

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA TĚLESNÉ KULTURY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Srovnání tělesného složení dle jednotlivých
přístrojových technik na základě metody BIA a
v rámci vybraných sportovních specializací**

2011

KATEŘINA JANKŮ

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Fakulta tělesné kultury

**SROVNÁNÍ TĚLESNÉHO SLOŽENÍ DLE JEDNOTLIVÝCH PŘÍSTROJOVÝCH
TECHNIK NA ZÁKLADĚ METODY BIA A V RÁMCI VYBRANÝCH
SPORTOVNÍCH SPECIALIZACÍ**

Diplomová práce

(Magisterská)

Autor: Kateřina Janků

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

Olomouc 2011

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Kateřina Janků

Název diplomové práce: Srovnání tělesného složení dle jednotlivých
přístrojových technik na základě metody BIA
a v rámci vybraných sportovních specializací

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii FTK UP v Olomouci

Vedoucí diplomové práce: Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

Rok obhajoby diplomové práce: 2011

Abstrakt: Tato diplomová práce se zabývá hodnocením a srovnáním tělesného složení u dvou souborů jedinců. První soubor, 28 hráčů ledního hokeje extraligového juniorského družstva HC Olomouc, byl měřen v únoru 2009. Druhý soubor, 16 hráčů dorostu SK Sigma Olomouc, byl měřen v dubnu a květnu 2010. Měření proběhlo metodou bioelektrické impedanční analýzy na přístrojích InBody 720 a Tanita BC-418. Vybrané parametry tělesného složení byly naměřeny, analyzovány a vzájemně srovnány. Z výsledků vyplynulo, že hráči ledního hokeje disponují větším množstvím štíhlé hmoty ve všech segmentech. Průměrné hodnoty TBW (celková tělesná voda), ECW (extracelulární voda), ICW (intracelulární voda) rovněž převyšují u hráčů ledního hokeje. Jako překvapivé se ukázalo zjištění, že množství tukové frakce je na dolních a horních končetinách u obou souborů téměř totožné. Pouze množství tukové frakce na trupu hráčů ledního hokeje je výrazně vyšší než u fotbalistů.

Klíčová slova: bioelektrická impedanční analýza, frakcionace tělesné hmotnosti, přístrojové vybavení InBody 720 a Tanita NC-BC 418, tukuprostá hmota, tělesný tuk, tělesná voda, segmentální analýza

Magisterská práce byla zpracována v rámci projektu „Pohybová aktivita a inaktivita obyvatel České republiky v kontextu behaviorálních změn“ (IK: 6198959221).

Souhlasím s půjčováním závěrečné písemné práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Kateřina Janků

Title of the master thesis: Comparison of body constitution according to individual instrumentations based on BIA method and within the frame of chosen sport specialisations

Department: Department of funkcionální antropologie and physiology

Supervisor: Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

The year of presentation: 2011

Abstract: The aim of this thesis is to evaluate and compare body constitution at two sets of individuals. The first set which consisted of 28 junior ice-hockey players of Extraliga team HC Olomouc was measured in February 2009. The second set which consisted of 16 youth football players of SK Sigma Olomouc was measured in April and May 2010. The measurement was based on bioelectric impedance analysis using InBody 720 and Tanita BC-418 equipment. Chosen values of body constitution were measured, analysed and compared. From results emerged that ice-hockey players dispose of higher quantity of lean mass in all segments. The average values of TBW (total body water), ECW (extracellular water), ICW (intracellular water) also exceeds in case of ice-hockey players. Surprisingly, the amount of fat mass at lower and upper limbs was nearly identical at both of the sets. Also, the ice-hockey players dispose of significantly higher fat mass on trunk.

Keywords: bioelectrical impedance analysis, body weight fractionation provided, devices InBody 720 and Tanita NC-BC 418, fat free mass, body fat, body water, segmental analysis

Master thesis was prepared under the project "Physical activity and inactivity of inhabitants of the Czech Republic in the context of behavioral changes" (IK: 6198959221).

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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a veškerou literaturu a použité zdroje jsem všechny správně a úplně citovala.

V Olomouci dne

.....

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucí práce Doc. RNDr. Miroslavě Přidalové Ph.D. za pomoc a cenné rady při vypracování diplomové práce.

OBSAH

1 ÚVOD	8
2 SYNTÉZA POZNATKŮ	9
2.1 TĚLESNÉ SLOŽENÍ	9
2.1.1 HISTORIE	9
2.1.2 MODELY TĚLESNÉHO SLOŽENÍ	11
2.1.3 KOMPONENTY LIDSKÉHO TĚLA	18
2.2 METODY ODHADU TĚLESNÉHO SLOŽENÍ	26
2.2.1 ANTROPOMETRICKÉ METODY	26
2.2.2 BIOFYZIKÁLNÍ A BIOCHEMICKÉ METODY	28
2.3 SPECIFIKA TRÉNINKU JEDNOTLIVÝCH SPORTOVNÍCH ODVĚTVÍ	36
2.3.1 SPECIFIKA TRÉNINKU LEDNÍHO HOKEJE	36
2.3.2 SPECIFIKA TRÉNINKU FOTBALU	39
3 CÍLE	43
3.1 DÍLČÍ CÍLE	43
3.2. HYPOTÉZY	43
4 MATERIÁL A METODIKA	44
4.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA SOUBORU	44
4.2 PRŮBĚH ŠETŘENÍ	44
4.3 METODA BIA	45
4.3.1 INBODY 720	45
4.3.2 TANITA BC-418	51
5. VÝSLEDKY A DISKUSE	52
6 ZÁVĚR	63
7 SOUHRN	64
8 SUMARY	66
9 REFERENČNÍ SEZNAM	68
10 PŘÍLOHY	72

1 ÚVOD

Tématem této diplomové práce je srovnání tělesného složení dle jednotlivých přístrojových technik na základě metody BIA a v rámci vybraných sportovních specializací.

Problematika složení lidského těla zajímala lidstvo od pradávna. Metody, kterými se vědci snažili zjistit, z čeho se lidské tělo vlastně skládá, nebyly vždycky na tak vyspělé úrovni, na jaké jsou dnes. Postupem času se přecházelo od zkoumání mrtvých těl k tělům živých jedinců. Přes nejrůznější metody jako vážení pod vodou, metody založené na hustotě těla apod. jsme se dopracovali až k metodě, která představovala velký zlom.

Metoda bioelektrické impedance (BIA) je metodou terénní, velmi rychlou a neinvazivní. Metoda je založena na vodivosti a odporu jednotlivých tkání lidského těla. 50-70 % lidského organismu je tvořeno vodou, která je elektrickým vodičem. Naproti tomu hmota tuková má vlastnosti jako izolant. Pomocí elektrického proudu nízké frekvence měříme dva parametry – impedanci (odpor) a reaktanci. Tedy, čím více má měřená osoba tukové složky, tím větší odpor vůči elektrickému proudu naměříme.

Téma diplomové práce jsem zvolila z toho důvodu, že již druhým rokem trénuji fotbalovou předpřípravku Sigma Olomouc. Ve fotbalovém prostředí se tedy často pohybuji a přišlo mi zajímavé, zjistit, jak jsou na tom, z hlediska tělesného složení hráči fotbalu vzhledem k ostatní populaci. Rovněž jsem chtěla prostřednictvím výstupů měření napomoci trenérům, dozvědět se bližší informace o svých svěřencích aby tak mohli efektivněji zaměřit obsah tréninkových jednotek.

V této diplomové práci jsou zpracovány výsledky měření dvou souborů na přístrojích InBody 720 a Tanita BC-418. První soubor hokejistů, tvoří 28 hráčů ledního hokeje extraligového juniorského družstva HC Olomouc. Druhý soubor fotbalistů, tvořilo 16 hráčů fotbalu, dorostenci SK Sigma Olomouc. Měření prvního souboru proběhlo v únoru 2009. Soubor fotbalistů byl měřen na jaře 2010. Probandi byli seznámeni s naměřenými výstupy, které byly rovněž předány jednotlivým trenérům.

2 SYNTÉZA POZNATKŮ

2.1 TĚLESNÉ SLOŽENÍ

2.1.1 HISTORIE

Antropometrie je jedna ze základních výzkumných metod antropologie. Je třeba si uvědomit, že antropometrie nebyla vždy na tak vyspělé úrovni, na jaké se s ní můžeme setkat dnes. Nelze datovat počátky jejího vzniku, ale existují důkazy o tom, že již ve starověku se např. samotný Archimédes zajímal o složení lidského těla.

Jak uvedla Pařízková (1962) ve své knize, problém složení lidského těla zajímal lidi již od pradávna. Například Hippokrates z Kósu (460 př. n. l. – cca 377 př. n. l.), nejslavnější lékař antického Řecka, měl jisté představy o tělesných složkách, které se ovšem z pohledu dnešní doby zdají dosti nereálné. Jeho úvahy ale přece jen vedly k závěru, který můžeme považovat za správný i dnes. Hippokrates řekl, že zdraví je tělesný stav, kdy jsou všechny tělesné složky ve správném poměru k sobě navzájem co se týká kvality, tak i síly. Ale jak zjistit právě ony tělesné složky? To byl problém, kterým se zabývala spousta vědců. Metody na zjištění tělesného složení byly děleny na dvě základní skupiny, a to přímé a nepřímé. Nevýhoda přímých metod byla ta, že je bylo možno použít pouze na analýzu mrtvých těl, byly to např. metody anatomické či chemické. Nepřímé metody bylo možné použít na živých organismech, ale výsledky nebyly zdaleka tak přesné.

Asi před 150 lety se němečtí anatomové začali o danou problematiku více zajímat. Výsledkem jejich práce byla velká řada nashromážděných dat, které posunuly vědění o tělesném složení kupředu. Provedli řadu přímých měření, shromáždili data a vytvořili tabulku, ve které bylo uvedeno množství vody v celém těle, obsah vodíku, dusíku, kyslíku. Dále pak jsou zde uvedeny váhy částí těla jako jsou vlasy, rohovka, kůže různých částí těla apod. (Pařízková, 1962).

„Novější data a tělesná složení získal v roce 1945 Mitchell, Hamilton, Steggerda a Bean (163), dále pak Mc Cance a Widdowsonová (157) a Forbes, Cooper a Mitchell (cit.125)“ (Pařízková, 1962, 8).

Tabulka, která byla vytvořena na základě jejich přímého měření měla ale opět svoje nedostatky. Mrtvá těla, která byla zkoumána, byla většinou po smrti netradičním způsobem, jako bylo utonutí, srdeční dekompozice, atd., díky čemuž byly výsledky měření opět zkresleny.

K určování jednotlivých komponent tělesného složení byla vypracována celá řada metod. Metody antropometrické patří k časově i finančně méně náročné metody. Například v české antropometrii se, mimo jiné, velmi často uplatňuje určování tělesného složení ze součtu deseti kožních řas podle Pařízkové (1962).

Další metodu odhadu tělesného tuku vytvořili Vignerová a Bláha (2001). Odhad % tuku odvozují z měření dvou kožních řas u dětské kategorie. Rovnice jsou následující:

Chlapci: % tuku = $0,735 \cdot (\text{triceps} + \text{subscapulare}) + 1,0$

Dívky: % tuku = $0,610 \cdot (\text{triceps} + \text{subscapulare}) + 5,1$

Výsledky se u různých metod od sebe navzájem liší. Největší rozdíly jsou v zastoupení tukové frakce. Rozdíly jsou tím větší, čím je jedinec obéznější. Dále pak souvisí s pohlavními rozdíly, u žen je jiné rozložení tuků než u mužů. V rámci konkrétních metod se výsledky liší především kvůli měření jiných kožních řas (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Měření probíhalo dokonce i na laboratorních zvířatech. Výsledky ale rovněž nelze považovat za přesné z toho důvodu, že člověk je tvor, jehož podobnost se značně lišila od všech druhů laboratorních zvířat.

„Studie na zvířatech mají omezený význam: např. koncentrace vápníku v tukuprosté tělesné hmotě králíka, křasy, kočky, atd. je poloviční než u člověka. Dále existují velké pohlavní rozdíly v podílu tuku u samce a samice různých živočišných druhů: u člověka je podíl tuku v ženském organismu mnohem vyšší než u samic všech druhů laboratorních zvířat“ (Pařízková, 1962).

2.1.2 MODEL Y TĚLESNÉHO SLOŽENÍ

Jak uvádí ve své knize Pařízková (1962), většina údajů z výzkumu týkajících se tělesného složení je z posledních čtyřiceti let. Vývoj a kvalita měření je spojena s rostoucím zájmem o tělesné zdraví, životní styl a tělesnou kondici. Rychlost vývoje je rovněž spojena se zvýšeným výskytem kardiovaskulárního onemocnění v souvislosti se zvýšeným obsahem tuku v těle, což je následek životního stylu a dalších mnoha faktorů. Vznik nejrůznějších modelů na popsání tělesného složení je dán velkou složitostí tělesné hmotnosti jako veličiny. Lidské tělo můžeme posoudit z hlediska chemického, kdy se skládá z jednotlivých chemických prvků. Z hlediska anatomického je tělo tvořeno tkání a tkáňovými systémy. Jiné modely pak tělo dělí pouze na hmotu tukovou a hmotu tukuprostou.

Základním morfologickým parametrem, ze kterého je nutné vycházet, je tělesná hmotnost. Při sledování tělesného složení se pak zkoumají jednotlivé komponenty (frakce) tělesné hmotnosti a změny jejich poměru zastoupení. Tělesná hmotnost je součtem řady komponent – komponent tělesného složení. Jednotlivé modely se liší podle počtu a typů uvedených komponent. V současné době se studie týkající se tělesného složení zaměřují na změny v průběhu ontogeneze, změny následkem trénování, změny tělesného složení u postižených a nemocných lidí a lidí s psychickými poruchami. Již víme, že pohybová aktivita má vliv na změny složení lidského těla a to tak, že ubývá tukové složky a přibývá složky svalové, popřípadě kostní. Sledování změn tělesného složení má pak významný vliv při monitorování pohybové zátěže, jeho efektivity a správnosti při snaze o snížení tělesné hmotnosti.

Mezi první tělesné modely patří model chemický a anatomický. Chemický rozlišoval komponenty těla na tuk, sacharidy, bílkoviny, vodu a minerály. Anatomický model rozlišoval tělo na tukovou složku, svalovinu, kosti, vnitřní orgány a ostatní tkáně. Modelů popisujících tělesné složení je díky vědeckému pokroku a posunu ve vývoji techniky velké množství. Ve své knize je popisuje (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Pětiúrovňový model tělesného složení

Skládá se z pěti úrovní, z nichž každá má jasně definované složky, které utváří celkovou hmotnost lidského organismu. Pěti definovanými úrovněmi jsou: anatomický, molekulární, buněčný, tkáňově-systémový a celotělový model.

Anatomický model

Vychází z faktu, že základní stavební jednotky lidského těla jsou prvky. 98 % tělesné hmotnosti je tvořeno šesti prvky: kyslík (O), uhlík (C), dusík (N), vápník (Ca), vodík (H), fosfor (P). Zbylé 2 % tvoří ostatních 44 prvků.

Rovnice atomového modelu je tedy definována jako:

$$\text{BWT} = \text{O} + \text{C} + \text{H} + \text{N} + \text{Ca} + \text{P} + \text{S} + \text{K} + \text{Na} + \text{Cl} + \text{Mg} + \text{R}(1)$$

BWT = celková tělesná váha (body weight total)

R(1) = reziduální prvky, které se v lidském organismu vyskytují v množství <0,2 % BWT.

Analýza byla prováděna na mrtvých tělech pomocí biopsie tkání a orgánů. V dnešní době se používá neutronové aktivační analýzy (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992, 20; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Molekulární model

Lidský organizmus je tvořen 11 hlavními prvky, které tvoří molekuly a ty následně tvoří >100 000 chemických sloučenin v těle. Hlavní sloučeniny jsou: voda (A), lipidy (L), bílkoviny (Pro), minerály (M) a glykogen (G).

Tabulka 1. Tělesné složení na molekulární úrovni u průměrného 70 kg člověka (upraveno dle Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992, 20)

Komponenty	Hmotnost (kg)	Procento tělesné hmotnosti (%)
Voda		
Extracelulární	18,0	26,0
Intracelulární	24,0	34,0
Lipidy		
Neesenciální	12,0	17,0
Esenciální	1,5	2,1
Bílkoviny	10,6	15,0
Minerály	3,7	5,3
CELKEM	69,8	99,4

Nejhojnější sloučenina v lidském těle je voda. Tvoří 60 % celkové tělesné váhy (BWT= Body Weight Total). Bílkoviny je pojem, který v těle zahrnuje téměř všechny sloučeniny, které obsahují dusík. Glykogen se nachází v cytoplazmě většiny buněk. Primární distribuce je v játrech a kosterních svalech. Minerály popisují kategorii anorganických sloučenin obsahujících vápník, sodík, draslík, kyslík, fosfor, chlór. Minerály jsou rozděleny do dvou podkategorií: kostní a mimokostní. Kostní minerály obsahují vápník hydroxyapatit ($[Ca_3 (PO_4)_2]_3 Ca (OH)_2$), který obsahuje více než 99 % celkového tělesného vápníku a 86 % celkového tělesného fosforu. Mimokostní minerály obsahují draslík, sodík, chlor, atd.

U lidí se nachází asi 50 různých druhů lipidů, které jsou rozděleny do pěti skupin (jednoduché, složené, steroidy, mastné kyseliny a terpeny).

Rovnice na molekulární úrovni jsou definovány jako:

$$BWT = L + A + Pro + M + G + R \quad (2)$$

Kde R(2) představují zbytkové chemické sloučeniny, které nejsou zahrnuty v uvedených pěti kategoriích a jejich množství je < 1 % TWB (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992, 20).

Buněčný model

Buňka je „základní morfologická a funkční jednotka organismu“ (Čihák, 2001).

Odhaduje se, že lidský organizmus tvoří 10^{18} buněk. Nejsou ale všechny stejné. Liší se od sebe navzájem tvarem, velikostí, složením, metabolismem a distribucí. Každá buňka má taky svou vlastní funkci (podpurná, elektrické vedení, kontrakce, atd.). Na základě těchto rozdílů můžeme rozlišit buňky pojivové, epitelové, nervové a svalové. Tyto buňky dohromady tvoří tzv. buněčnou masu. Buňky jsou samy o sobě metabolicky aktivní. Obklopuje je ale nemetabolizující tekutina, která slouží k výměně plynů, přenosu živin a odvodu metabolitů. Tato tekutina se nazývá extracelulární (ECF- Extracellular Fluid), a to proto, že obklopuje jednotlivé buňky. Extracelulární tekutina se skládá z plazmy a intersticiální tekutiny. Extracelulární pevné látky jsou další nemetabolizující složkou. Skládají se z organických a anorganických chemických sloučenin. Organické látky zahrnují tři typy vláken, kterými jsou kolagenní, retikulární a elastická. Anorganické extracelulární pevné látky představují vápník, fosfor, kyslík, bikarbonát, citrát, hořčík, sodík, atd. (Ganong, 2005; Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992, 20-21).

Rovnice pro buněčný model:

$$\text{BWT} = \text{CM} + \text{ECF} + \text{ECS}$$

$$\text{CM} = \text{svalové buňky} + \text{epitelové buňky} + \text{pojivové buňky} + \text{nervové buňky}$$

$$\text{ECF} = \text{plazma} + \text{1SF}$$

$$\text{ECS} = \text{organické ECS} + \text{anorganické ECS}$$

Vysvětlivky:

CM – buněčná hmota (*cell mass*), **ECF** – extracelulární tekutiny (*extracellular fluid*),

ECS – extracelulární pevné látky (*extracellular solids*), **1SF** – tkáňový mok

Protože ale tato rovnice nelze použít v podmínkách *in vivo*, byla navržena rovnice:

$$\text{BWT} = \text{tukové buňky} + \text{BCM} + \text{ECF} + \text{ECS}$$

Vysvětlivky:

BCM – buněčná hmota (*body cell mass*), **ECF** – extracelulární tekutina (*extracellular fluid*), **ECS** – extracelulární pevné látky (*extracellular solids*)

(Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006; Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992, 22).

Tkáňově-systémový model

„Tkáň je soubor stejnotvarých buněk stejného původu a jejich derivátů, sloužící jedné hlavní funkci“ (Čihák, 2001).

Na buněčné úrovni se tělo skládá z buněk, extracelulární tekutiny a extracelulárních pevných látek. Tyto tři komponenty se dále spojují do systémů, které nazýváme tkáně. Tkáně obsahují buňky stejného původu, tvaru a funkce. Tkáně celého těla tak můžeme rozdělit do těchto skupin: svalové, pojivové, epitelové a nervové. Vzorec, který pak definuje složení těla na tkáňově-systémové úrovni je:

BWT = svalová tkáň + pojivová tkáň + epitelová tkáň + nervová tkáň

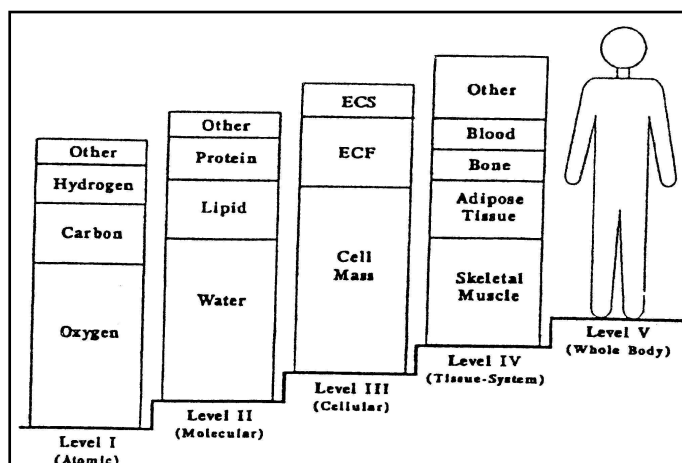
Zvláště důležité jsou tkáň kostní, svalová a tuková. Tkáň svalová a tuková tvoří 75 % BWT (Body Weight Total – celková tělesná hmotnost). Každý orgán se skládá z kombinace dvou nebo více tkání a tvoří tak velké funkční cecky jako kůže, ledviny, krev, atd. Několik orgánů, jejichž funkce je vzájemně provázána, pak tvoří orgánové systémy (př. vylučovací soustava je tvořena ledvinami, močovody, močovým měchýřem, močovou trubicí, atd.).

BWT (Body Weight Total) pak na systémové úrovni můžeme definovat jako součet systému kožního, nervového, oběhového, dýchacího, reprodukčního, systému žláz s vnitřní sekrecí, svalového a kosterního. Výsledky pochází ve většině případů ze zkoumání mrtvých těl. Metody používané in vivo jsou magnetická rezonance, tomografie, neutronová aktivační analýza, atd. (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006; Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992, 23-24).

Celotělový model

Lidé mezi sebou spolu s některými primáty mají podobné složení těla na úrovni atomové, molekulární, buněčné a tkáňově-systémové. Komplexní celotělový model je to, co nás odlišuje od ostatních skupin živočichů. Týká se tvaru, velikosti, fyzických vlastností a vzhledu (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992, 24-25).

Celotělový model užívá antropometrického měření ke stanovení jednotlivých údajů jako je tělesná výška, hmotnost, index tělesné hmotnosti (BMI), obvodové, délkové, šířkové rozměry, kožní řasy, objem těla a denzitu (hustotu), která vypovídá o množství aktivní tělesné hmoty a depotního tuku (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).



Obrázek 1. Pětistupňový model tělesného složení (upraveno dle Pařízková, 1998)

Podle počtu komponent, které vstupují do analýzy tělesného složení, se dále metody a modely dělí na: dvou-, tří- a čtyř- komponentové.

Jak zmiňuje ve své knize Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006), dvoukomponentový model je nejpoužívanější. Lidské tělo je podle něj děleno na dvě části, kterými jsou tuk (FM – Fat Mass) a tukuprostá hmota (FFM – Fat Free Mass).

Přímé měření tuku nebylo nikdy snadné a zůstává významným problémem pro většinu technik na určení složení těla. Pokud se nám podaří

určit celkovou hmotnost tukuprosté hmoty (FFM), pak FM můžeme definovat jako: $FM = BWT - FFM$

kde BWT – celková tělesná hmotnost (body weight total)

Dvoukomponentový model je založen na měření celkové tělesné hustoty.

Nejpoužívanější metodou je tzv. hydrodensimetriie (neboli underwater weighing – UWW), což je měření pod vodou, neboli hydrostatické vážení (Ellis, 2000, 649-680).

Tříkomponentový model, FFM je rozdělena na dvě části, kterými jsou voda a pevné látky (bílkoviny, minerály). Je zde důležitá hustota vody, tuku a pevných látek v těle (Ellis, 2000, 649-680).

Bílkoviny jsou základní stavební struktura všech buněk, jsou součástí regulačního mechanismu (hormony, enzymy). Bílkovinného charakteru jsou rovněž protilátky našeho těla, které se podílí na obraně organismu. V neposlední řadě mohou sloužit jako nouzový zdroj energie, například při dlouhodobém hladovění).

Lidské tělo, kromě prvků biogenních (C, H, N, O) obsahuje i prvky minerální (Na, K, Ca, P, Mg, S). Tvoří asi 3% celkové tělesné hmotnosti. Jsou to důležité látky pro tvorbu kostí, zubů, působí jako elektrolyt, pomáhají přenášet kyslík, apod. (Rokyta, 2000).

Čtyřkomponentový model kromě stanovení celkové tělesné vody (TBW – Total Body Water) rozděluje FFM složku na 3 základní komponenty, buněčnou hmotu (BCM – Body Cell Mass), mimobuněčné tekutiny (ECW – ExtraCellular Water)

a mimobuněčnou hmotu (ECM – ExtraCellular Mass).

Pro hmotu bez tuku pak platí vzorec:

$$FFM = BMC + ECW + ECM$$

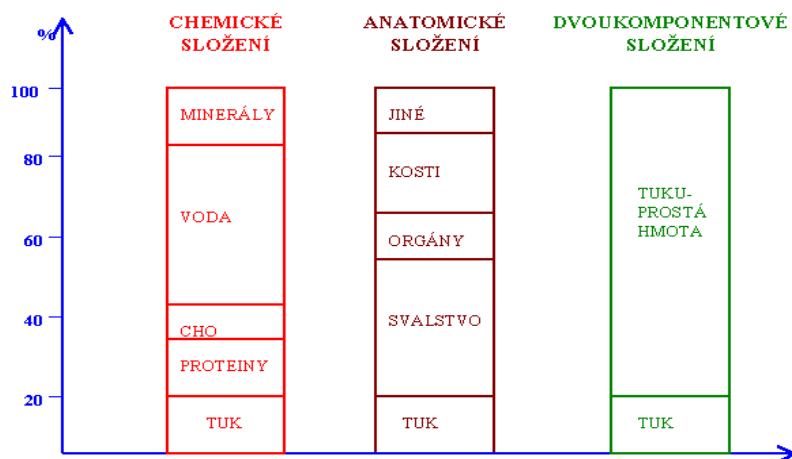
Vysvětlivky:

FFM – tukuprostá hmota (fat free mass), **BCM** – buněčná hmota (body cell mass), **ECW** – mimobuněčné tekutiny (extracellular water), **ECM** – mimobuněčná hmota (extracellular mass)

Pro tukovou hmotu, tedy FM, pak platí vztah:

$$FM = \text{tělesná hmotnost} - FFM$$

(Ellis, 2000, 649-680).



Obrázek 2. Chemický, anatomický a dvoukomponentový model tělesného složení (upraveno podle Willmora, 1992)

2.1.3 KOMPONENTY LIDSKÉHO TĚLA

„U průměrného mladého muže tvoří proteiny a látky jim příbuzné v průměru 18 % jeho celkové hmotnosti, minerálie 7 % a tuky 15 %. Zbýlých 60 % připadá na vodu“ (Ganong, 2005, 3).

Hmotnost těla bez tuku se nazývá tukuprostá hmota (FFM). Obsahuje vodu, bílkoviny, minerály a glykogen. Zbývá část tvoří tzv. hmotu tukovou (FM). Na buněčné úrovni je FFM organizována na buněčnou hmotu těla (BCM), extracelulární tekutiny (ECT), extracelulární látky (ECS). BCM a FFM jsou považovány za metabolicky aktivní komponenty (Wang, Heshka, Wang, Deurenberg, Chen, & Heymsfield, 2007, E49-E53).

2.1.3.1 TUKUPROSTÁ HMOTA

Tukuprostá hmota neobsahuje žádné látky lipidové povahy. Je složka těla pro zdraví velmi potřebná. Je tvořena vodou, proteiny a kostními minerály.

- **Celková tělesná voda**

Voda a s ní spojená hydratace organismu je nejdůležitějším faktorem při udržování homeostázy v těle. Odpovídající denní hydratace je nezbytná pro udržení energetické hladiny, regulaci tělesné teploty, trávení, vstřebávání živin, vylučování toxinů a produktů metabolismu. Aby bylo tělo dospělého člověka dostatečně hydratováno, musí obsahovat 35-45 % tělesné hmotnosti intracelulární voda (ICW), 20-30 % tělesné hmotnosti extracelulární voda (ECW), celková tělesná voda (TBW) tedy tvoří 55-65 % celkové hmotnosti těla. Pro udržení přiměřené hydratace by měli muži za den vypít minimálně 2900 ml a ženy 2200 ml tekutin. Chronicky nízká dehydratace může mít za následek gastrointestinální potíže, ztrátu chuti k jídlu, křeče, podráždění, závratě, atd. Dlouhodobá dehydratace má rovněž za následek snížení mentální výkonnosti, včetně deficitu krátkodobé paměti, snížení fyzické výkonnosti, atd. Nízká hydratace ovlivňuje rovněž viskozitu krve. Snížení hladiny vody o 15 % může způsobit smrt člověka (Shanholtzer & Patterson, 2003, 218-219).

Obsah vody v organismu není po celou délku života stejný, ale s věkem se mění. Tělo zdravého narozeného dítěte obsahuje 80-83 % vody v tukuprosté hmotě, obsah vody v příštích třech až pěti letech klesá. Do 12. roku života zůstává podíl tekutin relativně konstantní. K výraznější změně v celkovém obsahu vody v organismu dochází v období postpubertálním následkem sexuální diference. U chlapců se míra hydratace zvyšuje, u dívek naopak snižuje. Podíl extracelulární tekutiny je přitom relativně stabilní a dochází ke změně v tekutině intercelulární (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Podle Maliny a Boucharda (1991, 112) se nárůst hydratace u dívek stabilizuje kolem 15. až 16. roku života, u chlapců množství celkové tělesné vody narůstá až do 20. roku života. Nejméně vody pak obsahují těla seniorů a seniorek (kolem 45 %).

Obsah vody v těle se mění i v závislosti na pohlaví. Ženy mají menší množství vody v těle z důvodu jejich odlišné tělesné stavby od mužů. Ženský organismus obsahuje větší podíl tukové tkáně (tuková tkáň obsahuje asi jen 10 % vody). Z tohoto důvodu je tělo žen méně hydratováno (Rokyta, 2000).

Voda má několik funkcí: transportní, rozpouštědlo, zvlhčuje a chrání sliznice, udržuje pružnost a odolnost kůže. Nejvíce vody obsahuje krev, svaly

a kůže. Méně vody je pak v kostech (22 %), tukové tkáni (10 %), zubní sklovině (2 %).

Tělesnou vodu rozdělujeme do dvou prostorů:

Intracelulární tekutina (ICT) – neboli tekutina nitrobuněčná. Tvoří 40 % celkové tělesné hmotnosti. Obsahuje velké množství bílkovin, draselných a fosfátových iontů. Méně pak obsahuje iontů sodíku a chloru.

Extracelulární tekutina (ECT) – tekutina mimobuněčná, tvoří 20 % celkové tělesné hmotnosti. Obsahuje velké množství iontů Na^{2+} , Cl^- a HCO_3^- . Dělí se na tekutinu intravazální (krevní plazma) a intersticiální (tkáňový mok). Extracelulární tekutina omývá buňky, přináší jim živiny a kyslík a odnáší od nich zplodiny metabolismu. Podílí se na udržování stálosti vnitřního prostředí „homeostáza“.

Zvláštním typem tekutiny je transcelulární tekutina (mozkomíšni mok, nitrooční tekutina, sekrety trávicích žláz, atd.) (Rokyta, 2000).

Metody pro určení míry hydratace jsou přímé nebo nepřímé. Přímé metody měří množství vody v těle pomocí radioaktivních izotopů. Tyto metody jsou považovány za zlatý standard, jsou konkrétní a nejpřesnější. Nevýhodou ale je, že jsou časově náročné a pracuje se při nich s látkami radioaktivního charakteru, které jsou vpravovány do těla intravenózně a jsou tedy pro organizmus nebezpečné. Naproti tomu metody nepřímé pracují s objemem krevní plazmy, osmolalitou moči, barvou moči a z nich pouze odhadují obsah vody v těle. Jedinci nedostatečně hydratovaní mají větší osmolalitu moči než jedinci s normální hydratací. Podle barvy moči, barevného schématu se rovněž dá odhadnout stav hydratace, bohužel na barvu moči má vliv celá řada faktorů (potravin, léky, nemoc, atd.). Nepřímé metody se velmi snadno používají, ale jejich hlavním problémem je, že poskytují pouze odhad míry hydratace. Jsou tedy považovány pouze za hrubé hodnocení stavu hydratace. Nejvíce používanou a nejmodernější technikou je metoda BIA (bioelektrická impedance) (Shanholtzer & Patterson, 2003, 218-219).

- **Svalová tkáň**

Svalová tkáň je speciální typ tkáně. Je určena k pohybu a udržování organismu v prostoru. Svalová tkáň je rozdělena na několik druhů svaloviny:

příčně pruhovaná, hladká a srdeční, z čehož svaly příčně pruhované tvoří asi 40 % celkové tělesné hmotnosti a svaly hladké a srdeční asi 10 % tělesné hmotnosti (Rokyta, 2000).

Každý sval se skládá z jednotlivých složek, kterými jsou: voda (75 %), organické a anorganické látky (25 %). Příčně pruhovaná svalovina je tvořena sarkomery, což jsou jeho základní stavební jednotky. Sarkomera obsahuje kontraktilní aparát, myofibrily, tvořené aktinem a myozinem (strukturální proteiny). Buňky příčně pruhovaného svalu mají větší množství jader. Je to typ svaloviny, kterou můžeme ovládat vlastní vůlí. Jsou to např. m. pectoralis major, m. rectus abdominis, m. gluteus maximus, atd. Hladká svalovina je svalovinou útrobní. Skládá se z protáhlých buněk vřetenovitého tvaru s jedním jádrem. V sarkoplasmě se opět nachází kontraktilní bílkoviny aktin a myozin. Buňky těchto vláken nemají sarkomery. Hladká svalovina je např. ve stěnách střev, močovodů, vejcovodu, dělohy, atd. Činnost je ovládána vegetativními nervy a nelze ji tedy ovládat vlastní vůlí. Srdeční svalovina (myokard) je směsice hladkého a příčně pruhovaného svalstva. Svalovina srdeční nemá regenerační schopnost, když dojde k poškození, místo se zhojí vazivovou jizvou. Je ovládána vegetativními nervy, které mohou srdeční frekvenci zrychlovat nebo zpomalovat (Přidalová & Riegerová, 2002).

V této diplomové práci se ve spojení se svalstvem objeví nejrůznější zkratky. SMM (Skeletal Muscle Mass – kosterní svalová hmota), LBM (Lean Body Mass – štíhlá tělesná hmota), FFM (Fat Free Mass – tukuprostá hmota).

LBM, štíhlá tělesná hmota, neboli netuková tělesná hmota obsahuje malé procento tuku (u mužů je to 2-3%, u žen 5-8%). Pojmeme štíhlá tělesná hmota se označuje hmotnost svalů, kostí, vazů, šlach a vnitřních orgánů. Esenciální tuk, což je složka štíhlé tělesné hmoty je obsažen v kostní dřeni, CNS, vnitřních orgánech, svalech a u žen v prsní žláze a pánevní oblasti.

FFM, tukuprostá hmota je tvořena ze 72% vodou, 21% proteiny a 7% kostními minerály. Neobsahuje žádné látky lipidové povahy.

SMM, kosterní svalová hmota. Je to soubor všech kosterních svalů, které se v těle vyskytují. Velký podíl svalové hmoty je spojen s vyšším denním energetickým výdejem, který snižuje nárůst hmotnosti a vznik obezity (www.inbody.cz).

- **Kostní tkáň**

Je nejtvrďší z pojivových tkání v lidském těle. Funkce kostní tkáně je podpůrná a ochranná. Základní stavební jednotkou jsou tři typy buněk: osteoblasty, osteocyty, osteoklasty. Mezibuněčná hmota kostí je tvořena organickými látkami (ossein), anorganickými látkami (vápenaté soli, fosforečnan vápenatý, uhličitan vápenatý, chlorid a fluorid vápenatý, fosforečnan hořečnatý a soli draselné a sodné) a vody. Díky organickým látkám je kost pružná a díky anorganickým je pevná. Podíl těchto látek není ale v průběhu života konstantní, mění se. Kostí novorozence obsahují jen asi 52 % organických látek a 48 % látek anorganických. Kostí dospělého člověka pak obsahují 40 % látek organických a 60 % látek anorganických. Podle vnitřní stavby rozlišujeme dva typy kostní tkáně: vláknitá (fibrilární) a vrstevnatá (lamelózní), která se dále dělí na houbovitou (substantia spongiosa), která tvoří např. vnitřní část krátkých kostí, lebečních kostí a epifýz kostí dlouhých. Druhým typem je pak hmota kompaktní (substantia compacta), která tvoří povrchovou vrstvu dialýz dlouhých kostí (Přidalová & Riegerová, 2002).

2.1.3.2 TUKOVÁ HMOTA (FM)

Tuková hmota neboli Fat Mass (FM) je nejsledovanější složkou lidského těla. Odpovídající množství tukové tkáně souvisí velmi výrazně s ukazateli zdravotního rizika, naopak adekvátní množství vypovídá o tělesné zdatnosti, čehož se využívá ve sportovní kinantropologii. Množství tělesného tuku ale není po celý život neměnné, závisí na několika faktorech, kterými jsou životní styl, pohlaví, věk, atd. Faktory, které mohou nejlépe ovlivnit jeho množství v organizmu, jsou především správná strava a hlavně tělesný pohyb, jde tedy o správný životní styl (Pařízková, 1973).

Pokud lidský organizmus obsahuje výraznější odchylky v množství tělesného tuku (nadbytek, nedostatek), vede to následně ke zdravotním komplikacím. Nejrizikovějším a nejrozšířenějším onemocněním souvisejícím se zvýšeným obsahem tuku je obezita, která souvisí s dalšími onemocněními, jako jsou diabetes melitus a kardiovaskulární onemocnění. Onemocnění související s nízkým obsahem tuku jsou poruchy při menstruačním cyklu, zvýšené riziko

osteoporózy, zvýšené riziko zlomenin, poruchy příjmu potravy, apod. (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Tuková tkáň je speciální typ pojiva. Převládají v něm buňky, adipocyty. Adipocyty najdeme roztroušené v jiném vazivu a nebo tvoří rozsáhlé agregáty (tukovou tkáň), která je rozptýlená po celém těle (například podkožní tukový polštář). Tuková tkáň je jednou z nejrozšířenějších tkání těla. U mužů tvoří 15-20% a u žen 20-25% celkové tělesné hmotnosti. Tuk je největším zdrojem energie, kterou skladuje ve formě triacylglycerolů (Rokyta, 2000; Ganong, 2005).

Tuková tkáň je typ pojivové tkáně a je tvořená tukovými buňkami (adipocyty), kolagenními, elastickými vlákny, fibroblasty a kapilárami. Můžeme ji rozdělit na čtyři typy podle její distribuce: podkožní, viscerální (volně obklopuje vnitřní orgány), intersticiální (roztroušená mezi buňkami) a žlutá kostní dřev (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992, 21).

Tuk je největší zásobárnou energie, která je nejefektivněji skladovaná ve formě triacylglycerolů. V porovnání s glykogenem (4,1 kcal/g) mají triglyceridy kalorickou hodnotu mnohokrát vyšší (9,3 kcal/g). V porovnání s glykogenem mají rovněž nižší hmotnost. Podkožní vrstva tuku pomáhá formovat povrch těla a je velmi dobrý tepelný izolant, protože špatně vede teplo. Tuk na ploskách nohou, ve formě tukových polštářů, absorbuje nárazy a otřesy (mechanická funkce). Tuk fixuje orgány (např. ledviny) ve své poloze a tím je mechanicky chrání. Podle typu buněk, lokalizace a barvy můžeme rozlišit dva typy tukové tkáně (Rokyta, 2000; Ganong, 2005).

- **Tuková tkáň během ontogeneze**

Množství tělesného tuku není po celý život neměnné. V průběhu ontogeneze člověka tukové buňky (adipocyty) nejen zvětšují svůj počet, ale taky s rostoucím věkem roste jejich velikost (Pařízková, 1973).

Jak uvádí Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006), u novorozence je vrstva podkožního tuku stejná na celém těle. Množství podkožního tuku pak v raném dětství pozvolna klesá jak u chlapců, tak u dívek. První rozdíly v množství tělesného tuku mezi chlapci a dívkami se objevují ve středním dětství. U dívek je průměrná hodnota podkožního tuku ve většině případů vyšší.

Výrazné rozdíly pak zaznamenáváme v období puberty, následkem zvýšeného produkce pohlavních hormonů. Tyto rozdíly přetrvávají až do dospělosti.

Díky účinkům ženských pohlavních hormonů estrogenů dochází u žen ke specifické distribuci tuků a ukládání tuků v podkoží. U žen se přednostně ukládají tuky v oblasti hýždí, boků, stehen. Muži mají tendenci ukládat tuk do oblasti břicha. Vše záleží na množství lipoproteinové lipázy, enzymu, který je nezbytný pro ukládání tuků. Ženy mají vyšší koncentraci lipoproteinové lipázy na stehnech a hýždích, zatímco muži na břiše

(http://www.springboard4health.com/notebook/health_adipose.html).

Tabulka 2. Procentuální zastoupení tukové tkáně v závislosti na věku

(upraveno dle <http://www.sport-fitness-advisor.com/bodyfatpercentage.html>)

Věk (v letech)	< 30	30-50	> 50
Ženy	14 - 21 %	15 - 23 %	16 – 25 %
Muži	9 - 15 %	11 - 17 %	12 – 19 %

- **Typy tukové tkáně**

Hnědá tuková tkáň (HTT)

Je jedním ze dvou typů tukové tkáně, nacházejícím se v lidském těle. Tvoří ji buňky, které obsahují mnoho tukových kapének a mnoho mitochondrií. Název „hnědá“ tuková tkáň je odvozen od své barvy, která je dána velkým prokrvením a velkým množstvím mitochondrií. Hlavní funkci má hlavně u novorozenců, kde tvoří přibližně 5 % tělesné hmotnosti. U novorozenců se nachází v oblasti horní části míchy, podél páteře a směrem k ramenům. Jak známo, novorozenci mají velmi špatnou termoregulaci. HTT díky velkému prokrvení, vysokému počtu mitochondrií a nízké aktivitě ATP-syntézy nevytváří při oxidaci glukózy ATP, ale uvolňuje se teplo. Hnědá tuková tkáň je přítomna i u dospělých. Nachází se v oblasti krku a horního hrudníku. U obézních jedinců buď chybí úplně nebo je silně redukována (Carter & Schucany, 2008).

Bílá tuková tkáň (univakuolární typ)

Je tvořena buňkami (adipocyty), které obsahují jednu centrální velkou kapénku tuku (od toho název univakuolární). Vyskytuje se výhradně u dospělých osob. Její lokalizace na lidském těle je kromě víčka, penisu, ušního boltce a šourku všude. I když krevní kapiláry nejdou vidět, jejich objem je v poměru k objemu cytoplazmy větší než u příčně pruhovaného svalu. Zásoby tuku jsou ve formě triacylglycerolů a esterů cholesterolu. Je velice důležitou zásobárnou energie a ochraňuje vnitřní orgány před otřesy a tepelně je izoluje. Jde o velmi metabolicky, endokrinně a parakrinně aktivní tkáň (Rokyta, 2000; Ganong, 2005).

2.2 METODY ODHADU TĚLESNÉHO SLOŽENÍ

Dělení metod pro odhad tělesného složení je celá řada. Vybrala jsem si, podle mě, velmi přehledné rozdělení, které popisuje Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006). Metody rozdělují na antropometrické, biofyzikální a biochemické.

2.2.1 ANTROPOMETRICKÉ METODY

Jak uvádí Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006), antropometrické metody jsou používány na odhad tělesného složení z antropometrických rozměrů. Jsou jimi kosterní rozměry, obvodové míry a tloušťky kožních řas měřené nejrůznějšími typy kaliperů.

Výsledky, které se získají pomocí měření, jsou závislé na celé řadě faktorů: typ kaliperu (digitální, typ Somet, typ Lafayette, typ Lange), počet a typ kožních řas, spolehlivost regresních rovnic (chyba až 9-10 %), zkušenost pracovníka (při nezkušenosti pracovníka může být chyba až 5 %) (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

2.2.1.1 ODHAD PODÍLU TUKU PODLE PAŘÍZKOVÉ

Jedná se o metodu založenou na měření 10 kožních řas, které se nachází na tváři, krku, hrudníku I, hrudníku II, paži, zádech, břiše, bocích, stehnech, lýtkách. Tělesné složení je pak vypočítáváno z regresních rovnic, které jsou rozděleny podle věku a pohlaví v příslušných tabulkách.

Tabulka 3. Rovnice pro výpočet tělesného složení (upraveno podle Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 30)

Věk (v letech)	Pohlaví	Rovnice
9 – 12	chlapci	$y = 1,180 - 0,069 \cdot \log x$
	dívky	$y = 1,160 - 0,061 \cdot \log x$
13 – 16	chlapci	$y = 1,205 - 0,78 \cdot \log x$
	dívky	Dtto
17 – 45	muži	$\%T = 28,96 \cdot \log x - 41,27$
	ženy	$\%T = 35,572 \cdot \log x - 61,25$

Vysvětlivky:

$\%T$ – procento tuku tělesné hmotnosti, x – součet deseti kožních řas (mm), y – denzita (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

2.2.1.2 ODHAD TĚLESNÉHO SLOŽENÍ PODLE MATIEGKY

V této metodě je tělo rozděleno na 4 složky: hmotnost skeletu (O), hmotnost tuku (D), kosterní svalstvo (M), zbytek (R). Metoda vychází z antropometrického měření tělesné výšky, hmotnosti, obvodových rozměrů, šířkových rozměrů a na rozdíl od Pařízkové, pouze ze šesti kožních řas. Pro výpočty jsou vytvořeny rovnice, na jejichž základě je vypočítávána hmotnost kostry, kůže, podkožní tkáň, svalstva a zbytku.

2.2.1.3 ODHAD TĚLESNÉHO SLOŽENÍ PODLE DRINKWATERA A ROSSE

Je to vlastně modifikovaná Matiegkova metoda. Pro výpočet se používají fantomové hodnoty a jejich směrodatné odchylky. Fantomové jednotky byly získány z různých současných etnických skupin, žen a mužů, byla zde rovněž započítána i historická data (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

2.2.2 BIOFYZIKÁLNÍ A BIOCHEMICKÉ METODY

2.2.2.1 HYDROSTATICKÉ VÁŽENÍ

Hydrostatické vážení je založeno na principu Archimedova zákona. Proband je nejprve zvážen a pomocí speciálního zařízení (foukání do trubičky) se odhaduje objem jeho plic. Je posazen na speciální židli, ta je připojena k hmotnostnímu měřítku se stupnicí, která se nachází nad vodní hladinou. Židle s probandem je ponořena do vody a jakmile je bradou těsně nad hladinou, vydechne do maximálního možného výdechu a hlavu zanoří pod vodu. Zatímco je proband pod hladinou, na stupnici se odečítají hodnoty. Probandi váží méně, když jsou ve vodě, důvodem je tělesný tuk, který působí jako nadnášející polštář. Podle toho, jak velký je rozdíl ve vážení mimo vodu a ve vodě, tolik tělesného tuku proband má. Musíme počítat s odchylkami v měření, které jsou následkem tzv. reziduálního objemu (množství vzduchu, které zůstane v plicích po maximálním možném výdechu) a hydrataci lidského těla. Další nevýhodou tohoto měření je, že hodnota hustoty hmoty bez tuku je považována za konstantní, přitom ale víme, že složení FFM složky je závislé na věku, pohlaví, fyzické aktivitě a sexuální zralosti (Ellis, 2000, 649-680).

2.2.2.2 DENZIOMETRIE

Neboli měření tělesné hustoty. Tato metoda předpokládá, že je tělo složeno ze dvou složek - tuku (FM) a tukuprosté hmoty (FFM). Předpokládá rovněž, že každou z těchto komponent je možno určit na základě naměřené hustoty celého těla. Základem pro tuto metodu jsou následující předpoklady. Hustota FFM a FM jsou relativně konstantní, úroveň hydratace FFM je relativně konstantní, podíl kostních minerálů a svalových proteinů je konstantní. Tyto předpoklady ale zpochybňoval Siri. Ten nepřímými metodami odhalil variabilitu hydratace FFM 1 – 3 %, což může vést k chybě až 2,7 %. Siri rovněž zpochybnil konstantní hustotu kostních minerálů a proteinů, což může vést k chybě až 2,1 %. Metody na zjištění tělesné hustoty jsou založeny na principu Archimedova zákona (Lukaski, 1987, 540-541).

„Hlavní nedostatek denziometrické techniky spočívá v přepočtu tělesné denzity na podíl tukové tkáně. Problém není denzita tukové tkáně, protože její hodnota je poměrně konzistentní na různých místech těla jednotlivce i mezi jednotlivci. Význačná interindividuální variace je však v denzitě tukuprosté hmoty... Dnes je již známo (Lohmann, 1981), že denzita tukuprosté hmoty u dětí, žen a starších lidí je nižší než předpokládaných $1,1 \text{ g/cm}^3$ a je vyšší u černé rasy“ (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 35).

2.2.2.3 KOSTNÍ DENZIOMETRIE – DEXA (Dual Energy X – Ray Absorpciometry)

V současnosti je používána za referenční, tedy zlatý standard. Původně byla vyvinuta kvůli přesnému měření celkových kostních minerálů. Metoda je založena na průchodu dvou rtg paprsků, které prochází organizmem. Kostní minerály tyto paprsky absorbují, díky vysokému atomovému číslu vápníku (Ca). Měkké tkáně toto záření propouští, protože jejich atomové čísla vodíku (H), kyslíku (O) a uhlíku (C) jsou nízké. Tato metoda tedy od sebe rozlišuje kostní minerály a měkké tkáně, které dělí na tukovou tkáň (FM) a tukuprostou hmotu (FFM). První přístroje měly velké množství nedostatků. Největším bylo radioaktivní záření, které působilo na organismus při měření. Tento problém byl odstraněn v nové generaci přístrojů, kde byl radioaktivní zdroj nahrazen x-ray trubicemi opatřenými filtrem. Přesnost DEXA v měření kostních tkání je vynikající s odchylkou 1 %. Co se týká nevýhod této metody, jde o faktory, které mohou výsledky zkreslit. Jedná se především o hydrataci svalové hmoty (která klesá s věkem, nemocí, atd.), a velikosti snímací hmoty (u DEXA je 60-90 cm), nelze tedy vyšetřit buď příliš vysoké, nebo příliš obézní jedince. Nevýhodou je v každém případě i vysoká cena (Roubenoff, Kehayias, Dawson-Hughes, & Heymsfield, 1993, 589-591).

2.2.2.4 BIOELEKTRICKÁ IMPEDANCE - BIA

Bioelektrická impedance (BIA) je neinvazivní, levná a dostupná metoda, která je v poslední době nejčastěji používána na analýzu tělesného složení. Princip této metody spočívá v šíření elektrického proudu nízké intenzity v různých biologických strukturách (Barbosa-Silvia, Barros, Wang, Heymsfield, & Pierson, 2005, 49).

V roce 1990 vznikla společnost Bodystat, která je světovou jedničkou v analyzování tělesného složení pomocí bioelektrické-impedanční analýzy, BIA. V roce 2006 vznikla společnost Biospace, která rovněž používá pro určování tělesného složení přístroje založené na principu metody BIA.

Pro odhad tělesného složení prostřednictvím metody BIA se používá velká škála přístrojů. Pro odborné studie jsou to především tetrapolární přístroje, které mají k dispozici čtyři elektrody a proud tak probíhá celým tělem a výsledky jsou přesnější. V domácnostech se pak nejčastěji využívají přístroje buď bipolární neboli ruční, kde proud probíhá pouze horní polovinou těla, nebo bipedální (nožní), kde proud probíhá pouze dolní částí těla.

Metoda BIA představuje analýzu celkové tělesné hmotnosti ve smyslu tukové složky, aktivní tělesné hmoty, obsahu celkové vody, obsahu extra- a intracelulární vody, stupně bazálního metabolismu. Je založena na vedení elektrického proudu v organismu. Hlavní složkou, kterou BIA měří, je tělesná voda (TBW). Tukuprostá hmota (FFM) se pak vypočítá jako rozdíl mezi celkovou hmotností a hmotností tělesného tuku (FM). $FFM = TBW \cdot 0,732^{-1}$ kde 0,732 (73,2 %) – průměrná hydratace FFM u dospělých.

BIA je velmi citlivá na stav hydratace organismu, který může způsobit podle Bunce et al. (2001) chybu až 2-4 % .

Metoda BIA je založena na skutečnosti, že lidské tělo se skládá z vodivých a nevodivých částí. 50-70 % lidského organismu tvoří voda, která vede elektrický proud. Naproti tomu tuková hmota (FM) se chová jako izolant. Čím více má měřená osoba svalů, tím více vody její tělo obsahuje a tím lépe vede elektrický proud. Čím více má tukové složky, tím větší je odpor vůči proudu, který FM prochází. Metoda BIA pracuje s lidským tělem jako s válcem, přičemž „A“ je průřez válce a „L“ je jeho délka. Pokud známe délku „L“ (výšku těla) a impedanční hodnotu, jsme schopni vyjádřit objem vody v těle.

Proměnnými jsou zde impedance a výška. U analýzy tělesné kompozice pomocí InBody 720 (výška je zadána do přístroje ručně, váha je vypočítána automaticky) je objem vody v těle vypočítáván nejprve se změřenou impedanční hodnotou, poté můžeme získat hodnotu tukuprosté hmoty použitím celkového objemu vody v těle. Tukovou složku (FM) získáme, když odečteme svalovou hmotu od naměřené hmotnosti (www.boiospace.cz).

Organismus obsahuje intra- a extracelulární tekutiny, které se chovají jako elektrické vodiče a buněčné membrány, které vedou elektrický proud velmi nedokonale. U nízkých frekvencí (okolo 1 kHz) prochází proud hlavně extracelulární tekutinou, zatímco u vyšších frekvencí (500 až 800 kHz) proniká jak do extracelulární, tak do intracelulární tekutiny. Tělní tekutiny a elektrolyty jsou odpovědné za elektrickou vodivost. Tukuprostá hmota (kostra, svalstvo, vnitřnosti), která obsahuje velké množství vody (až 74 %) a elektrolytů, je tedy velmi dobrým vodičem, zatímco tuková tkáň (suchá hmotnost) je špatný vodič a chová se jako izolátor. Tukuprostá hmota pak vykazuje nízkou impedanci, tuková hmota naopak vysokou, vyjádřenou jako rezistenci, která je úměrná objemu vody. Konstantní střídavý proud nízké intenzity vyvolá impedanci (odpor) proti šíření proudu, který souvisí s délkou vodiče, frekvencí signálu, průřezem a konfigurací vodiče. Impedance na tok proudu může být pak ve vztahu k toku proudu:

$$Z = \rho L/A$$

Vysvětlivky:

Z – impedance v ohmech [Ω], **ρ** – objem odporu [$\Omega \times \text{cm}$], **L** – délka vodiče [cm], **A** – plocha příčného průřezu [cm^2]

(Lukaski, 1987, 546-548).

Celková impedance se skládá ze dvou složek: rezistentní (odporové) a kapacitní (reaktance). Abychom mohli změřit celkovou impedanci, musíme použít na měření multifunkční zařízení. Je to z toho důvodu, že přístroje, které měří pouze jednu, například odporovou složku, nejsou schopny stanovit intra- a extracelulární vodní poměry. Pro stanovení rezistence a reaktance je vhodné používat tetrapolární přístroje, měříme za pomoci čtyř elektrod. Obecný postup při měření uvádí Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006):

měřená osoba by měla být 4-5 hodin po jídle; necvičit 12 hodin před testem; nepít alkohol 24 hodin před testem; prázdný močový měchýř.

Oblečení zůstává, jen se vyzouvají boty a ponožky. Poloha při měření je ve stoje. Končetiny jsou roztažené, navzájem se nedotýkají. Dvě elektrody jsou pak umístěny na horní a dvě na dolní končetiny. Místa styku kůže a elektrody jsou pokryty tenkou vrstvou elektrolytického gelu, aby se zlepšilo vedení proudu. Velikost excitačního proudu při měření záleží na přístroji, který pro měření použijeme. U přístroje Tanita BC-418 prochází tělem nízký střídavý proud o frekvenci 50 kHz. Přístroj InBody 720 užívá elektrický proud o frekvencích 5, 50, 250, 500 a 1000 kHz (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006; Ellis, 2000, 649-680; Lukaski, 1987, 546-548).

Naměřené hodnoty metodou BIA jsou velmi ovlivnitelné řadou faktorů, jako množství svalového glykogenu, stav hydratace, pohybová činnost, příjem potravy. Chyby, které mohou hodnoty měření zkreslit jsou následující:

- vlastní chyba přístroje (cca 1,5 %); nepřesná pozice elektrod a typ elektrody (až 3 %); rozdíly mezi pravou a levou stranou těla (1-2 %); stav hydratace (2-4 %); svod mezi měřeným objektem a zemí, „vodivost podložky“ (1-2 %); měřicí frekvence (1-2 %); zjednodušená náhrada lidského těla jedním nebo více válci (1-3 %). Rizikové skupiny, které by se měly měření vyhnout, jsou ženy v raném stádiu těhotenství, lidé s pace markerem, ženy během premenstruace a menstruace, pacienti užívající léky, které ovlivňují vodní režim, pacienti s implantáty (kardiostimulátor, endoprotézy) (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Problematikou spolehlivosti metody BIA se zabývali ve své studii Shanholtzer a Patterson (2003). Aby byla posouzena spolehlivost BIA, byl proveden test-retest. Cílem studie bylo zjistit spolehlivost BIA při posuzování celkové tělesné vody (TBW), extracelulární vody (ECW) a intracelulární vody (ICW). Měřeno bylo celkem sto vysokoškolských studentů (52 mužů a 48 žen) ve věku 18-30 let. Studenti museli být v dobrém fyzickém stavu. Probandi nesměli 12 hodin před samotným měřením konzumovat alkohol ani provádět náročnou pohybovou činnost a 4 hodiny před měřením jíst ani pít. Ženy se na měření musely dostavit během folikulární fáze menstruačního cyklu (3. - 16. den od začátku cyklu), aby nedošlo ke zkreslení výsledků díky zadržování vody v těle vlivem hormonální hladiny menstruačního cyklu. Každá měřená osoba byla zvážena (s přesností na 0,25 kg), změřena (s přesností na 1 cm) a byl jí vypočten BMI za použití standardního vzorce. Samotné měření hydratace

proběhlo ve dvou návštěvách pomocí tetrapolárního přístroje. Po příchodu si účastník lehl na záda na masérský stůl a na pravou ruku a pravou nohu mu byly pomocí gelu přidělaný celkem čtyři elektrody. Dvacet minut ležel a odpočíval. Poté bylo zahájeno pětiminutové měření. Přístroj Multiscan 5000 měří v rozsahu 5 až 500 kHz. Výsledky ukázaly, že technika BIA je metoda spolehlivá jak v čase, tak dle pohlaví a rovněž u jedinců, kteří trpí chronicky sníženou nebo zvýšenou hydratací.



Obrázek 3. Příklady bipedálních přístrojů založených na metodě BIA (upraveno dle www.tanita.com)



Obrázek 4. Ukázka tetrapolárního přístroje „InBody 720“ pro stanovení tělesného složení

(upraveno dle <http://www.intermedservice.ru/ru/content/view/173/104/>)



Obrázek 5. Tetrapolární přístroj „Tanita BC-418“ (upraveno dle http://www.kuchynske-vahy.com/product_info.php?products_id=767)

V souvislosti s metodou BIA se hovoří o tzv. fázovém úhlu. Barбора – Silva et al., (2005) provedli měření, při které se snažili pochopit vztah mezi fázovým úhlem a proměnnými, jako je pohlaví, věk, BMI, procento tuku apod. Metoda BIA je praktická a jednoduchá metoda pro posuzování tělesného složení, ale je rovněž používána jako indikátor prognózy různých klinických situací prostřednictvím fázového úhlu. Fázový úhel je ukazatel založený na odporu, odporu získaného z bioelektrické impedance (BIA). Tento parametr je možné přímo získat z odporu a reaktance bez použití rovnic. Fázový úhel indikuje stav „zdravé“ buněčné membrány, což má za následek funkční metoda hodnocení.

Jedinci, kteří absolvovali měření, byli zdraví, ve věkovém rozpětí 18-94 let. Použité metody na odhad tělesného složení byly BIA (na přístroji RJL, model 101), hydrodensimetriem. Byla měřena tělesná hmotnost s přesností na 0,1 kg, výška s přesností na 0,1 cm. Na základě výšky a hmotnosti bylo vypočteno BMI. Množství tuku bylo vypočteno na základě 3-prostorové Siri rovnice:

$$FM = 2,1 \times \text{tělesný oběm} - 0,8 \times TBW - 1,3 \times BW$$

Vysvětlivky:

FM – tuková hmota, **TBW** – celková tělesná voda, **BW** – Body Weight (tělesná váha)

$$\% FM = (FM / \text{hmotnost}) \times 100$$

Výsledky ukázaly, že fázový úhel byl výrazně menší u žen než u mužů. Snižoval se rovněž se stoupajícím věkem. Fázový úhel se zvýšil s nárůstem BMI a nepřímo je tak spojen s procentem tuku (negativní korelace s věkem, pozitivní korelace s BMI). Zjištění vyššího fázového úhlu u osob s vyšším BMI není překvapující. Fázový úhel je přímo úměrný množství a stavu buněčných membrán (reaktance). Osoby s vyšším BMI obsahují více buněk (svalových nebo tukových), a to má za následek vyšší hodnoty fázového úhlu. Pokles hodnoty fázového úhlu s rostoucím věkem může naznačovat, že fázový úhel je ukazatel celkové tělesné zdatnosti a nejen tělesného složení.

2.3 SPECIFIKA TRÉNINKU JEDNOTLIVÝCH SPORTOVNÍCH ODVĚTVÍ

Lední hokej je celosvětově rozšířený a velmi oblíbený týmový sport. Hráči bruslí na ledě a za pomoci hokejové hole se snaží dát soupeři co největší počet branek. Hraje se 3 x 20 minut s 15 min. přestávkami mezi jednotlivými třetinami. Počet hráčů v každém družstvu je 6 (z toho jeden brankář). Jedná se o velmi fyzicky náročný a tvrdý sport. Z pohledu hráče se jedná o velmi náročnou pohybovou činnost. Jsou na něj kladeny velké nároky, které vyžadují kardiovaskulární a svalovou vytrvalost, stejně jako sílu, rychlost a obratnost. Na ledě dokáže vyvinout rychlost až 40 km/h. Hokejisté musí mít bystré a strategické myšlení a velmi rychlé reflexy.

Fotbal je stejně jako hokej kolektivní hra. Nastupují proti sobě dvě družstva, každé o jedenácti hráčích (z toho jeden brankář). Délka utkání je 2 x 45 minut, mezi poločasy je přestávka 15 minut. Hra je velmi náročná, jedná se o intervalový typ zatěžování. Z pohledu hráče je fotbal hra s energetickým krytím převážně ATP-CP. Požadavky na vysokou vitální kapacitu plic, velmi nízkou klidovou frekvenci, rychlé motorické reakce a reflexy, orientaci v prostoru, soustředěnost.

2.3.1 SPECIFIKA TRÉNINKU LEDNÍHO HOKEJE

Lední hokej patří v České republice k velmi populárním sportům. Je to sport, který je v současnosti celoroční. Tréninky probíhají nejen v zimě, ale i v letních měsících. S jeho trénováním jsou ale svázána určitá specifika. Ta vychází především z klimatických podmínek, které u nás jsou. Ty totiž znemožňují trénink na přírodním ledě a hráči jsou odkázáni pouze na uměle vytvořené podmínky. Z toho plyne, že tréninkový proces je plně vázán na tréninkové hodiny a oproti jiným sportům je velmi složité získávat dovednosti i mimo vlastní trénink. Tréninkové hodiny je tedy zapotřebí využívat co nejefektivněji (Perič, 2002).

Základ tréninku u ledního hokeje spočívá hlavně v mnohostranném využití jednotlivých cvičení jako nejdůležitějších prostředků zvyšování herní výkonnosti. Cvičení jsou uspořádána formou herních dovedností různého

obsahu a rozsahu. Cvičení vycházejí ze hry a ke hře směřují. Trénink nespočívá jen a pouze v rutinních cvičeních, bruslení a prosté hře. Současné trénování využívá široké okruhy cvičení, které se svým obsahem a průběhem více či méně herním záměrům přibližují. Cvičení, ze kterých se skládá hokejový trénink, jsou klasifikována podle určitých zaměření a znaků. Hlediska klasifikace jsou následující:

- **Herní aspekty** – požadavky na herně operativní myšlení hráčů, rovnovážné herní situace (1-1, 2-2,...), přesilové situace, rychlostní cvičení, individuální herní činnost, kolektivní spolupráce, prostorová a situační herní vizualizace, atd.

- **Nácvikové aspekty** – rozvoj techniky individuálních činností, plynulost akce, tempo akce, rychlost pohybu, situačně klíčové momenty, schéma a způsob spolupráce, atd.

- **Kondiční aspekty** – rychlost a plynulost pohybu, stupeň úsilí, plynulost akce, činnost jednotlivce, hra bez soupeře, rovnovážná herní situace, prostorové omezení, přidávaná zátěž, obratnostní bruslení, starty a zastavení, selektivní zatěžování vybraných svalových skupin, rozvoj svalové koordinace, atd.

Každé cvičení by mělo být identifikováno z hlediska míry specifičnosti a z hlediska jeho intenzity a doby trvání cvičení. Z hlediska míry specifičnosti nás zajímá shoda, podobnost nebo odlišnost daného cvičení s herní motorikou a herním záměrem. Cvičení, které probíhá na trénincích, se musí dle vymezených znaků, struktury a průběhem co nejvíce podobat hernímu projevu v utkání. Míra specifičnosti představuje velmi širokou škálu cvičení, při jejichž rozlišení se uplatňuje celá řada kvalitativních a kvantitativních znaků. Nejhrubší dělítko je, jestli se jedná o cvičení na ledě nebo mimo led, hledisko obsahu, komplexnosti, struktury, atd.

Tréninková cvičení na ledě zahrnují:

- **Tréninková hra** – jedná se o cvičení v tréninkových podmínkách. Jde při ní o přenos a integraci nacvičované dovednosti. V průběhu hry se více či méně přechází od nacvičeného modelu k operativní reakci na hru soupeře.

- **Herní cvičení** – Jde o poměrně ucelenou a cíleně programovanou součinnost a spolupráci herních tvarů v podmínkách, které simulují průběh utkání. Patří sem např. hra 2-2, 3-3, atd. nebo cvičení nerovnovážná 3-2, 5-2, 5-3, atd.

- **Speciální cvičení** – Jsou cvičení, ve kterých se opakují a tím i zdokonalují jednotlivé dílčí i komplexní dovednosti hráčů. Jsou to činnosti jednotlivce

v samostatných herních podmínkách. Soupeř se zde buď nevyskytuje vůbec, nebo pouze v menšině, což má za následek, že hráč má na provedení určitého úkonu (zpracování kotouče, apod.) dostatečné množství času.

Tréninková cvičení mimo led zahrnují:

- **Speciálně průpravná cvičení** – jsou zaměřeny především na kondiční část tréninku. V těchto cvičeních se hledá koordinační shoda mezi tréninkovým cvičením a herní činností.

- **Doplňková cvičení** – jsou cvičení s malou nebo žádnou podobností vzhledem k herním dovednostem. Jejich význam při trénování je ten, že zvyšují celkovou motorickou úroveň hráčů, plní regenerační záměry a zdravotně kompenzační funkci, atd. Jednotlivá cvičení můžeme taky rozdělit podle toho, jestli chceme zdůraznit stránku technickou, taktickou, kondiční, koordinační, apod. Tato cvičení se pak stávají stavebními kameny odlišných procesů hokejového tréninku, kterými jsou:

- **herní trénink** – je proces zaměřený na zdokonalení herních dovedností ve spojitosti se záměrně volenými kondičními aspekty.

- **nácvik** – je to proces, který zdůrazňuje způsob, jakým je určitý úkol prováděn. To znamená, že zdůrazňuje technicko-taktickou stránku herní činnosti.

- **kondiční trénink** – Cvičení jsou zaměřena na stimulaci pohybových schopností. Cvičení jsou přesně dávkována a kontroluje se tak délka jejich trvání, intenzita, doba a způsob odpočinku, počet opakování (Bukač, Dovalil, 1990).

Nesmíme zapomínat, že trénink hráčů ledního hokeje, jako ostatně každého sportu, není zaměřen pouze na rozvoj tělesné stránky. Velkou roli zde hraje i psychická stránka sportovce, která nesmí být opomíjena. Motoriku provází i intenzivní psychická činnost. Na míře jeho psychické trénovanosti závisí, zda se pod tlakem rozhodne správně, nebo chybně, jestli získá nebo naopak ztrácí sebejistotu.

Nejdůležitějšími schopnostmi, které za poslední dobu hodně ovlivnily a změnily tuto hru, jsou síla a rychlost. Jsou to schopnosti, které se projevují rychlým a plynulým bruslením, zlepšením herní obratnosti, rychlým a přesným provedením dovedností, rychlým vnímáním herní situace, apod. Tím, že se zvýšila kondiční úroveň hráčů, se celá hra urychlila a objevily se nároky na

techniku. Rozvoj techniky pak vytvářel nové požadavky na taktiku. Výsledkem toho všeho je současná podoba hry (Bukač, Dovalil, 1990).

2.3.2 SPECIFIKA TRÉNINKU FOTBALU

Fotbal je nejpopulárnější kolektivní hrou po celém světě. Jako každý jiný sport vyžaduje i tato hra od hráčů určité předpoklady. Dominantním pohybem celé hry je běh nebo chůze různé intenzity. I když jde o míčovou hru, tak operace s míčem je shrnuta pouze na cca 1-3 minuty za celý zápas. Je to energeticky velmi namáhavá činnost hlavně proto, že se jedná o střídavé pohybové zatěžování (průměrný hráč během utkání uběhne cca 9-15 km různou intenzitou, 5-20x vyskočí, 40-60x změní směr a rychlost běhu, 30x vede míč, vedením míče překoná 140-220 m, apod.). Během fotbalového zápasu a tréninku se střídají výkony velmi krátké 2-10 sec (stoj, běh, sprint, klus). Ke změně intenzity dochází každých 5-6 sec. Určení vhodného fyziologického profilu u hráče je složitější než při sportech individuálních.

2.3.2.1 ANAEROBNÍ POŽADAVKY

Lidský organismus potřebuje k tomu, aby mohl provádět jakoukoli energeticky náročnou činnost, rozkládat energetické substráty (sacharidy, lipidy). Podle toho, jak náročnou práci provádíme a podle toho, na jakém jsme stupni trénovanosti, naše tělo zvolí adekvátní způsob získávání energie.

Získávání energie anaerobním způsobem je pro organismus velmi namáhavé, ne moc efektivní. Dochází při něm k rozkládání energetických substrátů bez přítomnosti kyslíku v cytoplazmě buněk. Je to rychlý způsob získávání malého množství energie, které při pohybové činnosti pokryje prvních cca 10 sec trvání. Tím, že se intenzita tak často a v takovém rozsahu mění, nedochází k dostatečné resyntéze makroergních fosfátů ATP (adenosintrifosfát) a CP (kreatinfosfát). Tyto makroergní fosfáty jsou hlavním zdrojem energie při výkonu ne delším než 5 sec. K resyntéze CP v průběhu utkání dochází jen zřídka. Díky tomu, že nedochází ke zotavení svalů díky častému provádění intenzivní činnosti, dochází k zapojení anaerobního glykolytického metabolismu.

To tedy znamená, že významným faktorem výkonnosti ve fotbalu je rovněž anaerobní kapacita. Hráči s vyšší anaerobní kapacitou mají pak lepší předpoklady pro častější vykonávání krátkodobých činností o vysoké intenzitě. Dospělí fotbalisté většinou disponují vyšší úrovní maximálního anaerobního výkonu a svalové síly než vytrvalostní sportovci. V testu, kdy hráči měli v průběhu 15 sec vertikálně vyskakovat, se ukázalo, že anaerobní krátkodobá kapacita byla u hráčů fotbalu vyšší než u běžců vytrvalců a běžců na lyžích, ale naopak nižší než u bruslařů a běžců sprinterů (Psotta a kol., 2006; Votík, 2003).

2.3.2.2 AEROBNÍ POŽADAVKY

Anaerobní metabolismus nemůže pokrýt energetické nároky na tak náročnou hru, jakou fotbal je. Energetické krytí musí být tedy zajištěno jinými způsoby, kterými je právě aerobní rozkládání energetických substrátů (sacharidy, lipidy). Anaerobní znamená, že probíhá za přítomnosti kyslíku v mitochondriích buněk. V mitochondriích se nachází velké množství kyslíku, protože je to organela sloužící k buněčnému dýchání. Protože herní výkon představuje opakované provádění velmi krátkých intervalů velmi vysoké intenzity, aerobní metabolismus se uplatňuje trochu jinak, než u dlouhotrvající souvislé činnosti. Anaerobní metabolismus se spojuje i se zotavovacími intervaly během činnosti nižší intenzity (chůze, poklus, stoj). Maximální spotřeba kyslíku (VO_{2max}) ukazuje maximální možnou intenzitu produkce energie aerobním metabolismem. Hráči fotbalu se hodnotami VO_{2max} podobají běžcům-sprinterům na 100 m a 400 m. Ve srovnání s vytrvalostními sportovci (běžci na dlouhé a střední tratě, běžci na lyžích, atd.) dosahují výrazně nižší úrovně VO_{2max} . Velmi důležitá je rovněž adaptace kardiovaskulárního systému. Hráči fotbalu mají minutový srdeční objem (množství krve přečerpané za jednu minutu) nižší než vytrvalostní sportovci, ale vyšší než rychlostně-siloví sportovci (Psotta a kol., 2006; Votík, 2003).

2.3.2.3 SPECIFIKA TRÉNINKU

Za důležité hlavní komponenty je považována pohybová rychlost, explozivní svalová síla a maximální anaerobní výkon.

Trénink pohybové rychlosti zahrnuje:

- Anaerobní trénink – Zaměřuje se na to, aby byl hráč schopen efektivně zvládnout krátkodobou a vysoce intenzivní pohybovou činnost. Podle toho, jaký způsob energetického krytí stimulujeme rozlišujeme:
 - trénink pohybové rychlosti (stimulace systému ATP-CP)
 - trénink rychlostně vytrvalostní (stimulace anaerobního glykolytického systému)
- Trénink pohybové rychlosti – Při provádění herní činnosti je zapotřebí umět vyvinout a udržet maximálně rychlou a koordinovanou práci svalů, což má za úkol právě tento typ tréninku. V průběhu utkání musí hráč reagovat na zrakové podněty, musí akcelarovat v co nejkratším čase, apod.).
- Trénink rychlosti reakce – Reakce na podnět je důležitou součástí herní činnosti. Rychlost reakce se měří jako čas, který uplyne od vyskytnutí se podnětu a zahájení pohybové činnosti. Reakce může být buď prostá, kdy hráč reaguje pouze na jeden podnět, který se objeví, nebo výběrová, která je spojována s rozhodováním.
- Trénink běžeckého sprintu – záleží na dvou faktorech, kterými jsou mechanický výkon a technika běhu.
- Trénink způsobilosti udržet maximální běžeckou rychlost - je to klíčový faktor u déle trvajících sprintů.

Trénink anaerobního rychlostně vytrvalostního výkonu:

Cílem tohoto typu tréninku je schopnost udržet vysoce intenzivní pohybový výkon v trvání 10-45 sec. Trénink může vést k adaptacím organizmu, kterými jsou například:

- Zvýšená aktivita enzymů, které řídí štěpení makroergních fosfátů ATP-CP
- Zvýšená schopnost organismu rychleji se regenerovat po velmi intenzivní pohybové aktivitě
- Zvýšená aerobní kapacita
- Zvýšená svalová síla

Trénink svalové síly:

Hráči fotbalu se vyznačují obzvláště velkou dynamickou silou extenzorů kolene (čtyřhlavý sval stehenní), flexorů kolene (dvouhlavý stehenní a hamstringy) a trojhlavého lýtkového svalu. Maximální síla ale pouze na úspěch nestačí, důležitější je umět vyvinout dostatečnou sílu v co nejkratším čase. Cílem tréninku svalové síly je tedy udržovat sílu svalů, zpevnit kloubní spojení, předcházet tak zranění, udržovat v optimálním stavu svaly trupu a horních končetin, apod (Psotta a kol., 2006; Votík, 2003).

Psotta (2006) a Votík (2003) uvádí ve svých publikacích, jak je důležitá svalová síla. Ale pro to, aby byl hráč úspěšný ale pouze svalová síla nestačí. Herní a kondiční trénink představuje značné fyzické, často až jednostranné zatížení. Z jednostranného zatěžování pak mohou vyvstat nejrůznější funkční poruchy, které mohou vést ke snížení úrovně herního výkonu, neefektivnímu a bolestivému pohybu nebo ke zranění. Proto je velmi důležité neopomíjet kompenzační cvičení. Kompenzační cvičení jsou cíleně zaměřovaná cvičení, která pozitivně působí na podpůrně pohybový systém ve smyslu jeho uvolňování, posilování, protahování a vyrovnávání. V tréninkovém procesu se výrazně zaměřuje na aktivní tělesnou složku (svaly) a i když většina fotbalistů nějak výrazně nezapojuje horní část těla (pletenec ramenní, břišní svaly), měla by právě těmto partiím být přisuzována o to větší pozornost. Kompenzační cvičení mají tedy charakter uvolňovací, posilovací a protahovací. Jejich prostřednictvím se přispívá k harmonickému tělesnému rozvoji organismu a předchází se vzniku svalových dysbalancí (www.fotbal-trenink.cz).

3 CÍLE

- Cílem této práce je porovnání vybraných parametrů tělesného složení metodou bioelektrické impedance prostřednictvím přístrojů Tanita BC-418 a InBody 720 u hráčů ledního hokeje a fotbalu.

3.1 DÍLČÍ CÍLE

- Porovnání vybraných somatických parametrů mezi skupinami.
- Porovnání množství celkové tělesné vody (TBW) a vybraných parametrů dle přístroje InBody 720 mezi hráči ledního hokeje a fotbalu.
- Porovnání zastoupení štíhlé svalové hmoty v jednotlivých segmentech dle přístroje InBody 720 u jednotlivců a souborů.
- Porovnání zastoupení tukové složky dle Tanita BC-418 u jednotlivých skupin.
- Porovnání množství tukuprosté hmoty (FFM) v jednotlivých segmentech dle Tanita BC-418 mezi skupinami H a F.

3.2. HYPOTÉZY

- Neexistuje signifikantní rozdíl u vybraných parametrů tělesného složení mezi skupinou hokejistů a fotbalistů.
- Neexistuje signifikantní rozdíl mezi vybranými naměřenými parametry tělesného složení v rámci využití přístrojové techniky.

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA SOUBORU

Výzkum byl prováděn u dvou souborů: první soubor tvořilo 28 hráčů ledního hokeje a druhý soubor 16 hráčů fotbalu. Hráči ledního hokeje extraligového juniorského družstva HC Olomouc byli měřeni v únoru 2009. Hráči fotbalu, dorost SK Sigma Olomouc, byli měřeni na jaře 2010.

4.2 PRŮBĚH ŠETŘENÍ

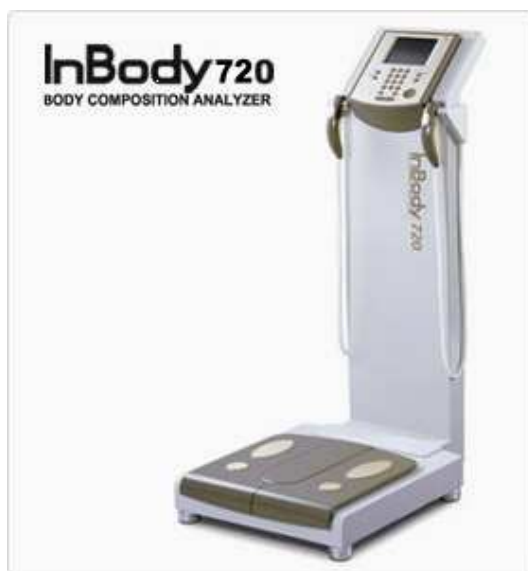
Měření probandů probíhalo metodou bioelektrické impedance na přístrojích InBody 720 a Tanita BC-418. Před samotným měřením na přístrojích byla u každého probanda nejprve změřena tělesná výška [cm], hmotnost [kg] a zjištěn věk, tyto informace byly zaneseny do softwaru jednotlivých přístrojů. Poté v souladu s pokyny, které vypovídají o zachování standardních podmínek měření, si jednotliví probandi sundali kovové předměty (opasky, apod.), které by mohly výsledky zkreslit, otřeli spodní část nohy a postavili se na elektrody na přístroji. Do každé ruky uchopili držadla analyzátoru, čímž se dostali do kontaktu s celkem 8 elektrodami. Před tím obdrželi instrukce o tom, že mají stát vzpřímeně, ruce mírně od těla. Probandi se změřili postupně na obou přístrojích. Celé měření probíhalo za standardních podmínek předepsaným způsobem. Výsledky měření jsou statisticky vyhodnoceny v programu Microsoft Excel 2003 a podrobeny studentskému t-testu. Testování provedl Mgr. Aleš Gába ve statistica vs. 9 (2008).

4.3 METODA BIA

Na metodě BIA jsou založeny následující měřicí přístroje InBody 720 a Tanita BC-418.

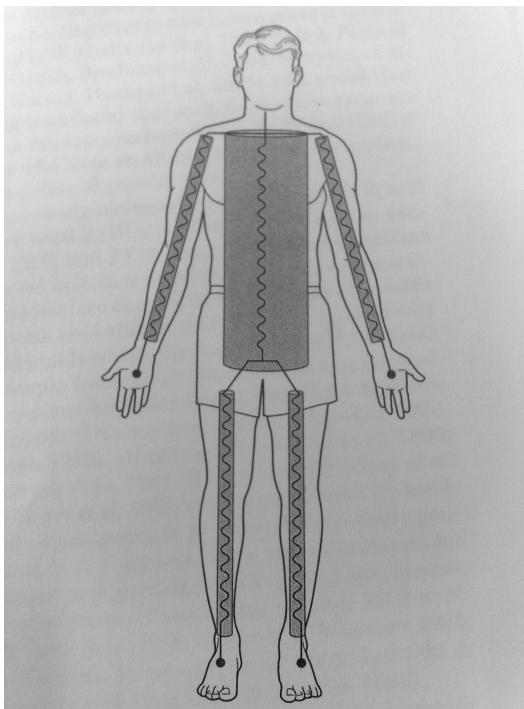
4.3.1 INBODY 720

Jak je uvedeno na webu www.biospace.cz, Biospace je společnost, která používá pro měření tělesného složení nejnovější technologii. Jedná se o technologii DMS-BIA, na níž jsou založeny všechny přístroje InBody. Podstatou této technologie je vodivost a odpor (impedance) tkání. DMS-BIA je velmi přesná, protože neměří impedanci lidského těla jako celku, ale rozděluje jej na pět jednotlivých válců (ruce, nohy, trup), impedance jednotlivých částí je měřena samostatně, což přispívá k přesnějším výsledkům měření. Naměřená hodnota jednotlivých částí neovlivňuje měření dalších segmentů. Tento proces se nazývá „segmentální analýza“ a poskytuje segmentové měření celkové tělesné vody (TBW), tukuprosté hmoty (FFM) a hmotnosti svalové hmoty.



Obrázek 6. InBody 720 (upraveno dle www.biospace.cz)

InBody 720, multifrekvenční přístroj určený k analýze tělesného složení. Používáním frekvencí od 1 kHz po 1 MHz InBody přesně stanovuje množství celkové tělesné vody (www.biospace.cz).



Obrázek 7. Pětiválcový model lidského těla (upraveno dle Heyward & Wagner, 2004)

Měření má svoje zákonitosti a podmínky a je třeba je dodržovat, aby byly výsledky co nejpřesnější.

Před měřením je třeba respektovat následující pokyny:

- Proband by se měl 12 hodin před měřením zdržet fyzicky náročné činnosti.
- Dvě hodiny před zahájením měření nejíst.
- Vyprázdnit se (stolice, moč), neboť veškeré zbytky, které zůstanou ve střevěch ,jsou považovány za tuk, a tím pádem jsou ovlivněny výsledky.
- Nedoporučuje se koupat nebo sprchovat, pot zkresluje výsledky.
- Co se týká doby měření, tak nejideálnější je měření do oběda, neboť čím delší dobu člověk stojí, tím více vody stéká do dolních končetin, z čehož opět plyne zkreslení údajů.

- Teplota v místnosti by se měla pohybovat mezi 20-25 °C.
- Neprovádět měření u žen během menstruačního cyklu, protože se v organizmu zvýšeně zadržuje voda.

Před zahájením měření je třeba vložit do přístroje **osobní údaje o probandovi**: jméno; výška; hmotnost (jakmile si měřená osoba stoupne na InBody 720, je automaticky zvážena a váha se zobrazí na displeji); pohlaví (M, F); věk (3-99 let).

Předepsaný postoj na přístroji:

Na přístroji je předepsané správné postavení, aby proud správně procházel všemi částmi těla. Čtyři prsty na ruce by měly svírat elektrodu v dlani a palec je lehce položen na palcové elektrodě svrchu. Proband by měl stát bosou nohou na nášlapných elektrodách. Polštářky na prstech by se měly dotýkat elektrod, paty spočívají na kulatých elektrodách. Postoj během měření je vzpřímený, ruce mírně od těla (úhel 15 stupňů mezi pažemi a trupem), stojíme uvolněně, nezatínáme svaly. Obecně platí zásada, že čím méně oblečení na sobě proband má, tím je měření přesnější. Doporučuje se sundat např. opasky s kovovou sponou, hodinky, mikiny, apod.



Obrázek 8. Ukázka správného postoje během měření na přístroji InBody 720 (upraveno dle <http://www.madinauto.co.cc/inbody-720.html&page=5>)

Postup po ukončení měření:

Jakmile je analýza tělesného složení dokončena, přístroj oznámí konec jak vizuálně, tak zvukově. Ruční elektrody je třeba umístit na držáky (vedle přístroje), proband může opustit přístroj. Náslapné i ruční elektrody je vhodné otřít vlhčenými ubrousky. Po chvíli je vytištěn výsledek měření na předtištěný formulář. Pro porozumění naměřeným hodnotám jsou použity symboly, které pomáhají rozlišit, zda se jedná o pozitivní nebo negativní hodnoty. Vždy je uveden sledovaný parametr a u něj tři okna, z nichž jedno je zaškrtnuté. Křížek v jednom okně naznačuje, že se v něm nacházíme. Sledované parametry s uvedenými okny jsou: váha (normální – podváha – nadváha), tělesná rovnováha (vyvážená – lehce nevyvážená – velmi nevyvážená), tělesná síla (normální – vyvinutá – slabá), nutriční hodnota (normální – nedostatečná – nadměrná).

Analýza tělesného složení:

Na základě měření je celková tělesná hmotnost rozdělena na tuk (FM) a tukuprostou hmotu (FFM). Tukuprostá hmota je tvořena minerály (nelze určit metodou BIA, InBody nabízí odhad jejich množství) a měkkým svalstvem. Měkké svalstvo je složeno z proteinů a celkové tělesné vody (TBW). Celková tělesná voda je složena z vody extracelulární (ECW) a intracelulární (ICW). Těchto devět složek dohromady činí základní komponenty při analýze tělesné kompozice.

Další parametry získané měřením na přístroji InBody 720:

- Na základě výsledků měření jsme schopni analyzovat stav tělesného svalstva a tuku. Kosterní svalstvo a tuková hmota jsou dvě hlavní složky při kontrole tělesné hmotnosti. Horizontální sloupcový graf pomáhá měřeným osobám porozumět stavu jejich tělesného složení ve srovnání se standardními hodnotami. Pokud jsou díly grafu podobné, pak je pacientovy tělesná kompozice vyvážená. Pokud se délky sloupců u grafu liší, pak pacientova tělesná kompozice vyvážená není.

- pomocí BMI, poměru WHR a procenta tělesného tuku jsme schopni diagnostikovat stupeň, nebo riziko obezity. BMI je určeno pomocí hmotnosti a výšky, což je výpočet, který pomůže pouze orientačně určit, zda netrpí pacient nadváhou nebo podváhou. Dalším způsobem určení nadváhy je procento tělesného tuku, které je udáváno vůči celkové váze. Normální hodnoty pro muže jsou 10-20 %, pro ženy 18-28 % tělesného tuku. Proporce pasu a boků (WHR) je další způsob pro stanovení typu obezity. WHR získáme, když vydělíme obvod pasu obvodem boků. Pro muže je normální rozmezí WHR 0,85-0,90, pro ženy 0,75-0,80 (www.biospace.cz).
- Na základě absolutního množství kosterního svalstva máme možnost informovat pacienta o jeho tělesném stavu ve smyslu svalových dysbalancí. Výstup měření poskytne pacientovi graf s absolutními hodnotami kosterního svalstva ve vztahu ke standardní hmotnosti. Měřením rozložení svalstva v segmentech můžeme pozorovat vyváženost a stupeň vývoje v těchto segmentech.
- Prostřednictvím poměru mezi ECW a TBW je možné hodnotit, otoky. Ty vznikají nadměrným hromaděním tekutiny mezi tkáněmi u stárnoucích, podvyživených jedinců nebo různých klinických syndromů. Graf ukazuje poměr extracelulární vody (ECW) k vodě celkové (TBW) a extracelulární tekutiny (ECF) k celkovému množství tělesných tekutin (TBF). Obvykle edema vzroste, když se zvětší ECW. Tento graf zobrazuje poměr ECW k TBW a ECF k TBF. Normální hodnoty u zdravých osob jsou 0,36-0,40 a 0,31-0,35.
- Další velmi významnou hodnotou, kterou měřením získáme je množství útrobního tuku (VFA – Visceral Fat Area). Informuje nás o tom, kolik tuku máme v útrobních oblastech, tzv. abdominální obezita, která představuje riziko velmi závažných onemocnění.
VFA představuje množství útrobního (viscerálního) tuku v m². Je to tuk, který se shromažďuje v dutině břišní, kolem orgánů. Při zvýšeném

výskytu útrobního tuku vzniká riziko kardiovaskulárních onemocnění, cukrovky, metabolických syndromů. U dětí do 18 let se VFA neurčuje, ale určuje se zařazení do růstového grafu.

(www.biospace.cz).

Výstup ze softwaru InBody 720 je znázorněn na obrázku 13 v příloze.

4.3.2 TANITA BC-418

Tanita BC-418 je analyzátor tělesného složení. Na rozdíl od InBody 720 se nejedná o multifrekvenční přístroj. Tanita BC-418 měří pouze frekvencí 50kHz, to znamená, že měří pouze celkovou tělesnou vodu (TBW). Poskytuje kompletní složení těla za méně než 30 sekund. Je založen na metodě BIA, která spočívá ve vysílání slabého elektrického proudu do těla, a na základě reaktance a impedance jednotlivých tělesných složek je pak vyhodnocuje. Přístroj se skládá z osmi polárních elektrod (dvou elektrod pro každou ruku a dvou nášlapných elektrod pro každou nohu). Pomocí nich je docíleno naměření přesnějších hodnot. Naměřené hodnoty napomáhají lépe odhalovat zdravotní rizika, která jsou spojena s množstvím viscerálního a abdominálního tuku (riziko obezity).



Obrázek 9. Tanita BC-418 (Upraveno dle www.tanita.com)

Měření na přístroji Tanita BC-418 získáme následující výsledky: Celková hmotnost, procento tělesného tuku, hmotnost tělesného tuku, hmotnost těla bez tuku, odhad svalové hmoty, Body Mass Index (BMI), celková tělesná voda (TBW). Přístroj dále vypočítává hodnotu bazálního metabolismus (BMR).

Výstup ze softwaru Tanity BC-418 je znázorněn na obrázku 14, 15 a 16 v příloze.

5. VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro zpracování této diplomové práce jsme použili výsledky měření dvou vybraných skupin sportovních odvětví, skupinu tvořenou hráči fotbalu (F) a skupinu tvořenou hráči ledního hokeje (H).

Zaměřili jsme se především na analýzu množství tukové složky v jednotlivých segmentech, množství svalové frakce v jednotlivých segmentech a celkovou tělesnou vodu. Vždy jsme porovnávali výsledky mezi skupinou hokejistů a fotbalistů a dle jednotlivých přístrojových technik.

Tabulka 4. Základní průměrné statistické hodnoty vybraných somatických parametrů skupiny F

VĚK	VÝŠKA (cm)	HMOTNOST (kg)	BMI (kg/m ²)	TBW (l)	FFM (kg)	BMR (kJ)	BFM		
							%	kg	
M.	16,4	181,4	71,6	21,8	47,1	64,4	8295,1	10	7,2
SD	0,6	3,1	6,7	1,6	4	5,4	617,7	2,9	2,5
MIN	15	175	62,4	19,2	40,8	55,8	7339	4,6	2,9
MAX	17	186	81,6	23,8	53,6	73,3	9414	17	13,8

Vysvětlivky:

BMI (Body Mass Index) - Index tělesné hmotnosti, **TBW** (Total Body Water) – celková tělesná voda, **FFM** (Fat Free Mass) – tukuprostá hmota, **BFM** (Body Fat Mass) – tuková hmota, **BMR** (Basal Metabolit Rate) – bazální metabolismus

Podle Bláhy (1986) je průměrná hmotnost dospělé mužské populace 74,0 kg a průměrná výška 178 cm. Průměrná hmotnost u skupiny F byla vypočtena na 71,6 kg, průměrná tělesná výška činí 181,4 cm. Z tohoto pohledu můžeme říci, že průměrná hmotnost je nižší o 3,2 % než průměrné hodnoty a výška přesahuje průměr o 1,9 %. Průměrná hodnota tukové frakce (BFM) byla naměřena 7,2 kg, což činí 10,0 % tuku. Tukuprostá hmota (FFM) tvoří 64,4 kg, což činí 90,0 % celkové hmotnosti. Průměrné hodnoty celkové tělesné vody jsou 47,1 l, což činí 65,8 % tělesné hmotnosti. Průměrné BMI 21,8 dle tabulkových hodnot (tabulka 14) odpovídá normě. Průměrné hodnoty bazálního metabolismu závisí především na pohlaví, věku a množství svalové hmoty. Trénovaní jedinci mají vyšší BMR než netrénovaní, mladší mají vyšší BMR než

starší lidé, muži mají BMR vyšší než ženy. U probandů skupiny F byla naměřena průměrná hodnota 8295,1 kJ; minimální hodnota 7339 kJ a maximální hodnota 9414 kJ. Jako průměrná hodnota se udává u mužů 7140 kJ (<http://www.planetavyzivy.cz/metabolismus/t-146/>) Individuální hodnoty vybraných somatických parametrů skupiny fotbalistů jsou zobrazeny v příloze, tabulka 12.

Tabulka 5. Základní statistické hodnoty vybraných somatických parametrů skupiny H

VĚK	VÝŠKA (cm)	HMOTNOST (kg)	BMI (kg/m ²)	TBW (l)	FFM (kg)	BMR (kJ)	BFM		
							%	kg	
M.	18,1	181,8	81,7	24,8	51	69,7	8964,6	14,5	12
SD	1	6,6	8,9	1,9	4,8	6,6	836,7	3,7	3,9
MIN	17	168	62,1	20,6	38,3	52,4	6694	7,9	5,2
MAX	20	198	100,1	28,5	61,7	84,4	10958	22,6	20,6

Průměrná hmotnost u skupiny H činí 81,7 kg a průměrná tělesná výška 181,8 cm. Z toho nám vyplývá, že průměrná hmotnost je vyšší oproti průměrným hodnotám o 10,4 % a průměrná výška o 2,1 %. Průměrná hodnota tukové frakce (BFM) byla naměřena 12,0 kg, což činí 14,5 % tuku. Tukuprostá hmota (FFM) tvoří 69,7 kg, což je 85,3 % celkové tělesné hmotnosti. Průměrné hodnoty celkové tělesné vody (TBW) jsou 51,0 l, to je v přepočtu 62,4 % tělesné hmotnosti. Průměrná hodnota BMR, 8964,6 kJ svědčí o trénovanosti probandů souboru H. Minimální hodnota byla naměřena 6694 kJ a maximální hodnota 10958 kJ. Individuální hodnoty vybraných somatických parametrů skupiny H nalezneme v příloze v tabulce 13. Srovnání průměrných hodnot vybraných parametrů mezi soubory H a F, jsou zobrazeny v příloze na obrázku 18.

Co se týká BMI, tak průměrná hodnota byla vypočtena na 24,8, to podle tabulky (příloha, tabulka 14) nalezneme jako horní hranici normální hmotnosti. Jak si můžeme všimnout, u výpočtu BMI není zohledněno pohlaví, věk ani fyzická zdatnost. U probandů skupiny H zaznamenáváme vysoké zastoupení tukuprosté hmoty (FFM), což ale BMI nezohledňuje. Proto index, který jsme vypočítali, hraniční s nadváhou, i když se jedná o jedince vysoce trénované. Je důležité brát BMI pouze jako hrubé, orientační informace.

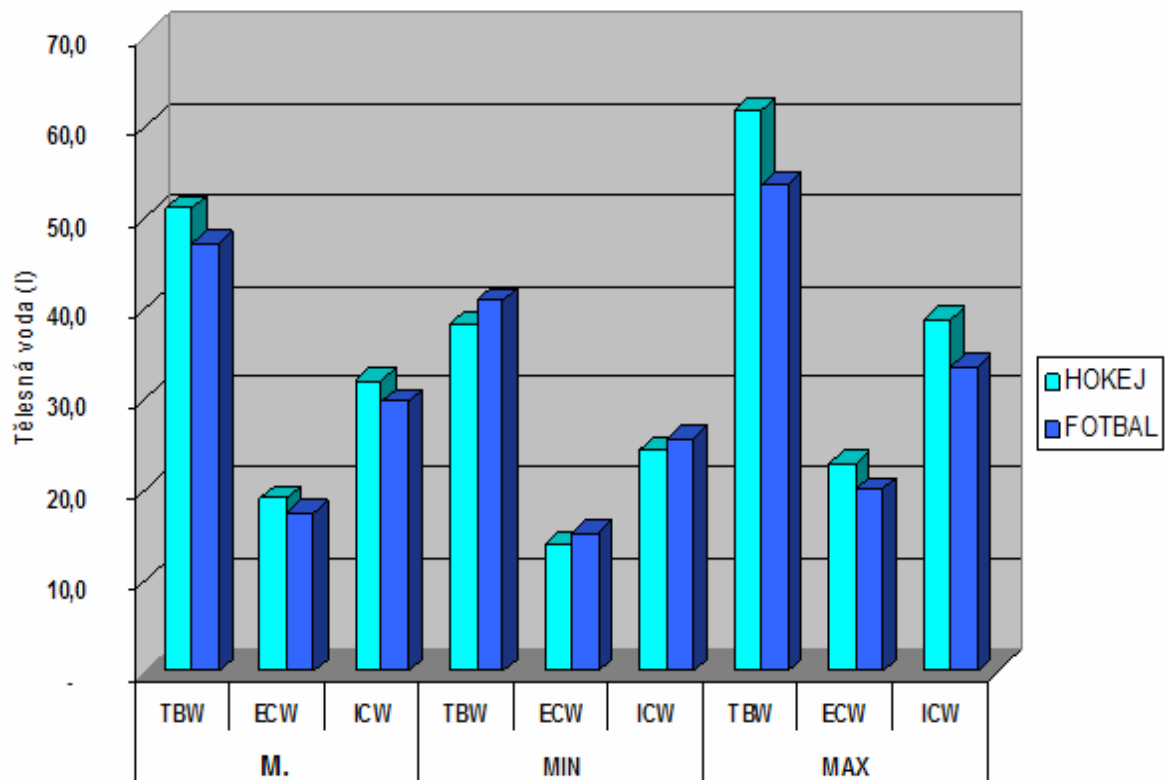
Tabulka 6. Srovnání množství tělesné vody dle InBody 720 mezi skupinami H a F

	TBW		ECW		ICW	
	H (l)	F (l)	H (l)	F (l)	H (l)	F (l)
M.	51,0	47,1	19,0	17,5	32,1	29,7
SD	4,8	4,0	1,9	1,5	3,0	2,5
MIN	38,3	40,8	14,0	15,2	24,3	25,6
MAX	61,7	53,6	22,9	20,0	38,8	33,6

Vysvětlivky:

TBW - celková tělesná voda, **ECW** – extracelulární voda, **ICW** – intracelulární voda

Na základě srovnání TBW, ECW a ICW dle výsledků z přístroje InBody 720 je možno konstatovat, že průměrné hodnoty celkové tělesné vody u skupiny H tvoří 51,0 l, u skupiny F je to 47,1 l. Z toho vyplývá, že rozdíl v množství TBW je 3,9 l ($p = 0,01$). TBW je rozdělena na ECW a ICW, přičemž průměrné hodnoty ECW u souboru H činí 19,0 l a u skupiny F 17,5 l. Rozdíl v průměrných hodnotách činí 1,6 l ($p = 0,09$). ICW tvoří u jedinců skupiny H průměrně 32,1 l a u souboru F 29,7 l. Rozdíl v průměrných koncentracích 2,4 l, ($p = 0,01$). Rozdíly jsou ve všech případech signifikantní. Naměřené maximální hodnoty TBW, ECW a ICW jsou ve všech případech vyšší u skupiny hokejistů. Největší rozdíl sledujeme u intracelulární vody, kde u probandů skupiny H bylo naměřeno o 5,2 l více než u skupiny F. Test statistické významnosti uveden v příloze v tabulce 19.



Obrázek 10. Srovnání množství tělesné vody dle přístroje InBody 720 mezi soubory F a H

Na obrázku 10. můžeme vidět, že průměrné hodnoty TBW, ECW a ICW převyšují u probandů skupiny fotbalistů, stejně je tomu i u maximálních naměřených hodnot. Minimální hodnoty TBW, ECW a ICW skupiny H převyšují nad skupinou F.

Tabulka 7. Průměrné hodnoty štíhlé tělesné hmoty v jednotlivých segmentech dle přístroje InBody 720, u skupiny F

	DOLNÍ KONČETINA						HORNÍ KONČETINA						TRUP		
	Pravá			levá			pravá			levá					
	kg	%	norma%	kg	%	norma%	kg	%	Norma%	kg	%	norma%	kg	%	norma%
M.	10,6	105,4	109,5	10,4	103,8	107,9	3,4	104,8	108,5	3,4	104,0	107,6	27,1	98,6	102,3
SD	0,6	3,9	4,3	0,6	4,0	4,6	0,5	11,8	7,9	0,5	11,2	6,9	2,6	6,9	3,5
MIN	9,4	100,5	103,6	9,1	97,6	102,7	2,6	86,2	93,2	2,7	84,7	95,4	22,7	87,7	96,0
MAX	11,7	116,7	119,7	11,5	114,3	120,7	4,1	120,1	118,9	4,0	120,5	118,5	30,6	107,5	107,0

Průměrné hodnoty štíhlé tělesné hmoty jsou v jednotlivých segmentech ve většině případů nižší než doporučené referenční hodnoty, které jsou dány softwarem InBody 720 (www.biospace.cz).

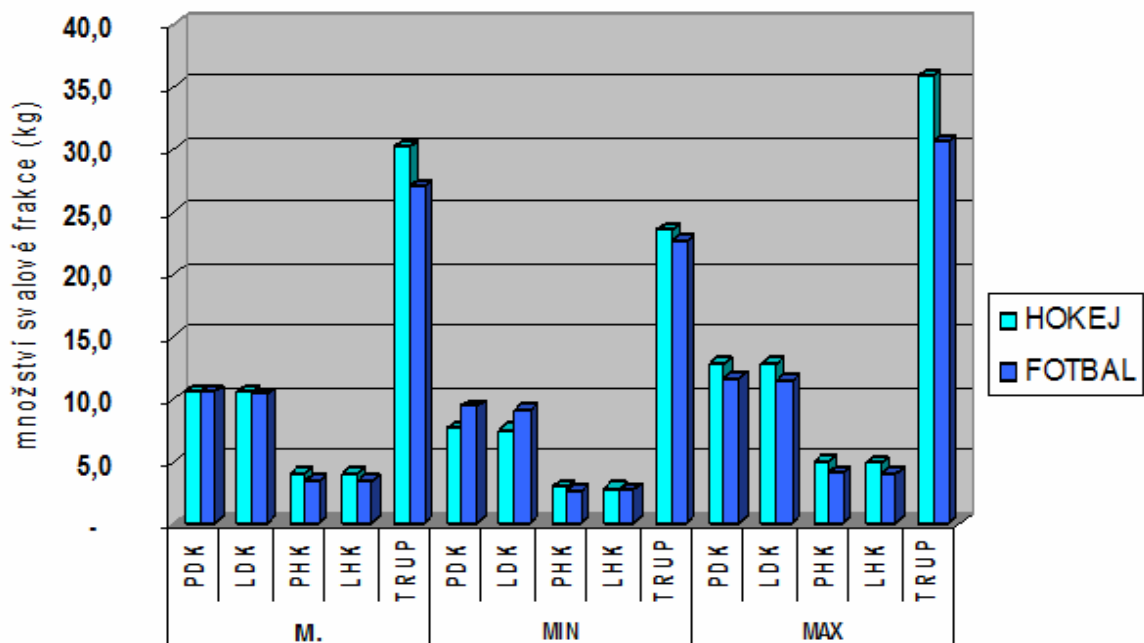
Větší polovina členů skupiny F se při hodnocení štíhlé hmoty nachází pod doporučenými hodnotami. 15 jedinců ze souboru F má vyvinutější pravou dolní končetinu, pouze jeden levou. 9 jedinců má vyvinutější pravou horní končetinu, 7 má vyvinutější levou horní končetinu. Množství štíhlé hmoty trupu u 9 jedinců nedosahuje doporučené hodnoty, u 7 hodnotu překračuje. Individuální hodnoty štíhlé svalové hmoty v jednotlivých segmentech dle přístroje InBody 720 u skupiny F jsou uvedeny v tabulce 16 v příloze.

Tabulka 8. Průměrné hodnoty štíhlé tělesné hmoty v jednotlivých segmentech dle přístroje InBody 720, u skupiny H

	DOLNÍ KONČETINA						HORNÍ KONČETINA						TRUP		
	Pravá			levá			pravá			Levá					
	kg	%	Norma%	kg	%	norma%	kg	%	norma%	kg	%	norma%	kg	%	norma%
M.	10,6	106,1	103,1	10,6	105,9	102,9	4,0	122,1	118,5	4,0	122,2	118,5	30,2	110,6	107,5
SD	1,1	6,3	5,0	1,1	6,2	4,9	0,5	10,4	7,8	0,5	10,3	7,8	2,7	6,8	4,5
MIN	1,1	6,3	5,0	1,1	6,2	4,9	0,5	10,4	7,8	0,5	10,3	7,8	2,7	6,8	4,5
MAX	12,8	117,6	112,5	12,8	114,9	109,9	5,0	137,4	130,3	4,9	136,8	131,2	35,9	120,3	115,6

Průměrné hodnoty štíhlé tělesné hmoty v jednotlivých segmentech přesahují o 2-4 % doporučené rozmezí hodnot, které jsou dány softwarem InBody 720 (www.biospace.cz).

Individuální hodnoty štíhlé svalové hmoty v jednotlivých segmentech dle přístroje InBody 720 u skupiny H jsou zobrazeny v tabulce 17. Téměř všichni členové skupiny H se při hodnocení množství štíhlé hmoty nacházeli nad doporučenými hodnotami. 18 jedinců souboru H má vyvinutější pravou dolní končetinu, 10 má vyvinutější levou dolní končetinu. 16 jedinců má vyvinutější levou horní končetinu, 12 pak pravou horní končetinu.



Obrázek 11. Srovnání průměrných hodnot množství štíhlé tělesné hmoty v jednotlivých segmentech dle přístroje InBody 720 mezi skupinami H a F

Vysvětlivky:

PDK – pravá dolní končetina, **LDK** – levá dolní končetina, **PHK** – pravá horní končetina, **LHK** – levá horní končetina, **H** – skupina lední hokej, **F** – skupina fotbal

Na obrázku 11. vidíme srovnání průměrných, maximálních a minimálních hodnot štíhlé svalové hmoty v jednotlivých segmentech u skupin H a F. U skupiny H v segmentu PDK (pravé dolní končetiny) bylo naměřeno o 0,7 % více štíhlé hmoty než u skupiny F, ($p= 0,67$). V segmentu LDK (levá dolní končetina) opět průměrné hodnoty skupiny H nepatrně převyšují průměrné hodnoty skupiny F, a to o 2,1 % ($p= 0,24$). Rozdíly nejsou signifikantní. Průměrné hodnoty štíhlé tělesné hmoty na pravé horní končetině skupiny H převyšují o 18,7 % (0,6 kg) hodnoty skupiny F ($p= 0,00$). Podobně je možno hodnotit množství štíhlé svalové hmoty na levé horní končetině, kdy skupina H má o 18,2 % (0,6 kg) vyšší průměrné hodnoty než skupina F, ($p= 0,00$), jedná se o rozdíly signifikantní. U skupiny H obsahuje trup o 12,0 % (3,1 kg) více štíhlé hmoty než u skupiny F ($p= 0,00$) a jedná se tak o statisticky významný rozdíl (tabulka 20). Maximální naměřené hodnoty štíhlé svalové hmoty ve všech segmentech výrazně převyšují u probandů skupiny H. V příloze v tabulce 18 nalezneme srovnání průměrných hodnot množství štíhlé tělesné hmoty v jednotlivých segmentech mezi skupinami H a F.

Tabulka 9. Průměrné hodnoty množství tukové hmoty v jednotlivých segmentech u skupiny F, dle přístroje Tanita BC-418

	DOLNÍ KONČETINA				HORNÍ KONČETINA				TRUP	
	pravá		levá		pravá		levá			
	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg
M.	13,2	1,8	14,0	1,8	16,0	0,6	16,4	0,7	12,6	4,8
SD	5,6	0,8	6,1	0,9	8,0	0,3	7,6	0,3	2,4	1,2
MIN	2,8	0,3	2,2	0,2	5,3	0,2	4,6	0,2	5,3	1,8
MAX	22,8	3,4	23,8	3,5	30,3	1,3	26,4	1,2	16,7	7,3

Dle přístroje Tanita BC-418 jsme schopni segmentálně vyhodnotit celkové množství tělesné tukové frakce (BFM - Body Fat Mass). U probandů skupiny F jsme naměřili průměrné hodnoty na pravé dolní končetině 13,2 %, což je 1,8 kg tuku. Při tom minimální hodnota souboru byla naměřena 0,3 kg a maximální 3,4 kg. Levá dolní končetina obsahuje 14,0 %, což je 1,8 kg tuku. Minimální naměřená hodnota byla 0,2 kg a maximální naměřená hodnota 3,5 kg. Na pravé horní končetině činí průměrné hodnoty 16,0 %, to odpovídá 0,6 kg, při tom maximální naměřená hodnota byla 1,3 kg a minimální 0,2 kg. Na levé horní končetině jsou průměrné hodnoty 16,4 %, to znamená 0,7 kg tuku, přičemž minimální naměřené hodnoty jsou 0,2 kg a maximální 1,2 kg.

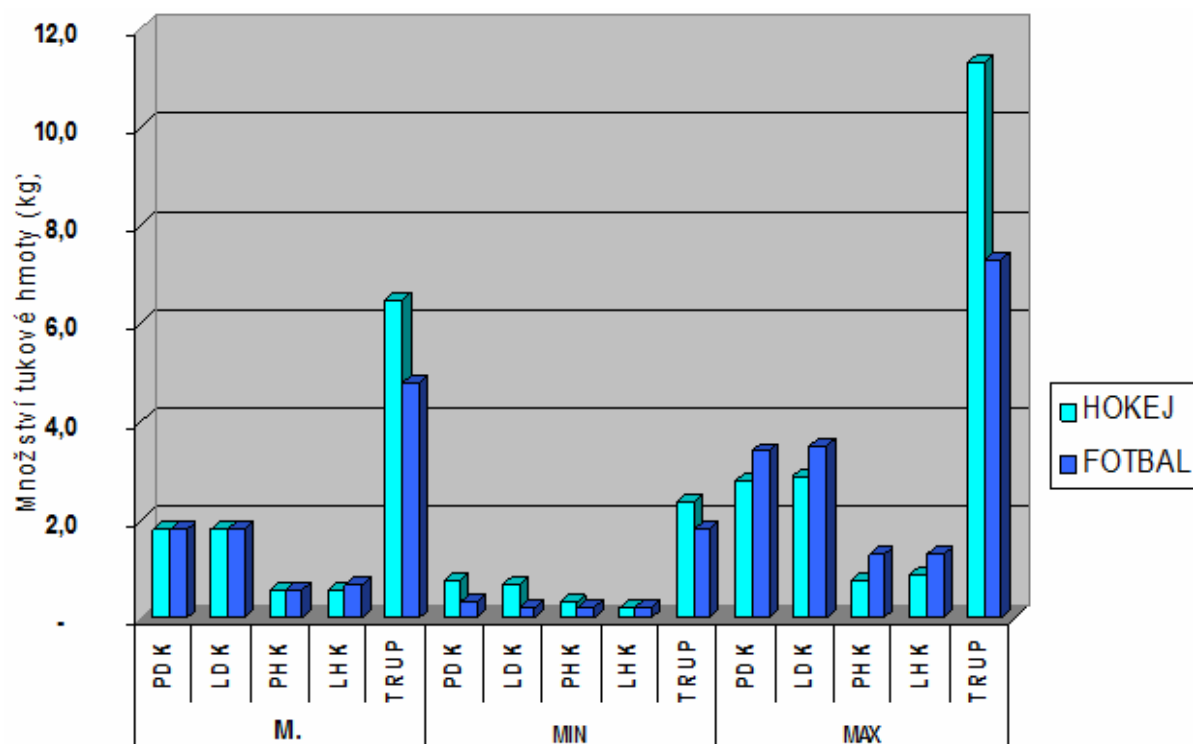
Můžeme si povšimnout, že nejméně tukové hmoty se nachází na horních končetinách, následují dolní končetiny a nakonec trup. Hodnoty mezi naměřenými segmenty jsou téměř vyrovnané, nejsou zde nápadné výrazné disbalance v distribuci tukové hmoty. Průměrné hodnoty tukové hmoty u trupu jsou 12,6 %, což je 4,8 kg tuku.

Tabulka 10. Průměrné hodnoty množství tukové hmoty v jednotlivých segmentech u skupiny H, dle přístroje Tanita BC-418

	DOLNÍ KONČETINA				HORNÍ KONČETINA				TRUP	
	pravá		Levá		pravá		levá			
	%	kg	%	Kg	%	kg	%	kg	%	kg
M.	12,9	1,8	12,8	1,8	10,5	0,6	10,6	0,6	14,6	6,5
SD	2,8	0,5	2,9	0,5	2,5	0,2	2,8	0,2	4,4	2,4
MIN	6,1	0,8	6,0	0,7	6,3	0,3	5,5	0,2	6,8	2,4
MAX	18,2	2,8	18,6	2,9	15,0	0,8	15,3	0,9	23,0	11,3

U probandů H jsme naměřili průměrné hodnoty na pravé dolní končetině 12,9 % to činí 1,8 kg tuku. Levá dolní končetina obsahuje 12,8 %, což je 1,8 kg tuku. Na pravé dolní končetině jsou průměrné hodnoty 10,5 %, tedy 0,6 kg tuku a na levé dolní končetině 10,6 % neboli 0,6 kg tuku. Průměrné hodnoty naměřeny na trupu jsou 14,6 %, což je 6,5 kg tuku.

Podobně jako u skupiny F můžeme konstatovat, že nejméně tukové hmoty se nachází na horních končetinách, následují dolní končetiny a nakonec trup. Hodnoty, které jsme naměřili mezi jednotlivými segmenty jsou shodné. Rozložení tukové složky je naprosto vyrovnané.



Obrázek 12. Srovnání množství tukové frakce v jednotlivých segmentech dle Tanita BC-418 mezi skupinami H a F

Na obrázku 12 můžeme vidět srovnání průměrné hodnoty tukové hmoty v jednotlivých segmentech u skupin H a F. U souboru H na pravé dolní končetině bylo naměřeno o 0,1 kg (0,3 %) méně tukové hmoty než u skupiny F, ($p= 0,81$). V segmentu levé dolní končetiny jsou hodnoty tukové hmoty u souboru F a H totožné, ($p=0,38$). Rozdíly tukové frakce na dolních končetinách nejsou signifikantní. Na horních končetinách disponují větším množstvím tukové hmoty probandi skupiny F a to následovně: pravá horní končetina o 0,1 kg, tedy 5,5 % ($p= 0,002$). Levá horní končetina o 0.1 kg (5,8 %) více než probandi skupiny H ($p= 0,00$). Jedná se o statisticky významné rozdíly. Výraznější rozdíly pak sledujeme v segmentu trupu, kde je rozdíl hodnot o 1,7 kg (2,0 %) vyšší u skupiny H ($p= 0,01$), rozdíl je signifikantní. Průměrné hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 15 v příloze. Hodnoty testu statistické významnosti jsou uvedeny v příloze, tabulka 21.

Tabulka 11. Srovnání množství tukuprosté hmoty (FFM) v jednotlivých segmentech dle Tanita BC-418 mezi skupinami H a F

	RL FFM		LL FFM		RA FFM		LA FFM		TR FFM	
	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
M.	12,1	11,3	12,2	10,9	4,5	3,4	4,5	3,4	37,3	33,2
SD	1,1	0,9	1,1	1,0	0,5	0,7	0,5	0,7	3,3	2,8
MIN	9,2	10,1	9,1	9,4	3,1	2,4	3,1	2,5	28,4	28,7
MAX	14,5	13,3	14,6	12,5	5,9	4,8	5,9	4,7	45,6	38,4

Vysvětlivky:

RL FFM – tukuprostá hmota pravé dolní konč., **LL FFM** – tukuprostá hmota levé dolní konč.

RA FFM – tukuprostá hmota pravé horní konč., **LA FFM** – tukuprostá hmota levé horní konč.

TR FFM – tukuprostá hmota hrudníku

Z měření na přístroji Tanita BC-418 jsme získali informace o hodnotách tukuprosté hmoty v jednotlivých segmentech souborů F a H. Průměrné hodnoty FFM na pravé dolní končetině jsou u skupiny H o 0,8 kg vyšší než u souboru F, ($p= 0,02$). FFM levé dolní končetiny skupiny H je vyšší o 1,3 kg než skupiny F, ($p= 0,00$). Průměrné hodnoty FFM na pravé horní končetině skupiny F jsou o 1,1 kg nižší než skupiny H, ($p= 0,00$), stejně je tomu u FFM levé horní končetiny, kde rozdíl činí 1,1 kg, ($p= 0$). Průměrná hmotnost tukuprosté hmoty hrudníku je u skupiny H o 4,1 kg vyšší než skupiny F, ($p= 0,00$). Ve všech segmentech se jedná o rozdíly signifikantní. Výsledky testů statistické významnosti jsou uvedeny v příloze, tabulka 22. Grafické znázornění množství tukuprosté hmoty je zobrazeno na obrázku 17 v příloze. Z výsledků můžeme usoudit, že u skupiny H dochází při sportu k výraznějšímu zapojování horní poloviny těla, což vzhledem ke sportovní specializaci odpovídá.

6 ZÁVĚR

- Průměrná hmotnost skupiny fotbalistů byla naměřena 71,6 kg, průměrná výška 181,4 cm. Soubor fotbalistů byl z pohledu tělesné výšky vyšší a z pohledu tělesné hmotnosti lehčí vzhledem k průměrným hodnotám české populace (Bláha, 1986).

- Průměrná hmotnost souboru H byla 81,7 kg a průměrná výška 181,8 cm. Soubor hokejistů se jeví z pohledu tělesné výšky a hmotnosti jako vyšší a těžší vzhledem k průměrným hodnotám české populace (Bláha, 1986).

- Průměrné hodnoty celkové tělesné vody, intracelulární vody i extracelulární vody dle InBody 720 byly výrazně vyšší u skupiny H. Průměrné hodnoty výše zmíněných parametrů vykazovaly mezi soubory signifikantní rozdíl.

- Průměrné hodnoty štíhlé tělesné hmoty, měřené na přístroji InBody 720, u skupiny fotbalistů jsou ve všech segmentech signifikantně nižší než u skupiny hokejistů.

- Rozdíly průměrných hodnot tukové složky dle přístroje Tanita BC-418 byly naměřeny následovně. V segmentech horních končetin byly vyšší u skupiny F a rozdíly se ukázaly jako signifikantní. V segmentech dolních končetin byly naměřeny nižší hodnoty u skupiny H, rozdíly ale nebyly signifikantní. V segmentu trupu disponovali větším množstvím tukové složky probandi H, rozdíly byly signifikantní.

- Průměrné hodnoty tukuprosté hmoty, dle přístroje Tanita BC-418 jsou ve všech segmentech vyšší u skupiny H. Naměřené rozdíly jsou dle testu statistické významnosti určeny jako signifikantní.

- Mezi souborem hokejistů a fotbalistů existují signifikantní rozdíly v rámci sledovaných parametrů. Sledované parametry byly následující: celková tělesná voda, intracelulární a extracelulární voda, štíhlá svalová hmota, tuková frakce a tukuprostá hmota.

- Mezi vybranými parametry tělesného složení existují v rámci využití přístrojové techniky signifikantní rozdíly, jak je zobrazeno v tabulce 23.

Cíle diplomové práce byly splněny.

7 SOUHRN

Cílem této diplomové práce byla determinace a zhodnocení parametrů tělesného složení dvou skupin sportovců. První skupinu tvořilo 28 hráčů ledního hokeje extraligového juniorského družstva HC Olomouc. Druhá skupina byla tvořena 16ti hráči fotbalu, dorostu SK Sigma Olomouc. Průměrný věk sledovaných skupin byl 17,5 let. Oba soubory byly měřeny za stejných podmínek a předepsaným způsobem, metodou bioelektrické impedance přístroji InBody 720 a Tanita BC-418. Měření souboru hokejistů proběhlo v únoru 2009, souboru fotbalistů na jaře 2010.

Byly sledovány a navzájem mezi oběma soubory srovnány vybrané somatické parametry jako výška, hmotnost, BMI, zastoupení tukové složky a FFM. Průměrná hmotnost souboru F byla 71,6 kg, u souboru H 81,7 kg. Průměrná výška souboru F byla naměřena 181,4 cm a souboru H 181,8 cm. Průměrná hodnota BMI u souboru F 21,8 odpovídá normě. Průměrná hodnota BMI u souboru H 24,8 sahá k horní hranici normální hmotnosti. Zastoupení tukové složky se ukázalo dosti překvapivé. Na horních i dolních končetinách disponují větším množstvím tukové hmoty probandi skupiny F, v segmentu trupu disponují větším množstvím tukové složky probandi skupiny H. Průměrné hodnoty celkové tukuprosté hmoty převyšují výrazně u probandů skupiny H o 8,45 kg. Dále pak byly porovnány parametry: celková tělesná voda (InBody 720), štíhlá svalová hmota v jednotlivých segmentech (InBody 720), tuková složka v jednotlivých segmentech (Tanita BC-418) a tukuprostá hmota v jednotlivých segmentech (Tanita BC-418).

Výsledky měření byly statisticky vyhodnoceny v programu Microsoft Excel 2003 a podrobeny studentskému t-testu.

Výsledky měření ukázaly, že průměrné hodnoty tukové frakce na obou dolních končetinách jsou u souboru hokejistů nižší než u souboru fotbalistů (pravá dolní končetina i levá dolní končetina o 0,3 %), ale rozdíly jsou tak malé, že se dle statistického testu neukázaly jako statisticky významné. Tuková frakce na obou horních končetinách byla vyšší u souboru fotbalistů (pravá horní končetina o 5,5 % a levá horní končetina o 5,8%), rozdíl se ukázal dle testu statistické významnosti jako signifikantní. Množství tukové složky na trupu je

u souboru hokejistů o 2,0 % vyšší než u souboru fotbalistů, tento rozdíl je signifikantní.

Průměrné hodnoty štíhlé tělesné hmoty byly ve všech segmentech vyšší u souboru hokejistů. U dolních končetin se rozdíly ukázaly jako statisticky nevýznamné (pravá dolní končetina o 0,7 %, levá dolní končetina o 2,1 %). Rozdíly průměrných hodnot štíhlé hmoty u horních končetin (pravá horní končetina o 18,7 %, levá horní končetina o 18,2 %) se ukázaly jako signifikantní. U trupu naměřené průměrné hodnoty převyšovaly u souboru hokejistů, a to o 12,0 %, což se ukázalo jako statisticky významný rozdíl.

Průměrné hodnoty tukuprosté hmoty ve všech segmentech převyšovaly u souboru hokejistů (pravá dolní končetina o 0,8 kg, levá dolní končetina o 1,3 kg, pravá horní končetina o 1,1 %, levá horní končetina o 1,1%, trup o 4,1 kg). Všechny rozdíly se ukázaly jako statisticky významné.

Průměrné hodnoty celkové tělesné vody (o 3,9 l), stejně jako extracelulární (o 1,6 l) i intracelulární (o 2,4 l) vody jsou u souboru hokejistů vyšší než u souboru fotbalistů a jedná se o rozdíly signifikantní.

8 SUMMARY

The aim of this thesis was determination and evaluation of body constitution of two groups of athletes. The first group consisted of 28 junior ice-hockey players of Extraleague team HC Olomouc. The second group consisted of 16 football players, youths of SK Sigma Olomouc. The average age of both groups was 17.5 years. Both sets were measured under the equal conditions and by predefined method based on bioelectric impedance using InBody 720 and Tanita BC-418 equipment. The measurement of ice-hockey players was done repeatedly, in February and April 2009. Results of the first measurement were used in this thesis. The set of football players was divided to two parts. The first half which consisted of 7 individuals was measured in April 2010. The second half which consisted of 9 individuals was measured in May 2010.

The fat mass in separated segments, slim body mass in separated segments, fat-free mass in separated segments and total body water values were observed and compared between the two sets. Next, chosen values like age, height, weight and BMI were compared. In case of set F, the average weight was 71.6 kg, at the set H, the average weight was 81.7 kg. The average height at set F was 181.4 cm and at set H 181.8 cm. The average BMI value at set F, 21.8, is considered within the standards. The average BMI value of the set H, 24.8, reaches up to the upper border of standard weight.

The results of the measurement were statistically analysed in Microsoft Excel 2003 and put through student t-test, which tolerates 5 % errors.

The results showed that the average rate of fat mass on both lower limbs are lower in case of set H (RLL and LLL about 0.3 %), but the differences were insignificantly low, so they could not be considered statistically noted. The fat mass rate on both upper limbs was higher in case of set F (RUL about 5.5 % and LUL about 5.8 %), the difference showed to be statistically noted. The amount of fat mass on trunk is 2.0 % higher at set H than at set F, this difference is significant.

The average rates of slim body mass were in all segments higher at set H. The results showed to be statistically insignificant at lower limbs (RLL about 0.7 %, LLL about 2.1 %). The differences of the average rates of slim mass at upper limbs (RUL about 18.7 %, LUL about 18.2 %) showed to be significant. In

case of trunk, the average rates were higher at set H, about 12.0 % which proved to be statistically significant difference.

The average rates of fat-free mass in all segments were higher at set H (RL about 0.8 kg, LL about 1.3 kg, RA about 1.1 %, LA about 1.1 %, TR about 4.1 kg). All the differences are statistically significant.

The average rates of total body water (about 3.9l), as well as extracellular (about 1.6l) and intracellular (about 2.4l) water were higher at set H. These differences are statistically noted.

9 REFERENČNÍ SEZNAM

Pařízková, J. (1962). *Rozvoj tělesné hmoty a tuku u dětí a mládeže*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství

Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu (příručka funkční antropologie)*. Olomouc: Hanex.

Kutáč, P. (2009). *Základy kinantropometrie : (pro studující obor Tv a sport)*. Ostrava : Pedagogická fakulta Ostravské univerzity v Ostravě, Katedra tělesné výchovy.

Ganong, W. F. (2005). *Přehled lékařské, fyziologie dvacáté vydání*. Praha: Galén.

Čihák, R. (2001). *Anatomie 1 druhé, upravené a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing.

Malina, R., & Bouchard, C. (1991). *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign (IL): Human Kinetic.

Rokyta, R. a kol. (2000). *Fyziologie: pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV.

Přidalová, M., & Riegerová, J. (2002). *Funkční anatomie. I*. Olomouc: Hanex.

Hajn, V. (1994). *Antropologie. I*. Olomouc: Univerzita Palackého.

Pařízková, J. (1973). *Složení těla a lipidový metabolismus za různého pohybového režimu*. Praha: Avicenum.

Perič, T. (2002). *Lední hokej: trénink budoucích hvězd*. Praha: Grada Publishing.

Bukač, L., & Dovalil, J. (1990). *Lední hokej: trénink herní dokonalosti*. Praha: Olympia.

Psotta, R. a kol. (2006). *Fotbal: kondiční trénink: moderní koncepce tréninku, principy, metody a diagnostika, teorie sportovního tréninku*. Praha: Grada Publishing.

Votík, J. (2003). *Fotbal: trénink budoucích hvězd*. Praha: Grada Publishing.

Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied body composition assessment 2nd ed.* Copyright.

Shanholtzer, B. A., & Patterson, S. A. (2003). Use of bioelectrical impedance in hydration status assessment: reliability of a new tool in psychophysiology research. *International Journal of Psychophysiology*. 49, 217-226.

Wang, Z. M., Pierson Jr, R. N., & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level mode: a new approach to organizing body-composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 56 Issue 1, p19-28.

Ellis, J. K. (2000). Human Body Composition: In Vivo Methods. *American Journal of Physiology*. Vol. 80 Issue 2, p649-680.

Wang, Z. M., Heshka, S., Wang, J., Gallagher, D., Deurenberg, P., Chen, Z., & Heymsfield, S. B. (2007). Metabolically active portion of fat-free mass: a cellular body composition level modeling analysis. *American Journal of Physiology*. Vol. 292 Issue 1, E49-E53.

Lukaski, H. C. (1987). Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 46 Issue 4, p537-556.

Roubenoff, R., Kehayias, J. J., Dawson-Hughes, B., & Heymsfield, S. B. (1993). Use of dual-energy x-ray absorptiometry in body-composition studies: not yet a „gold standard“. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 58 Issue 5, p589-591.

Barbosa-Silvia, M. C. G., Barros, A. JD., Wang, J., Heymsfield, S. B., & Pierson, R. N. (2005). Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 82 Issue 1, p49-52.

Carter, B. W., & Schucany, W. G. (2008). Brown adipose tissue in a newborn. PubMed Central. Vol. 21 Issue 3, p328-330.

Anonymous (n. d.). Retrieved 1. 2. 2011 from the World Wide Web:
www.boiospace.cz

Anonymous (n. d.). Retrieved 20. 2. 2011 from the World Wide Web:
<http://www.skriptar.cz/skripta-embryologie-histologie/76>

Anonymous (n. d.). Retrieved 1.3. 2011 from the World Wide Web:
http://www.springboard4health.com/notebook/health_adipose.html

Anonymous (n. d.). Retrieved 1.3. 2011 from the World Wide Web:
<http://www.sport-fitness-advisor.com/bodyfatpercentage.html>

Anonymous (n. d.). Retrieved 1.4. 2011 from the World Wide Web:
www.tanita.com

Anonymous (n. d.). Retrieved 1.4. 2011 from the World Wide Web:
<http://www.intermedservice.ru/ru/content/view/173/104/>

Anonymous (n. d.). Retrieved 1.4. 2011 from the World Wide Web:
http://www.kuchynske-vahy.com/product_info.php?products_id=767

Anonymous (n. d.). Retrieved 1.4. 2011 from the World Wide Web:
<http://www.fitness-facts.com/cardio/37/?sport=Ice+Hockey>

Anonymous (n. d.). Retrieved 1.4. 2011 from the World Wide Web:
<http://www.studentisobe.cz/preview/rfofqi3v.FOTBALav%C3%BD%C5%BEiva.pdf>

Anonymous (n. d.). Retrieved 1.4. 2011 from the World Wide Web:
<http://www.madinauto.co.cc/inbody-720.html&page=5>

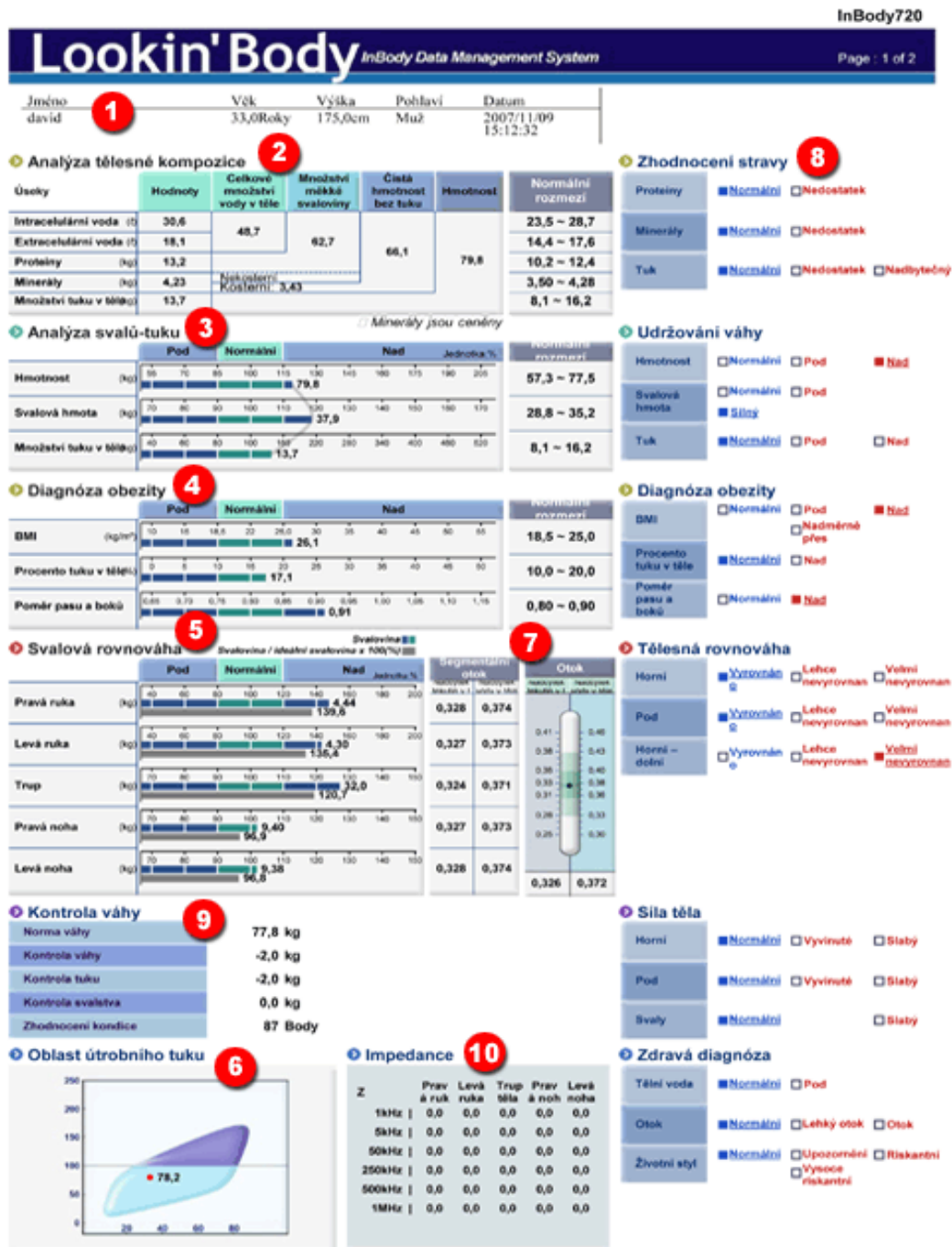
Anonymous (n. d.). Retrieved 20.4. 2011 from the World Wide Web:
www.biospace.cz/inbody-720-pb4.php

Anonymous (n. d.). Retrieved 20.4. 2011 from the World Wide Web:
<http://www.biospace.cz/soubory/pdf/co-je-analyza-slozeni-tela.pdf>

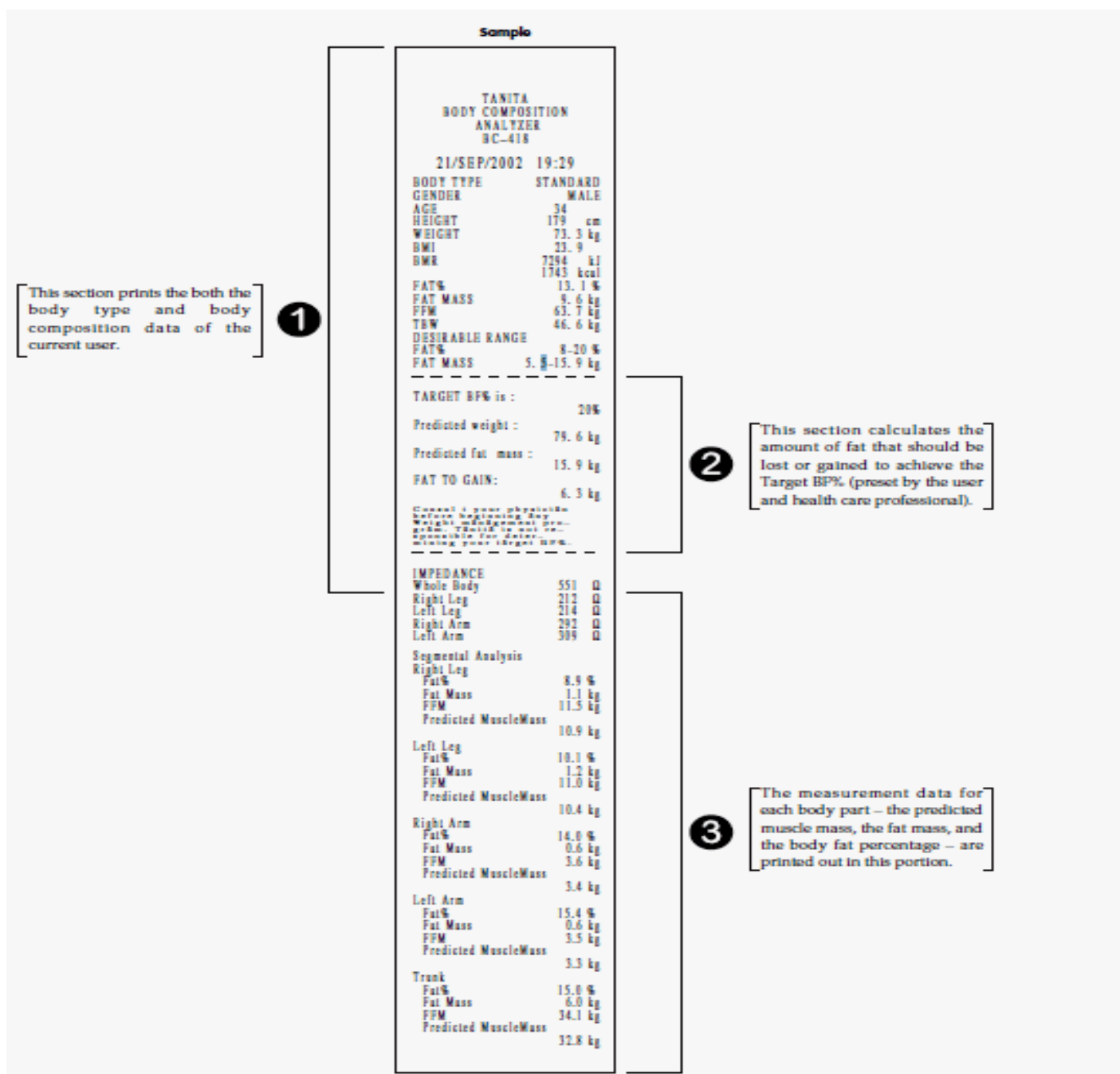
Anonymous (n. d.). Retrieved 20.4. 2011 from the World Wide Web:
www.fotbal-trenink.cz

Anonymous (n. d.). Retrieved 20.4. 2011 from the World Wide Web:
<http://www.planetavyzivy.cz/metabolismus/t-146/>

10 PŘÍLOHY



Obrázek 13. Ukázka výsledku měření dle InBody 720 (upraveno dle www.biospace.cz/inbody-720-pb4.php)



Obrázek 14. Ukázka výsledku měření dle Tanita BC-418 (Upraveno dle www.tanita.com)

Health Monitor

„INDICATE Health Risks - RATE professionally - REACT prophylacticy“

Body Composition Analyser BC-418

Monika Matherova
(female 49 Years)

Measures on 22.6.2010 at 19:04 clock

Mode: **NORMAL**

Fat Mass: **48,0 kg**
44,2 %

Fat Free Mass: **60,6 kg**

Height: **175 cm**

Weight: **108,5 kg**

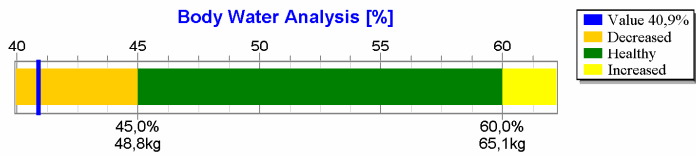
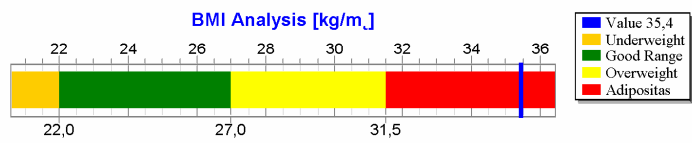
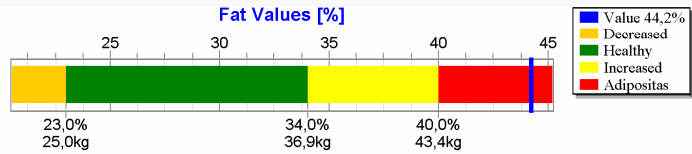
BMI: **35,4 kg/cm²**

Basal Metabolic Rate:
7816 kJ
=1866 kcal

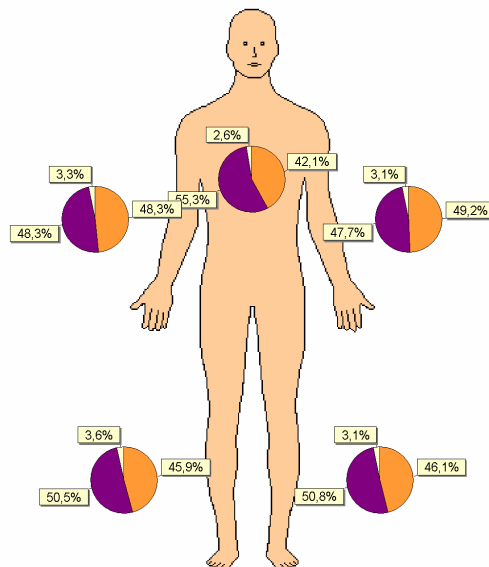
Muscle Mass: **57,3 kg**

Body Water: **44,4 kg**
40,9 %

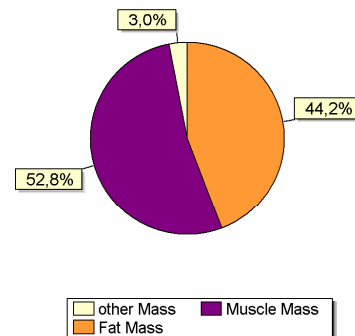
Impedance: **528 Ohm**



Segment Distribution	Trunk	Right Arm	Left Arm	Right Leg	Left Leg	Total
Fat Mass	24,2kg	2,9kg	3,2kg	8,9kg	8,8kg	48,0kg
Muscle Mass	31,8kg	2,9kg	3,1kg	9,8kg	9,7kg	57,3kg
other Mass	1,5kg	0,2kg	0,2kg	0,7kg	0,6kg	3,2kg



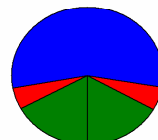
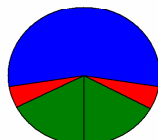
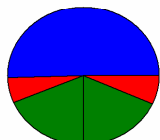
Body Mass Distribution



Obrázek 15. Ukázka výsledku měření dle Tanita BC-418 (Upraveno dle www.tanita.com)

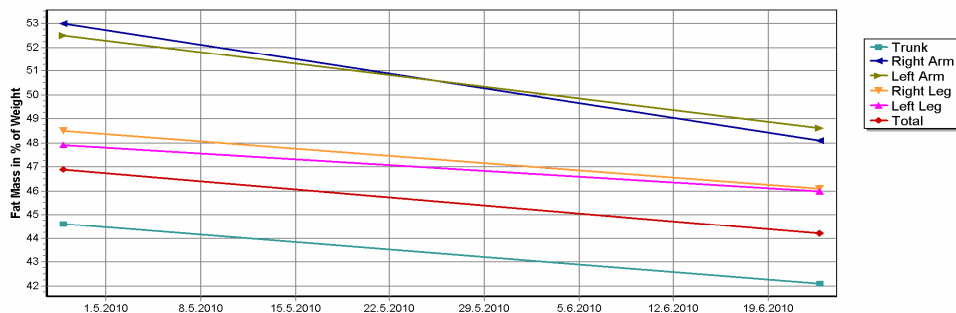
Segment Distribution Symmetry

	Fat	Fat Free Mass	Predicted Muscle Mass
Total:	44,2% (48,0kg)	55,9% (60,6kg)	52,8% (57,3kg)
Trunk:	42,1% (24,2kg)	57,9% (33,3kg)	55,3% (31,8kg)
Right Arm:	48,1% (2,9kg)	51,9% (3,1kg)	48,3% (2,9kg)
Left Arm:	48,6% (3,2kg)	51,4% (3,3kg)	47,7% (3,1kg)
Right Leg:	46,1% (8,9kg)	53,9% (10,5kg)	50,5% (9,8kg)
Left Leg:	46,0% (8,8kg)	54,0% (10,3kg)	50,8% (9,7kg)



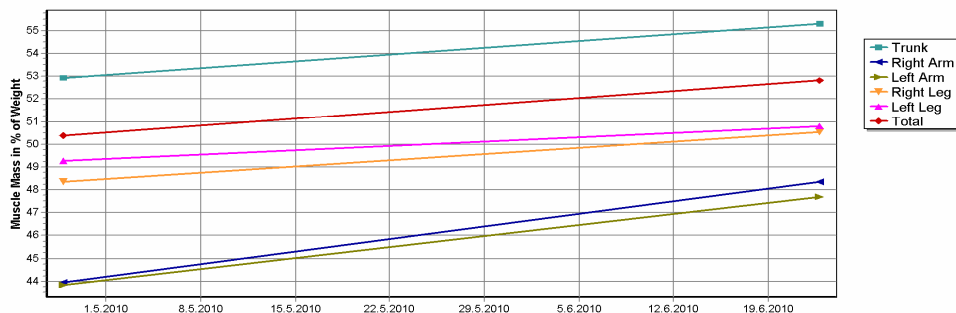
Progress Fat Mass

Date	Trunk	Right Arm	Left Arm	Right Leg	Left Leg	Total
27.4.2010	44,6%	53,0%	52,5%	48,5%	47,9%	46,9%
22.6.2010	42,1%	48,1%	48,6%	46,1%	46,0%	44,2%



Progress Muscle Mass

Date	Trunk	Right Arm	Left Arm	Right Leg	Left Leg	Total
27.4.2010	52,9%	43,9%	43,8%	48,3%	49,3%	50,4%
22.6.2010	55,3%	48,3%	47,7%	50,5%	50,8%	52,8%



Obrázek 16. Ukázka výsledku měření dle Tanita BC-418 (Upraveno dle www.tanita.com)

Tabulka 12. Individuální hodnoty vybraných somatických parametrů skupiny F

	VĚK	VÝŠKA (cm)	HMOTNOST (kg)	BMI (kg/m ²)	TBW (l)	FFM (kg)	BMR (kg)	BFM	
								%	kg
proband 1	16	183	72,7	21,8	47	64,2	8305	11,7	8,5
proband 2	16	175	62,6	20,5	41,2	56,4	7339	9,9	6,2
proband 3	17	178	62,4	19,71	41,4	56,5	7477	9,5	5,9
proband 4	16	178	72,5	23	48,5	66,2	8414	8,7	6,3
proband 5	16	182	78,1	23,7	53,6	73,3	9000	6,1	4,8
proband 6	17	182	76,5	23,1	49,8	67,9	8904	11,2	8,6
proband 7	17	186	81,6	23,6	52,2	71,2	9414	12,8	10,4
proband 8	17	182	63,3	19,2	44,1	60,4	7837	4,6	2,9
proband 9	16	176	63,3	20,6	40,8	55,8	7422	11,9	7,5
Proband 10	16	183	75,1	22,5	48,1	65,7	8372	12,5	9,4
Proband 11	16	180	65,9	20,3	44,2	60,4	7728	8,3	5,5
Proband 12	17	182	69,2	20,8	46,5	63,6	8088	8,1	5,6
Proband 13	15	182	66,4	20,2	44,5	60,8	7920	8,4	5,6
Proband 14	16	185	81,4	23,8	49,5	67,6	8849	17	13,8
Proband 15	17	183	79,7	23,7	51,8	71,1	8954	10,8	8,6
Proband 16	17	185	75,3	22	50,7	69,4	8699	7,9	5,9

Vysvětlivky:

BMI (Body Mass Index) - Index tělesné hmotnosti, **TBW** (Total Body Water) – celková tělesná voda, **FFM** (Fat Free Mass) – tukuprostá hmota, **BFM** (Body Fat Mass) – tuková hmota
BMR- Bazální metabolismus

Tabulka 13. Individuální hodnoty vybraných somatických parametrů skupiny H

	VĚK	VÝŠKA (cm)	HMOTNOST (kg)	BMI (kg/m ²)	TBW (l)	FFM (kg)	BMR (kg)	BFM	
								%	kg
proband 1	17	181	84,5	25,8	51,7	70,9	9301	16,2	13,6
proband 2	17	177	66,6	21,3	45	61,4	8067	7,9	5,2
proband 3	19	185	75,4	22	49,7	67,8	8397	10,1	7,6
proband 4	19	190	89,8	24,9	56,9	77,6	9845	13,6	12,2
proband 5	20	176	74	23,9	48,1	65,6	8422	11,3	8,4
proband 6	17	179	74,7	23,3	49	66,8	8615	10,5	7,9
proband 7	20	177	80,3	25,6	47,2	64,4	8447	19,8	15,9
proband 8	19	183	83,7	25	55,9	76,4	9247	8,8	7,3
proband 9	19	177	72,2	23,1	46,8	63,7	8276	11,8	8,5
proband 10	19	185	94,5	27,6	55,9	76,3	9724	19,2	18,2
proband 11	18	180	81,2	25,1	47,4	64,9	8414	20,1	16,3
proband 12	18	180	79,6	24,6	48	65,6	8401	17,5	14
proband 13	17	182	89,4	27	54,3	74,2	9728	17	15,2
proband 14	17	187	84,9	24,4	51,5	70,3	9464	17,2	14,6
proband 15	18	198	100,1	27,3	61,7	84,4	10958	15,7	15,7
proband 16	17	190	88,6	24,5	55,9	76,4	9916	13,8	12,2
proband 17	19	192	95,1	25,7	59,2	80,8	10217	15	14,3
proband 18	19	169	74,1	26,1	46,6	63,7	7966	14	10,4
proband 19	17	179	91,3	28,5	51,7	70,7	9565	22,6	20,6
proband 20	20	179	81	25,4	52,5	71,8	8803	11,4	9,2
proband 21	19	179	83,9	26,2	53,4	72,9	9054	13,1	11
proband 22	17	186	76,5	22,1	49,8	67,8	8920	11,4	8,7
proband 23	17	185	70,3	20,6	45,6	62,3	8284	11,5	8
proband 24	18	168	62,1	22	38,3	52,4	6694	15,7	9,7
proband 25	18	171	75,1	25,7	48,4	66	8372	12,2	9,1
proband 26	18	185	90,5	26,5	53,6	73,5	9435	18,8	17
proband 27	18	187	89,2	25,5	53,6	73,3	9498	17,9	15,9
proband 28	17	183	78,9	23,6	50,8	69,5	8979	11,9	9,4

Tabulka 14. Mezinárodní klasifikace nadváhy a obezity podle BMI (upraveno dle <http://apps.who.int>)

Klasifikace	BMI (kg/m²)
Podváha	<18,50
Těžká podváha	<16,00
Středně těžká podváha	16,00-16,99
Mírná podváha	17,00-18,49
Fyziologické rozmezí	18,50-24,99
Nadváha	25,00-29,99
Obezita	≥30,00
1. stupně	30,00-34,99
2. stupně	35,00-39,99
3. stupně	≥40,00

Tabulka 15. Srovnání množství tukové frakce v jednotlivých segmentech dle Tanita BC-418 mezi skupinami H a F

	PDK				LDK				PHK				LHK				TRUP			
	H		F		H		F		H		F		H		F		H		F	
	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg
M.	12,9	1,8	13,2	1,8	12,8	1,8	14,0	1,8	10,5	0,6	16,0	0,6	10,6	0,6	16,4	0,7	14,6	6,5	12,6	4,8
SD	2,8	0,5	5,6	0,8	2,9	0,5	6,1	0,9	2,5	0,2	8,0	0,3	2,8	0,2	7,6	0,3	4,4	2,4	2,4	1,2
MIN	6,1	0,8	2,8	0,3	6,0	0,7	2,2	0,2	6,3	0,3	5,3	0,2	5,5	0,2	4,6	0,2	6,8	2,4	5,3	1,8
MAX	18,2	2,8	22,8	3,4	18,6	2,9	23,8	3,5	15,0	0,8	30,3	1,3	15,3	0,9	26,4	1,2	23,0	11,3	16,7	7,3

Tabulka 16. Individuální hodnoty štíhlé svalové hmoty v jednotlivých segmentech dle přístroje InBody 720 u skupiny F

	DOLNÍ KONČETINA						HORNÍ KONČETINA						TRUP		
	Pravá			levá			pravá			levá					
	kg	%	Norma%	kg	%	norma%	kg	%	norma%	kg	%	norma%	kg	%	norma%
proband 1	11,0	107,6	109,7	10,7	105,5	107,5	3,3	98,1	100,0	3,3	97,9	99,8	26,2	94,2	96,0
proband 2	9,5	102,4	110,7	9,4	101,1	109,4	2,6	86,2	93,2	2,7	89,6	96,9	22,7	89,3	96,6
proband 3	9,8	101,3	114,2	9,5	98,6	111,2	2,8	89,1	100,5	2,7	84,7	95,4	23,2	87,7	98,9
proband 4	10,5	109,5	108,4	10,5	108,9	107,8	3,8	120,1	118,9	3,6	113,1	112,0	27,9	106,4	105,4
proband 5	11,7	116,5	114,5	11,5	114,3	112,3	3,9	118,6	116,6	4,0	120,5	118,5	29,6	107,5	105,7
proband 6	10,8	106,7	105,7	10,5	104,1	103,1	3,9	118,2	117,0	3,8	115,0	113,8	29,4	106,3	105,3
proband 7	11,2	106,2	104,5	11,1	105,5	103,8	4,1	118,3	116,4	4,0	116,6	114,7	30,6	105,9	104,2
proband 8	10,4	103,3	119,7	10,5	104,2	120,7	3,1	93,8	108,8	3,1	94,4	109,4	25,4	92,3	107,0
proband 9	9,4	100,5	108,3	9,1	97,6	105,1	2,8	90,7	97,7	2,8	90,9	97,9	23,2	90,7	97,7
proband 10	10,6	104,0	103,6	10,6	103,7	103,4	3,6	106,5	106,2	3,6	109,1	108,7	28,3	101,5	101,2
proband 11	10,2	103,0	112,8	10,0	101,5	111,0	3,2	98,9	108,2	3,1	94,5	103,5	25,4	93,7	102,5
proband 12	10,3	101,5	108,5	10,2	100,7	107,6	3,5	104,5	111,6	3,4	102,0	109,0	27,2	97,9	104,6
proband 13	10,3	102,4	113,0	10,1	100,4	110,9	3,1	94,4	104,2	3,1	94,9	104,7	25,4	92,1	101,7
proband 14	11,0	105,7	103,8	10,9	104,6	102,7	3,6	104,4	102,5	3,9	113,0	110,9	28,9	101,2	99,4
proband 15	11,1	108,2	106,3	11,0	107,2	105,4	4,0	118,9	116,8	3,9	115,2	113,1	30,0	107,1	105,3
proband 16	11,2	107,5	108,6	10,7	102,7	103,7	4,0	115,9	117,0	3,8	112,1	113,2	29,7	104,1	105,1

Tabulka 17. Individuální hodnoty štíhlé svalové hmoty v jednotlivých segmentech dle přístroje InBody 720 u skupiny H

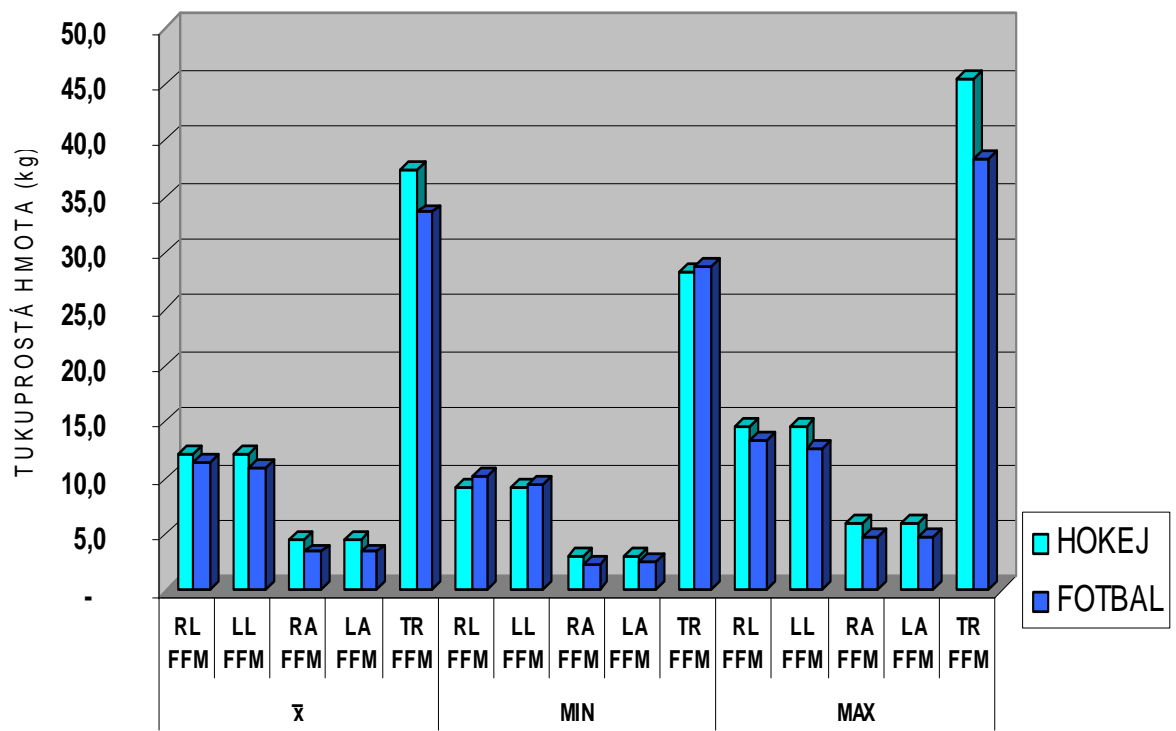
	DOLNÍ KONČETINA						HORNÍ KONČETINA						TRUP		
	Pravá			levá			pravá			levá					
	kg	%	Norma%	kg	%	norma%	kg	%	norma%	kg	%	norma%	kg	%	norma%
proband 1	10,8	107,7	103,3	10,8	108,2	103,8	4,0	121,0	116,1	3,8	115,8	111,0	29,7	108,5	104,2
proband 2	9,9	103,5	108,0	9,9	103,2	107,7	3,3	105,9	110,5	3,4	108,4	113,1	26,4	101,1	105,5
proband 3	10,0	96,5	96,5	10,1	97,6	97,6	4,0	119,4	119,3	4,2	122,9	122,8	30,7	108,7	108,6
proband 4	11,8	108,6	104,9	12,2	112,1	108,3	4,5	127,1	122,8	4,6	127,9	123,5	33,4	112,1	108,3
proband 5	10,6	113,2	110,7	10,4	111,2	108,7	3,6	116,0	113,4	3,5	115,8	113,2	27,4	107,1	104,8
proband 6	10,0	102,4	101,1	9,9	101,1	99,8	4,1	128,1	126,5	4,0	123,7	122,1	30,3	113,3	111,9
proband 7	10,0	105,7	101,2	10,1	106,6	102,1	3,6	114,9	110,0	3,5	111,7	106,9	27,5	106,0	101,6
proband 8	11,1	109,6	105,7	11,2	110,7	106,8	4,7	140,9	135,9	4,6	138,5	133,6	33,6	121,5	117,3
proband 9	9,8	103,1	101,8	9,9	104,6	103,3	3,6	116,9	115,4	3,7	120,0	118,4	28,1	108,4	107,0
proband 10	11,2	108,8	101,9	11,2	108,2	101,3	4,6	135,6	126,9	4,5	133,6	125,0	33,5	118,5	111,0
proband 11	9,6	98,3	94,8	9,7	99,2	95,7	3,7	115,7	111,5	3,7	115,8	111,6	28,8	107,7	103,9
proband 12	10,1	103,1	100,0	10,0	102,5	99,4	3,8	117,5	113,9	3,7	114,2	110,7	28,8	107,7	104,5
proband 13	11,1	109,2	103,3	11,0	109,2	103,3	4,3	130,4	123,4	4,4	132,9	125,7	32,5	117,3	111,1
proband 14	11,1	104,7	101,9	11,0	104,1	101,3	4,0	115,9	112,8	4,1	119,0	115,8	30,9	106,5	103,8
proband 15	12,8	115,2	108,2	12,7	114,5	107,5	5,0	137,4	128,9	4,9	134,7	126,4	35,9	118,3	111,2
proband 16	12,1	110,6	107,3	12,0	109,6	106,3	4,4	122,1	118,5	4,3	120,3	116,7	32,3	108,1	105,0
proband 17	12,8	114,3	109,4	12,8	114,6	109,6	4,6	125,8	120,4	4,8	130,2	124,6	34,4	112,2	107,5
proband 18	8,9	104,1	99,2	8,7	101,1	96,3	3,7	130,9	124,7	3,7	132,8	126,5	27,9	119,0	113,5
pronand 19	10,5	107,3	99,8	10,4	106,4	99,0	4,2	129,6	120,5	4,2	130,8	121,6	31,4	117,5	109,4
proband 20	10,3	107,4	103,1	10,3	106,8	102,5	4,3	135,7	130,3	4,3	136,8	131,2	31,7	120,3	115,6
proband 21	10,9	112,9	107,4	10,8	111,6	106,2	4,2	132,0	125,6	4,2	133,6	127,1	31,3	118,3	112,7
proband 22	10,7	101,3	101,7	10,6	100,2	100,6	4,0	114,8	115,3	4,0	114,9	115,3	30,0	104,0	104,4
proband 23	10,2	97,8	105,7	10,2	97,7	105,7	3,3	97,8	105,7	3,3	97,6	105,5	26,6	93,0	100,6
proband 24	7,6	89,1	89,1	7,5	87,6	87,6	2,9	102,8	102,7	2,8	101,7	101,7	23,5	100,6	100,6
proband 25	10,3	117,6	112,5	10,1	114,9	109,9	3,8	130,8	125,0	3,7	128,4	122,8	28,3	117,6	112,5
proband 26	11,7	113,6	107,8	11,7	113,0	107,2	3,9	113,8	107,9	3,9	115,3	109,4	29,9	105,7	100,4
proband 27	11,1	105,2	100,9	11,2	106,3	102,0	4,2	122,4	117,3	4,3	124,2	119,0	31,9	110,6	106,1
proband 28	10,3	100,9	99,4	10,4	101,8	100,2	3,9	117,7	115,8	4,0	119,9	118,0	30,1	107,5	105,9

Tabulka 18. Srovnání průměrných hodnot množství štíhlé tělesné hmoty v jednotlivých segmentech dle přístroje InBody 720 mezi skupinami H a F

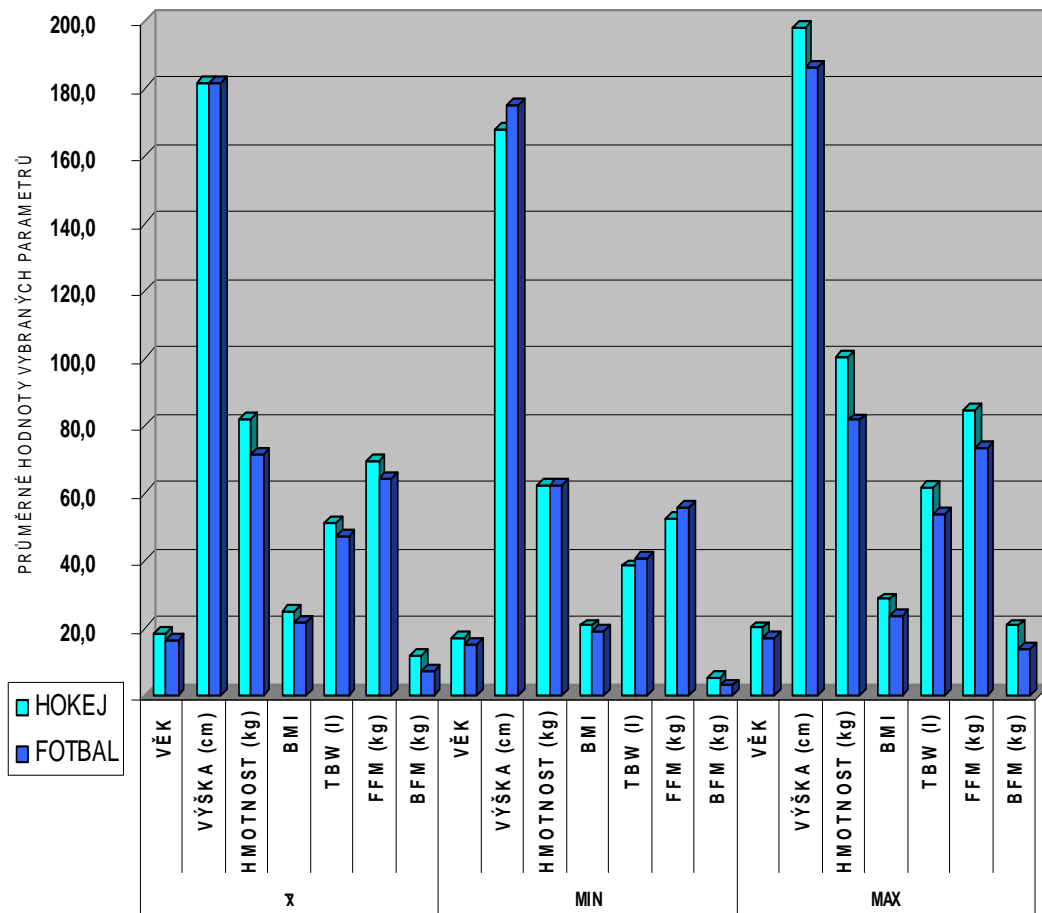
	PDK				LDK				PHK				LHK				TRUP			
	H		F		H		F		H		F		H		F		H		F	
	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg
M.	106,1	10,6	105,4	10,6	105,9	10,6	103,8	10,4	122,1	4,0	104,0	3,4	122,2	4,0	104,0	3,4	110,6	30,2	98,6	27,1
SD	25,4	25,2	3,9	0,6	1,9	27,8	4,0	0,6	27,8	24,8	11,8	0,5	24,8	1,8	11,2	0,5	27,4	27,3	6,9	2,6
MIN	89,1	7,6	100,5	9,4	87,6	7,5	97,6	9,1	97,8	2,9	86,2	2,6	97,6	2,8	84,7	2,7	93,0	23,5	87,7	22,7
MAX	117,6	12,8	116,5	11,7	114,9	12,8	114,3	11,5	140,9	5,0	120,1	4,1	138,5	4,9	120,5	4,0	121,5	35,9	107,5	30,6

Vysvětlivky:

PDK – pravá dolní končetina, **LDK** – levá dolní končetina, **PHK** – pravá horní končetina, **LHK** – levá horní končetina, **H** – skupina lední hokej, **F** – skupina fotbal



Obrázek 17. Srovnání množství tukuprosté hmoty dle přístroje Tanita BC-418 mezi soubory F a H



Obrázek 18. Srovnání průměrných, minimálních a maximálních hodnot vybraných parametrů mezi soubory F a H

Tabulka 19. Statisticky zpracované průměrné hodnoty celkové tělesné vody, extracelulární a intracelulární vody (InBody 720)

Proměnná	t-testy; grupováno: group (Zdrojova data v Statistika) Skup. 1: hokej Skup. 2: fotbal										
	Průměr 1.skup.	Průměr 2.skup.	t	sv	p	Poč.plat	Poč.plat.	Sm.odch. 1.skup.	Sm.odch. 2.skup.	F-poměr	p
Intracellular Water Mass	32,054	29,669	2,65996	42	0,011017	28	16	3,0265	2,5355	1,42474	0,477883
Min. Intracellular Water Mass	25,379	25,444	-0,13674	42	0,891893	28	16	1,7692	0,9187	3,70859	0,010317
Max. Intracellular Water Mass	31,043	31,106	-0,10771	42	0,914741	28	16	2,1728	1,1739	3,42613	0,015414
Extracellular Water Mass	18,964	17,45	2,71772	42	0,00951	28	16	1,8831	1,571	1,43683	0,467043
Min. Extracellular Water Mass	15,568	15,6	-0,10785	42	0,914625	28	16	1,1052	0,5774	3,66456	0,01097
Max. Extracellular Water Mass	19,018	19,069	-0,14079	42	0,888706	28	16	1,3397	0,7031	3,63116	0,011495
Total Body Water Mass	51,018	47,119	2,69483	42	0,010083	28	16	4,8854	4,0894	1,42718	0,475675

Vysvětlivky:

t- výsledek statistického testu, sv- počet členů souboru, p- pravděpodobnost ($p < 0,05$, je signifikantní)

Tabulka 20. Statisticky zpracované průměrné hodnoty štíhlé svalové hmoty (InBody 720)

Proměnná	t-testy; grupováno: group (Zdrojova data v Statistika) Skup. 1: hokej Skup. 2: fotbal										
	Průměr 1.skup.	Průměr 2.skup.	t	sv	p	Poč.plat	Poč.plat.	Sm.odch. 1.skup.	Sm.odch. 2.skup.	F-poměr	p
Right Arm Lean Mass	3,997	3,444	3,75352	42	0,000529	28	16	0,4676	0,4749	1,03133	0,911874
Lean Mass of Right Arm in Percentage	122,105	104,776	4,96294	42	0,000012	28	16	10,5463	12,14	1,32506	0,508356
Target Lean Mass of Right Arm in Percentage	118,459	108,458	3,98351	42	0,000265	28	16	7,9032	8,2033	1,07738	0,836884
Left Arm Lean Mass	4,001	3,418	3,96198	42	0,000282	28	16	0,4727	0,4629	1,04291	0,962303
Lean Mass of Left Arm in Percentage	122,181	103,959	5,34596	42	0,000003	28	16	10,4966	11,5274	1,20604	0,650292
Target Lean Mass of Left Arm in Percentage	118,543	107,593	4,55934	42	0,000044	28	16	7,9731	7,0707	1,27153	0,637705
Trunk Lean Mass	30,236	27,073	3,71505	42	0,000594	28	16	2,7644	2,6295	1,10524	0,86322
Lean Mass of Trunk in Percentage	110,61	98,623	5,48547	42	0,000002	28	16	6,8861	7,1267	1,07109	0,846881
Target Lean Mass of Trunk in Percentage	107,456	102,283	3,86389	42	0,00038	28	16	4,607	3,5919	1,64509	0,314164
Right Leg Lean Mass	10,614	10,561	0,17897	42	0,858824	28	16	1,0837	0,6443	2,82894	0,038505
Lean Mass of Right Leg in Percentage	106,132	105,393	0,41632	42	0,679294	28	16	6,3892	4,052	2,48628	0,068046
Target Lean Mass of Right Leg in Percentage	103,094	109,509	-4,22437	42	0,000126	28	16	5,049	4,4581	1,28264	0,62463
Left Leg Lean Mass	10,592	10,402	0,62339	42	0,5364	28	16	1,1185	0,6432	3,02388	0,028261
Lean Mass of Left Leg in Percentage	105,873	103,786	1,18592	42	0,242319	28	16	6,2981	4,1123	2,34556	0,086804
Target Lean Mass of Left Leg in Percentage	102,845	107,846	-3,2466	42	0,002298	28	16	5,0172	4,7268	1,12665	0,830991

Vysvětlivky:

t- výsledek statistického testu, *sv*- počet členů souboru, *p*- pravděpodobnost ($p < 0,05$, je signifikantní)

Tabulka 21. Statisticky zpracované průměrné hodnoty tukové složky (Tanita BC-418)

Proměnná	t-testy; grupováno: group (Zdrojova data v Statistika) Skup. 1: hokej Skup. 2: fotbal										
	Průměr 1.skup.	Průměr 2.skup.	t	sv	p	Poč.plat	Poč.plat.	Sm.odch. 1.skup.	Sm.odch. 2.skup.	F-poměr	p
RL FatP	12,85	13,169	-0,24376	42	0,808604	28	16	2,8758	5,8191	4,09459	0,001441
RL FatM	1,825	1,769	0,26981	42	0,788628	28	16	0,531	0,8554	2,59493	0,030056
LL FatP	12,782	14,025	-0,89242	42	0,377254	28	16	2,9173	6,3227	4,69738	0,000488
LL FatM	1,829	1,831	-0,01248	42	0,9901	28	16	0,5346	0,8935	2,79299	0,019563
RA FatP	10,504	15,981	-3,27254	42	0,002136	28	16	2,5027	8,2825	10,9527	0
RA FatM	0,546	0,619	-1,02861	42	0,309551	28	16	0,1621	0,306	3,56218	0,003999
LA FatP	10,586	16,444	-3,60191	42	0,000829	28	16	2,8009	7,8287	7,81239	0,000005
LA FatM	0,546	0,656	-1,55645	42	0,127106	28	16	0,1835	0,2851	2,4129	0,044891
TR FatP	14,557	12,588	1,62013	42	0,112689	28	16	4,4587	2,5205	3,12908	0,02402
TR FatM	6,504	4,819	2,57585	42	0,013608	28	16	2,4304	1,2507	3,77617	0,009398

Vysvětlivky:

t- výsledek statistického testu, **sv**- počet členů souboru, **p**- pravděpodobnost ($p < 0,05$, je signifikantní)

Tabulka 22. Statisticky zpracované průměrné hodnoty tukuprosté hmoty (Tanita BC-418)

Proměnná	t-testy; grupováno: group (Zdrojova data v Statistika) Skup. 1: hokej Skup. 2: fotbal										
	Průměr 1.skup.	Průměr 2.skup.	t	sv	p	Poč.plat	Poč.plat.	Sm.odch. 1.skup.	Sm.odch. 2.skup.	F-poměr	p
RL FFM	12,136	11,325	2,47149	42	0,017593	28	16	1,1012	0,9406	1,37086	0,52924
RL PMM	11,511	10,725	2,55387	42	0,014371	28	16	1,0369	0,8737	1,40838	0,492948
LL FFM	12,175	10,938	3,59507	42	0,000846	28	16	1,1475	1,0039	1,30652	0,597357
LL PMM	11,525	10,363	3,58244	42	0,000878	28	16	1,0834	0,943	1,32011	0,582332
RA FFM	4,525	3,425	5,63728	42	0,000001	28	16	0,5468	0,7398	1,83066	0,1664
RA PMM	4,257	3,219	5,54939	42	0,000002	28	16	0,5238	0,7101	1,83785	0,163716
LA FFM	4,532	3,413	6,02283	42	0	28	16	0,5444	0,6722	1,52473	0,330111
LA PMM	4,264	3,206	6,04654	42	0	28	16	0,518	0,6245	1,4534	0,385962
TR FFM	37,311	33,15	4,16788	42	0,00015	28	16	3,338	2,8904	1,33368	0,567666
TR PMM	35,871	31,875	4,1821	42	0,000144	28	16	3,1926	2,7726	1,32588	0,576053

Vysvětlivky:

t- výsledek statistického testu, *sv*- počet členů souboru, *p*- pravděpodobnost ($p < 0,05$, je signifikantní)

Tabulka 23. Statisticky zpracované rozdíly mezi vybranými naměřenými parametry tělesného složení v rámci využití přístrojové techniky.

Proměnná	t-testy; grupováno: group (Zdrojova data v Statistika) Skup. 1: hokej Skup. 2: fotbal										
	Průměr 1.skup.	Průměr 2.skup.	t	sv	p	Poč.plat	Poč.plat.	Sm.odch. 1.skup.	Sm.odch. 2.skup.	F-poměr	p
Weight	81,706	71,623	3,83916	42	0,00041	28	16	9,0843	6,9364	1,71516	0,275048
Percent Body Fat	14,495	9,961	4,15725	42	0,000155	28	16	3,7424	2,9499	1,60956	0,336132
Body Mass Index	24,754	21,782	5,14836	42	0,000007	28	16	1,9639	1,5988	1,50891	0,407178
Total Body Water Mass	51,018	47,119	2,69483	42	0,010083	28	16	4,8854	4,0894	1,42718	0,475675
Fat Free Mass	69,693	64,406	2,66884	42	0,010772	28	16	6,6922	5,5903	1,43306	0,470391
Weight	81,864	71,894	3,78084	42	0,000488	28	16	9,1343	6,9339	1,73538	0,264724
BMI[kg/m ²]	24,732	21,819	5,11552	42	0,000007	28	16	1,9212	1,6134	1,41806	0,483983
Fat%	13,471	13,369	0,08854	42	0,929872	28	16	3,5509	3,9559	1,24112	0,605449
FFM	70,65	62,2	4,3076	42	0,000097	28	16	6,5036	5,794	1,25993	0,651607
TBW	51,721	45,525	4,31734	42	0,000094	28	16	4,7591	4,2377	1,26123	0,650036

InBody 720

Tanita BC-418

Vysvětlivky:

t- výsledek statistického testu, *sv*- počet členů souboru, *p*- pravděpodobnost ($p < 0,05$, je signifikantní)