

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



**Posouzení vlivu svalové síly a vybraných tělesných
parametrů na kostní denzitu u postmenopauzálních žen**

Diplomová práce

Bc. Markéta Křížková

N1501

Učitelství geografie a biologie pro střední školy

Prezenční studium

Vedoucí práce: Mgr. Ondřej Kapuš, Ph.D.

Olomouc 2019

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s využitím informačních zdrojů, které jsou v práci citovány.

V Olomouci dne:

Poděkování

Mé poděkování patří Mgr. Ondřeji Kapušovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a veškerý čas, který mi v průběhu zpracování diplomové práce věnoval.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Bc. Markéta Křížková

Název práce: Posouzení vlivu svalové síly a vybraných tělesných parametrů na kostní denzitu u postmenopauzálních žen

Typ práce: Diplomová práce

Pracoviště: Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

Vedoucí práce: Mgr. Ondřej Kapuš, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2019

Abstrakt: Předkládaná diplomová práce na téma „Posouzení vlivu svalové síly a vybraných tělesných parametrů na kostní denzitu u postmenopauzálních žen“ se zabývá vyšetřením a hodnocením svalové síly horní a dolní končetiny, tělesného složení, pohybové aktivity a jejich vlivu na stav kostní tkáně u skupiny postmenopauzálních žen. Výzkumu se zúčastnilo 58 postmenopauzálních žen ve věku 50–74 let. Tělesné složení a kostní denzita (BMD) bederní páteře, proximální části femuru a celého těla byly měřeny pomocí zařízení DXA Lunar Prodigy Primo™ (GE Healthcare) s programem Encore™ verze 12.20.023. Unilaterální koncentrická síla flexorů a extenzorů kyčelního kloubu byla změřena za použití izokinetického dynamometru IsoMed 2000. Síla stisku byla měřena pomocí Jamar analogového ručního dynamometru. Pohybová aktivita byla monitorována po dobu sedmi po sobě jdoucích dnů použitím akcelerometru ActiGraph model GT1M. Množství kostní hmoty i velikosti svalové síly se s rostoucím věkem snižuje. Statisticky významný vztah nebyl zjištěn mezi svalovou silou a BMD. Stejně jako nebyl nalezen mezi BMD a štíhlou tělesnou hmotou (LBM). Pozitivní asociace však byla zjištěna mezi BMD a tělesným tukem (BFM). Statisticky významný je podíl skrytých proměnných na asociaci mezi BMD a tělesným tukem (BFM) a také A/G poměrem. Naopak nebyl zjištěn vliv skrytých proměnných na asociaci mezi BMD a svalovou silou.

Klíčová slova: denzita kostní tkáně, izokinetika, postmenopauzální ženy, svalová síla, tělesné složení

Počet stran: 64

Počet příloh: 1

Jazyk: český

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Bc. Markéta Křížková

Title of thesis: Assessment of the influence of muscle strength and selected body parameters on bone density in postmenopausal women

Type of thesis: Diploma thesis

Department: Department of Botany, Faculty of Science, Palacky University, Olomouc

Supervisor: Mgr. Ondřej Kapuš, Ph.D.

The year of presentation: 2019

Abstract: My diploma thesis „Assessment of the influence of muscle strength and selected body parameters on bone mineral density in postmenopausal women“ is focused on examination and evaluation of muscle strength in upper and lower limbs, body composition and physical activity and their influence on the bone tissue condition in postmenopausal women. In my research, 58 postmenopausal women in the age range from 50 to 74 years were assessed. Body composition and bone mineral density (BMD) of lumbar spine, proximal part of femur and the whole body were measured using DXA Lunar Prodigy Primo™ (GE Healthcare) with the Encore™ version 12.20.023 program. Unilateral concentric strength of the flexors and extensors of the hip joint (*articulatio coxae*) was measured with isokinetic dynamometer IsoMed 2000. Grip strength was measured with Jamar analog hand dynamometer. Physical activity was monitored for seven consecutive days by using accelerometer ActiGraph model GT1M. The amount of both bone mineral density and muscle strength is generally decreasing with age. The relationship between muscle strength and BMD was not statistically significant. The relationship between lean body mass (LBM) and BMD was also not statistically significant. Positive association was discovered between BMD and body fat mass (BFM). Statistically significant is the proportion of hidden variables in association with BMD and BFM together with A/G ratio. On the contrary no influence of hidden variables in association with between BMD and muscle strength was discovered.

Keywords: bone mineral density, isokinetic, postmenopausal woman, muscle strength, body composition

Number of pages: 64

Number of appendices: 1

Language: Czech

Obsah

ÚVOD.....	10
1 SYNTÉZA POZNATKŮ.....	11
1.1 Charakteristika kosti.....	11
1.1.1 Stavba kosti.....	11
1.1.2 Osifikace kostí	14
1.1.3 Kostní věk.....	15
1.1.4 Růst kostí	16
1.1.5 Reparace kostí.....	17
1.1.1 Kalciofosfátový metabolismus	18
1.2 Změna kvality a množství kostní tkáně v průběhu ontogeneze	19
1.2.1 Osteoporóza a její diagnostika.....	20
1.3 Tělesné složení	24
1.3.1 Svalová hmota.....	25
1.3.2 Celková tělesná voda	25
1.3.3 Tuková tkáň	26
1.3.4 Hodnocení tělesného složení	26
1.4 Svalová síla	27
1.5 Klimakterium a postmenopauza.....	28
1.5.1 Charakteristika ovariálního stárnutí.....	29
1.5.2 Postmenopauzální osteoporóza.....	31
1.6 Demografická charakteristika obyvatelstva České republiky	33
2 CÍLE A HYPOTÉZY	35
3 METODIKA VÝZKUMU.....	37
3.1 Předměty a metody.....	37
3.2 Hodnocení kostní tkáně a tělesného složení.....	37
3.3 Stanovení izokinetické síly.....	38

3.4	Pohybová aktivita	38
3.5	Statistická analýza	39
4	VÝSLEDKY	40
5	DIDAKTICKÁ ANALÝZA ODBORNÉHO TÉMATU	46
6	DISKUZE	47
7	ZÁVĚRY	51
8	SOUHRN	52
9	SUMMARY	54
10	SEZNAM LITERATURY	56
11	PŘÍLOHY	65

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

YSM – years since menopause (roky), věk od menopauzy

BMD – bone mineral density (g/cm^2), hustota kostních minerálů

BMC – bone mineral content; minerální obsah kostí

BMI – body mass index (kg/m^2), index tělesné hmotnosti

BFM – body fat mass (kg; %), tělesný tuk

FFM – fat-free mass, tukuprostá hmota

LBM – lean body mass (kg; %), štíhlá tělesná hmota

PA – pohybová aktivita

A/G – poměr androidního a gynoidního tuku

SD – směrodatná odchylka

PT-F – peak torque–flexion (Nm), vrchol svalové síly při flexi kyčelního kloubu

PT-E – peak torque–extension (Nm), vrchol svalové síly při extenzi kyčelního kloubu

RVP – rámcový vzdělávací program

ŠVP – školní vzdělávací program

RVP G – rámcový vzdělávací program pro gymnázia

ÚVOD

V průběhu celého života člověka dochází k postupným fyzickým i psychickým změnám. U žen je významné období klimakteria a následné menopauzy, kdy dochází k tělesným i hormonálním změnám. V důsledku neustálého zvyšování věku dožití populace tak ženy žijí delší dobu v postmenopauzální fázi. V tomto období také dochází ke zhoršování kvality kostní tkáně, což může způsobit další komplikace v podobě osteoporózy či zlomenin kostí. Zlomeniny kostí ve starším věku jsou velmi náročné nejen pro pacienta, ale také pro jeho okolí. Postižený bývá imobilní i několik měsíců a tento stav vyžaduje pomoc zdravotnického personálu a rodiny. Kvalita kostní tkáně je ovlivněna genetickými i vnějšími faktory. Vliv vnějších faktorů na kvalitu kostní tkáně je předmětem této diplomové práce.

Vnější faktory, mezi které patří svalová síla, tělesné parametry, vyvážená strava a pohybová aktivita, mohou ovlivnit kvalitu kostní tkáně. Pravidelná pohybová aktivita v období dospívání a dospělosti má významný vliv na hustotu kostní tkáně. Proto je právě pravidelný pohyb důležitý ve všech věkových kategoriích. Pohybová aktivita také umožňuje udržování zdravé tělesné hmotnosti.

Teoretická část práce shrnuje poznatky o stavbě a funkci kostí, jejich fyziologických procesech v průběhu ontogeneze a o osteoporóze. Dále je v práci uveden popis tělesného složení, svalové síly a procesu stárnutí u žen. Součástí je také vybraná charakteristika obyvatelstva České republiky.

1 SYNTÉZA POZNATKŮ

1.1 Charakteristika kostí

Pro pohyb je velmi důležitá opora, na kterou se upínají svaly. Oporou u vyšších obratlovců, včetně člověka, je vnitřní skelet, který je v průběhu vývoje přeměněn z chrupavčité kostry na kostní tkáň (Dylevský, 2009a).

Dylevský (2009a) uvádí, že kostra v těle plní hned šest funkcí:

1. Pasivní funkce zajišťuje oporu při každém pohybu.
2. Ochranná funkce umožňuje skrývat důležité orgány v kostěném obalu.
3. Funkce páky u kostí spojené klouby a to především na končetinách.
4. Zdroj minerálů v mezibuněčné hmotě kosti.
5. Červená kostní dřev je krvetvorným orgánem.
6. Tukové buňky ve žluté kostní dřevě jsou zdrojem energie.

Soubor kostí se označuje jako kosterní soustava. Jedná se o pevné, tvrdé a relativně pružné orgány světle žluté barvy. Pasivní pohybový aparát tvoří spolu s kostmi také chrupavky a kloubní či vazivová spojení mezi jednotlivými kostmi (Čihák et al., 2011).

1.1.1 Stavba kostí

Kosti klasifikujeme podle tvaru, stavby, růstu, cévního zásobení a vlastností na tři skupiny. Jedná se o krátké, ploché a dlouhé kosti (Dylevský, 2009a).

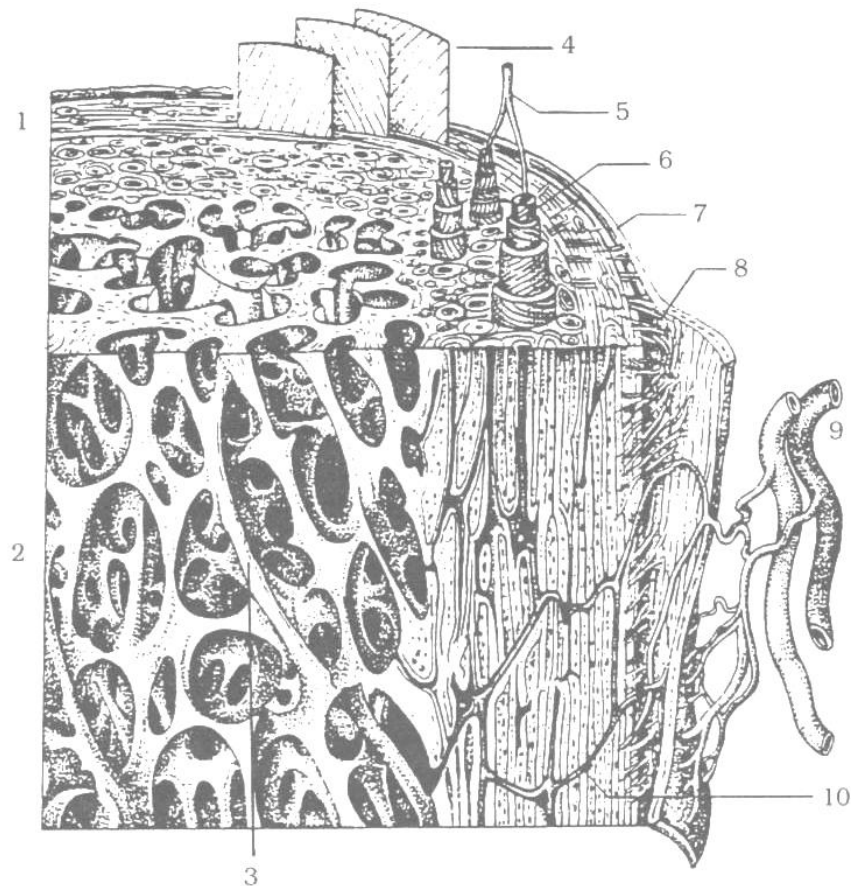
Krátké kosti jsou kosti nepravidelného tvaru a nepravidelnými kloubními plochami (Čihák et al., 2011). Povrch kosti je tvořen malou vrstvou kompaktní kosti a uvnitř je kost spongiózní bez dřevné dutiny. Mezi krátké kosti patří kosti zápěstí, nohy a páteře, jejichž velká část povrchu je pokryta kloubní chrupavkou (Dylevský, 2009a).

Mezi ploché kosti patří lopatka, kyčelní kost, hrudní kost a kosti lebeční klenby. Vnitřní i vnější plocha je tvořena různě silnou vrstvou kompaktní kosti. Mezi těmito deskami je spongiózní kost se zachovanou krvetvornou dřevě i do pozdního věku života (Dylevský, 2009a).

Dlouhé kosti mají typické kloubní části na obou koncích (Čihák et al., 2011), mezi kterými je část kosti rourovitěho tvaru. Příkladem dlouhých kostí jsou *femur*, *tibia*, *fibula*, *humerus*, *ulna*, *radius*, klíční kost a žebra (Dylevský, 2009a). Jako makroskopické oblasti je u dlouhé kosti patrná diafýza (tělo kosti) a většinou dvě

epifýzy. Trychtýřovitě rozšířený přechod diafýzy v epifýzu se nazývá metafýza (Lüllmann-Rauch, 2012).

Na řezu kostí jsou zřetelné dvě formy stavby, a to spongiózní (*substantia spongiosa*) a kompaktní (*substantia compacta*) kost. Kostra lidského těla je tvořena z 80 % kostmi kompaktními a z 20 % kostmi spongiózními (Dylevský, 2009a).



Obrázek 1: Struktura kosti

(1 – *substantia compacta*, 2 – *substantia spongiosa*, 3 – kostní trámec, 4 – povrchové lamely, 5 – céva vstupující do Haversovy lamely, 6 – osteon, 7 – periost, 8 – Sharpeyova vlákna, periostální cévy, 10 – Volkmannův kanálek)

(Zdroj: Petrovický, 2001)

Kompaktní kost se zdá být homogenní a některé dlouhé kosti mohou mít až 10 mm silnou tuto vrstvu (Lüllmann-Rauch, 2012). Základní stavební jednotkou je osteon, jež je složen z 6–15 trubicovitých kostních lamel koncentricky uložených kolem Haversova kanálku. Středové kanálky se navzájem propojují příčnými a šikmými Volkmannovými kanálky. Lamely osteonu se skládají ze svazků kolagenních vláken v amorfní mezibuněčné hmotě a z osteocytů. Jednotlivé svazky kolagenních vláken

v kostní lamelle jsou přibližně rovnoběžné. Soubor lamel v osteonu se vzájemně kříží (Dylevský, 2009a). Struktura kosti je znázorněna na obrázku 1.

Spongiózní kost je tvořena trámečky (trabekuly) a ploténkami a je prostorově uspořádána jako výsledek mechanické síly působící na ni. Průběh kostních trámečků odpovídá směru spojující nejvíce zatěžovaná místa kosti (tzv. trajektorie). Každá kost má svou tzv. kostní architektoniku, což je typické uspořádání kostních trámečků a lamel. Po zlomenině kosti a jejímu odlišnému zatížení, dochází k postupné úpravě kostní architektoniky podle nového tlakového zatížení (Dylevský, 2009a).

Povrch kosti je pokryt tuhou vazivovou blánou, okosticí (periostem). Ze zevní části, *stratum fibrosum*, vybíhají Sharpeyova vlákna do kompaktní kosti a zajišťují pevný úpon okostice ke kosti (Lüllmann-Rauch, 2012). Spolu se Sharpeyovými vlákny prostupují do kompaktní kosti i cévy, které kost vyživují (Dylevský, 2009a). Na kost těsně přiléhá *stratum osteogenicum*, ve které jsou stejné buňky jako v endostu (viz dále) a probíhají zde procesy přestavby a reparace kosti. Okostice je hojně vaskularizována a inervována, proto je velmi citlivá (Lüllmann-Rauch, 2012).

Endost (vnitřní okostice) vystýlá všechny vnitřní plochy kosti. Na jeho struktuře se podílí tenké vrstvy nemineralizovaných kolagenních fibril a vrstvy buněk (kmenové buňky, prekursorů kostních buněk, osteoblasty a osteoklasty), jež se mohou kdykoliv aktivovat a zahájit přestavbu kosti, což je využíváno po zlomenině kosti (Lüllmann-Rauch, 2012).

Kostní dřev (*medulla ossium*) vyplňuje vnitřní dutiny kostí, a to dřevovou dutinu v tělech dlouhých kostí, veškerý prostor spongiózní kosti i široké Haversovy kanálky (Čihák et al., 2011). Tato měkká tkáň se makroskopicky liší podle toho, zda se jedná o červenou, žlutou nebo šedou kostní dřev (Dylevský, 2009a).

Červená kostní dřev (*medulla ossium rubra*) je jako jediná hematopoeticky aktivní. Červenou barvu má díky přítomnosti velkého množství červených krvinek a jejich výchozí kmenové buňky. Dále obsahuje výchozí buňky pro tvorbu základních typů bílých krvinek, krevních destiček a různě zralé krevní buňky (Lüllmann-Rauch, 2012). Postupně je nahrazována žlutou kostní dřev (Dylevský, 2009a).

Postupným ukládáním tukových buněk do sítě retikulárních vláken červené kostní dřev vzniká žlutá kostní dřev (*medulla ossium flava*). Vzniká tak tukové vazivo, které zajišťuje energetickou rezervu (Dylevský, 2009a). Ztrátou tuku, typicky v pozdním věku, vzniká průsvitná šedá kostní dřev (*medulla ossium grisea*) (Čihák et al., 2011).

1.1.2 Osifikace kostí

Z vazivového nebo chrupavčitého základu vznikají v embryonálním vývoji kosti procesem osifikace, která může probíhat dvěma možnými způsoby. Na procesu se podílejí hlavně buňky kosti osteoblasty a osteoklasty (Dylevský, 2009a).

Osteoblasty se vyvíjejí po celý život z mezenchymových kmenových buněk, které jsou uloženy podél cév. Mají schopnost produkovat kolagen, řídit mineralizaci matrix a regulují proces odbourávání kosti, jelikož jsou odpovědné za metabolismus osteoklastů (Lüllmann-Rauch, 2012). Nejprve jsou osteoblasty uloženy na povrchu právě se tvořících trámců a lamel. Později se stávají součástí mineralizované kosti a mění se v osteocyty (Čihák et al., 2011).

Osteoklasty jsou velké mnohoaderné buňky, jejichž úkolem je odbourávání kosti vzniklé primární osifikací, která je nahrazována novou lamelární kostí. Tento proces přestavby probíhá po celý život (Dylevský, 2009a).

Kosti vytvořené z vazivového základu vznikly procesem desmogenní osifikace a říká se jim kosti primární nebo krycí kosti. Z chrupavčitého základu pak vznikají kosti procesem chondrogenní osifikací a mluvíme o nich jako o sekundárních nebo náhradních kostech (Čihák et al., 2011).

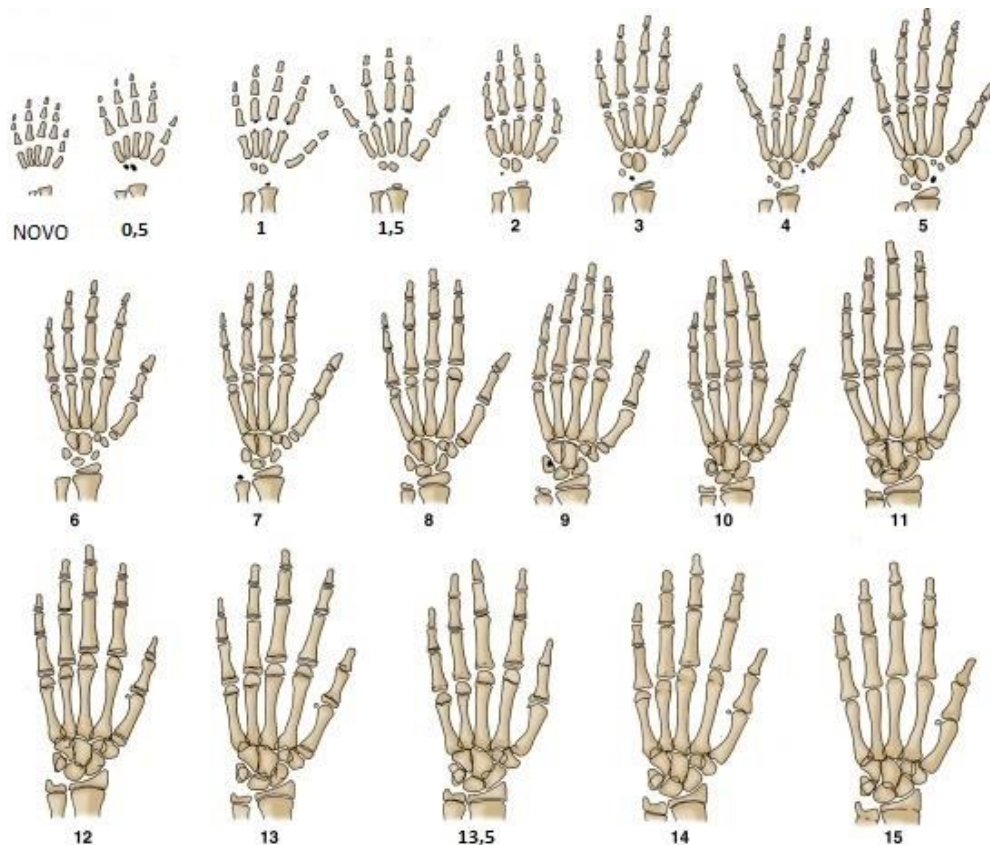
Desmogenní osifikace probíhá přímo ve vazivu, kdy se uprostřed budoucí kosti pomnoží buňky a postupně vznikají trámečky. Ty se zvětšují a osifikace směřuje k obvodu budoucí kosti (Čihák et al., 2011). Tímto způsobem osifikují kosti lebeční klenby, dolní čelist a většina klíční kosti. Jelikož osifikace začala ve středu kosti, tak je i střed mnohem silnější než okraje, což je patrné například u novorozenců, kdy okraje kostí lebeční klenby jsou stále vazivové (Dylevský, 2009a).

Chondrogenní osifikaci dělíme na dva typy podle toho, kde v chrupavce proces probíhá. Perichondrální osifikace začíná na povrchu v perichondriu. Enchondrální osifikace začíná uvnitř v chrupavce (Čihák et al., 2011). Většina kostí kostry (dlouhé kosti končetin, obratle, žebra, kosti plotenců a kosti lebeční báze) osifikuje právě enchondrálně. Místo v chrupavce, kde začíná osifikace, se nazývá primární osifikační centrum a vyvíjí se u plodu přibližně od třetího měsíce života (Dylevský, 2009a). V prenatalním i postnatalním období se osifikační centra objevují ve stejných časových obdobích a je proto možné podle nich posoudit vyspělost či donošenost dítěte (Petrovický, 2001). Při hodnocení velikosti a počtu osifikačních center se hodnotí tzv. kostní věk.

1.1.3 Kostní věk

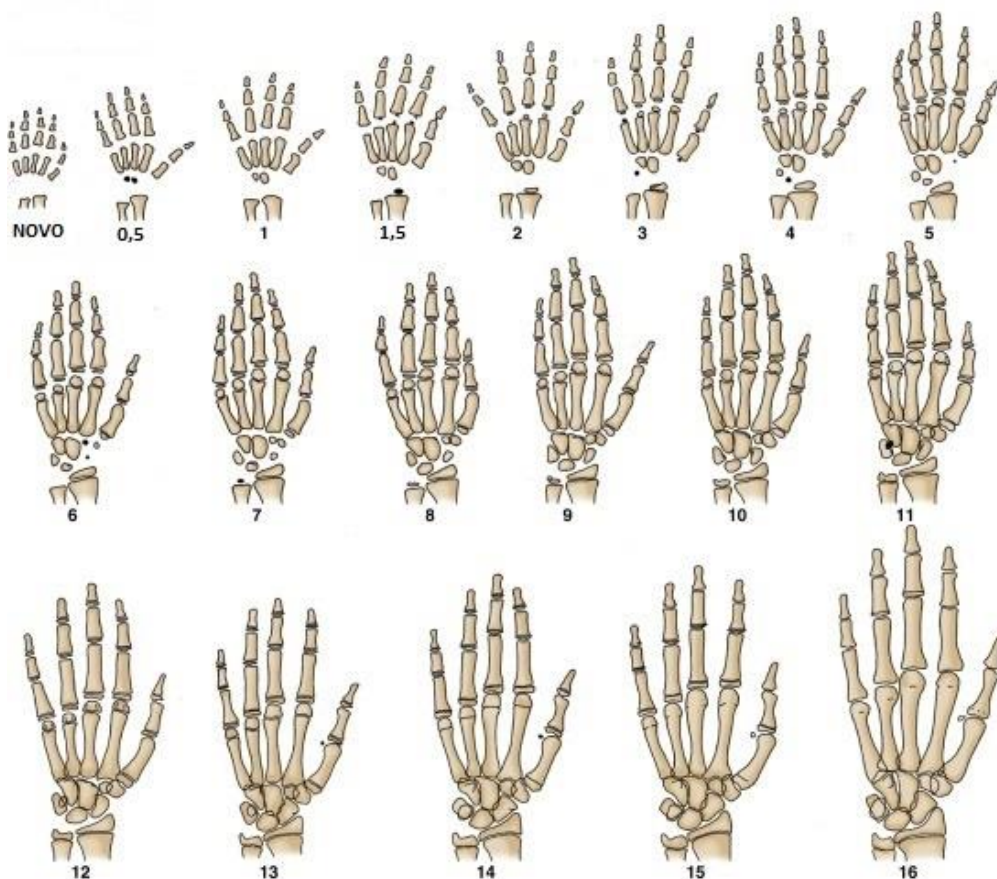
Kostní věk patří mezi znaky, podle kterých se posuzuje růst a vývoj dítěte. Dále se používá kalendářní (chronologický), dentální a mentální věk. Kostní věk udává stupeň vývoje kostry podle zjištěných osifikačních center z rentgenologického či ultrazvukového vyšetření. Pro rentgenový snímek se nejčastěji používá oblast zápěstí a ruky, jelikož je zde velké množství osifikačních center a jedná se o snadno dostupnou a bezpečnou část kostry (Dylevský, 2009a).

V raném období dětského vývoje se nejprve objevují osifikační centra v karpálních kůstkách a u epifýz dlouhých kostí horní končetiny. Ve středním období dětského vývoje lze pozorovat tvarování a růst jednotlivých karpálních kůstek. Ve stadiu puberty je možno pozorovat zcela zralé kosti. Průběh zrání kostí není plynulý. Dívky v období puberty výrazně předstihují chlapce ve vyzrávání kostí. Schématický vývoj postupu osifikace jednotlivých kostí horní končetiny u dívky je znázorněn na obrázku 2, u chlapce na obrázku 3.



Obrázek 2: Průběh osifikace horní končetiny dívky od narození do 15 let věku (NOVO – horní končetina novorozence, 0,5–15 – horní končetina dívky ve věku 0,5 roku až 15 let)

(Zdroj: upraveno dle Cuttler, Misra & Koontz, 2016)



Obrázek 3: Průběh osifikace horní končetiny chlapce od narození do 16 let věku

(NOVO – horní končetina novorozence, 0,5–16 – horní končetina chlapce ve věku 0,5 roku až 16 let)

(Zdroj: upraveno dle Cuttler, Misra & Koontz, 2016)

Rentgenové snímky je možno posuzovat různými metodami. Patří mezi ně metoda Greulich-Pyle, metoda Tannera a Whitehouse a metoda Kapalínova (Vilikus, Brandejvský & Novotný, 2004).

1.1.4 Růst kostí

Kost je velmi specifická mineralizovaná tkáň, kdy osteoblasty jsou součástí uzavřených kostních lakun a růst buněk dělením dovnitř není možný. Kost tedy roste přikládáním nových vrstviček na její povrch, roste tedy apozicí (Dylevský, 2009a).

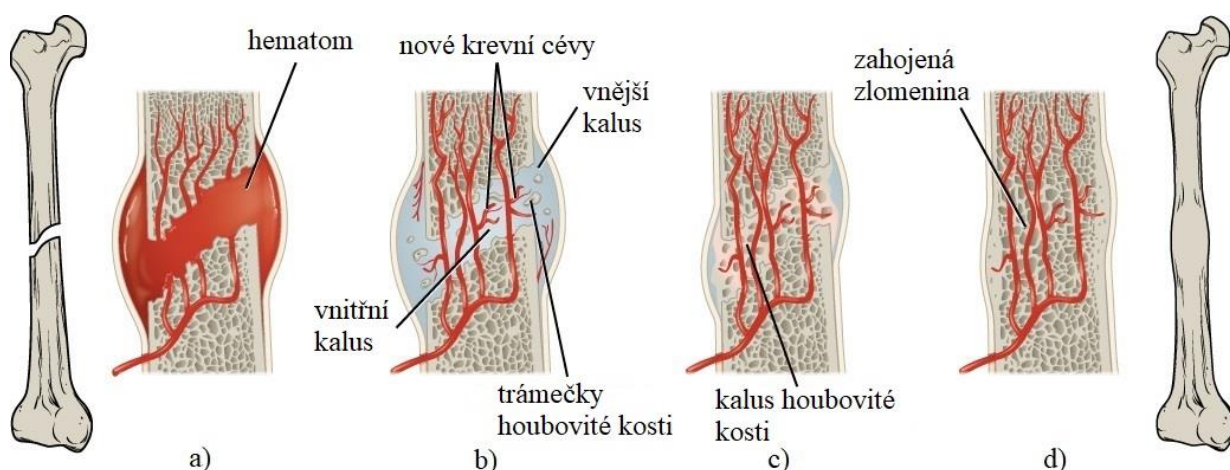
Kosti rostou dvěma směry – do délky a do šířky. Po celou dobu růstu kosti do délky je mezi epifýzou a diafýzou epifýzová neboli růstová chrupavka. V tomto místě přirůstá kost do délky, protože chrupavka tvoří novou hmotu a ta je v diafýze a epifýze

osifikována, přitom se její tloušťka zachovává (Čihák et al., 2011). Dlouhé kosti končetin mají dvě růstové chrupavky, krátké a ploché kosti mají pouze jednu růstovou chrupavku (Dylevský, 2009a). Růstové chrupavky se uzavírají u dívek mezi 16. a 17. rokem a u chlapců mezi 18. a 20. rokem (Tonar et al. in Balko, Tonar & Varga, 2016).

Do šířky kost přirůstá z periostu nebo z endostu apozicí. Tento proces je doplněn odbouráváním kosti a její remodelací, aby byl zachován správný tvar a proporce (Čihák et al., 2011).

1.1.5 Reparace kostí

Poranění kosti (*fraktura*) se za vhodných podmínek relativně dobře zhojí. Poraněním kostních cév se v místě porušené kosti vytvoří krevní sraženina (*hematom*), která je následně přeorganizována v mladé, cévnaté vazivo, z něhož následně vzniká vazivový svalek (*callus*) (Tonar et al. in Balko, Tonar & Varga, 2016). Z vazivových buněk prokrveného svalku vzniká chrupavčitý svalek (*callus fibrocartilagineus*), který postupně osifikuje, kalcifikuje a je nahrazen kostním svalkem (*callus osseus*). Nejprve je tvořen spongiózní kostí a později je přestavěn na pevnější lamelární kost (Dylevský, 2009a). Během procesu hojení by se okraje pahýlů neměly pohybovat, protože by mohl vzniknout pohyblivý pakloub. Při plném zhojení je dříve poraněná kost plně funkční a spolehlivá (Tonar et al. in Balko, Tonar & Varga, 2016). Proces hojení fraktury kosti znázorňuje obrázek 4.



Obrázek 4: Fáze reparace kostí

(a) vznik hematomu, b) vytvoření vnitřního a vnějšího svalku, c) svalek je nahrazen houbovitou kostí, d) postupná remodelace kosti)

(Zdroj: upraveno dle Heyden et al., 2019)

Pro správné zhojení zlomenin se využívá několika metod osteosyntézy. Kostní úlomky jsou zafixovány do správné polohy prostřednictvím drátů, šroubů, svorek a dlah připevněných k povrchu kosti. Lze využít i zevní fixaci pomocí dlah a rámu (Dylevský, 2009a).

1.1.1 Kalciofosfátový metabolismus

Metabolismus kostí je úzce propojen s řízením koncentrací vápníku a také fosfátů v plazmě. Na metabolismu se podílí kalcitropní hormony, mezi které patří parathormon, kalcitonin, vitamín D a jeho aktivní metabolity, a další faktory a hormony jako jsou příjem vápníku, fosforu a magnezia, kortizol a hormony štítné žlázy (viz tabulka 1). V organismu má nezastupitelnou funkci. Je například stavební složkou kostní a zubní tkáně, umožňuje stah příčně pruhované a hladké svaloviny, je součástí koagulační kaskády a další. Vápník je vstřebáván v *duodenu* a *jejunu* za přítomnosti tuků a je vylučován ledvinami a trávicím traktem. (Bernášková, Mareš & Jurčovičová in Rokyta et al., 2015). Normokalcemie (2,25–2,75 mmol/l) a normofosfatemie (0,8–1,6 mmol/l) jsou upravovány regulací resorpce v tenkém střevě, výměnou vápníku a fosfátu mezi extracelulární tekutinou a kostmi a jejich vylučováním v ledvinách (Marešová in Kittnar et al., 2011).

Tabulka 1: Řízení metabolismu vápníku

	kalcitonin	parathormon	kalcitriol	kortizol
kalcemie	↓	↑	↓ ↑	↓ ↑
resorpce kosti	↓	↑	↓ ↑	↑
reabsorpce Ca²⁺ v ledvinách	–	↑	–	–
resorpce Ca²⁺ ve střevě	–	nepřímo ↑	↑ (+ fosfáty)	↓
vzájemné vlivy	↓ účinek PTH na kost	aktivuje přeměnu vitamínu D v ledvinách	snižuje koncentraci PTH (přímo i nepřímo)	↑ sekreci PTH ↓ účinek vitamínu D ve střevě

(Zdroj: upraveno dle Bernášková et al. in Rokyta et al., 2015)

Kalcitonin se tvoří v parafolikulárních buňkách štítné žlázy při zvýšené koncentraci vápníku. Hlavním úkolem je snižování hladiny vápníku v krvi a snižování počtu osteoklastů (Marešová in Kittnar et al., 2011). Inhibuje kostní resorpci a napomáhá ukládání vápníku do kostí a to zejména v těhotenství, aby byla chráněna kostní tkáň matky před vysokými nároky plodu, při laktaci zvyšuje přechod vápníku do mléka a tlumí stresovou odpověď organismu (Bernášková et al. in Rokyta et al., 2015).

Parathormon je tvořen v příštítných těliscích při snížené kalcemii. Umožňuje rychlé uvolnění vápníku a fosfátu z kostí do extracelulární tekutiny, zároveň zvyšuje zpětné vstřebávání vápníku v distálním tubulu nefronu a podporuje přeměnu neaktivního metabolitu vitamínu D na aktivní a tím nepřímo podporuje vstřebávání vápníku ze střeva (Marešová in Kittnar et al., 2011).

Kalcitriol vzniká postupnou metabolickou přeměnou 7-dehydrocholesterolu, který je uložen v kůži. Vlivem UV záření vzniká provitamin D₃ (cholecalciferol), který je transportován do jater. Potravou, převážně ze zeleniny a ryb, přijímáme vitamin D₂ (ergocalciferol). V játrech se metabolizuje na málo aktivní 25-OH-kalciferol a ten se v ledvinách za přítomnosti parathormonu mění na velmi aktivní kalcitriol (1,25-dihydroxykalciferol) (Marešová in Kittnar et al., 2011). Kalcitriol zvyšuje hladinu vápníku v krvi, zintenzivňuje a doplňuje účinky parathormonu, zvyšuje vstřebávání vápníku a fosfátů ve střevě, zvyšuje ukládání vápníku do nově vytvořených kostí, usnadňuje vstřebávání vápníku z odbourávaných kostí a u dětí podporuje růst kostí (Bernášková et al. in Rokyta et al., 2015).

1.2 Změna kvality a množství kostní tkáně v průběhu ontogeneze

Velmi důležitá je úloha kostní tkáně v metabolických procesech, které probíhají již od období dětství. Metabolická aktivita kosti má dopad i na další procesy v těle. Patří mezi ně udržování dynamické rovnováhy minerálních látek a stálosti vnitřního prostředí, trvalá přestavba kosti a remodelace kostní tkáně. Růst a produkce kostní tkáně probíhá převážně v dětském období a dospívání. Kosti rostou do délky i do šířky, zvyšují obsah organických a minerálních látek a také si zajišťují dostatečnou pružnost a pevnost (Palička in Bureš et al., 2014).

Množství kostní hmoty roste i po skončení tělesného růstu. Maxima kostní hmoty je dosaženo průměrně mezi 25. a 30. rokem života. Věk dosažení jejího maxima je do určité míry dán i geneticky a může být ovlivněn výživou, fyzickou aktivitou a

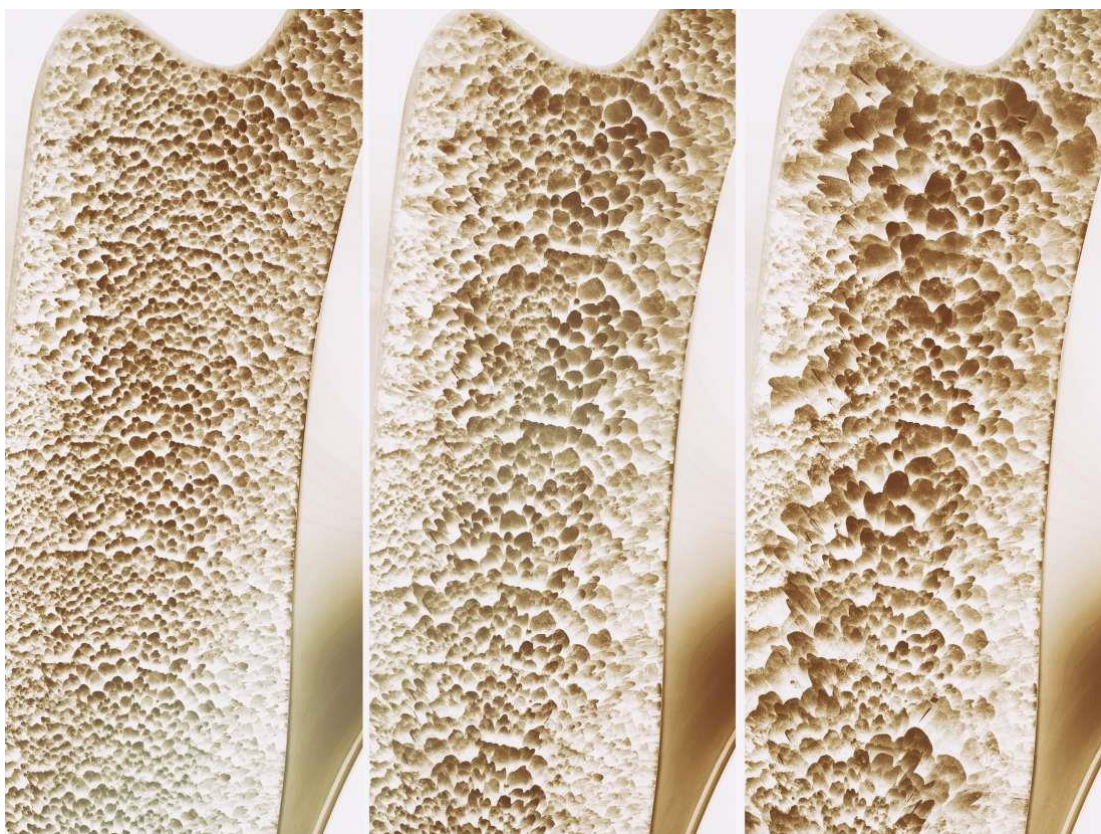
hormonálními vlivy (Češka & Štulc in Češka et al., 2010). V dospělosti probíhá remodelace kostní tkáně. Dochází tedy k neustálé resorpci a odbourávání staré tkáně a vytváření nové kostní tkáně. V mládí je míra obou procesů vyrovnaná, ale později již začíná mírně převažovat resorpce kostní hmoty (Palička in Bureš et al., 2014). Po 30. roce života začíná ubývat kostní hmota o 0,3–0,5 % ročně. U mužů probíhá pokles kostní hmoty až do pozdního věku stabilní rychlostí. U žen se po menopauze rychlost ztráty kostní hmoty zvyšuje až na 2 % ročně. Toto přechodné období trvá 8–10 let a ženy za tuto dobu ztratí 10–15 % kostní hmoty. Převládá úbytek trámčité kosti, jejíž množství se sníží o 25–30 %. Poté je další úbytek kostní hmoty pomalejší a přibližně stejný jako u mužů (Češka & Štulc in Češka et al., 2010).

Osteoporóza se nejčastěji rozvíjí v případě, kdy převládá osteoresorpce nad tvorbou nové kostní hmoty, nebo když je dosažené životní maximum hustoty kostní hmoty příliš nízké. Nerovnováha mezi osteoresorpcí a kostní novotvorbou může vzniknout zvýšením kostní resorpce, útlumem kostní novotvorby, eventuálně jejich kombinací (Češka & Štulc in Češka et al., 2010).

1.2.1 Osteoporóza a její diagnostika

Osteoporóza je systémové metabolické onemocnění kostry charakterizované nízkou kostní hmotou, které snižuje mechanickou odolnost kosti a následnému zvýšenému riziku fraktury (Živný & Fait in Kalvach et al., 2004). Mechanická odolnost kosti závisí na množství a kvalitě kostní hmoty (Rešlová in Rob, Martan, Citterbart et al., 2008). Srovnání zdravé kosti a kosti postižené osteoporózou je patrné na obrázku 5.

Počet nových případů ve vyspělých zemích každoročně stoupá. V České republice trpí osteoporózou 6–7 % obyvatelstva, což je přibližně 600 000 osob (Štěpán, 2005). Osteoporóza je velmi časté a závažné onemocnění především u žen po menopauze a u mužů a žen vyššího věku. Řadí se mezi civilizační a velmi závažné onemocnění. Rozvíjí se zpravidla mnoho let bez subjektivních či charakteristických příznaků (Palička in Bureš et al., 2014).



Obrázek 5: Zdravá a osteoporózou oslabená kost

(Zdroj: MacGill, 2018)

Dle WHO (2003) je diagnostika osteoporózy založená na porovnání naměřené kostní denzity (BMD; bone mineral density) s průměrnou hodnotou dospělé populace stejného pohlaví i etnické příslušnosti. Pomocí kostní denzitometrie metodou DXA (dual-energy X-ray absorptiometry) je zjištěno množství kostní hmoty a stanoveno BMD. Výsledky měření se uvádějí v gramech kostní hmoty na jednotku plochy (g/cm^2) jako T-skóre, což představuje počet směrodatných odchylek (SD) od průměrné hodnoty BMD u mladších zdravých dospělých (Češka & Štulc in Češka et al., 2010). Podle T-skóre rozlišujeme:

1. **Normální BMD** je definováno jako T-skóre v rozmezí $+2,5$ až -1 SD.
2. **Osteopenie** je definována jako T-skóre v rozmezí -1 až $-2,5$ SD.
3. **Osteoporóza** je definována jako T-skóre nižší než $-2,5$ SD.

Pro pacienty s T-skóre nižším než $-2,5$ SD a s již prodělanou zlomeninou v důsledku zvýšené lomivosti kostí je definována čtvrtá kategorie – tzv. těžká osteoporóza (Vyskočil, 2009).

Osteoporóza může postihnout buď celý skelet, v tom případě se jedná o generalizovanou formu, nebo jen určité ohraničené oblasti kosti, v takovém případě hovoříme o lokalizované formě osteoporózy. Kosti skeletu při generalizované formě osteoporózy nejsou postiženy rovnoměrně (Vyskočil, 2009). Generalizovaná forma se dále dělí na primární a sekundární osteoporózu. Primární osteoporóza vzniká nejčastěji jako projev vystupňovaných změn fyziologického stárnutí. Řadíme zde senilní (involuční), postmenopauzální (viz kapitola 1.5.2 Postmenopauzální osteoporóza) a juvenilní idiopatickou osteoporózu, jejíž příčina není známá. Sekundární osteoporóza vzniká jako projev jiného základního onemocnění, které vede k úbytku kostní hmoty. Mezi nejčastější příčiny sekundární osteoporózy patří endokrinní onemocnění (Cushingův syndrom, hypogonadismus, tyreotoxikóza, primární paratyreóza, diabetes mellitus 1. typu), gastrointestinální onemocnění (malabsorpční syndrom, chronické jaterní choroby, nespecifické střevní záněty), ostatní onemocnění (chronická renální insuficience, mnohočetný myelom, některé další malignity, dlouhodobá imobilizace, chronická zánětlivá onemocnění – zvláště revmatologická) a užívání některých léků (glukokortikoidy, supresní léčba hormonu štítné žlázy, antikoagulační léčba) (Češka & Štulc in Češka et al., 2010).

Životní styl a mnoho onemocnění je spojen s určitým rizikem vzniku osteoporózy. Rizikové faktory osteoporózy lze rozdělit na nezávislé a závislé na kostní denzitě (viz tabulka 2) (Broulík, 2009).

Tabulka 2: Rizikové faktory pro osteoporózu

Faktory nezávislé na kostní denzitě	Faktory závislé na kostní denzitě
věk	neléčený hypogonadismus
předchozí zlomenina	malabsorpce
anamnéza zlomeniny krčku femuru v rodině	endokrinní onemocnění
podávání glukokortikoidů	chronické ledvinné onemocnění
kouření	chronické jaterní onemocnění
alkoholismus	chronická obstrukční plicní nemoc
revmatoidní artritida	nehybnost
BMI nižší než 19	inhibitory aromatázy
pády	

(Zdroj: upraveno dle Broulík, 2009)

Prevence je v případě osteoporózy velmi důležitá. Je jednodušší zabránit zvýšenému úbytku kostní hmoty, než zajistit přírůstek při již rozvinuté osteoporóze. Důležité je dosažení co největší kostní hmoty ve středním a vyšším věku. Preventivní opatření jsou především:

- dostatečný příjem vitamínu D, vápníku a kvalitních bílkovin.
- dostatečná pohybová aktivita v mladém věku přispívá k dosažení vyššího maxima kostní hmoty a snižuje rychlost úbytku v pozdějším věku.
- udržování zdravé tělesné hmotnosti v průběhu celého života.
- nekuřáctví.
- včasná diagnostika a léčba příčin sekundární osteoporózy (Češka & Štulc in Češka et al., 2010).

Léčba osteoporózy má za cíl udržet případně zlepšit kvalitu množství kostní hmoty a snížit tedy riziko fraktury kosti. Při léčbě osteoporózy se využívá nefarmakologická léčba a farmakoterapie (viz tabulka 3). Pro léčbu projevů a komplikací se využívají analgetika, fyzikální léčba či rehabilitace.

Dostatečný přísun vápníku a vitamínu D společně s nefarmakologickými opatřeními je důležitý u všech osob. Pro pacienty s osteoporózou se jedná o součást léčby, u všech ostatních osob se jedná o prevenci rozvoje tohoto onemocnění.

Tabulka 3: Léčebné postupy užívané v terapii osteoporózy

Nefarmakologická léčba	Farmakoterapie
prevence pádů a dalších mechanismů vzniku fraktur	antikatabolické léky
<ul style="list-style-type: none"> • odstranění zevních příčin pádů • zlepšení pohyblivosti a kondice • omezení nevhodných léků • vyloučení nadměrné zátěže 	<ul style="list-style-type: none"> • bisfosfonáty • denosumab • hormonální substituce
suplementace vápníkem a vitamínem D	osteobolické léky
přiměřená fyzická aktivita zatěžující skelet	<ul style="list-style-type: none"> • parathormon
nekuřáctví	léky se smíšeným účinkem
	<ul style="list-style-type: none"> • stroncium ranelát

(Zdroj: upraveno dle Češka & Štulc in Češka et al., 2010)

Základem nefarmakologické léčby je předcházení pádů, vyvážená strava s vysokým množstvím vápníku a vitamínu D, nekuřáctví a pravidelná fyzická aktivita. Pro snížení rizika vzniku zlomenin je vhodné udržovat dostatečnou fyzickou zdatnost, vyvarovat se zvedání těžkých břemen, odstranit ze svého okolí nebezpečné předměty, které by mohly způsobit pád, používat vyhovující obuv a pomůcky usnadňující pohyb. Pacientům s osteoporózou je doporučeno přijímat denně 1,5 g vápníku a 400–800 IU vitamínu D. Velmi často není obyčejnou stravou těchto hodnot dosahováno a také je obtížné odhadnout denní příjem těchto látek. Avšak celkový příjem vápníku do 2,5 g a vitamínu D do 2 000 IU denně se považuje za zdravotně nezávadný. Proto se pacientům s osteoporózou doporučuje podávání 1 g vápníku a 800 IU vitamínu D denně. Fyzická aktivita zvyšuje nejen kostní novotvorbu a tím množství kostní hmoty, ale také zlepšuje fyzickou zdatnost, která snižuje nebezpečí pádu. Vhodný je běh, chůze, gymnastika, jóga a rehabilitační cvičení orientované na zlepšení koordinace a rovnováhy (Češka & Štulc in Češka et al., 2010).

Farmakoterapie využívá více skupin léků. Antikatabolické léky potlačují aktivitu osteoklastů, tlumí kostní remodelaci a tím zpomalují, až zastavují zvýšený úbytek kostní hmoty. Nejsou však schopny výrazně zvýšit množství kostní hmoty. Antikatabolické účinky mají bisfosfonáty, denosumab a hormonální substituční léčba estrogeny (Švihovec et al., 2018). Osteoanabolické léky stimulují kostní novotvorbu a mezi ně se řadí parathormon. Účinky obou skupin má organická sůl stroncium renelát (Češka & Štulc in Češka et al., 2010).

1.3 Tělesné složení

Složení lidského těla se v průběhu života fyziologicky mění. Probíhají změny, které ovlivňují homeostázu a metabolismus. V průběhu stárnutí dochází ke snižování tukuprosté hmoty těla (FFM; fat-free mass), poklesu hmotnosti svalstva (LBM; lean body mass), úbytku kostní denzity (BMD; bone mineral density) a obsahu vody v těle (TBW; total body water). Zároveň se zvyšuje celkový podíl tukové tkáně (BFM; body fat mass) (Zadák in Kalvach et al., 2004). Optimální tělesné složení zdravých dospělých jedinců je uvedeno v tabulce 4. Podle mnoha studií tělesná hmotnost souvisí s osteoporózou. Nízká tělesná hmotnost a tím menší množství svalové hmoty méně stimuluje kostní hmotu. Zároveň ženy s nižším množstvím tělesného tuku produkují méně estrogenu, který se podílí na metabolismu kostí (viz kapitola 2.5.2

Postmenopauzální osteoporóza). Na druhou stranu, obezita s sebou přináší i jiná zdravotní rizika. Je proto vhodné dosáhnout optimálního poměru celkové tělesné hmotnosti a výšky těla (Vyskočil, 2009).

Tabulka 4: Optimální složení lidského těla u zdravých dospělých jedinců

základní složky	muži (%)	ženy (%)
voda	62,4	56,5
minerální látky	5,8	5,3
proteiny	16,5	15,2
tělesný tuk	15,3	23,0
celkem	100	100

(Zdroj: upraveno dle Černý, 2017)

1.3.1 Svalová hmota

Podíl kosterního svalstva (SMM; skeletal muscle mass) na celkové hmotě těla se u dospělých v období 20 až 30 let pohybuje okolo 30 % (Zadák in Kalvach et al., 2004). Po 40. roce člověk ztrácí přibližně 5 % svalové hmoty za deset let. V pozdějším věku se rychlost úbytku svalové hmoty zvyšuje. Svaly se postupně nahrazují tukovou tkání (Bernášková in Rokyta et al., 2016). Kolem 80. roku se pohybuje podíl svalstva pouze okolo 15 %. Úbytek svalové hmoty má za následek celkové snížení množství proteinů v těle, které jsou důležité například pro správný průběh zotavování při nemoci (Zadák in Kalvach et al., 2004).

1.3.2 Celková tělesná voda

Největší část lidského těla tvoří voda. Její množství se od narození postupně snižuje. Obsah vody v těle kojence se pohybuje okolo 85 %, u dítěte okolo 75 %, dospělý muž mívá 63 % a dospělá žena 53 %. Obézní lidé mají pouze 45 % vody. Rozložení vody v těle se značně liší. Zatímco svaly jsou tvořeny až ze 75 % vodou, kůže ze 72 %, tak kosti obsahují 22 % vody a tuková tkáň pouze 10 % (Rokyta, 2016).

Voda se v lidském těle vyskytuje ve dvou prostorech. V intracelulárním prostoru (ICW; intracellular water) je u mužů uloženo 66 % tělesné vody, což představuje 40 % tělesné hmotnosti. Extracelulární prostor (ECW; extracellular water) obsahuje 33 % celkové tělesné vody a tvoří tak 20 % celkové tělesné hmotnosti. Ženy mají odlišný poměr intracelulární a extracelulární tekutiny. Intracelulární tekutina u žen tvoří 32 %

tělesné hmotnosti a extracelulární tekutina tvoří 21 % tělesné hmotnosti. Rozdíl v obsahu tělesné vody u mužů a žen je zapříčiněn tukovou tkání, jelikož ženy mají obvykle vyšší procento tělesného tuku. Tuková tkáň je uložena v oblasti prsou a v okolí ledvin (Rokyta, 2016).

1.3.3 Tuková tkáň

Nejproměnlivější složkou hmotnosti lidského těla je tuk. Množství tuku v těle se dá relativně dobře ovlivnit správnými stravovacími návyky a pravidelným pohybem. Nadbytek i nedostatek tuku může zapříčinit vznik mnoha onemocnění (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006). Nadměrným množstvím tuku v organismu je definována obezita. Podle uložení tukové tkáně pak rozlišujeme androidní a gynoidní typ obezity. Androidní obezita je typická u mužů a převažuje abdominální (viscerální) tuk ukládající se mezi vnitřní orgány. Gynoidní obezita se častěji objevuje u žen a podkožní tuk se ukládá do oblastí boků, hýždí a stehen (Češka & Štulc in Češka et al., 2010). Muži obvykle mívají nižší podíl tuku v těle. V období do 17 let se průměrné množství tuku u obou pohlaví pohybuje do 30 %. U mužů ve věku 18–34 let je průměrné množství tuku 13 %, ve věku 35–55 bývá 18 % a nad 55 let mívají muži 16 % tělesného tuku. Ženy ve věku 18–34 let mívají průměrně 28 %, ve věku 35–55 mívají 32 % a nad 55 let 30 % tělesného tuku (Riegerová et al., 2006).

Mnoho autorů uvádí pozitivní vliv tukové hmoty na kostní tkáň, zejména proto, že se u postmenopauzálních žen podílí na celkové tělesné hmotnosti a ta ovlivňuje přeměnu a hustotu kostní tkáně a dále proto, že existuje spojitost s tukovou hmotou a tvorbou hormonů ovlivňující metabolismus kostí (Reid, 2008). Těžká obezita dokonce může oslabit vliv menopauzy na kostní hmotu a remodelace kostí (Crivelli, Chain & Bezerra, 2019).

1.3.4 Hodnocení tělesného složení

Základním ukazatelem o optimální hmotnosti vyšetřovaného je hmotnostně-výškový index, body mass index (BMI). Výpočet je dán vzorcem:

$$BMI = \frac{\text{tělesná hmotnost [kg]}}{\text{tělesná výška}^2 \text{ [m]}}$$

BMI podává mnohdy nespolehlivou informaci při posuzování ideální hmotnosti, protože neumožňuje posouzení změn v zastoupení jednotlivých složek těla, především množství tělesného tuku a svalové hmoty. Používá se spíše u obézních osob než u běžné

populace (Vilikus et al., 2004). Přiřazení kategorií a možných zdravotních rizik k intervalům BMI je patrné v tabulce 5.

Tabulka 5: Klasifikace obezity dle BMI a zdravotních rizik

rozsah BMI (kg/m ²)	kategorie	zdravotní rizika
<18,4	podváha	lehce zvýšená
18,5–24,9	normální (zdravá) váha	minimální
25,0–26,9	nadváha	nízká
27,0–29,9	nadváha	lehce zvýšená
30,0–34,9	obezita I. stupně	vysoká
35,0–39,9	obezita II. stupně	vysoká
> 40	obezita III. stupně	velmi vysoká

(Zdroj: upraveno dle Češka & Štulc in Češka et al., 2010)

Nejpoužívanějším modelem v klinické praxi je dvoukomponentový model. Tělo je složeno ze dvou základních částí – z tuku a tukuprosté hmoty. Pomocí biofyzikálních či biochemických metod lze zjistit celkový podíl tělesného tuku a tukuprosté hmoty, která se určuje jako rozdíl mezi tělesnou hmotností a hmotností tělesného tuku. Tukuprostou hmotu tvoří z 60 % svalstvo, z 25 % vazivové a opěrné tkáně a z 15 % vnitřní orgány. Poměr jednotlivých složek je proměnlivý v závislosti na věku, pohybu a dalších faktorech. Muži ve věku 35-44 let mívají nejvyšší hodnoty FFM, ženy pak v období mezi 45. a 54. rokem. Po odečtení kostní hmoty od FFM, získáme LBM, tedy štíhlou tělesnou hmotu (Riegerová et al., 2006).

1.4 Svalová síla

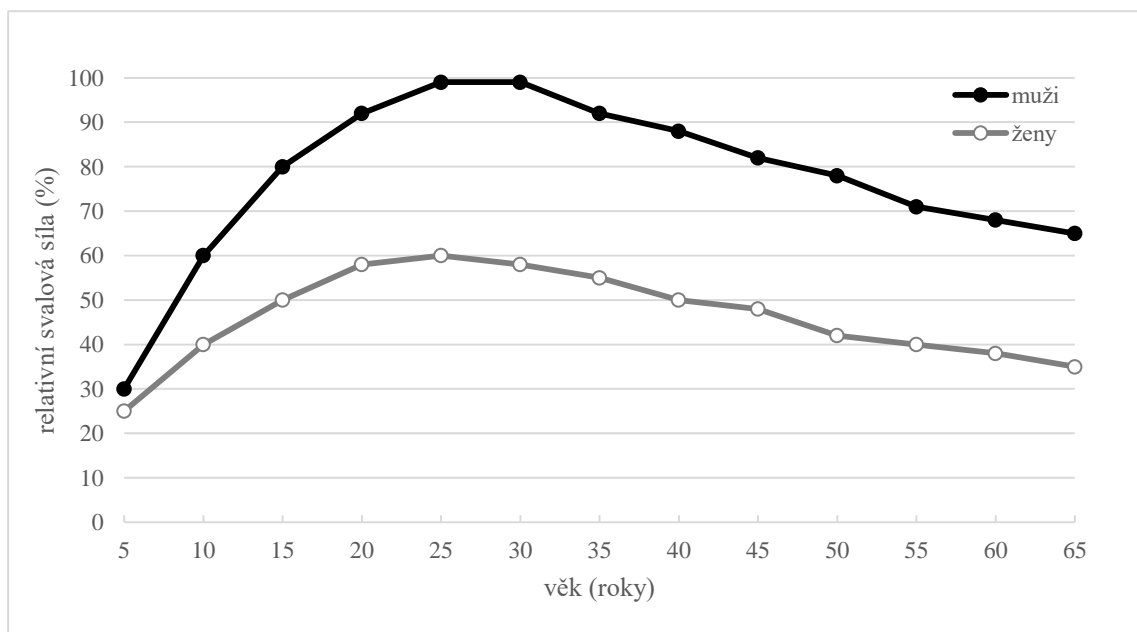
Zdravý člověk je schopen pohybu, a to díky kontraktilitě svalů. V lidském těle existují tři typy svalové tkáně, které se liší stavbou, funkcí a umístěním. Patří sem hladká, kosterní a srdeční svalovina. Základní motorickou složkou pohybového systému je kosterní, příčně pruhovaná svalovina (Dylevský, 2009b).

Při kontrakci se sval zkracuje o 30–40 % délky. Svalová síla je dána několika faktory. Dylevský (2009b) uvádí právě čtyři anatomické faktory:

1. Vyšší počet svalových vláken umožňuje vyvinout větší sílu.

2. Delší sval umožňuje obvykle vyvinout větší sílu
3. Svalová síla je závislá na počtu aktivovaných motorických jednotek.
4. Svalová síla je největší při maximálním protažení svalu.

Vrchol svalové síly nastává u mužů i žen mezi 20. a 30. rokem, což je patrné na obrázku 6, pak nastává postupný pokles (Vilikus et al., 2004). V průběhu stárnutí dochází k postupným změnám motoriky, kardiorespirační výkonnosti i svalové síly. Do 60 let věku klesne o 15–20 %. Pokles svalové síly je individuální, ale je jisté, že rychlost poklesu postupně narůstá. Snížení svalové síly se může projevit při rychlé chůzi do schodů, při běhu nebo zvedání těžkých břemen. Jako příčiny snížení svalové síly se uvádí úbytek svalové hmoty, pokles koordinace pohybů, rychlost svalové kontrakce a zvýšení fyzické nečinnosti (Máček in Kalvach et al., 2004).



Obrázek 6: Změny svalové síly v souvislosti s věkem

(Zdroj: upraveno dle Vilikus et al., 2004)

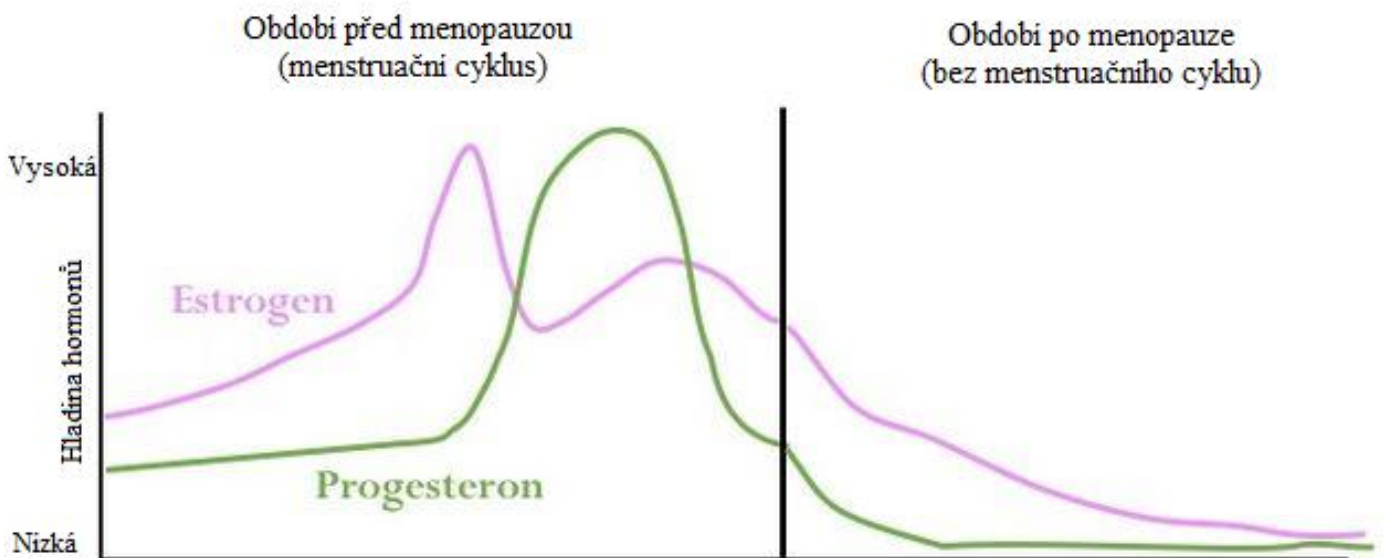
1.5 Klimakterium a postmenopauza

Již od 35. roku lze u žen laboratorními testy zaznamenat první snižování funkce ovarií (Čepický in Roztočil et al., 2011). Postupně dochází ke změnám jako nepravidelná menstruace, snížení fertility, urogenitální, vazomotorické či psychické symptomy (Rešlová in Rob, Martan, Citterbart et al., 2008). Široká veřejnost používá velmi často nepřesně pojmy, které se váží k této etapě života ženy. Klimakterium je

období prvních příznaků klesající funkce ovarií po nástup postmenopauzy. Menopauza je období jednoho roku po poslední menstruaci. Postmenopauza je období po menopauze, které tedy začíná rok po poslední menstruaci. (Čepický in Roztočil et al., 2011).

1.5.1 Charakteristika ovariálního stárnutí

Menopauzou se ukončuje reprodukční schopnost ženy a také endokrinní funkčnost ovarií. Postupně se snižuje hladina progesteronu i estrogenů, což je patrné na obrázku 7. V praxi je hlavním ukazatelem klesající funkce ovarií zvýšená hodnota folikulostimulačního hormonu se stále probíhající ovulací. Dále dochází k nedostatečné funkci žlutého tělíska (neboli luteální insuficience) a následně se zcela vytratí ovulace. Menstruační cyklus se stává nepravidelný a intervaly se prodlužují až k úplnému vymizení menstruace (Čepický in Roztočil et al., 2011).



Obrázek 7: Vývoj množství hormonů v průběhu ontogeneze

(Zdroj: upraveno dle Koebele, 2018)

V období právě kolem menopauzy mohou nastávat i další životní změny. Může se jednat o odchod dospělých dětí z domova nebo nemoc a stáří partnera. Některé ženy tak mohou připisovat menopauze i další negativní změny v životě, které s ní ovšem nesouvisejí (Čepický in Roztočil et al., 2011). Nedostatek estrogenů má za následek mnoho symptomů, které se následně řadí do dvou skupin (Živný & Fait in Kalvach et al., 2004).

Vegetativní klimakterický syndrom zahrnuje vazomotorické a psychické příznaky, které mohou bez léčby trvat i několik let. Patří mezi ně návaly horka, nespavost, noční pocení, zvýšená únava, podrážděnost, úzkost, změny nálad či zhoršení pleti. Tyto příznaky snižují zejména kvalitu života ženy, avšak neovlivňují délku života. Pro hodnocení závažnosti klimakterického syndromu se u nás používá Kuppermanův index viz tabulka 6 (Živný & Fait in Kalvach et al., 2004). Jedinou opravdu účinnou terapií je estrogenní hormonální substituce. Další nehormonální léčby již nejsou tak účinné (Čepický in Roztočil et al., 2011).

Tabulka 6: Hodnocení závažnosti klimakterického syndromu dle Kuppermanova indexu

Symptom	Index	Míra obtíží: silné	3
návaly horka	4	střední	2
zvýšené pocení	2	lehké	1
poruchy spánku	2	žádné	0
podrážděnost	2	výsledek je součtem násobků:	
deprese	1	index symptomu × míra obtíží	
poruchy soustředění	1	Hodnocení:	
závratě	1	> 35	těžký klimakterický syndrom
bolesti hlavy	1	20-35	střední klimakterický syndrom
bolesti kloubů	1	15-20	lehký klimakterický syndrom
bušení srdce	1		

(Zdroj: upraveno dle Živný & Fait in Kalvach et al., 2004)

Estrogen-deficitní metabolický syndrom zahrnuje organické a metabolické změny. Na rozdíl od předchozího syndromu mohou tyto změny poškodit zdraví a ovlivnit délku života ženy (Živný & Fait in Kalvach et al., 2004). Nedostatek estrogenů způsobuje změny ve tkáních, které jsou vybaveny jejich receptory. V průběhu dvaceti let po menopauze dochází k atrofii vulvy, pochvy, dělohy, močového měchýře, svalstva pánevního dna, prsů, kůže i sliznic. To může mít za následek inkontinenci moči, redukci ochlupení, prořídnutí a ztenčení vlasů nebo suchost v ústech (Čepický in Roztočil et al., 2011). Dále nedostatek estrogenů negativně ovlivňuje metabolismus tuků, inzulinu, funkci endotelu a svaloviny stěny cév, což může být jedním z faktorů vzniku

arteriosklerózy (Živný & Fait in Kalvach et al., 2004). Mezi metabolické změny se řadí také osteoporóza, která bude podrobněji popsána v následující kapitole (1.5.2 Postmenopauzální osteoporóza).

Negativně je také ovlivňována sexualita postmenopauzálních žen, ale ta zejména faktory, které nemají přímý vztah k menopauze. Nepříznivý vliv mají chronická onemocnění, užívání léků snižující libido, chirurgické zákroky, změna fyzického vzhledu nebo již výše zmíněné vazomotorické potíže a atrofie urogenitální oblasti (Rešlová in Rob, Martan, Citterbart et al., 2008).

1.5.2 Postmenopauzální osteoporóza

Osteoporóza je systémové metabolické onemocnění kostry charakterizované nízkou kostní hmotou, které snižuje mechanickou odolnost kosti a následnému zvýšenému riziku fraktury (Živný & Fait in Kalvach et al., 2004). Mechanická odolnost kosti závisí na množství a kvalitě kostní hmoty (Rešlová in Rob, Martan, Citterbart et al., 2008).

V důsledku hormonálních změn po menopauze se u žen rozvíjí postmenopauzální osteoporóza. Patří spolu se senilní osteoporózou mezi primární osteoporózy. Postihuje přibližně jednu čtvrtinu žen ve věku nad 50 let (Češka & Štulc in Češka et al., 2010).

Estrogenové receptory jsou přítomny i v osteoklastech a osteoblastech a mají vliv na proces novotvorby a resorpce kostní hmoty. Po menopauze převažuje kostní resorpce nad novotvorbu a dochází ke ztrátě kostní hmoty. Délka estrogenního deficitu a přítomnost dalších rizikových faktorů (viz tabulka 7) ovlivňují vývoj postmenopauzální osteoporózy, kterou je ohrožena každá třetí žena (Rešlová in Rob, Martan, Citterbart et al., 2008). U starších žen je osteoporóza poměrně časté onemocnění, ale u postmenopauzálních žen se toto onemocnění ještě nebere dostatečně vážně (Dostál & Turková in Pilka, 2017).

Osteoporotické zlomeniny nejčastěji postihují distální *radius*, těla obratlů a proximální *femur*. Fraktury vznikají po minimálním traumatu. Ve věku od 50 do 65 let postihuje zlomenina distálního předloktí 15 % žen. Fraktura obratlů je zjištěna až u 40 % žen starších 70 let. Při opakované zlomenině obratle dochází k deformacím páteře a ke snížení tělesné výšky. Zlomeninou proximálního *femuru* je ohroženo 1,2 % žen starších 80 let. Jedna pětina žen s touto zlomeninou do jednoho roku zemře na

komplikace. Dvě třetiny ostatních žen jsou po zhojení zlomeniny odkázány na trvalou pomoc okolí (Rešlová in Rob, Martan, Citterbart et al., 2008).

Tabulka 7: Rizikové faktory osteoporózy

strava	léky	životní styl	patofyziologické faktory
↓ kalcium	heparin	kouření	věk
↓ vitamin D	antikoluziva	sedavý režim	rasa
↑↑ kofein	thyroxin		↓ estrogenů
↑↑ alkohol	kortikosteroidy		BMI
	SSRI		choroby

(Zdroj: upraveno dle Dostál & Turková in Pilka, 2017)

Demineralizaci kostní hmoty vyvolanou věkem je možné zpomalit pohybem. Jsou doporučeny aktivity, které zatěžují kostru. Důležité je zařazení cvičení flexibility a také silového a vytrvalostního tréninku. Pro ženy s osteoporózou se nedoporučují extrémní a rychlostní sporty (Pastucha, 2011).

Progresivní pokles BMD, svalové hmoty a svalové síly je klíčovým rysem procesu stárnutí. Predisponuje starší jedince ke zdravotním potížím, pádům, zlomeninám a křehkostí, což představuje rostoucí závažnou klinickou i veřejnou zdravotní zátěž (Verschueren et al., 2013).

Předně, v literatuře existuje mnoho neshod o vlivu množství BFM nebo LBM na BMD. Některé studie ukázaly, že množství BFM u postmenopauzálních žen je lepším prediktorem BMD než množství LBM nebo FFM (Gonnelli et al., 2013; Kapuš et al., 2014), ale další studie (Ho-Pham et al., 2014; Ilesanmi-Oyelere et al., 2018) ukazují opačné výsledky.

Existují také protichůdné důkazy o vztahu mezi izokinetickou svalovou silou a BMD (Bayramoglu et al., 2005; Pasco et al., 2015; Rikkonen et al., 2012). Bayramoglu et al. (2005) a Pasco et al. (2015) zjistili jen malou nebo žádnou souvislost mezi výše uvedenými faktory. Kromě toho, studie Bayramoglu et al. (2005) ukázala buď okrajově významný nebo žádný vztah mezi silou úchopu a BMD. Existují však studie, které poukazují na opačné výsledky (Li et al., 2018; Marin et al., 2010).

Další faktory jako věk, BMI, věk od menopauzy (YSM) a pohybová aktivita (PA), také ovlivňují BMD. Autoři (Ravn et al., 1994; Unni et al., 2010) uvádějí, že

YSM je nejsilnějším prediktorem BMD v prvních 10–15 letech po nástupu menopauzy. Podobně, nedostatek estrogenu nebo nedostatek PA u postmenopauzálních žen vede ke snížení svalové síly a snížení BMD (Gába et al., 2012; Zhou et al., 2013), což mění vztah mezi BMD, svalovou silou a tělesným složením (Melton et al., 2006). Nedávná Cochrane studie o účinnosti cvičení u postmenopauzálních žen ukázala relativně malý, ale statisticky významný účinek PA na BMD (Howe et al., 2011). Rovněž Seco et al. (2013) uvádí, že je důležité provádět dlouhodobou PA, která zvýší sílu a flexibilitu a zlepší rovnováhu u starších dospělých osob.

Dramatické změny tělesného složení, včetně zvýšení celkové tělesné a centrální adipozity (v androidní oblasti), snížení podílu gynoidního tuku a významného snížení celkové a regionální BMD, se objevují těsně po menopauze (Fu et al., 2011). Kromě toho, ukládání velkého množství tuku ve špatných oblastech může zvýšit šanci na vznik vážných zdravotních problémů. Uvádí se, že regionální tuková hmota, jako je androidní tuk, je spojena s kardiologicko-metabolickými riziky a poměr androidního a gynoidního tuku (A/G poměr) odrážející akumulaci viscerálního tuku je spojen s inzulinovou rezistencí (Bouchi et al., 2016).

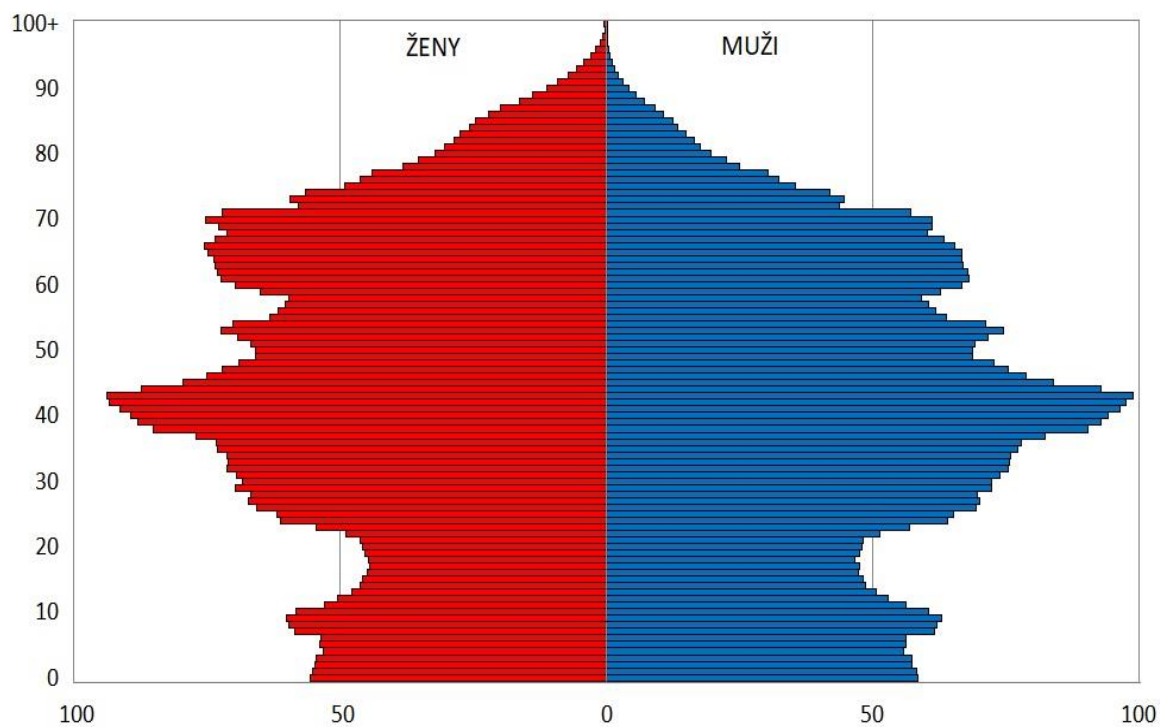
Vzhledem k výše uvedeným neshodám byla tato diplomová práce navržena tak, aby zkoumala asociace mezi tělesným složením, silou kyčelního kloubu, silou úchopu a BMD vybraných tělesných oblastí u žen po menopauze.

1.6 Demografická charakteristika obyvatelstva České republiky

Průměrný věk nástupu menopauzy je 52,5 let. Dřívější nástup menopauzy může zapříčinit kouření, hysterektomie, přítomnost fragilního chromozomu X, autoimunitní poruchy nebo život ve vyšší nadmořské výšce. Dochází tedy k postupnému nárůstu počtu žen, které žijí v postmenopauze (Dostál & Turková in Pilka, 2017).

Struktura obyvatelstva odráží historické události, které se odehrávaly na území dnešní České republiky. Výrazné zářezy v demografické pyramidě jsou způsobeny úbytkem obyvatelstva z důvodu válečných konfliktů nebo hospodářské krize (viz obrázek 8). Obyvatelstvo lze rozdělit do tří kategorií dle věku: do 14 let, 15–65 let a 65 a více let. Počet obyvatel v roce 2018 v předproduktivním věku, tedy do 14 let, byl 1 693 000, počet obyvatel ve věku 15–65 let, tedy v produktivním věku, byl 6 870 000 a počet obyvatel starších 65 let byl 2 087 000. Počet obyvatel starších 65 let se každým rokem zvyšuje. V roce 1993 žilo v České republice 1 343 000 starších 65 let, v roce

2010 to bylo již 1 636 000 obyvatel (ČSÚ, 2019). Naděje dožití se každý rok zvyšuje. Ženy narozené v roce 2017 mají naději dožití 81,8 let a muži narození v tomtéž roce mají naději na dožití 76 let (ČSÚ, 2018).



Obrázek 8: Věkové složení obyvatelstva České republiky k 31. 12. 2017
(Zdroj dat: ČSÚ, 2018)

2 CÍLE A HYPOTÉZY

Hlavním cílem práce je posouzení vlivu svalové síly a vybraných tělesných parametrů na kostní denzitu u postmenopauzálních žen

Teoretická část se zabývá především obecným popisem kosterní a svalové soustavy, jejich funkcemi a onemocněními postihujícími jednotlivé soustavy v pozdějším věku.

Dílními úkoly diplomové práce jsou:

- 1) Posoudit vztah mezi vybranými parametry svalové síly a kostní denzitou proximálního femuru, lumbální oblasti páteře a celotělovou denzitou.
- 2) Posoudit vztah mezi vybranými parametry tělesného složení a kostní denzitou proximálního femuru, lumbální oblasti páteře a celotělovou denzitou.
- 3) Analyzovat rozdíly vybraných charakteristik na základě věkových kategorií.
- 4) Posoudit vliv skrytých proměnných (věk od menopauzy, kouření, tělesná výška, tělesná hmotnost a objem pohybové aktivity) na vztah svalové síly a tělesného složení na kostní denzitu.

Hypotézy:

H1₀: U žen po menopauze neexistuje vztah mezi svalovou silou a kostní denzitou sledovaných oblastí těla.

H1_a: Vyšší hodnoty svalové síly souvisí se statisticky významně vyššími hodnotami kostní denzity sledovaných oblastí těla.

závisle proměnná: kostní denzita

nezávisle proměnná: svalová síla

H2₀: U žen po menopauze neexistuje vztah mezi tělesným složením a kostní denzitou .

H2_a: Vyšší hodnoty vybraných parametrů tělesného složení souvisí se statisticky významně vyššími hodnotami kostní denzity.

závisle proměnná: kostní denzita

nezávisle proměnná: tělesné složení

H3₀: Kouření, tělesná výška, věk od menopauzy či objem pohybové aktivity se nepodílí na asociaci mezi vybranými parametry tělesného složení a kostní denzitou u žen po menopauze.

H3_a: Výše uvedené skryté proměnné se statisticky významně podílí na asociaci mezi vybranými parametry tělesného složení a kostní denzity u žen po menopauze.

závisle proměnná: kostní denzita

nezávisle proměnná: vybrané parametry tělesného složení

skryté proměnné: kouření, tělesná výška, věk od menopauzy, objem pohybové aktivity

H4₀: Kouření, tělesná hmotnost, věk či objem pohybové aktivity se nepodílí na asociaci mezi vybranými parametry svalové síly a kostní denzitou u žen po menopauze.

H4_a: Výše uvedené skryté proměnné se statisticky významně podílí na asociaci mezi vybranými parametry svalové síly a kostní denzity u žen po menopauze.

závisle proměnná: kostní denzita

nezávisle proměnná: vybrané parametry tělesného složení

skryté proměnné: kouření, tělesná hmotnost, věk od menopauzy, objem pohybové aktivity

3 METODIKA VÝZKUMU

3.1 Předměty a metody

Analýza vybraných parametrů tělesného složení, izokinetických parametrů a BMD byla provedeno u 58 žen po menopauze ve věku 50–74 let. Výzkumu se zúčastnily ženy, které pravidelně navštěvovaly vzdělávací programy na Univerzitě třetího věku Univerzity Palackého v Olomouci. Hlavními kritérii pro vyloučení z výzkumu byly: (1) revmatické, ortopedické nebo srdeční onemocnění, (2) hormonální substituční terapie, (3) užívání léků výrazně ovlivňující kostní metabolismus (např. kortikosteroidy) v posledních dvou letech, (4) oboustranná ovariectomie a (5) kovové implantáty vložené do těla během chirurgického zákroku. Navíc byly z této studie vyloučeny ženy, které v posledních 12 měsících prošly denzitometrickým vyšetřením. Ženy podílející se na výzkumu byly z velké části nekuřačky ($n = 38$) a převážně aktivní ($n = 54$).

Etické schválení studie bylo získáno v souladu s místními institucionálními požadavky. Všechny účastnice před samotným procesem podepsaly Informovaný souhlas s účastí na výzkumu. Výzkum byl proveden v roce 2012 na specializované klinice za účasti odborně vyškolených pracovníků a radiologického asistenta.

3.2 Hodnocení kostní tkáně a tělesného složení

Oblast bederní páteře (L_1 – L_4), proximální části levého *femuru* a celotělová denzita byly měřeny pomocí zařízení DXA Lunar Prodigy Primo™ (GE Healthcare, Spojené království) s programem Encore™ verze 12.20.023. Dle doporučení WHO je pro diagnostiku osteopenie a osteoporózy využíváno T-skóre (Kanis, 1994). Přístroj byl pravidelně kalibrován před každým diagnostickým blokem pomocí Lunar phantomu. DXA měří BMD bederní páteře, femorálního krčku a proximálního *femuru* s přesností (koeficient variace) 1,9 %, 2,3 % a 1,7 % (Rajamanohara et al., 2011). Přesnost měření LBM, BFM a tuku *in vivo* je ~ 1,0 %, 0,8 % a 2,7 % (Toombs et al., 2012). Distribuce tuku byla stanovena poměrem androidní ke gynoidní hmotnosti tuku (kg) (poměr androidního tuku v pase a gynoidního tuku v oblasti boků).

3.3 Stanovení izokinetické síly

Měření svalové síly dominantní končetiny předcházelo pětiminutové zahřátí na ergometru (cyklistický trenažér). Unilaterální koncentrická síla flexorů a extenzorů kyčle byla změřena za použití izokinetického dynamometru IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany). Zúčastněné ženy byly testovány v leže s rukama na držadlech podél lehátka. Byly fixovány v oblasti pánve a osa otáčení dynamometru byla shodná s osou kyčle (*trochanter major*).

Rozsah pohybu byl 70° a byl měřen při úhlové rychlosti 60°/s (Dvir, 2004; Brown, 2000). Několik sérií bylo provedeno pro bližší seznámení s mechanismem pohybu. Po krátké pauze bylo s maximálním úsilím prováděno vlastní měření (6 opakování).

Pro měření svalové síly dominantní ruky byly provedeny tři pokusy s maximálním úsilím pomocí ručního dynamometru. Pro statistickou analýzu byl použit průměr z 3 provedených měření. Síla stisku byla měřena pomocí Jamar analogového ručního dynamometru. Loket sedících účastnic pro testování byl podél těla a ohnutý do pravého úhlu, zápěstí v neutrální poloze, rukojeť dynamometru ve standardní poloze. Tato pozice, následovaná výpočtem průměru tří zkoušek síly úchopu pro každou ruku, je označována jako spolehlivá (Mac Dermin, 2015).

3.4 Pohybová aktivita

K určení denního objemu PA byla její hladina monitorována po dobu sedmi po sobě jdoucích dnů použitím akcelerometru ActiGraph model GT1M (ActiGraph; LLC, Pensacola, FL, USA), který zaznamenává vertikální zrychlení v jednotkách countů. Před testováním byl každý akcelerometr kalibrován podle doporučení výrobce. Byl využit software výrobce (ActiLife verze 5.8) s nastaveným časovým intervalem 60 s a zároveň byl aktivován krokový režim. Každý akcelerometr byl bezpečně umístěn v blízkosti pravého hřebene lopaty kyčelní kosti. Účastnice byly instruovány, aby nosily akcelerometr během celého dne, a sundávaly jej při vodních aktivitách a před spaním. Aktivita účastnic byla považována za sedavou ($n = 4$) v případě, že nashromáždily méně než 5 000 kroků za den (Tudor-Locke & Bassett, 2004).

3.5 Statistická analýza

Popisná statistika výsledků je prezentována pomocí průměru, směrodatné odchylky a 95% interval spolehlivosti, pokud není uvedeno jinak. Všechny proměnné měly normální rozložení dat podle Shapiro-Wilkova testu. Vzhledem ke splnění požadavku normálního rozdělení dat, byly difference mezi jednotlivými subsoubory hodnoceny pomocí jednofaktorové analýzy variace (ANOVA), pro vícenásobné porovnání byl použit Fisherův LSD post-hoc test. Statistická významnost byla stanovena pro $p < 0,05$. Pearsonův korelační koeficient (r) byl použit pro určení vztahu mezi závislými proměnnými (BMD) a nezávislými proměnnými (svalová síla, tělesné složení).

Rovněž jsme zkoumali asociace izokinetické síly a tělesného složení a BMD za použití vícenásobné lineární regresní analýzy, která byla adjustována pro případné skryté proměnné. Model 1 představuje zkoumaný (neupravený) model, který nezohledňuje možný vliv skrytých proměnných závislých na svalové síle nebo tělesném složení. Model 2 byl adjustován pro model 1 a YSM, kouření a tělesnou výšku nebo tělesnou hmotnost. Model 3 byl upraven pro model 2 a počet kroků za den pro určení, zda jsou asociace mezi BMD a prediktory (tělesné složení a svalová síla) nezávislé na objemu PA.

Pro analýzu dat byl použit software Statistica verze 13.4 (TIBCO Software Inc.).

4 VÝSLEDKY

Tabulka 8: Popisná statistika (n = 58)

	\bar{x}	s	95% CI	
Základní charakteristika				
Věk (roky)	62,1	4,8	60,8	až 63,3
Věk menopauzy (roky)	51,3	3,5	50,4	až 52,3
Věk od menopauzy (YSM)	10,7	6,2	9,1	až 12,4
Tělesná výška (cm)	162,3	5,7	160,8	až 163,8
Složení těla				
Tělesná hmotnost (kg)	68,9	10,7	66,0	až 71,7
BMI (kg/m ²)	26,1	4,0	25,1	až 27,2
BFM (kg)	25,5	9,0	23,1	až 27,8
BFM (%)	36,0	8,1	33,9	až 38,2
LBM (kg)	41,1	4,0	40,0	až 42,1
LBM (%)	60,6	7,9	58,5	až 62,7
A/G poměr	0,5	0,2	0,5	až 0,6
T-skóre				
Krček femuru	-1,24	0,80	-1,45	až -1,03
Wardův trojúhelník	-1,76	0,96	-2,01	až -1,51
Proximální femur	-0,72	0,96	-0,97	až -0,47
L ₁ -L ₄	-1,08	1,23	-1,41	až -0,75
Celotělové	-0,20	1,13	-0,50	až 0,10
BMD (g/cm²)				
Krček femuru	0,86	0,11	0,84	až 0,89
Wardův trojúhelník	0,68	0,13	0,65	až 0,71
Proximální femur	0,92	0,12	0,89	až 0,95
L ₁ -L ₄	1,05	0,15	1,01	až 1,09
Celotělové	1,11	0,09	1,09	až 1,13
Svalová síla (dominantní končetiny)				
Flexe PT (Nm)	72,2	18,9	67,3	až 77,2
Extenze PT (Nm)	125,6	42,8	114,3	až 136,8
Síla stisku (kg)	21,9	4,0	20,8	až 22,9
Pohybová aktivita				
Počet kroků za den	10 149	3338	9 246	až 11 051

CI interval spolehlivosti, BMI body mass index, BFM tělesný tuk, LBM štíhlá tělesná hmota, A/G poměr androidního/gynoidního tuku, BMD kostní denzita, PT vrchol svalové síly, Nm Newtonmetr

Tabulka 8 shrnuje údaje získané od zúčastněných žen (s průměrným věkem 62,1 ± 4,8 let). Průměrný věk od menopauzy (YSM) byl 10,7 ± 6,2 roku a probandky dosahovaly průměrné tělesné hmotnosti 68,9 ± 10,7 kg. Podle BMI měly ženy nadváhu, ale procento BFM již ukazovalo obezitu (> 35 %). Ženy starší 70 let vykazovaly nejvyšší hodnoty BMI (29,6 kg/m²). Při posouzení kostní tkáně jsme zjistili osteopenii

ve vybraných parametrech femuru (v krčku femuru a Wardově trojúhelníku), a také v bederní páteři. Podle celkového T-skóre femuru vykazovalo 21 žen (36 % žen souboru) osteopenii a 2 (3 % žen souboru) ženy trpěly osteoporózou. V bederní páteři se u 32 žen (55 % žen souboru) vyskytla osteopenie a u 4 žen (7 % žen souboru) osteoporóza.

Dále z tabulky 8 můžeme pozorovat vyšší hodnoty pro extenzi kyčelního kloubu než pro flexi v izokinetické svalové síle dominantní končetiny.

Tabulka 9 přináší analýzu rozdílů mezi jednotlivými decennii u postmenopauzálních žen. Sledujeme statisticky významné snížení ($p < 0.05$) tělesné výšky mezi kategoriemi SUB1 a SUB2. Mezi stejnými kategoriemi pozorujeme signifikantní úbytek ($p < 0,05$) T-skóre u krčku femuru, Wardova trojúhelníku, celotělového T-skóre a signifikantní úbytek ($p < 0,01$) síly stisku ruky. Co se týče PA, registrujeme signifikantní ($p < 0,05$) nárůst počtu kroků za den. Ve všech třech kategoriích jsou ženy dle BMI hodnoceny nadváhou, ale dle procentuálního zastoupení tělesného tuku jako ženy obézní (> 35 %). Mezi kategoriemi SUB2 a SUB3 je zřejmý signifikantní ($p < 0,05$) nárůst BFM a naopak úbytek LBM, který souvisí i s úbytkem svalové síly na různých hladinách statistické významnosti. Rozdíly mezi těmito kategoriemi (SUB2 a SUB3) jsou však pouze orientační vzhledem k četnosti subsouboru SUB3 ($n = 5$).

V tabulce 10 jsou uvedeny neadjustované a adjustované asociace různých BMD s vybranými parametry tělesného složení. Mezi BMD a LBM v neadjustovaném modelu 1 nebyly nalezeny žádné významné asociace ($\beta = -0,23$ až $0,18$; všechny $p > 0,05$), stejně jako v adjustovaných modelech 2 a 3. Naopak byla zjištěna pozitivní asociace mezi BMD celkového femuru a BFM ($\beta = 0,31$; $p = 0,018$; $CI = 0,06$ až $0,57$) u neadjustovaného modelu. Tato asociace zesílila po adjustaci YSM, kouřením a tělesnou výškou ($\beta = 0,35$; $p = 0,014$; $CI = 0,07$ až $0,62$) a byla nezávislá na počtu kroků za den ($\beta = 0,40$; $p = 0,017$; $CI = 0,07$ až $0,73$). Kromě toho existuje zesilující asociace mezi BMD bederní páteře a poměrem A/G v adjustovaném modelu 2 ($\beta = 0,29$; $p = 0,04$; $CI = 0,01$ až $0,56$) a model 3 ($\beta = 0,32$; $p = 0,02$; $CI = 0,04$ až $0,59$) v porovnání s neadjustovaným modelem 1 ($\beta = 0,20$; $p = 0,15$; $CI = -0,07$ až $0,46$).

Tabulka 9: Analýza rozdílu vybraných charakteristik na základě věkového decennia (n = 58)

Proměnné	50–60 let (n = 14) (SUB1)				60–70 let (n = 39) (SUB2)				70–80 let (n = 5) (SUB3)			F	p
	\bar{x}	s	95 % CI		\bar{x}	s	95 % CI		\bar{x}	s	95 % CI		
Věk (roky)	56,0	2,4	(54,6; 57,4)	**	62,9	2,0	(62,2; 63,5)	**	72,4	1,5	(70,5; 74,3)	123,9	< 0,01
Věk od menopauzy (roky)	5,0	3,4	(3,0; 7,0)	**	11,4	5,0	(9,8; 13,1)	**	21,2	4,0	(16,3; 26,1)	24,4	< 0,01
Tělesná výška (cm)	165,6	5,6	(162,4; 168,9)	*	161,7	5,4	(159,9; 163,4)		158,1	3,99	(153,1; 163,0)	4,6	0,01
Tělesné složení													
Tělesná hmotnost (kg)	69,8	9,1	(64,5; 75,1)		67,8	11,2	(64,2; 71,4)		74,3	11,8	(59,6; 89,0)	0,9	0,43
BMI (kg/m ²)	25,4	3,2	(23,6; 27,3)		26,0	4,1	(24,6; 27,3)		29,6	3,8	(25,0; 34,3)	2,3	0,11
BFM (kg)	25,0	8,0	(20,4; 29,7)		24,6	9,0	(21,7; 27,6)	*	33,1	8,9	(22,0; 44,1)	2,0	0,14
BFM (%)	35,3	8,5	(30,4; 40,2)		35,2	7,9	(32,7; 37,8)	*	43,9	5,8	(36,7; 51,2)	2,7	0,07
LBM (kg)	42,3	5,3	(39,2; 45,3)		41,0	3,3	(39,8; 42,0)		39,0	3,9	(34,2; 43,8)	1,4	0,26
LBM (%)	61,1	8,3	(56,3; 65,9)		61,4	7,6	(59,0; 63,8)	*	53,1	5,9	(45,8; 60,4)	2,6	0,82
A/G poměr	0,9	0,2	(0,8; 1,0)		1,0	0,3	(0,9; 1,1)		1,2	0,1	(1,0; 1,3)	2,2	0,12
T-skóre													
Krček femuru	-0,8	1,0	(-1,3; -0,2)	*	-1,4	0,7	(-1,6; -1,2)		-1,3	0,4	(-1,9; -0,8)	3,1	0,05
Wardův trojúhelník	-1,2	1,1	(-1,8; -0,6)	*	-1,9	0,9	(-2,2; -1,6)		-2,0	0,5	(-2,6; -1,3)	2,9	0,06
Proximální femur	-0,4	1,2	(-1,1; 0,3)		-0,8	0,9	(-1,1; -0,6)		-0,6	0,8	(-1,5; 0,4)	1,1	0,33
L ₁ –L ₄	-0,5	1,0	(-1,1; 0,7)		-1,2	1,3	(-1,7; -0,8)		-1,3	0,7	(-2,2; -0,4)	1,8	0,17
Celotělové	0,4	1,0	(-0,2; 0,9)	*	-0,3	1,2	(-0,7; < 0,1)		-0,7	1,0	(-1,9; 0,5)	2,6	0,08
Svalová síla													
Flexe PT (Nm)	78,9	18,1	(68,5; 89,4)		72,6	17,7	(66,9; 78,4)	*	50,6	17,0	(29,5; 71,7)	4,7	0,01
Extenze PT (Nm)	138,8	40,7	(115,3; 162,3)		129,0	37,6	(116,7; 141,1)	**	62,4	39,4	(13,5; 111,3)	7,7	< 0,01
Síla stisku (kg)	25,5	4,4	(23,0; 28,1)	**	21,1	3,0	(20,1; 22,1)	*	17,4	2,4	(14,4; 20,4)	13,6	< 0,01
Pohybová aktivita													
Počet kroků za den	8 466	3 212	(6 611; 10 321)	*	11 028	3 213	(9 941; 12 115)		8 531	2531	(5 388; 11 674)	4,0	0,02

BFM – tělesný tuk, LBM – štíhlá tělesná hmota, PT – vrchol svalové síly,

p* < 0,05; *p* < 0,01

Tabulka 10: Asociace mezi BMD (g/cm²) různých míst a vybraných parametrů (N = 58)

	LBM (kg)			BFM (kg)			A/G poměr		
	β	(95% CI)	<i>p</i>	β	(95% CI)	<i>p</i>	β	(95% CI)	<i>p</i>
BMD Krček femuru (g/cm²)									
Model 1	0,07	(-0,20; 0,34)	0,60	0,20	(-0,06; 0,46)	0,14	-0,01	(-0,28; 0,25)	0,91
Model 2	-0,14	(-0,44; 0,16)	0,35	0,22	(-0,04; 0,49)	0,09	0,08	(-0,18; 0,35)	0,52
Model 3	-0,15	(-0,48; 0,18)	0,36	0,31	(-0,01; 0,62)	0,05	0,10	(-0,18; 0,37)	0,48
BMD Wardův trojúhelník (g/cm²)									
Model 1	-0,06	(-0,32; 0,21)	0,67	0,14	(-0,13; 0,40)	0,30	-0,06	(-0,33; 0,21)	0,66
Model 2	-0,21	(-0,51; 0,09)	0,17	0,18	(-0,09; 0,45)	0,18	0,02	(-0,25; 0,28)	0,90
Model 3	-0,23	(-0,55; 0,10)	0,17	0,16	(-0,10; 0,55)	0,17	0,03	(-0,24; 0,30)	0,83
BMD Proximální femur (g/cm²)									
Model 1	0,05	(-0,22; 0,32)	0,72	0,31	(0,06; 0,57)	0,02	0,14	(-0,12; 0,41)	0,28
Model 2	-0,06	(-0,38; 0,27)	0,73	0,35	(0,07; 0,62)	0,01	0,20	(-0,07; 0,48)	0,14
Model 3	-0,08	(-0,44; 0,27)	0,64	0,40	(0,07; 0,73)	0,02	0,21	(-0,07; 0,50)	0,14
BMD L₁-L₄ (g/cm²)									
Model 1	0,12	(-0,15; 0,39)	0,38	0,13	(-0,14; 0,40)	0,35	0,20	(-0,07; 0,46)	0,15
Model 2	0,07	(-0,27; 0,41)	0,68	0,19	(-0,10; 0,48)	0,19	0,29	(0,01; 0,56)	0,04
Model 3	0,09	(-0,27; 0,46)	0,61	0,14	(-0,20; 0,49)	0,41	0,32	(0,04; 0,59)	0,02
BMD Celotělové (g/cm²)									
Model 1	0,18	(-0,08; 0,44)	0,18	0,17	(-0,09; 0,43)	0,20	0,02	(-0,25; 0,29)	0,88
Model 2	0,07	(-0,24; 0,39)	0,64	0,22	(-0,05; 0,50)	0,11	0,11	(-0,16; 0,39)	0,40
Model 3	0,08	(-0,26; 0,42)	0,64	0,23	(-0,10; 0,56)	0,16	0,13	(-0,15; 0,41)	0,36

Model 1 – neadjustovaný model

Model 2 – upraven pro Model 1 a YSM, kouření a tělesnou výšku

Model 3 – upraven pro Model 2 a počet kroků za den

BFM tělesný tuk, LBM štíhlá tělesná hmota, CI interval spolehlivosti, BMD kostní hmota, A/G poměr androidního/gynoidního tuku

Tabulka 11: Asociace mezi BMD (g/cm²) různých míst a vybraných parametrů (N = 58)

	Svalová síla dominantní dolní končetiny ve flexi – vrchol svalové síly (Nm)			Svalová síla dominantní dolní končetiny v extenzi – vrchol svalové síly (Nm)			Síla stisku dominantní paže (kg)		
	β	(95% CI)	<i>p</i>	β	(95% CI)	<i>p</i>	β	(95% CI)	<i>p</i>
BMD Krček femuru (g/cm²)									
Model 1	0,15	(-0,11; 0,42)	0,25	0,10	(-0,17; 0,37)	0,45	0,29	(0,03; 0,55)	0,03
Model 2	0,11	(-0,15; 0,36)	0,40	0,01	(-0,25; 0,28)	0,92	0,17	(-0,10; 0,45)	0,22
Model 3	0,02	(-0,25; 0,29)	0,86	-0,10	(-0,39; 0,18)	0,46	0,08	(-0,21; 0,37)	0,57
BMD Wardův trojúhelník (g/cm²)									
Model 1	0,15	(-0,12; 0,41)	0,27	0,11	(-0,16; 0,38)	0,41	0,34	(0,08; 0,59)	0,01
Model 2	0,11	(-0,15; 0,36)	0,41	0,03	(-0,24; 0,29)	0,84	0,22	(-0,05; 0,49)	0,11
Model 3	0,06	(-0,22; 0,33)	0,69	-0,08	(-0,36; 0,21)	0,60	0,12	(-0,18; 0,41)	0,42
BMD Proximální femur (g/cm²)									
Model 1	0,12	(-0,15; 0,38)	0,37	0,03	(-0,24; 0,29)	0,86	0,15	(-0,12; 0,41)	0,27
Model 2	0,08	(-0,18; 0,34)	0,55	-0,04	(-0,31; 0,23)	0,75	0,06	(-0,23; 0,34)	0,69
Model 3	0,03	(-0,25; 0,31)	0,83	-0,13	(-0,42; 0,16)	0,34	-0,03	(-0,33; 0,27)	0,82
BMD L₁-L₄ (g/cm²)									
Model 1	0,04	(-0,23; 0,31)	0,77	-0,17	(-0,46; 0,13)	0,25	0,24	(-0,03; 0,50)	0,08
Model 2	0,001	(-0,27; 0,27)	0,99	-0,06	(-0,34; 0,21)	0,64	0,15	(-0,14; 0,44)	0,31
Model 3	-0,04	(-0,33; 0,24)	0,76	0,02	(-0,26; 0,29)	0,90	0,03	(-0,28; 0,34)	0,85
BMD Celotělové (g/cm²)									
Model 1	0,17	(-0,10; 0,43)	0,21	-0,002	(-0,27; 0,27)	0,99	0,31	(0,06; 0,57)	0,02
Model 2	0,12	(-0,14; 0,38)	0,35	-0,10	(-0,37; 0,16)	0,44	0,22	(-0,05; 0,50)	0,11
Model 3	0,06	(-0,22; 0,33)	0,67	-0,24	(-0,51; 0,04)	0,10	0,13	(-0,16; 0,43)	0,36

Model 1 – neadjustovaný model

Model 2 – adjustován pro Model 1 a YSM, kouření a tělesnou hmotnost

Model 3 – adjustován pro Model 2 a počet kroků za den

CI interval spolehlivosti, BMD kostní hmota, Nm Newtonmetr

Tabulka 11 představuje neadjustované a adjustované asociace různých BMD se svalovou silou. Neexistuje žádná významná souvislost mezi BMD a svalovou silou kyčle ve flexi nebo extenzi. Síla stisku dominantní paže byla signifikantně pozitivně asociována s BMD, reprezentovaná krčkem femuru, Wardovým trojúhelníkem a celotělovým BMD ($\beta = 0,29$ až $0,34$; všechny $p < 0,05$); tato asociace oslabila poté, co byl model upraven pro všechny skryté proměnné.

5 DIDAKTICKÁ ANALÝZA ODBORNÉHO TÉMATU

Rámcové vzdělávací programy (RVP) jsou závazné plány pro dílčí stupně (předškolní, základní, střední) vzdělávání, podle kterých se tvoří konkrétní školní vzdělávací programy (ŠVP) na jejichž základě se realizuje výuka na jednotlivých školách. Problematika svalové síly, změny kostní denzity, osteoporózy či postmenopauzálního období v RVP není přímo zmíněna. Ve ŠVP Slovanského gymnázia Olomouc (2009) ani ve ŠVP gymnázia Olomouc – Hejčín (2009) není problematika zmíněna.

Zařazení výše uvedené problematiky do vzdělávání na základních a středních školách je poměrně obtížné, zejména proto, že se jedná o složitá témata s množstvím vazeb i mezi jinými oblastmi. Svalová síla, změna kostní denzity, osteoporóza ani postmenopauzální období nejsou zmíněna v žádné kapitole velmi často používané učebnice biologie na gymnáziích od autorů Jelínka a Zicháčka (2006). Základní seznámení s jednotlivými tématy proběhne na gymnáziu v průběhu výuky orgánových soustav. Důkladnější probrání výše uvedené látky může proběhnout v semináři biologie nebo v rámci mimoškolních aktivit u žáků s velkým zájem o obor.

Z hlediska Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia (RVP G) se témata nachází ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda ve vzdělávacím oboru Biologie a okruhu Biologie člověka (RVP G, 2016). V příložených pracovních listech (viz příloha I) jsou použity různé typy úkolů, např. doplnění odborných pojmů, zodpovězení otázek, nákres obrázku a jeho popis, výběr správných odpovědí, práce s grafem atd. Pracovní listy je možné využít pro průběžné či závěrečné opakování nebo pro samostatnou práci v hodině s využitím počítačové učebny nebo chytrého telefonu pro vyhledání potřebných informací.

6 DISKUZE

V této studii jsme hodnotili vztahy mezi tělesným složením, konkrétně tělesnou hmotností, BMI, BFM, LBM a A/G poměrem, svalovou silou horní končetiny a dolní končetiny v kyčelním kloubu a BMD u žen po menopauze. U žen vyššího věku se velmi často rozvíjí postmenopauzální osteoporóza v důsledku snížení množství estrogenů v těle. Osteoporóza vzniká v důsledku nerovnováhy mezi osteoresorpcí a novotvorbou kostní hmoty. Následkem je vznik zlomenin obratlů, proximálního femoru či kostí horních končetin po malém nebo žádném úrazu. Zlomeninu obratle utrpí ročně 11 žen z 1 000 českých žen starších 50 let. U mužů je počet zlomenin obratlů nižší, stejně jako zlomenin proximálního femoru a distálního předloktí, s incidencí 4-7 zlomenin na 1000 mužů. Riziko vzniku zlomeniny proximálního femoru u českých žen ve věku nad 50 let je 17 %, u českých mužů stejného věku je 7 %. Třináct procent českých žen starších 50 let utrpí zlomeninu distálního předloktí. Zlomeniny jsou problémem nejen medicínským, ale také sociálním a ekonomickým. V České republice trpí osteoporózou 5–6 % obyvatel, což je přibližně 600 000 obyvatel (Štěpán, 2005). Při posouzení celotělového T-skóre probandek naší studie byla zjištěna osteoporóza u 2 postmenopauzálních žen. Naše výsledky ukazují, že BFM je významný ($p < 0,05$) prediktor kostní BMD proximálního femuru. Naproti tomu LBM a svalová síla ve flexi nebo extenzi kyčelního kloubu byly u těchto žen nezávislými prediktory BMD. Ve srovnání se svalovou silou kyčle je síla stisku ruky silnějším prediktorem BMD.

S rostoucím věkem postmenopauzálních žen se snižuje BMD, což dokazují výsledky naší diplomové práce i studie jiných autorů (Warming, Hassager & Christiansen, 2002). Dle stanoviska NAMS (The North American Menopause Society, 2019) by zvláště postmenopauzální ženy měly dbát na dostatečný příjem vápníku a vitamínu D, vykonávání pravidelné PA, omezení příjmu alkoholu a vyvarovat se kouření, aby předešly nadměrnému úbytku BMD a případnému vzniku nepříjemných komplikací v podobě fraktur kostí. Studie Feskanich, Willett & Colditz (2002) uvádí, že aktivní postmenopauzální ženy mají o 55 % nižší riziko zlomeniny femuru než ženy se sedavým stylem života. Naší studie se zúčastnilo 54 pohybově aktivních žen, které za den nashromáždily více než 5 000 kroků, a 4 ženy se sedavou aktivitou.

Ženy v našem výzkumu dosahovaly nadváhy dle indexu BMI. Podle hodnot BFM se u probandek velmi často vyskytovala obezita a to zejména ve vyšším věku. Tyto výsledky potvrzuje i studie Gáby (2011). Nadváha dle indexu BMI byla

zaznamenána také u postmenopauzálních respondentek ze studie Woods et al. (2019). Postupný nárůst váhy u žen v raném postmenopauzálním věku během 12 měsíců byl zaznamenán u Gambacciani et al. (1997).

Zúčastněným ženám bylo naměřeno nejnižší T-skóre v oblasti Wardova trojúhelníku ($-1,76 \pm 0,96$) a naopak nejvyšší u celotělového T-skóre ($-0,20 \pm 1,13$). Naměřené hodnoty odpovídají výzkumu Kapuše et al. (2014). Pomocí T-skóre femuru a bederní oblasti páteře jsme zjistili, že 36 % resp. 55 % zúčastněných žen trpí osteopenií v příslušných místech měření. Analogických výsledků dosáhl Gába et al. (2012).

Vrchol svalové síly při extenzi kyčelního kloubu dominantní končetiny (s průměrem 125,6 Nm) byl vyšší než při flexi (s průměrem 72,2 Nm). Hodnota svalové síly s rostoucím věkem probandek klesá. Průměr svalové síly stisku horní končetiny byl srovnatelný se studií Garcia-Alfaro et al., (2019), ve které byla zjištěna slabá, ale statisticky významná inverzní korelace mezi silou úchopu dominantní ruky a věkem ($r = -0,11$; $p < 0,01$). Současně tatáž studie (Garcia-Alfaro et al., 2019) zjistila, že dřívější věk při menopauze (50 let nebo méně) je významně spojen s vyšším rizikem dynapenie ($p = 0,014$), která se projevuje ztrátou kvality svalů a jejich síly.

Je důležité poznamenat, že vztah mezi BFM, LBM a BMD může být přisuzován velikosti těla tehdy, pokud není tento faktor adjustován. Nezahrnutí tělesné výšky do kontroly pak může přeceňovat vztah mezi BFM, LBM a BMD (Taaffe et al., 2001). Madsen et al. (2000) prokázali, že kostní tkáň u žen nejvíce souvisí s tělesnou hmotností a nejméně s věkem, svalovou silou nebo PA. V naší práci jsme dospěli k závěru, že BMD je statisticky vázaná na věk (s výjimkou BMD proximálního femuru; všechna $r \geq -0,31$) a YSM (s výjimkou proximálního femuru; všechna $r > -0,21$) a statisticky nekorelují s tělesnou hmotností (všechna $r < 0,30$), se svalovou silou dolní končetiny (všechna $r < 0,16$) nebo s kroky za den (všechna $r > -0,15$) (data nejsou uvedena). BMD proximálního femuru je spíše spojeno s tělesnou hmotností ($r = 0,30$) než s věkem nebo YSM (data nejsou uvedena).

Genaro et al. (2010) se domnívají, že LBM má významnou úlohu při měření minerálního obsahu kostí (BMC) a BMD u žen po menopauze. Gonnelli et al. (2013) a Kapuš et al. (2014) zjistili, že úloha BFM a BMD je důležitější než LBM. Výsledky studie Ilesanmi-Oyelere, Coad, Roy & Kruger (2018) uvádějí, že LBM je silnějším prediktorem BMD proximálního femoru ($\beta = 0,497$; $p < 0,001$), BMD páteře ($\beta = 0,449$; $p < 0,001$) a BMD celého těla ($\beta = 0,406$; $p < 0,001$) než BFM.

Data Ho-Pham et al. (2010) naznačují, že významnou determinantou BMD jsou jak tělesná hmotnost, tak i BFM. Naše zjištění byla jiná. Pouze BMD proximálního femuru bylo pozitivně asociováno s BFM u postmenopauzálních žen, zatímco LBM nebylo s BMD v žádném případě spojeno. BMD bederní páteře navíc prokázala pozitivní asociaci s poměrem A/G tuku po adjustování skrytých proměnných ($\beta = 0,29$ až $0,32$; $p < 0,05$). Pozitivní asociace poměru A/G tuku byla také zjištěna u Maisnam, Dutta, Mukhopadhyay & Chowdhury (2014) na různých místech (včetně bederní páteře) u premenopauzálních žen (s průměrným věkem $42,3 \pm 5,2$). Namwongprom et al. (2018) uvádí, že nejsilnější asociace byla zjištěna mezi poměrem A/G tuku a BMD bederní páteře u thajských postmenopauzálních žen před a po úpravě skrytých proměnných. Po menopauze roste množství androidního tuku a poměr A/G tuku, zatímco množství gynoidního tuku klesá, jak uvedl Hodson et al. (2015). To je pravděpodobně důvod, proč roste role poměru A/G tuku v BMD bederní páteře u postmenopauzálních žen.

Mimo jiné se v literatuře objevuje mnoho nesrovnalostí týkajících se souvislostí mezi svalovou silou a kostní hmotou. Informace v literatuře (Pasco et al., 2015; Zhou et al., 2013) ukazují významné korelace mezi vrcholem svalové síly ve flexi či extenzi kyčle a BMD bederní páteře a proximálního femuru u žen po menopauze. Také byly uváděny asociace mezi svalovou silou úchopu a BMD na vzdálených místech těla, jako je páteř a kyčle (Dixon et al., 2005). V této práci jsme zjistili pozitivní, ale nevýznamné asociace mezi silou stisku ruky, BMD krčkem femuru, Wardovým trojúhelníkem a celotělovým BMD, zatímco svalová síla kyčle ve flexi nebo extenzi nevykazuje žádnou asociaci s BMD. Studie Li et al. (2018) a Kim et al. (2012) ukazují, že nízké hodnoty handgripu jsou spojeny s nízkými hodnotami BMD bederní páteře, krčku femuru a kyčle a jsou nezávislým faktorem ovlivňující BMD. Mimoto Li et al. (2018) uvádí, že síla stisku ruky je spolehlivým ukazatelem svalové síly.

Přínosem diplomové práce může být informovanost probandek o menopauze, postmenopauze, osteoporóze a jejich rizicích. Podle studie Ayers, Forshaw & Hunter (2010) ženy v západních zemích vnímají menopauzu jako nepříjemné období či nemoc a oproti ženám z jiných kultur zastávají daleko negativnější postoj. Oproti tomu, ženy z dánské studie (Hvas, 2001) vnímaly toto přechodné období pozitivněji. Ženy jsou spokojené s končící menstruací a problémy, mezi které patří PMS či strach z otěhotnění, zároveň se mohou zaměřit na osobní růst a vlastní potřeby.

Rovněž připouštíme, že tato studie má několik omezení. Nebylo provedeno měření hladiny estrogenů a malý soubor probandek může být pro naši studii limitující. Zároveň výběr probandek nebyl zcela náhodný, protože vyšetření a monitoringu PA se zúčastnily ženy navštěvující vzdělávací programy Univerzity třetího věku Univerzity Palackého v Olomouci, které o vyšetření projevily zájem.

7 ZÁVĚRY

Hlavním cílem diplomové práce bylo posouzení vlivu svalové síly dolní končetiny ve flexi a extenzi, síly stisku horní končetiny a vybraných tělesných parametrů na BMD u postmenopauzálních žen. Naměřené hodnoty BMD žen účastnících se měření lze považovat za dobré. Průměrné T-skóre různých oblastí femuru, bederní páteře i celého těla celého souboru postmenopauzálních žen odpovídalo normě.

Na základě výsledků analýzy rozdílů dle decenií jsme dosáhli závěru, že množství BMD i velikost svalové síly se s rostoucím věkem snižuje. Síla stisku dominantní paže byla signifikantně pozitivně asociována s BMD krčkem femuru, Wardovým trojúhelníkem a celotělovým BMD. Nebyla však zjištěna statisticky významná souvislost mezi svalovou silou kyčelního kloubu ve flexi nebo extenzi a BMD. Proto přijímáme hypotézu $H1_0$.

Dále jsme se v diplomové práci zabývali vztahem mezi tělesným složením a BMD. Zda vyšší hodnoty vybraných parametrů tělesného složení souvisí se statisticky vyššími hodnotami BMD. Z průměrných výsledků vyplývá, že dle BMI měly probandky nadváhu a dle % BFM již obezitu. Mezi BMD a LBM nebyly nalezeny žádné významné asociace. Byla zjištěna pozitivní asociace jen mezi BMD celkového femuru a BFM. V tomto případě přijímáme hypotézu $H2_a$.

Též jsme se zabývali vlivem kouření, tělesné výšky, YSM a objemem PA na asociaci mezi vybranými parametry tělesného složení a BMD u postmenopauzálních žen. U skrytých proměnných nebyly nalezeny významné statistické asociace mezi BMD a LBM. Zjistili jsme, že YSM, kouření a tělesná výška se statisticky podílí na asociaci mezi BMD celkového femuru a BFM. YSM, kouření, tělesná výška a počet kroků za den se také statisticky podílí na asociaci mezi BMD bederní páteře a A/G poměrem. Z těchto důvodů přijímáme hypotézu $H3_a$.

Zkoumán byl i podíl kouření, tělesné hmotnosti, YSM a objemu PA na asociaci mezi vybranými parametry svalové síly a BMD. Nebyl zjištěn vliv skrytých proměnných na asociaci mezi BMD a svalovou silou. Proto přijímáme hypotézu $H4_0$.

8 SOUHRN

V životě ženy hraje menopauza velmi zásadní roli. Dochází ke změnám v mnoha fyziologických procesech. Některé změny mohou negativně ovlivnit kvalitu kostní tkáně, a s tím mohou přicházet i další komplikace v podobě zlomenin kostí. Nejčastěji se jedná o kosti horní končetiny, femuru a obratlů v bederní části páteře. Je velmi důležité porozumět roli tělesného složení a svalové síly při udržování zdravých kostí u postmenopauzálních žen, protože tyto informace mají klinické důsledky pro rozvoj změn, které ovlivňují funkci svalů a kostí. Diplomová práce se zabývá vlivem více faktorů na BMD v různých částech těl postmenopauzálních žen. Hlavním cílem diplomové práce bylo posouzení vlivu svalové síly dolní končetiny ve flexi a extenzi, síly stisku horní končetiny a vybraných tělesných parametrů na BMD u postmenopauzálních žen.

Výzkumu se zúčastnilo 58 postmenopauzálních žen ve věku 50–74 let. Tělesné složení BMD byly měřeny pomocí zařízení DXA Lunar Prodigy Primo™. Unilaterální koncentrická síla flexorů a extenzorů kyčelního kloubu byla změřena za použití izokinetického dynamometru IsoMed 2000. Síla stisku horní končetiny byla měřena pomocí Jamar analogového ručního dynamometru. PA byla monitorována po dobu sedmi po sobě jdoucích dnů použitím akcelerometru ActiGraph model GT1M.

Podle T-skóre femuru byla zjištěna u 21 žen osteopenie, což odpovídalo 36 % souboru, a u 2 žen osteoporóza, což se rovnalo 3 % výzkumného souboru. U 32 žen byla zjištěna podle T-skóre bederní páteře osteopenie, což odpovídalo 55 % souboru, a u 4 žen osteoporóza, což se rovnalo 7 % výzkumného souboru.

Síla stisku dominantní paže vykazovala pozitivní asociaci s BMD krčkem femuru, Wardovým trojúhelníkem a celotělovým BMD. Statisticky významná spojitost nebyla nalezena mezi svalovou silou kyčelního kloubu ve flexi nebo extenzi a BMD.

Podle BMI měly probandky nadváhu a procento BFM již ukazovalo kategorii obezita. Mezi LBM a BMD nebyly nalezeny žádné významné asociace. Pozitivní asociace byla zjištěna mezi BMD celkového femuru a BFM.

Skryté proměnné jako jsou YSM, kouření a tělesná výška se statisticky podílí na asociaci mezi BMD celkového femuru a BFM. Dříve uvedené skryté proměnné a počet kroků za den se také statisticky podílí na asociaci mezi BMD bederní páteře a A/G poměrem.

Nebyl zjištěn vliv kouření, tělesné hmotnosti, YSM a objemu PA na asociaci mezi BMD a svalovou silou.

Závěrem lze říci, že ženy s větším množstvím BFM mají vyšší BMD než ženy s větším množstvím LBM. Získané výsledky také naznačují, že izokinetická svalová síla nezastává významnou roli v BMD u žen po menopauze.

9 SUMMARY

Menopause plays a major role in the life of every woman. There are changes present in many physiological processes. Some changes may negatively influence the quality of bone tissue which may lead to another complications like bone fractures. Most often, those fractures affect upper limbs, femur or lumbar vertebrae. In postmenopausal women, it is very important to understand the role of body composition and muscle strength in relation to keeping the bones healthy because these information have clinical consequences for developing changes which affect the function of muscles and bones. Our diploma thesis focuses on the influence of multiple factors on BMD in different body parts in postmenopausal women. The main aim of this diploma thesis was to assess the influence of muscle strength of lower limb in flexion and extension, grip strength of the upper limb and other chosen body parameters on the bone mineral density in postmenopausal women.

In this research, 58 postmenopausal women in the age range 50 – 74 years participated. Body composition and BMD were measured using DXA Lunar Prodigy Primo™. Unilateral concentric strength of flexors and extensors of the hip joint (*articulatio coxae*) was measured with isokinetic dynamometer IsoMed 2000. Grip strength was measured with Jamar analog hand dynamometer. Physical activity was monitored for seven consecutive days by using accelerometer ActiGraph model GT1M.

According to the T-score of the femur, osteopenia was present in 21 women (36 %) and osteoporosis in 2 women (3 %). In 32 women, the T-score of lumbar spine showed osteopenia (55 %) and osteoporosis in 4 women (7 %).

The grip strength of the dominant arm showed positive association with BMD of the femur neck (*collum femoris*), Ward's triangle and BMD of the whole body. Statistically significant relation was not found between the muscle strength of the hip joint in flexion or extension and BMD.

According to the BMI measurements, our probands were overweight and the percentage of BFM showed obese class categories. There were no significant associations between LBM and BMD. Positive association was found between BMD of femur and BFM.

Hidden variables like YSM, smoking and body height statistically contribute to the association between BMD of femur and BFM. Previously mentioned hidden

variables and the number of steps taken per day also statistically contribute to the association between BMD of lumbar spine and A/G ratio.

In the case of smoking, body weight, YSM and the amount of physical activity, no association between BMD and muscle strength was discovered.

In conclusion, women with higher amount of BFM have higher BMD than women with higher amount of LBM. Aquired results also suggest that isokinetic muscle strength does not play a significant role in the BMD in postmenopausal women.

10 SEZNAM LITERATURY

- Ayers, B., Forshaw, M. & Hunter, M. S., (2010). The impact of attitudes towards the menopause on women's symptom experience: A systematic review. *Maturitas*. 65(1), 28–36.
- Bayramoglu, M., Sozay, S., Karatas, M., & Kilinc, S. (2005). Relationships between muscle strength and bone mineral density of three body regions in sedentary postmenopausal women. *Rheumatol Int*, 25(7), 513-517. doi: 10.1007/s00296-004-0475-8.
- Bernášková, K., Mareš J. & Jurčovičová J. (2015). Fyziologie a patofyziologie endokrinního systému. In Rokyta, R. et al.. *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. Praha: Grada Publishing, s. 333-384. ISBN 978-80-247-4867-2.
- Bernášková, K. (2016). Fyziologie svalů. In Rokyta, R. et al.. *Fyziologie* (třetí, přepracované vydání). Praha: Galén, s. 263-275. ISBN 978-80-7492-238-1.
- Bouchi, R., Nakano, Y., Ohara, N., Takeuchi, T., Murakami, M., Asakawa, M., . . . Ogawa, Y. (2016). Clinical relevance of dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) as a simultaneous evaluation of fatty liver disease and atherosclerosis in patients with type 2 diabetes. *Cardiovasc Diabetol*, 15, 64. doi: 10.1186/s12933-016-0384-7.
- Brown, L.E. (2000). *Isokinetics in human performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Broulík, P. (2009). *Osteoporóza a její léčba: průvodce ošetřujícího lékaře* (druhé, rozšířené vydání). Praha: Maxdorf. ISBN 978-80-7345-176-9.
- Crivelli, M., Chain, A. & Bezerra, F. (2019). Association Between Body Composition and Bone Density in Morbidly Obese Women According to Menopausal Status (P01-023-19). *Current Developments in Nutrition*, 3(1), doi: /10.1093/cdn/nzz028.P01-023-19.
- Cuttler, L., Misra M. & Koontz M. (2016). Somatic Growth and Maturation*. *Endocrinology: Adult and Pediatric (Seventh Edition)*. Elsevier, 22(12), 382-417, doi: 10.1016/B978-0-323-18907-1.00022-6.
- Čepický, P. (2011). *Gynekologická endokrinologie*. In Roztočil, A. et al. *Moderní gynekologie*. Praha: Grada Publishing, s 65-94. ISBN 978-80-247-2832-2.

- Černý, V. (2017). Složení lidského těla. *DIastyl: Váš průvodce světem diabetu*. [online]. [cit. 2019-06-19], Dostupné z: <https://www.diastyl.cz/slozeni-lidskeho-tela/>.
- Český statistický úřad (2018). Věkové složení obyvatelstva – 2018. [online]. [cit. 2019-07-21], Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vekove-slozeni-obyvatelstva-g598foxrzn>.
- Český statistický úřad (2019). Česká republika od roku 1989 v číslech – aktualizováno 16. 5. 2019: Obyvatelstvo. [online]. [cit. 2019-07-18] Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/ceska-republika-od-roku-1989-v-cislech-2018-2doclnafyq>.
- Češka, R. & Štulc, T. (2010). Metabolismus. In Češka, R. et al. *Interna*. Praha: Triton, s. 224-317. ISBN 978-80-7387-423-0.
- Čihák, R. et al. (2011). *Anatomie I* (třetí, upravené a doplněné vydání). Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3817-8.
- Dixon, W. G., Lunt, M., Pye, S. R., Reeve, J., Felsenberg, D., Silman, A. J., . . . European Prospective Osteoporosis Study, G. (2005). Low grip strength is associated with bone mineral density and vertebral fracture in women. *Rheumatology (Oxford)*, 44(5), 642-646. doi: 10.1093/rheumatology/keh569.
- Dostál, J. & Turková, M. (2017). *Perimenopauza a postmenopauza*. In Pilka, R. *Gynekologie*. Praha: Maxdorf, s. 65-75. ISBN 978-80-7345-530-9.
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation, and Clinical Applications*. 2nd ed. Michigan University: Churchill Livingstone.
- Dylevský, I. (2009a). *Funkční anatomie*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-3240-4.
- Dylevský, I. (2009b). *Kineziologie: Základy strukturální kineziologie*. Praha: Triton. ISBN 978-80-7387-324-0.
- Feskanich, D., Willett, W. & Colditz G. (2002). Walking and Leisure-Time Activity and Risk of Hip Fracture in Postmenopausal Women. *JAMA*, 288(18):2300-2306. doi:10.1001/jama.288.18.2300.
- Fu, X., Ma, X., Lu, H., He, W., Wang, Z., & Zhu, S. (2011). Associations of fat mass and fat distribution with bone mineral density in pre- and postmenopausal Chinese women. *Osteoporos Int*, 22(1), 113-119. doi: 10.1007/s00198-010-1210-9.

- Gába, A. (2011). *Hodnocení tělesného složení ve vztahu k pohybové aktivitě u žen ve věku 55–84 let*. Olomouc, dizertační práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury, Katedra funkční antropologie a fyziologie, 2011-13-04.
- Gába, A., Kapuš, O., Pelclová, J. & Riegerová, J. (2012). The relationship between accelerometer-determined physical activity (PA) and body composition and bone mineral density (BMD) in postmenopausal women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 54, 315–321.
- Gambacciani, M., Ciaponi, M., Cappagli, B., Piaggese, L., De Simone, L., Orlandi, R. & Genazzani A. R. (1997). Body Weight, Body Fat Distribution, and Hormonal Replacement Therapy in Early Postmenopausal Women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 82(2), 414–417, doi: 10.1210/jcem.82.2.3735.
- Garcia-Alfaro, P., Garcia, S., Rodríguez, I., Tresserra, F. & Pérez–López, F. R. (2019). Factors related to muscle strength in postmenopausal women aged younger than 65 years with normal vitamin D status. *Climacteric*, 22(4), 390-394, doi: 10.1080/13697137.2018.1554645.
- Genaro, P. S., Pereira, G. A., Pinheiro, M. M., Szejnfeld, V. L., & Martini, L. A. (2010). Influence of body composition on bone mass in postmenopausal osteoporotic women. *Arch Gerontol Geriatr*, 51(3), 295-298. doi: 10.1016/j.archger.2009.12.006.
- Gonnelli, S., Caffarelli, C., Tanzilli, L., Alessi, C., Tomai Pitinca, M. D., Rossi, S., . . . Nuti, R. (2013). The associations of body composition and fat distribution with bone mineral density in elderly Italian men and women. *J Clin Densitom*, 16(2), 168-177. doi: 10.1016/j.jocd.2012.02.013.
- Heyden, R. J. et al. (2019). Bone Tissue and the Skeletal System: Fractures: Bone Repair. *BC Open Textbook*[online]. California, [cit. 2019-06-19], Dostupné z: <https://opentextbc.ca/anatomyandphysiology/chapter/6-5-fractures-bone-repair/>.
- Hodson, L., Banerjee, R., Rial, B., Arlt, W., Adiels, M., Boren, J., . . . Fielding, B. A. (2015). Menopausal Status and Abdominal Obesity Are Significant Determinants of Hepatic Lipid Metabolism in Women. *J Am Heart Assoc*, 4(10), e002258. doi: 10.1161/JAHA.115.002258.

- Ho-Pham, L. T., Nguyen, N. D., Lai, T. Q., & Nguyen, T. V. (2010). Contributions of lean mass and fat mass to bone mineral density: a study in postmenopausal women. *BMC Musculoskelet Disord*, *11*, 59. doi: 10.1186/1471-2474-11-59.
- Ho-Pham, L. T., Nguyen, U. D., & Nguyen, T. V. (2014). Association between lean mass, fat mass, and bone mineral density: a meta-analysis. *J Clin Endocrinol Metab*, *99*(1), 30-38. doi: 10.1210/jc.2013-3190.
- Howe, T. E., Rochester, L., Neil, F., Skelton, D. A., & Ballinger, C. (2011). Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database Syst Rev*(11), CD004963. doi: 10.1002/14651858.CD004963.pub3.
- Hvas, L. (2001). Positive aspects of menopause: A qualitative study. *Maturitas*, *39*(1):11-7.
- Ilesanmi-Oyelere, B. L., Coad, J., Roy, N., & Kruger, M. C. (2018). Lean Body Mass in the Prediction of Bone Mineral Density in Postmenopausal Women. *Biores Open Access*, *7*(1), 150-158. doi: 10.1089/biores.2018.0025.
- Institut klinické a experimentální medicíny (2019). *Osteoporóza - prevence a léčba*. [online]. [cit. 2019-07-14]. Dostupné z: <https://www.ikem.cz/cs/osteoporoz-a-prevence-a-lecba/a-1998/>
- Jelínek, J. & Zicháček, V. (2006). *Biologie pro gymnázia* (teoretická a praktická část) (osmé rozšířené vydání). Olomouc: Nakladatelství Olomouc. ISBN 80-7182-217-5.
- Kanis, J. A. (1994). Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: synopsis of a WHO report. WHO Study Group. *Osteoporosis international* : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA. Nov;4(6):368-81. PubMed PMID: 7696835.
- Kapuš, O., Gába, A., Svoboda, Z., & Botek, M. (2014). Relationship between body composition and bone mineral density of the lumbar spine and proximal femur: influence of years since menopause. *Mod Rheumatol*, *24*(3), 505-510. doi: 10.3109/14397595.2013.844393.
- Kim, S. W., Lee, H. A., & Cho, E. H. (2012). Low handgrip strength is associated with low bone mineral density and fragility fractures in postmenopausal healthy Korean women. *J Korean Med Sci*, *27*(7), 744-747. doi: 10.3346/jkms.2012.27.7.744.

- Koebele, S. (2018). Estrogen and Progesterone levels changing before, during and after menopause. In Farber, N.. Estrogen and Progesterone: Beyond Reproduction. *Psychology Today* [online]. New York. [cit. 2019-03-05], Dostupné z: <https://www.psychologytoday.com/us/blog/the-blame-game/201803/estrogen-and-progesterone-beyond-reproduction>.
- Li, Y. Z., Zhuang, H. F., Cai, S. Q., Lin, C. K., Wang, P. W., Yan, L. S., . . . Yu, H. M. (2018). Low Grip Strength is a Strong Risk Factor of Osteoporosis in Postmenopausal Women. *Orthop Surg*, 10(1), 17-22. doi: 10.1111/os.12360.
- Lüllmann-Rauch, R. (2012). *Histologie*. Praha: Grada Publishing, ISBN 978-80-247-3729-4.
- Mac Dermis, J., Solomon, G. & Valdes, K. (2015). *Clinical Assessment Recommendations*. 3 ed.: American Society of Hand Therapists.
- MacGill, M. (2018). Osteoporosis explained. *Medical News Today* [online]. MediLexicon, [cit. 2019-06-18], Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/155646.php>
- Máček, M. (2004). *Stárnutí a tělesná aktivita*. In Kalvach, Z. et al. *Geriatric a gerontologie* (první vydání). Praha: Grada, s. 153-164. ISBN 80-247-0548-6.
- Madsen, O. R., Lauridsen, U. B., & Sorensen, O. H. (2000). Quadriceps strength in women with a previous hip fracture: relationships to physical ability and bone mass. *Scand J Rehabil Med*, 32(1), 37-40.
- Maisnam, I., Dutta, D., Mukhopadhyay, S., & Chowdhury, S. (2014). Lean mass is the strongest predictor of bone mineral content in type-2 diabetes and normal individuals: an eastern India perspective. *J Diabetes Metab Disord*, 13(1), 90. doi: 10.1186/s40200-014-0090-5.
- Marešová, D. (2011). *Fyziologie žláz s vnitřní sekrecí*. In Kittnar, O. et al.. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, s. 495-542. ISBN 978-80-247-3068-4.
- Marin, R. V., Pedrosa, M. A., Moreira-Pfrimer, L. D., Matsudo, S. M., & Lazaretti-Castro, M. (2010). Association between lean mass and handgrip strength with bone mineral density in physically active postmenopausal women. *J Clin Densitom*, 13(1), 96-101. doi: 10.1016/j.jocd.2009.12.001.

- Melton, L. J., 3rd, Riggs, B. L., Achenbach, S. J., Amin, S., Camp, J. J., Rouleau, P. A., . . . Khosla, S. (2006). Does reduced skeletal loading account for age-related bone loss? *J Bone Miner Res*, 21(12), 1847-1855. doi: 10.1359/jbmr.060908.
- Namwongprom, S., Rojanasthien, S., Wongboontan, C., & Mangklabruks, A. (2018). Contribution of Android and Gynoid Adiposity to Bone Mineral Density in Healthy Postmenopausal Thai Women. *J Clin Densitom*. doi: 10.1016/j.jocd.2018.05.037.
- Palička, V. (2014). *Osteologie*. In: Bureš, J. et al. *Vnitřní lékařství* (druhé, přepracované a rozšířené vydání). Praha: Galén, s. 779-790. ISBN 978-80-7492-145-2.
- Pasco, J. A., Holloway, K. L., Brennan-Olsen, S. L., Moloney, D. J., & Kotowicz, M. A. (2015). Muscle strength and areal bone mineral density at the hip in women: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord*, 16, 124. doi: 10.1186/s12891-015-0586-2.
- Pastucha, D. (2011). *Tělovýchovné lékařství*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2861-1.
- Petrovický, P. (2001). *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi*. Martin: Osveta. ISBN 80-8063-046-1.
- Rajamanohara, R., Robinson, J., Rymer, J. et al. (2011) The effect of weight and weight change on the long-term precision of spine and hip DXA measurements. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. May;22(5):1503-12. doi: 10.1007/s00198-010-1339-6. PubMed PMID: 20700581.
- Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (2016). *Člověk a příroda*. Výzkumný ústav pedagogický v Praze. Praha. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/t/rvp-pro-gymnazia>.
- Ravn, P., Hetland, M. L., Overgaard, K., & Christiansen, C. (1994). Premenopausal and postmenopausal changes in bone mineral density of the proximal femur measured by dual-energy X-ray absorptiometry. *J Bone Miner Res*, 9(12), 1975-1980. doi: 10.1002/jbmr.5650091218.
- Reid, I. R. (2008). Relationships between fat and bone. *Osteoporosis International*. May; 19(5): 595-606. doi:10.1007/s00198-007-0492-z.

- Rešlová, T. (2008). *Klimakterium*. In Rob, L., Martan, A., Citterbart, K. et al. *Gynekologie* (druhé, doplněné a přepracované vydání). Praha: Galén, s. 269-279. ISBN 978-80-7262-501-7.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: (příručka funkční antropologie)* (třetí vydání). Olomouc: Hanex. ISBN 80-85783-52-5.
- Rikkonen, T., Sirola, J., Salovaara, K., Tuppurainen, M., Jurvelin, J. S., Honkanen, R., & Kroger, H. (2012). Muscle strength and body composition are clinical indicators of osteoporosis. *Calcif Tissue Int*, 91(2), 131-138. doi: 10.1007/s00223-012-9618-1.
- Rokyta, R. (2016). *Fyziologie* (třetí, přepracované vydání). Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-238-1.
- Seco, J., Abecia, L. C., Echevarria, E., Barbero, I., Torres-Unda, J., Rodriguez, V., & Calvo, J. I. (2013). A long-term physical activity training program increases strength and flexibility, and improves balance in older adults. *Rehabil Nurs*, 38(1), 37-47. doi: 10.1002/rnj.64.
- Školní vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání, Gymnázium Olomouc – Hejčín (2009). [online]. [cit. 2019-07-22], Dostupné z: <https://www.gytool.cz/soubory/skolni-vzdelavaci-program.pdf>.
- Školní vzdělávací program Slovanského gymnázia Olomouc (2009). [online]. [cit. 2019-07-22], Dostupné z: <https://docplayer.cz/17272421-Skolni-vzdelavaci-program-slovanskeho-gymnazia-olomouc-studeo-gaudemus-omnes.html>.
- Štěpán, J., (2005). Osteoporóza a cíle její léčby. *Klinická farmakologie a farmacie*, 19, 229-234.
- Švihovec, J. et al. (2018). *Farmakologie*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-5558-8.
- Taaffe, D. R., Cauley, J. A., Danielson, M., Nevitt, M. C., Lang, T. F., Bauer, D. C., & Harris, T. B. (2001). Race and sex effects on the association between muscle strength, soft tissue, and bone mineral density in healthy elders: the Health, Aging, and Body Composition Study. *J Bone Miner Res*, 16(7), 1343-1352. doi: 10.1359/jbmr.2001.16.7.1343.

- The North American Menopause Society (2019). *Publications: Clinical Care Recommendations*. [online]. [cit. 2019-07-13], Dostupné z: <https://www.menopause.org/publications>.
- Tonar, Z. et al. (2016). *Pojivová tkáň*. In Balko, J., Tonar, Z., & Varga, I. *Memorix histologie*. Praha: Triton, s. 93-128. ISBN 978-80-7553-009-7.
- Toombs, R. J., Ducher, G., Shepherd, J. A. et al. (2012). The impact of recent technological advances on the trueness and precision of DXA to assess body composition. *Obesity*. Jan;20(1):30-9. doi: 10.1038/oby.2011.211. PubMed PMID: 21760631.
- Tudor-Locke, C. & Bassett, D. R. Jr. (2004). How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. *Sports medicine*. 34(1):1-8. doi: 10.2165/00007256-200434010-00001. PubMed PMID: 14715035.
- Unni, J., Garg, R., & Pawar, R. (2010). Bone mineral density in women above 40 years. *J Midlife Health*, 1(1), 19-22. doi: 10.4103/0976-7800.66989.
- Verschueren, S., Gielen, E., O'Neill, T. W., Pye, S. R., Adams, J. E., Ward, K. A., . . . Boonen, S. (2013). Sarcopenia and its relationship with bone mineral density in middle-aged and elderly European men. *Osteoporos Int*, 24(1), 87-98. doi: 10.1007/s00198-012-2057-z.
- Vilikus, Z., Brandejský, P. & Novotný, V. (2004). *Tělovýchovné lékařství*. Praha: Karolinum. ISBN 80-246-0821-9.
- Vyskočil, V. (2009). *Osteoporóza a ostatní nejčastější metabolická onemocnění skeletu*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-637-3.
- Warming, L., Hassager, C., & Christiansen, C. (2002). Changes in Bone Mineral Density with Age in Men and Women: A Longitudinal Study. *Osteoporosis International*, 13, 105–112.
- Woods, G. et al. (2019) MON-098 FSH and Body Composition in Older Adults, *Journal of the Endocrine Society*, 3(1). doi: 10.1210/js.2019-MON-098.
- World Health Organization (2003). *Prevention and management of osteoporosis: report of a WHO scientific Group*. Geneva: WHO. ISBN 92-4-120921-6.
- Zadák, Z. (2004). *Metabolismus a výživa ve stáří*. In Kalvach, Z. et al. *Geriatric a gerontologie (první vydání)*. Praha: Grada, s. 298-323. ISBN 80-247-0548-6.

Zhou, Z., Zheng, L., Wei, D., Ye, M., & Li, X. (2013). Muscular strength measurements indicate bone mineral density loss in postmenopausal women. *Clin Interv Aging*, 8, 1451-1459. doi: 10.2147/CIA.S48447.

Živný, J. & Fait T. (2004). *Endokrinologie stárnoucí ženy*. In Kalvach, Z. et al. *Geriatric a gerontologie*. Praha: Grada, s. 677-688. ISBN 80-247-0548-6.

11 PŘÍLOHY

Příloha I.: Praktický výstup didaktické části – pracovní listy pro žáky gymnázia

Kosterní soustava

Pracovní list pro žáky gymnázií

1. Doplň chybějící údaj v tabulce: latinský či český název kosti a umístění v lidském těle (lebka, trup, horní a dolní končetina).

Latinský název	Český název	Umístění v lidském těle
<i>axis</i>		
	lopatka	
		trup
<i>femur</i>		
	vřetenní kost	
		horní končetina
<i>os frontale</i>		
	spánková kost	
		dolní končetina

2. Napiš tři tvary kostí a ke každému tvaru alespoň dva příklady kostí.

a).....–

b).....–

c).....–

3. Odpověz na následující otázky:

- Jaké **funkce** (5) mají kosti v těle?

.....
.....

- **Kolik** kostí má dospělý člověk?

.....

- Uvnitř kosti se nachází kostní dřev. Jaké **druhy** (3) **kostní dřevě** rozeznáváme?

.....

4. Popiš **složení kosti** z chemického hlediska a napiš, jaká je funkce těchto složek. *

-
-

5. Nakresli a popiš řez kostí. Při popisu využij následující pojmy: **diafýza, epifýza, houbovitá kost, hutná kost, kostní dřev, kloubní chrupavka, okostice.**

6. S pomocí internetu vyhledej pojem **osteoporóza** a vysvětli jej. *

.....

.....

.....

.....

7. Vyber a podtrhni z následující nabídky možná preventivní opatření k zabránění či snížení riziku vzniku osteoporózy. *

pravidelný pohyb	kouření	výrazná podváha
dostatečný příjem vápníku	vyvážená strava	pravidelný příjem alkoholu
příjem tučných potravin	velký příjem soli v potravě	dostatečný příjem vitamínu D

* Pro získání informací případně využij následující odkaz: <https://www.ikem.cz/cs/osteoporoz-a-prevence-a-lecba/a-1998/>

Svalová soustava

Pracovní list pro žáky gymnázií

1. Napiš tři druhy svaloviny, které rozeznáváme v lidském těle, a doplň tvrzení o nich.

unavitelnost	_____	_____	_____
	ano/ne	ano/ne	ano/ne
příklady			
ovladatelnost vůlí	_____	_____	_____
	ano/ne	ano/ne	ano/ne

2. K vybraným svalům člověka napiš skupinu, do které náleží (svaly hlavy, svaly krku, svaly zad, svaly hrudníku, břišní svaly, svaly horní končetiny, svaly dolní končetiny).

žvýkací svaly –

zdvíhač hlavy –

trapézový sval –

dvojhlavý sval pažní –

čtyřhlavý sval stehenní –

spánkový sval –

přímý břišní sval –

deltový sval –

mimické svaly –

velký prsní sval –

pažní sval –

krejčovský sval –

trojhlavý sval lýtkový –

velký sval hýžděový –

široký sval zádový –

3. Do textu o příčně pruhovaném svalu správně doplň slova.

Příčně pruhovaná svalovina je základem kosterního svalstva, které umožňuje V lidském těle se nachází přibližně kosterních svalů.

Příčně pruhovaný sval je tvořen dlouhými svalovými vlákny, na kterých je zřetelné pruhování, tedy střídání a částí. Svalové vlákno obsahuje větší množství jader. Příčně pruhovaná vlákna tvoří a více tvoří svalové Systém svalových snopců tvoří sval, který se a připojuje ke kostem. Nejmohutnější místo svalu se nazývá

Kosterní svalstvo tvoří přibližně 40 % celkové hmotnosti člověka a množství svalové hmoty se v průběhu života mění. Kosterní svalstvo mého těla váží přibližně kg.

4. Prohlédni si graf o svalové síle a odpověz na otázky.

a) Které pohlaví dosahuje vyšší svalové síly během života?

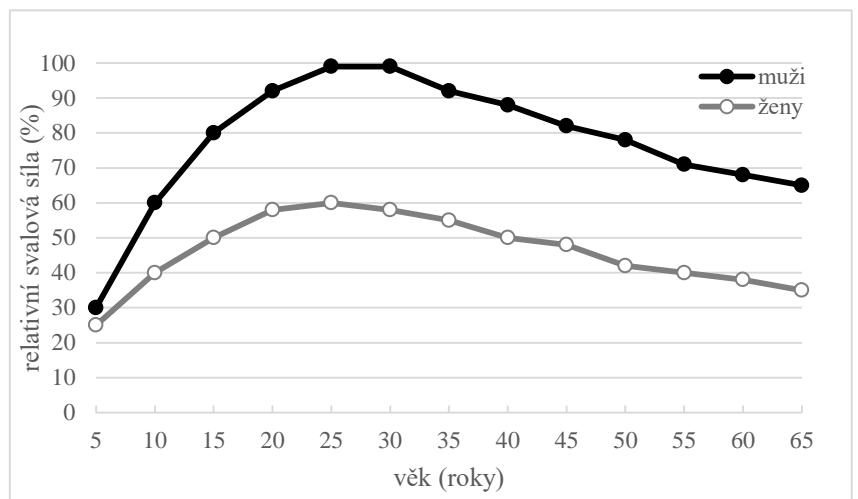
.....

b) V jakém věku dosahují muži nejvyšší svalové síly?

.....

c) Dosahují muži i ženy maxima svalové síly ve stejném věku?

.....



Obrázek 1: Změny svalové síly v souvislosti s věkem

d) Jak se projevuje postupný pokles svalové síly s rostoucím věkem a jaký může být důvod poklesu?

.....

.....

Kosterní soustava - řešení

Řešení pracovního listu pro žáky gymnázií

1. Dopln chybějící údaj v tabulce: latinský či český název kosti a umístění v lidském těle (lebka, trup, horní a dolní končetina).

Latinský název	Český název	Umístění v lidském těle
<i>axis</i>	čepovec	trup
<i>scapula</i>	lopatka	horní končetina
<i>costa</i>	žebro	trup*
<i>femur</i>	stehenní kost	dolní končetina
<i>radius</i>	vřetenní kost	horní končetina
<i>humerus</i>	pažní kost	horní končetina*
<i>os frontale</i>	čelní kost	lebka
<i>os temporale</i>	spánková kost	lebka
<i>fibula</i>	lýtková kost	dolní končetina*

* je možné zvolit i jiný chybějící pojem

2. Napiš tři tvary kostí a ke každému tvaru alespoň dva příklady kostí.

- dlouhá kost – stehenní kost, pažní kost
- krátká kost – kosti zápěstní, kosti zánártní
- plochá kost – lopatka, kost čelní

3. Odpověz na následující otázky:

- Jaké **funkce** (5) mají kosti v těle?

Opora těla (udává tělu tvar a velikost), ochrana orgánů a tkání, pohyb, rezervoár minerálních látek (vápník, fosfor), krvetvorba v kostní dřeni.

- Kolik** kostí má dospělý člověk?

206

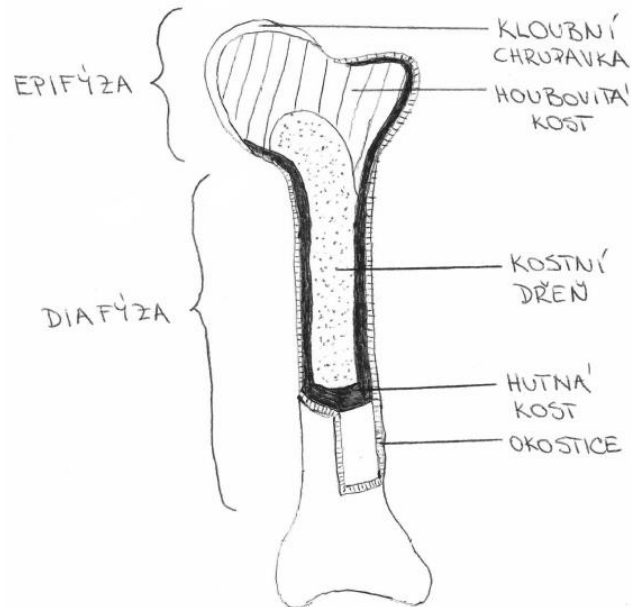
- Uvnitř kosti se nachází kostní dřev. Jaké **druhy** (3) **kostní dřevě** rozeznáváme?

Červená, žlutá a šedá kostní dřev.

4. Popiš **složení kosti** z chemického hlediska a napiš, jaká je funkce těchto složek. *

- organická složka (ossein) – pružnost
- anorganická složka (soli vápníku, fosforu a hořčíku) – tvrdost a pevnost

5. Nakresli a popiš řez kostí. Při popisu využij následující pojmy: **diafýza**, **epifýza**, **houbovitá kost**, **hutná kost**, **kostní dřev**, **kloubní chrupavka**, **okostice**.



6. S pomocí internetu vyhledej pojem **osteoporóza** a vysvětli jej. *

Osteoporóza je onemocnění kostí. Charakteristický je úbytek kostní hmoty a poruchy stavby kosti, což může mít za následek zvýšení jejich křehkosti a zvýšení rizika zlomenin. Dochází k nerovnováze mezi novotvorbou kostní hmoty a jejím úbytkem. Nerovnováha může být způsobena nedostatkem vápníku, vitamínu D nebo pohlavních hormonů.

7. Vyber a podtrhni z následující nabídky možná preventivní opatření k zabránění či snížení riziku vzniku osteoporózy. *

pravidelný pohyb

kouření

výrazná podváha

dostatečný příjem vápníku

vyvážená strava

pravidelný příjem alkoholu

příjem tučných potravin

velký příjem soli v potravě

dostatečný příjem vitamínu

D

* Pro získání informací případně využij následující odkaz: <https://www.ikem.cz/cs/osteoporoz-a-prevence-a-lecba/a-1998/>

Svalová soustava - řešení

Řešení pracovního listu pro žáky gymnázií

1. Napiš tři druhy svaloviny, které rozeznáváme v lidském těle, a doplň tvrzení o nich.

	<u>příčně pruhovaná</u>	<u>hladká</u>	<u>srdeční</u>
unavitelnost	<u>ano/ne</u>	<u>ano/ne</u>	<u>ano/ne</u>
příklady	pažní sval, deltová sval	stěny orgánů (žaludek, děloha)	myokard
ovladatelnost vůlí	<u>ano/ne</u>	<u>ano/ne</u>	<u>ano/ne</u>

2. K vybraným svalům člověka napiš skupinu, do které náleží (svaly hlavy, svaly krku, svaly zad, svaly hrudníku, břišní svaly, svaly horní končetiny, svaly dolní končetiny).

žvýkací sval – svaly hlavy

zdvihač hlavy – sval krku

trapézový sval – zádový sval

dvojhlavý sval pažní – sval horní končetiny

čtyřhlavý sval stehenní – sval dolní končetiny

spánkový sval – sval hlavy

přímý břišní sval – břišní sval

deltový sval – sval horní končetiny

mimické svaly – svaly hlavy

velký prsní sval – sval hrudníku

dvojhlavý sval pažní – sval horní končetiny

krejčovský sval – sval dolní končetiny

trojhlavý sval lýtkový – sval dolní končetiny

velký sval hýžďový – sval dolní končetiny

široký sval zádový – sval zad

3. Do textu o příčně pruhovaném svalu správně doplň slova.

Příčně pruhovaná svalovina je základem kosterního svalstva, které umožňuje **pohyb**. V lidském těle se nachází přibližně **600** kosterních svalů. Příčně pruhovaný sval je tvořen dlouhými svalovými vlákny, na kterých je zřetelné pruhování, tedy střídání **světlych** a **tmavých** částí. Svalové vlákno obsahuje větší množství jader. Příčně pruhovaná vlákna tvoří **snopečky** a více **snopeček** tvoří svalové **snopce**. Systém svalových snopců tvoří sval, který se **úpony** a **šlachami** připojuje ke kostem. Nejmohtnější místo svalu se nazývá **svalové břicho**.

Kosterní svalstvo tvoří přibližně 40 % celkové hmotnosti člověka a množství svalové hmoty se v průběhu života mění. Kosterní svalstvo mého těla váží přibližně **(individuální výpočet)** kg.

4. Prohlédni si graf o svalové síle a odpověz na otázky.

a) Které pohlaví dosahuje vyšší svalové síly během života?

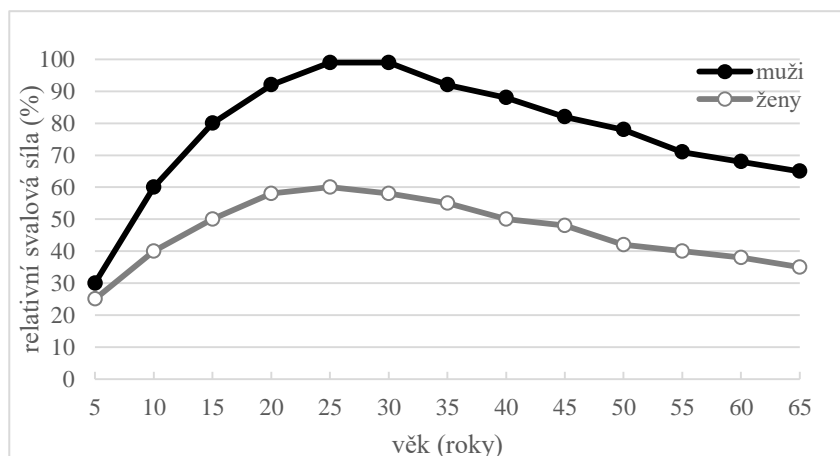
muži

b) V jakém věku dosahují muži nejvyšší svalové síly?

25 – 30 let

c) Dosahují muži i ženy maxima svalové síly ve stejném věku?

ano



Obrázek 1: Změny svalové síly v souvislosti s věkem

d) Jak se projevuje postupný pokles svalové síly u starších osob?

Snižování výkonnosti a rychlosti při běžných činnostech (chůze do schodů, běh, zvedání břemen).

e) Jaký může být důvod postupného snižování svalové síly s věkem?

Úbytek svalové hmoty, pokles koordinace pohybů a zvýšení fyzické nečinnosti.

Zdroje:

Obrázek 1 - upraveno dle Vilikus et al., 2004

IKEM (2019). *Osteoporóza - prevence a léčba*. [online]. [cit. 2019-07-14]. Dostupné z: <https://www.ikem.cz/cs/osteoporoz-a-prevence-a-lecba/a-1998/>