

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

**Trendy v tělesné výšce vrcholových sportovních gymnastek
ve srovnání tří po sobě jdoucích generací.**

diplomová práce

Autor: Bc. Anežka Pospíšilová

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

Praha 2015

Bibliografický záznam

POSPÍŠILOVÁ, Anežka. *Trendy v tělesné výšce vrcholových sportovních gymnastek ve srovnání tří po sobě jdoucích generací*. Praha: Karlova Univerzita, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2015. 101 stran. Vedoucí diplomové práce RADVANSKÝ, Jiří.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Bc. Anežka Pospíšilová

Název diplomové práce: Trendy v tělesné výšce vrcholových sportovních gymnastek ve srovnání tří po sobě jdoucích generací.

Pracoviště: Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

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

Rok obhajoby diplomové práce: 2015

Abstrakt:

Neexistuje jednotný názor, jestli je finální tělesná výška sportovních gymnastek ohrožena excesivními tréninky od útlého dětství. Diplomová práce má za cíl porovnat trend finální tělesné výšky vrcholových sportovních gymnastek tří po sobě jdoucích generací s populačním trendem jejich vrstevnic. Auxologická data a související informace jsme získali od 49 vrcholových sportovních gymnastek prostřednictvím dotazníků. Všechny byly členkami národního reprezentačního týmu. Zjistili jsme, že gymnastky jsou statisticky významně menší než jejich vrstevnice, ale zároveň všechny naplnily svůj dědičný růstový potenciál. Finální tělesná výška gymnastek se mezigeneračně zvyšovala stejně jako u průměrné dívčí populace. Podle percentilových růstových křivek je pro gymnastky typické konstituční opoždění růstu. Věk menarché byl u dvou nejmladších generací gymnastek statisticky významně vyšší než u průměru populace. Z našich výsledků vyplývá, že sportovní gymnastky nejsou menší z důvodu excesivní zátěže od dětského věku, ale z důvodu genetických predispozic malého vzrůstu, který je pro tento sport výhodný.

Klíčová slova: tělesná výška, sportovní gymnastky, menarché, tělesný růst, vrcholový sport

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Bibliografická identifikace v angličtině

Author's first name and surname: Bc. Anežka Pospíšilová

Title of the master thesis: Trends in human height of elite female artistic gymnasts in comparison with three consecutive generations.

Department: Department of rehabilitation and sports medicine

Supervisor: Doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.

The year of presentation: 2015

Abstract:

There is no common opinion, if the final height of female artistic gymnasts is jeopardized due to excessive training from early childhood. The aim of this master thesis is to compare a trend in human height of artistic gymnasts in three consecutive generations. Auxologic and related information were obtained from 49 elite artistic gymnasts via questionnaire. All were the members of national team. We figured out that artistic gymnasts are statistically smaller than their same-age peers. However, all of them have reached their genetically determined growth potential. The final height of artistic gymnasts across generations was increasing as well as the average female population. According to growth charts, constitutional delay is typical for artistic gymnasts. The age of menarche was statistically higher in the two youngest generations in comparison with the average age of their peers. According to our results, artistic gymnasts are not smaller due to excessive training from childhood, but on the grounds of genetic predisposition for small stature, which is favorable for this sport.

Keywords: human height, artistic gymnasts, menarche, human growth, professional sport

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

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Doc. MUDr. Jiřího Radvanského, CSc., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita pro získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 4. května

Anežka Pospíšilová

Poděkování autora

Děkuji především Doc. Jiřímu Radvanskému, že mě inspiroval k napsání této diplomové práce, za podnětné nápady a kritické připomínky. Děkuji mu nejen za milé vedení mé práce, ale také za srdečný a velice motivující přístup během všech pěti let studia na fakultě.

Děkuji Doc. Haně Krásničanové za upřímný zájem o mé téma a cenné rady. Děkuji za poskytnutí programu Kompendia ke zpracování percentilových růstových grafů a půjčení jednak vzácných tak cenných knih o antropologii.

Děkuji našim gymnastkám, které ochotně věnovaly svůj čas a vyplnily poměrně obsáhlý dotazník a děkuji Matyldě Růžičkové, Evě Nyklové a Kristýně Pálešové za poskytnutí fotografií k obohacení mé práce.

Děkuji mé sestře Elišce za její podporu v závěrečné fázi psaní práce.

A konečně největší dík patří mému milovanému Jirkovi, za VŠECHNO!

PŘEHLED ZKRATEK

ACTH	adrenokortikotropní hormon
ATP	adenosintrifosfát
BMI	index tělesné hmotnosti
BMC	obsah kostního minerálu
BMD	kostní hustota
CP	kreatinfosfát
GnRH	hormon uvolňující gonadotropin
GP	metoda hodnocení skeletálního věku dle Greulycha a Pyla
DHEA	dehydroepiandrosteron
DHEAS	dehydroepiandrosteron sulfát
ER α	estrogenový receptor α
ER β	estrogenový receptor β
FSH	folikuly stimulující hormon
HAC	hormonální antikoncepce
HRT	hormonální substituční terapie
IGF-1	inzulinu podobný růstový faktor-1
IL-6	interleukin-6
LH	luteinizační hormon
MČR	mistrovství České republiky
ME	mistrovství Evropy
MS	mistrovství světa
MZ	závod s mezinárodní účastí
NPY	nukleopeptid Y
OH	olympijské hry
OHDM	olympiáda dětí a mládeže
OHN	závod olympijských nadějí
PPP	porucha příjmu potravy
P	percentil
TW1	metoda hodnocení skeletálního věku dle Tannera a Whitehouse č. 1
TW2	metoda hodnocení skeletálního věku dle Tannera a Whitehouse č. 2
TW3	metoda hodnocení skeletálního věku dle Tannera a Whitehouse č. 3

OBSAH

PŘEHLED ZKRATEK	6
1 ÚVOD	9
2 PŘEHLED POZNATKŮ	11
2.1 Tělesná výška	11
2.1.1 Sekulární trend tělesné výšky.....	11
2.1.2 Tělesná výška v průběhu dospívání	13
2.1.3 Fyziologické růstové vzorce.....	13
2.1.4 Měření tělesné výšky.....	15
2.1.5 Finální tělesná výška a její predikce	16
2.1.6 Role hormonů během pubertálního růstu do výšky	17
2.2 Menarché.....	18
2.2.1 Menarché ve spojitosti s dalšími projevy puberty a kostním věkem	18
2.2.2 Energetická bilance a menarché	20
2.2.3 Role hormonů v nástupu menarché.....	20
2.2.4 Primární a sekundární amenorea	23
2.2.5 Následná rizika spojená s předčasnou a pozdní menarché.....	23
2.2.6 Determinanty věku menarché.....	26
2.3 Sportovní gymnastika.....	29
2.3.1 Charakteristika zátěže	29
2.3.2 Fyziologie zátěže.....	30
2.3.3 Patofyziologie zátěže – syndrom nevysvětlitelného poklesu výkonnosti	33
2.3.4 Vliv zátěže na kostní hmotu	34
2.3.5 Vliv zátěže na menstruační cyklus	36
2.3.6 Sportovní gymnastika z antropologického úhlu pohledu.....	36
3 CÍLE A HYPOTÉZY	38
3.1 Cíle	38
3.2 Hypotézy	38
4 METODIKA.....	40
4.1 Rešerše	40
4.2 Citace.....	40
4.3 Dotazníková šetření.....	40
4.4 Statistické zpracování.....	42
4.5 Percentilové růstové grafy.....	42
5 VÝSLEDKY	43
6 DISKUZE.....	65

7 ZÁVĚR.....	79
8 REFERENČNÍ SEZNAM.....	81
9 PŘÍLOHY.....	90

1 ÚVOD

V dnešní době je směřována stále větší pozornost na provádění sportovních aktivit během dětství. Na jednu stranu souvislosti mezi inaktivitou a nemocemi, jako je například obezita, jsou všem dobře známé. Na druhou stranu přibývá dětí, které se velmi brzy specializují do určitého sportu a stávají se vrcholovými sportovci. Dětské tělo je na rozdíl od dospělého vystaveno jiným podmínkám; stále se vyvíjí a roste a na povrch vyplývají otázky, jestli může extrémní zátěž rostoucí organismus dočasně nebo trvale ovlivnit. Dalším významným rozdílem mezi profesionálními adultními sportovci a dětskými vrcholovými sportovci je ten, že pro dospělé je sport živnost, v rámci tréninků mají prostor pro regeneraci a relaxaci, zatímco děti mají povinnou školní docházku a často jim žádný čas na kompenzaci zátěže nezbývá. Stále větší nároky na výkonnost sportovců v období dětství a dospívání zvyšují obavy ohledně bezpečnosti vrcholového sportu.

Diplomová práce je orientována na vrcholové sportovní gymnastky, sportovkyně, které začínají s tréninkovými jednotkami v útlém věku, velmi brzy se jim náročnost a intenzita zátěže zvyšuje a svých nejlepších výsledků dosahují často premenarcheálně. Široká veřejnost zaznamenala, že pro tyto dívky je typický menší tělesný vzrůst.

V rámci této práce jsme hledali odpovědi na otázky, jestli jsou sportovní gymnastky menšího tělesného vzrůstu než jejich vrstevnice, jestli dosáhly dívky svého růstového dědičného potenciálu, nebo nedosáhly a jsou menší z důvodu excesivní zátěže. Budeme porovnávat tři po sobě jdoucí generace sportovních gymnastek. V nejstarší generaci jsou gymnastky okolo věku Věry Čáslavské (cca 70 let věku), všechny olympioničky. Prostřední generace jsou gymnastky, které jsou nyní ve věku před menopauzou, kromě jedné to jsou také olympioničky. Do nejmladší kategorie byly zařazeny nejlepší závodnice České republiky, které již dosáhly své finální adultní tělesné výšky. Budeme zjišťovat rozdíly v tělesné výšce napříč generacemi. Bereme v potaz sekulární trend tělesné výšky, proto budeme jednotlivé gymnastky hodnotit podle toho, jaké průměrné tělesné výšky dosáhly jejich vrstevnice. Výsledky porovnáme s hodnotami biologických rodičů, abychom zjistili, jestli gymnastky dovršily nebo nedovršily midparentálního rozpětí. Kromě tělesné výšky se zaměříme i na jiné vývojové parametry. Například menarché, jedinečný externí znak peripubertálního období, v kontextu s načasováním puberty biologické matky. Budeme porovnávat trendy v charakteru zátěže, jestli se například věkové rozpětí gymnastické kariéry a intenzita tréninků mezigeneračně nějak liší.

V diplomové práci se setkáme s teoretickými poznatky, které se zabývají tělesným vývojem během dospívání dívek se zřetelem na pubertální období. Kromě tělesné výšky se budeme věnovat i fyziologickým dějům a znakům tohoto období. Rozvedeme zde charakteristiku zátěže během sportovní gymnastiky a antropologické parametry gymnastek. V dalších částech pak budeme rozebírat samotný výzkum, metodiku zpracování a interpretaci výsledků společně s jejich diskutováním a závěrem.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Tělesná výška

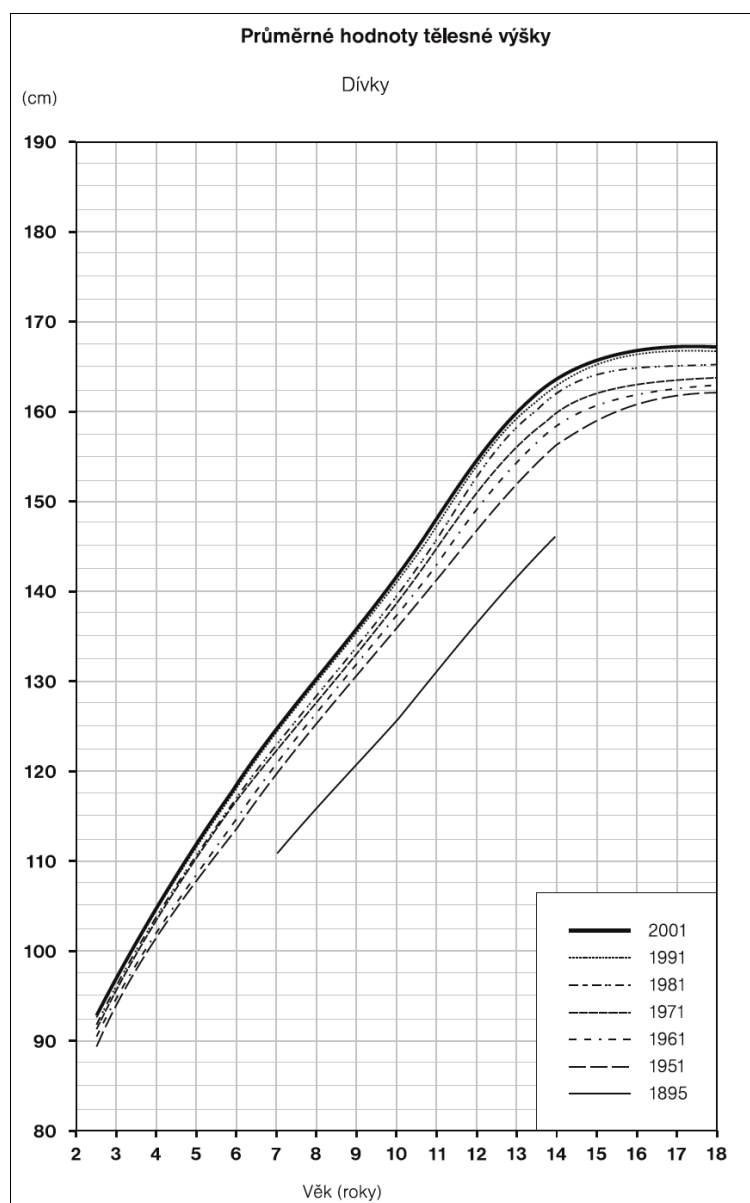
2.1.1 Sekulární trend tělesné výšky

Antropologické studie zabývající se tělesnou výškou na území České republiky mají poměrně dlouholetou tradici sahající až do 19. století. Vůbec první měření tělesné výšky provedl roku 1895 pediatr a antropolog Matiegka. Pravidelné celostátní antropologické výzkumy začaly od roku 1951 a měření se opakovalo každých deset let. Poslední sběr dat se odehrál v roce 2001. (1) Bohužel neexistují údaje z roku 2011, ale vše nasvědčuje tomu, že proces vývoje tělesné výšky je u konce a hodnoty zůstanou neměnné. Na základě dat všech zmíněných celostátních výzkumů byla provedena analýza vývoje tělesné výšky v čase. Obrázek č. 1, strana 12, ukazuje graf závislosti tělesné výšky dívek na roce narození, který naznačuje jasný trend rostoucích hodnot. (2)

Záznamy antropologických jsou nám bohatým zdrojem informací ohledně růstu a vývoje napříč generacemi. Stejně jako u ostatních vyvinutých evropských zemí u nás sledujeme trend postupného zvyšování tělesné výšky u dětí, adolescentů i dospělé populace a celkové urychlení tělesného vývoje s dřívějším pohlavním dospíváním. (2) Počátky populačního růstu mají kořeny spojeny s průmyslovou revolucí. (3) Průměrná finální výška žen je v současnosti o 10 cm vyšší, než byla v roce 1895 a u mužů dokonce o 12 cm. (2) Tento sekulární trend je vysvětlován stále se modernizující civilizací a je souhrnem genetických vlivů a environmentálních faktorů. Během minulého století, s velkým pozitivním mezníkem v roce 1989 – Sametovou revolucí, se postupně vyvíjela a zkvalitňovala zdravotní péče, sociální zabezpečení, výživa a vzdělání. Celkově máme nyní lepší životní podmínky a zvyšování tělesné výšky populace je logickým důsledkem těchto změn. Zdá se, že v současné době máme zevní podmínky tak uspokojivé, že můžeme zcela naplnit náš dědičný růstový potenciál. Tato realizace se projevuje postupným zpomalováním sekulárního trendu. V posledních dekádách můžeme pozorovat jen nepatrné změny v antropologických parametrech. (4) Zatímco finální výška dosáhla u obou pohlaví svého stropu, v růstovém profilu dětí můžeme ještě sekulární změny očekávat. (5)

Antropologové raději hovoří o sekulárních změnách než o sekulárním trendu. (5) Ne vždy se jedná o vzestupné tendence jako je tomu v případě evropských zemí. (5-9) Některé národy méně vyvinutých zemí mohou ze sekulárního hlediska stagnovat. Za příklad nám zde mohou

sloužit Tahit'ané žijící na poměrně izolovaných ostrovech Francouzské Polynésie. (10) Jinde mohou být dokonce tendence propadat se na nižší hodnoty tělesné výšky, jak je tomu u některých kmenů ve střední a jižní Africe.(11) Mezi etnickými skupinami můžeme sice zaznamenat rozdílné charakteristiky v tělesných hodnotách, ale jakmile děti vyrůstají ve stejných podmínkách, jejich rozdíly se minimalizují. (12) Sekulární trend může být ovlivněn i přirozeným výběrem, jak je tomu u nejvyšší populace světa – Holanďanů. Vysoké ženy mají vyšší porodnost a také si přednostně vybírají vysoké muže. Tento přirozený výběr v kontextu s dobrými životními podmínkami vytvořil v Nizozemsku nejvyšší národ. (13)



Obrázek č. 1: Sekulární trend tělesné výšky dívek na území České republiky. Graf znázorňuje průměrné hodnoty tělesné výšky dívek v průběhu dospívání v letech 1895, 1951, 1961, 1971, 1981, 1991 a 2001 na území České republiky. (2)

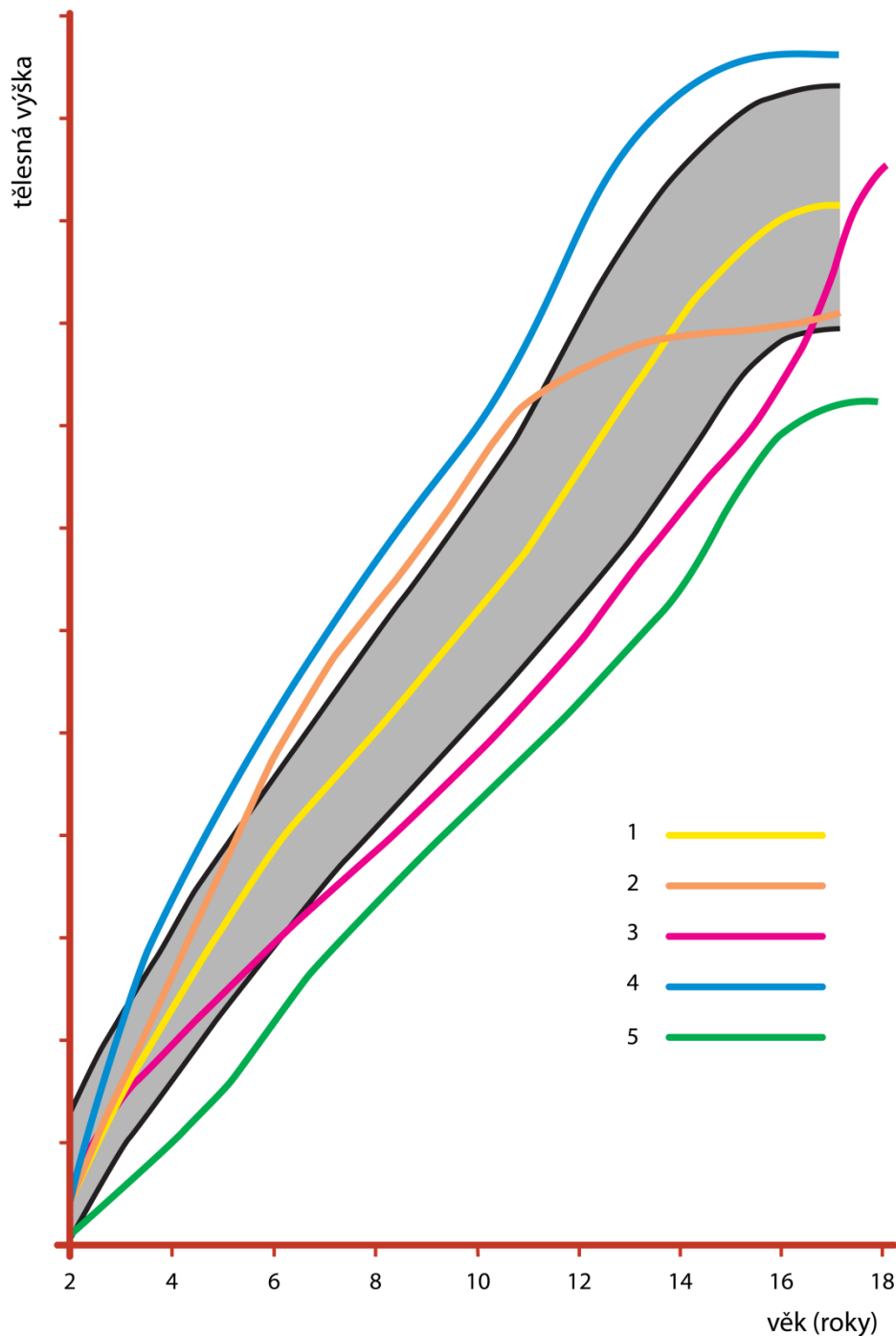
2.1.2 Tělesná výška v průběhu dospívání

Tělesná výška je nejčastěji používaným ukazatelem růstu. Zaznamenáním jejích hodnot od narození do dospělosti získáme růstovou křivku. K hodnocení růstu a vývoje pak používáme *percentilový růstový graf tělesné výšky*, který uvádí tělesnou výšku vzhledem k věku (příloha č. 1, strana 90). Podkladem jsou národní referenční studie, během kterých jsou měřeny tisíce dětí. Percentilový růstový graf je vymezen v pásmu širší normy růstu, tedy mezi 3. a 97. percentilem. Při zakreslení tělesné výšky do grafu máme okamžitě představu, jak na tom jedinec je v porovnání s jeho vrstevníky. Během souvislého zakreslování do grafu by měl jedinec od druhého roku života zůstat na svém daném percentilu. Hodnocení jakékoli odchylky musíme interpretovat opatrně, protože jsou individuální výkyvy pro ty, kteří maturují rychleji nebo pomaleji než je průměr. (14) Během dlouhodobé nemoci nebo malnutrice může dojít k posunu na růstovém grafu směrem k nižšímu percentilu. Po překonání obtíží dochází k návratu k percentilu, determinovaného dědičným růstovým potenciálem. Tanner, snad nejvěhlasnější světový auxolog, tento proces nazývá *kanalizace*. Každý má determinovanou svou dráhu růstu – „kanál“. Po odstranění příčiny omezující tělesný vývoj, dochází k akceleraci růstu. Tento fenomén nazval švýcarský pediatr Prader jako *catch-up* růst. Opakem je takzvaný *lag-down* růst, kdy dochází k posunu na růstovém grafu směrem dolů. (15) Můžeme ho například pozorovat v případě, když vysoká matka porodí dítě malému otci, dítě bude zprvu velké a poté se bude kanalizovat do svého nižšího percentilu.

2.1.3 Fyziologické růstové vzorce

Růst jedince se vyznačuje určitou fyziologickou variabilitou. Načasování puberty, růstový spurt a dosažení finální výšky se interindividuálně liší. Je třeba umět rozlišit různé fyziologické variace růstového tempa od růstových poruch. Na obrázku č. 2, strana 14, je vyznačeno 5 základních fyziologických vzorců. Průměrný jedinec (vzorec 1) je po celou dobu dospívání na stejném percentilu v pásmu širší normy. Časná puberta s dřívějším růstovým výšvihem než u vrstevníků je charakteristická brzkým uzavřením růstových štěrbin a podprůměrnou finální výškou (vzorec 2). Naopak jedinci dospívající později mají

prolongované období dětství, jsou dlouhou dobu menší než vrstevníci, ale růstovým spurtem se dostanou na průměrnou či nadprůměrnou hodnotu tělesné výšky (vzorec 3). Růstové vzorce 4 a 5 ukazují tempo růstu jedinců s geneticky podmíněnou nadprůměrně či podprůměrně vysokou postavou. Bez přítomnosti další odchylky jsou všechny tyto trendy růstu v rámci normy. (15)



Obrázek č. 2: Základní fyziologické vzorce růstu. 1. Průměrný jedinec, 2. Konstituční urychlení růstu a puberty, 3. Konstituční opožďení růstu a puberty, 4. Familiárně vyšší vzrůst, 5. Familiárně menší vzrůst. (16) Upraveno.

2.1.4 Měření tělesné výšky

Pro správnou interpretaci hodnot tělesné výšky je podmínkou přesné a bezchybné měření. U dětí do dvou let probíhá měření takzvané tělesné délky vleže na zádech pomocí bodymetru, kdy jedna osoba přidržuje hlavičku v kontaktu s pevnou deskou a druhá osoba udržuje nožičky v kontaktu s posuvnou deskou, od které se následně odečtou hodnoty délky. Od dvou let do dospělosti se měří tělesná výška ve stoji pomocí stadiometru. Přejít od polohy vleže do polohy ve stoje může ukázat na růstové křivce mírný „zub“, který je zcela normální a neznáčí propad na nižší hodnoty. Stadiometr je připevněn na stěně a na jeho ose je umístěna pohyblivá hlavice, která se při měření dotýká vertexu, od níž můžeme odečíst hodnoty tělesné výšky. Podstatnou roli hraje nejen ten, který výšku hodnotí, ale také samotný měřený. Korekci stoje provádí od nohou, vždy stojí bosý s patami i špičkami u sebe. Dolní končetiny jsou natažené a trup s hlavou vzpřímený. Paty, hýždě i lopatky se dotýkají stěny stadiometru. Hlava je v takzvané frankfurtské horizontále, dané spojnicí dolního okraje očníce a zevního zvukovodu. Tělesná výška jedince značí vzdálenost bodu vertexu od podložky a určujeme ji s přesností na jeden milimetr. Alternativa měření může proběhnout pomocí antropometru, který je však více vhodný pro měření jednotlivých částí těla než těla jako celku. V praxi se setkáme ještě s používáním pásové míry, která by se měla používat jen improvizovaně v případech, není-li jiná možnost. (17)

Tělesná výška s přibývajícím dnem fyziologicky osciluje. U dospělých dochází ke snižování postavy v důsledku zátěže meziobratlových plotének, které ztrácejí svou hydrataci a tím i svou výšku, přibližně v rozsahu 10 %. (18) Diurnální variace výšky je v průměru 7–8 mm, maximum se uvádí 20 mm. Rozdíl v tělesné výšce nacházíme u dospělých také při měření vleže a ve stoje, kdy hodnota stojícího člověka je až o 20 mm nižší. Vleže se však u dospělých měří zcela výjimečně a to jen pokud tělesný stav nedovolí jinak. (14) U dětí výška během dne také osciluje, nicméně ne tak výrazně. Během studie, které se zúčastnilo téměř 500 dětí ve věku 3–15 let, byla měřena tělesná výška v dopoledních hodinách mezi 9. a 10. hodinou a následně bylo provedeno druhé měření v odpoledním čase mezi 15. a 16. hodinou. Rozdíly v hodnotách byly od +1.8 do -2.7 cm. Malé rozdíly mohou mít vliv na interpretaci výsledků rostoucího dítěte, proto bychom měli současně s hodnotou tělesné výšky zaznamenat také přesný čas měření. (19) Pokud je vyžadováno zcela exaktní hodnocení výšky, například pro zjištění efektu terapie u těžkých růstových poruch, doporučuje se provádět měření vždy ve stejné denní

dobu. Pro zajištění správného měření kontrolujeme bezprostředně měření ještě jednou a výsledky by se neměly lišit více než o tři milimetry. (17)

2.1.5 Finální tělesná výška a její predikce

Finální tělesná výška je dovršena nástupem adultní osifikace, když dlouhé kosti skeletu, jako jsou tibie a femur společně s páteřními obratli ztratí schopnost růstu do délky. Tedy když zaniknou osifikační centra malých kostí, spojí se epifýza s diafýzou kosti a zanikne růstová ploténka. Tato fúze je stimulovaná pohlavními hormony. (20) Pokud dítě vyrůstá v příznivých podmínkách, jeho finální výška bude silně korelovat s tělesnou výškou jeho rodičů a dítě tak naplní svůj *genetický růstový potenciál*.

Součástí predikce finální výšky je stanovení *midparentální výšky* neboli střední výšky rodičů. Zde je zapotřebí brát v úvahu sexuální dimorfismus tělesné výšky. Syn konkrétních rodičů by teoreticky jako žena měřil v dospělosti o 13 centimetrů méně. Když chceme vypočítat midparentální hodnotu pro dívku, odečteme od otcovy výšky 13 cm, pokud chceme hodnotu pro chlapce, musíme naopak přičíst 13 cm k výšce matky. *Pásmo očekávané tělesné výšky* v dospělosti, také nazývané *midparentální rozpětí*, se bude nacházet v rozmezí ± 10 cm od midparentu. (14)

Pro výpočet finální adultní tělesné výšky u dívky použijeme vzoreček:

$$\frac{\text{tělesná výška matky} + (\text{tělesná výška otce} - 13 \text{ cm})}{2} \pm 10 \text{ cm}$$

Rozdíl 13 cm je dán především tím, že chlapci mají pozdější nástup puberty, více vyrostou během růstového spurtu a i po něm dosahují větších přírůstků v tělesné výšce než dívky. Sexuální dimorfismus se individuálně liší v různých částech světa. V Belgii a Velké Británii je například 12 cm a v Západním Bengálsku v Indii 14,2 cm. (21)

Během začátku růstového spurtu dosáhne jedinec přibližně 80 % finální tělesné výšky. Jakmile u dívky nastane menarché, znamená to, že dovršila již obvykle 95 % svého růstového dědičného potenciálu a do výšky bude růst ještě průměrně 4 roky. (22) Česká data uvádějí, že po první menstruaci vyroste dívka ještě 7,5 cm (široké rozmezí 2,5–17,5 cm) a růst je ukončen průměrně v 17 letech. (2, 15)

2.1.6 Role hormonů během pubertálního růstu do výšky

Puberta je poměrně dramatické období plné rapidních anatomických, fyziologických a v neposlední řadě behaviorálních změn. Ve své podstatě je to neuroendokrinní proces regulující reprodukci. Jedinec je pod vlivem zvýšené produkce hormonů, které podporují jeho růst a jeho tělo podstupuje transformaci do adolescentního a následně adultního těla. (20)

Období dospívání je charakteristické sendvičovým modelem růstu podle švédského auxologa Karlberga. Karlberg rozdělil růst do třech částečně se překrývajících období I, C a P. První tři roky je komponenta I (infancy, infantilní), následuje C (childhood, dětské) a poslední je P (puberty, pubertální). Sendvičový model je charakteristický tím, že hormonálně nemá komponenta dětství je vložena mezi hormonálně aktivní období. Zatímco infantilní růst je závislý především na růstovém hormonu, v pubertě se připojí také vliv pohlavních hormonů. (15)

Ještě v průběhu období dětství, přibližně mezi 6–7 lety, dochází k adrenarché, řízenou adrenokortikotropním hormonem (ACTH). Diferencuje se a roste oblast zóna reticularis v nadledvinkách a začínají se produkovat hormony, především dehydroepiandrosteron (DHEA) a dehydroepiandrosteron sulfát (DHEAS). Ani jeden z nich sice není bioaktivní androgen, ale oba slouží jako prekuzory pro jiné androgeny, například testosteron. Fenotypovým projevem adrenarché je pubarché, během kterého se vyvíjí axilární a pubické ochlupení. Kromě toho dochází k vývoji tělesného pachu a začne se potencovat tělesný růst. Teprve poté se aktivuje osa hypotalamus – hypofýza – gonády a začne se secernovat hormon uvolňující gonadotropin (GnRH) a následně na jeho pokyn gonadotropiny. (23, 24)

Růstový spurt a vůbec růst během puberty je ovlivněn mnoha hormony, jako jsou inzulin, růstový hormon nebo inzulinu podobný růstový faktor-1 (IGF-1). Výrazná akcelerace a decelerace růstu, nastupující po lineárním dětském období a vedoucí k dosažení finální dospělé výšky, je způsobena převážně aktivitou estradiolu. U dívek jsou hlavním zdrojem tohoto hormonu vaječníky. Receptory pro estradiol jsou na aktivních chondrocytech a v místě růstových plotének na osteoblastech a osteoklastech. Po navázání na vazebné místo stimuluje estradiol proliferaci chrupavek a nastává rapidní akcelerace růstu. Naopak decelerace a následné dosažení finální výšky je způsobeno stimulací mineralizujících osteoblastů, růstové chrupavky se vyčerpají a růstové štěrby se uzavřou. (20)

2.2 Menarché

První menstruační epizoda ženy se nazývá menarché. Nastává v důsledku hormonálních změn v těle, kdy zvyšující se hladina estradiolu, produkovaného vaječníky, způsobí proliferaci endometria dělohy, hladina progesteronu klesne na takovou úroveň, kdy nedokáže výstelku podporovat a endometrium se začne odlupovat ve formě menstruačního krvácení. (Podrobněji je hormonální regulace popsána v kapitole 2.2.3 Role hormonů v nástupu menarché.) Menarché bývá označováno za korunu pubertálního, respektive peripubertálního období. Mnoho kultur vnímá tuto událost jako významný mezník v životě ženy. Ve skutečnosti se však nejedná o nijak významnou mez v jejích reprodukčních schopnostech. Existence menarché neznamená spuštění ovulace a produkci životaschopných gamet a tedy ani schopnost úspěšného početí těhotenství. (20) Teprve po nějaké době se objeví ovulace a menstruační cyklus se stane pravidelným průměrně až po 12 měsících. (25) Vrchol plodnosti se uvádí přibližně jednu dekádu po první menstruaci. (20)

Menarché, stejně jako tělesná výška, prošlo určitým sekulárním trendem. Ten má však úplně jiný charakter. Za posledních 150 let se věk menarché globálně snížil o 3 roky. Tento fenomén se výrazně liší s ohledem na různé části světa. Důvodem sekulárního trendu jsou lepší životní podmínky a hygiena, zvýšená konzumace živočišných proteinů a životní styl spojený s urbanizací. (26) Česká data z roku 1895 uvádějí průměrný nástup menarché v 15,6 letech. (2) V současné době je střední věk menarché 13,0 let. Tato hodnota dlouhodobě stagnuje a je prakticky neměnná od roku 1951. (12)

2.2.1 Menarché ve spojitosti s dalšími projevy puberty a kostním věkem

Období puberty je vymezeno stádiem prsního poupěte (stádium B2 dle Tannera) a první menstruací. Je v rozsahu přibližně 2–2,5 roku. Menarché přichází jeden rok po začátku růstového spurtu, dívka je tedy již ve fázi decelerace růstu. V této době je již prso dobře vyvinuté (ve stadiu B4 dle Tannera) a pubické ochlupení je pokročilé (P3-P4 dle Tannera). Dívka dosáhla 95 % své finální výšky a má ještě průměrně 2 roky na to, aby vyrostla, než se jí uzavřou růstové chrupavky dlouhých kostí. Osový skelet ještě nějakou dobu poté dozrává a dívky mohou ještě nabýt trochu na tělesné výšce. (14)

Je na místě zmínit, že menarché je spojeno více s kostním než s chronologickým věkem. Skeletální věk jde ruku v ruce s věkem biologickým. Jeho fyziologická variabilita pro menarché je 12,5–13,5 let, zatímco variabilita kalendářního věku je 11 – 15 let. (27, 28) Metodu klasifikace kostního věku rozvinuli Greulich & Pyle a Tanner & Whitehouse. Oba přístupy vycházejí z hodnocení rentgenového snímku ruky, která je ideální z hlediska snadného polohování a velkého množství osifikačních center na malém místě. (29)

Tanner & Whitehouse založili svou metodu na hodnocení velikosti a tvaru osifikačních center na kostech levé ruky. Od distální epifyzy radia a ulny po distální phalangy. Metoda prošla třemi edicemi nazývanými TW1, TW2 a TW3. Pro svou nejlepší validitu je používána poslední edice z roku 2001 založená na evropském, americkém a japonském vzorku mladistvých. (30, 31) Rozlišujeme 2 typy hodnocení. Metoda RUS (radius – ulna – short bones) hodnotí osifikační centra na distální části předloketních kostí, na metakarpech a phalangech. Má lepší korelaci s biologickým věkem než metoda CARP, hodnotící zápěstní kůstky. Nezbytnou součástí této metody je vybavení atlasem TW3, podle kterého hodnotíme stadia osifikace na jednotlivých kostech. Rozlišujeme 8 stupňů osifikační zralosti vyjádřených pomocí písmen B–I. Ke každému stupni přiřadíme určité číselné skóre a sečtením všech čísel získáme představu o skeletální zralosti a hodnotě kostního věku. Výsledky mohou nabýt hodnot 1–1000, kdy nejvyšší součet představuje adultní osifikaci. (32) Metoda zohledňuje sexuální dimorfismus a umožňuje přesně stanovit kostní věk na desetiny roku. Známkou období menarché je například první metakarp ve stadiu G/H, kdy epifyza vytváří čepičku metafýzy a dochází k její fúzi. (14)

Metoda stanovení skeletálního zrání podle Greulicha & Pylea (GP), je sice méně pracná, ale také méně přesná. Je založená na porovnávání celého skeletu ruky s obrazy GP atlasu. Rozlišujeme 29 předloh pro dívky a 31 pro chlapce. Referenčním vzorkem byla americká populace dětí z Clevelandu v Ohio, USA. (32) Součástí této metody je i hodnocení přítomnosti/absence sezamské kůstky palce na ruce, v klinické praxi používané hlavně auxology a endokrinology pro rychlou diagnostiku akcelerovaného nebo opožděného vývoje. Můžeme říci, že dívka s přítomností sezamské kůstky určitě menstruuje. (33)

V klinické praxi je u nás metodou první volby TW3 a od TW2 by se mělo již opustit. TW3 lépe reflektuje sekulární trend dřívější maturace české populace ve srovnání s dřívějšími daty. Přestože GP má poměrně stará referenční data, byla nalezena téměř shoda (rozdíl 0,01–0,03 roku) s TW3, jelikož referenčními daty byly u GP americká populace z vyšších socio-

ekonomických vrstev. Stále je aplikovatelná v případě, nepotřebujeme-li přesné hodnocení kostního věku. (29)

2.2.2 Energetická bilance a menarché

V 70. letech začalo mnoho vědců bádát nad tím, jestli je věk menarché nějak spojený se složením těla a energetickými zásobami. Podnětem tomu bylo, že dívky s nadváhou a dívky obézní mají menarché dříve než dívky hubené. Frisch et. al. si všimla, že předčasně a pozdně menstrující dívky mají v době menarché stejnou tělesnou hmotnost – 48 kg, tedy že hubené dívky déle rostou, než dosáhnou této váhy a dostanou první menstruaci. Tuto hypotézu nazvala teorií kritické hmotnosti. (34) Nebrala však v úvahu poměr tělesné váhy k tělesné výšce. Dívky v pásmu vyšších až vysokých percentilových hodnot by byly stále moc hubené pro menstruaci i při 48 kilogramech. V pozdějších studiích již dávala věk menarché do souvislosti s tělesnou výškou, hmotností a s tělesným složením a vyvinula *teorii kritického tuku*. (35, 36) Tato teorie nám říká, že k ovulaci a menstruačnímu cyklu u ženy bělošského typu je potřeba mít určité minimální množství zásobního, snadno mobilizovatelného tuku v těle. Menarché nastane pouze za podmínky, je-li v těle 17 % tuku z celkového složení těla. (37, 38) Teorie kritického tuku je stále uznávaná a je citována v publikacích od současných předních českých i zahraničních odborníků. (26, 39, 40)

2.2.3 Role hormonů v nástupu menarché

Ukázalo se, že tuková tkáň není pouze inertní zásobárna energie, ale je to aktivní tkáň podílející se na široké škále fyziologických procesů. Máme hned několik cest, které spojují informaci o energetické bilanci s neuroendokrinními mechanismy, které spravují normální průměr puberty a menarché. Mezi propojující články patří hormony leptin, inzulin a estrogeny, které se aktivně podílejí na načasování puberty. (20)

Leptin, cytokin produkovaný predominantně adipocyty bílé tukové tkáně, je výsledkem takzvaného genu obezity, nazývaného gen *ob*. Hraje klíčovou roli v regulaci energetické bilance, včetně apetitu a pocitu sytosti. Ukázalo se, že reguluje také hladinu růstového hormonu, buňky

pankreatických ostrůvků, osteogenezi a samotný nástup puberty. Jeho hladiny kolísají v závislosti na množství tukové tkáně a také na koncentraci estrogenů. Proto ženy produkují více leptinu než muži v porovnání na jednotku tukové tkáně. Také jedinci s pozitivní energetickou bilancí mají vyšší hladiny ve srovnání s jedinci s negativní energetickou bilancí. Leptinové receptory jsou umístěny v hypotalamu na kisspeptin secernujících neuronech, které následně ovlivňují pulzativní produkci GnRH. (20)

Z toho vyplývá, že dívky s nedostatečným energetickým příjmem mají nižší hladiny leptinu, který nevydá rozkaz pro kisspeptin, aby spustil produkci GnRH.

Inzulin, produkovaný beta buňkami pankreatu, je peptidový hormon který především napomáhá vychytávání glukosy z krevního řečiště do svalové a tukové tkáně. Není to však jeho jediná funkce. Na studii na myších bylo prokázáno, že zablokování inzulinových receptorů v hypotalamu vede ke snížené produkci GnRH. Další věcí je, že velkým cílem inzulinu jsou právě adipocyty, přičemž estrogen mu jeho cestu facilituje a vytvářejí tukové zásoby. Během pubertálního období dochází k přechodné inzulinové resistenci ve tkáních a hladina inzulinémie se zvyšuje. Je to důsledkem zvýšené hladiny IGF-1, který snižuje senzitivitu tukové tkáně na inzulin. Zvýšené periferní množství inzulinu může způsobit nadměrnou stimulaci GnRH v hypothalamu a tím ovlivnit načasování puberty. (20)

Ženská tuková hmota je významným zdrojem pro *estrogeny*, které zde vznikají konverzí z androgenů. Méně tukové hmoty vede k menší přeměně a to může přispět k opožděnému vývinu prsní žlázy a k pozdnímu menarché. (41) Jeden z těchto hormonů, estradiol, stimuluje růst tukové tkáně a současně synergicky s inzulinem participuje na růstu prsní a gluteální oblasti. Menstruace nastane pouze za podmínky, když je hladina estradiolu na určité úrovni po dobu dostačující ke stimulaci růstu endometria dělohy. Proto menarché nastupuje až po vývoji prsu. (20)

Jakmile je nastartována pulzativní produkce GnRH, začne hypofýza vyplavovat luteinizační hormon (LH) a folikuly stimulující hormon (FSH), které stimulují vaječníky k další produkci pohlavních hormonů. Estrogeny mají širokou škálu své působnosti. Regulují růst, vývoj a fyziologii reprodukčního systému, interagují s endokrinním, skeletálním a kardiovaskulárním systémem a s procesem adipogeneze. Jejich účinek je závislý na bilanci mezi aktivitou dvou receptorů pro estrogen, estrogenový receptor α (ER α) a estrogenový receptor β (ER β), v cílových tkáních. (42) Biologická odpověď po navázání estrogenu na receptor se zásadně liší dle typu

receptoru. (43) ER α hrají významnou roli v prsní žláze a děloze, regulují homeostázu kostní tkáně a udržují její metabolismus. Proti tomu ER β mají silnější efekt na imunitní a centrální nervový systém a všeobecně působí proti buněčné proliferaci ve tkáních jako je prso a děloha. (42) Estradiol působí na oba receptory, a proto při dlouhodobé hormonální substituční terapii (HRT) estrogeny hrozí riziko vzniku karcinomu mammy, endometria nebo tromboembolické choroby. (42, 44-46) (Současným podáváním gestagenů se snižuje riziko proliferace děložní sliznice, ale zároveň se zvyšuje riziko rakoviny prsu. Z hlediska rozvoje nádorového bujení mají nejmenší riziko při HRT ženy po hysterektomii, kterým jsou podávány pouze estrogeny (47) a z pohledu tromboembolického rizika je vhodnější podávat hormonální substituci spíše transdermálně než orálně.) (44)

Důležité je zmínit, co se vlastně tak zásadně mění v hormonální aktivitě s nástupem menarché, když například estrogenové receptory tu byly a jsou stále stejné. Z biologického hlediska značí první menstruace počátek hypotalamické regulace gonadotropní aktivity v adenohipofýze a cyklickou aktivitu ovarií. (26) Do puberty je sekrece GnRH suprimována, proto je vyplavování gonadotropinů a pohlavních hormonů v období dětství prakticky nulové. Klíčem pubertálních procesů je právě reaktivace pulzativní sekrece GnRH v hypotalamu. Tento hormon měl schopnost vyplavovat se již dříve – ve fetálním a neonatálním období, poté jeho produkce ustala a jeho pulzativní produkce byla zahájena až v pubertě. (20) Tento proces, ve kterém se začínají v adenohipofýze produkovat gonadotropiny se nazývá gonadarché. Biologická aktivita gonadotropinů (LH a FSH) postupně stoupá a zvyšuje se produkce gonadálních hormonů – estrogenů. (15)

Nedávno bylo zjištěno, že hlavním neuromodulátorem osy hypotalamus – hypofýza – gonády je hypotalamický peptid kisspeptin. Společně s parakrinními stimulačními a inhibičními vlivy neurokininu B a dynorfinu tvoří takzvané *KNDy neuropeptidy*, které přímo ovlivňují pulzativní produkci GnRH a jsou tedy klíčovými signály ve spuštění puberty. Regulují pozitivní i negativní zpětnou vazbu gonadálních hormonů, kontrolují fertilitu a předávají informaci ohledně energetických zásob v těle. (48) Reciproční spolupráce neurokininu B a dynorfinu umožňuje kisspeptinu pulzativní produkci GnRH a tím přesně a precizně regulovat pohlavní vývoj a jeho cykly. (49)

2.2.4 Primární a sekundární amenorea

Amenorea je označení pro absenci nebo pozdní začátek menstruace. Rozlišujeme primární amenoreu, která je definována jako nepřítomnost menses po dosažení 15. roku, nebo po pěti letech od vyvinutí prsního poupěte, pokud se objevilo dřív než v 10 letech. Sekundární amenorea může nastat jedině po menarché a je definována absencí menses více než tři měsíce. (50) Ke spuštění menarché je potřeba již zmíněných 17 % tukové hmoty v tělesném složení. Avšak k obnovení menses je nutných 22 %. (38)

Příčin amenorey je mnoho. Nejčastěji se jedná o funkční hypotalamickou amenoreu, jejíž etiologii můžeme spatřovat v rychlém snížení hmotnosti o 10–15 %, v psychickém stresu, v excesivní tělesné zátěži nebo poruchách příjmu potravy (PPP). (38, 50) Vzniká v důsledku prevence reprodukce v biologicky nedostačujících podmínkách. (51) Může se však jednat také o velice závažné medicínské stavy jako jsou anatomické defekty, primární hypogonadismus, hypotalamické a hypofyzární poruchy nebo dysfunkce v dalších žlázách s vnitřní sekrecí. (50)

Pro doplnění ještě zmíníme termín oligomenorhea. Jedná se o dlouhé intervaly mezi menstruacemi trvajících déle než 35 dní. (52) Můžeme se setkat také s definicí méně než devět menstruačních cyklů ročně. (50)

Mezi rizika plynoucí z amenorey a oligomenorhey patří snížená kostní hustota (BMD). Dívky nedosáhnou adekvátní špičkové kostní hmoty a následně je u nich vyšší riziko fraktur. Menstruační dysfunkce se sníženou BMD jsou spojovány také s poruchami příjmu potravy. Korelace mezi těmito třemi parametry je vysoká a situaci, kdy se vyskytují současně, nazýváme triáda sportovkyň. (53)

2.2.5 Následná rizika spojená s předčasnou a pozdní menarché

Menarché je atraktivním tématem pro mnoho autorů. Množství recentních studií odkrývá souvislosti mezi věkem nástupu první menstruace a pozdějším vznikem různých, často velice závažných, onemocnění. Počty takto zaměřených studií rostou a logickým důsledkem vznikají metaanalýzy hodnotící validitu jednotlivých informací. (54–62) Ty se shodují na tom, že určité nemoci jsou statisticky spojeny s tempem maturace jedince. Stručný souhrn udává tabulka č. 1, strana 24. Nástup menarché může být ovlivněn různými endokrinopatiemi, malabsorpcí

a dalšími onemocněními, které jsou v budoucnu spojeny s častější morbiditou. V této práci se zabýváme dopadem dřívějšího/pozdějšího načasování puberty pouze u zdravých dívek. Budeme se zde však zabývat pouze zdravými dívkami, a jaký na ně následně může mít dopad dřívější nebo pozdější načasování puberty. (20)

PŘEDČASNÁ MENARCHÉ	POZDNÍ MENARCHÉ
kardiovaskulární choroby	kardiovaskulární choroby
oligomenorhea v dospělosti	oligomenorhea v dospělosti
sociální anxiózní porucha	sociální anxiózní porucha
specifické fobie	—
posttraumatická stresová porucha	—
rakovina prsu	—
endometrióza	—
neembolická cévní mozková příhoda	—
metabolický syndrom	—
obezita	—
diabetes mellitus II	—
astma bronchiale	—
úmrtí ze všech příčin	—

Tabulka č. 1: Onemocnění nebo situace, které se ve zvýšené míře vyskytují u dívek, které měly předčasnou, nebo naopak pozdní menarché. (54, 59-72)

Brzká maturace dívek je spojena s následným rizikem vzniku estrogenově dependentních nádorů v dospělosti. Významná spojitost byla dokumentována u mnoha typů rakoviny prsu. (54) Předpokládá se, že za nadměrnou proliferaci buněk odpovídá aktivace ER α receptorů, přičemž ER β působí proti nadměrnému bujení. (73) U jiných nádorů, konkrétně u rakoviny ovarií, štítné žlázy, kolorektálního karcinomu a melanomu žádné riziko pozorováno nebylo. (55-58) Ve skupině gynekologických obtíží byla ve větší míře zjištěna také endometrióza. (59) V neposlední řadě byla u obou extrémů věku propuknutí menarché prokázána zvýšená incidence oligomenorhey v dospělosti. (67)

Kardiovaskulární onemocnění byla sledována ve větším množství u dospělých žen s předčasnou i pozdní menarché v takzvaném "U tvaru" výskytu s nejvyšší incidencí při věku první menses ≤ 10 a ≥ 17 let. Zvýšené riziko bylo prokázáno pro ischemickou chorobu srdeční, aterosklerózu cerebrálních tepen a hypertenzi ve srovnání s dívkami s běžným nástupem puberty. (60, 66, 74) S předčasnou menarché byla spojena také cévní mozková příhoda neembolického

původu. (72) Na první pohled nám může připadat zvláštní, že tělo, které je dříve vystavené estrogenům s protektivním účinkem na cévní stěnu, je v dospělosti náchylnější na kardiovaskulární a cerebrovaskulární nemoci. Bylo zjištěno, že konkrétně riziko neembolické CMP velice koreluje s celoživotními hladinami estrogenů. Ženy s předčasným menarché a ženy s krátkým obdobím plodnosti (<34 let znamená 51% riziko) měly následně vyšší výskyt iktu, přičemž věk menopauzy nehrál žádnou roli. Vysvětlení spočívá v nadměrných dávkách estrogenů v mladém organismu, jež mohou být srovnatelné s vysokými dávkami jako při užívání hormonální antikoncepce (HAC), která také může vést k vyššímu riziku mrtvice. Nežádoucí efekt estrogenů se může vyskytnout v organismu, které pro takovou aktivitu není fyziologicky připraveno. Na rozvoji iktu se podílí balance aktivních estrogenových receptorů ER α a ER β , jejichž rovnováha je pozměněna a antiaterogenní efekt je narušen. (72, 75)

Významným důsledkem dřívější maturace je také pozdější vznik metabolického syndromu, který je jen částečně závislý indexu tělesné hmotnosti (BMI). (61, 76) Méně jak polovina případů byla spojená s vyšším BMI, což poukazuje na fakt, že předčasná puberta přímo souvisí s tímto syndromem. (62) Současně byla prokázána větší prevalence i pro jeho komponenty, jako jsou obezita, inzulínová rezistence a diabetes mellitus. (70) Předpokládá se, že důvodem těchto konsekvencí jsou jednak nukleotidové polymorfismy, tak změny v hormonální produkci. Patogeneze může být zapříčiněna zvýšeným množstvím pohlavních hormonů a sníženým množstvím globulinu vážícího pohlavní hormon. (62)

Tato problematika se týká i respiračních onemocnění. U dívek s předčasným menarché bylo pozorováno až dvakrát větší riziko vzniku astma bronchiale nezávisle na jejich BMI. (64) Předpokládá se, že hlavním činitelem jsou endogenní pohlavní hormony, které se u těchto dívek více kumulují. Endogenní estrogen ovlivňuje imunitní pochody přes vyplavování mediátorů zánětu, sekreci imunoglobulinů, degranulaci mastocytů a bazofilů a vede k zánětu bronchiální sliznice. (64, 77, 78) Naproti tomu exogenní estrogen se ve tkáních chová jinak. Přes blokaci vápníkových kanálů v hladké svalovině bronchů způsobuje bronchodilataci. (79) Ta hormonální antikoncepce, která inhibuje sekreci luteinizačního hormonu (tím zůstanou hladiny endogenních hormonů snižené), potlačuje prozánětlivé vlivy. Zároveň přes exogenní estrogen způsobuje rozšíření bronchů. Role hormonů jsou velice složitým procesem. Závěry studií nasvědčují tomu, že HAC působí pozitivně na snížení nežádoucích příznaků u dívek

s astmatem (80) a k tomu podstatně snižuje výskyt karcinomu ovarií (až o 50 % nižší incidence po užívání HAC alespoň po dobu 10 let). (81)

Sociologicko-psychologické studie zaměřily svou pozornost také na následný výskyt úzkostných a depresivních stavů. Autoři poukazují na trend, že u dívek s předčasným menarché se v časně adolescenci depresivní příznaky vyskytují ve zvýšeném množství, ale do dospělosti nepřetrvávají. (65, 68) Shodují se na tom, že jsou signifikantně více náchylné k rozvoji posttraumatické stresové poruchy, fobických stavů a anxiózních poruch. Pozdně menstrující dívky měly zvýšené riziko pouze u rozvoje anxiózních poruch. (71) V období puberty vnímají dívky své tělo velice citlivě a jeho změny a jakékoli odlišnosti od průměru mohou brát velice negativně. S časnou maturací přichází také brzký vývoj externích pohlavních znaků, jako je například růst prsou. Najednou jsou vystaveny zájmu mužské populace a mohou být častěji vystaveny sexuálnímu harašení. Na druhou stranu dívky později dospívající mohou být také traumatizované z důvodu odlišnosti od svých vrstevnic. Mohou být vystaveny posměchu, že jsou poslední, které ještě nemají viditelné známky puberty. (82)

2.2.6 Determinanty věku menarché

Nízký nebo vysoký věk menarché je poměrně významným rizikovým faktorem pro velkou škálu onemocnění, která narušují kvalitu pozdějšího života (viz předchozí kapitola). Proto se mnoho studií zaměřilo právě na faktory, které samotný nástup menarché předurčují a ovlivňují.

Doba nástupu menarché je ovlivněna jednak genetickými, tak environmentálními faktory. (26) Bylo nalezeno přes jedno sto lokusů v genomu, které jsou svázány s věkem první menstruace. Tato místa jsou současně spojena s dalšími procesy, které ovlivňují například hormonální funkce, dospělou BMI, imunitní a zánětlivé procesy a dokonce také finální tělesnou výšku (lokus *LIN28B*). (83)

Věk menarché ovlivňují již prenatální vlivy. Dívky, jejichž matky byly vystaveny během těhotenství preeklampsii nebo kouřily, měly následně dřív menarché. (84) Také perinatální novorozenecké parametry jsou statisticky spojeny s tempem sexuální maturace. Malá porodní hmotnost a velká porodní délka souvisí s časným menarché a naopak extrémně velká porodní hmotnost má souvislost s pozdějším menarché. Ačkoli se na první pohled zdá, že si tvrzení

odporují, statisticky to tak vychází. Zatím se přesně se neví, jakým mechanismem tyto hodnoty novorozence zasahují do načasování puberty, ale předpokládá se, že hlavním faktorem je růstové tempo během časného období života. (25, 84) Posledním faktorem, který plyne z časného dětského období je kojení. Nekožené děti mají také dřív menarché. (84)

Věk první menstruace je velice citlivým ukazatelem socioekonomické situace jednotlivé populace. Dobře živené dívky, které vyrůstaly v dobrých rodinných podmínkách, převážně ve městě, byly jedináčky a jejich rodiče měly vyšší finanční příjmy, dosáhly schopnosti dřívější reprodukce. (25, 84) Na druhou stranu také těžké psychosociální situace, například konflikty v rodině, rozvod nebo absence biologického otce mohou biologickou maturaci urychlit. Z životních utrpení bylo nejvíce spojené s předčasnou maturací dívek sexuální zneužívání. (85, 86) Pokud však stresové situace dosáhnou extrémně silného charakteru, puberta může být zcela inhibována. (26)

Vyskytují se také etnické rozdíly, dívky hispánské a afroamerické rasy dospívají dříve, předpokládá se však, že velkou roli zde má právě socioekonomická stránka věci (87)

Nástup menarché souvisí také s klimatickými podmínkami. V Evropě můžeme sledovat trend postupného snižování věku první menstruace od severských zemí směrem k jihu do Středozeří. Nejdřív mají nástup puberty dívky žijící v podmínkách, kde průměrná roční teplota dosahuje mezi 5–10°C, s klesající teplotou pak věk roste. (26)

Složení těla a tělesná konstituce se také podílejí na načasování puberty. Dívky s vyšším BMI a vyšším procentem tukové tkáně v těle mají dřív první menstruaci. (63) Naproti tomu hubené dívky ji mají později. Může se jednat o štíhlé vrcholové sportovkyně, například baletky a gymnastky, nebo o dívky s malnutricí. Předpokládá se, že klíčovou roli zde hraje množství tukové tkáně, ve které dochází ke konverzi androgenů na estrogény (viz teorie kritického tuku v kapitole 2.2.2 Energetická bilance a menarché). Častá a dlouhodobá fyzická aktivita může oddálit nástup menarché. Pro sportovkyně s malým procentem tukové tkáně je příznačné, že čím lepší mají sportovní výsledky, tím více mají opožděné menarché. (26)

Existuje mnoho faktorů, které přispívají k dřívějšímu menarché. Žádná studie se však cíleně nezaměřuje na determinanty pozdějšího menarché. Časná maturace je spojena s riziky, jako je rakovina prsu a další závažná onemocnění, proto se většina autorů zabývá právě určujícími faktory předčasné maturace. Pozdější zrání se vyskytuje u dívek v souvislosti s triádou sportovkyň, tedy u hubených dívek, které mají negativní energetickou bilanci, převážně u estetických sportovkyň trénujících vysokou intenzitou a u dívek s poruchami příjmu potravy. Ze socioekonomických faktorů statisticky významně prodlužuje období dětství život na venkově

v rodině s hodně sourozenci. (25, 84) Souhrnné údaje faktorů, které ovlivňují věk menarché, můžeme vidět v tabulce č. 2.

DŘÍVĚJŠÍ MENARCHÉ	POZDĚJŠÍ MENARCHÉ
↑ % tělesného tuku	↓ % tělesného tuku
↑ BMI	↓ BMI
psychický stres	extrémně silný psychický stres
život ve městě	život na venkově
žádní sourozenci	≥ 3 sourozenci/velká rodina
málo pohybové aktivity	hodně pohybové aktivity
malá porodní hmotnost	velká porodní hmotnost
velká porodní délka	nutriční deprivace
vystavení preeklampsii	—
kouření matky v graviditě	—
nekojené děti	—
větší finanční příjmy rodiny	—
hispanická a afroamerická rasa	—

Tabulka č. 2: Statisticky významné determinanty dřívějšího a pozdějšího nástupu menarché. (25, 84, 87)

2.3 Sportovní gymnastika

2.3.1 Charakteristika zátěže

Sportovní gymnastika je velice náročný sport, pro který je charakteristický začátek již v předškolním věku. Náročnost tréninkových jednotek se ztěžuje během velice krátké doby. Typické jsou dlouhé a velice intenzivní tréninky vysoké frekvence. Za neustálým opakováním prvků a vylepšováním jejich techniky stojí velká sebe disciplína a motivace. Na cvičence jsou kladeny vysoké nároky ohledně motorických dovedností i psychologické odolnosti. (88)

Ženská sportovní gymnastika se skládá ze čtyř disciplín – přeskoků, bradel, kladiny a prostných. Během závodu předvádí cvičenky krátké výkony – od několika sekund během přeskoků po delší sestavy s maximem trvání 1,5 minuty na ostatních náradích. Dokáží předvést širokou škálu dovedností, mezi něž patří například přeskoky, doskoky, seskoky, výpady, piruety, otočky, stojky (obrázek č. 3), salta a další akrobatické cviky, houpání na bradlech a taneční choreografie na akustický doprovod během sestavy na prostných. (88) Za veškerým úsilím stojí výborná neuromuskulární koordinace, balanční schopnosti, flexibilita a také síla.

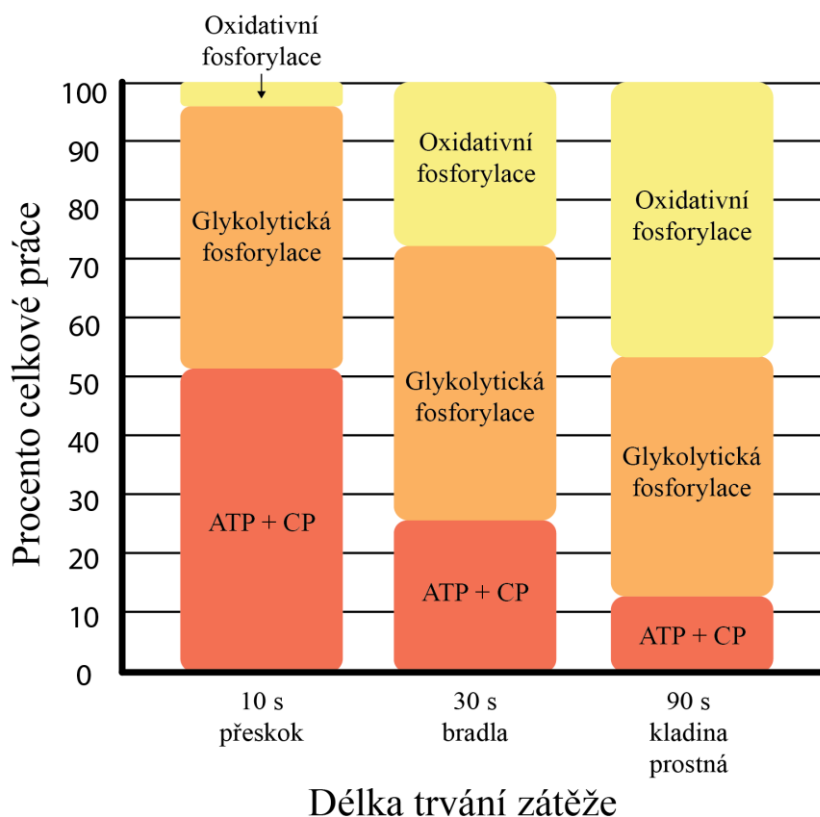


Obrázek č. 3: Mladá gymnastka předvádějící své dovednosti na kladině, jedné ze čtyř soutěžních disciplín. (89)

2.3.2 Fyziologie zátěže

Během závodu provádějí gymnastky své sestavy na čtyřech různých náradích. Každá disciplína má jinou délku trvání a tím se liší i nároky na organismus.

Nejkratší dobu trvá přeskok. Během pěti sekund zvládnou gymnastky rychlý sprint s následným náskokem na odrazový můstek, přeskokem přes gymnastický stůl a doskokem. (90) Okamžité energetické nároky rychlého výbušného charakteru zátěže jsou hrazeny ze štěpení adenosintrifosfátu (ATP) a kreatinfosfátu (CP), který umožňuje resyntézu makroergních fosfátů. (91) Krátké intenzivní cvičení na bradlech zabere přibližně 30 sekund. (90) Hlavním zdrojem energie je glykolytická fosforylace, během které současně vzniká meziprodukt laktát a ten je využit v blízkých mitochondriích k získání dalšího ATP. Během delších sestav na kladině a na prostných, trvajících přibližně 90 sekund, probíhají již i procesy aerobní a do popředí se dostává oxidativní fosforylace. Všechny tyto procesy se navzájem prolínají a doplňují. (91) Procentuální zastoupení konkrétních procesů můžeme vidět na obrázku č. 4.



Obrázek č. 4: Procentuální zastoupení procesů získávání energie během různě dlouhé doby trvání intenzivní zátěže. ATP = adenosintrifosfát, CP = kreatinfosfát. Tabulka uvádí hodnoty prvního sloupce pro 10 sekundovou zátěž, přeskok trvá sice reálně 5 sekund, ale stále platí, že většina energie je získána ze štěpení ATP a CP. Druhý sloupec sedí pro délku trvání sestavy na bradlech a třetí pro kladinu a prostná. (92) Upraveno.

Na začátku zátěže jsou vždy štěpeny ATP a CP, současně nastupuje glykolytická fosforylace a přibližně po půl minutě zátěže se postupně zvyšuje podíl oxidativní fosforylace, zatímco aktivita ostatních procesů se snižuje. Ačkoli je během závodů více uplatňován anaerobní způsob získávání energie, během několika hodin tréninku hraje důležitější roli aerobní mechanismus. Mezi hlavní substráty potřebné pro vznik ATP patří především glukóza, která je získávána štěpením ze svalového a jaterního glykogenu, dále mastné kyseliny a aminokyseliny. (91)

Ukazatelem kardiovaskulární zdatnosti a vytrvalosti je spotřeba kyslíku za minutu vyjádřená hodnotou VO_2 max. Během zátěže využívají gymnastky především anaerobní způsob získávání energie, přesto pro zvládnutí několikahodinových tréninků potřebují aerobní zdatnost. Ve 12 letech mají vrcholové závodnice průměrnou hodnotu okolo 53 ml/kg/min a ve 25 letech 47 ml/kg/min. Za pokles během stárnutí může jednat přirozený proces stárnutí, tak zvyšující se nároky na silové dovednosti, které stojí proti vytrvalostní zdatnosti. Za posledních pět dekad se hodnoty nijak nezměnily, i přesto, že intenzita zátěže a obtížnost cviků vzrostla. VO_2 max vrcholových gymnastek se výrazně neliší od nesportující populace a dokonce patří mezi nejnižší ve srovnání s ostatními sportovci. Na rozdíl od běžkyň, plavců nebo cyklistů nepoukazuje VO_2 max gymnastek na to, jak budou ve sportu úspěšné. (91) Během cvičení na prostných mohou gymnastky dosáhnout až 85 % VO_2 max, proto by se aerobní trénink neměl podceňovat. (90) Oxidativní aktivity jako jsou běhání, cyklistika nebo jízda na rotopedu mají své místo v tréninku také z důvodu rychlejšího zotavení po těžkém intenzivním tréninku. (91)

Klíčovou roli ve fyziologických parametrech gymnastky hraje špičková síla. Ta se za poslední dekády na rozdíl od VO_2 max zvýšila. Hodnotí se pomocí anaerobního Wingate testu, během kterého je jedinec laboratorně testován na klikovém nebo bicyklovém ergometru nastaveného do režimu, kdy výkon je závislý na otáčkách, se zátěží platnou při 60 otáčkách/minutu nastavenou podle tělesné hmotnosti. Po pár minutách rozehřátí začne testovaný jedinec z co největších sil (co nejvíce otáčkami) šlapat po dobu 30 sekund. Pětisekundový úsek, během kterého je vyvinuta největší mechanická síla, značí špičkovou sílu. Sportovní gymnastky mají ~10.5 W/kg, což je řadí mezi sportovkyně s nejlepšími silovými schopnostmi a ve srovnání s běžnou populací jsou nad 90. percentilem. (91, 93) Pro doplnění uvádíme také 50. percentil běžné dívčí populace, který dosahuje hodnoty 6,36 W/kg. (93)

Respirační a kardiovaskulární systém gymnastek nebyl dosud natolik zkoumán, abychom si udělali úplný obrázek o jeho adaptaci na gymnastickou zátěž. Přesto byly určité změny následkem tréninku zaznamenány. Ve srovnání s nesportujícími vrstevnicemi mají gymnastky větší dechovou frekvenci (16–18 versus 12–14 dechů za minutu). Jejich ventilace se liší v určitých situacích, například ve stoji na rukou, když tlačí viscerální orgány na bránici, se ventilace zpomalí. V porovnání s běžkyněmi mají významně menší expirační reziduální objem. Předpokládá se, že je to důsledkem svalové muskulatury na hrudníku, kterou mají obzvláště vyvinutou. (94)

Kardiovaskulární adaptace jsou podobné jako u jiné běžné sportovní aktivity. Dochází k normální hypertrofii myokardu, snížení klidové tepové frekvence a zlepšení systolické funkce, objektivizované prostřednictvím ejekční frakce. Krevní tlak se neliší od nesportujících vrstevnic, jen v období závodů může dojít k mírnému nárůstu hodnot. Předpokládá se, že předzávodní tréma spojená s tonem sympatiku tento fenomén vysvětluje. Během stojů na rukou, různých akrobatických prvků nebo točích na bradlech může dojít k centrifugálnímu či centripetálnímu toku krve. Na fyziologické procesy v těle to však nemá významný vliv, neboť vaskulární systém je schopný zachovat dostatečnou distribuci krevního objemu a po skončení cvičení se krevní tok rychle ustálí do normálu. (94)

Během cvičení na bradlech a na prostných se tepová frekvence blíží své maximální hodnotě. Tabulka č. 3 nám ukazuje trend vzrůstající tepové frekvence s postupem let. Před 45 lety dosahovaly gymnastky při svých sestavách maximální tepové frekvence 140 tepů za minutu. Za pět let se zvýšila o 33 tepů, poté poměrně lineárně stoupá a v dnešní době se blíží maximální hodnotě. Nejvyšších hodnot tepové frekvence dosahují vždy jen po dobu pár sekund a většinou se tomu tak děje ke konci sestavy. Gymnastky během závodu nikdy nedosáhnou rovnovážného stavu, protože sestavy netrvají déle než 90 sekund. (90, 94)

Rok měření	1970	1975	1982	2005	2014
Přeskok	133	–	162	–	164
Bradla	133	167	187	195	189
Kladina	130	159	177	179	184
Prostná	–	169	185	193	195
Maximální	140	189	187	205	203
Průměrná	132	165	178	189	183

Tabulkač. 3: Tepová frekvence během cvičení gymnastických sestav. Hodnoty jsou uvedeny v tepech za minutu. Měřeno v různých letech, různými autory. Maximální tepová frekvence vyjadřuje nejvyšší dosaženou hodnotu během cvičení na všech čtyřech nářadích. (90, 94)

2.3.3 Patofyziologie zátěže – syndrom nevysvětlitelného poklesu výkonnosti

Sportovní gymnastky trénují až 30 hodin týdně po dobu několika let. Velká intenzita zátěže je rizikem pro rozvoj syndromu nevysvětlitelného poklesu výkonnosti, dříve nazývaného syndrom přetrénování. Prevalence u vrcholových sportovců je až 30 %. Vyšší výskyt je u individuálních sportů, jako je gymnastika, než u týmových a více se objevuje u dívek než u chlapců. (95)

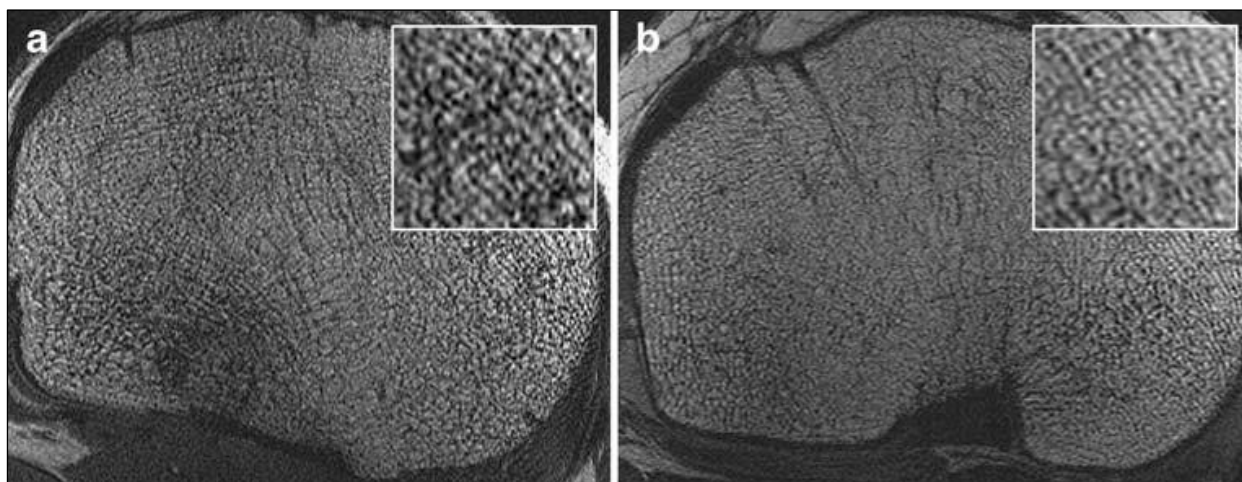
Syndrom může propuknout, připojí-li se k obvyklé zátěži nějaký nový významný stresor, například jednorázový těžší trénink, nedostatečný čas k zotavení, psychický stres nebo například infekce horních cest dýchacích. Riziko vzniku spatřujeme také v kontextu psychosociálním. Dívky se snaží splnit očekávání trenérů a rodičů, musí skloubit školu s časově náročnými tréninky, jdou za jedním jasným cílem a tím ztrácejí autonomii v plánování budoucnosti. Mezi počáteční příznaky patří snížená regenerace, typická je únava, bolavé svaly a nutnost vyvinout velké úsilí pro běžnou zátěž. Dále se přidružují poruchy spánku a nálady, snížená sebedůvěra, neschopnost se soustředit a nezájem o závodění. Okolí může popisovat gymnastku jako, že je „jiná, než bývala“. (96)

Existuje několik hypotéz ohledně vzniku nevysvětlitelného poklesu výkonnosti. (97) Předpokládáme, že hlavní roli mají zánětlivé cytokiny, především interleukin 6 (IL-6), který je zčásti produkován přímo ve svalu, a jeho hladiny výrazně stoupají během a po zátěži. Po excesivním tréninku se koncentrace cytokinů mohou zvýšit až na takovou úroveň, že tělo vnímá stav jako chronický zánět. Možnou příčinou je také zvýšená citlivost serotoninových receptorů v mozku a tedy i vyšší koncentrace tohoto neurotransmiteru, který ovlivňuje změny nálady a spánku. (98) Další hypotézy vedou přes oxidativní stres, vegetativní nervový systém nebo nedostatek svalového glykogenu. (97)

Syndrom nevysvětlitelného poklesu výkonnosti sportovce by měl být v povědomí trenérů, aby se mohla realizovat preventivní opatření a případně nastolit léčebný režim.

2.3.4 Vliv zátěže na kostní hmotu

Sportovní gymnastika je jedinečná v charakteru zatěžování kostí. Během cvičení jsou vyvíjeny obrovské síly jak na dolní, tak na horní končetiny. Síly působící na skelet často mění svůj směr. Při různých prvcích na náradí dochází k zatěžování především v axiální ose končetin a páteře, ale také k ohybovým, torzním a trakčním silám (převážně na bradlech). (99) Během doskoků dopadají gymnastky z výšky až dvou metrů, frekvencí až dvě stě krát týdně. (100) Mnoho studií potvrdilo významný osteogenický efekt sportovní gymnastiky. Zátěž přesně odpovídá nárokům na osteogenickou aktivitu kostních buněk – dynamická, intermitentní, vysoké intenzity a časté frekvence. Kostní tkáň se adaptuje na zátěž a u gymnastek pak nacházíme vyšší hodnoty BMD, obsahu kostního minerálu (BMC), početnější a hustší trabekulární síť (viz obrázek č. 5) a změněnou geometrii vedoucí k pevnějším kostem (viz obrázek č. 6, strana 35). (99, 101-110)



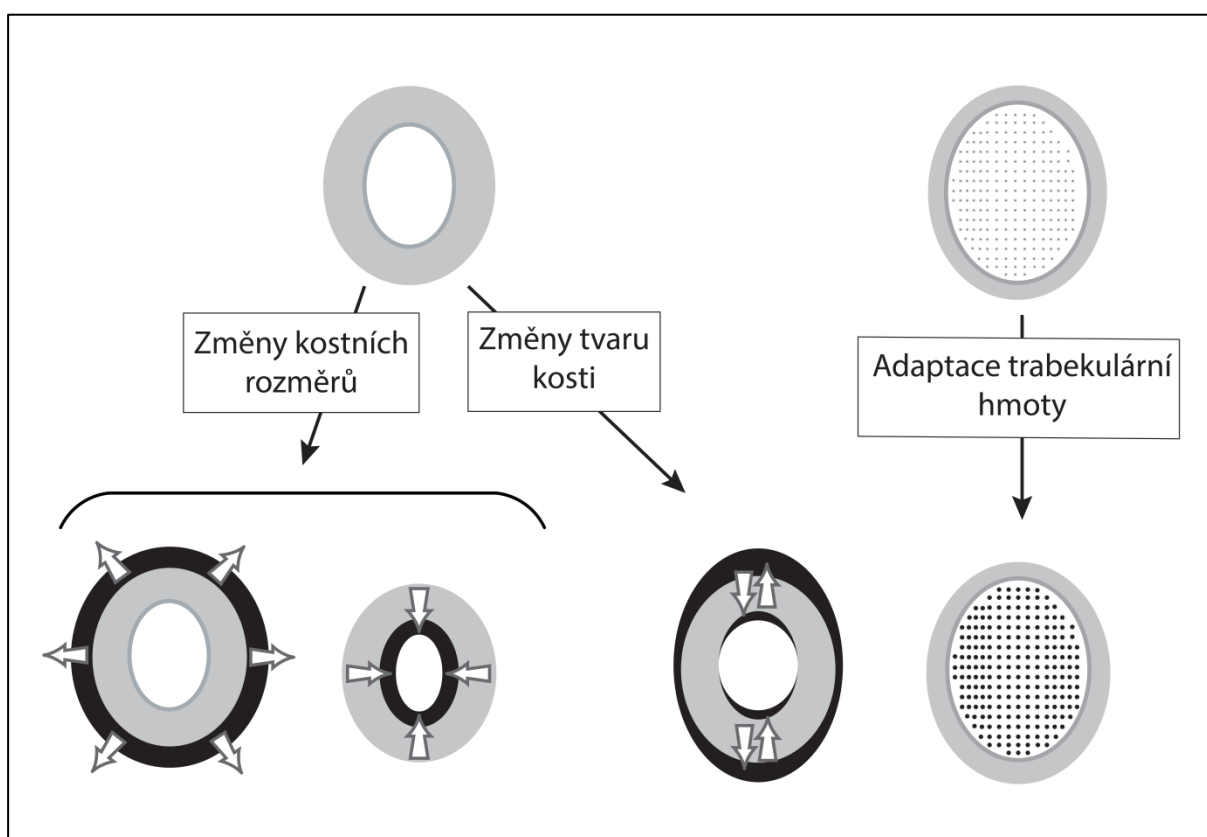
Obrázek 5: Snímek proximální tibie z magnetické resonance s vysokým rozlišením. Snímek (a) tibie sportovní gymnastky. Snímek (b) tibie nesportující dívky. Sportovní gymnastky mají větší množství trabekul (černě). (101)

Kost se adaptuje na zátěž již u gymnastek mladších sedmi let. (111) Nejlepších kostních benefitů lze dosáhnout v době, kdy kosti podléhají růstu, nejlépe prepubertálně a časně pubertálně. (103, 106, 112, 113) Pokračováním zátěže po menarché se však kostní parametry oproti gymnastkám, které skončily, stále zlepšují a tím si zajistí dosažení vysoké špičkové kostní hmoty, ze které mohou těžit ještě několik dekád po ukončení tréninků. (107)

Mnoho studií se zaměřilo na porovnání skeletální adaptace při různých sportech. Ve srovnání se sporty zatěžujícími kosti, jako jsou softball, tenis, krasobruslení, i se sporty méně zatěžujícími až odlehčujícími skelet, jako je běh, vodní polo a plavání, mají sportovní gymnastky významně větší kostní hustotu a nabydou vyšší špičkové kostní hmoty. (114)

Plavci, sportovci stojící na druhém konci pomyslné linie zatěžování kostí než sportovní gymnasti, jsou většinu svého tréninku v podmínkách snížené gravitace a mají odlehčené kosti. I přesto mají stejnou BMD ve srovnání s jejich nesportující vrstevníky. Dokonce se předpokládá, že díky větší kostní přestavbě budou mít silnější kostní strukturu a následně pevnější kost. (115)

Vytrvalostní sporty, jako jsou běhy na dlouhé tratě nebo cyklistika, mohou negativně ovlivnit kostní zdraví a sportovci mohou dosáhnout menší špičkové kostní hustoty než průměrná populace. (114) Senzitivita kostních buněk se během dlouhodobé zátěže snižuje, proto nedochází k remodelaci a přírůstkům kostní tkáně jako u sportovců zatěžující svůj skelet. (112)



Obrázek č. 6: Potenciální změny v kostní hmotě a tvaru, indukované gymnastickou zátěží dětí a adolescentů. Obrázky nahoře: původní kost. Obrázky dole zleva: subperiostální apozice, endostální apozice, změna tvaru kosti, hustší a početnější síť trabekul. (116) Upraveno.

2.3.5 Vliv zátěže na menstruační cyklus

Několik autorů potvrdilo, že sportovní gymnastky mají prolongované období dětství, pozdější nástup puberty a tedy i pozdní menarché. (117, 118) Primární amenorea se vyskytuje častěji u sportovkyň, které kladou důraz na štíhlou postavu. Největší prevalence, až 22 %, je u takzvaných estetických sportovkyň, kam patří gymnastky, baletky a krasobruslařky. U běžné populace je výskyt pouze 1%. Další skupinou sportovkyň, ve které se často vyskytují menstruační potíže, jsou vytrvalostní sporty. Až 65 % vytrvalostních běžkyň má osobní zkušenost se sekundární amenoreou, zatímco u nespoutujících vrstevnic je výskyt pouze 2–5%. Sportovkyně mohou vnímat amenoreu či oligomenorheu jako výhodnou k závodnímu sportu a nemusí jí přikládat hlubší význam. (119)

2.3.6 Sportovní gymnastika z antropologického úhlu pohledu

Sportovní gymnastika patří mezi sporty, u kterých jsou kladeny velké nároky na vnější vzhled a tělesnou stavbu. Rozhodčí subjektivně hodnotí estetický projev gymnastek a během závodu mohou strhnout body za umělecký dojem. Již 5–7 leté gymnastky si více všímají svého těla ve srovnání s ostatními sportovkyněmi a běžnou populací stejného věku.

Postava vrcholových sportovních gymnastek je malá a lehká s charakteristickým ekto-mezomorfním typem somatotypu. Mají větší procento svalové hmoty, menší procento tukové tkáně a nižší hodnoty BMI. To vše ve srovnání s běžnou populací i se sportujícími dívkami stejného věku z jiných sportovních odvětví. Jejich tělesný vzrůst je menší i v porovnání s ostatními estetickými sportovkyněmi. Sportovní gymnastky jsou pod 50. percentilem tělesné výšky vzhledem k jejich věku, zatímco moderní gymnastky se nacházejí nad 50. percentilem. Další antropometrické studie zjistily, že ve srovnání s nespoutujícími vrstevnicemi mají gymnastky užší ramena i boky, ale proporcionálně mají ramena širší než pánev. Délka dolních končetin se ukázala být u všech stejná. V postmenarcheálním období mají sportovní gymnastky větší tělesné proporce a větší procento tukové tkáně, než měly premenarcheálně. (88)

Z hlediska tělesného růstu je pro gymnastky typická pozdější maturace, s prolongovaným obdobím dětství. Během růstu jsou na růstové křivce na nižším percentilu, než by se od nich očekávalo. Po snížení intenzity tréninků, nebo ukončení sportovní kariéry

dojde ke catch-up růstu a růstový výšvih vede k dosažení jejich předpokládaného percentilu a očekávané dospělé výšky. (117) Sportovní gymnastky jsou i ve srovnání s dalšími sportovkyněmi, tenistkami a plavkyněmi, menší během období dospívání a mají pozdější nástup menarché. Finální výška by však neměla být sportem ohrožena. Dokonce bylo zjištěno, že vrcholové gymnastky mají signifikantně menší rodiče než plavkyně. (118) Přesto několik studií píše o tom, že sportovní gymnastky nedosáhnou svého růstového dědičného potenciálu. Tyto studie však nebyly dostatečně longitudinální a jsou limitované tím, že sledovaly dívky pouze v průběhu dospívání, kdy jsou na nižším percentilu tělesné výšky a ne všechny sportovkyně v době výzkumu měly dosaženou svou finální výšku. (120, 121) Další limitace vychází z chybějících dat tělesné výšky rodičů a tedy nemožnosti predikovat růstový dědičný potenciál. (122) Svě předpoklady podkládaly tím, že na radiologických snímcích ruky pozorovali poškozené růstové chrupavky a předvíдали prematuritní fúzi epifýz v důsledku reparačních procesů. (121)

Je k diskuzi, jestli velmi náročné a dlouhé tréninky vysoké intenzity již od útlého dětství, se stravou neodpovídající energetickému výdeji, může sportovní gymnastky ohrozit na vývoji a způsobit jim pozdější pohlavní maturaci. (88) Vzhledem k nejasnostem ohledně dosažení adekvátní finální tělesné výšky se vědecká komise Mezinárodní federace sportovní gymnastiky rozhodla vytvořit přehledový článek z dostupné vědecké literatury. Studie vyšla roku 2013 se závěrem, že intenzivní fyzická aktivita sportovních gymnastek neovlivňuje dosažení jejich adultní tělesné výšky. (123)

3 CÍLE A HYPOTÉZY

3.1 Cíle

Cílem práce je analýza a porovnání trendu finální tělesné výšky vrcholových sportovních gymnastek ve třech po sobě jdoucích generacích s populačním průměrem jejich vrstevnic. Dále hodnocení, zda sportovkyně dosáhly svého dědičného růstového potenciálu, nebo je jejich adultní tělesná výška ohrožena z důvodu excesivní zátěže. K posouzení tělesného růstu bylo cílem vytvoření percentilových růstových grafů dívek. Tyto grafy nám odhalí, jestli je jejich růstová křivka během dospívání fyziologická, nebo není. Současně se zaměříme na věk menarché a porovnáme ho s populačním průměrem dívek, abychom zjistili, jestli je statistický rozdíl v načasování puberty sportovních gymnastek.

3.2 Hypotézy

H1) H₀: Tělesná výška sportovních gymnastek generace 1 je stejná jako výška populačního průměru jejich vrstevnic.

HA: Tělesná výška sportovních gymnastek generace 1 není stejná jako výška populačního průměru jejich vrstevnic.

H2) H₀: Tělesná výška sportovních gymnastek generace 2 je stejná jako výška populačního průměru jejich vrstevnic.

HA: Tělesná výška sportovních gymnastek generace 2 není stejná jako výška populačního průměru jejich vrstevnic.

H3) H₀: Tělesná výška sportovních gymnastek generace 3 je stejná jako výška populačního průměru jejich vrstevnic.

HA: Tělesná výška sportovních gymnastek generace 3 není stejná jako výška populačního průměru jejich vrstevnic.

- H4) H0: Věk menarché sportovních gymnastek generace 1 je stejný jako průměrný věk v populaci.
HA: Věk menarché sportovních gymnastek generace 1 není stejný jako průměrný věk v populaci.
- H5) H0: Věk menarché sportovních gymnastek generace 2 je stejný jako průměrný věk v populaci.
HA: Věk menarché sportovních gymnastek generace 2 není stejný jako průměrný věk v populaci.
- H6) H0: Věk menarché sportovních gymnastek generace 3 je stejný jako průměrný věk v populaci.
HA: Věk menarché sportovních gymnastek generace 3 není stejný jako průměrný věk v populaci.

4 METODIKA

4.1 Rešerše

Odborné články byly získány prostřednictvím portálu medicínských informací PubMed a jeho databáze Medline, přes Web od Knowledge, Google Scholar, Scopus, Cochrane library a přes Portál elektronických časopisů Univerzity Karlovy v Praze byly vyhledány dostupné fulltextové studie. Rešeršní zdroje byly také zprostředkovány přes systém Hollis+ náležící pod knihovnu Harvardovy univerzity.

4.2 Citace

Citace byly vytvořeny pomocí citačního programu EndNote verze X5. Po dohodě s vedoucím práce byl zvolen styl Vancouver.

4.3 Dotazníková šetření

Pro dotazníkové šetření byly vybrány nejlepší vrcholové sportovní gymnastky ze tří různých věkových kategorií rozdělené na generace. Nejmladší generace byla narozena mezi lety 1988–1996 (generace 1). Byly zkontaktovány především přes mobilní telefon a sociální síť Facebook. Aby byl soubor sestaven z nejlepších gymnastek v ČR z tohoto období, byly kontaktovány pouze dívky, které závodily na extraligové úrovni, což bylo zjištěno z dostupných výsledkových listin závodů. Druhá generace gymnastek byla kolem 45 let, ročník narození mezi lety 1961–1970 (generace 2). Bývalé vrcholové gymnastky byly osloveny přes mobilní telefon nebo přes emailovou adresu. Do třetí kategorie byly zařazeny bývalé sportovní gymnastky starší 68 let, ročník narození 1929–1947 (generace 3), které závodily za bývalé Československo. Kontaktní informace byly získány za spolupráce Českého a Slovenského Olympijského výboru a osloveny byly prostřednictvím telefonu nebo dopisu.

Požadované informace byly získány prostřednictvím dotazníku, který je přiložen v příloze (příloha č. 2–6, strana 91–95). Dotazník byl vytvořen v dokumentu Word a byl odeslán emailem sportovním gymnastkám, které vyplněný soubor následně anonymně odeslaly ze speciálně vytvořené emailové adresy pro tento účel, ke které měly přístup, na autorčin email. Probandky

bez přístupu k elektronické poště dostaly dotazník v papírové formě v dopise, který byl doručen na jimi určenou adresu, a zpět ho odeslaly na adresu autorky.

Otázky byly směřovány do různých odvětví a byly zaměřeny jednak na samotné gymnastky, tak na jejich biologické příbuzné.

První okruh otázek byl ohledně jejich narození; v jakém roce se narodily a zdali byl porod v termínu, v předtermínu, nebo po termínu.

Dále jsme se dotazovali na jejich sportovní kariéru; v jakém věkovém rozmezí cvičily sportovní gymnastiku, kolik hodin týdně trénovaly v různých etapách sportovní kariéry, jestli patřily do reprezentačního týmu a jaké byly jejich největší gymnastické úspěchy – mistrovství České republiky (MČR), závody s mezinárodní účastí (MZ), mistrovství Evropy (ME), mistrovství světa (MS), olympijské hry dětí a mládeže (OHDM), závody olympijských nadějí (ON) nebo olympijské hry (OH). Ptali jsme se, jestli po ukončení kariéry dělaly nějaké další sportovní aktivity a na jaké úrovni; rekreační (tělesná a psychická regenerace formou aktivního odpočinku bez soutěžních prvků), výkonnostní (organizovaná činnost se specifickým zaměřením na různé úrovni) nebo vrcholové (tělesná aktivita formou nejvyšších výkonů). (124) Sportovní kariéru společně s úrovní sportů jsme sledovali také u biologických matek probandek. Pokud nějaké gymnastky ještě neukončily svou závodní gymnastickou kariéru, zvolíme pro výpočet hodnot pro celkovou délku kariéry a ukončení gymnastiky postup, jako kdyby ukončily svou kariéru v tomto roce.

Další a velice podstatný okruh byl zaměřen na tělesnou výšku probandek a jejich biologických předků. Zajímal nás vývoj výšky gymnastek od narození do současnosti, včetně informace, zdali se současná výška a maximální výška liší. U rodičů a prarodičů jsme zjišťovali jejich maximální dosaženou výšku, abychom mohli určit hodnotu midparentu a z něj odvodit, jestli gymnastky dosáhly svého dědičného růstového potenciálu nebo ne. Midparentální rozpětí bylo vypočítáno ze vzorečku:

$$\frac{\text{tělesná výška matky} + (\text{tělesná výška otce} - 13 \text{ cm})}{2} \pm 10 \text{ cm}$$

K vyhodnocení pubertálního vývoje dívek jsme zvolili věk menarché. Zjišťovali jsme věk první menstruace společně s výškou v tomto období. Abychom měli mezigenerační srovnání, zjišťovali jsme tyto informace i u biologické matky a biologické matky matky. Vzhledem k veliké zátěži během sportovní gymnastiky jsme se ptali i na případné problémy s menstruačním cyklem během gymnastické kariéry, a jestli byl nutný zásah lékaře či nikoli.

Jelikož menses může být ovlivněna hormonální léčbou, ptali jsme na užívání HAC a HRT; z jakého důvodu byly nasazeny a v jakém věkovém období. V této oblasti otázek jsme se ještě dotazovali na těhotenství, abychom mohli posoudit, jestli případné opoždění menarché může být spojeno s potížemi s otěhotněním.

Poslední dvě sekce otázek v dotazníku byly zaměřeny na posouzení triády sportovkyň, tedy k potížím s menstruací jsme zjišťovali i poruchy příjmu potravy a faktory, které mohou naznačovat sníženou kostní hustotu. Dotazovali jsme se, zda během gymnastické kariéry měly nějaké dietní restriktce a od koho a přímo jsme se ptali, jestli měly anorexii nebo bulimii, případně v jakém věkovém období a jestli nemoc řešily s odborníky a jakými. Kostní hustotu jsme odvozovali dle zlomenin, jejich lokalizace a příčiny vzniku v určitém věkovém období.

Ukázka fotografií gymnastek jednotlivých generací je v příloze č. 7–10 na stranách 96–99.

4.4 Statistické zpracování

Statistické zpracování jsme provedli pomocí programu Microsoft Excel 2010 s doplňkem analýzy dat. Statistickou významnost rozdílů finální výšky sportovních gymnastek a populačního průměru jejich vrstevnic jsme hodnotili pomocí dvouvýběrového párového t-testu na střední hodnotu. Statistická významnost byla stanovena na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Stejně tak byly vypočítány statistické rozdíly ve věku nástupu menarché. Každou generaci gymnastek jsme hodnotili zvlášť. Pro ostatní parametry jsme použili deskriptivní statistiku ke zjištění průměrů a mediánů.

4.5 Percentilové růstové grafy

Percentilové růstové grafy jsme zpracovali pomocí programu Kompendium pediatrické auxologie 2005. Výsledné grafy jsou vytvořeny podle norem z 6. celostátního antropologického výzkumu v roce 2001. Přesné hodnocené percentilů a směrodatných odchylek je tedy možné pouze pro gymnastky generace 3. Vzhledem k sekulárnímu trendu budou konkrétní hodnoty u generace 1 a 2 nepřesné, ale trend tělesného růstu nám umožní sledovat. Nekvalitní křivky, které jsou na první pohled zubaté nebo vytvořené z chybných dat, vyloučíme a v naší práci nepoužijeme.

5 VÝSLEDKY

Dotazníkového výzkumu se účastnilo celkem 49 vrcholových sportovních gymnastek. Ve skupině nejstarších bývalých sportovkyň, patřících do generace 1, je 9 probandek. Narodily se mezi lety 1929–1947, všechny patřily do Československého reprezentačního týmu a všechny cvičily na olympijské úrovni. V prostřední generaci, generaci 2, je celkem 15 probandek narozených mezi lety 1961–1970, všechny byly členkami Československého reprezentačního týmu a kromě jedné byly všechny na olympijské úrovni. Nejmladší generace, generace 3, je nejpočetnější a pojímá celkem 25 probandek narozených mezi lety 1988–1996. Patří mezi ně nejlepší gymnastky své doby, všechny cvičily na extraligové úrovni, 15 z nich bylo součástí reprezentačního týmu České republiky. Jedna dívka závodila na OH, z ostatních dívek byly 3 na MS, 3 na ME, 3 na závodech ON a ostatní se zúčastnily MČR a MZ.

Sportovní kariéra

Získaná data ohledně sportovní kariéry gymnastek ukazuje tabulka č. 4, strana 44. Nejstarší sportovní gymnastky, generace 1, začaly svou gymnastickou kariéru průměrně v 13,2 letech (rozpětí 8–16,5 let, medián=13) a ukončily ji průměrně v 25,3 letech (rozpětí 21–28 let, medián=25). Gymnastiku cvičily průměrně 12,1 let (rozpětí 7–20 let, medián=12) a v době nejintenzivnějších tréninků cvičily průměrně 24 hodin týdně (rozpětí 15–36 hodin, medián=24).

Gymnastky generace 2 svou kariéru začaly průměrně v 5,9 letech (rozpětí 4–8 let, medián=6) a ukončily průměrně v 19,6 letech (rozpětí 15–28 let, medián=25). Gymnastiku cvičily průměrně 13,7 let (rozpětí 7–22 let, medián=12) a v době nejintenzivnějších tréninků cvičily průměrně 32,6 hodin týdně (rozpětí 18–48 hodin, medián=30).

Nejmladší gymnastky, generace 3, začaly průměrně v 4,8 letech (rozpětí 3–6 let, medián=5). Dvě gymnastky ještě neukončily závodní kariéru, jedna ve 24 letech stále trénuje intenzitou 28–30 hodin týdně a druhá ve svých 27 letech trénuje intenzitou 10–12 hodin týdně. Pro výpočet hodnot pro celkovou délku kariéry a ukončení gymnastiky jsme zvolili postup, jako kdyby ukončily svou kariéru v tomto roce. Gymnastky generace 3 tedy ukončily průměrně svou kariéru v 17,8 letech (rozpětí 14–27 let, medián=17). Gymnastiku cvičily průměrně 12,9 let (rozpětí 10–21 let, medián = 12) a v době nejintenzivnějších tréninků cvičily průměrně 25,2 hodin týdně (rozpětí 15–36 hodin, medián = 24).

	Generace 1	Generace 2	Generace 3
Rok narození	1929–1947	1961–1970	1988 - 1996
Začátek kariéry	13,2	5,9	4,8
Konec kariéry	25,3	19,6	17,8
Délka kariéry	12,2	13,7	12,9
Intenzita zátěže	24	32,6	25,2
Reprezentace	9/9	14/15	15/24

Tabulka č. 4: Sportovní kariéra gymnastek generace 1–3. Rok narození je uveden v plném rozpětí, ostatní informace v průměrných hodnotách. Rok narození, začátek, konec a délka kariéry jsou uvedeny v letech. Maximální intenzita tréninků je v hodinách za týden. Poslední údaj říká, kolik gymnastek z celkového počtu bylo v reprezentačním týmu Československé/České republiky.

Většina gymnastek pokračovala po ukončení gymnastické kariéry s dalšími sporty, celkový přehled ukazuje tabulka č. 5. Rekreačně se věnovaly/věnují převážně běžným sportům, jako jsou cyklistika, plavání, sjezdové a klasické lyžování, squash, tenis nebo bruslení. Ve výkonnostní třídě pokračovaly probandky pouze z generace 3, mezi jejich konkrétní sporty spadá taekwondo, atletika, skoky na trampolíně a jóga. Vrcholově pokračovala gymnastka generace 1 v moderním tanci, představitelky generace 2 se věnovaly kulturistice, teamgymu a aerobiku. Dívky z generace 3 pokračovaly vrcholově často s teamgymem (5 probandek), dále se skoky na trampolíně (2 probandky) a akrobatickým rokenrolem.

	Generace 1	Generace 2	Generace 3
Celkový počet probandek	9	15	25
Žádný sport	1	4	5
Rekreačně	7	8	7
Výkonnostně	–	–	5
Vrcholově	1	3	8

Tabulka č. 5: Další sporty sportovních gymnastek po ukončení gymnastické kariéry. Čísla představují počty probandek.

Tělesná výška

Výsledky hypotéz 1–3:

H1) Zamítáme nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Zamítáme tedy, že finální tělesná výška sportovních gymnastek generace 1 a populačního průměru jejich vrstevnic je stejná. Data jsou statisticky významná, $p=0,49$.

H2) Zamítáme nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Zamítáme tedy, že finální tělesná výška sportovních gymnastek generace 2 a populačního průměru jejich vrstevnic je stejná. Data jsou statisticky významná, $p=0,012$.

H3) Zamítáme nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Zamítáme tedy, že finální tělesná výška sportovních gymnastek generace 3 a populačního průměru jejich vrstevnic je stejná. Data jsou statisticky významná, $p=0,0007$.

Podrobné výsledky jsou přiloženy v příloze č. 11, strana 100.

Sportovní gymnastky všech tří generací jsou statisticky významně menší než populační průměr jejich vrstevnic. Průměrná finální tělesná výška gymnastek generace 1 je 158,6 cm, zatímco jejich vrstevnice průměrně měřily 162,08 cm. Rozdíl byl trochu větší u generace 2, která měřila 160,6 cm, a jejich vrstevnice 165,09 cm. Nejmladší generace 3 má svou tělesnou výšku 163,6 cm, zatímco jejich vrstevnice 167,2 cm. Souhrnné údaje adultní tělesné výšky gymnastek, jejich vrstevnic a jejich rodičů ukazuje tabulka č. 6.

	Generace 1	Generace 2	Generace 3
TV průměr	158,6	160,6	163,6
TV populačního průměru vrstevnic	162,08	165,09	167,2
TV medián	159	160	163
TV rozpětí	150–164	152–175	157–174
TV matek – medián	158	160	163
TV otců – medián	172	173	178

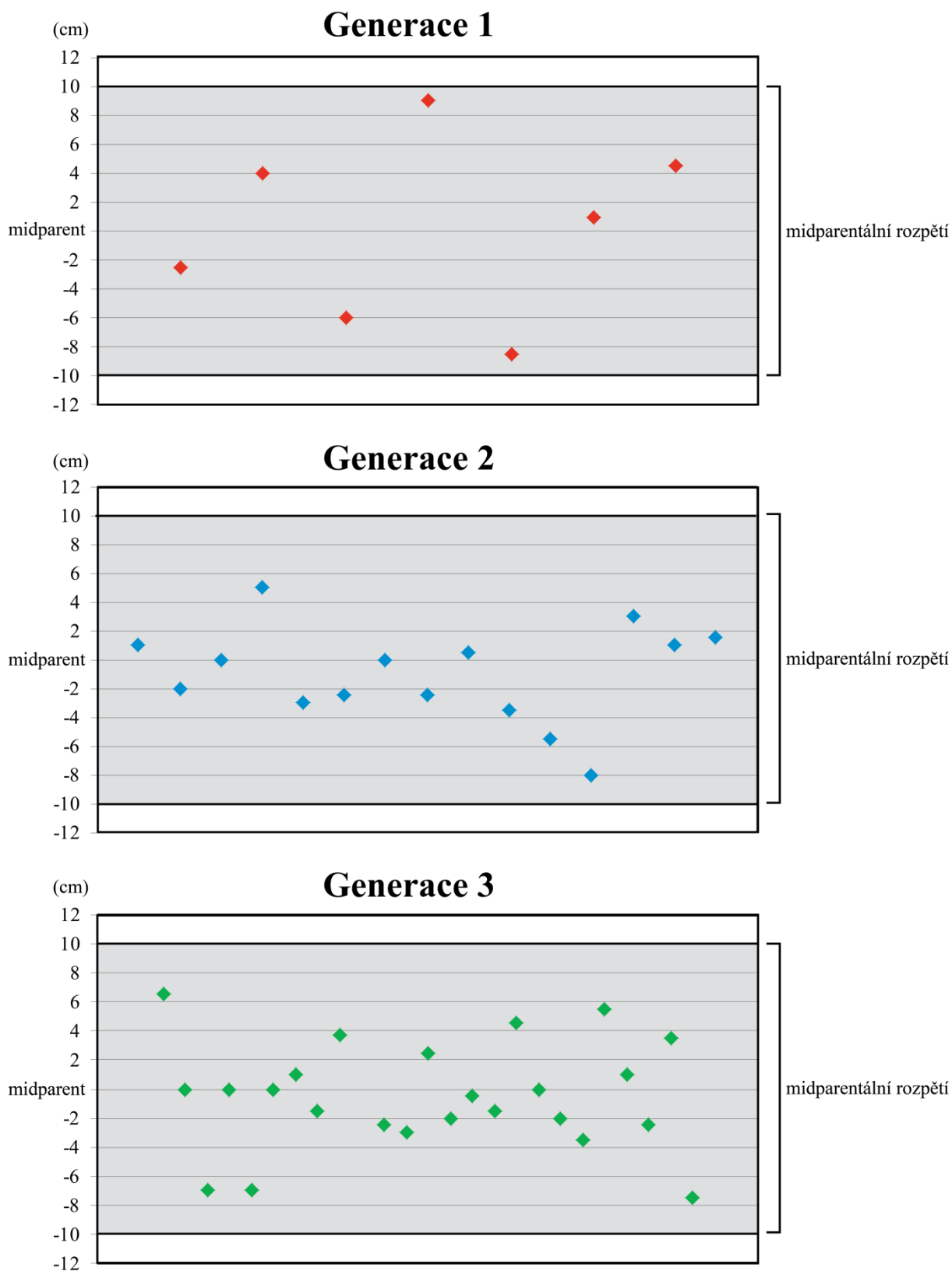
Tabulka č. 6: Adultní tělesná výška jednotlivých generací a hodnota mediánu tělesné výšky jejich rodičů. TV = tělesná výška. Hodnoty uvedeny v cm.

Adultní tělesná výška generace 1 je v rozsahu 150–164 cm (medián=159 cm), hodnota mediánu jejich biologických rodičů je pro matky 158 cm a pro otce 172 cm. Generace 2 má svou tělesnou výšku v rozpětí 152–175 cm (medián=160 cm), hodnota mediánu pro matky je 160 cm a pro otce 173 cm. Výška generace 3 je v rozmezí 157–174 cm (medián 163 cm), jejich matky mají hodnotu mediánu 163 cm a otcové 178 cm.

TV	Generace 1		TV	Generace 2		TV	Generace 3	
	midparent			midparent			midparent	
150		ano	152		ano	157		?
155		ano	153		ano	158		ano
155		?	158		ano	158		ano
158		ano	158		ano	158		ano
159		ano	159		ano	160		ano
160		ano	160		ano	160		ano
162		?	160		ano	160		ano
164		ano	160		ano	160		ano
164		ano	160		ano	160		ano
–		–	162		ano	160		ano
–		–	162		ano	161		ano
–		–	162		ano	162		ano
–		–	165		ano	163		ano
–		–	168		ano	163,5		ano
–		–	170		ano	164		ano
–		–	–		–	164		ano
–		–	–		–	166		ano
–		–	–		–	166		ano
–		–	–		–	166		ano
–		–	–		–	169		ano
–		–	–		–	169		ano
–		–	–		–	169		ano
–		–	–		–	169		ano
–		–	–		–	172		ano
–		–	–		–	174		ano

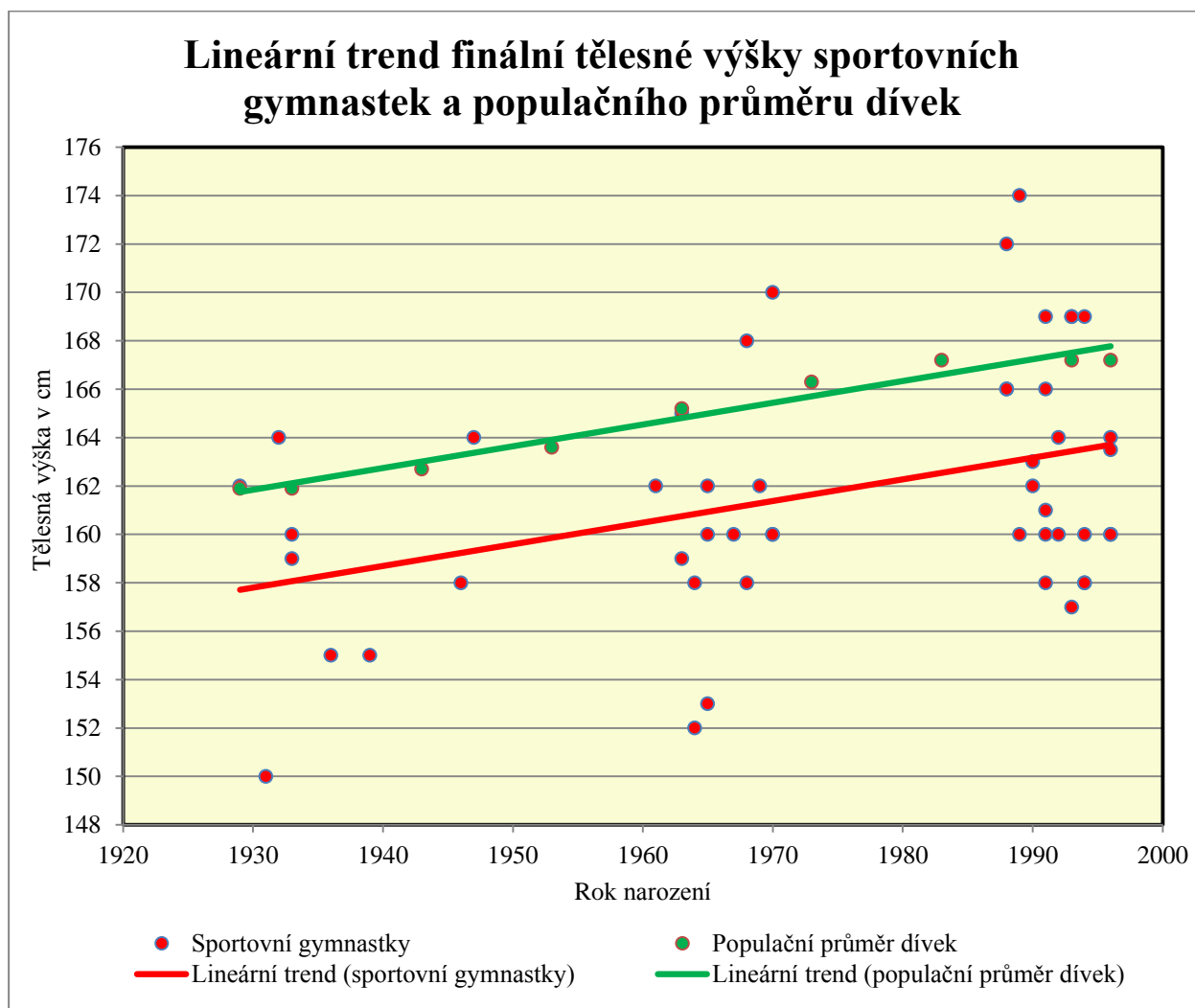
Tabulka č. 7: Hodnoty tělesné výšky gymnastek generace 1–3 a zda naplnily svůj dědičný růstový potenciál (midparent). TV = tělesná výška, midparent = dovršení hodnot midparentální rozpětí, ano = naplnily svůj dědičný růstový potenciál a vešly se do midparentálního rozpětí. Čísla uvedeny v cm.

Tabulka č. 7 uvádí hodnoty tělesné výšky jednotlivých generací, a zda naplnily svůj dědičný růstový potenciál. Z celkového počtu 48 sportovních gymnastek jsme získali u 45 informace o výšce jejich biologických rodičů. Všechny tyto gymnastky dosáhly svého růstového potenciálu a vešly se do midparentálního rozpětí. Rozprostření v midparentálním rozmezí zobrazuje graf č. 1, strana 47.



Graf č. 1: Rozložení hodnoty finální adultní výšky gymnastek ve vzdálenosti od midparentu pro každou generaci gymnastek zvlášť. Šedá plocha představuje midparentální rozpětí, které je ± 10 cm od midparentu. Všechny gymnastky se vešly do midparentálního rozpětí, to znamená, že všechny gymnastky naplnily svůj růstový dědičný potenciál.

Graf č. 2 zobrazuje lineární trend finální tělesné výšky sportovních gymnastek ve srovnání s populačním průměrem dívek v rámci sekulárního trendu.



Graf č. 2.: Lineární trend tělesné výšky sportovních gymnastek a populačního průměru dívek. Graf znázorňuje sekulární trend tělesné výšky populačního průměru žen a vrcholových sportovních gymnastek. Osa x představuje rok narození.

Věk menarché

Výsledky hypotéz 4–6:

- H3) Nezamítáme nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Rozdíl mezi věkem menarché sportovních gymnastek generace 1 a věkem populačního průměru není statisticky významný, $P=0,14$.
- H4) Zamítáme nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Zamítáme tedy, že věk menarché sportovních gymnastek generace 2 je stejný jako průměrný věk v populaci. Data jsou statisticky významná, $p=0,000003$.
- H5) Zamítáme nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Zamítáme tedy, že věk menarché sportovních gymnastek generace 3 je stejný jako průměrný věk v populaci. Data jsou statisticky významná, $p=0,00000002$.

Podrobné výsledky jsou přiloženy v příloze č. 12, strana 101.

Věk menarché se statisticky významně liší od dlouhodobého průměru české populace u generace 2 ($p<0,00001$) a generace 3 ($p<0,0000001$), zatímco u generace 1 nejsou žádné významné rozdíly ($p=0,14$). Průměrný věk menarché generace 1 je 13,7 let (medián=14), generace 2: 17,1 let (medián=17) a u generace 3: 15,08 let (medián=15). Medián věku první menstruace biologických matek se tolik mezigeneračně neliší (generace 1: 13, generace 2: 14, generace 3: 14). Věk menarché matky biologické matky, tedy babičky z matčiny strany, se také pohybuje mezi 13 a 14 lety. Data ohledně babiček nám poskytly dvě gymnastky z generace 2 a 12 gymnastek z generace 3. Souhrnné údaje ohledně věku menarché nám poskytuje tabulka č. 8.

	Generace 1	Generace 2	Generace 3
Rozpětí věku menarché	12–15	14–22	12–17
Věk menarché – průměr	13,7	17,1	15,08
Věk menarché – medián	14	17	15
Věk menarché matky – medián	13	14	14
Věk menarché matky matky – medián	–	13,25	13,5

Tabulka č. 8. Věk menarché. Čísla uvedeny v letech.

Tabulka č. 9. nám dává přehled o konkrétním věku, kdy měly sportovní gymnastky menarché v porovnání s hodnotou, v kolika letech měla menarché jejich biologická matka. Pouze jedna gymnastka generace 1 uvedla současně i věk své matky, v generaci 2 máme data od 12 dívek a v generaci 3 od všech. Největší rozdíl mezi věkem první menses matky a dcery byl u generace 2, rozdíl tvořil 10 let. Současně se jedná o sportovní gymnastku s největším věkem menarché – 22 let. Generace 3 projevuje tendenci, že některé dívky mají menarché dříve než jejich matky, budeme to podrobněji rozebírat v diskuzi. Rozpětí věku menarché u generace 1 je nejmenší a nachází se v rámci variability kalendářního věku pro menarché (12–15 let), generace 2 má rozmezí největší a nachází se nad rámec variability pro kalendářní věk (14–22 let) a generace 3 měly menarché mezi 12 a 17 lety.

Generace 1			Generace 2			Generace 3		
gym	matka	rozdíl	gym	matka	rozdíl	gym	matka	rozdíl
12	–	–	14	12	2	12	13	-1
12	–	–	15	13	2	13	13	0
13	–	–	15	14	1	13	20	-7
13	–	–	15	–	–	14	12	2
14	13	1	16	12	4	14	14	0
14	–	–	16	14	2	14	15	-1
15	–	–	17	14	3	15	11	4
15	–	–	17	–	–	15	11	4
15	–	–	17	–	–	15	12	3
–	–	–	18	13	5	15	13	2
–	–	–	18	14	4	15	13	2
–	–	–	18	14	4	15	14	1
–	–	–	18,5	13	5,5	15	15	0
–	–	–	20	17	3	15	15	0
–	–	–	22	12	10	15	15	0
–	–	–	–	–	–	15	18	-3
–	–	–	–	–	–	16	12	4
–	–	–	–	–	–	16	13	3
–	–	–	–	–	–	16	14	2
–	–	–	–	–	–	16	14	2
–	–	–	–	–	–	16	14	2
–	–	–	–	–	–	16	14	2
–	–	–	–	–	–	16	14	2
–	–	–	–	–	–	17	13	4
–	–	–	–	–	–	17	13	4
–	–	–	–	–	–	17	15	2

Tabulka č. 9.: Věk menarché gymnastek generace 1–3 v porovnání s věkem menarché jejich biologických matek. Gym=sportovní gymnastky. Čísla jsou uvedeny v letech. Tabulka ukazuje věk menarché gymnastek jednotlivých generací v porovnání s jejich biologickými matkami. Tučně červeně jsou vyznačeny gymnastky, které budou podrobněji rozebrány v diskuzi. Tučně modře jsou vyznačeny hodnoty pro věk menarché matky, která vrcholově sportovala, také bude více rozebráno v diskuzi.

Menstruační potíže

Celkem 26 dívek mělo potíže s menstruačním cyklem a 22 mělo menses bez obtíží. Nejméně potíží měly gymnastky generace 1, které měly všechny menarché v rámci variability kalendářního věku pro menarché. Pouze jedna gymnastka měla sekundární amenoreu, jinak všechny udávaly průběh bez potíží. Generace 2 měla nejvíce potíží s menses, 11 z nich mělo primární a 2 sekundární amenoreu. Bez potíží byly pouze dvě dívky. V generaci 3 mělo 9 gymnastek primární a 3 sekundární amenoreu. Počet dívek bez žádných potíží byl o jednu menší než počet dívek s potížemi. Tabulka č. 10. uvádí souhrnné údaje ohledně průběhu menses v průběhu gymnastické kariéry.

	Generace 1	Generace 2	Generace 3
Celkový počet probandek	9	15	25
Primární amenorea	0	11	9
Sekundární amenorea	1	2	3
Oligomenorhea	0	3	3
Celkem potíže s menses	1	13	13
Eumenorea	8	2	12

Tabulka č. 10.: Menstruační potíže gymnastek generace 1–3 během gymnastické kariéry. Čísla značí počty dívek

Hormonální léčba

Generace 1 ze všech nejméně užívala hormonální léčbu. HAC užívala pouze jedna bývalá gymnastka a to až ve 36 letech. HRT měla indikovanou pouze jedna z důvodu úpravy cyklu po sekundární amenoree.

Třetina dívek generace 2 užívala HRT a to před 21. rokem věku. Čtyři dívky měly léčbu primárně pro úpravu menstruačního cyklu. Jedné dívce lékaři vyvolávali menses v 17 letech, po pětiměsíční léčbě se spustila menstruace, ale po vysazení léčby opět přestala, spontánně poté měla menses ve 20 letech. HAC užívalo 8 z celkového počtu, průměrně začaly s antikoncepcí v 26 letech (medián=23).

Generace 3 užívala nejvíce HAC z důvodu prevence otěhotnění. Celkem 15 dívek užívalo antikoncepci průměrně od 17,07 let (rozmezí 15–18, medián=17). Pět dívek užívalo HRT. Jedna pro navození menses v 15 letech, dvě z důvodu nepravidelnosti menses a dvě z důvodu kožních

problémů. Jedna z těchto dvou dívek s kožními problémy měla nasazenou hormonální léčbu v 15 letech a menarché měla v 17 letech. Druhá dívka uvedla, že ji byla v 16 nasazena hormonální léčba z důvodu kožních problémů a současně jako prevence otěhotnění, menarché měla v 16, nevíme tedy, jestli měla menstruaci ještě před podáním hormonální léčby, nebo ne. Souhrnné údaje o hormonální léčbě uvádí tabulka č. 11.

	Generace 1	Generace 2	Generace 3
Celkový počet probandek (n)	9	15	25
Počty uživatelék hormonální léčby (n)			
HRT celkem	1	5	5
HRT k navození menses	0	1	1
HRT k úpravě menstruačního cyklu	0	4	2
HRT z důvodu kožních problémů	0	0	2
HAC k prevenci koncepce	0	8	15
Věk začátku užívání (roky)			
HRT průměrný věk	22	19	16
HRT medián věku	22	19	15,5
HAC průměrný věk	–	26	17,07
HAC medián věku	–	23	17

Tabulka č. 11: Užívání hormonální léčby u gymnastek generace 1–3 během gymnastické kariéry. Horní část tabulky značí celkový počet probandek. Střední část počty dívek, které užívaly hormonální léčbu HRT/HAC během gymnastické kariéry. Spodní část značí věk začátku užívání hormonů.

Těhotenství

Celkem 7/9 žen generace 3 dokončily graviditu, všechny ženy generace 2 dokončilo graviditu a v generaci 3 měly děti 2/25. V nejstarší generaci měla potíže s těhotenstvím jedna žena, která opakovaně spontánně potratila a děti neměla vůbec, další se o děti nepokoušela. V generaci 2 měla potíže s těhotenstvím jedna probandka, která dlouhodobě nemohla otěhotnět a po pěti letech a pěti pokusech in vitro fertilizace zdárně otěhotněla a donosila dítě. Dvě dívky z generace 3 dokončily graviditu, ostatní se o děti ještě nepokoušely. Souhrnné údaje o těhotenství uvádí tabulka č. 12, strana 53.

	Generace 1	Generace 2	Generace 3
Celkový počet probandek	9	15	24
Dokončená gravidita	7	25	2
Problémy s početím	0	1	0
Problémy s donošením	1	0	0
Nepokoušela se otěhotnět	1	0	23

Tabulka č. 12: Souhrnné údaje o graviditě gymnastek generace 1–3. Čísla uvádí počty.

Poruchy příjmu potravy

Z celkového počtu 49 probandek mělo 16 určité dietní restriktce ze stran trenérů a jedna si indikovala dietu sama. Jednalo o redukční diety k hlídání závodní váhy a omezování vysoko glykemické stravy („sladkosti, knedlíky, přílohy“). Tři dívky z generace 1 měly dietní restriktce a žádná neměla poruchu příjmu potravy. Jedenáct gymnastek z generace 2 mělo dietní restriktce a 4 měly PPP. Dvě z nich mělo bulimii nervózu (14–20 let a 15–22 let) a další dvě blíže nespecifikovaly druh PPP (od 13 let a od 17 let, do kolika let nevedly). Dvě gymnastky z generace 3 uvedlo dietní restriktce ze strany trenérů a jedna si indikovala redukční dietu sama. Žádná gymnastka z nejmladší generace neměla PPP. Souhrnná data ukazuje tabulka č. 13.

	Generace 1	Generace 2	Generace 3
Celkový počet probandek	9	15	24
Dietní restriktce ze strany trenérů	3	11	2
Dietní restriktce ze své strany	0	0	1
Porucha příjmu potravy	0	4	0

Tabulka č. 13: Souhrnné údaje o dietních restrikcích během gymnastické kariéry a poruchách příjmu potravy.

Zlomeniny

Celkem 26 sportovních gymnastek, z celkového počtu 49, mělo někdy zlomeninu. Během gymnastické kariéry mělo frakturu celkem 20 dívek a po ukončení kariéry 7 dívek. V generaci 1 měly 3 gymnastky zlomeninu během své kariéry, všechny tři ji měly na dolní končetině v oblasti distální části lýtkových kostí a jedna měla současně v oblasti lokte a také našťipnutý trnový výběžek obratle. Všechny tyto zlomeniny se staly během tréninku při pádech. Rozpětí, kdy se jim úrazy staly, je 14–22 let (medián=17). Po ukončení kariéry měla jedna probandka

ve 35 letech zlomený první bederní obratel (pád z bradel) a tři měly zlomeninu až po 65. roku věku (rozpětí 65–76 let, medián=70). Dvě z nich měly zlomenou předloketní kost a jedna zápěstní kůstku, příčinou byl opět pád.

Jedenáct gymnastek generace 2 mělo zlomeninu během své kariéry, jedná se o jinou kombinaci sportovkyň než v případě dietních restrikcí (kde byl počet stejný). Také si je způsobily během tréninku při pádech a špatných doskocích. Jedná se o zlomeniny záprstních kůstek a palce na noze, v oblasti holenní kosti, hrudního obratle, lokte, zápěstí a kostí prstů na ruce. Jedna dívka uvedla, že měla 3 odvápněné obratle. Po ukončení kariéry měla pouze jedna zlomeninu v oblasti kotníku po pádu na lyžích.

Osm gymnastek generace 3 mělo nějakou zlomeninu během své gymnastické kariéry. Všechny se staly během pádů. Fraktury byly v oblasti krátkých kostí na nohou, distální tibie, klavikuly, radia a prstů na ruku. Všechny se staly v rozmezí 5–14 let (medián=13). Po ukončení měly zlomeninu dvě dívky, jedna měla v 16 letech zlomený prostředníček z míčových sportů na školní tělesné výchově, druhá ve 21 letech spadla a zlomila si zápěstní kůstku. Souhrnné údaje o počtu zlomenin během a po ukončení gymnastické kariéry uvádí tabulka č. 14. Pro ukázkou uvedeme nějaké konkrétní mechanismy vzniku zlomeniny během gymnastické kariéry: doskok na konec žíněnky (fibula), pád na roh žíněnky (fibula), špatný doskok z letu na bradlech a náraz do žerdi (prsty na rukou), pád z náskoku na kladinu (palec na noze) nebo špatně postavená ruka při „bleše“ na kladině (malíček na ruce).

	Generace 1	Generace 2	Generace 3
Celkový počet probandek	9	15	24
Zlomeniny během gym. kariéry	3	11	8
Zlomeniny po gym. kariéře	4	1	2

Tabulka č. 14: Souhrnné údaje o zlomeninách gymnastek generace 1–3 během a po skončení gymnastické kariéry. Čísla jsou uvedena v letech.

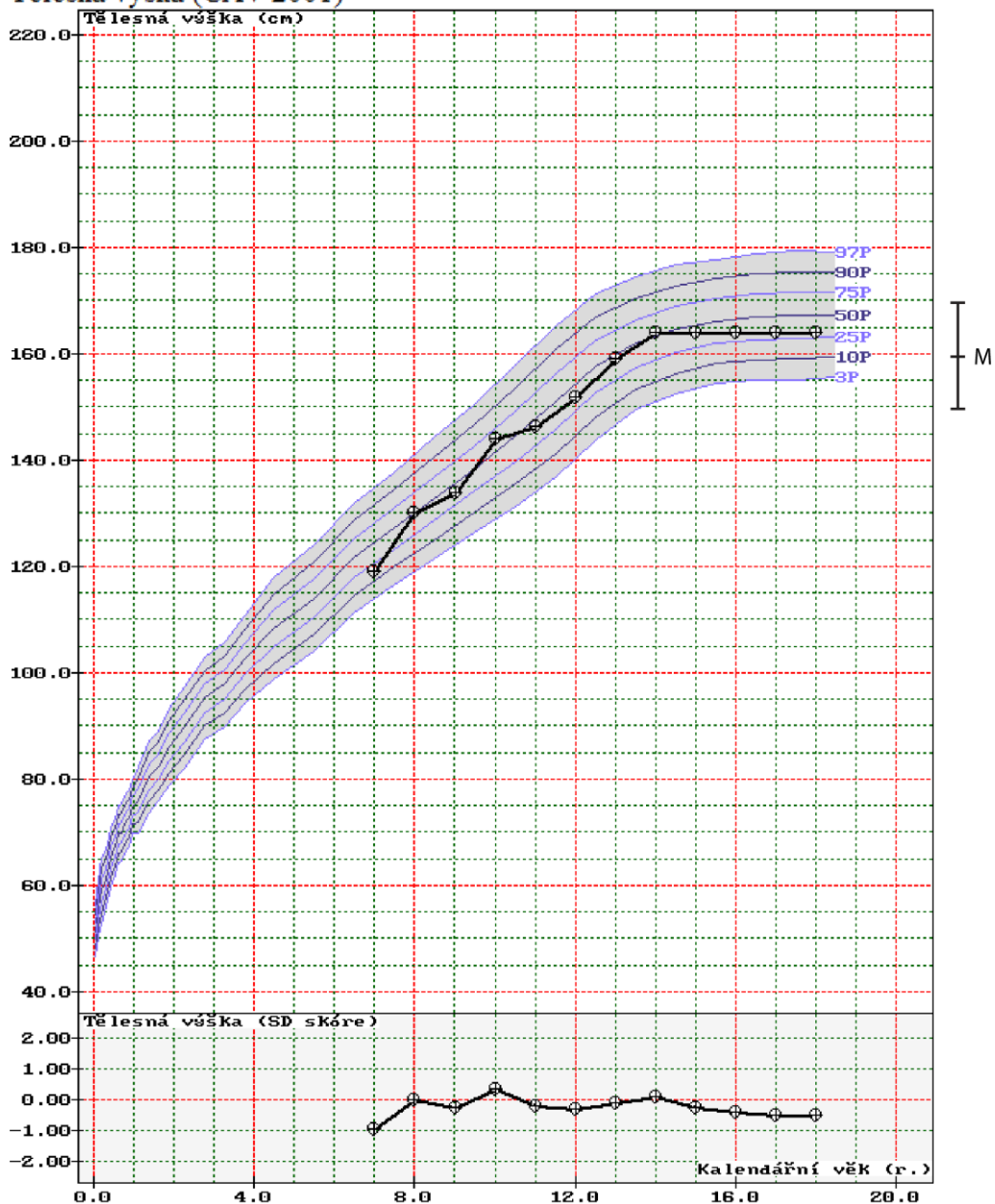
Percentilové růstové grafy

Celkem 49 dívek v dotazníku uvedlo svou finální tělesnou výšku, ne všechny uvedly současně i svou výšku během období dospívání, která by postačila k vytvoření alespoň náznaku trendu tělesného růstu. Jedna gymnastka generace 1 uvedla informace ohledně své tělesné výšky, které postačovaly k vytvoření percentilového růstového grafu. V generaci 2 byly dívky dvě a v generaci 3 jich bylo sedm. Grafy přikládáme jako graf 3–12.

Tělesná výška

Generace 1
 Rok narození: 1947
 Menarché: 13 let
 Gymnastická kariéra: 11–25 let

Tělesná výška (CAV 2001)



Graf č. 3: Percentilový růstový graf gymnastky generace 1. Růstový graf není zcela hladký, ale přikládáme ho vzhledem k jeho jedinečnosti. V pravém horním rohu jsou uvedeny podrobnější údaje ke konkrétní gymnastce. V dolní části grafu je vyjádřena tělesná výška pomocí směrodatné odchylky. Písmeno M na pravé straně grafu značí hodnotu midparentu a je od něj vymezeno midparentální rozpětí. Dívka dovršila svého růstového potenciálu.

Tělesná výška

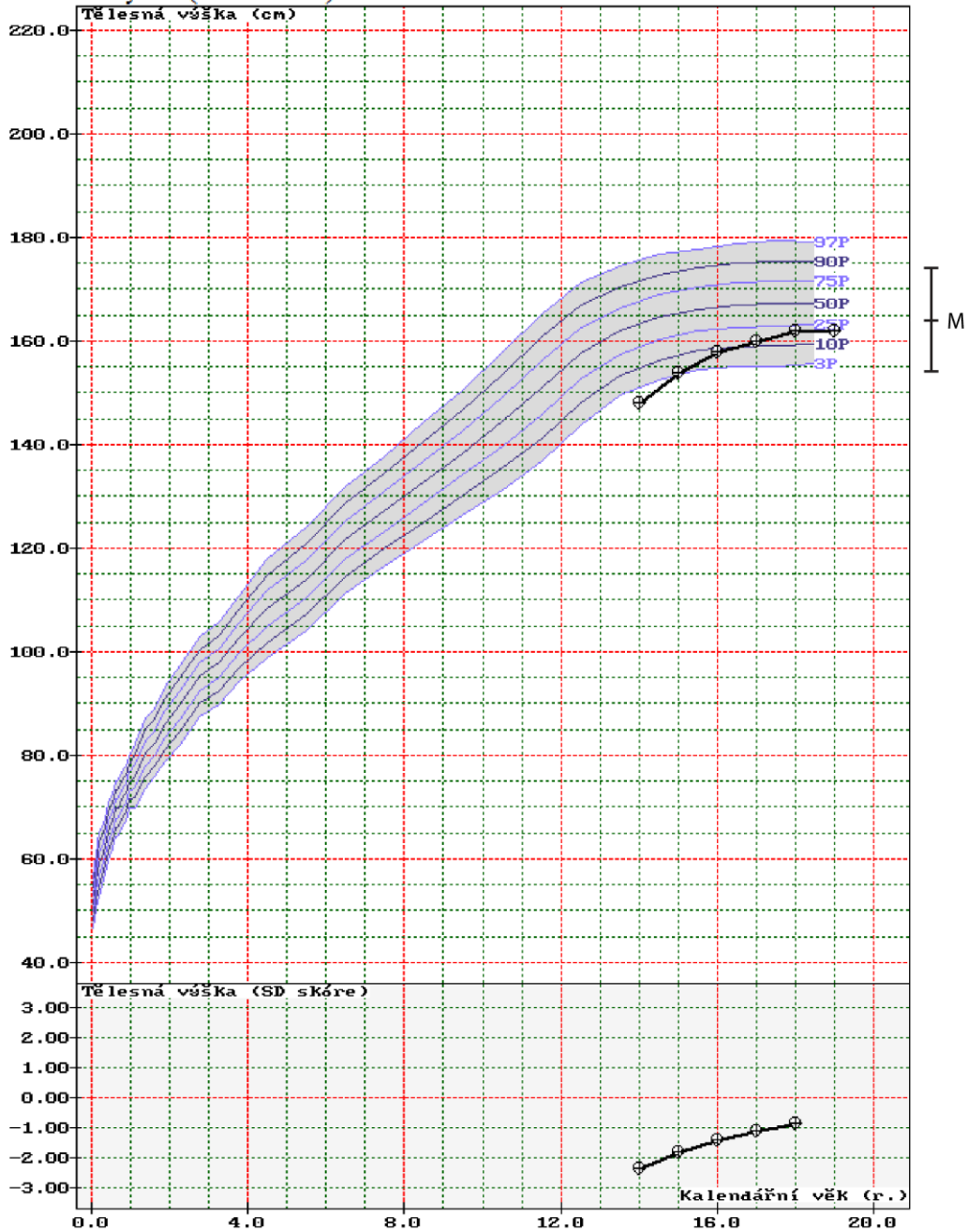
Generace 2

Rok narození: 1965

Menarché: 16 let

Gymnastická kariéra: 6–28 let

Tělesná výška (CAV 2001)

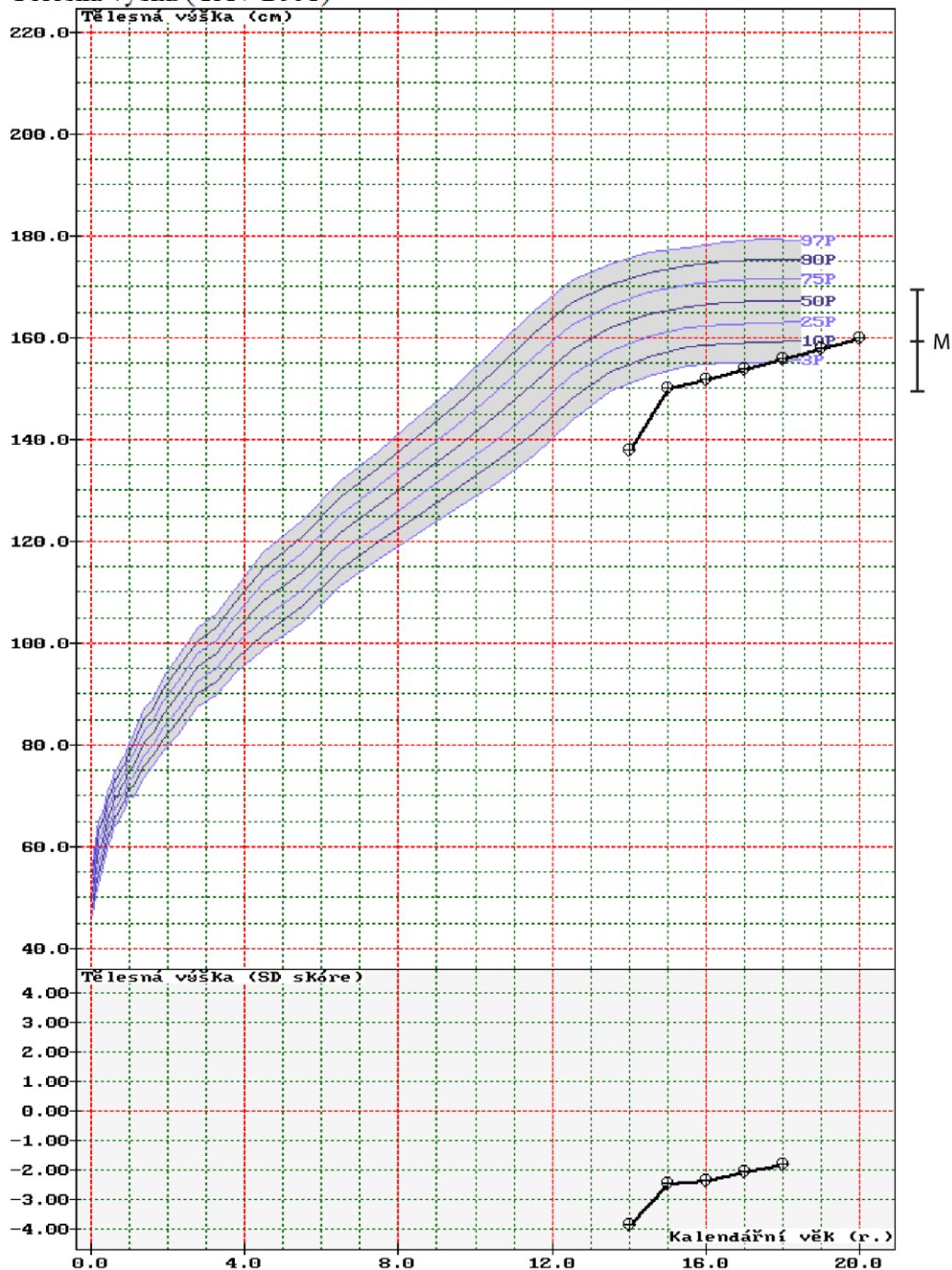


Graf č. 4: Percentilový růstový graf gymnastky generace 2. Náznač trendu fyziologické růstové křivky konstitučního opoždění růstu. V pravém horním rohu jsou uvedeny podrobnější údaje ke konkrétní gymnastce. V dolní části grafu je vyjádřena tělesná výška pomocí směrodatné odchylky. Písmeno M na pravé straně grafu značí hodnotu midparentu a je od něj vymezeno midparentální rozpětí. Dívka dovršila svého růstového potenciálu.

Tělesná výška

Generace 2
Rok narození: 1967
Menarché: 16 let
Gymnastická kariéra: 5–22 let

Tělesná výška (CAV 2001)



Graf č. 5: Percentilový růstový graf gymnastky generace 2. Náznak trendu fyziologické růstové křivky konstitučního opoždění růstu. V pravém horním rohu jsou uvedeny podrobnější údaje ke konkrétní gymnastce. V dolní části grafu je vyjádřena tělesná výška pomocí směrodatné odchylky. Písmeno M na pravé straně grafu značí hodnotu midparentu a je od něj vymezeno midparentální rozpětí. Dívka dovršila svého růstového potenciálu.

Tělesná výška

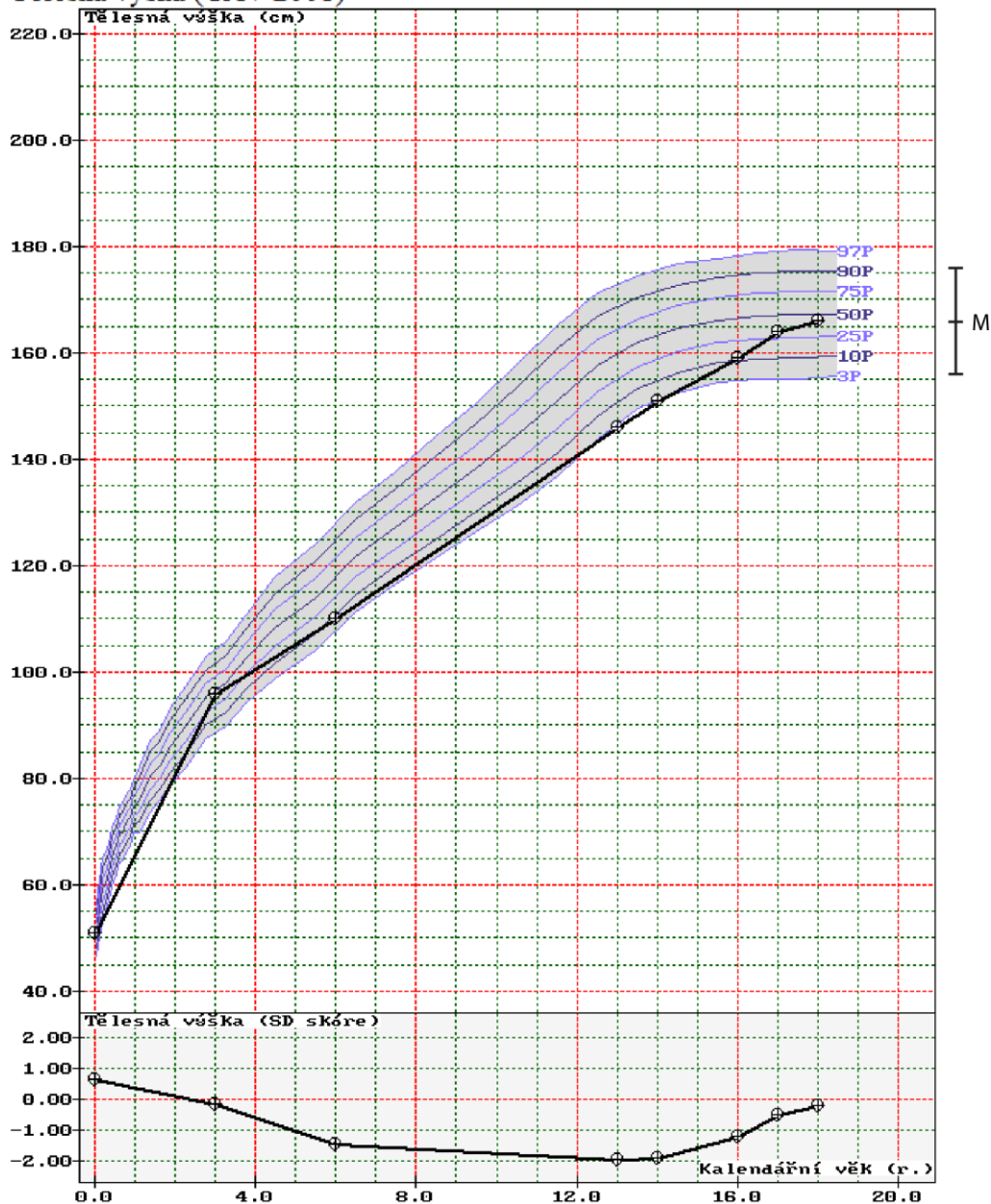
Generace 3

Rok narození: 1988

Menarché: 15 let

Gymnastická kariéra: 5,5–15,5 let

Tělesná výška (CAV 2001)

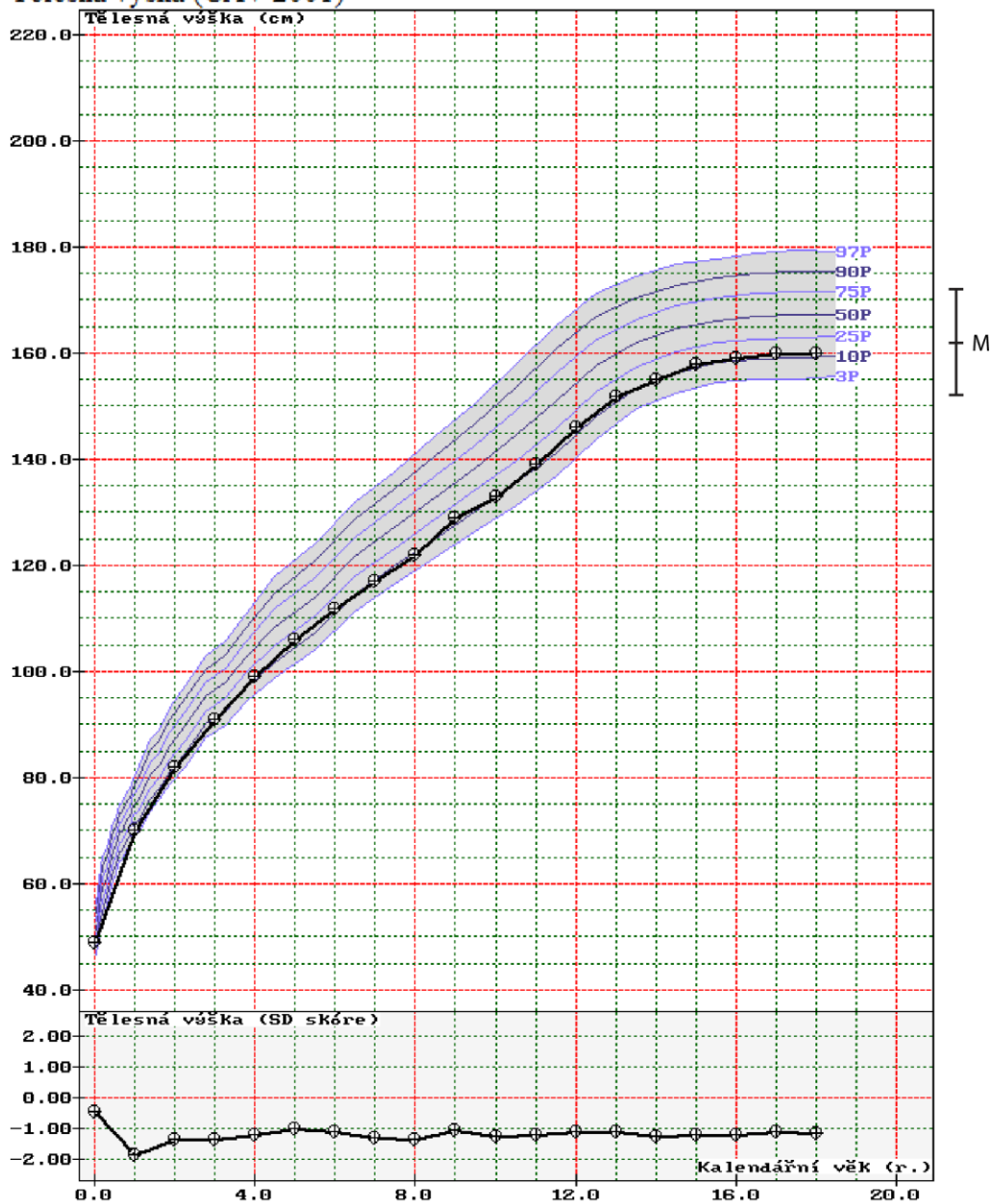


Graf č. 6: Percentilový růstový graf gymnastky generace 3. Fyziologická růstová křivka konstitučního opoždění růstu. V pravém horním rohu jsou uvedeny podrobnější údaje ke konkrétní gymnastce. V dolní části grafu je vyjádřena tělesná výška pomocí směrodatné odchylky. Písmeno M na pravé straně grafu značí hodnotu midparentu a je od něj vymezeno midparentální rozpětí. Dívka dovršila svého růstového potenciálu.

Tělesná výška

Generace 3
Rok narození: 1991
Menarché: 14 let
Gymnastická kariéra: 4–16 let

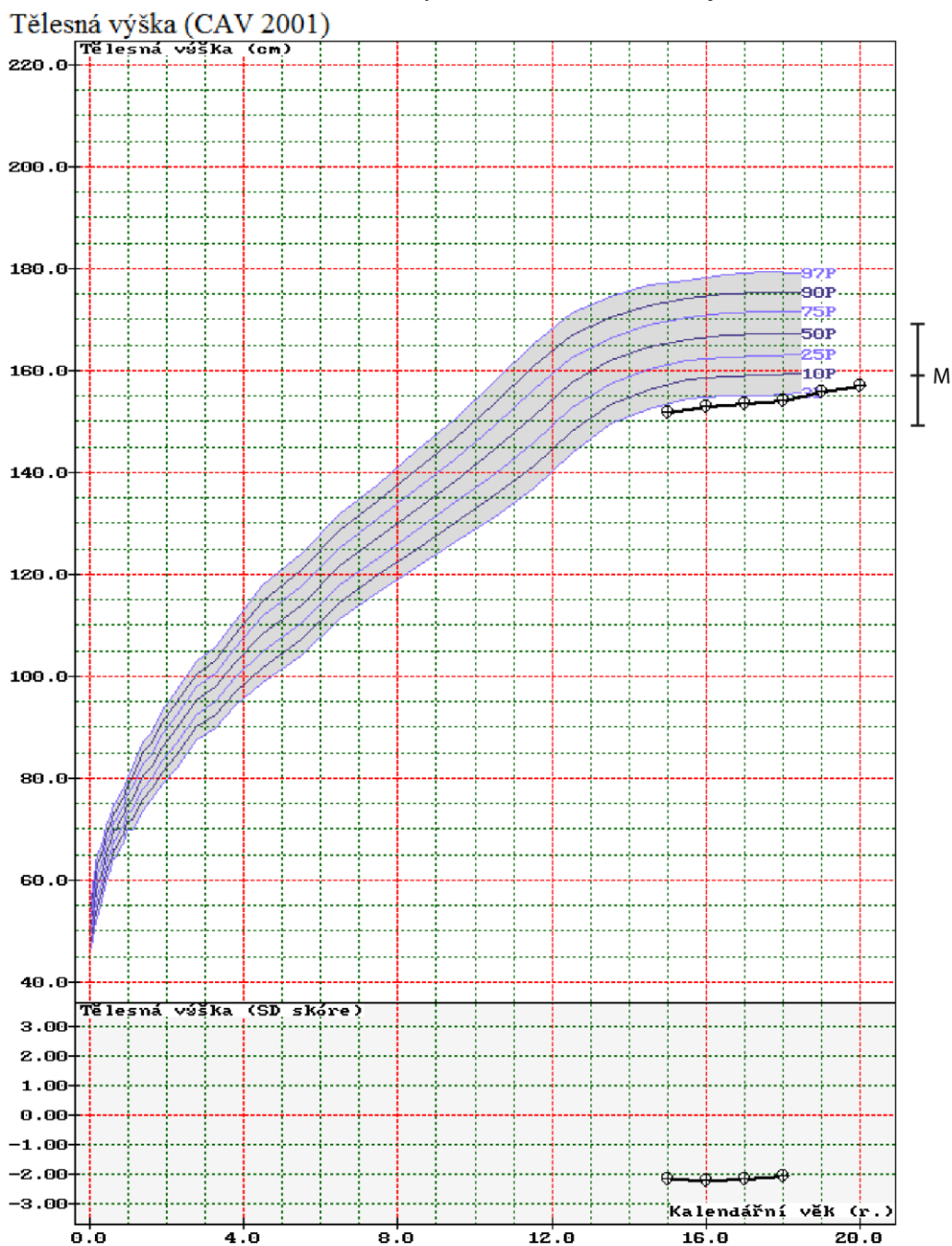
Tělesná výška (CAV 2001)



Graf č. 7: Percentilový růstový graf gymnastky generace 3. Fyziologický růstová křivka, růst průměrného jedince. V pravém horním rohu jsou uvedeny podrobnější údaje ke konkrétní gymnastce. V dolní části grafu je vyjádřena tělesná výška pomocí směrodatné odchylky. Písmeno M na pravé straně grafu značí hodnotu midparentu a je od něj vymezeno midparentální rozpětí. Dívka dovršila svého růstového potenciálu.

Tělesná výška

Generace 3
Rok narození: 1991
Menarché: 17 let
Gymnastická kariéra: od 5 let, ještě neukončila.



Graf č. 8: Percentilový růstový graf gymnastky generace 3. Náznak trendu fyziologické růstové křivky konstitučního opoždění růstu. V pravém horním rohu jsou uvedeny podrobnější údaje ke konkrétní gymnastce. V dolní části grafu je vyjádřena tělesná výška pomocí směrodatné odchylky. Písmeno M na pravé straně grafu značí hodnotu midparentu a je od něj vymezeno midparentální rozpětí. Dívka dovršila svého růstového potenciálu.

Tělesná výška

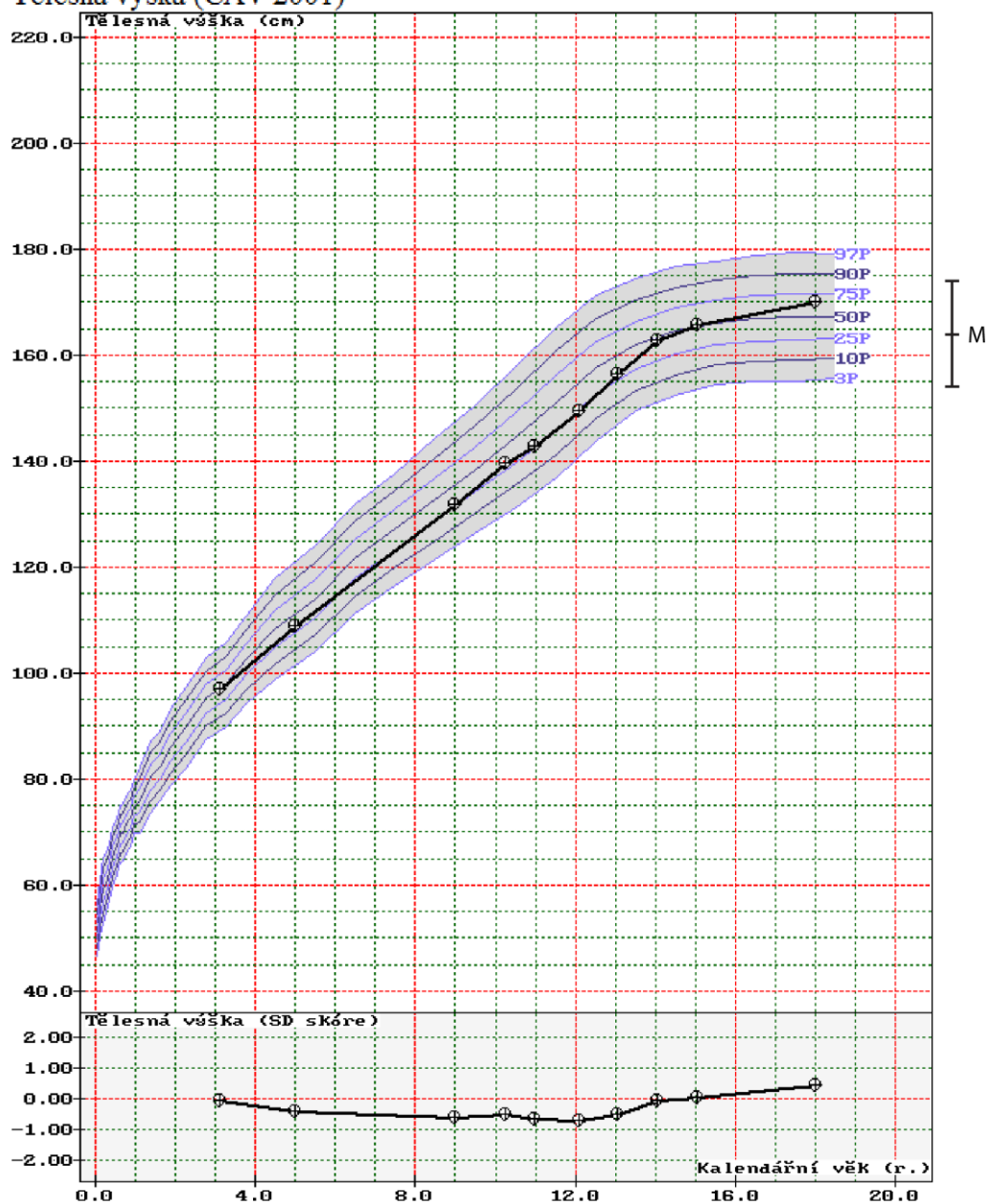
Generace 3

Rok narození: 1991

Menarché: 14 let

Gymnastická kariéra: 5–15 let

Tělesná výška (CAV 2001)

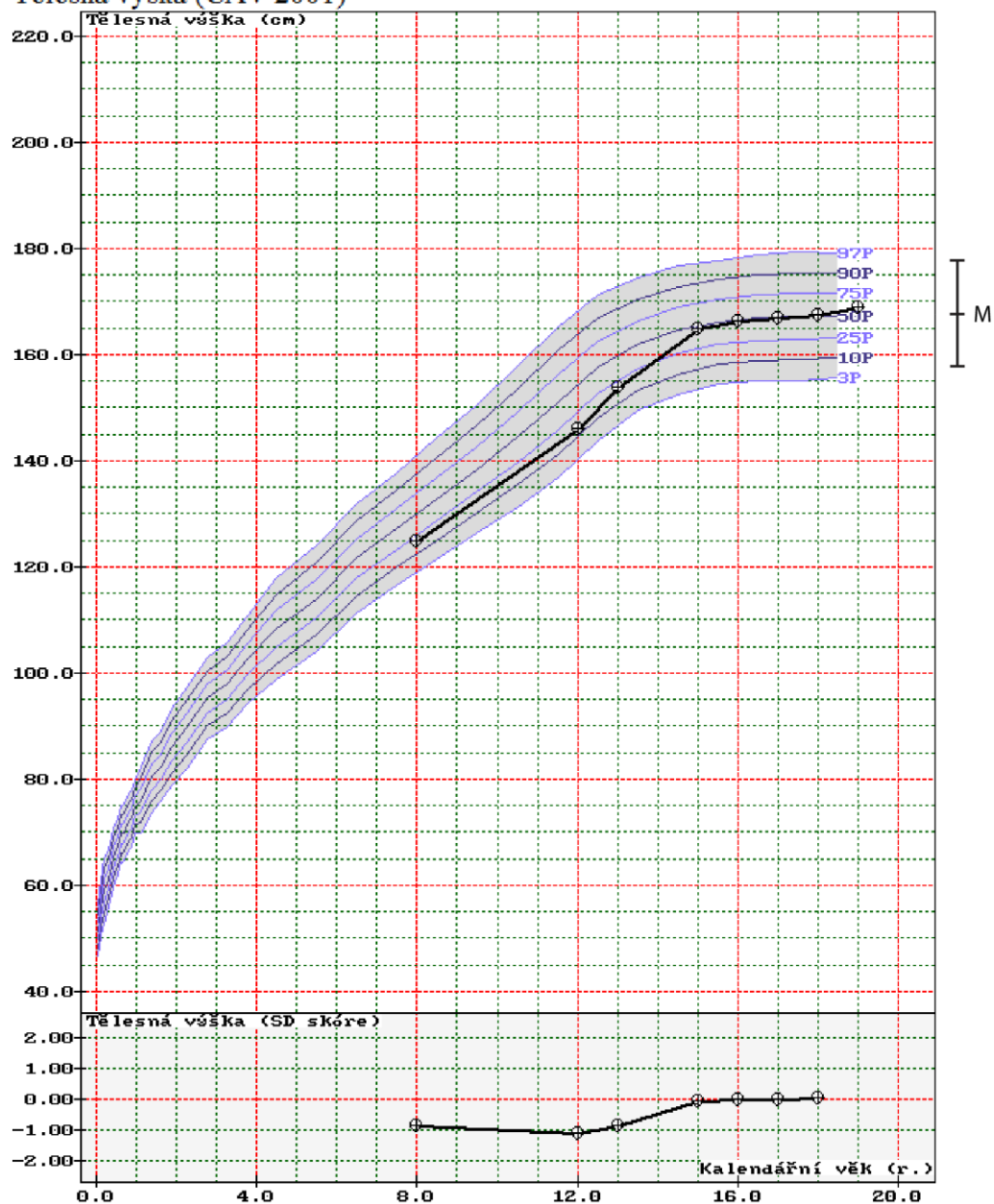


Graf č. 9: Percentilový růstový graf gymnastky generace 3. Fyziologická růstová křivka konstitučního opoždění růstu. V pravém horním rohu jsou uvedeny podrobnější údaje ke konkrétní gymnastce. V dolní části grafu je vyjádřena tělesná výška pomocí směrodatné odchylky. Písmeno M na pravé straně grafu značí hodnotu midparentu a je od něj vymezeno midparentální rozpětí. Dívka dovršila svého růstového potenciálu.

Tělesná výška

Generace 3
 Rok narození: 1994
 Menarché: 14 let
 Gymnastická kariéra: 5–15 let

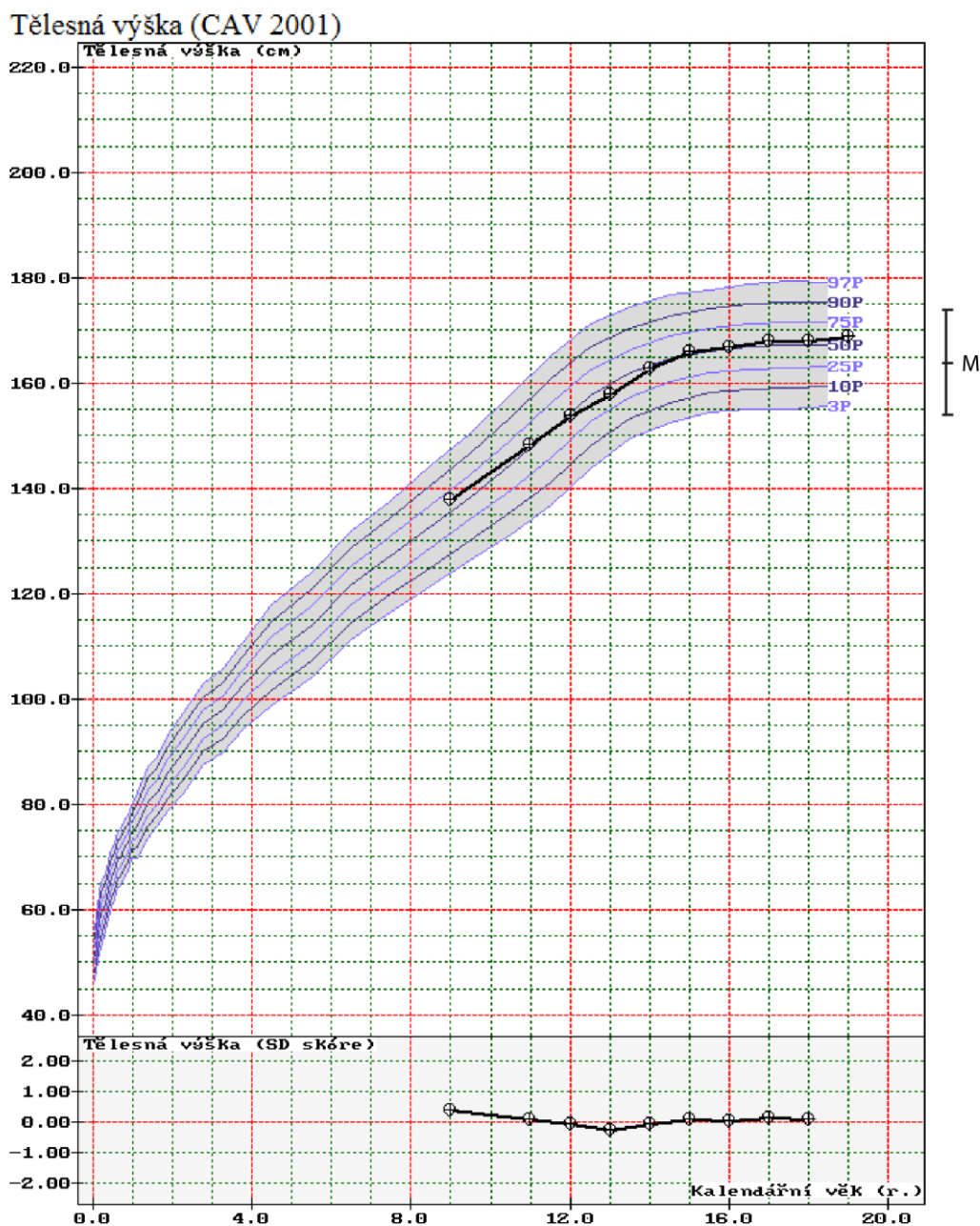
Tělesná výška (CAV 2001)



Graf č. 10: Percentilový růstový graf gymnastky generace 3. Fyziologická růstová křivka konstitučního opoždění růstu. V pravém horním rohu jsou uvedeny podrobnější údaje ke konkrétní gymnastce. V dolní části grafu je vyjádřena tělesná výška pomocí směrodatné odchylky. Písmeno M na pravé straně grafu značí hodnotu midparentu a je od něj vymezeno midparentální rozpětí. Dívka dovršila svého růstového potenciálu

Tělesná výška

Generace 3
Rok narození: 1994
Menarché: 14 let
Gymnastická kariéra: 3–18 let

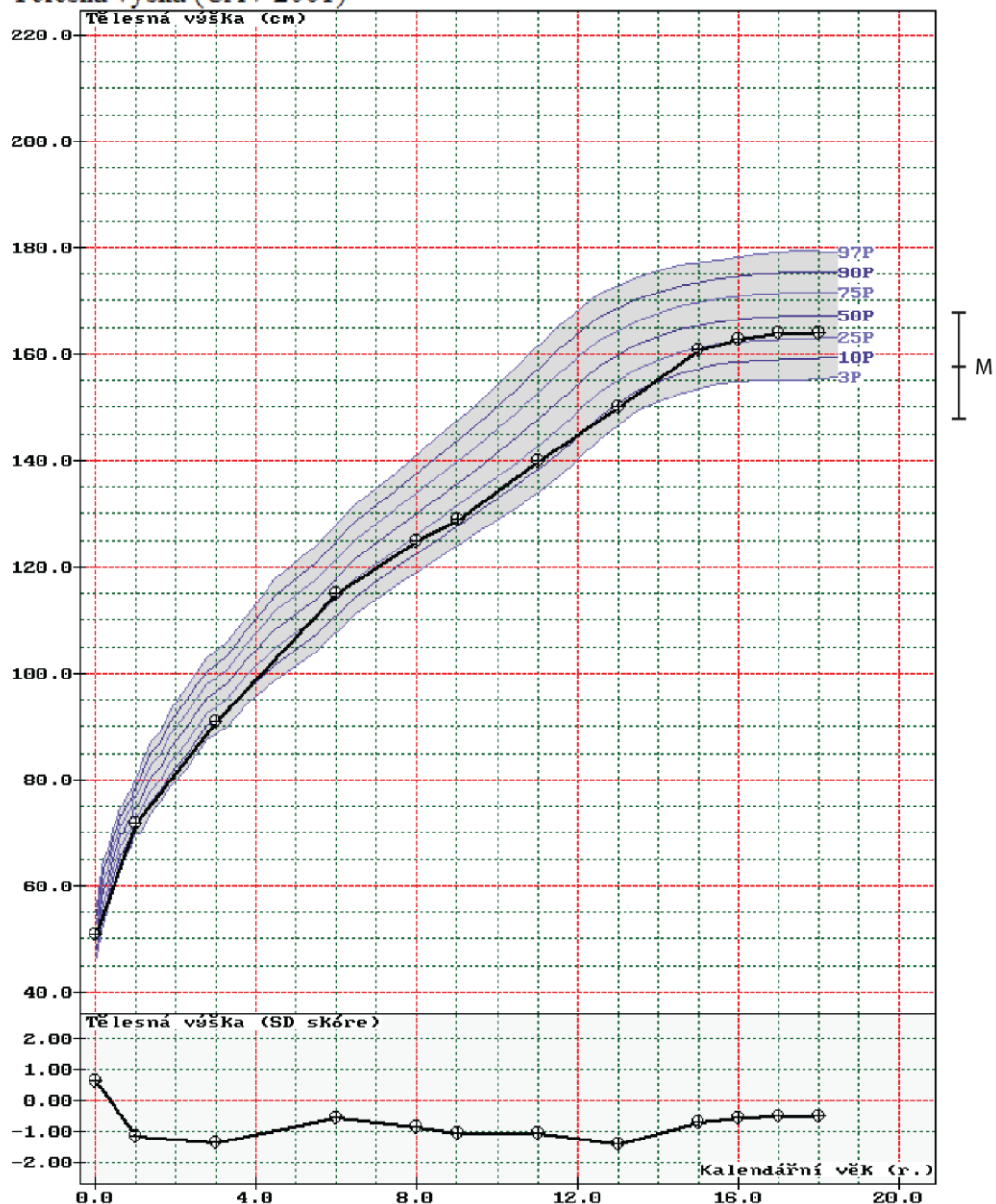


Graf č. 11: Percentilový růstový graf gymnastky generace 3. Fyziologická růstová křivka, růst průměrného jedince. V pravém horním rohu jsou uvedeny podrobnější údaje ke konkrétní gymnastce. V dolní části grafu je vyjádřena tělesná výška pomocí směrodatné odchylky. Písmeno M na pravé straně grafu značí hodnotu midparentu a je od něj vymezeno midparentální rozpětí. Dívka dovršila svého růstového potenciálu

Tělesná výška

Generace 3
 Rok narození: 1996
 Menarché: 15 let
 Gymnastická kariéra: 5,5–18 let

Tělesná výška (CAV 2001)



Graf č. 12: Percentilový růstový graf gymnastky generace 3. Fyziologická růstová křivka konstitučního opoždění růstu. V pravém horním rohu jsou uvedeny podrobnější údaje ke konkrétní gymnastce. V dolní části grafu je vyjádřena tělesná výška pomocí směrodatné odchylky. Písmeno M na pravé straně grafu značí hodnotu midparentu a je od něj vymezeno midparentální rozpětí. Dívka dovršila svého růstového potenciálu

6 DISKUZE

Vrcholové sportovní gymnastky mají perfektně vyvinuté percepčně-gnostické funkce, které jsou předpokladem pro technicky bezchybně provedené prvky. Právě bezchybnost je atribut cvičení, který odlišuje nejlepší gymnastky od ostatních. Výborné motorické a ideomotorické dovednosti jsou podmínkou pro vrcholový sport. Pokud by tomu tak nebylo, chronickým repetitivním opakováním špatně provedených cviků by cvičenky brzy skončily závodní kariéru bez možnosti pohledu na soupeřky ze stupínků vítězů.

V naší studii jsme se zabývali právě těmito dívkami – nejlepšími vrcholovými sportovnicemi gymnastkami v České republice, respektive Československé republice, ve třech po sobě jdoucích generacích. Zjistili jsme, že gymnastky k nejlepším výkonům předurčují také antropometrické charakteristiky, konkrétně malý tělesný vzrůst, který je u nich hereditárně determinovaný. Všechny tyto sportovkyně mají statisticky významně nižší tělesnou výšku, než je populační průměr jejich vrstevnic (generace 1: $p=0,49$, generace 2: $p=0,012$ a generace 3: $p=0,0007$). Zároveň jsme dokázali, že všechny gymnastky, které nám daly informace o tělesné výšce svých biologických rodičů (42/45), se vešly do midparentálního rozpětí, tedy že dosáhly svého dědičného růstového potenciálu. Vysvětlujeme to tím, že gymnastky mají menší rodiče než ostatní dívky a tedy, že finální tělesná výška je logickým důsledkem menší. Když porovnáme hodnotu midparentu vypočítaného z mediánů tělesných výšek biologických rodičů, získáme téměř identické hodnoty jako je medián tělesné výšky gymnastek, viz tabulka č. 15.

	Generace 1	Generace 2	Generace 3
Medián TV gymnastek	159	160	163
Midparent z mediánů TV rodičů	159,5	160	164

Tabulka č. 15: Porovnání hodnoty midparentu z mediánu TV rodičů s mediánem TV gymnastek. TV = tělesná výška.

Tělesná výška naší populace se v rámci sekulárního trendu v minulém století zvyšovala a v dnešní době již dosáhla svého stropu. Předpokládá se, že jsme již naplnili svou celkovou kapacitu pro náš růst. Graf č. 2, strana 48, ukazuje lineární trend zvyšování tělesné výšky populačního průměru dívek (zelená čára) a sportovních gymnastek (červená čára). Můžeme sledovat, jak se zvyšuje finální výška žen v závislosti na roce, ve kterém se narodily (osa x). Z grafu můžeme také vidět, že oba lineární trendy jsou od sebe stále ve stejné vzdálenosti a trend

zvyšování finální tělesné výšky vrcholových gymnastek je stejný, jako je populační. Budoucí generace by již vzestupnou tendenci mít neměly v důsledku ukončení sekulárního trendu.

Tělesná výška sportovních gymnastek tedy není ohrožena excesivním tréninkem, který doprovází vrcholový sport. Dívky mají hereditárně daný nižší tělesný vzrůst a předpokládáme, že tento parametr předurčuje dívky k nejlepším výkonům v oboru. Proto se u vrcholových gymnastek, těch nejlepších v naší republice, setkáváme s nižším tělesným vzrůstem.

Ukázalo se, že předpokladem úspěchu ve sportovní gymnastice je malá postava s velkou svalovou hmotou a malým množstvím tělesného tuku. Tento obraz odpovídá premenarcheálním gymnastkám. Současným trendem je, že dívky nabydou svých nejlepších výsledků premenarcheálně. Pokud jsou dívky geneticky předurčeny k vyššímu tělesnému vzrůstu, velký výškový výšvih jim výrazně změní tělesné schéma a ony se propadnou v žebříčku nejlepších závodnic na nižší příčky. Proto gymnastky, které mají hereditárně předurčený menší tělesný vzrůst, zvládnou snadněji přechod do adolescentního období a dosáhnou lepších sportovních výsledků v postmenarcheálním období než dívky, které po menarché ještě hodně vyrostou. Toto tvrzení potvrzuje také fakt, že rodiče vrcholových sportovních gymnastek jsou signifikantně menší než například rodiče plavkyň. (118)

Všeobecná veřejnost se domnívá, že gymnastky jsou menší než jejich vrstevnice, to je pravdivé tvrzení. Zároveň se domnívá, že gymnastky jsou menší z důvodu nepřiměřené zátěže od útlého věku. Toto tvrzení můžeme vyvrátit, protože dívky mají malé postavy důsledkem svých dědičných predispozic. Zároveň je fakt, že gymnastky jsou v průběhu dospívání výrazně menší než jejich vrstevnice. Často se dostanou na nižší percentil, než který mají následovat a vyskytují se i pod úroveň pásma širší normy, pod 3. percentilem. Ve výsledku dosáhnou svou finální tělesnou výšku zrychleným catch-up růstem, který je kanalizuje na jejich původní percentil. Na grafech č. 3–12, strana 55–64, můžeme vidět percentilové růstové grafy sportovních gymnastek, vytvořených pomocí programu *Kompendium pediatrické auxologie 2005*. Byly použity záznamy dívek, které uvedly svou tělesnou výšku v průběhu dospívání. Pro přehled a srovnání jsou fyziologické růstové křivky uvedeny na obrázku č. 2 na straně 14.

Nyní si podrobněji rozebereme růstové grafy, které jsme vytvořili. Můžeme vidět dva typy fyziologických růstových křivek, růst průměrného jedince, který svým růstem sleduje stále stejný percentil tělesné výšky a konstituční opoždění růstu. Vzhledem k sekulárnímu trendu

si nemůžeme troufat hodnotit grafy generace 2 a generace 3 podle uvedených percentilů, ale pro trend tělesného růstu si popíšeme i tyto grafy. Všechny tyto grafy jsou fyziologické.

Pouze jedna gymnastka generace 1 uvedla hodnoty své tělesné výšky v průběhu dospívání. Výsledný graf (viz graf č. 3, strana 55) nemá sice hladkou linii, ale vzhledem k jedinečnosti jsme ho do naší práce zařadili. Můžeme vidět, že tato gymnastka ukončila svůj růst ve 14 letech a i přesto docílila své finální výšky nad hodnotou midparentu. Její adultní výška nebyla nijak omezena.

Dvě gymnastky generace 2 uvedly informace umožňující vytvořit růstovou křivku v období puberty (viz graf 4 a 5 na straně 56 a 57). Obě se ve 14 letech nacházely mimo pásmo širší normy, ale následně catch-up růstem dosáhly svého midparentálního rozmezí velice blízko od midparentální hodnoty, první dívka měla svou tělesnou výšku o 2,5 cm vyšší než midparent a druhá o 0,5 cm nižší.

Nejmladší gymnastky nám umožnily vytvořit nejvíc růstových křivek. Není to tak dlouho, co byly v pubertě, ale i přesto mnoho z nich nemělo možnost získat informace o tělesné výšce v průběhu dospívání. Generaci 3 zastupují grafy č. 6–12, strany 58–64, jsou seřazeny podle věku dívek od nejstarší po nejmladší. Grafy č. 6, 8, 9, 10 a 12 (strany 58, 60–62, 66) představují fyziologickou křivku konstitučního opoždění růstu, kdy mají dívky pozdější pubertu a pozdější růstový výšvih, který je ve finále dostane na vyšší percentilové hodnoty. Grafy č. 7 (strana 59) a 11 (strana 63) představují růst průměrného jedince.

Dívka na grafu č. 6, strana 58, byla ve třech letech na 45. P tělesné výšky, poté se s nástupem intenzivních tréninků propadla na nižší hodnoty a ve 13 a 14 letech byla dokonce na 3. P. Ve 14 letech ji začal růstový spurt a ona se catch-up růstem kanalizovala postupně na vyšší hodnoty, až dosáhla 40. P. Tato křivka je typickým představitelem konstitučního opoždění růstu.

Další graf č. 7, strana 59, ukazuje růst, který sleduje přesně 10. percentil tělesné výšky. Tato dívka za celé období dospívání nevybočila ze svého kanálu. Ten samý typ růstu ukazuje gymnastka také na grafu č. 10, tentokrát se vyskytuje stále na 50. Percentilu, tedy můžeme říct, že je naprosto průměrnou dívkou, co se týče růstu.

Graf č. 8, strana 60, vypadá na první pohled zajímavě a bez souvislostí by mohlo dojít k desinterpretaci, proto si gymnastku trochu přiblížíme. Svou kariéru začala v 5 letech, ještě sportovní gymnastiku neukončila, v 11–17 letech cvičila 32–35 hodin týdně, poté snížila intenzitu a do současnosti cvičí 28–30 hodin týdně. Po snížení intenzity zátěže nastala menarché v 17 letech. Do 18 let se držela pod 3. percentilem tělesné výšky, poté nastal catch-up růst, finální výšku dovršila v 21 letech a kanalizovala se na 7,2. percentil. Má podprůměrně vysoké

rodiče, jejichž midparent je 159,5 cm. Tato gymnastka dosáhla 158 cm, tedy velice blízko midparentální hodnotě a dovršila tedy svůj růstový dědičný růstový potenciál.

Gymnastka na grafu č. 9, strana 61, je další typickou představitelkou konstitučního opoždění růstu. Ve 3 letech byla na 50. P, v 5 letech, když začala svou kariéru, tak byla na 35. P a poté se držela 25. P až do svých 13 let. V tomto roce začala svůj růstový spurt a rok na to měla menarché ve 14 letech. Catch-up růstem se kanalizovala až na 65. P tělesné výšky a dostala se nad midparent.

Gymnastka na grafu č. 10, strana 62, je obdobou předchozí sportovkyně. V osmi letech byla na 20. P, ve 12 na 13. P, ve 13 na 20. P a pak nastal růstový spurt doprovázený catch-up růstem a dívka se dostala až na 50. P tělesné výšky.

Poslední percentilový růstový graf, graf č. 12, strana 64, ukazuje sportovní gymnastku, která byla v 6 letech na 30. P, poté s průběhem intenzivních tréninků klesla až na hodnotu 8. P ve 13 letech a poté se opět vyšvihla catch-up růstem až na hodnoty 30. P.

Pro sportovní gymnastky je typické, že mají prolongované období dětství, spojené s pozdějším menarché. Během dospívání jsou menší než jejich vrstevnice a v pubertě doženou svou tělesnou výšku catch-up růstem a dostanou se na jim předurčené hodnoty tělesné výšky. Menarché většinou přichází až po snížení intenzity zátěže nebo po ukončení tréninků, ale to více rozvedeme dále v diskuzi. Ačkoli růstové křivky konstitučního opoždění růstu jsou typické pro vrcholové sportovní gymnastky, setkáme se také se zcela průměrným tempem růstu, který přesně sleduje jeden konkrétní percentil tělesné výšky.

Je k diskuzi, jakým mechanismem by teoreticky mohla být finální výška sportovních gymnastek narušena. Jednou z možných cest, kterou může být růst dětí narušen, je *předčasné podání hormonální antikoncepce*, jak bude zmíněno dále v diskuzi. Exogenní estrogeny mohou urychlit mineralizaci růstových plotének a tím zprostředkovat jejich předčasné uzavření a následně kosti nedosáhnou své adekvátní délky. (125)

Další cesta, kterou by teoreticky mohla být finální výška dívek ohrožena, vede přes *zánětlivé cytokiny*. Balance pro a protizánětlivých cytokinů se během dlouhodobé intenzivní zátěže posune směrem k prozánětlivým. Bylo prokázáno, že vrcholové sportovní gymnastky trénující přibližně 18 hodin týdně, mají výrazně vyšší klidové hodnoty IL-6 a tumor nekrotizujícího faktor α než rekreační gymnastky trénující průměrně 4,7 hodiny týdně. (126) Již po dvou a půl hodinách tréninku se může hladina IL-6 zvýšit desetkrát a při hodně intenzivní zátěži až 100 krát. (127) Normálně by se měl vrátit na svou klidovou hodnotu jednu hodinu

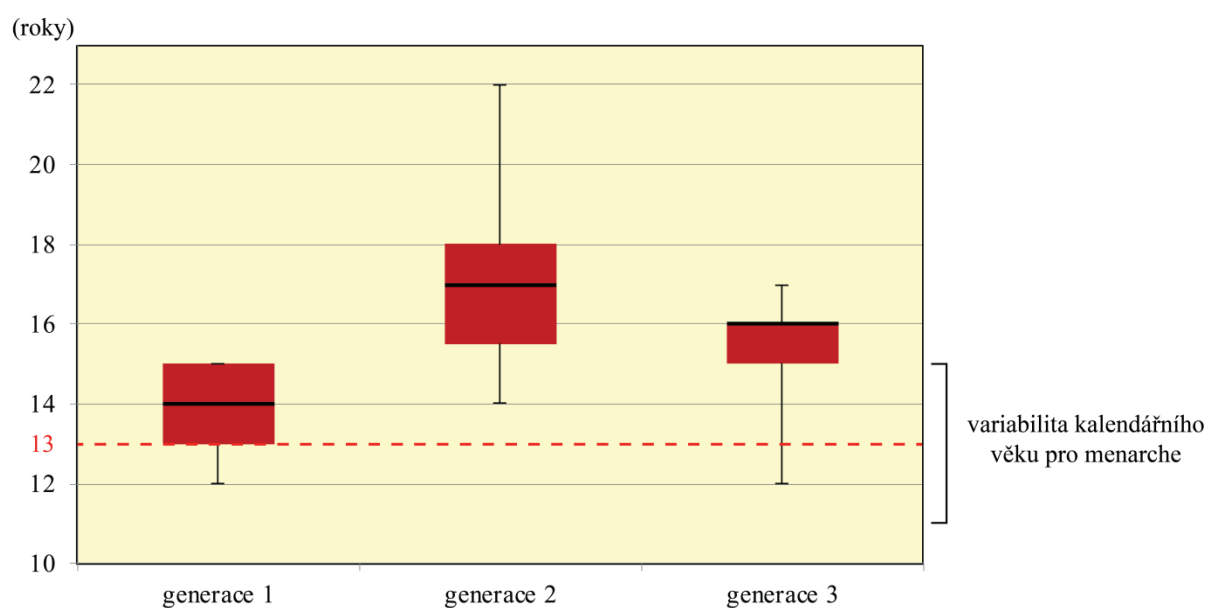
po zátěži. (128) První report ohledně zvýšené produkce IL-6 během zátěže pochází ze začátku devadesátých let (129) a dnes víme, že hlavním původcem jeho akumulace jsou kontrahující se svaly. (130) Množství je závislé jednak na délce zátěže, tak na její intenzitě. (131) Hladiny plasmatické koncentrace jsou vyšší v důsledku intermitentní zátěže vysoké intenzity než při kontinuální zátěži střední intenzity, i přesto, že objem vykonané práce je v obou případech stejný. (132) Pokud není dostatečná doba k regeneraci a opravě svalového poškození, klidové hodnoty zůstávají zvýšeny. To vede k obrazu chronického zánětu. Z dlouhodobého hlediska mohou závažně narušit osu růstový hormon – IGF-1. Prolongovaná elevace hladiny IL-6 totiž přispívá k inhibici exprese genu pro receptor růstového hormonu (133) a také snižuje plasmatickou koncentraci IGF-1 tím, že zvyšují syntézu IGF-1 vázajících proteinů. (134) Abnormální syntéza těchto cytokinů může tedy teoreticky vést ke snížení růstové rychlosti a výrazně menší postavě gymnastek. (126) Během studie na laboratorních myších bylo zjištěno, že myši s dlouhodobě zvýšenými hladinami IL-6 mají zpomalený růst a po podání protilátek proti receptorům tohoto interleukinu se růstová retardace částečně upravila. (135)

Cytokinovou odpověď na zátěž významně ovlivňuje hormonální stav. Hladiny IL-6 jsou silně závislé na množství cirkulujících estrogenů. Postmenarcheální gymnastky mají téměř dvojnásobné množství cirkulujícího estradiolu než premenarcheální. (126) Estradiol dokáže vypnout expresi genu IL-6. Proto také nacházíme u dospělých mužů vyšší hodnoty IL-6 než u dospělých žen. (136) Dívky před menarché jsou tedy náchylnější k vyšším hladinám zánětlivých cytokinů a jsou intenzivním tréninkem více ohroženy. Růstový spurt je z větší části před menarché, proto by cesta přes zánětlivé cytokiny mohla vysvětlit, proč by sportovní gymnastky nedosáhly svého růstového dědičného potenciálu. IL-6 je mimo jiné markrem přetrénování sportovců a jeho vysoké hladiny mohou způsobit depresivní náladu a spánkové poruchy. (126) Doporučujeme, aby při případných symptomech byla zvážena změna tréninkových jednotek a byl kladen důraz na regeneraci.

Třetí cestou by mohlo být mechanické přetěžování růstových plotének. Gymnastky vyvíjí obrovské síly na své kosti. Reakční síly podložky při dopadu na dolní končetiny během různých doskoků jsou až 10 krát větší než je hmotnost těla. (99, 104) Stejně tak na horní končetiny jsou vyvíjeny obrovské nároky, až 2–4 krát větší než je hmotnost těla. (105) Chronickým přetěžováním růstových chrupavek může vzniknout zánět. Rentgenové snímky gymnastek prokázaly poškozené růstové chrupavky a předpokládá se, že v důsledku reparačních procesů se může urychlit fúza epifýz a tím předčasně dosáhnout adultní osifikace. (121)

Vědecká komise Mezinárodní federace sportovní gymnastiky se rozhodla vyřešit nejasnosti ohledně dosažení adekvátní finální výšky gymnastek. Vytvořila přehledový článek z dostupných literárních zdrojů se závěrem, že fyzická aktivita sportovních gymnastek neovlivňuje dosažení jejich finální adultní výšky. (123)

Velice zajímavé výsledky jsme zjistili ohledně věku menarché jednotlivých generací. Zatímco věk generace 1 se statisticky významně neliší od průměrné populace ($p=0,14$), generace 2 i generace 3 měly statisticky významně později menarché oproti svým vrstevnicím ($p=0,000003$ a $p=0,00000002$). Nejvyšší průměrný věk, 17,1 let (rozpětí 14–22 let), měly gymnastky generace 2. Generace 3 měla průměrně první menstruaci v 15,08 letech (rozmezí 12–17 let). Na grafu č. 13 můžeme zde vidět grafické znázornění věku menarché jednotlivých generací.



Graf č. 13: Věk menarche jednotlivých generací. Krabicový graf znázorňuje rozmezí věku menarche jednotlivých generací (vertikální černá čára), medián (černá horizontální čára v červené oblasti krabice), horní část krabice tvoří třetí kvartil a spodní část tvoří první kvartil. Červená přerušovaná čára značí linii 13. roku, který je dlouhodobým průměrem menarche české populace. Vpravo je vyznačeno rozmezí variability kalendářního věku pro menarché, které tvoří 11–15 let.

Více studií potvrdilo opožděné menarché u vrcholových gymnastek. (117, 118) Jedna studie se zabývala sběrem dat ohledně menarché reprezentantek z různých zemí na evropských a světových soutěžích. Během let 1997–2009 byla získána data od téměř 100 gymnastek se závěrem, že průměrně mají menarché v 15,5 letech. (137) Tato studie koreluje s námi získanými výsledky u generace 3.

Před dvěma lety proběhla pilotní dotazníková studie zaměřená na 13 bývalých vrcholových sportovních gymnastek ve věku těsně před menopauzou. Vzhledem k tomu, že se studie zúčastnily reprezentantky bývalé Československé republiky narozené mezi lety 1957 a 1970, s největší pravděpodobností se jednalo o velmi podobné složení probandek jako v naší studii. Věk menarché byl zjištěn prostřednictvím dotazníků a průměrné hodnoty gymnastek byly 17,7 let. (138) Mírný rozdíl v naší studii je zapříčiněn nejspíš trochu jinou skladbou a počtem probandek. Žádná další studie však nepotvrdila tak významné opoždění puberty jako u těchto gymnastek.

Tabulka č. 9, strana 50, s daty ohledně věku menarché sportovních gymnastek a jejich biologických matek nám ukazuje, že některé dívky (v tabulce tučně červeně) měly první menstruaci daleko za fyziologickou variabilitou kalendářního věku pro menarché, která je 11–15 let. V generaci 2 jich bylo dokonce 11/15 a v generaci 3 jich bylo 9/25. Žádná gymnastka z generace 1 neměla primární amenoreu.

Podíváme se podrobněji na dívky z generace 2, které měly extrémně vysoký věk menarché, nad 17 let. Dívka s menarché v 22 letech neudávala žádné problémy s průběhem menstruace, přitom se opozdila vůči své matce o 10 let. Další dívka s věkem menarché ve 20 letech uvedla, že první menstruace nastala v 17 letech po pětiměsíční aplikaci hormonů, ale po vysazení přestala menstruuovat a spontánně měla menses až ve svých 20 letech, uvedli jsme tedy, že věk menarché je 20 let. Sportovkyně s první menses v 18,5 letech uvedla, že měla během kariéry hypomenorheu. Ze tří dívek s menses v 18 letech jedna uvedla, že měla menarché až po skončení sportovní zátěže, druhá měla během kariéry oligomenorheu a třetí byla bez zjevných problémů.

V tabulce č. 9, na straně 50, si můžeme také všimnout, že některé dívky z generace 3 měly menarché později než jejich biologické matky (hodnota v tabulce tučně modře). Jedná se většinou o matky, které vrcholově sportovaly, tři z nich cvičily sportovní gymnastiku a jedna byla krasobruslařkou.

Růstové tempo sportovních gymnastek se podobá malým, pomalu maturujícím dívkám. (117, 118, 120, 122, 123, 137) Následující blok se bude zabývat hormonálními procesy, které mohou zapříčinit opoždění puberty u sportovních gymnastek.

Gymnastky během zátěže produkují velké množství endorfinů, které jim následně cirkulují v hypotalamu. Panuje všeobecný názor, že β -endorfin má inhibiční vliv na sekreci GnRH a tedy i samotných gonadotropinů. (51, 139) Jelikož je nástup puberty závislý

na gonadarché a produkci pohlavních hormonů, mohou mít sportovkyně oddálenou pubertu a menarché v důsledku ohromné produkce těchto endogenních opiátů.

Společně s endorfiny hraje velkou roli v pozdějším nástupu puberty také neuropeptid Y (NPY) a tvoří klíčovou roli v homeostáze energie. NPY na sobě nese receptory pro navázání leptinu, což naznačuje, že je jeho přímým cílem. Zvýšené hladiny leptinu, který je v pozitivní korelaci k tukové tkáni, vedou k inhibici NPY. (140) Studie zaměřená na porovnání cirkulujících hormonů u dívek s konstitučním opožděním puberty ve srovnání s dívkami s běžně načasovanou pubertou zjistila, že dívky s pozdějším menarché mají v období první menstruace zvýšené koncentrace tohoto neuropeptidu. Kontinuální podávání NPY u experimentálních zvířat vedlo k supresi GnRH, snížení počtu jeho receptorů v hypotalamu a následně opožděnému nástupu puberty. (141) Souhrnem, gymnastky mají méně tukové složky ve složení těla, tedy méně cirkulujícího leptinu, což vede ke zvýšené kumulaci NPY v těle a jeho vysoké koncentrace působí supresi GnRH, snížení počtu jeho receptorů a oddálí nástup puberty.

Neuropeptidy β -endorfin a NPY spolu navíc funkčně souvisí. Oba jednak potlačují produkci GnRH, tak vedou k chování, vedoucí k obstarání výživy. Bylo zjištěno, že NPY stimuluje vyplavování β -endorfinu v hypotalamu a je možné, že jeho funkce je zčásti zprostředkována právě skrze endorfiny. (142)

Růstové tempo gymnastek se sice do puberty podobá tempu malých dívek, ale jakmile se sníží tělesná zátěž, gymnastky naberou adekvátní tukovou složku a nastane puberta, dorostou do své předpokládané výšky catch-up růstem. Prodloužené období dětství plyne z jejich fyzické zátěže a tělesné konstituce, které odpovídají zvýšenému vyplavování endorfinů a NPY.

Mezi generací 2 a generací 3 se kromě věku menarché vyskytovaly další významné rozdíly. Generace 2 měla o trochu vyšší průměrnou intenzitu zátěže (32,6 versus 25,18 hodin týdně) a také končily s gymnastickou kariérou průměrně později (19,6 versus 17,78 let). Současně jsme zjistili, že gymnastky generace 2 měly během gymnastické kariéry nejvyšší počet zlomenin (11/15 versus 3/9 a 8/25), také měly nejčastěji různá dietní omezení ze strany trenérů (11/15 versus 3/9 a 2/25) a jako u jediné generace se u nich vyskytly případy poruch příjmu potravy. Kombinace PPP, častých zlomenin a menstruačních potíží by mohla nasvědčovat triádě sportovkyně, proto jsme vytvořili přehlednou tabulku, kde jsou tyto čtyři dívky s PPP uvedeny v kontextu s ostatními parametry, které by mohly s triádou souviset. Viz tabulka č. 16, strana 73.

	Gymnastka 1	Gymnastka 2	Gymnastka 3	Gymnastka 4
Gymnastická kariéra	6–18 let	6–20 let	4–20	7–19 let
Intenzita zátěže (hodin týdně)	10–13 let: 30 h 13–18 let: 40 h	začátek: 6 h 8–13 let: 25 h od 13 let: 45 h	4–9 let: 9–15 h 9–20 let: 25–30 h	7–8 let: 2–3 h 9–10 let: 4–6 h 11–13 let: 15–18 h 14–16 let: 15–18 h 17–19 let: 22–28 h
Věk menarché	18 let	17 let	22 let	20 let
Potíže s menses během gymnastické kariéry	primární amenorea	primární amenorea, sekundární amenorea	primární amenorea	primární amenorea
Dietní restrikce	redukční diety, hladovění kvůli závodní váze, ze strany trenérů	ze strany trenérů	ze strany trenérů a lékařů	redukční dieta ze strany trenérů
PPP	bulimie nervóza	bulimie nervóza	blíže nespecifikovala	blíže nespecifikovala
Věk PPP	15–22 let	14–20 let	13– ?	17– ?
S kým řešila PPP	rodiče, psycholog	nikdo	nikdo	rodiče, trenér, psycholog, psychiatr, dietolog
Fraktury během gymnastické kariéry	12 let: záprstní kůstka PDK, pád z kladiny	10 let: oblast zápěstí, pád na tréninku	žádné	12 let: prsty rukou, náráz do žerďe 19 let: hrudní obratel, pád z bradel
Fraktury po ukončení gymnastické kariéry	43 let: oblast kotníku, pád na lyžích	žádné	žádné	žádné
Poznámka	Zlomenina metatarzu je varovným znamením pro únavovou zlomeninu.	Jediná představitelka gymnastek, která měla potíže s početím těhotenství. Otěhotněla po 5 letech po 5 IVF.	Kromě opožděné menarché a PPP neudává žádné obtíže.	První menses v 17 letech po 5 měsíční aplikaci HRT, po vysazení opět bez menstruace, znovu se vyskytla až ve 20 letech.

Tabulka č. 16: Podrobné informace ke čtyřem gymnastkám generace 2, které měly PPP. Gymnastka 1–4 představuje jednotlivou dívku s PPP generace 2. PPP=poruch příjmu potravy, PDK=pravá dolní končetina, IVF=in vitro fertilizace.

Ve zmíněné tabulce můžeme vidět, že dvě dívky měly bulimii nervózu a dvě blíže nespecifikovaly, jestli se jedná o bulimii nebo anorexii. Všechny dívky měly dietní opatření od trenérů a *gymnastka 1* uvedla, že dokonce hladověla, aby docílila závodní tělesné hmotnosti. Začátek obtíží PPP datují do doby v rozmezí 13–17 let. Dvě dívky uvedly, že u nich PPP skončila (20 a 22 let) a dvě nevedly, jestli skončila, nebo stále přetrvává. Intenzita zátěže dosahovala velice vysokých hodnot, 28–45 hodin tréninku týdně. Tři dívky měly menarché až po snížení intenzity zátěže a ukončení sportovní kariéry. Čtvrtá, *gymnastka 2*, měla menarché již během sportovní kariéry, ale po pár cyklech u ní nastala sekundární amenorea. Všechny tyto

čtyři dívky měly tedy primární amenoreu a menarché nastalo ve věkovém rozmezí 18–22 let. Hodnocení snížené kostní density je problematické, protože pády ve sportovní gymnastice mohou dosahovat vysoko nárazových sil, vzhledem k tomu, že při dopadech na ně působí reakční síla podložky až 10 krát větší než je hmotnost těla. (99) Lze tedy těžko hodnotit, zda by se při jejich konkrétním pádu zlomila i kost zdravá. Každopádně můžeme konstatovat, že *gymnastka 3* s menarché ve 22 letech a s PPP neměla za celý svůj život žádnou zlomeninu. Další tři dívky měly během gymnastické kariéry zlomeninu, ale vždy se jednalo o konkrétní pád. *Gymnastka 1* měla zlomeninu blíže nespecifikované záprstní kůstky na noze. Tato lokalita je typická pro únavové zlomeniny a vždy na ní musíme hledět jako na varovný příznak přetížení. (143) Po skončení gymnastické kariéry měla pouze *gymnastka 1* zlomeninu a to opět po pádu, konkrétně na lyžích. Ačkoli spatřujeme spojitost mezi PPP a opožděným menarché, nemůžeme tvrdit, že měly dívky současně také sníženou BMD. Naopak bychom mohli říct, že *gymnastka 3* měla velmi pevné kosti, když za celou sportovní kariéru neměla ani jednu zlomeninu. Z tabulky nám jasně vyplývá, že PPP jsou spojeny s pozdním menarché, které se vyskytuje daleko za variabilitou pro kalendářní věk (11–15 let). Teprve po ukončení zátěže dostane tělo prostor, aby se mohlo biologicky připravit na reprodukci, a nastane menarché. Pokud se však první menses objevil z důvodu snížení intenzity zátěže například během prázdnin nebo při zlomenině, tak hrozí, že po návratu k původní intenzitě nastane sekundární amenorea. *Gymnastka 2* byla jediná probandka, která měla problém s početím těhotenství, vzhledem k mnoha působícím faktorům v této oblasti nemůžeme vyvozovat žádné závěry. Je těžké hodnotit spojitost mezi jednotlivými faktory, když ovlivňujících faktorů je mnohem více, než je v našich schopnostech získat.

Přednosta gynekologicko-porodnické kliniky ve FN Motol uvádí, že vrcholově sportující dívka se může ve věku menarché opozdit vůči nespportující matce o 3 roky a hranice, kdy by se dívka měla vyšetřit je 17 let. (138) Při tomto pravidlu platí, že 5/12 (11/15 bez pravidla) gymnastek generace 2 nemělo opožděné menarché a v generaci 3 19/25 (16/25 bez pravidla) gymnastek. V nejmladší generaci se již s žádnými dívkami s menarché v 18 letech nesetkáme. Zato se setkáme se zásahy lékařů do menstruačního cyklu, viz tabulka č. 11, strana 52.

V generaci 3 bylo nejvíce uživatelék hormonální antikoncepce ještě během období růstu. Některé dívky v dotazníku zmínily, že jim lékař předepsal HAC k navození menstruace, v tomto případě se však jedná o HRT. Zjistili jsme, že gymnastky generace 3 měly průměrně dřív menarché, než generace 2, ale zároveň reálný věk první menstruace nejmladších gymnastek

mohl být skrytý v důsledku hormonální léčby. Substituce exogenními hormony sice může mít pozitivní vliv na regulaci menses, ale také může zakrýt komponenty triády sportovkyň – menstruační dysfunkci, negativní energetickou bilanci a sníženou kostní hustotu.

Současným trendem v léčbě amenorey je hormonální léčba vedoucí k pravidelné menstruaci. Kromě menses ovlivňuje i jiné orgány. Vliv exogenních estrogenů na kostní tkáň je podložen malou evidencí a účinky jsou sporné, některé studie potvrdily zvýšení a některé zase snížení kostní hustoty. (52) Jisté ale je, že vlivem těchto hormonů může dojít k předčasnému uzavření růstových plotének a tím k ohrožení dosažení plné délky dlouhých kostí. (125) Je tedy otázkou kdy přesně léčbu indikovat. Nejprve je nutné odlišit od funkční hypotalamické amenorey, předpokládané u gymnastek, další příčiny. Nejčastěji se může jednat o syndrom polycystických ovarií, selhání ovarií a hyperprolaktinémii. Diferenciální diagnostiku lze provést klinickým vyšetřením doplněným o laboratorní testy na FSH, thyroideu stimulující hormon a prolaktin. Americká pediatriká akademie doporučuje suplementaci estrogeny u amenorey pouze v případě, když je dívka starší 16 let nebo má 3 roky po menarché. (50) Těchto zásad se drží i další autoři a organizace. V našem výzkumu jsme se však setkali s dřívější indikací hormonální substituční terapie. Jedné dívce z nejmladší generace byla předepsaná léčba již v 15 letech. Dověřila však svůj dědičný růstový potenciál a její finální tělesná výška je 3,75 cm nad midparentem. Můžeme říci, že v tomto konkrétním případě nebyla finální výška dívky hormonální antikoncepcí jinak ohrožena. Byla-li by však dívka podána antikoncepcí ještě před vypuknutím růstového spurtu, její finální výška by ohrožena být mohla.

Všeobecně se má za to, že pozdní menarché má negativní vliv na kostní zdraví. Dívky mají méně času k dosažení co nejvyšší špičkové kostní hustoty a mají tedy nižší BMD, spojenou s vyšším rizikem zlomenin, v porovnání s dívkami, které byly časněji vystaveny estrogenům. Když se zaměříme na funkci estrogenů na kostní tkáň v kontextu celkové pevnosti kostí, dojdeme k závěru, že pozdější maturace může být z jiného pohledu výhodná. Po nástupu menarché suprimují estrogeny subperiostální depozici kosti a proces pokračuje již jen endostálně, je však limitovaný anatomickou a fyziologickou potřebou dřevné dutiny. Dívky s pozdějším nástupem první menstruace a tedy pozdějším působením estrogenů, mají více času na to, aby se zvětšil jejich vnější průměr kosti. Širší kost pak má lepší biomechanické vlastnosti proti ohybovým a torzním silám než tenčí kosti, za předpokladu, že ostatní parametry (například BMD, BMC) jsou stejné. (102)

Mnoho studií potvrdilo, že sportovní gymnastky mají větší BMD, BMC i index kostní pevnosti ve srovnání s ostatními sportovci i běžnou populací stejného věku. (138) Také na mikroarchitektonické úrovni můžeme pozorovat hustší a početnější síť trabekul. (101) Z benefitů zátěžové adaptace čerpají i 24 let po ukončení gymnastických tréninků. (107)

Současně bylo několika autory i námi potvrzeno, že gymnastky na vrcholové úrovni mají primární amenoreu, tedy pozdější začátek rozsáhlého působení estrogenů na kostní tkáň. I přesto, že jsou časově ochuzeny o estrogenovou stimulaci kostní přestavby, mají tyto gymnastky stále širší kosti a kostní hustota nemusí být nijak konfrontována. (144, 145)

Větší obvod kosti, daný dlouhodobější subperiostální depozicí, je z biomechanického hlediska odolnější vůči únavovým zlomeninám, než úzké kosti, takže gymnastky jsou svou kostní geometrií chráněny. (52) Zároveň současné studie nepotvrzují, že únavové zlomeniny jsou spojeny s amenoreou. (143)

Souhrnem, benefity ze zátěžové adaptace vydrží sportovním gymnastkám i přes dvě dekády po ukončení tréninků. I přesto, že mají vrcholové sportovní gymnastky primární amenoreu, mají stále pevnější kosti proti torzním a ohybovým silám oproti ostatním vrstevnicím.

Výsledky nám ukázaly, že gymnastky všech tří generací trénovaly poměrně stejně dlouhou dobu (průměrné hodnoty generace 1: 12,2 let, generace 2: 13,7 let, generace 3: 12,94 let). Dokonce intenzita zátěže, vyjádřená množstvím odtrenovaných hodin za týden, se mezi nejstaršími a nejmladšími gymnastkami téměř nelišila (průměrně generace 1: 24 h/týden, generace 2: 25,18 h/týden), zatímco generace 2 trénovala o několik hodin víc (32,6 h/týden). Z toho však v žádném případě nevyplývá, že před dvěma generacemi byly stejně náročné tréninky, jako jsou dnes. Obtížnost gymnastických prvků se postupem let stále zvyšuje. Podle ústního sdělení hlavní trenérky oddílu sportovní gymnastiky TJ Sokol Kampa Praha, Jany Novotné, dokáže současná 10 letá gymnastka zacvičit stejně kvalitně vítěznou sestavu Věry Čáslavské na prostných z OH v Mexiku. V té době dosahovala nejvyšší tepová frekvence během gymnastických sestav 140 tepů za minutu, v dnešní době se blíží téměř k hodnotám maximální tepové frekvence (viz tabulka č. 3, strana 32). (90, 94) Na větší nároky v dnešní době poukazuje také fakt, že v sedmdesátých letech byly pouze 3 stupně obtížnosti A, B a C, zatímco dnes jich máme devět, A–I. Čím těžší prvky mají závodnice ve své sestavě, tím vyšší mohou získat výchozí známku a docílit tím lepší výsledné známky. Proto jsou gymnastky motivované již od útlého věku, aby cvičily čím dál těžší cviky. Gymnastika je tedy s postupem let čím dál náročnější. Nároky na sestavy dosahují téměř maximálního výkonu. Informace, která nám říká,

že gymnastky generace 3 trávily tréninky přibližně stejně času jako dnes, nasvědčuje tomu, jak moc se musela ztížit náročnost tréninkových jednotek, když jednotlivé sestavy se tak zásadně liší.

Významným rozdílem mezi generacemi je věk, ve kterém začaly sportovkyně svou gymnastickou kariéru. Generace 1 začala s průměrně až ve 13 letech, tedy v době, když už mají za sebou většinu povinné školní docházky. Generace 2 začínala v 6 letech a generace tři dokonce před pátým rokem, tedy ještě před tím, než začaly chodit do školy. Gymnastky generace 3 se mohly následně ve své kariéře plně věnovat sportovní gymnastice, zatímco mladší generace musely tréninky střídat s povinnou školou a měly méně času na regeneraci. Gymnastky generace 3 začaly svou kariéru již v pubertě v těsném premenarcheálním období, na rozdíl od gymnastek generace 2 a 3, které začaly v období dětství a ve 13 letech již trénovaly intenzitou až 45 hodin týdně.

Když se podíváme do historie, v kolika letech byly sportovní gymnastky na svém kariérním vrcholu, můžeme sledovat určitý trend podobný sekulárnímu. Věře Čáslavské bylo 22 let, když vyhrála roku 1964 OH v Tokiu a dokonce ve 26 letech vyhrála OH v Mexiku. Olze Korbut bylo 17 let, když vyhrála OH v Mnichově roku 1972 a Nadie Comaneci bylo pouhých 14 let, když si odnesla zlatou medaili z OH v Kanadě v roce 1976. Na MS pořádaném v 1987 byl průměrný věk 13 let a výška a váha gymnastek reflektovala, že se jednalo o premenarcheální gymnastky. Toto tempo vedlo na konci 20. století ke stanovení určité věkové hranice pro závodnice a od té doby mohou závodit na olympijských hrách pouze gymnastky s dosaženými 16 lety v roce konání závodu. Na OH v Beijingu byl již trend odlišný a věkový průměr závodnic byl 18,8 let, ale soudě podle výšky a váhy, měly podobné tělesné konstituce jako v roce 1987. (146)

Trend tělesné výšky je podobný, v Tokiu měřily závodnice průměrně 157 cm a v roce 2000 v Sydney již jen 152 cm. Podíváme-li se na poslední data z Beijingu, průměrná výška všech medailistek, tedy nejlepších dívek, byla pouhých 150 cm. (146)

Olympijská data odpovídají trendu, že v současné době dosáhnou nejlepších výsledků sportovní gymnastky premenarcheálně. Ačkoli je vytvořená věková hranice pro olympijské hry, na některých soutěžích mohou závodit dívky bez věkového omezení a na závodnice je stále vyvíjen tlak, aby co nejdříve byly na co nejlepší úrovni.

Na závěr diskuze ještě zmíníme, jak dívky pokračovaly se sporty po ukončení závodní gymnastické kariéry. Gymnastky generace 1 a 2 pokračovaly převážně ve sportování

na rekreační úrovni. Naproti tomu, nejvíce gymnastek z generace 3 navázalo na gymnastiku dalším vrcholovým sportem, který se ve své podstatě podobá sportovní gymnastice. Pět dívek pokračovalo závodní vrcholovou kariéru v teamgymu. Tento poměrně mladý sport vychází ze sportovní gymnastiky, akorát se cvičí v týmech. Vyřazeny jsou tedy bradla a kladina, které tvoří největší překážku pro adultní ženské tělo. Základem jsou tři disciplíny, pohybová skladba, akrobacie na tumblingu (odrazový pás) a skoky z malé trampolíny, kdy vždy jeden skok musí být přes přeskokový stůl. Tento sport je velice atraktivní pro bývalé sportovní gymnastky, protože v něm mají nejlepší předpoklady k úspěchu. Atraktivitu ještě zvyšuje možnost cvičit jak v týmu složeného jenom z dívek, tak ve smíšeném týmu i s chlapci. Podmínky pro akrobacii jsou pro ně příznivé, odrážejí se z trampolíny místo z odrazového můstku a akrobatické řady provádějí na odrazové ploše tumblingu místo na prostných. Jednotlivé akrobatické prvky mohou dělat s menším úsilím, než byly zvyklé ve sportovní gymnastice. Současné reprezentační týmy teamgymu jsou složeny z bývalých vrcholových gymnastek. Další dívky pokračovaly vrcholově v jiných gymnastických disciplínách. Tři ve skocích na trampolíně a jedna se vydala na kariéru akrobatického rokenrolu. Ve všech těchto sportech s výhodou uplatní své gymnastické dovednosti, které je předurčují k nejlepším výsledkům.

7 ZÁVĚR

Výsledky hypotéz:

- H1) Zamítáme nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Zamítáme tedy, že finální tělesná výška sportovních gymnastek generace 1 a populačního průměru jejich vrstevnic je stejná. Data jsou statisticky významná, $p=0,49$.
- H2) Zamítáme nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Zamítáme tedy, že finální tělesná výška sportovních gymnastek generace 2 a populačního průměru jejich vrstevnic je stejná. Data jsou statisticky významná, $p=0,012$.
- H3) Zamítáme nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Zamítáme tedy, že finální tělesná výška sportovních gymnastek generace 3 a populačního průměru jejich vrstevnic je stejná. Data jsou statisticky významná, $p=0,0007$.
- H4) Nezamítáme nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Rozdíl mezi věkem menarché sportovních gymnastek generace 2 a věkem populačního průměru není statisticky významný, $p=0,14$.
- H5) Zamítáme nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Zamítáme tedy, že věk menarché sportovních gymnastek generace 2 je stejný jako průměrný věk v populaci. Data jsou statisticky významná, $p=0,000003$.
- H6) Zamítáme nulovou hypotézu na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Zamítáme tedy, že věk menarché sportovních gymnastek generace 3 je stejný jako průměrný věk v populaci. Data jsou statisticky významná, $p=0,00000002$.

Tělesná výška vrcholových sportovních gymnastek se v průběhu let, v rámci sekulárního trendu, zvyšovala stejně jako u průměrné dívčí populace. Všechny generace vrcholových sportovních gymnastek jsou statisticky významně menší, než je populační průměr jejich vrstevnic. Přesto všechny dívky dovršily svůj dědičný růstový potenciál. Gymnastky jsou menší hereditárně, jsou předurčeny k nižší finální tělesné výšce kvůli nižší výšce jejich rodičů. Malý

tělesný vzrůst, velké množství svalové hmoty a nízké procento tělesného tuku je předurčuje k lepším výkonům ve sportu. Z námi získaných dat vyplývá, že k nejlepším výsledkům ve sportovní gymnastice se vypracují dívky s geneticky předurčeným malým vzrůstem.

Tělesný růst gymnastek je v období dospívání v rámci normy. Setkáváme se s dvěma druhy růstových křivek; růstovou křivkou průměrného jedince, který růstem sleduje stále stejný percentil tělesné výšky a s růstovou křivkou konstitučně opožděného růstu. Pro sportovní gymnastky je typické delší období dětství, pozdní puberta spojená s pozdějším menarché. Následně se catch-up růstem dostanou na hodnotu percentilu v midparentálním rozpětí a dovrší svoji finální adultní tělesnou výšku. Věk menarché byl statisticky významně vyšší u gymnastek generace 2, u které byla průměrná hodnota 17,1 let a také u generace 3, ve které byl průměrný věk 15,08 let. Svých nejlepších výkonů dosahují dívky často premenarcheálně a je důležité zmínit, že nástup menarché je spojen se snížením nebo přerušením intenzity zátěže a pokud nastane menarché v období dočasného snížení zátěže, po jejím obnovení zpravidla nastává sekundární amenorea.

8 REFERENČNÍ SEZNAM

1. Vignerova J, Brabec M, Blaha P. Two centuries of growth among Czech children and youth. *Economics and human biology*. 2006;4(2):237-52. Epub 2005/12/24.
2. Viegnerová J, Riedlová J, Bláha P, Kobzová J, Krejčovský L, Brabec M, et al. 6. Celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001, Česká republika. Praha: PřF UK a SZÚ; 2006.
3. Komlos J. The secular trend in the biological standard of living in the United Kingdom, 1730 - 1860. *Economic History Review*. 1993;46(1):115 - 44.
4. Kobzova J, Vignerova J, Blaha P, Krejcovsky L, Riedlova J. The 6th nationwide anthropological survey of children and adolescents in the Czech Republic in 2001. *Central European journal of public health*. 2004;12(3):126-30. Epub 2004/10/29.
5. Cole TJ. The secular trend in human physical growth: a biological view. *Economics and human biology*. 2003;1(2):161-8. Epub 2004/10/07.
6. Staub K, Ruhli F, Woitek U, Pfister C. The average height of 18- and 19-year-old conscripts (N=458,322) in Switzerland from 1992 to 2009, and the secular height trend since 1878. *Swiss medical weekly*. 2011;141:w13238. Epub 2011/08/02.
7. Webb EA, Kuh D, Pajak A, Kubinova R, Malyutina S, Bobak M. Estimation of secular trends in adult height, and childhood socioeconomic circumstances in three Eastern European populations. *Economics and human biology*. 2008;6(2):228-36. Epub 2008/05/13.
8. Heude B, Lafay L, Borys JM, Thibult N, Lommez A, Romon M, et al. Time trend in height, weight, and obesity prevalence in school children from Northern France, 1992-2000. *Diabetes & metabolism*. 2003;29(3):235-40. Epub 2003/08/12.
9. Hatton T. How have Europeans grown so tall? *Oxford Economics Papers*. 2013(1):1 - 24.
10. Ducros J. Absence of Secular Trend in Height Among Tahitians. *Journal of Humnan Evolution*. 1980(9):205 - 8.
11. Tobias PC. The Negative Secular Trend. *Journal of Humnan Evolution*. 1985(14):347 - 56.
12. Sedlak P, Riedlová J, Viegnerová J, Paulova M, Blaha P. Růstové grafy - limity jejich aktuálního použití. *Pediatric pro praxi*. 2014;15(2):113 - 6.
13. Stulp G, Barrett L, Tropf FC, Mills M. Does natural selection favour taller stature among the tallest people on earth? *Proceedings Biological sciences / The Royal Society*. 2015;282(1806). Epub 2015/04/10.
14. Krásničanová H. Hodnocení růstu a vývoje dítěte. In: Lebl J, Krásničanová H, editors. *Růst dětí a jeho poruchy*. 1. ed. Praha: Galén; 1996. p. 27 - 44.
15. Lebl J, Krásničanová H. Fyziologie růstu dítěte. In: Lebl J, Krásničanová H, editors. *Růst dětí a jeho poruchy*. 1. ed. Praha: Galén; 1996. p. 11 - 21.
16. Marshall WA. Interrelationships of skeletal maturation, sexual development and somatic growth in man. *Annals of human biology*. 1974;1(1):29-40. Epub 1974/01/01.
17. Krásničanová H, Lesný P. Tělesná výška. *Kompendum pediatrické auxologie 2005: Novo Nordisk*; 2005.
18. Zander T, Krishnakanth P, Bergmann G, Rohlmann A. Diurnal variations in intervertebral disc height affect spine flexibility, intradiscal pressure and contact compressive forces in the facet joints. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*. 2010;13(5):551-7. Epub 2009/11/26.
19. Siklar Z, Sanli E, Dallar Y, Tanyer G. Diurnal variation of height in children. *Pediatrics international : official journal of the Japan Pediatric Society*. 2005;47(6):645-8. Epub 2005/12/16.

20. Ellison PT, Reiches MW. Chapter 4 - Puberty. In: Cameron N, Barry B, editors. *Human Growth and Development*. 2. ed. Boston: Academic Press; 2012. p. 94 - 5.
21. Hauspie R, Roelants M. Chapter 3 - Adolescent Growth. In: Cameron NP, Bogin B, editors. *Human Growth and Development, Second Edition*. 2. ed: Academic Press; 2012. p. 57 - 79.
22. Silvia Diez C, Barros-Filho AdA. Anthropometry in Relation to Sexual Maturation. In: Preedy VR, editor. *Handbook of anthropometry physical measures of human form in health and disease*. New York: Springer; 2012. p. 1385 - 403.
23. Rege J, Rainey WE. The steroid metabolome of adrenarche. *The Journal of endocrinology*. 2012;214(2):133-43. Epub 2012/06/21.
24. Hornsby PJ. Adrenarche: a cell biological perspective. *The Journal of endocrinology*. 2012;214(2):113-9. Epub 2012/05/11.
25. Dossus L, Kvaskoff M, Bijon A, Fervers B, Boutron-Ruault MC, Mesrine S, et al. Determinants of age at menarche and time to menstrual cycle regularity in the French E3N cohort. *Ann Epidemiol*. 2012;22(10):723-30.
26. Antoszewski B, Sitek A. Secular Trends in the Anthropometry of Adolescents and College Students: Polish Perspective. In: Preedy VR, editor. *Handbook of anthropometry physical measures of human form in health and disease*. New York: Springer; 2012. p. 1319 - 36.
27. Cameron N, Martin DD. Assessment of Maturation: Bone Age and Pubertal Assessment. In: Glorieux FH, Pettifor JM, Jüppner H, ScienceDirect, editors. *Pediatric bone biology & diseases*. 2. ed. London: Elsevier/Academic Press; 2011. p. 343 - 60.
28. Krásničanová H, Lesný P. Menarché. *Kompéndium pediatrické auxologie 2005*: Novo Nordisk; 2005.
29. Kuchynkova I, Krasnicanova H. Methods of Skeletal Maturity Assessment – Some Clinical Aspects. *Anthropologie*. 2004;42(2):115 - 9.
30. Ahmed ML, Warner JT. TW2 and TW3 bone ages: time to change? *Archives of disease in childhood*. 2007;92(4):371-2. Epub 2007/03/23.
31. Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H, Cameron N. *Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW3 Method)*. Third Edition. *American Journal of Human Biology*. 2001(14):788 - 9.
32. Malina RM. Skeletal age and age verification in youth sport. *Sports Med*. 2011;41(11):925-47. Epub 2011/10/12.
33. Gasser T, Molinari L, Largo R. A comparison of pubertal maturity and growth. *Annals of human biology*. 2013;40(4):341-7. Epub 2013/06/26.
34. Frisch RE, Revelle R. Height and Weight at Menarche and a Hypothesis of Critical Body Weights and Adolescent Events. *Science*. 1970;169(3943):397-&.
35. Johnston FE, Malina RM, Galbraith MA, Frisch RE, Revelle R, Cook S. Height, weight and age at menarche and the "critical weight" hypothesis. *Science*. 1971;174(4014):1148-9. Epub 1971/12/10.
36. Trussell J. Menarche and fatness: reexamination of the critical body composition hypothesis. *Science*. 1978;200(4349):1506-13. Epub 1978/06/30.
37. Frisch RE. "Critical fat". *Science*. 1993;261(5125):1103-4. Epub 1993/08/27.
38. Frisch RE, McArthur JW. Menstrual cycles: fatness as a determinant of minimum weight for height necessary for their maintenance or onset. *Science*. 1974;185(4155):949-51. Epub 1974/09/13.
39. Máček M, Máčková J. Žena a sport. In: Máček M, Radvanský J, editors. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. 1. ed. Praha: Galén; 2011. p. 154.
40. Ellison PT, Reiches MW. Chapter 4 - Puberty. In: Cameron N, Barry B, editors. *Human Growth and Development*. 2. ed. Boston: Academic Press; 2012. p. 90.

41. Jemni M. Diet, nutrition, supplementation and related health issues in gymnastics. In: Jemni M, editor. *The science of gymnastics*. Oxon: Routledge; 2011. p. 39 - 44.
42. Paterni I, Granchi C, Katzenellenbogen JA, Minutolo F. Estrogen receptors alpha (ERalpha) and beta (ERbeta): subtype-selective ligands and clinical potential. *Steroids*. 2014;90:13-29. Epub 2014/06/28.
43. Pennisi E. Differing roles found for estrogen's two receptors. *Science*. 1997;277(5331):1439. Epub 1997/09/26.
44. Pavicic Baldani D, Skrgatic L, Simunic V, Elvedi Gasparovic V, Gersak B. [Hormone replacement therapy and venous thromboembolism]. *Lijecnicki vjesnik*. 2015;137(1-2):34-40. Epub 2015/04/25. *Hormonsko nadomjesno liječenje i venske tromboembolije*.
45. Brinton LA, Felix AS. Menopausal hormone therapy and risk of endometrial cancer. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*. 2014;142:83-9. Epub 2013/05/18.
46. Benn M, Voss SS, Holmegard HN, Jensen GB, Tybjaerg-Hansen A, Nordestgaard BG. Extreme concentrations of endogenous sex hormones, ischemic heart disease, and death in women. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*. 2015;35(2):471-7. Epub 2015/01/01.
47. Mirkin S, Archer DF, Pickar JH, Komm BS. Recent advances help understand and improve the safety of menopausal therapies. *Menopause*. 2015;22(3):351-60. Epub 2014/07/23.
48. Skorupskaitė K, George JT, Anderson RA. The kisspeptin-GnRH pathway in human reproductive health and disease. *Human reproduction update*. 2014;20(4):485-500. Epub 2014/03/13.
49. Ruiz-Pino F, Garcia-Galiano D, Manfredi-Lozano M, Leon S, Sanchez-Garrido MA, Roa J, et al. Effects and interactions of tachykinins and dynorphin on FSH and LH secretion in developing and adult rats. *Endocrinology*. 2015;156(2):576-88. Epub 2014/12/10.
50. Current evaluation of amenorrhea. *Fertility and sterility*. 2008;90(5 Suppl):S219-25. Epub 2008/11/26.
51. Ogata R, Matsuzaki T, Iwasa T, Kiyokawa M, Tanaka N, Kuwahara A, et al. Hypothalamic Ghrelin suppresses pulsatile secretion of luteinizing hormone via beta-endorphin in ovariectomized rats. *Neuroendocrinology*. 2009;90(4):364-70. Epub 2009/11/13.
52. Ducher G, Turner AI, Kukuljan S, Pantano KJ, Carlson JL, Williams NI, et al. Obstacles in the optimization of bone health outcomes in the female athlete triad. *Sports Med*. 2011;41(7):587-607. Epub 2011/06/22.
53. Cano Sokoloff N, Eguiguren ML, Wargo K, Ackerman KE, Baskaran C, Singhal V, et al. Bone parameters in relation to attitudes and feelings associated with disordered eating in oligo-amenorrheic athletes, eumenorrheic athletes, and nonathletes. *The International journal of eating disorders*. 2015. Epub 2015/04/01.
54. Britt K. Menarche, menopause, and breast cancer risk. *The Lancet Oncology*. 2012;13(11):1071-2. Epub 2012/10/23.
55. Gong TT, Wu QJ, Vogtmann E, Lin B, Wang YL. Age at menarche and risk of ovarian cancer: a meta-analysis of epidemiological studies. *International journal of cancer Journal international du cancer*. 2013;132(12):2894-900. Epub 2012/11/24.
56. Li CY, Song B, Wang YY, Meng H, Guo SB, Liu LN, et al. Age at menarche and risk of colorectal cancer: a meta-analysis. *PloS one*. 2013;8(6):e65645. Epub 2013/06/14.
57. Gandini S, Iodice S, Koomen E, Di Pietro A, Sera F, Caini S. Hormonal and reproductive factors in relation to melanoma in women: current review and meta-analysis. *Eur J Cancer*. 2011;47(17):2607-17. Epub 2011/05/31.
58. Caini S, Gibelli B, Palli D, Saieva C, Ruscica M, Gandini S. Menstrual and reproductive history and use of exogenous sex hormones and risk of thyroid cancer among women: a meta-analysis of prospective studies. *Cancer causes & control : CCC*. 2015;26(4):511-8. Epub 2015/03/11.

59. Nnoaham KE, Webster P, Kumbang J, Kennedy SH, Zondervan KT. Is early age at menarche a risk factor for endometriosis? A systematic review and meta-analysis of case-control studies. *Fertility and sterility*. 2012;98(3):702-12 e6. Epub 2012/06/26.
60. Charalampopoulos D, McLoughlin A, Elks CE, Ong KK. Age at menarche and risks of all-cause and cardiovascular death: a systematic review and meta-analysis. *American journal of epidemiology*. 2014;180(1):29-40. Epub 2014/06/13.
61. Janghorbani M, Mansourian M, Hosseini E. Systematic review and meta-analysis of age at menarche and risk of type 2 diabetes. *Acta diabetologica*. 2014;51(4):519-28. Epub 2014/03/29.
62. Elks CE, Ong KK, Scott RA, van der Schouw YT, Brand JS, Wark PA, et al. Age at menarche and type 2 diabetes risk: the EPIC-InterAct study. *Diabetes care*. 2013;36(11):3526-34. Epub 2013/10/26.
63. Currie C, Ahluwalia N, Godeau E, Nic Gabhainn S, Due P, Currie DB. Is obesity at individual and national level associated with lower age at menarche? Evidence from 34 countries in the Health Behaviour in School-aged Children Study. *The Journal of adolescent health : official publication of the Society for Adolescent Medicine*. 2012;50(6):621-6. Epub 2012/05/26.
64. Al-Sahab B, Hamadeh MJ, Ardern CI, Tamim H. Early menarche predicts incidence of asthma in early adulthood. *American journal of epidemiology*. 2011;173(1):64-70. Epub 2010/11/03.
65. Alcalá-Herrera V, Marvan ML. Early menarche, depressive symptoms, and coping strategies. *Journal of adolescence*. 2014;37(6):905-13. Epub 2014/07/16.
66. Canoy D, Beral V, Balkwill A, Wright FL, Kroll ME, Reeves GK, et al. Age at menarche and risks of coronary heart and other vascular diseases in a large UK cohort. *Circulation*. 2015;131(3):237-44. Epub 2014/12/17.
67. Glueck CJ, Morrison JA, Wang P, Woo JG. Early and late menarche are associated with oligomenorrhea and predict metabolic syndrome 26 years later. *Metabolism: clinical and experimental*. 2013;62(11):1597-606. Epub 2013/08/21.
68. Joinson C, Heron J, Araya R, Lewis G. Early menarche and depressive symptoms from adolescence to young adulthood in a UK cohort. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*. 2013;52(6):591-8 e2. Epub 2013/05/25.
69. Opoliner A, Carwile JL, Blacker D, Fitzmaurice GM, Austin SB. Early and late menarche and risk of depressive symptoms in young adulthood. *Archives of women's mental health*. 2014;17(6):511-8. Epub 2014/07/23.
70. Prentice P, Viner RM. Pubertal timing and adult obesity and cardiometabolic risk in women and men: a systematic review and meta-analysis. *Int J Obes (Lond)*. 2013;37(8):1036-43. Epub 2012/11/21.
71. Weingarden H, Renshaw KD. Early and late perceived pubertal timing as risk factors for anxiety disorders in adult women. *Journal of psychiatric research*. 2012;46(11):1524-9. Epub 2012/08/21.
72. Alonso de Lecinana M, Egido JA, Fernandez C, Martinez-Vila E, Santos S, Morales A, et al. Risk of ischemic stroke and lifetime estrogen exposure. *Neurology*. 2007;68(1):33-8. Epub 2007/01/04.
73. Chang EC, Frasor J, Komm B, Katzenellenbogen BS. Impact of estrogen receptor beta on gene networks regulated by estrogen receptor alpha in breast cancer cells. *Endocrinology*. 2006;147(10):4831-42. Epub 2006/07/01.
74. Lakshman R, Forouhi NG, Sharp SJ, Luben R, Bingham SA, Khaw KT, et al. Early age at menarche associated with cardiovascular disease and mortality. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*. 2009;94(12):4953-60. Epub 2009/11/03.
75. Mendelsohn ME. Protective effects of estrogen on the cardiovascular system. *The American journal of cardiology*. 2002;89(12A):12E-7E; discussion 7E-8E. Epub 2002/06/27.

76. Stockl D, Meisinger C, Peters A, Thorand B, Huth C, Heier M, et al. Age at menarche and its association with the metabolic syndrome and its components: results from the KORA F4 study. *PloS one*. 2011;6(10):e26076. Epub 2011/10/27.
77. Bonds RS, Midoro-Horiuti T. Estrogen effects in allergy and asthma. *Current opinion in allergy and clinical immunology*. 2013;13(1):92-9. Epub 2012/10/24.
78. Straub RH. The complex role of estrogens in inflammation. *Endocrine reviews*. 2007;28(5):521-74. Epub 2007/07/21.
79. Townsend EA, Sathish V, Thompson MA, Pabelick CM, Prakash YS. Estrogen effects on human airway smooth muscle involve cAMP and protein kinase A. *American journal of physiology Lung cellular and molecular physiology*. 2012;303(10):L923-8. Epub 2012/09/25.
80. Salam MT, Wenten M, Gilliland FD. Endogenous and exogenous sex steroid hormones and asthma and wheeze in young women. *The Journal of allergy and clinical immunology*. 2006;117(5):1001-7. Epub 2006/05/06.
81. Havrilesky LJ, Gierisch JM, Moorman PG, Coeytaux RR, Urrutia RP, Lowery WJ, et al. Oral contraceptive use for the primary prevention of ovarian cancer. Evidence report/technology assessment. 2013(212):1-514. Epub 2014/01/16.
82. Petersen JL, Hyde JS. A longitudinal investigation of peer sexual harassment victimization in adolescence. *Journal of adolescence*. 2009;32(5):1173-88. Epub 2009/03/03.
83. Perry JR, Day F, Elks CE, Sulem P, Thompson DJ, Ferreira T, et al. Parent-of-origin-specific allelic associations among 106 genomic loci for age at menarche. *Nature*. 2014;514(7520):92-7. Epub 2014/09/19.
84. Morris DH, Jones ME, Schoemaker MJ, Ashworth A, Swerdlow AJ. Determinants of age at menarche in the UK: analyses from the Breakthrough Generations Study. *British journal of cancer*. 2010;103(11):1760-4. Epub 2010/11/04.
85. Boynton-Jarrett R, Harville EW. A prospective study of childhood social hardships and age at menarche. *Ann Epidemiol*. 2012;22(10):731-7. Epub 2012/09/11.
86. Boynton-Jarrett R, Wright RJ, Putnam FW, Lividoti Hibert E, Michels KB, Forman MR, et al. Childhood abuse and age at menarche. *The Journal of adolescent health : official publication of the Society for Adolescent Medicine*. 2013;52(2):241-7. Epub 2013/01/22.
87. Deardorff J, Abrams B, Ekwaru JP, Rehkopf DH. Socioeconomic status and age at menarche: an examination of multiple indicators in an ethnically diverse cohort. *Ann Epidemiol*. 2014;24(10):727-33. Epub 2014/08/12.
88. Misigoj-Durakovic M. Anthropometry in Premenarcheal Female Esthetic Sports Athletes and Ballerinas. In: Preedy VR, editor. *Handbook of anthropometry physical measures of human form in health and disease*. New York: Springer; 2012. p. 1817-36.
89. Misigoj-Durakovic M. Anthropometry in Premenarcheal Female Esthetic Sports Athletes and Ballerinas. In: Preedy VR, editor. *Handbook of anthropometry physical measures of human form in health and disease*. New York: Springer; 2012. p. 1882.
90. Marina M, Rodriguez FA. Physiological demands of young women's competitive gymnastic routines. *Biology of sport / Institute of Sport*. 2014;31(3):217-22. Epub 2014/09/02.
91. Jemni M. Energetics of gymnastics. In: Jemni M, editor. *The science of gymnastics*. Oxon: Routledge; 2011. p. 3 - 16.
92. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Individual Differences and Measurement of Energy Capacities. *Exercise physiology : nutrition, energy, and human performance* 7. ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. p. 231.
93. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Individual Differences and Measurement of Energy Capacities. *Exercise physiology : nutrition, energy, and human performance* 7. ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. p. 225 - 48.

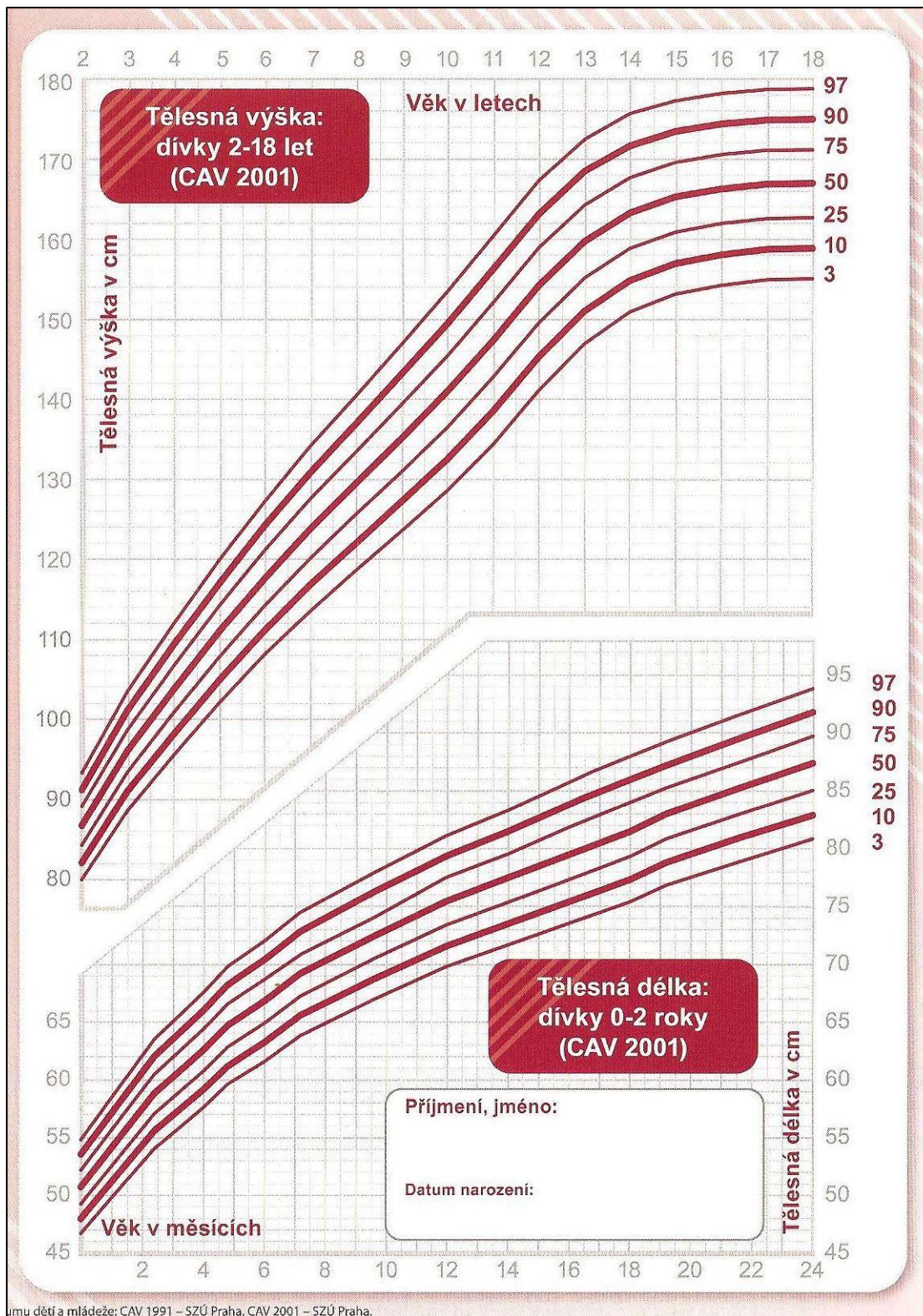
94. Jemni M. Cardiovascular and respiratory systems of gymnasts. In: Jemni M, editor. *The science of gymnastics*. Oxon: Routledge; 2011. p. 17 - 21.
95. Matos NF, Winsley RJ, Williams CA. Prevalence of nonfunctional overreaching/overtraining in young English athletes. *Medicine and science in sports and exercise*. 2011;43(7):1287-94. Epub 2010/12/07.
96. Máček M. Některé patologické stavy vznikající při sportovní činnosti. In: Máček M, Radvanský J, editors. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. 1. ed. Praha: Galén; 2011. p. 189 - 92.
97. Kreher JB, Schwartz JB. Overtraining syndrome: a practical guide. *Sports health*. 2012;4(2):128-38. Epub 2012/09/28.
98. Budgett R, Hiscock N, Arida RM, Castell LM. The effects of the 5-HT_{2C} agonist m-chlorophenylpiperazine on elite athletes with unexplained underperformance syndrome (overtraining). *British journal of sports medicine*. 2010;44(4):280-3. Epub 2008/05/20.
99. Dowthwaite JN, Scerpella TA. Skeletal geometry and indices of bone strength in artistic gymnasts. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*. 2009;9(4):198-214. Epub 2009/12/02.
100. Gittoes M, Jr., Irwin G. Biomechanical approaches to understanding the potentially injurious demands of gymnastic-style impact landings. *Sports medicine, arthroscopy, rehabilitation, therapy & technology : SMARTT*. 2012;4(1):4. Epub 2012/01/17.
101. Modlesky CM, Majumdar S, Dudley GA. Trabecular bone microarchitecture in female collegiate gymnasts. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2008;19(7):1011-8. Epub 2007/12/13.
102. Seselj M, Nahhas RW, Sherwood RJ, Chumlea WC, Towne B, Duren DL. The influence of age at menarche on cross-sectional geometry of bone in young adulthood. *Bone*. 2012;51(1):38-45. Epub 2012/04/20.
103. Maimoun L, Coste O, Mariano-Goulart D, Galtier F, Mura T, Philibert P, et al. In peripubertal girls, artistic gymnastics improves areal bone mineral density and femoral bone geometry without affecting serum OPG/RANKL levels. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2011;22(12):3055-66. Epub 2011/03/02.
104. Dowthwaite JN, Scerpella TA. Distal radius geometry and skeletal strength indices after peripubertal artistic gymnastics. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2011;22(1):207-16. Epub 2010/04/27.
105. Burt LA, Naughton GA, Higham DG, Landeo R. Training load in pre-pubertal female artistic gymnastics. *Science of Gymnastics Journal*. 2010;2(3):5 - 14.
106. Karlsson MK, Nordqvist A, Karlsson C. Physical activity increases bone mass during growth. *Food & nutrition research*. 2008;52. Epub 2008/12/26.
107. Pollock NK, Laing EM, Modlesky CM, O'Connor PJ, Lewis RD. Former college artistic gymnasts maintain higher BMD: a nine-year follow-up. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2006;17(11):1691-7. Epub 2006/07/29.
108. Scerpella TA, Dowthwaite JN, Rosenbaum PF. Sustained skeletal benefit from childhood mechanical loading. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2011;22(7):2205-10. Epub 2010/09/15.
109. Dowthwaite JN, Rosenbaum PF, Scerpella TA. Mechanical loading during growth is associated with plane-specific differences in vertebral geometry: A cross-sectional analysis comparing artistic gymnasts vs. non-gymnasts. *Bone*. 2011;49(5):1046-54. Epub 2011/08/16.

110. Burt LA, Ducher G, Naughton GA, Courteix D, Greene DA. Gymnastics participation is associated with skeletal benefits in the distal forearm: a 6-month study using peripheral Quantitative Computed Tomography. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*. 2013;13(4):395-404. Epub 2013/12/03.
111. Zanker CL, Gannon L, Cooke CB, Gee KL, Oldroyd B, Truscott JG. Differences in bone density, body composition, physical activity, and diet between child gymnasts and untrained children 7-8 years of age. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. 2003;18(6):1043-50. Epub 2003/06/24.
112. Bergmann P, Body JJ, Boonen S, Boutsen Y, Devogelaer JP, Goemaere S, et al. Loading and skeletal development and maintenance. *Journal of osteoporosis*. 2010;2011:786752. Epub 2011/01/07.
113. Dettler FT, Rosengren BE, Dencker M, Nilsson JA, Karlsson MK. A 5-year exercise program in pre- and peripubertal children improves bone mass and bone size without affecting fracture risk. *Calcified tissue international*. 2013;92(4):385-93. Epub 2013/01/23.
114. Tenforde AS, Fredericson M. Influence of sports participation on bone health in the young athlete: a review of the literature. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*. 2011;3(9):861-7. Epub 2011/09/29.
115. Baranowski M, Charnas M, Dlugolecka B, Gorski J. Exercise increases plasma levels of sphingoid base-1 phosphates in humans. *Acta Physiol (Oxf)*. 2011;203(3):373-80. Epub 2011/05/04.
116. Courteix D, Green D, Naughton G. Skeletal health of gymnasts. In: Caine D, Russell K, Lim L, editors. *Handbook of Sports Medicine and Science*. 1. ed. Oxford: John Wiley & Sons, Ltd; 2013. p. 42.
117. Caine D, Lewis R, O'Connor P, Howe W, Bass S. Does gymnastics training inhibit growth of females? *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 2001;11(4):260-70. Epub 2001/12/26.
118. Erlandson MC, Sherar LB, Mirwald RL, Maffulli N, Baxter-Jones AD. Growth and maturation of adolescent female gymnasts, swimmers, and tennis players. *Medicine and science in sports and exercise*. 2008;40(1):34-42. Epub 2008/01/10.
119. Thein-Nissenbaum JM, Carr KE. Female athlete triad syndrome in the high school athlete. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*. 2011;12(3):108-16. Epub 2011/08/02.
120. Georgopoulos NA, Markou KB, Theodoropoulou A, Benardot D, Leglise M, Vagenakis AG. Growth retardation in artistic compared with rhythmic elite female gymnasts. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*. 2002;87(7):3169-73. Epub 2002/07/11.
121. Theintz GE, Howald H, Weiss U, Sizonenko PC. Evidence for a reduction of growth potential in adolescent female gymnasts. *The Journal of pediatrics*. 1993;122(2):306-13. Epub 1993/02/01.
122. Daly RM, Caine D, Bass SL, Pieter W, Broekhoff J. Growth of highly versus moderately trained competitive female artistic gymnasts. *Medicine and science in sports and exercise*. 2005;37(6):1053-60. Epub 2005/06/11.
123. Malina RM, Baxter-Jones AD, Armstrong N, Beunen GP, Caine D, Daly RM, et al. Role of intensive training in the growth and maturation of artistic gymnasts. *Sports Med*. 2013;43(9):783-802. Epub 2013/06/08.
124. Máček M. Fyziologie tělesné zátěže. In: Máček M, Radvanský J, editors. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. 1. ed. Praha: Galén; 2011. p. 8.
125. Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, Sanborn CF, Sundgot-Borgen J, Warren MP. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Medicine and science in sports and exercise*. 2007;39(10):1867-82. Epub 2007/10/03.

126. Tringali C, Scala L, Silvestri I, Vitale J, Scurati R, Michielon G, et al. Protective role of 17-beta-estradiol towards IL-6 leukocyte expression induced by intense training in young female athletes. *Journal of sports sciences*. 2014;32(5):452-61. Epub 2013/09/11.
127. Fischer CP. Interleukin-6 in acute exercise and training: what is the biological relevance? *Exercise immunology review*. 2006;12:6-33. Epub 2007/01/05.
128. Gleeson M, Bishop NC, Stensel DJ, Lindley MR, Mastana SS, Nimmo MA. The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. *Nature reviews Immunology*. 2011;11(9):607-15. Epub 2011/08/06.
129. Northoff H, Berg A. Immunologic mediators as parameters of the reaction to strenuous exercise. *International journal of sports medicine*. 1991;12 Suppl 1:S9-15. Epub 1991/06/01.
130. Steensberg A, van Hall G, Osada T, Sacchetti M, Saltin B, Klarlund Pedersen B. Production of interleukin-6 in contracting human skeletal muscles can account for the exercise-induced increase in plasma interleukin-6. *The Journal of physiology*. 2000;529 Pt 1:237-42. Epub 2000/11/18.
131. Wallberg L, Mikael Mattsson C, Enqvist JK, Ekblom B. Plasma IL-6 concentration during ultra-endurance exercise. *European journal of applied physiology*. 2011;111(6):1081-8. Epub 2010/11/30.
132. Leggate M, Nowell MA, Jones SA, Nimmo MA. The response of interleukin-6 and soluble interleukin-6 receptor isoforms following intermittent high intensity and continuous moderate intensity cycling. *Cell stress & chaperones*. 2010;15(6):827-33. Epub 2010/04/17.
133. Denson LA, Held MA, Menon RK, Frank SJ, Parlow AF, Arnold DL. Interleukin-6 inhibits hepatic growth hormone signaling via upregulation of Cis and Socs-3. *American journal of physiology Gastrointestinal and liver physiology*. 2003;284(4):G646-54. Epub 2003/01/10.
134. Samstein B, Hoimes ML, Fan J, Frost RA, Gelato MC, Lang CH. IL-6 stimulation of insulin-like growth factor binding protein (IGFBP)-1 production. *Biochemical and biophysical research communications*. 1996;228(2):611-5. Epub 1996/11/12.
135. De Benedetti F, Alonzi T, Moretta A, Lazzaro D, Costa P, Poli V, et al. Interleukin 6 causes growth impairment in transgenic mice through a decrease in insulin-like growth factor-I. A model for stunted growth in children with chronic inflammation. *The Journal of clinical investigation*. 1997;99(4):643-50. Epub 1997/02/15.
136. Goetzl EJ, Huang MC, Kon J, Patel K, Schwartz JB, Fast K, et al. Gender specificity of altered human immune cytokine profiles in aging. *FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*. 2010;24(9):3580-9. Epub 2010/05/11.
137. Georgopoulos NA, Theodoropoulou A, Roupas NA, Rottstein L, Tsekouras A, Mylonas P, et al. Growth velocity and final height in elite female rhythmic and artistic gymnasts. *Hormones (Athens)*. 2012;11(1):61-9. Epub 2012/03/28.
138. Pospíšilová A. Změny kostní density a architektiky u sportovních gymnastek [Bakalářská práce]. Praha: Univerzita Karlova; 2013.
139. Ferin M. The role of endogenous opioid peptides in the regulation of the menstrual cycle. *Journal of steroid biochemistry*. 1989;33(4B):683-5. Epub 1989/10/01.
140. Crown A, Clifton DK, Steiner RA. Neuropeptide signaling in the integration of metabolism and reproduction. *Neuroendocrinology*. 2007;86(3):175-82. Epub 2007/09/28.
141. Blogowska A, Krzyzanowska-Swiniarska B, Zielinska D, Rzepka-Gorska I. Body composition and concentrations of leptin, neuropeptide Y, beta-endorphin, growth hormone, insulin-like growth factor-I and insulin at menarche in girls with constitutional delay of puberty. *Gynecological endocrinology : the official journal of the International Society of Gynecological Endocrinology*. 2006;22(5):274-8. Epub 2006/06/21.

142. Kalra PS, Norlin M, Kalra SP. Neuropeptide Y stimulates beta-endorphin release in the basal hypothalamus: role of gonadal steroids. *Brain research*. 1995;705(1-2):353-6. Epub 1995/12/24.
143. Reinking MF, Austin TM, Bennett J, Hayes AM, Mitchell WA. Lower extremity overuse bone injury risk factors in collegiate athletes: a pilot study. *International journal of sports physical therapy*. 2015;10(2):155-67. Epub 2015/04/18.
144. Ducher G, Eser P, Hill B, Bass S. History of amenorrhoea compromises some of the exercise-induced benefits in cortical and trabecular bone in the peripheral and axial skeleton: a study in retired elite gymnasts. *Bone*. 2009;45(4):760-7. Epub 2009/07/04.
145. Robinson TL, Snow-Harter C, Taaffe DR, Gillis D, Shaw J, Marcus R. Gymnasts exhibit higher bone mass than runners despite similar prevalence of amenorrhea and oligomenorrhea. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. 1995;10(1):26-35. Epub 1995/01/01.
146. Russell K. The evolution of gymnastics. In: Caine D, Russell K, Lim L, editors. *Handbook of Sports Medicine and Science*. 1. ed. Oxford: John Wiley & Sons, Ltd; 2013. p. 3 - 14.

9 PŘÍLOHY



Příloha č 1.: Percentilový růstový graf tělesné délky a výšky pro dívky sestavený v rámci Celostátního antropologického výzkumu v roce 2001 (Běžně dostupný materiál v auxologické poradně)

Dotazník pro vrcholové sportovní gymnastky

Prosím Vás o pečlivé vyplnění všech položek. Pokud nebudete znát odpověď, raději napište „nevím“, než abyste hádala. Mnoho informací získáte u svého praktického lékaře například ze Záznamu o zdraví a nemoci dítěte nebo z výpisu z 11, 13, 15, 17leté prohlídky, ze sportovních prohlídek či z očkovacího průkazu.

- 1) V jakém roce jste se narodila?

- 2) V kolikátém týdnu těhotenství jste se narodila?
 - a) Vaše odpověď:
 - b) V termínu (38. – 42. týden těhotenství)
 - c) V předtermínu
 - d) Po termínu
 - e) Nevím

- 3) V kolika letech jste začala gymnastickou kariéru?

- 4) V kolika letech jste ukončila gymnastickou kariéru?

- 5) Kolik **hodin týdně** jste v průměru trénovala? Uveďte například: Nejprve 3 roky 15 hodin týdně, pak 2 roky X hodin týdně atd.
Pokuste se napsat alespoň údaje k zásadním mezníkům Vaší kariéry – například v době, kdy jste trénovala nejvíce, na začátku a na konci kariéry.

- 6) Byla jste v reprezentačním týmu?

- 7) Jaké jsou Vaše největší gymnastické úspěchy? (Účast na MČR, ME, MS, OH, nemusíte uvádět konkrétní umístění.)

- 8) Dělala jste po ukončení gymnastické kariéry nějaké další sporty? Pokud ano, uveďte prosím druh sportu, na jaké úrovni (rekreačně, výkonnostně, vrcholově¹) a v jakém věkovém období.

Sport	Sportovní úroveň (rekreační, výkonnostní, vrcholová)	Věkové období

- 9) Dělala vaše biologická matka nějaké sporty? Pokud ano, uveďte prosím druh sportu, na jaké úrovni (rekreačně, výkonnostně, vrcholově¹) a v jakém věkovém období.

Sport	Sportovní úroveň (rekreační, výkonnostní, vrcholová)	Věkové období

- 10) Uveďte do tabulky informace o tělesné výšce v centimetrech.

Pozn.: Pouze **biologické** příbuzné a jejich **maximální dosaženou tělesnou výšku**, ne jejich současnou výšku.

Jedinec	Tělesná výška v cm
já – současná výška	
já – maximální dosažená výška	
matka	
otec	
matka matky	
otec matky	
matka otce	
otec otce	

11) Kolik jste měřila od narození po dospělost?

Věk	Tělesná výška
narození	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Věk	Tělesná výška
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	

12) Uveďte do tabulky, kdy jste měla Vy, Vaše biologická matka a její biologická matka první menstruaci a jakou jste měly v té době tělesnou výšku.

Jedinec	Věk první menstruace	Tělesná výška během první menstruace v cm
já		
matka		
matka matky		

13) Měla jste během gymnastické kariéry problémy s menstruací?

- a) bez problémů s menstruací
- b) dlouhé intervaly mezi menstruacemi
- c) vynechání menstruačního cyklu na pár měsíců
- d) zástava menstruace
- e) jiné problémy – jaké?

Pokud ano, byl nutný zásah lékaře, případně jaký?

Pozn.: Pokud jste nasadila antikoncepci kvůli neotěhotnění, není to zásah lékaře.

14) Brala jste/berete antikoncepci? Pokud ano, od kolika do kolika let?

Uveďte důvod:

- a) prevence otěhotnění
- b) nepravidelný cyklus
- c) kožní problémy
- d) jiný důvod – jaký?

15) Podstoupila jste hormonální substituční terapii (HST/HRT), případně v jakém věkovém období?

16) Máte děti?

Pokud ano:

- a) neměla jsem problém s otěhotněním
- b) měla jsem dlouhodobý problém s otěhotněním, ale nakonec jsem otěhotněla bez zásahu lékaře – uveďte po jaké době
- c) měla jsem dlouhodobý problém s otěhotněním, ale nakonec jsem otěhotněla po zásahu lékaře – uveďte po jaké době a jaký zásah to byl (metody asistované reprodukce – IVF, inseminace, jiné)
- d) jiné – uveďte

Pokud ne:

- a) ještě jsem se o děti nepokoušela
- b) nechtěla jsem mít děti
- c) nemohu mít děti – můžete uvést důvod
- d) jiné - uveďte

17) Měla jste během gymnastické kariéry nějaké dietní restrikce?

Pokud ano:

- a) Jaké?
- b) Ze strany trenérů, rodičů, někoho jiného?

18) Měla jste během gymnastické kariéry poruchu příjmu potravy (bulimie či anorexie)?

Pokud ano:

- a) V jakém věkovém období?
- b) Řešila jste problém s odborníkem, případně s jakým? (Psychiatr, psycholog, dietolog, trenér, rodič, jiní.)

19) Měla jste během sportovní kariéry zlomeniny?

Pokud ano, uveďte v kolika letech, na jakém místě a příčinu mechanismu zlomeniny (spadla jste, něco spadlo na Vás, nejasná příčina...).

Věk	Lokalizace zlomeniny	Příčina zlomení

20) Měla jste po ukončení gymnastické kariéry nějaké zlomeniny?

Pokud ano, uveďte v kolika letech, na jakém místě a příčinu mechanismu zlomeniny (spadla jste, spadlo na vás něco, nejasná příčina...).

Věk	Lokalizace zlomeniny	Příčina zlomení

¹ Otázka číslo 8 a 9

Rekreačně = tělesná a psychická regenerace formou aktivního odpočinku bez soutěžních prvků.

Výkonnostně = organizovaná činnost se specifickým zaměřením na různé úrovni.

Vrcholově = tělesná aktivita formou nejvyšších výkonů.

Velice Vám děkuji za Váš čas a ochotu!

OH 1956 Melbourne

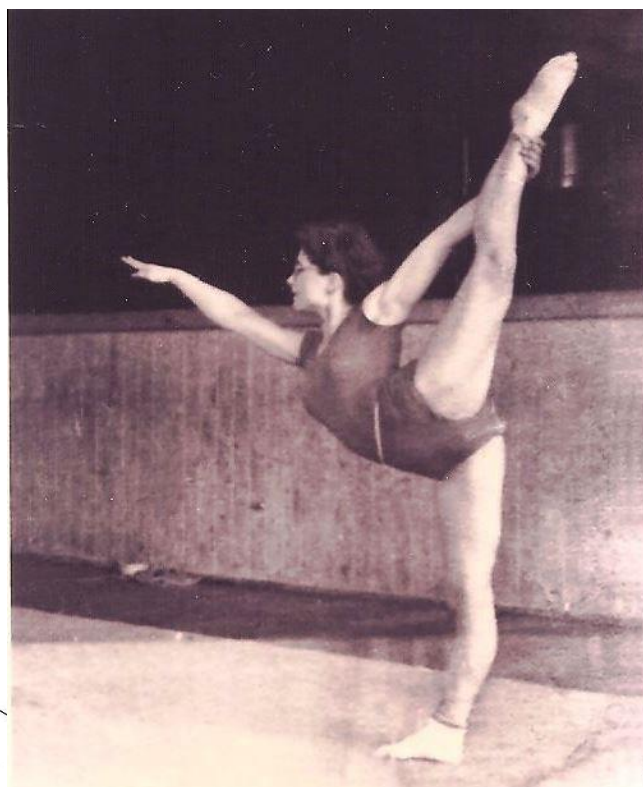


Alena Reichová, Věra Rylichová, Eva Bosáková, Mirka Brdičková,
Hana Marejková, Věra Draždíková, Matylda Šínová

Příloha č. 7: Olympijský tým sportovních gymnastek generace 1 na olympijských hrách v Melbourne roku 1956.
(Darováno z fotoarchivu Matyldy Růžičkové)

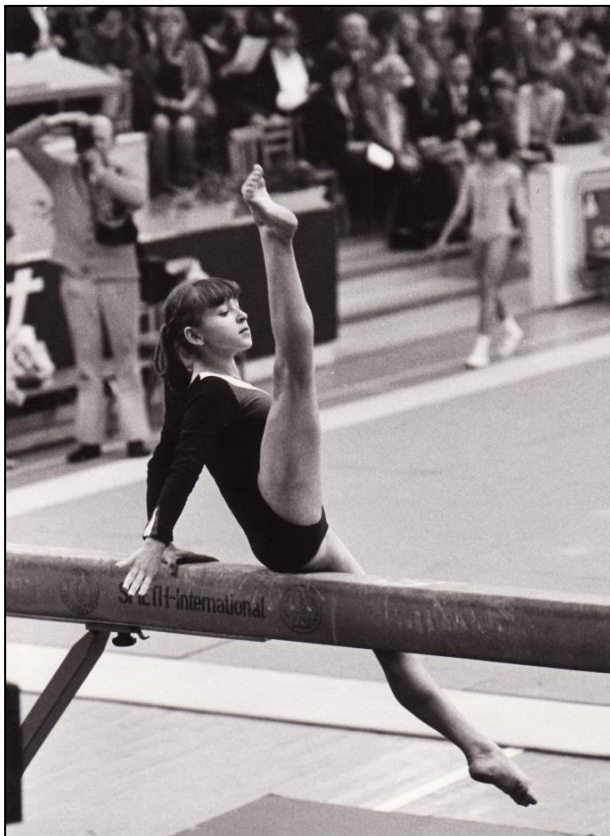


Růžičková!

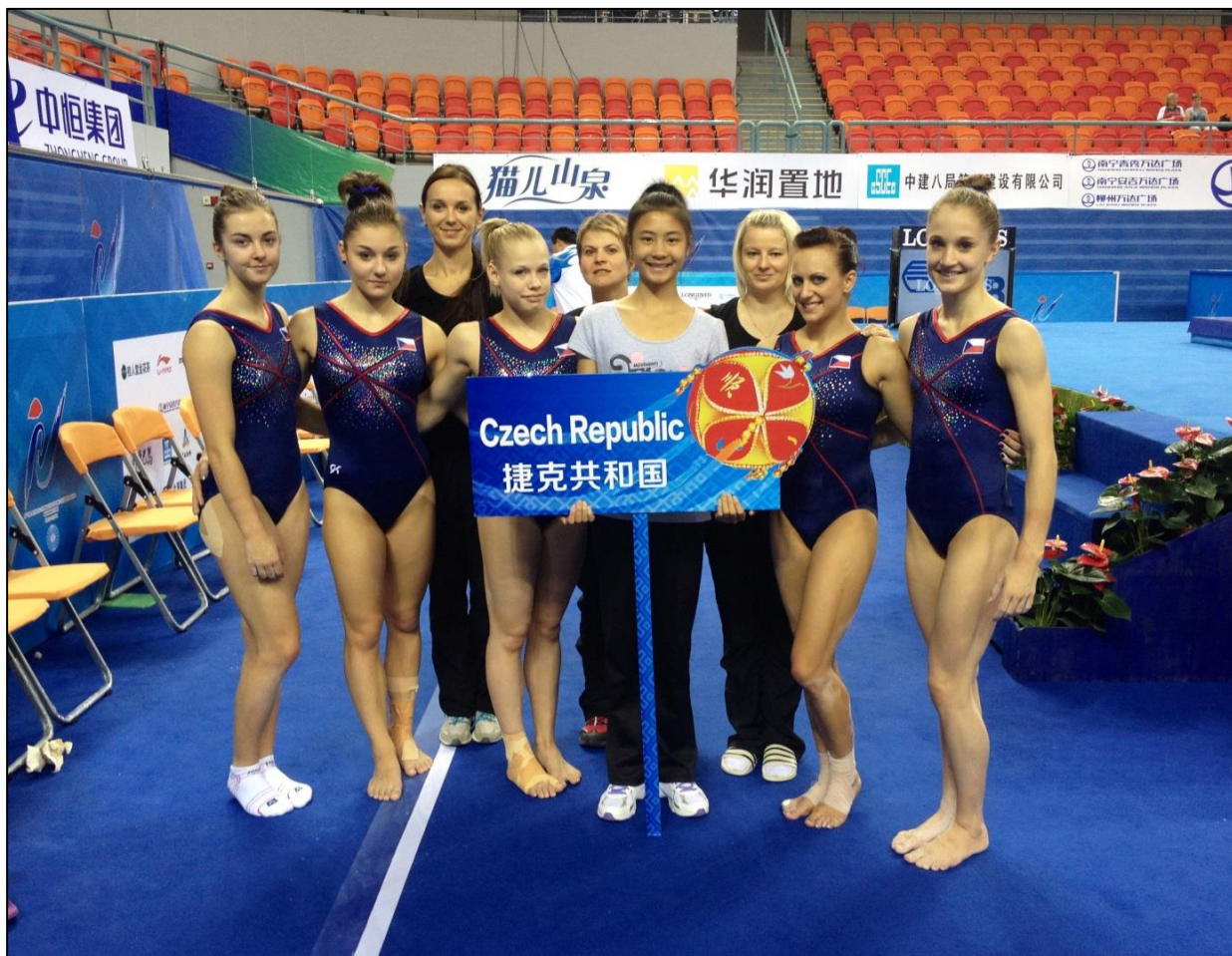


Růžičková!

Příloha č. 8: Ukázka gymnastických dovedností a tělesné konstituce gymnastky generace 1. (Darováno z fotoarchivu Matyldy Růžičkové)



Příloha č. 9: Ukázka gymnastických dovedností a tělesné konstituce gymnastky generace 2. Fotka vlevo: Eva Marečková na kladině roku 1977. Fotka vpravo: Eva Marečková při akrobatickém prvku na kladině roku 1981. (Darováno z fotoarchivu Evy Nykové)



Příloha č. 10: Reprezentační tým sportovních gymnastek generace 3 na MS v Číně roku 2014. (Věnováno z fotoarchivu Kristýny Pálešové)

Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu Tělesná výška		
	<i>generace 1</i>	<i>populační průměr</i>
Stř. hodnota	158,56	162,08
Rozptyl	21,53	0,12
Pozorování	9	9
Pears. korelace	0,3	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	8	
t Stat	-2,324	
P(T<=t) (1)	0,024	
t krit (1)	1,860	
P(T<=t) (2)	0,049	
t krit (2)	2,310	

Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu Tělesná výška		
	<i>generace 2</i>	<i>populační průměr</i>
Stř. hodnota	160,93	165,09
Rozptyl	31,07	0,17
Pozorování	15	15
Pears. korelace	-0,053	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	14	
t Stat	-2,872	
P(T<=t) (1)	0,006	
t krit (1)	1,761	
P(T<=t) (2)	0,012	
t krit (2)	2,144	

Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu Tělesná výška		
	<i>generace 3</i>	<i>populační průměr</i>
Stř. hodnota	163,54	167,2
Rozptyl	22,42	3,37E-27
Pozorování	25	25
Pears. korelace	1,72E-15	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	24	
t Stat	-3,865	
P(T<=t) (1)	0,00037	
t krit (1)	1,711	
P(T<=t) (2)	0,00074	
t krit (2)	2,064	

Příloha č. 11: Výsledky dvouvýběrových párových t-testů na střední hodnotu pro hodnocení statistického rozdílu tělesné výšky gymnastek generace 1–3 a populačního průměru jejich vrstevnic. Tučně je vyznačena hodnota P pro oboustrannou hypotézu.

Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu		
Věk menarché		
	<i>generace 1</i>	<i>populační průměr</i>
Stř. hodnota	13,67	13
Rozptyl	1,5	0
Pozorování	9	9
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	8	
t Stat	1,633	
P(T<=t) (1)	0,071	
t krit (1)	1,860	
P(T<=t) (2)	0,141	
t krit (2)	2,31	

Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu		
Věk menarché		
	<i>generace 2</i>	<i>populační průměr</i>
Stř. hodnota	17,1	13
Rozptyl	4,4	0
Pozorování	15	15
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	14	
t Stat	7,540	
P(T<=t) (1)	1,356E-06	
t krit (1)	1,761	
P(T<=t) (2)	0,0000027	
t krit (2)	2,145	

Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu		
Věk menarché		
	<i>generace 3</i>	<i>populační průměr</i>
Stř. hodnota	15,08	13
Rozptyl	1,58	0
Pozorování	25	25
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	24	
t Stat	8,283	
P(T<=t) (1)	8,49E-09	
t krit (1)	1,711	
P(T<=t) (2)	0,000000017	
t krit (2)	2,064	

Příloha č. 12: Výsledky dvouvýběrových párových t-testů na střední hodnotu pro hodnocení statistického rozdílu věku menarché gymnastek generace 1–3 a populačního průměru jejich vrstevnic. Tučně je vyznačena hodnota P pro oboustrannou hypotézu.