieved 24. 10. 2009 from the World Wide Web: <http://www.biospace.cz/inbody-720-pb4.php>.
- Biospace (2009). *InBody720*. Retrieved 19. 1. 2010 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/soubory/lookin-body/vyklad-vysledku-a-aplikace-inbody720.pdf>.
- Dr. Natur (2009). *Lymfatická masáž*. Retrieved 8. 11. 2009 from the World Wide Web: <http://www.drnatur.cz/lymfaticka-masaz.html>.
- Dream Body (2009). *Lymfatické masáže*. Retrieved 13. 12. 2009 from the World Wide Web: <http://www.dreambody.cz/procedury/lymfaticke-masaze/>.
- Goats, G. C. (1994). Massage – the scientific basis of an ancient art: Part 2. Physiological and therapeutic effects. *British Journal of Sports Medicine*, 28(3), 153-156.
- Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied Body Composition Assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Johnson, M. G. (2008). *New research developments in understanding lymphovenous disorders*. Retrieved 8. 11. 2009 from the World Wide Web: <http://www.lymphovenous-canada.ca/researchhtm>.
- Klímová, J. (2009). Konzultační a terapeutický institut Praha – *Lymfatická masáž (Lymfologie)*. Retrieved 13. 12. 2009 from the World Wide Web: <http://www.aktip.cz/cs/produkty-sluzby/masaze/lymfaticke-masaze.html>.
- Kohlíková, E., Bartůňková, S., Melichna J., Smitka, K., & Vránová, J. (2003). *Cytopatologie, Patobiochemie a Patofyziologie – Všeobecná část*. Praha: Karolinum.
- Merkunová, A., & Orel, M. (2008). *Anatomie a fyziologie člověka – Pro humanitní obory*. Praha: Grada Publishing.

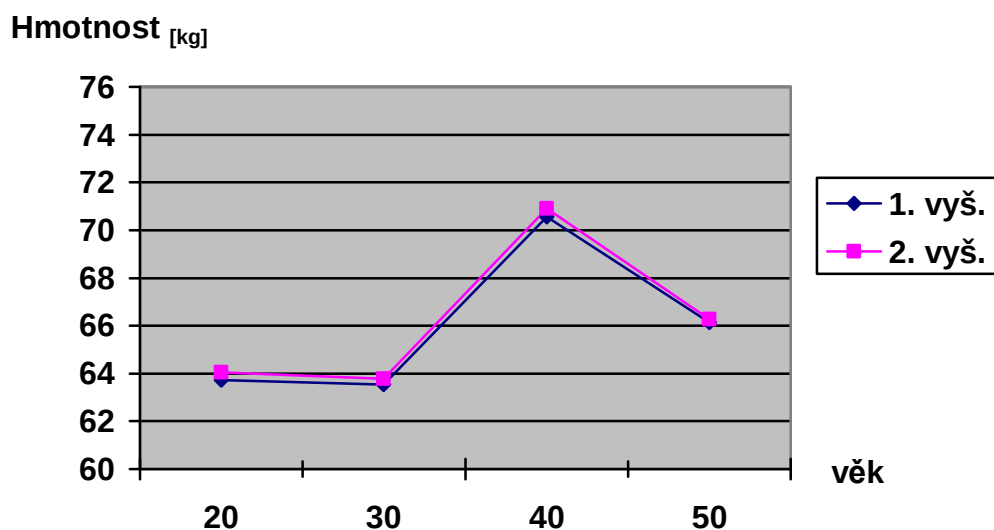
- Poage, E., Singer, M., Armer, J., Poundall, M., & Shellabarger, M. J. (2008). *Clinical Journal of Oncology Nursing*, Vol. 12 Issue 6, p951-964, 14p, 3 charts; DOI: 10.1188/08.CJON.951-964; (AN 35608399).
- Premkumar, K. (2003). *The massage connection: anatomy and physiology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Riegerová, J. (2008). *Elektronický text*. Olomouc: FTK UP.
- Riegerová, J., Gába, A., Přidalová, M., & Langrová, I. (2009). Hodnocení osteopenie a osteoporózy u žen ve věku senescence pomocí přístroje Dexa a InBody 720. *Slov. Antropol.*, 12(2), 42-48.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (1998). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Vydavatelství UP.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu (příručka funkční antropologie)*. Olomouc: Hanex.
- Riegerová, J., Přidalová, M., Valenta, M., & Dostálová, I. (2008). Analýza složení těla pomocí bioimpedance a antropometrie u moravských žen ve věku senescence, vliv střednědobého pohybového experimentu. *Med Sport Boh Slov*, 17(4), 191-196.
- Rokyta, R., Bernášková, K., Kříž, N., Myslivečková, J., Paul, T., Stančák, A., Šulc, J., & Yamamotová, A. (2000). *Fyziologie*. Praha: ISV nakladatelství.
- Schoeller, D. A. (1989). Changes in total body water with age. *Am J Clin Nutr*, 50(11), 1176-81.
- Slováková, H. (2009). Masáže-Hana – *Lymfatické masáže*. Retrieved 13. 12. 2009 from the World Wide Web: <http://www.masaze-hana.cz/lymfaticke-masaze.php>.
- StatSoft, Inc. (2008). Statistica 8 [Computer Software]. Tulsa, OK: StatSoft.
- Tanita (2010). *BMI a jeho nevýhody*. Retrieved 9. 3. 2010 from the World Wide Web: <http://www.osobni-vahy.cz/cti/70/bmi-a-jeho-nevyhody/>.

10 Přílohy



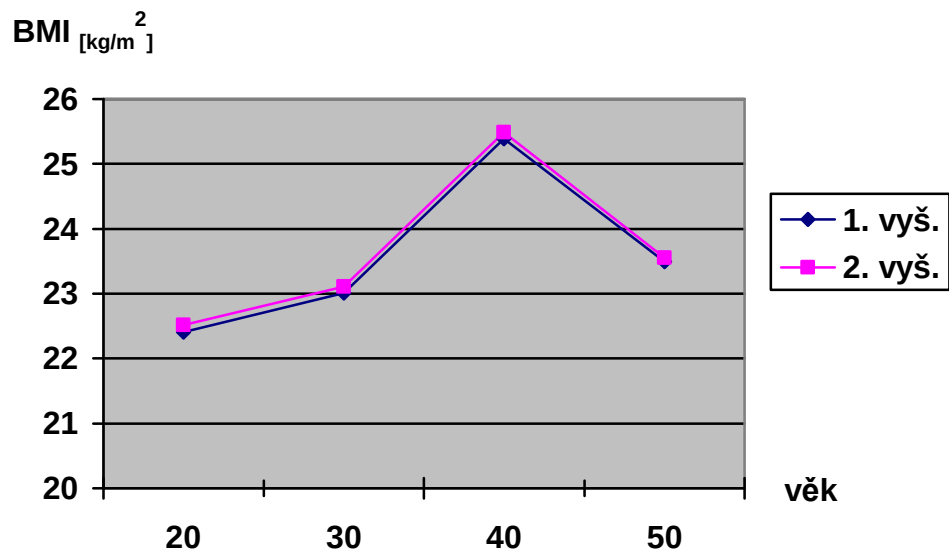
Graf 8. Znázornění změn tělesné hmotnosti s věkem.

Výrazné navýšení hmotnosti u subsouboru 40letých žen způsobila probandka s tělesnou hmotností 111,32 kg. Oproti tomu nejsubtilnější postavou celého souboru 30 žen byla probandka z kategorie 50letých, s tělesnou hmotností 45,46 kg. Pokud bychom hodnoty obou probandek vyřadili ze zpracování, výsledný graf hmotnosti by vypadal takto:

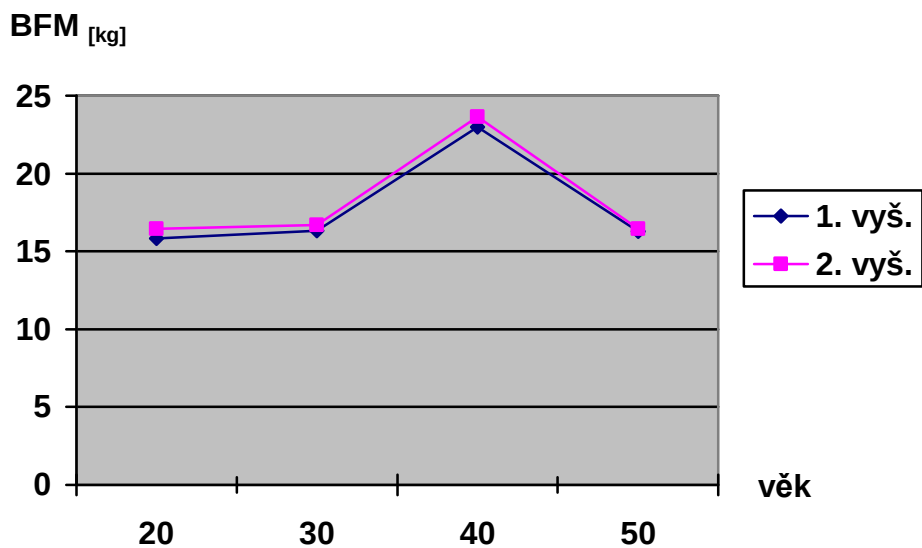


Graf 9. Znázornění hmotnostních změn po vyřazení mezních hodnot.

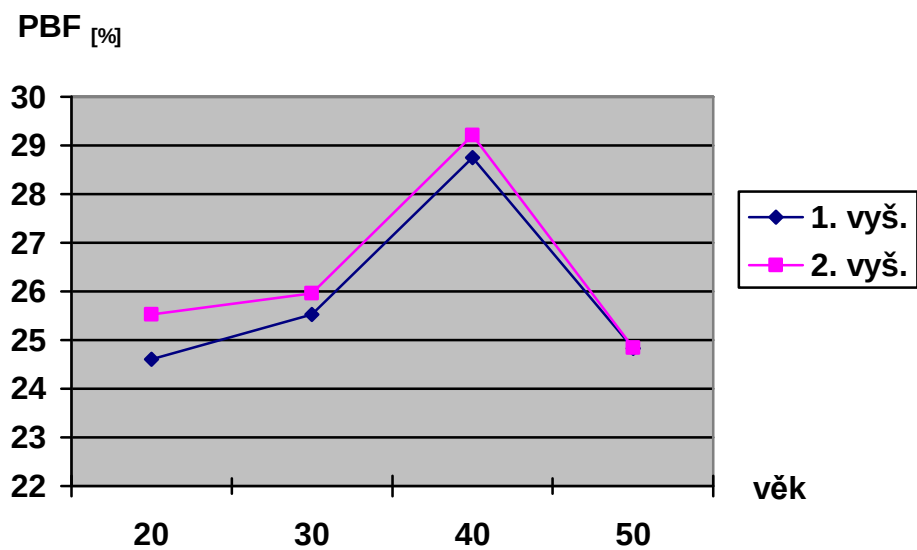
I přes vyřazení mezních hodnot je průměrná tělesná hmotnost 40letých žen výrazně vyšší ve vztahu k mladším i starším věkovým kategoriím.



Graf 10. Změny hodnot BMI s věkem.

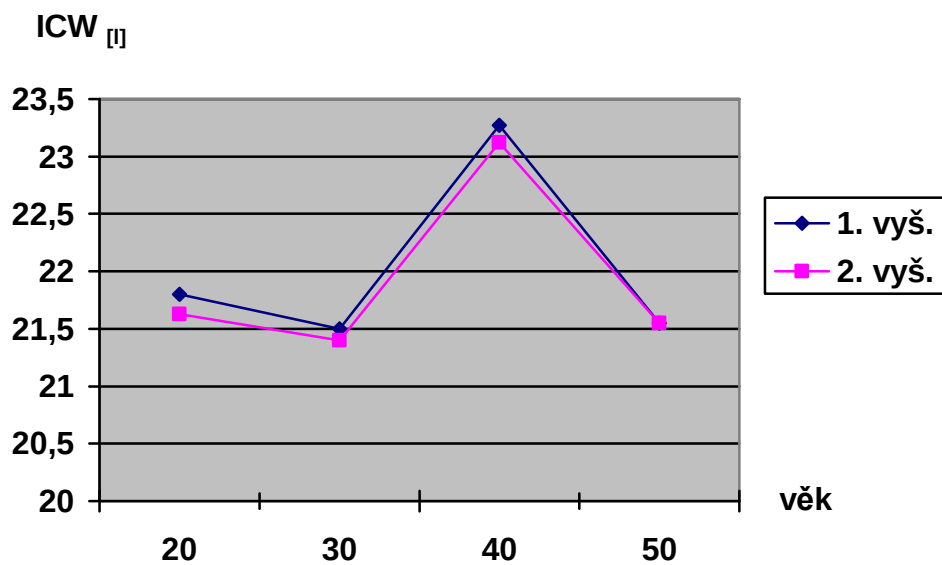


Graf 11. Změny podílu tělesného tuku s věkem.

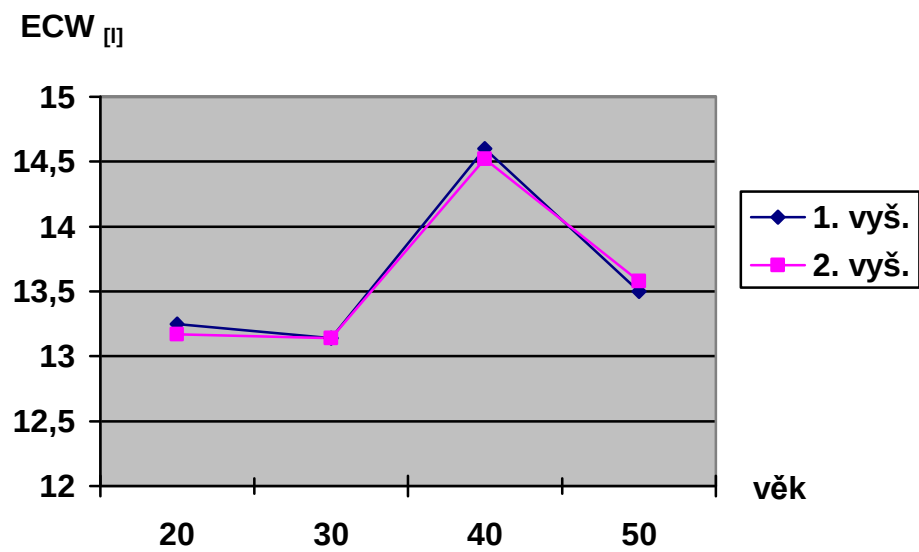


Graf 12. Procentuální vyjádření změn tělesného tuku s věkem.

Procentuální množství tělesného tuku narůstá od 20 do 40 let. U 50letých probandek se průměrná hodnota přibližuje průměrné hodnotě 20letých žen.



Graf 13. Změny intracelulární tekutiny s věkem.



Graf 14. Změny extracelulární tekutiny s věkem.

Z porovnání výsledných grafů ICW a ECW je patrné, že nitrobuněčná tekutina prošla vyšším úbytkem než tekutina extracelulární. Diference však nedosáhly statistické významnosti.