

Univerzita Karlova v Praze

2. lékařská fakulta

OSTEOPORÓZA, OSTEOPENIE A POHYBOVÁ AKTIVITA

Bakalářská práce

Autor: Kamila Brožová, obor fyzioterapie

Vedoucí práce: Doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.

Praha 2007

## Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Kamila Brožová

Název bakalářské práce: Osteoporóza, osteopenie a pohybová aktivita

Pracoviště: Klinika rehabilitace, Klinika tělovýchovného lékařství

Vedoucí bakalářské práce: Doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.

Rok obhajoby diplomové práce: 2007

Abstrakt: Cílem mé práce bylo zhodnotit vliv fyzické aktivity na kostní zdraví. Existují důkazy o pozitivním vlivu cvičení na získání kostní hmoty v dětství a následné udržení její hodnoty do dospělosti a je skutečností, že působí protektivně na dlouhodobé kostní zdraví. Během dospělosti je primárním přínosem fyzické aktivity udržení kostní hmoty. U fyzicky aktivních lidí je snížen s věkem vázaný úbytek kostní minerální denzity a naopak přibývá riziko fraktur.

Klíčová slova: osteoporóza, osteopenie, minerální kostní hustota, fyzická aktivita

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Bibliografická identifikace v angličtině

Author's first name and surname: Kamila Brožová

Title of the master thesis: Osteoporosis, osteopenia and physical activity

Department: Department of physiotherapy

Supervisor: Doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.

The year of presentation: 2007

Abstract: The aim of the work was to evaluate the impact of physical activity on the bone health. There is some evidence that exercise-induced gains in bone mass in children are maintained into adulthood, suggesting that physical activity habits during childhood may have long-lasting benefits on bone health. During adulthood, the primary goal of physical activity should be to maintain bone mass. The age-related decline in bone mineral density is attenuated and the relative risk for fracture is reduced in people who are physically active.

Keywords: Osteoporosis, osteopenia, bone mineral density, physical activity

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

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením Doc. MUDr. Jiřího Radvanského, CSc., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Praze dne 6. 4. 2007

.....

#### Poděkování autora

Děkuji Doc. MUDr. Jiřímu Radvanskému, CSc. za cenné rady a návrhy při vedení a zpracování bakalářské práce.

## OBSAH

1	ÚVOD .....	8
2	PŘEHLAD POZNATKŮ .....	9
2.1	Stavba kostí .....	9
2.2	Fyziologie kostí .....	10
2.3	Patofyziologie kostí .....	13
2.3.1	Hyperparathyreóza .....	15
2.3.2	Hypogonadismus .....	16
2.3.3	Deficit kalcia a vitamínu D.....	16
2.3.4	Zvýšená hladina glukokortikoidů.....	17
2.3.5	Vliv intenzivní fyzické zátěže u dívek a žen, ženská (dívčí) sportovní triáda .....	17
2.4	Význam pohybu v období růstu .....	18
2.5	Klinická manifestace osteoporózy.....	20
3	CÍLE A HYPOTÉZY .....	22
4	METODIKA.....	23
5	POHYB A JEHO VLIV NA TVORBU A ZMĚNY KOSTNÍ HUSTOTY .....	24
5.1	Fyzická aktivita a její význam.....	24
5.2	Význam fyzické aktivity k dosažení maximální kostní hmoty u dětí a dospívajících .....	31
5.3	Vliv fyzické aktivity u mladých dospělých .....	35
5.4	Význam fyzické aktivity ve středním věku a ve stáří.....	36

5.5	Význam fyzické aktivity v prevenci pádů a osteoporotických zlomenin.....	38
5.6	Pohled fyzioterapie.....	39
5.7	Fyzická aktivita jako terapeutický princip .....	39
6	KAZUISTIKA.....	42
7	DISKUSE .....	47
8	ZÁVĚRY.....	51
9	SOUHRN.....	53
10	SUMMARY .....	54
11	REFERENČNÍ SEZNAM.....	55

## 1 ÚVOD

Osteoporóza je patologický stav, charakteristický snížením kostní denzity, doprovázený změnou kostní mikroarchitektury, což vede k zvýšení kostní fragility a následně k zvýšení rizika vzniku fraktur.

Osteoporóza je dnes jedním z hlavních zdravotních celosvětových problémů a její prevalence se stále zvyšuje. Je to spojeno i s prodlužující se délkou života a stále více sedavým způsobem žití. Veliké riziko tohoto onemocnění nese mnohé komplikace, spojené se vznikem zlomenin a následným zvýšením morbidity, ale i mortality. Zvýšení morbidity s sebou přináší další zdravotní, sociální, ale i finanční důsledky. Následkem komplikací, spojených se vznikem fraktury krčku femuru umírá do šesti měsíců 20% pacientů. Více než 50% žen není schopno vrátit se k původním funkčním schopnostem a zhruba 20% vyžaduje dlouhodobou péči.

Krom zlomeniny krčku stehenní kosti, která patří mezi nejzávažnější, jsou predilekčními místy obratlová těla, distální část předloktí. Mnoho obratlových zlomenin mohou být okultní a asymptomatické.

Zákeřnost onemocnění je dána i jejím skrytým průběhem.

V popředí zájmu jsou především ženy po menopauze, avšak procento výskytu onemocnění se stále více zvyšuje u mužů.

Je důležitá prevence proti vzniku onemocnění již od dětství. Vhodně volená fyzická aktivita napomáhá k udržení kostního zdraví.



## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

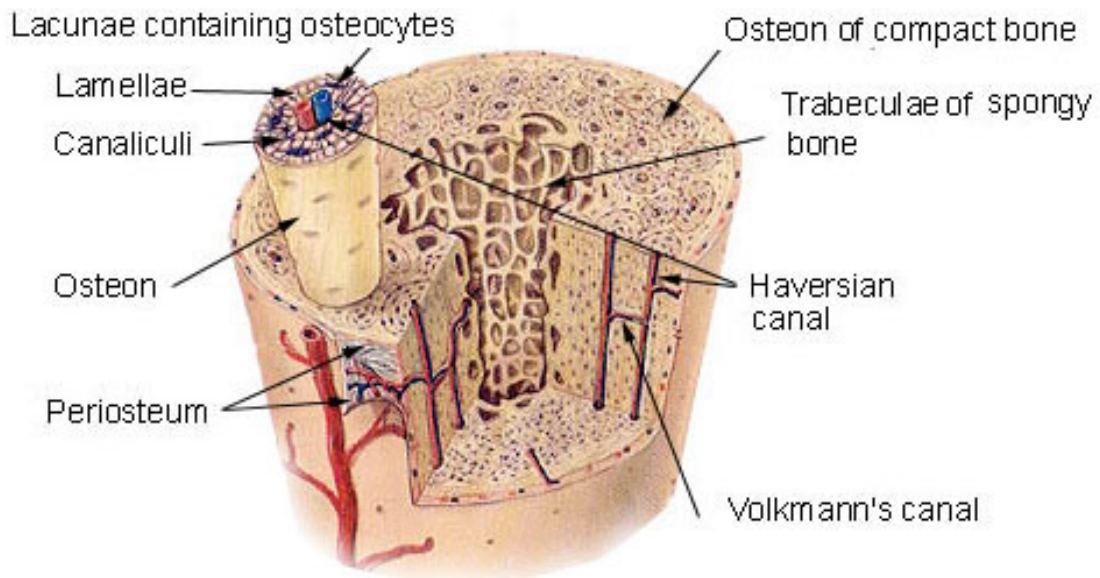
### 2.1 Stavba kosti

Kostní tkáň se skládá z kostních buněk (osteoblastů, osteoklastů, osteocytů), z amorfní, vláknité a mezibuněčné hmoty. Osteoblasty produkují kolagenní vlákna a amorfní proteoglykanovou mezibuněčnou hmotu. Produkci enzymů (alkalické fosfatázy) se podílejí na mineralizaci kostní tkáně. V kosti jsou přítomny především tam, kde dochází k novotvorbě či přestavbě kostí. Osteoklasty produkují kyselou fosfatázu a kolagenázu. Pomocí těchto enzymů uvolňují kostní minerály a rozrušují strukturu základní hmoty. Osteocyty se spíše účastní uvolňování minerálů z kostní tkáně a starají se tedy o jejich rovnovážnou výměnu. Mezibuněčná hmota kostí je tvořena svazky kolagenních vláken (kolagen I), tmelených základní amorfní hmotou. Tato proteoglykanová hmota obsahuje i specifické glykoproteiny, které mohutně vážou vápník. Základní matrix kosti je proto mineralizována.

Dle mikroskopické stavby rozeznáváme lamelární a fibrilární kost. Lamelární kost je základem převážné části skeletu. Na jejím makroskopickém řezu rozeznáváme kompaktní kost, která zajišťuje především pevnost skeletu a část spongiózní, která představuje obrovskou plochu pro realizaci látkové přeměny kostí a jejich remodelaci (8).

## 2.2 Fyziologie kostí

### Compact Bone & Spongy (Cancellous Bone)



**Obrázek 1. Stavba dlouhé kosti ( 41)**

Kost se skládá ze základní hmoty (proteoglykany obsahující síru, glykoproteiny a kolagen obsahující hydroxiprolin) a kostního minerálu (alkalické soli vápníku, fosfátů, sodíku, uhličitanů, hořčíku, draslíku a fluoru) (31) (Obrázek 1).

Tvorba kostní hmoty je podporována mimo jiné insulinem, hormony štítné žlázy, kalcitropními hormony. Naopak glukokortikoidy mají inhibiční účinek. K mineralizaci kostí je zapotřebí vápník a fosfát, jejichž hladiny v plazmě jsou zvyšovány účinkem kalcitriolu (1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>). Vytváření kalcitriolu probíhá v několika stupních. V kůži se tvoří účinkem slunečních paprsků (UV záření) vitamin D<sub>3</sub>, který se dále přeměňuje v játrech (stimulace estrogeny) a nakonec v ledvinách vlivem parathormonu na 1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>.

Rozeznáváme dva typy kostí: kompaktní neboli kortikální kost, která tvoří zevní vrstvu většiny kostí a představuje asi 80% kostí v těle, dále kost trabekulární čili houbovitou, spongioformní, která je uvnitř kostí kortikálních, a ta v těle tvoří 20%. V kompaktní kosti je poměr povrchu k objemu nízký. Trabekulární kost tvoří destičky nebo trámce, které mají

vysoký poměr povrchu vůči objemu. Trabekulární kost má vysokou metabolickou aktivitu a živiny tu difundují z kostní extracelulární tekutiny do trabekul. Naproti tomu v kompaktní kosti jsou živiny dodávány Haversovými kanálky obsahujícími krevní cévy.

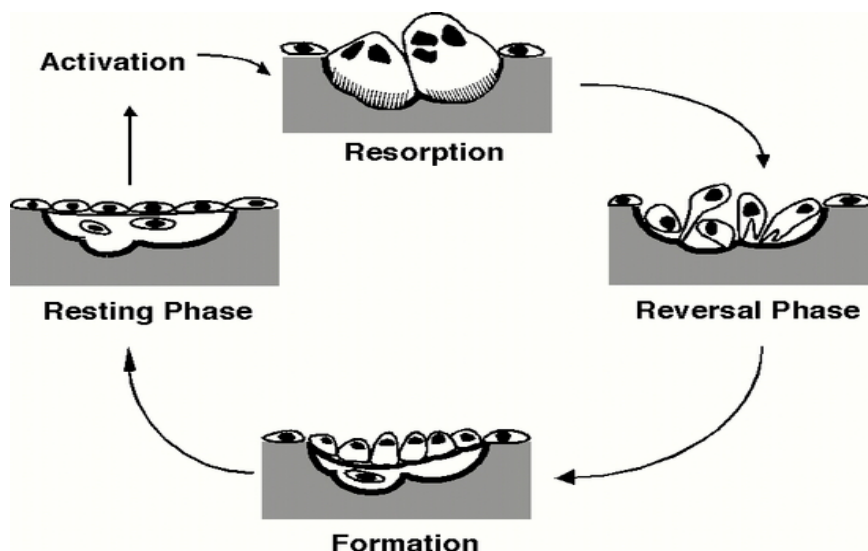
Kost je zvláštní formou pojivové tkáně, složenou z kolagenní matrix impregnované mikroskopickými krystaly fosfátů vápníku. Pro svůj vysoký obsah vápníku má kost důležitou úlohu v homeostáze vápníku. Kosti jsou živou tkání a jsou silně vaskularizovány a u dospělých lidí je celkový krevní průtok kostmi 200-400 ml/minutu.

Proteinem kostní matrix je hlavně kolagen I. typu, který je též hlavním strukturním proteinem ve šlachách a v kůži. Tento kolagen má na jednotku váhy stejnou pevnost jako ocel.

Pro udržování normální kostní struktury jsou zapotřebí dostatečná množství proteinů a minerálů. Kostní minerální krystaly jsou většinou z hydroxyapatitů. V kosti je též přítomen sodík a malá množství hořčíku a uhličitanu. Navíc je částí kostního minerálu amorfni kalciumfosfát.

V kostní dřeni vznikají kostní buňky- osteoblasty a osteoklasty. Primárně zajišťují tvorbu a resorpci kosti. Osteoblasty jsou odvozené ze stromálních buněčných prekurzorů kostní dřene. Tvoří kost, produkují velké množství kolagenu I. typu, další proteiny kostní matrix a alkalickou fosfatázu. Osteoblasty se diferencují v osteocyty.

Osteoklasty erodují a resorbují dříve vytvořenou kost. Pocházejí z hemopoetických kmenových buněk a vznikají z monocytů. Upevňují se na kost pomocí integrinů ve výběžcích membrán, zvaných kontaktní zóna. Ta vytváří izolovanou oblast mezi kostí a částí osteoklastu, což umožňuje sekreci kyseliny ze zvrásněné apikální membrány a následnou erozi kosti pod buňkou (Obrázek 2).



**Obrázek 2. Remodelační cyklus (2)**

Při růstu kostí rozeznáváme dva druhy osifikace. Intramembranózní, osifikace membrán, kterou se tvoří kosti lebky a enchondrální, kdy se kosti nejprve modelují z chrupavky, a pak se teprve mění osifikací na kost. Tento druh osifikace je patrný u dlouhých kostí. Při růstu kostí jsou na konci dlouhých kostí (epifýzy) odděleny od diafýz destičkami aktivně proliferující chrupavky, epifyzárními šterbinami. Díky ukládání nové kosti na konec diafýz v této šterbině roste kost do délky. Šířka epifyzárních šterbin je úměrná růstu a působí na ni řada hormonů, nejvýrazněji hypofyzární růstový hormon. Růst kostí do délky se zastavuje po uzavěru epifyzárních šterbin, k čemuž dochází podle časového plánu, poslední epifýzy se uzavrou po pubertě.

Během života dochází k neustálé obnově kostí. Vápník v kostech se obměňuje rychlostí 100% za rok u novorozenců a 18% za rok u dospělých. Remodelace kostí je místní proces probíhající v malých oblastech populací buněk, zvaných remodelační jednotky. V nich osteoklasty nejprve resorbují kost a pak osteoblasty uloží v téže oblasti kost novou. Cyklus trvá asi 100 dní. Dochází však také k modelačním přesunům, při kterých se mění tvar kosti. Kost je při nich resorbována na jednom místě a přidávána na jiném. Osteoklasty se protunelují na jednom místě do kortikální kosti a jsou následovány osteoblasty, kdežto v trabekulární

kosti remodelace nastává na povrchu trabekul. Obnovení kosti probíhá rychlostí asi 4% za rok kompaktní kosti a 20% za rok v kosti trabekulární. Remodelační proces je zčásti ovlivňován námahou a tlaky, kterými na skelet působí gravitace a další faktory. Na řízení remodelace se účastní hormony v krvi, růstové faktory a cytokiny. Prekurzory osteoblastů secernují faktory, které působí na vývoj osteoblastů, je důležité udržování rovnováhy mezi resorpcí a novotvorbou (6,10).

### **2.3 Patofyziologie kostí**

Kosti jsou postaveny tak, aby byly resistantní proti působení síly při kontrakci svalů při pohybu částí těla a při tíhovém zatížení. Mechanická odolnost kostí je dána množstvím a kvalitou organické kostní matrix, množstvím a kvalitou kostního minerálu, vnitřním uspořádáním kostní hmoty (mikroarchitektury), geometrií kosti a přítomností mikrofraktur. Mezibuněčná hmota kosti se skládá z organické a anorganické složky. Organická složka zajišťuje pružnost, kdežto anorganická tvrdost a pevnost kosti.

Nárůst kostní hmoty probíhá po celé období dětství a adolescence. Od narození narůstá kostní hmota, která dosahuje svého vrcholu kolem 25 roku věku. K akceleraci mineralizace kostní tkáně dochází po uzavření růstových chrupavek a ukončení longitudinálního růstu. Před tím však dochází k růstovému spurtu, což vede k přechodnému nepoměru mezi rychlostí růstu a mineralizací. Tento stav se však rychle upravuje. Expozice rizikovým faktorům či onemocněním postihující růst nebo mineralizace kostí v dětství a adolescenci má závažnější důsledky spojené s nízkým dosažením PBM.

Po dosažení maxima kostní denzity dochází k ustálenému stavu množství kostní hmoty, která se během života postupně ztrácí, což odpovídá běžnému procesu stárnutí, jak je patrné i u jiných orgánů. U žen po menopauze však nastává, vlivem ztráty estrogenů, během deseti let zrychlení úbytku BMD. Nakonec se tato ztráta ustálí na pomalejším tempu, s jakým

se v tomto věku setkáváme i u mužů (6, 9). To je důvod, proč se osteoporóza vyskytuje častěji u žen než u mužů. Avšak procento výskytu tohoto onemocnění u mužského pohlaví přibývá.

Osteoporóza je dnes definována jako snížení množství kostní hustoty pod  $-2,5$  s průměrné hodnoty vrcholu BMD mladých dospělých žen. Dochází k porušení mikroarchitektury kosti. V důsledku toho nastává snížení její pevnosti a zvýšení nebezpečí vzniku fraktur. Osteopenie představuje snížení množství kostní hustoty pod  $-1$  s až  $-2,5$  s průměrné hodnoty vrcholu BMD mladých dospělých žen (14, 27).

Osteoporóza může být primární či sekundárně způsobená v důsledku jiného onemocnění (Tabulka 1). K primární osteoporóze dnes řadíme senilní nebo také involuční, juvenilní, idiopatickou (mladých dospělých). Sekundární osteoporózu může způsobit celá řada faktorů: onemocnění pojivové tkáně, endokrinní příčiny, lékově zapříčiněná, imobilizační, gastrointestinální onemocnění, genetické příčiny.

Kostní ztráta může být zapříčiněná zvýšením kostní resorpce, snížením utváření kostí či kombinací obojího. Změny v některém stádiu nemodelačního cyklu (např. aktivaci, diferenciaci kostních buněk), mohou vést k nerovnováze remodelace kostí, která může být eventuálně příčinou ztráty kostní hmoty (4).

Složení a stavba kostí závisí na tom, zda je organismu dodáván patřičný přísun látek nezbytných pro stavbu kostí (bílkoviny, vápník, fosfát, vitamin D, stopové prvky), zda je kostra dostatečně zatěžována a zda jsou v době pohlavní zralosti dostatečně produkovány pohlavní hormony. Hypogonadismus, nedostatek kalcia a/nebo snížená hybnost může vyústit v primární osteopenii. U dospělých, kteří již dosáhli kostního maxima, vedou často k osteoporóze všechny stavy spojené se zrychlenou látkovou výměnou v kostech, ať už je to sekundární hyperparathyreodismus v důsledku malabsorpce nebo maldigesce potravin obsahujících vápník, hyperthyreóza či paraneoplastické osteolytické faktory (9).

<b>Endokrynopatie</b>	<b>Iatrogeně podmíněná</b>
Hypogonadismus ↓ estrogenů u žen ↓ androgenů u mužů	Antikoagulancia
Hyperkortizolismus	Glukokortikoidy
Thyreotoxikóza	<b>Chronická onemocnění</b>
Hyperparathyreóza	ledvin
Akromegálie	jater
<b>Postmenopauzální stav</b>	kloubní onemocnění
<b>Imobilizace a snížená pohyblivost</b>	nekompenzovaný diabetes mellitus
<b>Genetické příčiny</b>	<b>Kostní symptomatologie při nádorových onemocněních</b>
Osteogenesis imperfecta	<b>Idiopatická</b>
Homocysteinurie	juvenilní
Marfanův syndrom	mladých dospělých
<b>Gastrointestinální příčiny</b>	senilní
Malabsorpční syndrom	<b>Ostatní příčiny</b>
	Alkohol
	Tabák

**Tabulka 1. Nejčastější příčiny vzniku osteoporózy**

### 2.3.1 Hyperparathyreóza

Může se jednat o sekundární (k níž vede nejčastěji chronická hypokalcémie ze střevních či ledvinných onemocnění) či primární, kdy je hladina celkového i ionizovaného vápníku v séru v normě. Parathormon má katabolický účinek na kortikální kost. Proto se jeho zvýšená hladina projeví především v kostech s převahou kortikální složky. V porovnání distální části radia, krčku stehenní kosti a bederních obratlů, došlo k největšímu snížení kostní hmoty v distální části radia, zatímco v bederních obratlích bylo zaznamenáno jen minimální snížení (3).

Zvýšení parathormonu v kosti indukuje tvorbu cytokinů v osteoblastech. Ty pak ovlivňují osteoklasty s konečným důsledkem na osteoresorpci, jež zahrnuje degradaci kostní matrix a uvolnění minerálu. (4)

U mladších věkových fází a za jinak příznivých podmínek nemusí nutně dojít ke kostním ztrátám. Avšak déle trvající nadbytek vede ke zvýšené kostní ztrátě.

Nutno též zmínit i anabolický efekt hormonu na spongiózní kosti a na dnešní léčebné využití parathormonu v boji s osteoporózou (3).

### **2.3.2 Hypogonadismus**

Nedostatečné množství estrogenů způsobí vzestup osteolyticky působících cytokinů- interleukin 1 a interleukin 6. Ty zvyšují aktivitu osteoklastů, zvyšuje se tedy kostní resorpce. Je sekundárně stimulována novotvorba kostí, avšak osteoblasty v urychlené přestavbě kostí, nepřispívají stejnou rychlostí, jako osteoklasty k jejich odbourávání, takže výsledkem je negativní bilance kostní hmoty.

Vystupňovaná resorpce kostní tkáň uvolňuje vápník do krevního oběhu, kde jeho hladina mírně stoupá (aniž by dosáhla hyperkalcémie). Vzestup plazmatického vápníku zvyšuje jeho vylučování močí a snižuje sekreci parathormonu. Parathormon pak chybí na jedné straně pro reabsorpci kalcia v ledvinách, na druhé straně pro tvorbu 1,25-dihydroxycholecalciferolu (hormonu vitamínu D- kalcitriolu) v ledvinách. Následkem je snížená schopnost střebyávání (9).

### **2.3.3 Deficit kalcia a vitamínu D**

Vitamin D přispívá ke správné mineralizaci kostí, jeho hlavní role je ve zvyšování střevní absorpce vápníku.

Ke snížené hladině vápníku a vitamínu D může docházet při malabsorpčních syndromech, při laktóзовé intoleranci, nedostatečným přísunem v potravě. Dále kapacita střevní absorpce kalcia klesá s věkem.



Snížená hladina vitamínu D způsobuje vznik sekundární hyperparathyreozy se všemi svými následky.

Až u 50% případů fraktur stehenní kosti byl zjištěn deficit vitamínu D (9, 11).

#### **2.3.4 Zvýšená hladina glukokortikoidů**

Při zvýšené hladině glukokortikoidů, ať vlivem Cushingova syndromu či iatrogeně jako důsledek terapie glukokortikoidy, vzniká negativní vápníková bilance tím, že je snížena absorpce kalcia ve střevě, současně je zvýšeno vylučování vápníku močí, takže vzniká sekundární hyperparathyreodismus. Ten díky hyperosteolýze urychluje v kostech látkovou výměnu. Nadbytek kortizolu brzdí v kostech činnost osteoblastů, takže je zpomalena výstavba kosti, k níž přispívá i snížení aktivity gonád. Konečně glukokortikoidy působí katabolickým efektem na svalstvo a následná svalová atrofie má za následek snížení tažných sil na kost (9).

#### **2.3.5 Vliv intenzivní fyzické zátěže u dívek a žen, ženská (dívčí) sportovní triáda**

Pohybová aktivita patří k účinným opatřením v prevenci i léčbě osteoporózy. Příliš intenzivní fyzická zátěž však může vést k hormonální nerovnováze a být příčinou úbytku kostní hmoty.

U intenzivně sportujících dívek se objevuje opožděný nástup menarche než u nespportujících. Toto zpoždění může být dva roky i více. Často bývá spojeno s nízkým procentem tuku. Torstveit a Sundgot-Borgen porovnávali u 15 řeckých a 30 kanadských gymnastek ve věku 14,5 až 14,7 let nástup menarche, frekvenci menstruace, tréninkové zatížení, výšku, váhu a procenta tělesného tuku. Kontrolní skupinu tvořilo 38 řeckých a 40 kanadských děvčat stejného věkového rozmezí. Menarche bylo značně zpožděno u gymnastek (v průměru ve 13,8 letech), kdežto v kontrolní skupině byl věk nástupu v průměru 12,5 let. Nepravidelnost menstruačního cyklu byla zaznamenána u 78% gymnastek (61%

oligomenorhea, 17% amenorhea) a střední hodnota tělesného tuku byla výrazně nižší u gymnastek než u kontrolní skupiny (35). Obdobné výsledky přinesla studie, kterou provedli Torsveit a Sundgot-Borgen detailní dotazníkovou metodou u většiny elitních norských sportovkyň. Navíc byl zaznamenáván rozdíl mezi sportovními skupinami ve sportech vyžadujících nízké procento tuku (gymnastika, balet) uvedla 24,8% dotázaných potíže, kdežto sportovkyně v jiných odvětvích pouze 13,1% (34).

V důsledku pravidelné intenzivní pohybové aktivity může vzniknout sekundární, tréninkem vyvolaná amenorhea. Etiologie tohoto jevu je komplexní. Dochází k hypoestrogenismu, způsobenému poruchou hypothalamo-hypofyzárně-ovariální osy. Hlavní příčinou je ovlivnění hypothalamického „pulzního generátoru“, který řídí vyplavování gonadoliberinu (GnRH), což snižuje hypofyzární sekreci luteinizačního hormonu a folikulostimulačního hormonu. Je snižena ovariální stimulace a produkce estradiolu. Z periferních faktorů vedoucích k rozvoji sekundární amenorhei je pokles procenta tuku pod určitou kritickou mez. Zde se zdá být významná změna v koncentraci sérového leptinu. Leptin se váže v hypothalamu, kde ovlivňuje energetickou rovnováhu a zvyšuje sekreci luteinizačního realising hormonu (3).

## **2.4 Význam pohybu v období růstu**

Již v pátém století před našim letopočtem formuloval Hippokrates pohyb jako jeden za čtyř základních atributů života. Pohyb s dynamickou a statickou složkou má nezastupitelnou úlohu i ve vývoji a remodelaci kostí. Kost je pohybem ovlivňována i se na něm sama podílí. Jestliže je pohybová aktivita omezena, je snížena doba a intenzita mechanického tahu (prostřednictvím šlach, vazů a gravitace) a tlaku (gravitace) na kosti. Nedostatek mechanických vlivů snižuje piezoelektrickou stimulaci osteoblastů, které tvoří novou kostní tkáň. Statická zátěž aktivuje mezenchymové buňky a ty pak vytvářejí

osteoklasty. K optimální remodelaci kostí je tedy nezbytný vyvážený poměr mezi statickou a dynamickou formou zátěže.

Pro vytváření a formování skeletu je nutná optimální posturální stabilizace a předcházející posturální vývoj. „Porucha posturálního vývoje je významným etiopatogenetickým faktorem řady hybných poruch v dospělosti. Chybně založené držení těla nese také důsledky pro morfologický vývoj (anteverze kyčelních kloubů, plochá noha, valgozita kolen apod.)“ (3). Posturální vývoj je do značné míry závislý na programech centrální nervové soustavy. „Nejviditelněji se tento vztah projevuje při poruchách CNS, kdy vlivem nerovnováhy svalové aktivity působící na růstové štěrbiny nevzniká pouze porucha posturálních funkcí, ale i anatomické poruchy s biomechanickými důsledky pro kloub“ (4). Příkladem může být proximální femur u spastiků, kdy vlivem převahy adduktorů a relativní slabosti abduktorů vzniká coxa valga (5).

„Posturální stabilizaci chápeme jako aktivní držení segmentů těla proti působení zevních sil řízené CNS“ (4). Posturální stabilizace je součástí všech pohybů. „Biologickým účelem této reakce je zpevnění jednotlivých segmentů (kloubů), aby bylo získáno co nejstabilnější „punctum fixum“ a aby kloubní segmenty odolávaly účinkům zevních sil“ (4). Je důležitá balance mezi svaly, která optimalizuje zatížení páteře. Pro správné zatěžování skeletu je nezbytná rovnováha mezi svaly zajišťující centraci kloubu. Mluvíme o tzv. funkční centraci kloubu, která umožňuje optimální statické zatížení. „Konkrétně jde o funkční postavení, kdy je v kloubu při dané poloze maximální rozložení tlaku na kloubních plochách“ (4).

V období růstu jsou významné mechanické faktory ovlivňující růstové chrupavky. Zvyšování axiálního tlaku na růstovou chrupavku vede k omezení až k zástavě růstu kosti do délky. Naopak snižování tlaku (k určité hranici) délkový růst kosti urychluje. Proto jsou baletky a artisté obvykle nižších postav. Tlak působící na růstovou chrupavku je součtem

tlaků a tahů, uplatňujících se zhruba v tomto pořadí – tah periostu a perichondria, tah svalů (úponů), statický tlak (gravitace) a tlak v kloubních pouzdrech. Při přetěžování růstových chrupavek (artistika, balet) vede k postupné zástavě růstu (1).

## **2.5 Klinická manifestace osteoporózy**

Osteoporóza probíhá asymptomaticky. S postupnou anatomickou remodelací kostních struktur se však může objevovat bolest v zádech, shrbení hrudní páteře, snížení výšky. Vlivem osteoporózy dochází, v pozdějších stádiích, ke vzniku fraktur i po minimálním traumatu. Typické jsou kompresivní fraktury obratlů, zlomeniny krčku stehenní kosti a distálního předloktí (Collesova zlomenina). Všechny tyto oblasti mají větší procento obsahu trabekulární kosti, která je metabolicky aktivnější, a proto ubývá rychleji. Incidence zlomenin krčku stehenní kosti a obratlů rapidně stoupá s věkem.

Ke snížení výšky dochází následkem drcení těl obratlů či se může objevit tzv. vdoví hrb. Jedná se o zvýšení hrudní kyfózy z důvodů anteriorního klínovitého stlačení obratlů. Páteřní fraktury mohou vzniknout akutně a být bolestivé nebo se mohou objevit postupně, které se pak manifestují především kyfotizací či snížením výšky (27).

Nejzávažnější komplikací osteoporózy je zlomenina krčku stehenní kosti, v důsledku níž umírá 20% pacientů do šesti měsíců, na následky komplikací vznikajících z důvodu imobilizace. K nejčastějším patří plicní embolie a pneumonie. Okolo poloviny starých lidí po zlomenině krčku stehenní kosti nedosáhne již chůze bez opory.

K měření kostní hustoty se používá denzitometrické vyšetření, hodnotící kvantitativně obsah kostní hmoty. Jedná se o metodu relativně přesnou a neinvazivní. Orientačně lze měřit kostní hustotu i ultrazvukem. Dle denzitometrického vyšetření rozeznáváme stupně onemocnění (Tabulka 2) (4). Tato klasifikace byla stanovena Světovou zdravotnickou organizací na základě měření kostní denzity páteře a proximálního femuru.

Kategorie	Kritéria
Normální	BMD +/- 1 s od průměru vrcholu mladých dospělých
Osteopenie	BMD -1 s až -2,5 s pod průměr vrcholu u mladých dospělých
Osteoporóza	BMD pod -2,5 s průměru vrcholu BMD u mladých dospělých
Manifestovaná osteoporóza	BMD kritéria pro osteoporózu plus osteoporotická zlomenina

**Tabulka 2. WHO klasifikace pro diagnostiku osteoporózy založená na kostní mase nebo denzitě (13)**

Ne všechna rizika zlomenin jsou zaznamenána měřením kostní denzity, protože síla kostí je také dána kostní pevností. Ta je dána asi ze 60 a více procent kostní hustotou, ale i její strukturou. Na rozdíl od poměrně přesného měření kostní hustoty, strukturu kosti zjistíme buď některými sofistikovanými metodami CT a MRI nebo pouze kostní biopsií.

Starým lidem je doporučován zvýšený příjem vápníku a vitamínu D potravou, potravními doplňky. Příjem vápníku by měl být okolo 1200-1500 mg/den a vitamínu D 400-600 jednotek denně (37).

### **3 CÍLE A HYPOTÉZY**

Cílem bylo nalézt na základě široce pojaté rešerše z odborného písemnictví doporučené postupy a jejich odborné zdůvodnění v primární a sekundární prevenci osteopenie a osteoporózy.

Fyzická aktivita s určitostí přispívá k získání optimální špičkové hustoty kostí v období dětství a adolescence, její udržení v dospělosti a snížení rizika pádů ve stáří. Ideálně by mělo pravidelně prováděnou pohybovou aktivitou dojít k snížení prevalence vzniku onemocnění. Pro optimální kostní odpověď je nezbytný dostatečný silový impulz. Zatížení kosti musí být především v antigravitační ose, aby docházelo k dynamické stimulaci v této ose, ve které je žádoucí osteoblasty stimulovat.

#### **4 METODIKA**

Rešerše báze Medline v její variantě PubMed s vyhledáním všech dostupných plnotextových zdrojů. Dále prohledávání plnotextových internetových zdrojů přes vyhledávač Googole.com, vyhledávání dostupných zdrojů ve fondu Národní lékařské knihovny, využívání Electronic Journale Library Charles University Prague, 2nd Fakulty of Medicine, použití zdrojů poskytnutých svým školitelem.

Při zpracovávání kazuistiky jsem vycházela z doporučení Unie fyzioterapeutů UNIFY ČR, standardních fyzioterapeutických doporučení pro metabolická onemocnění skeletu-osteoporóza, 2005. A také z mých praktických zkušeností získaných v Osteocentru.

## 5 POHYB A JEHO VLIV NA TVORBU A ZMĚNY KOSTNÍ HUSTOTY

### 5.1 Fyzická aktivita a její význam

Pohyb hraje důležitou roli v prevenci a léčbě osteoporózy. Vhodně prováděná fyzická aktivita přispívá k celkové stabilizaci skeletu, podporuje remineralizaci kostí, zlepšuje pocit bolesti a v neposlední řadě je profylaktickým opatřením pádů. Celkový pozitivní vliv adekvátního cvičení na pohybovou soustavu a kostru konkrétně, je dobře znám a obecně uznáván. Fyzická aktivita je doporučována k udržení kostního zdraví, k předcházení a prevenci vzniku na věku závislých zlomenin. Navíc jsou přesvědčivé důkazy, že cvičení snižuje množství rizikových faktorů spojených s pády (15). Šlo by sice namítnout, že právě při sportovní činnosti je větší příležitost vzniku zlomenin z důvodu pádů či nárazů než při sedavém způsobu žití, avšak sportovně aktivní lidé mají celkově lepší koordinaci pohybů, větší množství svalové hmoty, lepší obratnost, což snižuje riziko zranění následně při všech aktivitách denního života.

Údaje retrospektivních a prospektivních observačních studií dokládají, že fyzická aktivita snižuje riziko vzniku zlomenin a pozitivně ovlivňuje skelet člověka. Mnoho pozorování odhalilo kladný účinek pohybové činnosti na kostní remodelaci (15).

Při doporučování vhodné pohybové aktivity či sportovní činnosti je nutná dokonalá analýza pohybu a zhodnocení ke stavu pacienta. V zásadě bychom mohli rozdělit působení fyzické aktivity do třech skupin:

- 1) Pohyb jako primární prevence- jedná se především o období dětství a dospívání, kdy je snaha o co nejvyšší zisk kostní hmoty. Nejvyšší zisk mají sporty s využitím gravitace, zvýšením tíhové síly, posilovací cvičení.
- 2) Pohyb jako sekundární prevence- v dospělosti je nezbytná pravidelná pohybová aktivita k udržení kostní hmoty a celkové dobré kondice. Při diagnostice osteopenie je vhodné vyvarovat se sportům s vysokým rizikem vzniku zlomenin (úpolové sporty).



3) Pohyb jako terciální prevence- stav již dospěl do stádia osteoporózy. Je nutné dodržovat individuální přístup dle stádia onemocnění, momentálního stavu, individuálních schopností, možností a dovedností. Vyhýbáme se prudkým dopadům a nárazům, švihově prováděným cvikům. Nevolíme sporty se zvýšeným rizikem vzniku pádů, jako je sjezdové lyžování, skoky a dopady z výšek.

Randomizované klinické studie hodnotící efekt fyzické aktivity u žen s osteoporózou přinesly důkazy, že pravidelným tréninkem (dokonce běžnou chůzí), lze docílit k zvýšení kostní hmoty a snížit riziko vzniku zlomenin u žen ve všech věkových skupinách s porovnáním žen bez fyzické aktivity. Pozitivní vztah mezi silou svalovou, fyzickou aktivitou v kontextu běžného životního stylu a kostní kvality byl důkladně zkoumán a potvrzen. Negativní vztah je sledován tam, kde dochází k neadekvátnímu zatěžování, především k nepřiměřenému napětí a tlaku (15). Proto musí být vždy důkladně zhodnocena síla, působící na pohybový systém při zvedání břemen či tlumení nárazu při dopadu. Vhodnost zvýšeného tíhového působení, kterého využíváme bez větších omezení jako prevenci zhoršení stavu při osteopenii, je nutné při osteoporóze opatrně dávkovat, aby nedošlo k přetížení a následnému poranění. Obdobně je tomu při posilování a určování optimální hmotnosti závaží.

Důležité je správně edukovat pohybové činnosti i co se týká aktivit běžného života, v práci či volném čase.

Role pohybové aktivity ve snaze vyrovnávání a/ nebo dokonce nápravě deformit je důležitá. Jelikož s přibývajícím věkem dochází k progresi patologie, snížení adaptability struktur, stejně tak jako regulačních funkcí a s věkem vázanému snížení senzomotorických schopností, je nezbytné začít s cvičením včas, aby se předcházelo zhoršení stavu a zlomeninám. Posílením svalstva dochází k stabilizaci pánve a páteře a profylaxí pádů tréninkem koordinačních schopností se snižuje nebezpečí fraktur (15).

S osteoporózou je mnohdy vázána nerovnováha svalového napětí, která může vzniknout nocicepcí po traumatu a vede ke změně klidové polohy segmentů a tím i ke změně držení těla (19). Nesprávné zatěžování a přetěžování svalstva způsobuje svalový spasmus, snížení prokrvení a následně zvýraznění bolesti. V takto dlouhodobě přetěžovaném svale vznikají postupně změny z opotřebování, sval se stává funkčně slabším a málo výkonným, což přispívá k pozdějšímu zvýšenému riziku zlomenin.

Při osteoporóze vznikají i mnohé strukturální změny, především v oblasti páteře. Deformační změněny na obratlích se odrážejí na celé páteři. Postupně dochází k předsunutému držení hlavy, zvýšení krční lordózy, zvýšení hrudní kyfózy, vyklenuje se břišní stěna. Následně se snižuje celková výška. Vzniká svalová nerovnováha.

K svalové dysbalanci přispívá i fakt, že některé svaly mají zřetelnou predilekční tendenci k útlumovým projevům (hypotonii, oslabení, hypoaktivaci), u jiných svalů naopak sledujeme tendenci k hypertonii a svalovému zkrácení. Svaly, které mají tendenci vytvářet zkrácení patří mezi posturální (tonickou) skupinu svalů a svaly s tendencí k útlumu mezi kinetické (fázické) (17, 37).

Vhodně prováděným cvičením se snažíme předcházet svalové dysbalanci, omezovat její rozvoj, upravovat ji, aby nedocházelo k poruše stability a mobility.

Ochranný efekt fyzické aktivity byl shledán jak u žen, tak u mužů. Vezmeme-li v úvahu, že velký podíl osteoporotických fraktur vzniká v důsledku pádů, je právě zlepšení svalové slabosti, nestability a mobility nezbytným opatřením. Také celkové posílení svalstva umožní zatěžování kostí větší silou a vytvoření pásu mohutnějšího svalstva okolo páteře, pomáhá k odpružení na sebe naléhajících obratlů s meziobratlovými destičkami, čímž se nejen snižuje bolest, ale chrání se i před poškozením a možným vznikem kompresivních zlomenin.

Snažíme se edukovat pohybové činnosti, aby docházelo především k osovému zatížení páteře, ne v předklonu.

V současné době však není žádný holistický program pro prevenci a léčbu osteoporózy, který by byl kvantitativně a kvalitativně validní (19). Existují doporučení, ověřená mnohými studiemi, o efektivnosti různých druhů zátěže a intenzity cvičení na kost, avšak přesně stanovené normy zatím chybí a optimální pohybové strategie doposud neexistují (32). Současný průzkum přináší obecné návrhy typu a intenzity fyzické aktivity v závislosti na individuálním stavu a stupni osteoporózy. Zahrnuje především cvičení s ohledem na výdrž, posílení síly a flexibility, koordinační cvičení. Tyto postupy jsou v souladu s doporučením German Society for Sports a American College of Sports Medicine (19).

Při doporučování vhodnosti sportu u lidí s osteopenií a osteoporózou se řídíme v zásadě obecnými pravidly bezpečnosti sportovní činnosti a rizikem zlomenin. U osteopenických osob není nutné výrazné omezení sportovních aktivit při dodržování zvýšené opatrnosti. Lze využít např. běh jako ideální prostředek stimulace s využitím nesení váhy vlastního těla ve vertikální ose. U osob štíhlých se doporučuje přidání závaží ve formě batůžku (cca. 5 kg) pro dosažení dostatečného silového impulsu. Kost reaguje především na cvičení zaměřené na určité místo, což dokládá fakt nesení přidané zátěže na horní a/nebo dolní polovinu těla (39).

Při osteoporóze se vyhýbáme všem sportům se zvýšeným nebezpečím pádů a pohybovým aktivitám s dlouhodobým jednostranným zatížením. Vždy hodnotíme stav pacienta přísně individuálně. Je na zvážení vhodnosti skoku a doskoku. Zvláště pak při těžších stupních tohoto onemocnění. Doporučování vhodné sportovní činnosti či jiných fyzických aktivit, by mělo být konzultováno s lékařem či fyzioterapeutem, na základě vyšetření a aktuálního stavu pacienta.

Stejně tak jako pozitivní působení fyzické aktivity na kostní zdraví, může nevhodně zvolená pohybová činnost přinášet rizika či přímo poškození kosti a následně i celkového zdravotního stavu pacienta. Záleží i na osobním uvážení, zda-li je lépe vyhnout se rizikovým

aktivitám. Roli mohou hrát i předchozí zkušenosti, schopnosti a zdatnost jedince. Posouzení, zda rizika nejsou příliš vysoká a nepřevyšují-li podstatně benefity z prováděné činnosti, záleží už na pacientovi, neboť je jen na jeho uvážení, bude-li se řídit rady lékaře. Odborník může kriticky zhodnotit aktuální nebezpečí.

Při prohledávání Pub Med databáze jsem našla 1061 odkazů pojednávajících o osteoporóze a fyzické aktivitě. A ani v dalších se mi nepodařilo nalézt žádné konkrétní doporučení a směrodatná pravidla pro volbu sportu a pohybovou aktivitu u osob s tímto onemocněním a můj neúspěch potvrzují i některé studie, poukazující na tento problém (19, 32). Proto přesně určit vhodné a nevhodné aktivity jednoznačně nelze. S ohledem i na fakt, že ne všechna rizika zlomenin mohou být zhodnocena pouze denzitometrickým vyšetřením a určením hodnoty kostní denzity (která určuje přes 60% pevnosti kosti), ale jsou ovlivňována i její strukturou.

Všeobecné zásady vyplývají ze zvýšené fragility kostí a s ní vysokým rizikem vzniku zlomenin. V těchto případech musíme mít na paměti možný dvojitý opačný efekt cvičení na kost. Na jedné straně napětí, které překročuje určitý práh, navozuje modelaci kosti a tím způsobuje adaptaci kostní síly na obvyklé množství zátěže. Lze ho nazývat tkáňovým efektem. Na druhé straně jako „materiální“. Kost může být zeslabena repetitivním napětím, které může být příčinou mikropoškození, neboli únavou „materiálu“. Remodelace kosti, jako přeměna starého „materiálu“ nově utvářením kosti, přispívá k prevenci vzniku mikropoškození (29). Mnohé studie dokládají pozitivní působení pohybové aktivity na BMD, avšak již nehodnotí celkovou kvalitu kosti, která je mimo jiné dána její mikriarchitekturou. Proto pouze hodnocení kostní síly velikostí BMD může být nedostatečné. Zdá se, že i některá cvičení s malým ziskem na BMD, mohou mít vysoký efekt na kostní pevnost, protože nové přetváření kosti je nejvíce lokalizováno na místech s největším mechanickým napětím.

S ohledem na zvýšenou lomivost kostí, je nezbytné provádět především taková cvičení, kde kromě získávání kostní složky a síly svalové, přispívá cvičení i k urychlení neuromuskulární reakce a tím k předcházení vzniku poranění. Především u starých lidí, kde bývá snížená reakční odpověď žadáných svalů, je nezbytné provádět trénink balančních schopností např. senzometrickým cvičením. Lze doporučit i cvičení Tai Chi. Jedná se o vhodnou volbu pohybové aktivity zaměřené především na posílení síly svalové a zlepšení koordinačních schopností. Avšak studie hodnotící efekt této metody na množství pádů i zvýšení kostní síly jsou v rozporu. Zdá se být shoda v názoru pozitivního efektu na kostní hmotu u postmenopauzálních žen, avšak u starších osob je tento efekt nejistý (40).

Možnou novou cestou v prevenci a snižování progresu onemocnění je vibrační cvičení. Některé prováděné studie dokládají pozitivní vliv na zvýšení pevnosti kostí. Existují však dva odlišné názory na aplikaci vibrační metody. První tábor upřednostňuje využívání vibrací nízké amplitudy a vysoké frekvence, což může zvýšit osteogenetickou odpověď díky přímému mechanismu v kosti. Jeho výhoda je shledávána především v působení napětí malé intenzity, které nepřináší riziko vzniku mechanického poškození. Druhá skupina vidí hlavní úlohu ve zvýšení a udržení kostní pevnosti v působení síly svalů. V důsledku vysoké amplitudy vibrací se vylepšuje kostní síla působením svalových kontrakcí. Nicméně s porovnáním se skupinou provádějící klasická resistenční cvičení nebyla shledána vyšší efektivnost (29).

Při sestavování vedené cvičební jednotky je vhodné začít krátkou 8 až 15 minutovou zahřívací částí s využitím např. jízdy na rotopedu (1). Tato část je však určena jako přípravná fáze a nesmí být zaměňována s vlastním protektivním cvičebním programem. Ten by měl obsahovat cviky prováděné pokud možno ve vertikálním postavení, aby docházelo k dynamické stimulaci v té ose ve které je žádoucí osteoblast stimulovat. Proto využití posilovacích strojů, k zvýšení kostní pevnosti není vhodnou volbou. Cvičení by mělo převyšovat práh intenzity stimulace kostí, mělo by být relativně krátké, ale intermitentní,

vystavit neobvyklému typu zátěže na kosti, doplněné adekvátním příjmem energie, kalcia a vitamínem D3 (4).

Při sestavování pohybových programů je nutné zhodnotit aktuální stav pacienta a stádium nemoci. V akutním stadiu bolesti jsou prováděny především cviky vedoucí k redukcí bolesti. Snažíme se o dosažení optimálního zatěžování páteře. Vyrovnání svalových dysbalancí. Funkčně zkrácené svalstvo protahujeme, pak posiluje ochablé svalové skupiny. Svalstvo trupu posilujeme v tomto období především izometrickou svalovou aktivací. Dbáme o posílení hlubokého stabilizačního systému. Do cvičební jednotky zařazujeme dechová cvičení s ohledem na kyfotizaci hrudní páteře. Důležitá je i motivace pacienta k pohybové činnosti, neboť bolest mnohdy vede k pocitu strachu před pohybem, jeho omezení, čímž se uzavírá bludný kruh, vedoucí pouze ke zhoršení stavu.

V chronickém stádiu, kdy bolesti ustoupily se snažíme o zvýšení možností pohybových schopností, udržení a zlepšení jednotlivých pohybových funkcí, ovlivnění zkrácených měkkých tkání a svalových skupin. Zařazujeme cvičení se smíšenou staticko-dynamickou zátěží. Submaximální intenzity, s doplněním cviků silových. Cvičení s využitím váhy vlastního těla, jako je chůze do schodů, dřepy apod. (15).

Jako nejefektivnější účinek na kostní zisk, je uváděno využití rozdělení cvičební jednotky na dvě části po osmi hodinách. Toto se ukázalo jako optimální pro zvýšení osteogenetického potenciálu a to až o padesát procent. Další dělení cvičební jednotky však již nepřináší obdobný efekt na kostní zisk. Při nutnosti zkracování cvičení je lepší omezit čas než redukovat počet provádění (36).

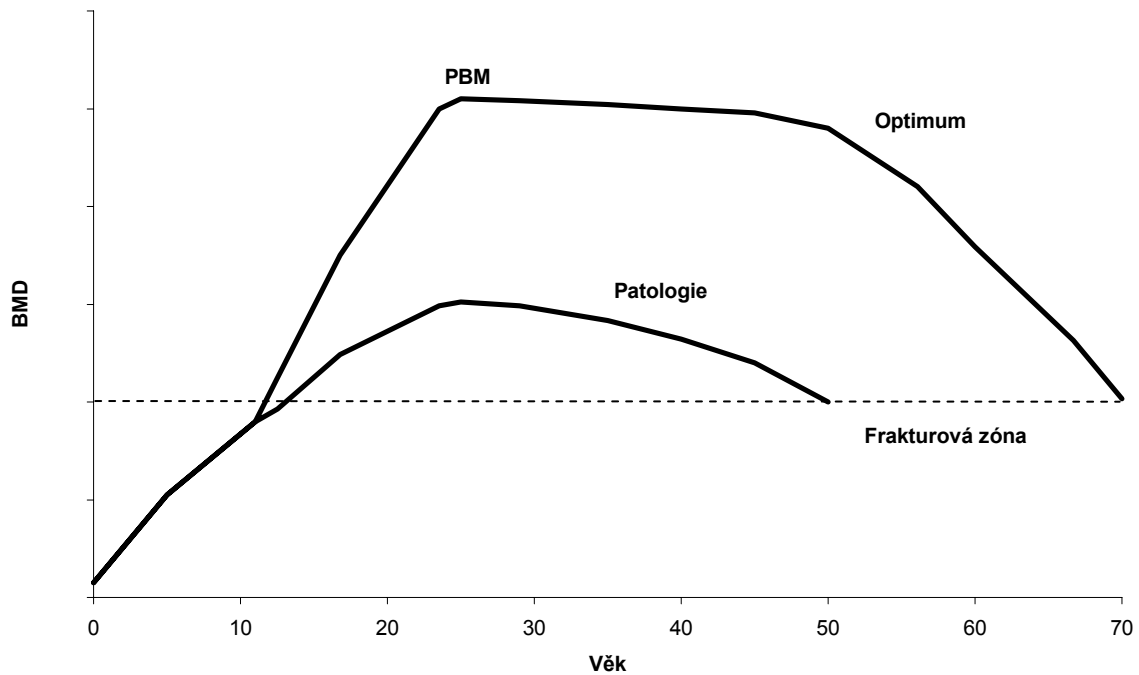
Nejzávažnější a nejčastější komplikací osteoporózy je vznik zlomeniny krčku stehenní kosti, která přináší obzvláště u starých osob vysoká rizika vzniku komplikací spojená s nutností imobilizace. Včasná rehabilitace je nezbytná součást zdravotní péče po zlomenině. Prodlužované upoutání na lůžku může zvyšovat rizika tlakových proleženin, atelaktázy,

pneumonie, zhoršení celkového zdravotního stavu, vznik tromboembolických komplikací. Včasné zatěžování pacienta po fraktuře zabraňuje vzniku komplikací a přispívá k ochraně jeho života. Studie dokládají pozitivní vliv intenzivní rehabilitace v možnosti zlepšení dlouhodobých funkčních výsledků (28).

Význam fyzické aktivity na kostní zdraví je zkoumán snad ve všech etapách lidského věku, v dětství, adolescenci, dospělosti, ve stáří. Všude, za dodržení podmínek adekvátní intenzity a za předpokladu vhodně zatěžovaného skeletu, byl zaznamenáván pozitivní účinek. Ať se zaměříme na dosažení maximální kostní hustoty, udržení její hodnoty, zlepšování koordinačních pohybů, prevenci pádů či prevenci vzniku komplikací spojených s již vzniklou zlomeninou.

## **5.2 Význam fyzické aktivity k dosažení maximální kostní hmoty u dětí a dospívajících**

K prevenci vzniku osteoporózy z velké části přispívá dosažení co nejvyššího maxima kostní hmoty (PBM) (obrázek 3). Hlavní faktor spojovaný s rizikem osteoporózy je právě dosažení vrcholu kostní hmoty během dětství a v období dospívání. Studie dokládají, že trabekulární kost se začíná ztrácet brzy ve třetí dekádě věku, zatím co kortikální se zvyšuje nebo přetrvává až do padesáti let (15).



**Obrázek 3. Závislost kostní hmoty na věku**

Mnohé studie dokládají pozitivní vliv fyzické aktivity v dětství oproti nesportujícím jedincům (13, 20, 21). Děti, které vykonávají určitou sportovní aktivitu, dosahují vyšší kostní hmoty než děti nesportující. Stimulační efekt optimální fyzické aktivity zahrnuje intermitentní namáhání skeletu způsobené vysokým rozsahem pohybů, drobnými vibracemi ze svalových kontrakcí a vibracemi předloketních kostí při „ručních“ sportech (tenis, squash) nebo míčových hrách (basketbal, volejbal). Pohyb také zvyšuje krevní zásobení svalů, a tak poskytuje zvětšení cirkulace v kostech se zvýšenou dodávkou živin, hormonů. Kostí odpovídají na působení dynamické a statické síly. Při srovnání sportovních aktivit mají vyšší pozitivní vliv sporty s vysokým nárazovým zátěžovým faktorem, odporová cvičení, posilovací cvičení, jako je gymnastika, jogging, běh, basketbal, volejbal apod. Kostní odpověď u děvčat je závislá i na věku menarche. Naproti tomu u sportů, kde je eliminováno působení gravitační síly (plavání, cyklistika), nebylo zjištěno zvýšení kostní hmoty oproti nesportujícím (4).



Při všech těchto sportovních aktivitách musí být splněny optimální podmínky správného zatěžování pohybového systému, optimální posturální stabilizace zajišťovaná vnitřní silou svalů. Vnitřní síly, které vznikají při posturální stabilizaci segmentů těla, vznikají působením zevních sil (např. tíhová síla). Tyto vnitřní síly jsou výsledkem aktivace zpevňovací (stabilizační) funkce svalů, která je řízena centrálním nervovým systémem. Účinkem posturální stabilizace je krom získání co nejstabilnějšího puncta fixa i ochrana kloubních segmentů před působením zevních sil. Žádný pohyb nelze provést bez úponové stabilizace svalu, který daný pohyb vykonává. (16).

Mluvíme-li o těchto sportech, především gymnastice, nemáme na mysli sporty vrcholové, které s sebou naopak přinášejí mnohá rizika. Gymnastky dosahují velmi často malého vzrůstu, dochází u nich k přetěžování kloubů, především kolenních a kyčelních, mívají zvýšenou bederní lordózu, propadlou klenbu nožní, zkrácené svaly. Jsou nuceny držet diety, přijímají velmi často nedostatečné množství živin, především bílkovin. Dosahují proto velmi nízkého body mass indexu (BMI), což může mít negativní vliv na opoždění menarche či vznik sekundární amenorhei (tabulka 3). Tento fakt dokládají mnohé studie sledující nejenom začátek menstruace, ale i poruchy cyklu (34, 35). A to nejen ve srovnání s nespportujícími dívkami, ale i s děvčaty provozující jiné sporty. Pozdní nástup menarche a sekundárně způsobená amenorhea má negativní dopad na dosažení peak bode mass (PBM) a pozdější horší prognózu vzniku osteoporózy. Pokud se ovšem gymnastika provádí jako zájmový sport a dívky přijímají optimální poměr živin a dosahují přiměřeného BMI, lze ji doporučit. Některé gymnastické manévry generují sílu, která je deseti až patnácti násobkem tělesné váhy. Při běžném skákání může dosáhnout síla při dopadu těla šesti až osmi násobku tělesné hmotnosti. Při chůzi a běhu síla při dopadu dosahuje až dvojnásobku tělní váhy.

V průběhu puberty se dosahuje PBM a během dvou let tohoto období adolescent získá 26% z maxima celkové kostní hmoty u dospělých. Střední puberta tak představuje relativně

krátké časové období, ve kterém lze zvýšit vrchol kostní hmoty. Odborníci se ve svých studiích pokoušeli zjistit optimální časové období největší odpovědi kostí na fyzickou zátěž (20). Hodnotili především pre a postmenarcheální dívky (15).

Srovnávací studie hodnotila výsledky studií zaměřujících se na hodnocení fyzické aktivity během střední puberty (15). Jedna studie sledovala devět měsíců dívky před a po menarche, které provozovaly step aerobic a plyometrics. Skupiny byly srovnány dle menarcheálního stavu a byl u nich sledován obsah kostních minerálů. Obsah kostní masy se zvýšil pouze u premenarchálních dívek. Ostatní studie hodnotily efekt sedmiměsíčního plyometrického cvičení na obsah kostních minerálů a množství kostní denzity (BMD) u dívek před a krátce pubertálních. Vyšší zisk byl u pubertálních dívek, ale ne u prepubertálních a oproti kontrolní skupině (14). Cvičení má velký vliv na dosažení BMD, především v době puberty (26), kdy dochází k největším rozdílům kostní masy u sportující a nesportující dospívající mládeže. Tanner uvádí, že největší vývoj kostí je v dvouročním období, které udává od 10,8 do 13,5 let (15).

Stále ovšem není přesně stanoven nejvýhodnější typ cvičení a doba jeho provozování. Doporučují se cvičení s využitím gravitace, odporová cvičení, celková posilovací činnost. Silová nálož při cvičení musí být vysokointenzivní, která má větší zisk na kostní masu než středně a nízkointenzivní. Intenzita musí být vysoká v rámci síly kostí, odporové cvičení by mělo být menší než 60% maxima, pravidelné, minimálně třikrát týdně po dobu deseti až dvaceti minut. Nejideálnějším obdobím se ukazuje být začátek puberty (15, 26).

<b><u>Optimum</u></b>	<b><u>Rizika</u></b>
Včasný nástup puberty	Neléčený hypogonadismus
Staticko-dynamická zátěž	Pozdní nástup puberty
sport s nárazy na kosti (ve směru antigravitační osy)	↓ staticko-dynamická zátěž
síla menší než 60% max.	sedavý způsob života
posilovací cvičení	imobilizace
pravidelnost	stavy omezující pohyblivost
Optimální příjem bílkovin, vápníku, fosfátu, vit. D, stopových prvků	Amenorhea
Dostatečně vysoký BMI	Příliš nízký BMI
	Malabsorpční syndrom
	Endokrinopatie

**Tabulka 3. Faktory ovlivňující získání optimálního PBM**

### 5.3 Vliv fyzické aktivity u mladých dospělých

Protože vrchol kostní masy je dosažen v období konce třetí dekády věku, je právě tato doba poslední možnou příležitostí k jejímu zvýšení. Několik studií dokládá efekt pozitivního vlivu fyzické aktivity na muže i ženy ve srovnání s kontrolní skupinou i mezi jednotlivými druhy sportovních činností (4, 15, 33). Hodnoty BMD jsou obvykle nejvyšší u sportovců, na které působí vysoká tíhová a/nebo odporová síla a nižší u sportovců, kde se vylučuje tíhová síla, jako je plavání (4, 15) (Tabulka 4).

Cvičení působí na kosti především místně. Je to dobře patrné např. u hráčů tenisu, kde se objevily bilaterální rozdíly v kostní hustotě (13-25%) oproti kontrolní skupině (1-5%) a přetrvávaly ještě další čtyři roky po skončení aktivního hraní. Zvýšení BMD na specificky zatěžovaných regionech skeletu se ukázalo i u ostatních sportů (např. gymnastika, běh, veslaři, vzpěrači) i v náhodně prováděných studiích (15, 39). I u jedinců s dříve sedavým způsobem života, adekvátní pohybová aktivita zvyšuje BMD. Musí být ale splněny faktory dostatečné intenzity zátěže, časové trvání a pravidelnost. Cvičení by mělo být prováděno minimálně tři dny v týdnu po dobu deseti až patnácti minut silou menší než 60% maxima. Především odporovým cvičením lze docílit ke změně tělesné kompozice svalové hmoty a síly. Byla

zjištěna shoda mezi svalovou masou a mezi BMD. Uvádí se např. korelace síly stisku ruky s BMD radia či BMD bederní páteře a svalstvem bederní páteře (33). Vzpěrači mají typicky vysoké procento tukuprosté masy a vyšší sílu ve srovnání s ostatními sportovci. Objevuje se u nich tudíž i vyšší BMD ve srovnání s jinými sportovci. U sportů jako je vzpírání se nárůst BMD objevuje v závislosti na zvýšení svalové masy (15).

Nicméně, ani dostatečně intenzivní fyzická aktivita, která je doporučována k optimalizaci a udržení BMD, nemusí přinést prospěch, pokud jsou přítomny hormonální nebo dietní faktory či idiopatické stavy postihující kosti. Dokladem je, dívčí (ženská) sportovní triáda zahrnující obtíže s přijímáním potravy, amenorheu, následný předčasný vznik osteoporózy (15, 35).

Plavání	Bez efektu	-----
Cyklistika	Bez efektu	-----
Chůze	Protektivní účinek před ztrátou	Bederní páteř, kyčel
Běh	Zvyšuje	Bederní páteř, kyčel
Nízko nárazové cvičení	Protektivní účinek před ztrátou (možná lehké zvýšení)	Bederní páteř, kyčel
Vysoko nárazové cvičení	Zvyšuje	Bederní páteř, kyčel
Silové cvičení	Zvyšuje	Bederní páteř, kyčel, místně dle zatížení
Tenis/ squash	Zvyšuje	Bederní páteř, kyčel, hráčova dominantní horní končetina

**Tabulka 4. Rozdíly v účincích fyzické aktivity**

#### **5.4 Význam fyzické aktivity ve středním věku a ve stáří**

Kostní hmota se po čtyřicátém roce snižuje i u zdravého člověka o 0,5% až 1% bez ohledu na pohlaví či etnickou příslušnost. Benefity fyzické aktivity zde hrají významnou úlohu hlavně při zpomalování rychlosti ztrát PBD než získávání kostní hmoty. Rychlost ztráty

je různá dle skeletární oblasti a pravděpodobně se na ní podílejí i faktory výživové, hormonální, genetické, fyzická aktivita.

U žen snížení estrogenu v menopauze zapříčiňuje rychlou kostní ztrátu. Srovnání sportujících žen před a po menopauze ukázalo, že ani vysoká fyzická aktivita nedokáže odvrátit postmenopauzální úbytek kostní hmoty. Uvádí se ale, že fyzicky aktivní ženy mají o 67% nižší riziko zlomeniny krčku stehenní kosti než ženy se sedavým způsobem života. Cvičením lze tedy podstatně snížit četnost fraktur i přes relativní úbytek kostní hmoty. Pomáhá udržet svalovou hmotu a tím i uchovávat kosti (15). Významem pohybové aktivity u postmenopauzálních žen se začali odborníci značně zabývat v posledních třiceti letech. Na rok 2005 vyhlásila Internationale Osteoporosis Foundation hlavní téma pohybovou aktivitu. Zatím ovšem neexistují přesně předepsané postupy. K doporučením se dospělo na základě mnohých studií. Cvičební programy mají zahrnovat ostrou chůzi, pomalý klus či běhání, chůzi do schodů a ze schodů, veslování, vzpírání (posilování) a cvičení zaměřené na skákání. Ačkoliv obecné závěry studií zabývajících se vlivem pohybu na kostní zdraví u postmenopauzálních žen dokládají pozitivní účinky různých typů cvičení, musí být vždy provedena dokonalá analýza pohybové činnosti s přihlédnutím k individuálním schopnostem žen a ke stupni osteoporózy. Samotná chůze jako cvičební program trvající jeden rok přinesla jen nepatrný až skoro žádný efekt na uchování kostní hmoty. Chůze se nedosáhne dostatečně intenzivního tíhového zatížení. Toto však nevylučuje možnost, že pravidelná chůze po mnoho let, působí pozitivně na uchování kostí. Mnohem většího stimulu se dosahuje při aktivitách s vyšší tíhovou zátěží, jako je chůze do schodů, jogging. Obecně se u nich nalézá pozitivnější kostní odpověď. Osteogenní odpověď zátěžového cvičení ve vertikále se jeví méně výrazná u starých jedinců než u dětí a mladých dospělých.

Byl sledován i účinek místně zvýšené zátěže v podobě nošení pěti kilogramových vest při cvičení. V místech většího tíhového zatížení byl zjištěn vyšší nárůst kostní hmoty, kost

zareagovala na cvičení zaměřené na určité místo (39). Odborníci se zabývali vlivem vibrací na kostní odpověď. Ukázal se pozitivnější efekt oproti chůzi. Největší působení však toto cvičení dosahovalo na zlepšení celkové stability (12).

Hlavní část výzkumů pohybové aktivity a osteoporózy se soustředí na ženy, neboť u mužů se ztráta kostní hmoty markantně nezvyšuje před osmdesátým až devadesátým rokem života. Výzkum efektivnosti fyzické aktivity u mužů je tudíž vzácností, ale začíná pomalu jeho důležitost stoupat, díky zvyšujícímu se počtu starých mužů. Nicméně i u mužského pohlaví se objevují stejné pozitivní výsledky fyzické aktivity na udržení kostního zdraví a platí stejná pohybová doporučení.

### **5.5 Význam fyzické aktivity v prevenci pádů a osteoporotických zlomenin**

Osteoporózou oslabená kost je ve zvýšené míře ohrožena vznikem fraktury i po minimálním traumatu. U starých mužů a žen dochází k snížení posturální kontroly, k snížení balančních schopností, snížení svalové síly, omezení rozsahu pohyblivosti dolních končetin. Pravidelnou fyzickou aktivitou lze snížit riziko zraňujících pádů (15). Madureira et al. sledoval účinek dvanácti měsíčního balančního programu u 66 starších osteoporotických žen. Výsledkem bylo zvýšení statické i dynamické stability, zlepšení mobility u starších osteoporotických žen (22).

Pády u starých osob, především trpících osteoporózou, jsou spojovány s vysokou morbiditou a mortalitou. Pády jsou zodpovědné za 90% všech zlomenin krčku stehenní kosti a jsou uváděny jako šestá nejčastější příčina mortality starých lidí (22). Silovým cvičením lze posílit svalstvo, senzomotorickým cvičením zlepšit posturální aktivitu, aby se dosáhlo co nejrychlejší reflexní odpovědi žádaných svalů. Pozitivní efekt balančního cvičení na snížení počtu pádů u starých osob bylo ověřeno několika studiemi (22). U starých osob je proto stejně

důležitá pravidelná přiměřená fyzická zátěž k udržování kostní hmoty jako zlepšování automatické reakční rychlosti žádaných svalů k udržení stability.

I zde je nezbytná pravidelnost. Optimum je minimálně třikrát týdně po dobu třiceti minut. Doporučuje se balanční trénink dynamický i statický (chůze v tandemu, po špičkách, po patách, do strany, stoj na jedné noze, stoj v tandemu apod.).

Mezi doporučovanými metodami pro zvýšení balančních funkcí patří pravidelné cvičení Tai Chi (25).

## **5.6 Pohled fyzioterapie**

Strategie fyzioterapie pro prevenci a léčbu osteoporózy musí být nezbytnou součástí osteoprotektivní terapie. Fyzioterapie nabízí možnost zlepšení některých lokálních obtíží (např. bolest, snížená funkceschopnost) a působením pozitivně na celý organismus. Všechny přístupy se snaží hlavně o udržení a vylepšení mobility a flexibility. Opakovanou stimulací se snaží upevnit stabilitu, posílit svalstvo. Speciálním cílem fyzioterapie u pacientů s osteoporózou je právě zlepšení rovnováhy, vnímání pohybového schématu a vylepšení svalové síly. Navíc, při vzniklých bolestech je tendence eliminovat bolest, nejen cíleným cvičením, ale i možností použití fyzikálních procedur (19). Typickým přínosem fyzioterapie pro pokročilou osteoporózu je při dekonfiguraci dolních končetin a vzniklé varozitě kolen péče o co nejpozdější posun patel , o periartritické spasmy.

## **5.7 Fyzická aktivita jako terapeutický princip**

Fyzická aktivita je silným stimulem pro formaci biologických tkání, moduluje jejich individuální funkce a můžeme s ní ovlivňovat svaly, kosti i nervový systém. Efektivní léčba osteoporózy pohybovou aktivitou by měla regulovat motorické funkce, edukovat pohyb a formovat strukturu.

Typ cvičení, intenzita, intervaly musí být rozvrženy podle individuálního stavu pacienta, jeho motorickým schopnostem a strukturální kvalitě kostí. Zatím co při osteopenii není nutné ve větší míře omezovat sportovní činnosti a vystačíme především se zvýšením opatrnosti při sportu, využíváním ochranných pomůcek, u osteoporózy je nutné zvážit vhodnost určitých druhů sportovní činnosti a vyhnout se jim. Jedná se především o činnosti s vysokým rizikem pádů, prudkých pohybů a dopadů jako je sjezdové lyžování.

U pacientů s osteoporózou se vyhýbáme prudkým pohybům, švihově prováděným cvikům či tvrdým dopadům. Cviky jsou prováděny především tahově. Z fyzioterapeutických metod lze využít techniky jako je propioceptivní neuromuskulární facilitace, kterou můžeme pozitivně ovlivnit motorické schopnosti. Nebo lze využít čistě izometrické svalové cvičení. Přenášené napětí ze svalů je prostřednictvím jejich úponů dále přenášeno na kosti (14).

Poněvadž při osteoporóze vzniká bolest a svalová napětí, která ji dále prohlubují, musí jít pohybová aktivita ruku v ruce s tendencí snižovat svalová stažení. Cvičením by mělo také docházet k vyrovnávání svalových dysbalancí a vylepšení celkového držení těla. Vytvoření pásu mohutnějšího svalstva kolem páteře, který by mohl pomoci odpružit na sebe doléhající obratle s meziobratlovými destičkami, což dopomůže k výraznému snížení bolestivosti především ve stoji a při pohybu (19).

Hlavní principy léčebně zaměřené pohybové aktivity lze shrnout do několika bodů:

- 1) Princip progrese- postupně zvyšovat v trvání, intenzitě a frekvenci. Aplikovaná síla musí být dostatečně vysoká, aby docházelo k potřebné stimulaci, ale nesmí překročit mez síly kostní a pojivové tkáně.
- 2) Princip reverzibility- pozitivní efekt cvičení se bude postupně ztrácet, jestliže bude cvičební program nesouvislý a přerušovaný.
- 3) Princip počátečních hodnot- počáteční nízká funkčnost nabude výrazného zlepšení.



4) Princip specifičnosti- posouzení individuálního stavu pacienta, zaměření se na dosažení určitého cíle/ cílů (kostní síla, svalová síla, flexibilita, balanční schopnosti) (14).

## 6 KAZUISTIKA

### Z anamnézy:

Žena (53 let) diagnostikovaná osteopenie na základě denzitometrického vyšetření v roce 2001.

Příčina: idiopatická postmenopauzální osteopenie.

Menarche ve 14 letech, menstruační dysfunkce nejuje, menopauza v 49 letech. Počet porodů – 2, kojení déle než 6 měsíců- ano. Užívání antikoncepce- nikdy.

Úrazy, zlomeniny, znehybnění, operace- 0

Výskyt osteoporózy v rodině neprokázán.

Další podrobná anamnéza neprokázala žádná rizika vzniku osteoporózy.

### Subjektivní obtíže:

Občasná bolestivost v oblasti lumbosakrálního přechodu.

### Fyzioterapeutické vyšetření:

#### Antropometrické vyšetření

Hmotnost těla: 58 kg

Výška: 170 cm

Délka pravé horní končetiny 77 cm

levé horní končetiny 77 cm

Délka pravé paže a předloktí 59 cm

levé paže a předloktí 59 cm

Délka pravé paže 35 cm

levé pravé paže 35 cm

Délka pravého předloktí 24 cm

levé předloktí 24 cm

Délka pravé ruky 18 cm

levé ruky 18 cm

Délka pravé dolní končetiny 84 cm

levá dolní končetiny 84,5 cm

(anatomická)

Délka pravého femuru	44 cm	levého femuru	44,5 cm
Délka pravého bérce	40 cm	levého bérce	40 cm

### Hybnost páteře

Schoberův příznak 4 cm

Stiborův příznak 10 cm

Thomayerův příznak 0 cm

Ottův deklinační index 4 cm

Ottův inklinací index -3 cm

Forestierova fleche 0 cm

Lateroflexe vpravo 28 cm

Lateroflexe vlevo 29 cm

Svalová síla v normě, kloubní pohyblivost bez omezení.

### Aspekce

Zezadu:

dolní končetiny- konfigurace v normě

levá podkolenní rýha mírně níž

levá gluteální rýha mírně níž

pánev mírně zešikmena- levá crista iliaca níž

scapulae alatae bilaterálně

lehce hypertrofický musculus trapezius bilaterálně

Z boku:

pánev držena v anteverzii

zvýšená bederní lordóza

ramena v mírné protrakci

hlava mírným předsunutým držení

Zepředu:

pánev mírně zešikmena

pupek ve středu

tělo symetrické

hlava držena v rovině

obličej symetrický

**Posturální stabilita:**

Rombergova zkouška I-III – v normě

Stoj na jedné dolní končetině- v normě

Tandem test- v normě

Chůze v tandemu- v normě

Fucuda step test- postup dopředu o 10 cm

### **Příklad cvičební jednotky:**

#### Úvodní část (zahřívací):

Různé typy chůze- rytmická chůze po místnosti/ na místě se zdviháním kolen a přidáním pohybu paží, chůze stranou, chůze střídaná s během, chůze s driblilkem basketbalovým míčem, chůze s vyhazováním míče před sebou, přehazování si míče z ruky do ruky apod.

#### Hlavní část:

Skákání snožmo, střídání zatížení nohou, skákání přes švihadlo.

Využití prvků aerobiku, překračování bedniček.

Stoj v nákročném postavení- přenášení váhy střídavě na nákročnou a odrazovou dolní končetinu.

Stoj na šíři pánve, zhoupnout se v kolenou s doprovodným pohybem horních končetin.

Stoj na šíři pánve, krátkými pohyby kmitat horními končetinami před sebou.

Cvičení s overballem- předávání si míče různě kolem těla.

Stoj na šíři pánve stáhnout břicho a hýždě k sobě, ramena a lopatky šikmo dozadu dolů k páteři, výdrž.

Stoj zády ke stěně, hlava držena zpříma, paty asi 10cm od stěny, nohy od sebe na šířku ramen, stáhnout břicho a snažit se opřít celou páteří o stěnu- pozvolna se sesouvat směrem do podřepu a zpět.

Posilovací cvičení zaměřené na hluboký stabilizační systém, využití prvků vývojové kineziologie.

### Koordináční cvičení:

Cvičení s využitím balanční úseče- stoj na obou dolních končetinách, s odlehčením jedné dolní končetiny, přecházení, vychylování z rovnováhy, stoj s vyloučením zraku.

Cvičení s využitím overballu- sed na overalu se střídavým přitahováním kolen.

Cvičení na gymnastickém míči- leh na gymnastickém míči, kontralaterálně zdvihat současně horní a dolní končetinu.

### Závěrečná část (uklidňující):

Dechové cvičení, relaxace.

Jedná se pouze o možný příklad cvičební jednotky.

Pacientka je sportovně aktivní, vzhledem k její nízké váze doporučeno nošení zátěžového batůžku při chůzi. Do volných aktivit co nejvíce zařazovat rychlou chůzi, běh apod.

### **Závěr:**

U pacientky je nezbytná péče o správnou funkci hlubokého stabilizačního systému páteře k odlehčení zátěže na postiženou oblast, vyrovnávání svalových dysbalancí.

Jelikož u pacientky není nutná výrazná fyzioterapeutická péče, je podstata cvičení zaměřena především na udržení minerální kostní hustoty.

## 7 DISKUSE

O vlivu fyzické aktivity na osteopenii a osteoporózu byly provedeny mnohé studie, hodnotící význam pohybu v období růstu, adolescence, dospělosti a stáří (4, 13, 15, 20, 21, 22, 33). Tento zájem je dán i stále zvyšujícím se procentem lidí trpících tímto onemocněním, často spojeným s komplikacemi ohrožujícími život, souvisejícími se vznikem zlomenin, ke kterým je osteoporóza predisponujícím faktorem (27). Fyzická aktivita jako možná prevence a léčba tohoto onemocnění vzbuzuje zájem mnoha odborníků na celém světě. Její dopad na kostní zdraví je všeobecně znám a uznáván.

Pokud se nejedná o vrcholové sportovce, příliš intenzivní a jednostrannou zátěž, je sledováno především pozitivní působení pohybové aktivity na kostní zdraví. Především u mladých žen může být spojen intenzivní trénink se vznikem ženské triády, zahrnující opoždění menarche a poruchy menstruačního cyklu, což je rizikem nedosažení optimální špičkové kostní hustoty (34, 35). Z toho plyne vyšší pravděpodobnost časného rozvoje osteoporózy (Obrázek 3).

Hlavní zájem je věnován, ve spojení s osteoporózou, dosažení maximální kostní hustoty a její udržení jako prevence vzniku onemocnění (13, 20, 21). O poznání méně se setkáváme s hodnocením kostní síly i na základě její struktury, protože pro to nejsou vyvinuty neinvazivní metodiky. Určování kostní síly pouze na základě měření BMD je náchylné k chybám. Je to dáno především tím, že geometrie kosti není určena kostní masou. A na kostní síle se nepodílí pouze hustota kosti nýbrž i její struktura (29).

Období dětství a adolescence je reprezentováno získáváním optimálního množství kostní hustoty k co možná nejvyššímu dosažení PBM.

V období dětství a adolescence stojí v popředí zájmu určení optimálního časového období k nejefektivnějšímu dosažení vrcholu kostní denzity. Jedná se především u dívek o pre a postmenarcheální časový úsek. Názory a výsledky některých studií se ovšem liší. Tanner udává jako optimální dobu od 10,8 do 13,5 let (15). K vyšší efektivnosti kostní odpovědi na pohybovou aktivitu v období puberty přispívá i skutečnost, že právě v této době jsou nacházeny největší rozdíly BMD mezi sportující a nespportující mládeží (26).

K inicializaci tvorby kostní hustoty zdá se být lepší rozdělit fyzickou aktivitu do dvou cvičebních bloků po 10-15 minutách, vzdálenými od sebe nejméně osm hodin, než-li do jednoho uceleného cvičebního bloku o délce 20-30 minut. Další dělení, např. do třech cvičebních bloků oddělených od sebe čtyři hodiny, nepřináší další pozitivní účinek na zvýšení kostní hustoty (36).

Z toho vyplývá, že rozdělovat fyzickou aktivitu do dvou skupin (aerobní a anaerobní cvičení) nemá z hlediska osteoporózy smysl, poněvadž je určující především dostatečný silový impuls k tvorbě kostní hmoty.

Poměrně novým přístupem v prevenci a léčbě osteoporózy je zavedení vibračního cvičení. Pozitivní efekt byl sledován v pokusech na zvířatech a již jsou i výsledky u lidí. Tato metoda ovšem rozděluje odborníky na dva tábory s odlišným názorem na amplitudu aplikovaných vibrací. První tábor se přiklání k používání vibrací s nízkou amplitudou a vysokou frekvencí, druhý zastává názor aplikace vysoké amplitudy. Přesné hodnoty ovšem nebyly uvedeny. Při porovnání vibračního cvičení s klasickým resistenčním cvičením nebyla sledována vyšší úspěšnost tohoto programu (29). Jiná studie porovnávala vliv vibračního cvičení s chůzí (12). Objevily se rozdíly ve prospěch vibrací avšak v této skupině byly postmenopauzální ženy s vyšším BMI, což mohlo významně ovlivnit výsledek studie.

Ačkoli existuje mnoho studií hodnotících vliv fyzické aktivity na kostní zdraví, stále chybí konkrétní doporučení především u lidí s již rozvinutým onemocněním. Je vždy nutná



podrobná analýza fyzické aktivity vzhledem k dopadu na individuální stav pacienta, na jeho motorické schopnosti a dovednosti, aby se předcházelo vzniku poranění důsledkem pádů apod. Nedílnou součástí jsou i případné zdravotní limitace.

Pády u lidí v důchodovém věku, především trpících osteoporózou, jsou spojovány s vysokou morbiditou a mortalitou. Pády jsou zodpovědné za 90% všech zlomenin krčku stehenní kosti (22). Silovým cvičením lze posílit svalstvo, senzomotorickým cvičením zlepšit posturální aktivitu, aby se dosáhlo co nejrychlejší reflexní odpovědi žádaných svalů. Pozitivní efekt balančního cvičení na snížení počtu pádů u starých osob byl ověřen několika studii (15, 22). Mezi doporučovanými metodami pro zvýšení balančních funkcí patří pravidelné cvičení Tai Chi (25). Účinky fyzické aktivity jsou zde spojovány spíše s udržováním svalové síly, vyrovnáváním svalových dysbalancí a balančních schopností lidí v důchodovém věku a tím předcházení vzniku zlomenin v důsledku pádů, než přímo s udržováním kostní síly (40).

U starých osob je proto stejně důležitá pravidelná přiměřená fyzická zátěž k udržování kostní hmoty jako zlepšování automatické reakční rychlosti žádaných svalů k udržení stability.

Ačkoliv existuje mnoho doporučení, týkajících se provádění fyzické aktivity jako preventivního principu, doposud nebyl stanoven přesně definovaný plán pohybové činnosti k docílení optimální špičkové kostní hustoty a její následné udržení. Za základní předpoklad pro kostní zdraví je smíšená staticko-dynamická zátěž. Názory odborníků na efektivnost fyzické aktivity se shodují v doporučení cvičení s využíváním gravitační síly s vyšším tíhovým zatížením (ve smyslu skoků, běh, gymnastika apod.) a celková posilovací činnost (4, 15, 33, 39).

O poznání obtížnější situace je u osob s vyšším stupněm osteoporotického postižení kostí u starých lidí. Obecná pravidla upozorňují na vysoké riziko vzniku fraktur a nutnost zvýšené opatrnosti (15, 22). Nelze doposud jednoznačně určit vhodné a nevhodné sportovní

činnosti k určitému stupni osteoporotického postižení. Tento fakt vyplývá pravděpodobně i z nemožnosti přesného stanovení kostní síly denzitometrickým vyšetřením a jak již bylo výše napsáno, je třeba přihlídnout k individuálním motorickým dovednostem a případným zdravotním limitacím pacienta.

Ačkoliv existuje mnoho studií pojednávajících o vlivu fyzické aktivity na kostní zdraví, prevenci a vznik osteoporózy, nikde není přesně napsáno a dáno, jaké cviky se mají dělat při osteoporotickém postižení. Předkládají lékařům, fyzioterapeutům a ostatním odborníkům obecné návrhy a doporučení vhodných pohybových programů. Zůstává na jejich zvážení a dosavadním zkušenostem určení správného postupu.

## 8 ZÁVĚRY

Zvýšeného zájmu si osteoporóza vysloužila především díky neustále se zvyšující prevalenci a celosvětovému výskytu. Někteří autoři ji nazývají epidemií a zastává pevné místo mezi hlavními celosvětovými zdravotními problémy.

Navíc, pokud je vhodně volená a nejedná se o vrcholové sportovce, nepředstavuje žádná vedlejší rizika ani finanční nedostupnost.

Fyzická aktivita přináší prospěch pro kostní zdraví pro celé věkové spektrum. Existují jasné důkazy z prováděných studií, že vhodně volenou pohybovou aktivitou, především tou, která generuje poměrně vysokou tíhovou sílu (gymnastika, běh apod.), lze docílit zvýšení minerální kostní denzity v období dětství a adolescence a následně získat optimální vrchol kostní denzity. Navíc bylo několikrát potvrzeno, že tento zisk kostní hmoty se uchovává i v dospělosti. Vhodně prováděná fyzická aktivita v dětství přispívá k udržení dlouhodobého kostního zdraví. Avšak stále chybí do detailu popsané cvičební doporučení, které by vykazovalo nejvyšší zisk kostní hmoty.

Poněvadž vrcholu kostní hmoty je dosaženo přibližně ve 25 letech, je nezbytné udržovat toto množství i v dospělosti. Zájem je kladen především na ženy po menopauze, které jsou ohroženy rychlou kostní ztrátou z důvodu úbytku estrogenů. Navíc kromě snižování kostní hmoty je se stářím spojeno i oslabení svalové síly, ztráta balančních schopností a následná vyšší náchylnost k pádům a vzniku zlomenin.

Mezi všeobecná doporučení patří cvičení s využitím zemské gravitace, které generuje poměrně velkou dopadovou sílu, resistenční cvičení a celková posilovací činnost. Lze tedy souhrnně říci, že se jedná o kombinaci aerobního a vytrvalostního cvičení. Ve stáří pak s přidáním tréninku koordinačních schopností. Ačkoliv bylo provedeno mnoho výzkumů na

toto téma, jasné doporučení zatím chybí a je proto nutno zabývat se touto problematikou i v budoucnu, zejména i díky stále se zvyšujícímu sedavému způsobu života.

## 9 SOUHRN

Osteopenie a následně vzniklá osteoporóza se dostává do popředí zájmu v důsledku jejího nárůstu v populaci. Jedná se o celosvětový problém. Fyzická aktivita patří mezi hlavní faktory ovlivňující průběh a vznik onemocnění. Vhodně prováděnou pohybovou činnost lze dnes zařadit mezi běžné postupy v profylaxi a léčbě. Je prokázán mnohými studii pozitivní vliv fyzické aktivity v období dětství a adolescence, především na dosažení optimálního maxima kostní hmoty. Stejně tak v udržování a ochraně před ztrátou, zejména u postmenopauzálních žen, jsou jasné důkazy o jejím ochranném charakteru. U starých lidí pak především přispívá k snížení rizik pádů.

Ve všech etapách lidského života má fyzická aktivita prospěšný charakter.

## **10 SUMMARY**

Osteopenia and its consequences osteoporosis is currently receiving increasing attention thanks to increasing among the population. It is a worldwide problem. Physical activity is the main factor affecting process and beginning of disease. Properly executed activity is used as common procedure at prophylaxis and treatment. It is proved by many studies that there is a positive effect of physical activity on reaching the peak of bone mass as well as maintaining and preservation BMD. There is evidence of protective character especially at postmenopausal women. Physical activity conduce to prevention of fall at elders.

Physical activity has beneficial effects on bone health across the age spectrum.

## 11 REFERENČNÍ SEZNAM

1. ASHE, M. C., and M. K. KHAN. Exercise Prescription. *Journal-of-the-American-Academy-of- Orthopaedic-Surgeons*. 12:21-27,2004.
2. BARON, R. (2006). Anatomy and ultrastructure of bone – histogenesis, growth and remodeling. *Endorsed and Recommended by the American Association of Clinical Endocrinologists*. Retrieved 21.1. 2007 from [www.endotext.com](http://www.endotext.com).
3. BLAHOŠ, J., V. ZAMRAZIL, et al. Kalciotropní hormony a řízení kalciofosfátového etabolismu (Blahoš). *Endokrinologie* (103-115). Praha: Triton, 2006.
4. BORER, K. T. Physical activity in the Prevention and Amelioration of Osteoporosis in Women. *Sports Medicinæ*. 35:779-830, 2005.
5. BONNER, F. J. General Principles of Therapeutic Exercise. *Osteoporosis International*. 14:6-8, 2003.
6. BORER, K. T. Physical activity in the Prevention and Amelioration of Osteoporosis in Women. *Sports Medicinæ*. 35:779-830, 2005.
7. DUNGL, P. et al. Stavba a funkce (Dungl). *Ortopedie* (385-391). Praha: Grada, 2005.
8. DYLEVSKÝ, I., R. DRUGA, O. MRÁZKOVÁ. Kostra (56-67). *Funkční anatomie člověka*. Praha: Grada, 2000.
9. FÖLSCH, U. R., K. KOCHSIEK, R. F. SCHMIDT. Kosti a vápník (Ziegler). *Patologická fyziologie* (445-457). Praha: Grada, 2003.
10. GANONG, W. F. Hormonální řízení metabolismu vápníku a fyziologie kostí (Schreiber). *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Galén, 2005.
11. GOLTZMAN, D. (2005). Approach to hypercalcemia. *Endorsed and Recommended by the American Association of Clinical Endocrinologists*. Retrieved 21.1. 2007 from [www.endotext.com](http://www.endotext.com)
12. GUSI, N., A. RAIMUNDO, and A. LEAL. Low- frequenci vibratory exercise reduces

- the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 7:92, 2006.
13. HIND, K. and M. BURROWS. Weight-bearing exercise and bone mineral accrial in children and adolescents: a rewiw of controlled trials. *Bone*. 40:14-27, 2007.
  14. KHOSLA, S. (2005). Osteoporosis: Clinical evaluation. *Endorsed and Recommended by the American Association of Clinical Endocrinologists*. Retrieved 21.1. 2007 from [www.endotext.com](http://www.endotext.com).
  15. KOHRT, W. M., S. A. BLOOMFIELD, K. D. LITTLE, E. M. NELSON, and V. R. YINGLING. Physical Activity and Bone Health. *Sports Medicine*. 1985-1996, 2006.
  16. KOLÁŘ, P. Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce svalů- diagnostika. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 4:155-170, 2006.
  17. KOLÁŘ, P. Vadné držení těla z pohledu posturální ontogeneze. *Pediatric pro praxi*. 3:106-109, 2002.
  18. KRHUTOVÁ, Z. Metabolická onemocnění skeletu- osteoporóza. *Unify*. 96:1-16, 2004.
  19. LANGE, U., J. TEICHMANN, J. STRUNK, U. MUELLER-LANDNER, C. UHLEMANN. Exercises and physioterapeutic strategie for preventingand treating osteoporosis. *EUR Medicophys*.41:73-81, 2005.
  20. MacKELVIE, K. J., K. M. KHAN, and McKAY. Is these a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? a systematici review. *British Journal of Sports Medicine*. 36:250-257, 2002.
  21. MacKELVIE, K. J., M. A. PETTIT, K. M. KHAN, T. J. BECK and H. A. McKAY. Bone mass and structure are enhanced following a 2- years randomized controlled trial of exercise in prepubertals boys. *Bone*. 34:755-764, 2004.
  22. MADUREIRA, M. M., L. TAKAYAMA, A. L. GALLINARO, V. F. CAPARBO, R. A. COSTA, and R. M. R. PEREIRA. Balance training program is highly effective in



- improving functional status and reducing the risk of falls in elderly women with osteoporosis: a randomized controlled trial. *International Osteoporosis Foundation and National Osteoporosis Foundation*. 18:419-425, 2007.
23. MAGNUS, K. Has exercise an antifracture efficiency in women? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 14:2-15, 2007.
24. McPHEE, S. J., W. F. GANONG, et al. Disorders of the Parathyroids & Calcium Metabolism (Shoback, Selmeyer). *Pathophysiology of Disease*. Lange, 2006.
25. PEDERSEN B. K., and B. SALTIN Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease Scandinavian. *Journal of Medicine & Science in Sports*. 16:3-63, 2006.
26. PETTIT, M. A., H. A. MacKAY, K. J. MacKELVIE, A. HEINONEN, K. M. KHAN, and T. J. BECK. A randomized school based jumping intervention confers site and maturity-specific benefits on bone structural properties in viros: a hip structural analysis study. *Journal of Bone Mineral research*. 17:363-372, 2002.
27. POOLE, K. E. S., J. E. COMPSTON. Osteoporosis and its management. *British Medical Journal*. 333:1251-1256, 2006.
28. RAO, S. S., and M. CHERUKURI. Management of Hip Fracture: The Family Physician's Role. *Family Physician*. 73:2195-2200, 2006.
29. RITTWEGER, J. Can exercise prevent Osteoporosis? *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interacion*. 6:162-166, 2006.
30. ROSEN, C. J. (2004). The epidemiology and pathogenesis of osteoporosis. *Endorsed and Recommended by the American Association of Clinical Endocrinologists*. Retrieved 21.1. 2007 from [www.endotext.com](http://www.endotext.com).
31. SILBERNAGEL, S., F. LANG. Patofyziologie kosti (Lang). *Atlas patofyziologie člověka*. Praha: Grada, 2001.

32. STENGEL, S. V., W. KEMMLER, R. PINTAG, C. BEESKOW, J. WEINECK, D. LAUBER, W. A. KALENDER, and K. ENGELKE. Power training is more effective than strength training for maintaining bone mineral density in postmenopausal women. *Journal of Applied Physiology*. 99:181-188, 2005.
33. TODD, J. A., and R. J. ROBINSON. Osteoporosis and exercise. *Postgraduate Medicine*. 79:320-323, 2003.
34. TORSTVEIT, M. K., and J. SUNDGOT-BORGEN. Participation in leannes sports but not training volume is associated with menstrual dysffunction: a national survey of 1276 elite athletes and controls. *BMJ Publishing Group Ltd & British Association of Sport and Exercise Medicine*. 39:141-147, 2005.
35. TORSTVEIT, M. K., and J. SUNDGOT-BORGEN. The female athle triad: are elite athletes at increased risk? *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 37:184-193, 2005.
36. TURNER, C. H., and A. G. ROBLING. Exercise for improving bone strength. *Journal of Sports Medicine*. 39:188-189, 2005.
37. VÉLE, F. Řetězení činnosti svalů. *Kinezioterapie* (313-328). Praha: Praha, 2006.
38. WILKINS, C. H., and S. J. BIRGE. Prevention of osteoporotic fractures in elderly. *The American Journal of Medicine*, 118:1190-1195, 2005.
39. WINTERS-STONE, K. M., and C. M. SNOW. Site-specific response of bone to exercise in premenopausal women. *Bone*. 6:1203-1209, 2006.
40. WOO, J., A. HONG, E. LAU, H. LYNN. A randomised controlled trial of Tai Chi and resistance exercise on bone health, muscle strength and balance in community-living elderly people. *Age and Ageing Advance Access*, 2007.
41. <http://www.sk.wikipedia.org>

