

# VLIV SILOVÉHO TRÉNINKU NA DĚTSKÝ ORGANISMUS

---

VLIV NA VYBRANÉ  
SOMATICKE, FYZIOLOGICKÉ  
A PSYCHOLOGICKÉ FAKTORY

KATEŘINA STRAŠILOVÁ  
PETR VAJDA

MASARYKOVA  
UNIVERZITA



# VLIV SILOVÉHO TRÉNINKU NA DĚTSKÝ ORGANISMUS

---

VLIV NA VYBRANÉ  
SOMATICKÉ, FYZIOLOGICKÉ  
A PSYCHOLOGICKÉ FAKTORY

KATEŘINA STRAŠILOVÁ  
PETR VAJDA

**MUNI**  
PRESS



# VLIV SILOVÉHO TRÉNINKU NA DĚTSKÝ ORGANISMUS

---

## VLIV NA VYBRANÉ SOMATICKÉ, FYZIOLOGICKÉ A PSYCHOLOGICKÉ FAKTORY

KATEŘINA STRAŠILOVÁ  
PETR VAJDA



## **Autoři:**

Mgr. Bc. Kateřina Stražilová (kap. Silový trénink dětí, Vývojová specifika dětí, Somatické faktory, Fyziologické faktory)

PhDr. Mgr. Petr Vajda, Ph.D. (kap. Psychické faktory)

## **Knihu recenzovali:**

Mgr. Radka Mariánková, DiS

doc. Mgr. Adrián Agricola, Ph.D.



CC BY-NC-ND 4.0

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0

© 2024 Masarykova univerzita

ISBN 978-80-280-0624-2

<https://doi.org/10.5817/CZ.MUNI.M280-0624-2024>

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>Silový trénink dětí</b>	<b>9</b>
<b>Základní aspekty silového tréninku a základní terminologie</b>	<b>11</b>
Druhy svalových akcí	12
Metody rozvoje síly a jejich vhodnost pro silový trénink dětí a mládeže	14
Tréninkové principy a základní parametry silového tréninku	22
Rozcvičení	29
Testování maximální síly	30
Kdy je možné se silovým tréninkem začít?	33
Tréninková doporučení	33
LITERATURA	36
<b>Vývojová specifika dětí</b>	<b>41</b>
<b>Ontogenetický vývoj dítěte</b>	<b>41</b>
Předškolní věk (3–6 let)	41
Mladší školní věk (6–10 let)	42
Starší školní věk (10–15 let)	43
Adolescence (14–18 let)	49
<b>Chronologický versus biologický věk</b>	<b>49</b>
<b>Specifika tělesného vývoje dětí</b>	<b>51</b>
Muskuloskeletální systém	51
Nervový systém	53
Endokrinní systém	53
Kardiovaskulární systém	54
Respirační systém	55
<b>Rozvoj pohybových schopností v kontextu tělesného vývoje dítěte</b>	<b>55</b>
LITERATURA	63

<b>Somatické faktory</b>	<b>65</b>
<b>Vliv silového tréninku na tělesnou stavbu dětí a mladistvých</b>	<b>66</b>
Vliv silového tréninku na rozvoj svalové hmoty	66
Omezení tělesného růstu	67
Vliv silového tréninku na kostní tkáň	68
Vliv silového tréninku na šlachový aparát	70
Vliv silového tréninku na redukci dětské nadváhy a obezity	71
LITERATURA	76
<b>Fyziologické faktory</b>	<b>80</b>
<b>Fyziologické determinanty ovlivňující maximální silový výkon</b>	<b>80</b>
Typy svalových vláken	80
Specifika dětské zátěžové fyziologie	81
Metabolismus	81
Kardiovaskulární systém	84
<b>Vliv silového tréninku na kardiovaskulární systém</b>	<b>84</b>
<b>Vliv silového tréninku na metabolismus</b>	<b>85</b>
<b>Vliv silového tréninku na neuromuskulární systém</b>	<b>86</b>
<b>Vliv délky odpočinku na silový výkon, vznik únavy a rychlost regenerace u dětí<sup>3</sup></b>	<b>88</b>
LITERATURA	99
<b>Psychické faktory</b>	<b>102</b>
<b>Dětský silový trénink z celoživotní perspektivy</b>	<b>102</b>
<b>Silový trénink a duševní zdraví</b>	<b>104</b>
<b>Vliv silového tréninku na různé koncepty Jáství</b>	<b>105</b>
LITERATURA	110

# ÚVOD

V kontextu světové literatury je už dnes silový trénink dětí vnímán nejen jako běžná součást dětských sportovních a pohybových aktivit, ale mnohdy jako nezbytná součást sportovní přípravy mladého sportovce. Hlavním důvodem je vysoké množství benefitů, které s sebou může tento typ pohybové aktivity přinášet. To se netýká jen dětí participujících ve výkonnostním a závodním sportu, ale všech dětí zapojených do pohybové aktivity na všech úrovních.

I v České republice se již můžeme setkat s názorem, že silový trénink nemusí být pro děti nebezpečný a že je možné jej na děti aplikovat. Avšak vnímání silového tréninku dětí u nás a v zahraničí je často odlišné. Zatímco u nás je silový trénink dětí často vnímán pouze jako široké spektrum tréninkových prostředků a metod rozvíjející především silovou vytrvalost formou kruhových a intervalových tréninků s využitím váhy vlastního těla, elastických expandérů, medicinbalů apod. či úpolových a obratnostních cvičení, ve světové literatuře je chápání silového tréninku dětí více komplexní a zahrnuje také rozvoj svalové a výbušné síly.

V tomto kontextu jsou do silového tréninku dětí řazeny tréninkové metody s využitím váhy vlastního těla,

medicinbalů či elastických expandérů, ale také volných vah (chápejme jako činky, kettlebells, dlouhé osy atd.), posilovacích strojů či jiných typů přidaného odporu.

Tato publikace pracuje s problematikou silového tréninku dětí jakožto nástroje nejen pro rozvoj silové vytrvalosti, ale tréninkovou metodou zaměřenou na rozvoj svalové síly a výbušnosti. Jejím cílem je proto zhodnocení vlivu silového tréninku na dětský organismus primárně z hlediska rozvoje síly a silové výbušnosti.

# SILOVÝ TRÉNINK DĚTÍ

Spojení silového tréninku a dětí bylo dlouhá léta považováno za něco nepatřičného či nevhodného. Velmi často jsme se mohli setkat s názorem, že silový trénink je pro děti nebezpečný a že posilování s přidáním odporu může být pro děti nejen škodlivé, ale také, že je pro ně neefektivní z důvodu nízké hladiny testosteronu v jejich těle (Faigenbaum et al., 2020). Bohužel i dnes se ještě můžeme setkat s názorem, že posilování (jinak než s vlastní váhou) je pro děti, které ještě neprošly pubertou nebo nedokončily svůj tělesný růst, rizikové či neefektivní. Nicméně opak může být pravdou. Dětský silový trénink se v souladu s výsledky mnoha výzkumných studií a doporučení velkých světových zdravotnických a kondičních organizací v posledních desetiletích stává stále více populárním (Faigenbaum et al., 2011, 2020). Ve světě je již běžné, že sportovní a fitness centra nabízejí specializované silové programy pro děti a mladistvé (Faigenbaum et al., 2020; Faigenbaum & McFarland, 2016a) a silová příprava se stává nezbytnou součástí tréninkových plánů mladých sportovců ve stále větším množství sportovních specializací (Faigenbaum et al., 2011).

Avšak aby silový trénink mohl být dětem prospěšný a nést s sebou veškeré benefity, je nezbytné, aby u tréninku byli přítomni vyškolení profesionálové, kteří rozumějí fyziologickým i psychickým

odlišnostem dětí a znají jejich vývojová specifika (G. Haff et al., 2016a).

Nezbytná je také znalost principů a pravidel silového tréninku dětí, dovednost efektivní komunikace a znalost vhodné pedagogické strategie, které umožní dětem maximalizovat prožitek z tréninku, rozvíjí jejich socializaci a zájem o pravidelnou pohybovou aktivitu. Každý dobrý trenér musí proto umět k dítěti přistupovat individuálně a znát široké spektrum pedagogických a učebních stylů (Faigenbaum & McFarland, 2016a). Dnes již mnoho odborníků věří, že silový trénink by měl být jedním ze základních pilířů tréninkového plánu každého mladého sportovce, bez ohledu na jeho sportovní specializaci, výkonnostní úroveň či věk. Na každého sportovce je však třeba nahlížet individuálně a tréninkový plán mu sestavovat na míru (s ohledem na jeho věk, pohlaví, sportovní specializaci, tréninkové cíle, trénovanost, sportovní historii atd.) (Faigenbaum et al., 2020).

Odborníci v oblasti kondiční a silové přípravy dětí vyzývají k zapojení dětí do silových programů vedených profesionály z důvodu zvýšení svalové a výbušné síly, podpory rozvoje zdraví, sportovní výkonnosti a správného tělesného vývoje (Faigenbaum et al., 2020). Upozorňují, že silový (odporový) trénink není jen bezpečná a účinná metoda pro rozvoj svalové a výbušné síly,

svalové vytrvalosti (Benjamin & Glow, 2003; Faigenbaum et al., 2003a, 2008; Guy & Micheli, 2001a; Hernandez et al., 2020; Malina, 2006; Ratel, 2011) a prostředek pro zlepšení sportovního výkonu mladých sportovců (Faigenbaum & McFarland, 2016b), ale přináší také mnoho dalších výhod. Silový trénink v rozmezí 2–3 tréninkových jednotek za týden může u dětí zvýšit kostní hustotu a ovlivnit složení těla (Faigenbaum et al., 2003a; Kim, 2010; McGuigan et al., 2009; Shaibi et al., 2006), ovlivnit lipidový profil krve či podpořit snížení krevního tlaku (Kim, 2010; Shaibi et al., 2006). Dalším nesporným benefitem silového tréninku je snížení rizika vzniku zranění při jiných sportovních a rekreačních činnostech (Council on Sports Medicine and Fitness, 2008; Faigenbaum et al., 2003a; Zatsiorsky & Kraemer, 2006). Dobře navržené silové programy, jenž obsahují dostatečné a vhodné zahřátí, správnou techniku provádění, postupné navyšování velikosti odporu, dohled kvalifikovaným odborníkem atd., mohou mladé sportovce naučit celoživotnímu sportovnímu návyku, posílit pozitivní postoj ke sportu (Zatsiorsky & Kraemer, 2006) a mají pozitivní vliv na dětskou psychiku, zejména na jejich self-confidence (sebevědomí) and self-efficacy (sebedůvěra) (Schranz et al., 2013).

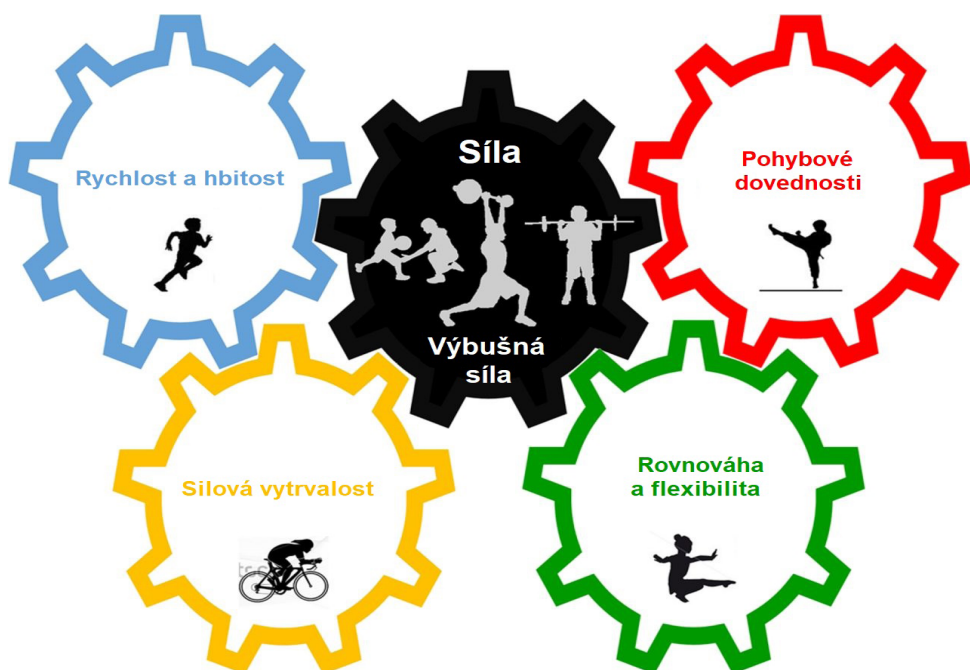
Již při pohledu na malé děti na dětském hřišti můžeme pozorovat, že dovednosti, jako jsou přitáhnout se či od-tlačení se, zdvih břemene či skok, jsou

pro dítě běžnou součástí mnoha her a základních pohybových dovedností. Jejich zvládnutí je pro dítě nezbytné k tomu, aby bylo schopné se do hry zapojit a užít si ji bez jakýchkoli omezení (Faigenbaum et al., 2020).

Zvýšení svalové síly a výbušné síly již v raném věku dítěte je považováno za základní stavební kámen zdravého životního stylu (Faigenbaum et al., 2020). V dnešní době je již v mnoha zemích rozvoj síly zařazován do národních standardů a doporučení pro zdravý vývoj dítěte (Society of Health and Physical Educators, 2014; World Health Organization, 2010). Včasný a důkladný rozvoj silových schopností je obzvláště důležitý v kontextu vývoje moderního sportu, který se stává stále více populárním a v mnoha ohledech klade čím dál tím vyšší nároky na mladého sportovce (Benjamin & Glow, 2003).

Silový trénink dětí je charakterizován jako soubor speciálních metod kondiční přípravy, při nichž je sportovec vystavován vnějšímu odporu různé velikosti za účelem rozvoje svalové síly, zdraví, zvýšení kondice a celkové výkonnosti mladého sportovce (G. Haff et al., 2016a). Pro potřeby vytvoření vnějšího odporu jsou využívány posilovací stroje a volné váhy, váha vlastního těla nebo další tréninkové pomůcky, jako jsou elastické expandéry, medicinbaly apod. (Benjamin & Glow, 2003). Se základní terminologií využívanou v kontextu silového tréninku se v této knize můžete seznámit v tabulce 1.





**Obrázek 1** Vztah síly, výbušné síly a dalších složek sportovního výkonu

Pozn.: Upraveno s povolením vydavatele z anglického originálu: (Faigenbaum et al., 2016).

## Základní aspekty silového tréninku a základní terminologie

Fyziologická adaptace na silový trénink probíhá ve dvou základních úrovních, neurologické, nebo morfologické (Bompa & Buzzichelli, 2019). Z morfologického hlediska se jedná o změny ve svalové a kostní tkáni a šlachovém aparátu (Legerlotz et al., 2016). V první fázi silového tréninku (prvních cca 6–20 týdnů v závislosti na typu tréninku – v případě komplexních cviků je

doba potřebná pro neuromotorickou adaptaci delší) je rozvoj síly podmíněn převážně neurologickými faktory, avšak z dlouhodobého hlediska se limitujícími stávají spíše faktory morfologické (Bompa & Buzzichelli, 2019). U dětí před nástupem puberty hrají při rozvoji svalové síly primární roli neurologické adaptace (Behm et al., 2008; Legerlotz et al., 2016).

Zdá se, že z hlediska neurologické adaptace může vlivem silového tréninku u dětí a mladistvých docházet ke zvýšení velikosti a rychlosti aktivace nervosvalového přenosu, což může pozitivním způsobem ovlivnit rychlost a velikost produkce síly (Legerlotz et al., 2016).

**Tabulka 1** Základní terminologie silového tréninku

<b>Svalová síla</b>	Schopnost kosterního svalu generovat sílu, která je nezbytnou součástí naprosté většiny sportovních výkonů (Rowland, 2015).
<b>Silový trénink</b>	Silový (odporový) trénink je specifická složka kondiční přípravy, která zahrnuje progresivní využití širokého spektra tréninkových metod využívajících přidaného vnějšího odporu pro zlepšení zdraví, kondice a sportovního výkonu (Lloyd et al., 2014).
<b>Vzpírání a powerlifting</b>	Závodní sporty, jejichž cílem je překonat co největší vnější odpor při definovaných cvicích. Typický je trénink ve velmi vysokých intenzitách (Benjamin & Glow, 2003; Council on Sports Medicine and Fitness, 2008).
<b>Dětství</b>	Fáze života člověka před nástupem sekundárních pohlavních znaků (Faigenbaum, 2001).
<b>Adolescence (dospívání)</b>	Fáze života člověka mezi dětstvím a dospělostí (Faigenbaum, 2001).
<b>1RM (jedno opakovací maximum)</b>	Prezentuje velikost vnějšího odporu, kterou je sportovec schopný překonat právě jedenkrát (Council on Sports Medicine and Fitness, 2008; Rowland, 2015).

## Druhy svalových akcí

Rozlišujeme dva základní druhy svalových akcí, často označovaných nepřesným výrazem „kontrakce“ (Grasgruber & Cacek, 2008), a to akce **izometrické** (statické) a **dynamické**. Při izometrické akci nedochází ke změně délky svalu. Mění se pouze jeho napětí.

Dynamické svalové akce můžeme dále dělit na akce **koncentrické** a **excentrické**. Koncentrická svalová akce je charakteristická zkrácením svalového bříška při překonávání zátěže. Jejím opakem je akce excentrická, při které dochází k prodloužení svalového bříška (Grasgruber & Cacek, 2008; Kravitz & Bubbico, 2015). Speciálním typem dynamických svalových akcí je akce **izotonická**, při které se mění délka svalu, ale jeho napětí

zůstává přibližně stejné po celou dobu trvání (Grasgruber & Cacek, 2008).

V zahraniční literatuře se dále můžeme setkat s dělením síly v kontextu zacílení silového tréninku (dělení síly podle toho, čeho chceme tréninkem dosáhnout). Níže uvádím dělení síly dle Bompa a Buzzichelli (2019):

**Obecná síla** (z angl. orig. general strength) – Obecná síla reprezentuje sílu svalového systému jakožto komplex síly celého těla. Pro dosažení vysoké úrovně sportovního výkonu je nezbytné dosáhnout vysoké úrovně obecné síly všech svalových partií, a nejen specifických svalových partií důležitých pro danou sportovní disciplínu.

**Specifická síla** (z angl. orig. specific strength) – Specifická síla reprezentuje úroveň síly ve specifických pohybových

vzorcích klíčových pro danou sportovní disciplínu.

**Výbušná síla** (z angl. orig. power) – Výbušná síla je schopnost generovat vysokou sílu v krátkém časovém úseku nebo při rychlém provedení pohybu. Vysoká úroveň výbušné síly je nezbytná pro atletické disciplíny a většinu týmových a raketových sportů.

**Maximální síla** (z angl. orig. maximum strength) – Maximální síla reprezentuje nejvyšší dosaženou úroveň neuro-muskulárního systému, kterou je sportovec schopný generovat v průběhu jednorázové svalové akce. V silovém tréninku je tato hodnota demonstrována velikostí odporu, kterou je sportovec schopný přemístit právě jedenkrát.

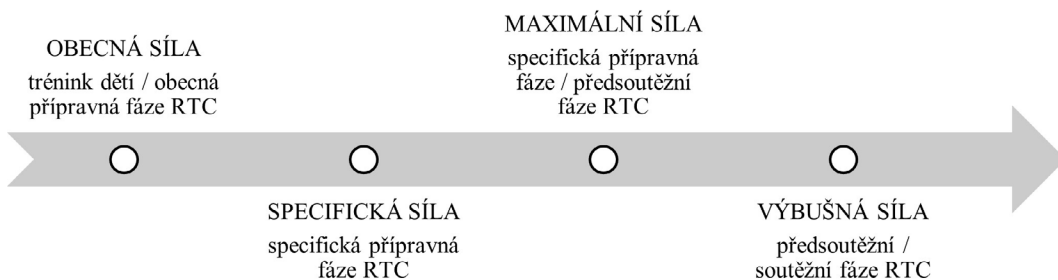
**Silová vytrvalost** (z angl. orig. muscle endurance) – Je schopnost neuro-muskulárního systému produkovat sílu

opakovaně po dlouhou dobu. Celkový počet opakování s odpovídajícím výkonem vypovídá o úrovni silové vytrvalosti ( $\leq 50\%$  1RM).

**Absolutní síla** (z angl. orig. absolute strength) – Absolutní síla představuje maximální velikost vnějšího odporu, kterou je sportovec schopný překonat bez ohledu na jeho tělesnou hmotnost. Absolutní síla je prezentována hodnotou 1RM.

**Relativní síla** (z angl. orig. relative strength) – Relativní síla vyjadřuje poměr mezi absolutní silou sportovce a jeho tělesnou hmotností.

Z hlediska bezpečnosti a efektivnosti tréninku má rozvoj každé z výše zmíněných typů síly svoje místo v rámci ročního tréninkového cyklu. Jejich návaznost můžete vidět v obrázku 2.



**Obrázek 2** Posloupnost rozvoje silových schopností v kontextu obecného modelu RTC (ročního tréninkového cyklu)

## Metody rozvoje síly a jejich vhodnost pro silový trénink dětí a mládeže

Vhodný výběr metody rozvoje síly je jedním z klíčových parametrů pro zlepšení fyzické kondice, silového výkonu a rozvoje celkového zdraví. Existuje více možných klasifikací metod rozvoje síly, avšak pro potřeby tohoto textu uvádím klasifikaci dle Zahradníka a Korvase (2017), pro kterou jsou hlavními kritérii velikost překonávaného odporu a rychlost prováděného pohybu.

### Metody s maximálním odporem

Tréninkové metody využívající maximálního odporu kladou vysoké nároky na neuromuskulární systém a jsou velmi náročné pro udržení správné techniky provádění. Z hlediska prevence vzniku zranění proto nejsou vhodnou metodou pro rozvoj síly u dětí a začátečníků.

Příležitostné využití maximálních odporů v dětském věku je možné v rámci striktně hlídaných výzkumných podmínek nebo u dětí s dlouhou zkušeností se silovým tréninkem a kvalitní technikou provádění, zpravidla pro potřeby testování maximální síly (Strašilová, 2016).

Do této kategorie dle Zahradníka a Korvase (2017) řadíme **metodu**

**maximálních úsilí** a **metodu brzdivou**, pro které je charakteristická maximální až nad-maximální velikost zátěže, pomalá rychlost provádění a 1–3 opakování v sérii. Grasgruber a Cacek (2008) ještě uvádí **metodu kontrastní**, jejímž základním principem je kombinace vysokého odporu s pomalým pohybem provádění a nízkého či žádného přidaného odporu s maximální rychlostí provádění.

V důsledku kombinace maximálních odporů a vysoké rychlosti provádění klade tato metoda extrémní požadavky na sportovce. Její využití proto není u dětí vhodné.

### Metody s nemaximálním odporem a maximální rychlostí provádění pohybu

Využití těchto metod má v silové přípravě dětí svoji opodstatněnou roli, hlavně pak u všech sportů vyžadujících rychlé generování síly obsahující rychlé změny směru či doskoky. Je však důležité si uvědomit, že využití těchto metod vyžaduje vysokou úroveň obecné síly a stabilní pohybové vzorce. V důsledku rychlého provedení pohybu s nesprávnou technikou či při nedostatečné silové vybavenosti dítěte by mohlo dojít ke zranění mladého sportovce.

Řadíme sem **metodu rychlostní** a **metodu plyometrickou**. Metoda rychlostní je založena na překonávání nízkého odporu maximální možnou rychlostí

s relativně nízkým počtem opakování v sérii (3–8 opakování). Plyometrická metoda je založena na principu protažení a následného zkrácení svalu. Z hlediska velikosti odporu je zpravidla využívána váha vlastního těla při 2–5 opakováních v sérii (Zahradník & Korvas, 2012).

Grasgruber a Cacek (2008) dále hovoří o **rychlostně-silové metodě**, kterou charakterizují velikostí přidaného odporu v rozmezí 50–70 % osobního maxima výbušné síly pro daný cvik.

Rychlost pohybu je vysoká – maximální při 5–30 opakováních v sérii. Autoři uvádí, že při využití vyššího přidaného odporu klesá rychlost provádění. Typickým příkladem této metody jsou vzpěračská cvičení.

Využití rychlostně-silové metody je pro potřebu tréninku dětí a mládeže možné. Je však třeba dbát zvýšeného důrazu na dodržování správné techniky provádění z hlediska prevence vzniku zranění.

### **Metody s nemaximálním odporem a nemaximální rychlostí provádění pohybu**

Metody s nemaximálním odporem a nemaximální rychlostí provádění pohybu by u dětí měly tvořit největší část silové přípravy a její základ. Tyto metody díky své relativně nízké náročnosti a vysoké stálosti vnějších podmínek poskytují ideální prostor pro nácvik správné techniky provádění, obzvláště pak v prvních

fázích silové přípravy dětí a mládeže. Jejich využití je nezbytné pro rozvoj obecné a specifické síly a vytvoření stavebního pilíře pro rozvoj výbušné a maximální síly.

Základním stavebním kamenem této skupiny metod je **trénink s váhou vlastního těla**. Trénink s váhou vlastního těla by měl tvořit nezbytnou součást plánu každého mladého sportovce, jehož cílem by mělo být vytvoření kvalitního silového základu a nácvik správné techniky.

Mezi hlavní benefity posilování s váhou vlastního těla patří:

- stálost antropometrických ukazatelů, které jsou vytvořeny „na míru“ každému sportovci,
- uzavřené kinematické řetězce s vícekloubovým zapojením,
- aktivace více svalových skupin najednou,
- zvýšené požadavky na kontrolu celého těla,
- rozvoj relativní síly,
- nízká ekonomická náročnost,
- možnost provádět trénink téměř kdekoli bez dalšího potřebného tréninkového vybavení (Harrison, 2010).

Do této skupiny metod dále řadíme **metodu opakovaných úsilí** (typicky 8–12 opakování s relativně pomalou rychlostí provádění). Největší nárůst síly byl zaznamenán při velikosti přidaného odporu okolo 80 % maxima. Dále sem patří **metoda intermediární** (založená na střídání statické a dynamické svalové

akce) a **metoda silově vytrvalostní** (překonávání nízkých odporů relativně malou rychlostí při více jak 15 opakováních v sérii) (Zahradník & Korvas, 2012).

Pro rozvoj svalové síly u dětí by se do této skupiny metod daly zařadit také

úpolové hry a cvičení ve ztížených podmínkách (běh ve vodě či pístu, tažení partnera atd.) (Kučera et al., 2011).

Přehled metod vhodných pro silový trénink dětí a jejich základní benefit naleznete v obrázku 3.

<b>METODY SILOVÉHO TRÉNINKU DĚTÍ A MLÁDEŽE</b> <b>(přehled vhodných metod a jejich využití)</b>		
<p><b>Metody s maximálním odporem a nemaximální rychlostí provádění</b></p> <p>U dětí nezařazujeme nebo jen výjimečně, zpravidla pro potřebu testování 1RM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Metoda maximálních úsilí</li> <li>•Metoda brzdivá</li> <li>•Metoda kontrastní</li> </ul>	<p><b>Metody s nemaximálním odporem a nemaximální rychlostí provádění</b></p> <p>Základní stavební kámen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Posilování s váhou vlastního těla</li> <li>•Základ silového tréninku a nácvik techniky</li> <li>•Metoda silově vytrvalostní</li> <li>•Nácvik a stabilizace správné techniky provádění, silová vytrvalost</li> <li>•Metoda opakovaných úsilí</li> <li>•Rozvoj svalové síly</li> </ul>	<p><b>Metody s nemaximálním odporem a maximální rychlostí provádění</b></p> <p>Esenciální pro sporty využívající rychlé změny směru a doskoky</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Metoda rychlostní</li> <li>•Rozvoj rychlosti provádění</li> <li>•Metoda plyometrická</li> <li>•Výbušná síla</li> <li>•Metoda rychlostně-silová</li> <li>•Vzpěračská cvičení</li> </ul>

**Obrázek 3** Přehled metod rozvoje silových schopností a jejich místo v silovém tréninku dětí



Behringer et al. (2011) uvádí, že ačkoliv jsou objem a intenzita důležitými faktory při návrhu programů silového tréninku a předpokládá se, že ovlivňují výsledek ve smyslu získání síly, v jejich analýze nebyla nalezena žádná taková korelace. Nicméně, tento výsledek může být ovlivněn tím, že pouze 34 studií poskytlo dostatečná data pro výpočet průměrné intenzity (z celkových 42). Využití intenzity zátěže nižší než 60–80 % 1RM není výzkumníky příliš časté, jelikož pravděpodobnost, že takto koncipovaný silový trénink vyvolá požadovaný silový zisk, není příliš vysoká.

Nicméně některé výzkumy naznačují, že i nižší velikost odporu (již okolo 50 % 1RM) může vyvolat podobné, nebo dokonce lepší změny v celé řadě fyziologických, výkonnostních a zdravotních parametrů, než tradiční tréninky využívající 70 % 1RM (Weakley et al., 2023). Jako neúčinnější se jeví kombinace tradičního odporového tréninku a plyometrických cvičení, avšak tyto výsledky nebyly v analýze statisticky významné. Mezi omezení studie patří potenciální publikační zaujatost a nižší metodologická kvalita zahrnutých studií (Behringer et al., 2011).

## **Bezpečnost a rizika silového tréninku dětí a mládeže**

Ačkoli existuje stále se zvětšující množství odborných studií, které podávají pádný důkaz o bezpečnosti silového tréninku

pro děti a mladistvé, jsou k vidění i vědecké práce, které nad tímto typem tréninku vyjadřují znepokojení o jeho vhodnosti. Nejčastěji je tento typ tréninku mylně spojován se zraněním růstových chrupavek, které ještě nejsou plně osifikované (zkošťnatělé), a jsou proto náchylnější ke zranění (Faigenbaum et al., 2020).

V 70. a 80. letech minulého století vzniklo několik retrospektivních studií, které se zabývaly bezpečností silového tréninku pro děti. Tyto výzkumy hodnotily počet a závažnost zranění vzniklých v souvislosti s různými typy pohybové aktivity. Výsledkem bylo zjištění, že silový trénink v dětském věku s sebou nese zvýšené riziko vzniku zranění růstových chrupavek a celkově nízkou bezpečnost cvičení pro mladé sportovce. Avšak po opětovném přezkoumání záznamů se zjistilo, že převážná část těchto zranění byla způsobena v důsledku špatné techniky provádění, příliš vysokého tréninkového zatížení či absencí kvalifikovaného profesionála v tréninkové jednotce (Faigenbaum et al., 2011). Ačkoli ani takto vzniklá zranění není možná brát na lehkou váhu, novější výzkumy přinášejí mnoho důkazů o tom, že dobře vedený silový trénink nevystavuje děti vyššímu riziku zranění než jiné sportovní aktivity (George et al., 1989; Hamill, 1994). K tomuto názoru se přiklánějí i velké světové organizace, jako jsou American Academy of Pediatrics (americká asociace dětských lékařů) nebo National Strength and Conditioning Association

(národní asociace silového a kondičního tréninku USA), které vydávají svá vlastní prohlášení nejen o bezpečnosti silových programů pro děti a mládež.

Jejich doporučení obsahují pravidla a zásady pro zajištění bezpečnosti

a maximalizaci benefitů spojených se silovým tréninkem (Council on Sports Medicine and Fitness, 2008; Dahab & McCambridge, 2009; Lloyd, Faigenbaum, et al., 2014).

### Věděli jste, že?

Výskyt zranění při silovém tréninku je výrazně nižší než v jiných populárních sportech? Z výsledků analýzy výskytu úrazů, vzniklých v souvislosti se sportem dětí a mládeže školního věku po dobu jednoho roku, vyplynulo, že pouze 0,7 % případů je spojováno se silovým tréninkem. Nejčtenější výskyt zranění byl v americkém fotbalu (19 %), basketbalu (15 %) a fotbalu (2 %) (Faigenbaum 1996). Z hlediska relativní četnosti (počet sportovců versus počet zranění) byla nejvyšší incidence úrazů ve florbale (28 %), wrestlingu (16,5 %) a sportovní gymnastice (13 %). Vzpírání a silový trénink se řadily téměř na konec žebříčku (Zaricznyj et al., 1980).

V souvislosti se silovým tréninkem dětí a mládeže není třeba se obávat zvýšeného výskytu zranění. NSCA (National Strength and Conditioning Association) ve své analýze uvádí, že byly publikovány pouze 3 studie, které popisují výskyt poranění u dětí související s odporovým tréninkem. Ve všech případech se jednalo o relativně nezávažná zranění, jejichž následky odezněly nejpozději do jednoho týdne po jejich vzniku (Faigenbaum et al., 2009). Velkým strašákem v tomto kontextu zůstává poranění růstových chrupavek a omezení růstu u dětí. Ačkoli byly v průběhu minulého století zaznamenány nějaké případy těchto zranění, zpravidla se jednalo o případové studie (Faigenbaum et al., 2020). V doporučení NSCA je uvedeno, že většina z nich

byla způsobena nesprávnou technikou provádění jednotlivých cviků, nevhodně zvolenou velikostí odporu či absencí kvalifikovaných trenérů (Faigenbaum et al., 2009). Faigenbaum et al. (2020) uvádějí, že pokud jsou děti naučeny správné technice provádění a velikost odporu je volena na základě technické zdatnosti a vyspělosti dítěte, je možnost poranění růstových chrupavek minimální.

Mezi popisované příčiny vzniku zranění při silovém tréninku patří nebezpečné chování při tréninku, nevhodné používání náradí a pomůcek, nepřiměřený tréninkový program, nadměrná intenzita či velikost odporu, špatná technika provádění či nedostatečný/nekvalifikovaný dohled (Caine & Maffulli, 2005; Ratel, 2011). Nejčastějším rizikovým

faktorem jsou nehody při cvičení (zakopnutí o pomůcku) a špatná technika provádění či absence kvalifikovaného dohledu (McEntyre, 2018). Natažení svalů či šlach tvoří 40–70 % všech úrazů (Council on Sports Medicine and Fitness, 2008). Ve věkové kategorii 8–13 let tvoří až dvě třetiny všech zranění úrazy spojené s upuštěním pomůcek či skřípnutím končetin (Myer et al., 2009).

V souvislosti se špatnou technikou provádění se pak zpravidla nejedná o jednorázové úrazy, ale zdravotní komplikace vznikající z dlouhodobého, nevhodného přetěžování (McEntyre, 2018). Vnější síly, působící na mladé sportovce v některých sportech s vysokým vnějším zatížením, jako jsou ragby či sportovní gymnastika, jsou často výraznější (ať už z hlediska jejich velikosti či trvání) než ty, jež na děti působí v důsledku silového tréninku (Faigenbaum et al., 2020). Myer et al. (2009) dokonce uvádějí, že u dětí je nižší riziko vzniku kloubních a svalových zranění než u dospělých.

Ačkoli rizika vzniku zranění spojená se silovým tréninkem existují jako při jakékoli jiné sportovní aktivitě, při dodržení doporučení a pravidel není toto riziko o nic vyšší než u dospělých.

## **Benefity silového tréninku dětí a mládeže**

Zvýšení svalové síly a celkové kondice sportovce je první věc, která napadne

mnoho z nás, když se zeptáme na účel silového tréninku. V případě dětí se však často vyskytuje mylná představa, že u nich k nárůstu svalové síly nemůže dojít v důsledku nízké hladiny androgenních hormonů. Můžeme najít některé studie z konce minulého století, které tvrdí, že v důsledku silového tréninku nedochází u dětí k rozvoji svalové síly, potvrzují (Faigenbaum et al., 2020). U krátkodobých výzkumů může být problematické rozeznat, zda se jedná o efekt tréninku či přirozený výsledek růstu a zrání dětského organismu (Peltier et al., 2008). Pozdější výzkumy však ukazují, že opak je pravdou a že dřívější negativní výsledky byly často způsobeny nedostatečným tréninkovým stimulem (krátká doba trvání výzkumu, příliš nízký odpor) (Faigenbaum et al., 2020). Mnoho pozdějších studií prováděných s vyšší **tréninkovou intenzitou** (intensity) a **tréninkovým objemem** (volume) ukazuje, že k nárůstu síly dochází i u dětí a mladistvých, a to i před nástupem puberty (Faigenbaum et al., 2009, 2020; Peltier et al., 2008; Ratel, 2011; Rowland, 2015). Typickým rysem v prvních 2–3 měsících tréninku jsou u netrénovaných dětí přírůstky síly v řádu 30–40 % (Faigenbaum et al., 2020), avšak objevují se i studie popisující vyšší silový přírůstek. Faigenbaum et al. (1993) zaznamenali zvýšení síly o 64–87 % (8týdenní silová intervence aplikovaná na děti bez předchozí zkušenosti se silovým tréninkem). Podobně Kraemer a Fleck (2005) uvádějí, že pro krátkodobé programy

(8–20 týdnů) je typický přírůstek síly v rozmezí 30–50 %.

Rozvoj **svalové síly** před nástupem puberty je z velké části způsoben vlivem motorického učení (Zatsiorsky & Kraemer, 2014) a rozvojem neuro-motorických schopností (Malina, 2006; Rowland, 2015). Proto dívky a chlapci dosahují v tomto vývojovém období srovnatelných výsledků i silových přírůstků (Faigenbaum et al., 1996). Navíc je popisováno, že sportovci, kteří byli v dětství zapojeni do silových programů, jsou pravděpodobně schopni dosahovat vyšších silových přírůstků i v pozdějším věku (Faigenbaum et al., 2020). Silový trénink může také pozitivně ovlivňovat motorické řízení pohybu a koordinaci (Behm et al., 2008).

Mladí sportovci, kteří jsou zapojeni do silově-kondičních programů, zpravidla dosahují vyšší úrovně fyzické výkonnosti, která jim umožňuje optimalizovat **sportovní výkon**. Jsou pak schopni běžet rychleji, skákat výš či zvýšit rychlost tenisového podání. Avšak nezbytným předpokladem pro účinnost těchto programů je jejich pravidelná úprava dle individuálních potřeb, cílů a aktuální úrovně schopností mladého sportovce (Faigenbaum et al., 2016).

K provozování všech sportovních aktivit je nezbytná určitá úroveň schopnosti produkce a tlumení síly, a proto by silové programy měly být považovány za nezbytnou součást sportovní přípravy. Obzvláště pak v dnešní společnosti, kdy se úroveň pohybových schopností

a dovedností u dětí snižuje (Faigenbaum et al., 2016). Děti s nižší pohybovou gramotností se méně zapojují do organizované i spontánní pohybové činnosti, a mají tak méně příležitostí k rozvoji pohybových schopností a fyzické zdatnosti (Fransen et al., 2014). Z pohledu sportovního výkonu budou silnější sportovci připraveni lépe zvládat nové složitější pohyby, osvojovat si náročnou sportovní taktiku a odolávat náročným požadavkům dlouhodobého sportovního a soutěžního výkonu (Faigenbaum et al., 2016).

Silový trénink s sebou kromě rozvoje síly a sportovní výkonnosti přináší i mnoho dalších benefitů. Mezi velmi důležité patří **prevence vzniku zranění** při jiných sportovních aktivitách či případné **snížení míry závažnosti vzniklých zranění** (Faigenbaum et al., 2016). Velké opodstatnění má zařazení silových programů u sportů a sportovních disciplín přetěžujících některé svalové partie, jako jsou například plavání či fotbal. Významnou roli může hrát silový trénink také ve sportech, kdy je tělo zatěžováno výrazným vnějším odporem či v maximálním rozsahu pohybu (Dahab & McCambridge, 2009).

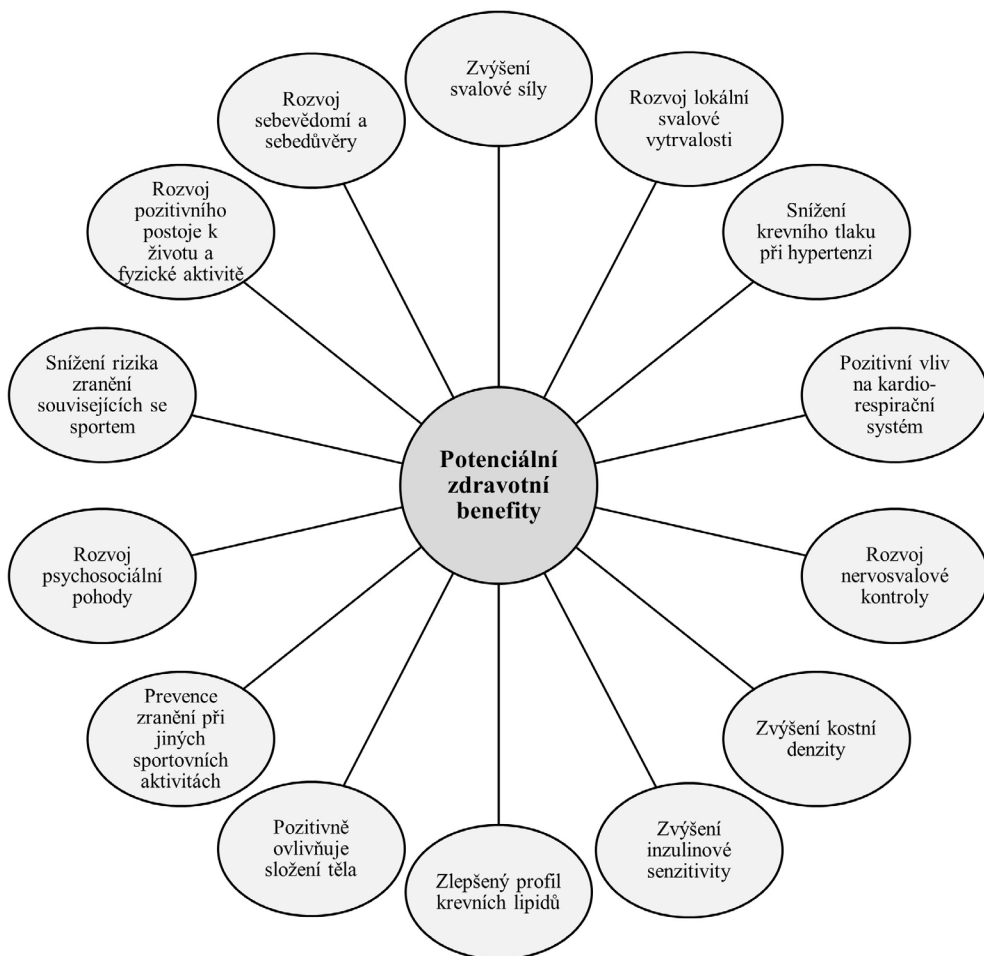
Pozitivním způsobem ovlivňuje silový trénink také **kostní denzitu** (Council on Sports Medicine and Fitness, 2008; Ignjatović et al., 2009). Faigenbaum a kol. (2020) uvádějí, že zařazení silového tréninku v dětství je ideální příležitostí pro stimulaci kostní denzity. Dobře vedený silový trénink může mít naopak příznivé účinky na

**mineralizaci** kostní tkáně a její **růst** (Ignjatović et al., 2009) a působit jako prevence osteoporotických onemocnění v pozdějším věku (Heinonen et al., 2001; Peltier et al., 2008), hlavně pak u děvčat (vyšší výskyt osteoporózy v pozdějším věku než u mužů) (Faigenbaum, 2001).

Pozitivně ovlivňuje **složení těla** (dochází k nárůstu aktivní svalové hmoty), čímž napomáhá zvýšit energetický výdej během tréninku, navyšuje **bazální metabolismus** a pozitivně ovlivňuje **redukcii dětské nadváhy a obezity** (Council on Sports Medicine and Fitness, 2008;

Faigenbaum et al., 2020; Ignjatović et al., 2009). Změny v tělesné kompozici a tělesné hmotnosti, hladině lipidů v krvi, inzulinové senzitivitě a krevním tlaku mohou nepřímo ovlivnit kardio-respirační systém (Ignjatović et al., 2009).

Zařazení silového tréninku již v mladém věku pozitivně ovlivňuje **dlouhodobé zdraví** (long-term health), **well-being**, redukuje vznik **kardiovaskulárních obtíží** (Faigenbaum et al., 2020) a pozitivně působí na **mentální zdraví** sportovce (Council on Sports Medicine and Fitness, 2008).



**Obrázek 4** Potenciální benefity silového tréninku dětí a mládeže s nadváhou a obezitou

Důležitým aspektem silového tréninku je pozitivní přínos v oblasti **psychosociálního zdraví** dětí.

**Socializace a mentální disciplína**, pozorovaná u účastníků silových programů, je velmi podobná charakteristikám dětí účastnících se týmových sportů (Rians et al., 1987). Při správném vedení může silový trénink u dětí vytvářet **celoživotní pozitivní návyk** ke sportu a fyzické zdatnosti (Westcott et al., 1995).

Dřívější obavy spojené se zařazením silového tréninku u dětí byly často spojovány také s možným chronickým zvýšením krevního tlaku. Avšak ani pro toto tvrzení nebyly v moderních výzkumech nalezeny výsledky, které by jej podporovaly (Faigenbaum, 2001). Silový trénink se naopak jeví jako vhodná prevence pro snížení **klidového krevního tlaku** u mladých sportovců s hypertenzí. Pro tyto účely je nutné volit submaximální zátěž a dodržovat správné cvičební postupy (Hagberg et al., 1984).

Souhrn potenciálních zdravotních přínosů spojených se silovým tréninkem dětí je uveden v obrázku 4.

## Tréninkové principy a základní parametry silového tréninku

Vhodná manipulace s tréninkovými proměnnými je pro silový trénink dětí naprosto zásadní. A to jak z hlediska

bezpečnosti, tak jeho efektivity a potenciálních benefitů s touto činností spojených. Je velmi důležité, aby byl trenér schopný stanovit individuální a reálné cíle pro každého sportovce na základě jeho schopností, dovedností a aktuálního stupně trénovanosti (Faigenbaum et al., 2020).

## Obsah tréninkové jednotky a formy silového tréninku

Při výběru vhodných cvičení musí trenér přihlížet nejen k úrovni pohybových schopností a dovedností mladého sportovce, jeho tréninkové historii a zkušenosti se silovým tréninkem, ale brát v potaz také stupeň jeho fyzického vývoje a schopnost adekvátně reagovat na pokyny trenéra.

Z hlediska náplně tréninkové jednotky může trenér volit z širokého spektra tréninkových metod a forem. Pro dětský silový trénink je vhodné využívat posilování **s vlastní vahou**, cvičení **na strojích** i **s volnými vahami** nebo využívání různých typů posilovacích **pomůcek**, jako jsou gumové expandéry, medicinbaly či jiné typy přidaného odporu. Ačkoli má každý typ tréninku a tréninková pomůcka své výhody i nevýhody, je vhodné začít od cviků využívajících a rozvíjejících základní pohybové vzorce pouze s vlastní vahou či malým přidaným odporem (jaký vytváří například elastický expandér či technická osa) a následně přidaný odpor **postupně zvyšovat** (Faigenbaum et al., 2020).



Výhodou cvičení s vlastní váhou je, že stimuluje koordinaci a vyžaduje vysokou kontrolu pohybu ze strany sportovce, čímž rozvíjí rovnováhu a stabilitu středu těla při nízkém vnějším odporu. Úroveň síly a stability středu těla je v mnohých sportovních disciplínách klíčovým faktorem a může výrazně ovlivnit sportovní výkonnost.

Zvláštní opodstatnění má využití cvičení s vlastní váhou, expandéry, medicínybaly či posilovacími stroji u dětí s nižší úrovní svalové síly a nižší pohybovou kompetencí z důvodu možnosti volby relativně nízkého odporu (Faigenbaum et al., 2020).

Při využití posilovacích strojů je tréninkový odpor vytvářen vnějším zařízením s omezenou možností pohybu provádění.

Posilovací stroje tak často kladou nižší či téměř nulové nároky na stabilizaci, řízení a kontrolu pohybu sportovcem, což může usnadnit práci začínajícímu sportovci, jehož silové kompetence nejsou ještě plně rozvinuty (Dahab & McCambridge, 2009; Stone et al., 2007). Výhodou to může být u dětí mladšího školního věku, kdy ještě není plně rozvinuta koordinace a rovnováha (Dahab & McCambridge, 2009). Do této kategorie řadíme různé typy kladkových či pákových strojů, elektricky brzděná zařízení či různé typy tréninkových trenažérů. Nevýhodami posilovacích strojů jsou nízká variabilita a omezené množství cviků, které je možné provádět na jednom stroji, což

zvyšuje materiální náročnost tréninkového procesu (Stone et al., 2007). Další nevýhodou může být, že menším dětem nemusí stroje konstruované pro dospělého člověka vždy vyhovovat svými rozměry. Pokud by použití takto konstruovaného stroje znamenalo úpravu techniky provádění, není vhodné jej používat (Kraemer et al., 1989).

Mezi vhodné formy silového tréninku, které je možné využít pro rozvoj svalové síly u dětí dále patří kruhový trénink, intervalový trénink, funkční trénink či metoda souběžného tréninku, která je kombinací silových a vytrvalostních cvičení (Schlegel, 2020). Kruhové tréninky jsou zpravidla strukturovány tak, aby poskytovaly vysoký objem práce v krátké době, často s poměrem práce a odpočinku 2 : 1, což je činí účinnými pro rozvoj kardiovaskulárních parametrů i svalové síly. Výběr cviků může být velmi rozmanitý a je koncipován do dílčích stanovišť, která svojí návazností tvoří kruhové uspořádání. Rozmanitost cvičení v kruhovém tréninku zajišťuje, že tréninky zůstanou poutavé, a lze je upravit tak, aby vyhovovaly všem úrovním zdatnosti, od začátečníků až po pokročilé sportovce (Lawrence & Hope, 2015). Intervalový trénink využívá střídání období intenzivního / vysoce intenzivního cvičení s obdobím odpočinku nebo cvičením s nízkou intenzitou. Tzv. funkční trénink je charakteristický výběrem komplexních cviků, při kterých dochází k zapojení většího množství velkých

svalových skupin. Výběr cviků je takový, aby zpravidla docházelo k zapojení svalových skupiny celého těla v plném rozsahu pohybu. Velmi důležitým principem je přenos pohybových návyků do běžného života (Schlegel, 2020).

V pokročilých fázích tréninku je vhodné využívat také volné váhy (činky, osy...), které umožňují provádět pohyb v plném rozsahu. Sportovec kontroluje pohyb přidaného odporu, tj. jeho směr, rychlost a zodpovídá za jeho stabilizaci. Do kategorie volných vah řadíme využití tréninkových pomůcek vytvářejících přidaný odpor (různé druhy činek a závaží, variace os s kotouči, medicinbaly a jejich druhy, zátěžové vesty, vaky atd.) a cvičení s odporem vlastního těla<sup>1</sup>.

## Pořadí cviků

V případě dětského tréninku se zpravidla volí takové uspořádání tréninkové jednotky, aby v jejím průběhu došlo k procvičení všech velkých svalových partií. Do první části tréninkové jednotky je vhodné zařazovat komplexní vícekloubová cvičení, která vyžadují vyšší aktivitu neuromuskulárního systému (Balsamo et al., 2013). Podobně je tomu i s nácvikem nových cviků. Z hlediska rozvoje maximální a dynamické síly je vhodné zařadit tato cvičení také spíše na začátek tréninkové

jednotky z důvodu udržení správné techniky provádění a optimalizace tréninkového stimulu (Faigenbaum et al., 2020). Cviky, které do pohybu zapojují pouze jeden kloub či svalovou skupinu, je vhodné nechávat až na konec tréninkové jednotky a využívat je spíše jako doplňkové (President's Council on Physical Fitness & Sport, 2007).

## Tréninkový objem a intenzita cvičení

Tréninkový objem je jedním ze základních parametrů tréninkového procesu. Je třeba s ním kalkulovat jak při tvorbě dlouhodobého tréninkového plánu, tak při přípravě jedné tréninkové jednotky. Tréninkový objem představuje celkové množství vykonané práce (celkový počet tréninkových hodin v tréninkovém plánu nebo celkovou hmotnost překonaného odporu – například 2 série po 10 opakováních s 30 kg odpovídají celkem 600 kg překonaného odporu –  $2 \times 10 \times 30$  kg) (Bompa & Buzzichelli, 2019; Faigenbaum et al., 2020).

Tréninková intenzita je v silovém tréninku vyjádřena velikostí odporu (hmotností břemene), se kterou je cvik prováděn.

Tato hodnota je reprezentována procentuálním množstvím z celkového maxima pro daný cvik, tj. procentem z 1RM (z angl. originálu one repetitum maximum) (Bompa & Buzzichelli, 2019). Hodnota 1RM reprezentuje

<sup>1</sup> Některé odborné zdroje řadí trénink s odporem vlastního těla zvlášť, a rozdělují tak typy tréninkového odporu na volné váhy, posilovací stroje a trénink s odporem vlastního těla.

přidaný odpor o takové velikosti, se kterým je sportovec pro daný cvik schopný provést právě jedno opakování. Tabulka 2 uvádí vzájemný vztah mezi procentem 1RM a počtem opakování, kterého lze s tímto odporem dosáhnout.

**Tabulka 2** Vztah velikosti odporu a počtu opakování  
Pozn.: Data pocházejí z anglického originálu:  
(Bompa & Buzzichelli, 2019).

Procento z 1RM	Počet opakování
100	1
95	2
90	3
85	5
80	6
75	8–10
70	12–15
65	15–20
60	20–25
50	30–50

Hodnota 1RM reprezentuje přidaný odpor o takové velikosti, se kterým je sportovec pro daný cvik schopný provést právě jedno opakování. Tabulka 2 uvádí vzájemný vztah mezi procentem 1RM a počtem opakování, kterého lze s tímto odporem dosáhnout.

Někteří autoři však upozorňují, že tento model není u dětí a začínajících sportovců přesný, a doporučují stanovení vztahu maximální síly a použitého odporu pomocí upravených vzorců. Například Kravitz et al. (2003) navrhli vlastní upravený vzorec pro výpočet 1RM u dřepu:

$$1RM = 159,9 + (0,103 \times r \times l) + (-11,552 \times r)$$

$r$  = počet dosažených opakování s použitým odporem

$l$  = velikost použitého odporu

a bench-pressu:

$$1RM = 90,66 + (0,085 \times r \times l) + (-5,306 \times r)$$

$r$  = počet dosažených opakování s použitým odporem

$l$  = velikost použitého odporu

Další možností pro ověření velikosti aktuálního cvičebního odporu u dětí je například využití OMNI RPE škály, která dětem poskytuje pomůcku pro definování náročnosti cvičení (Robertson et al., 2008).

Pro efektivní rozvoj různých druhů síly je potřeba k velikosti odporu přiřadit vždy odpovídající počet opakování. Zatímco pro rozvoj maximální síly je nejvhodnější využívat velikost odporu  $\geq 80\%$  1RM, největších přírůstků ve svalové vytrvalosti dosáhneme při intenzitě zatížení 20–50 % 1RM. Podle Izquierdo et al. (2006) poskytuje cvičení podle procenta z 1RM lepší podmínky pro nárůst síly než cvičení do selhání. Na druhou stranu cvičení do selhání vede ke zvýšení lokální svalové vytrvalosti. Podrobný přehled intenzity silového tréninku a příslušného benefitu naleznete v obrázku 5.

Co se týče efektivity tréninku v kontextu rozvoje síly, Peitz et al. (2018) uvádí, že není zcela jasné, jaká velikost odporu je pro rozvoj síly u dětí nejvhodnější.

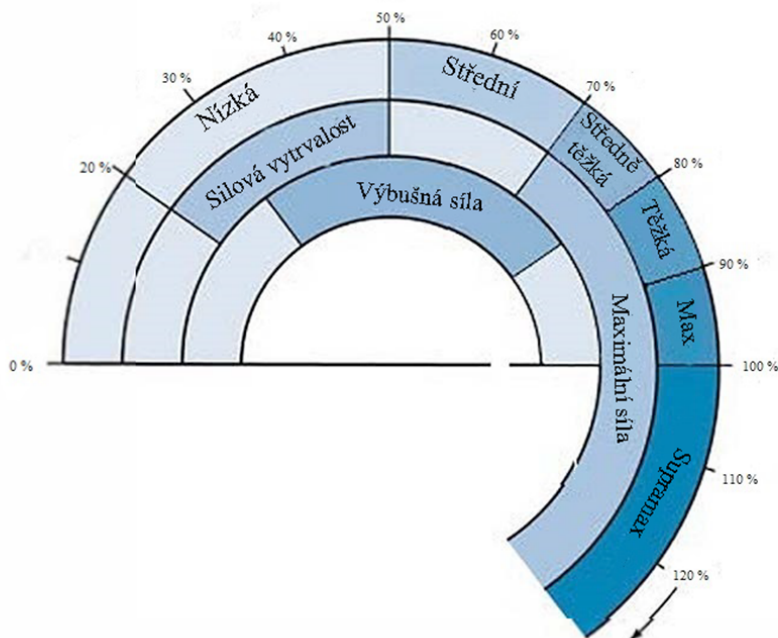
Příčinou je jistá nesourodost mezi studii.

## Věděli jste, že?

Někteří odborníci doporučují nepoužívat striktně počet opakování dle procenta 1RM, ale cvičit do selhání s velikostí odporu odpovídající určité zóně (například 1–3RM pro rozvoj maximální síly, 8–12RM pro stimulaci svalové hypertrofie atd.). Avšak trénink do selhání je v kontextu rozvoje maximální síly zpochybňován a nejeví se jako optimální metoda pro rozvoj maximální síly (Bompa & Buzzichelli, 2019).

Zatímco se objevují studie, které popisují vyšší nárůst svalové síly při aplikaci protokolů s nízkou intenzitou a vysokým počtem opakování, naproti

tomu se objevují i studie, které uvádí, že není výrazný rozdíl mezi protokoly využívající vysokého či nízkého odporu.



**Obrázek 5** Vztah velikosti odporu a stimulace různých typů síly

Pozn.: Upraveno s povolením vydavatele z anglického originálu: (Bompa & Buzzichelli, 2019).

## Rychlost provádění pohybu

Schopnost produkce síly a rychlosti provádění jsou vzájemně velice provázané.

Ačkoli k dosažení maximální možné rychlosti je zapotřebí vysoká úroveň silových schopností, je třeba si uvědomit, že člověk není schopen produkovat maximální rychlost a maximální sílu

**současně.** Pokud chce sportovec provést pohyb maximální možnou rychlostí, nemůže být zatížen maximálním odporem, a naopak pokud chce sportovec překonat maximální možný odpor, není možné jej překonat maximální silou. Tento princip je vysvětlen tzv. Hillovou křivkou (obrázek 6).

Zařazení tréninku maximální síly a explozivního tréninku má potenciál křivku ovlivnit. Výzkumy naznačují, že trénink maximální síly pozitivně ovlivní rychlost provádění při maximálním zatížení, zatímco explozivní trénink posouvá křivku ve smyslu schopnosti produkce síly při maximální rychlosti provádění (obrázek 7 a 8) (Bompa & Buzzichelli, 2019).

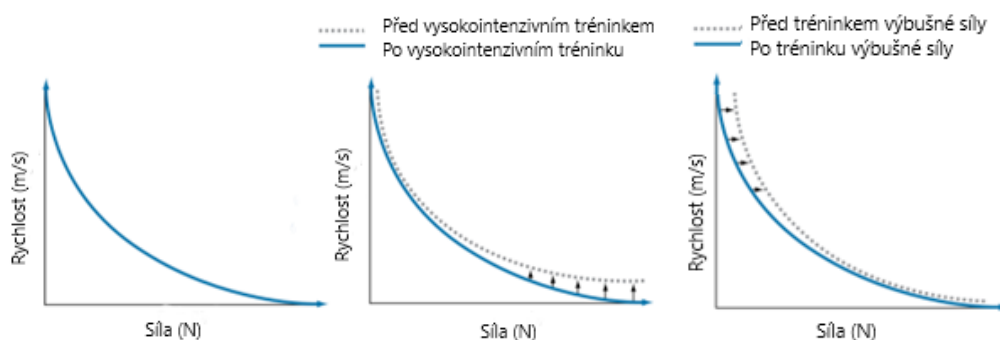
Z hlediska bezpečnosti mladých sportovců je třeba brát v úvahu, že s vyšší rychlostí pohybu se snižuje kontrola jeho provádění (Perič & Dovalil, 2010). Při **explozivním tréninku** je proto velice důležitá správná technika provádění a dostatečná silová vybavenost sportovce.

## Délka a charakter odpočinku<sup>2</sup>

Volba délky odpočinku mezi sériemi je závislá na mnoha faktorech, jako jsou:

- **Intenzita tréninku:** čím vyšší intenzita, tím delší interval odpočinku je potřeba pro dostatečnou regeneraci.
- **Tréninkový cíl:** čeho chceme v tréninkovém procesu dosáhnout.
- **Výkonnostní úroveň sportovce:** vrcholový sportovec je schopný zpravidla lépe odolávat únavě.
- **Stimulace energetického systému:** pro rozvoj různých energetických systémů je potřebná různá délka intervalu odpočinku (De Salles et al., 2009; Ratamess et al., 2007).

2 Informace v této kapitole vychází z již publikovaného článku: The Effects of Different Rest Interval Lengths on Acute Quarter-squat Performance in Female (Strašilová & Vajda, 2022).



**Obrázek 6, 7 a 8** Hillova křivka a teoretický účinek různých typů silového tréninku na její podobu  
Pozn.: Upraveno s povolením vydavatele z anglického originálu: (Bompa & Buzzichelli, 2019).

Výsledky metaanalýzy Rhea et al. (2002) prokázaly, že z hlediska efektivity stimulace rozvoje síly je účinnější využívat více sérií pro stejnou svalovou partii než jednotlivé série. V kontextu tohoto zjištění je délka intervalu odpočinku mezi sériemi velmi důležitým parametrem pro rozvoj síly.

Různé intervaly odpočinku mezi sériemi mohou vyvolat různé akutní reakce a chronické adaptace v neuromuskulárním a endokrinním systému (De Salles et al., 2009).

Délka odpočinku ovlivňuje mnoho fyziologických parametrů, jako jsou metabolická a hormonální odezva organismu, velikost produkce síly (Faigenbaum et al., 2008; Ratamess et al., 2007, 2012), výkon v následující sérii a účinnost silového tréninku při rozvoji svalové síly (Faigenbaum et al., 2008; Ratamess et al., 2012; Willardson, 2006), obnova energetických zdrojů (Willardson, 2006) či hladina kreatinkinázy po skončení tréninku (Ratamess et al., 2012).

V důsledku výše popsaného může délka odpočinku mezi sériemi výrazným způsobem ovlivnit silový výkon. Kraemer (1997) popisuje změny v počtu provedených opakování na leg-pressu a bench-pressu ve 3 po sobě jdoucích sériích s odporem o velikosti 10RM. Zatímco při 3minutovém intervalu odpočinku byli vrcholoví sportovci schopni provést 3× všech 10 opakování, při minutovém intervalu se jejich průměrný výkon v každé sérii snížil: 1. série =  $10,0 \pm 0,0$ ; 2. série =  $8,0 \pm 1,4$ ; 3. série

=  $7,1 \pm 3,5$  (Kraemer, 1997). Podobně hodnotili Miranda et al. (2007) vliv délky intervalu odpočinku u skupiny mužů praktikující silový trénink na rekreační úrovni alespoň 2 roky. Cílem studie bylo stanovit rozdíl mezi minutovým a 3minutovým intervalem při 3 sériích na úrovni 8RM. Výsledky ukázaly, že minutový interval odpočinku vedl ke snížené schopnosti produkce síly v následujících sériích u všech 6 vybraných cviků horních končetin, které byly ve studii použity. Výše popsaný trend byl viditelný i u skupiny 16 fyzicky aktivních mladých žen, u kterých došlo ke statisticky významnému poklesu počtu provedených opakování v 3. sérii při 2minutovém ( $9,38 \pm 1,54$ ;  $p = ,05$ ) a minutovém intervalu odpočinku ( $8,44 \pm 2,42$ ;  $p = ,003$ ).

V porovnání s jinými dříve publikovanými studiemi se však jednalo o výrazně nižší pokles výkonnosti (Strašilová & Vajda, 2022). Možným vysvětlením by mohla být studie porovnávající vliv délky intervalu odpočinku u mužů a žen. Výsledky ukázaly, že pokles produkce síly u mužů byl výrazně vyšší než u žen (výkon mužů při minutovém intervalu odpočinku: 1. série:  $10,0 \pm 0,0$  opakování, 2. série:  $7,1 \pm 2,3$  opakování, 3. série:  $4,0 \pm 1,7$  opakování; výkon žen: 1. série:  $10,0 \pm 0,0$  opakování, 2. série:  $9,3 \pm 1,4$  opakování, 3. série:  $7,7 \pm 3,0$  opakování) (Ratamess et al., 2012).

V tomto kontextu jsou zajímavé i výsledky Richmonda a Godarda (2004), kteří uvádějí, že ani 5minutový



interval odpočinku mezi sériemi není dostatečný pro provedení všech 10 opakování bench-pressu (75 % 1RM) v druhé sérii. Možným vysvětlením je skutečnost, že výzkum byl prováděn na vzorku zdravých sportovců na rekreační úrovni, a nikoli u profesionálních atletů.

Volba délky intervalu odpočinku je závislá nejen na akutní fyziologické odezvě organismu, ale také na tréninkovém cíli. Zatímco pro rozvoj síly, výbušné síly a pro vícekloubové cviky se doporučují intervaly s délkou minimálně 2–3 minuty, kratší intervaly (méně než 60–120 s) se doporučují pro rozvoj silové vytrvalosti (De Salles et al., 2009; Grgic et al., 2018; Ratamess et al., 2012)

a pro jednokloubové cviky (De Salles et al., 2009; Grgic et al., 2018; Ratamess et al., 2007).

Z hlediska typu odpočinku je obecně doporučované při silovém tréninku používat spíše aktivní odpočinek, a to z důvodu udržení optimálního stavu aktivace CNS pro další trénink. Někteří autoři doporučují zařazovat protahovací či lehká koordináční cvičení. Avšak moderní výzkumy ukazují, že využití protahovacích cvičení v době odpočinku mezi sériemi se jeví jako neefektivní, jelikož zařazování těchto cvičení vede ke snížení svalového napětí, což způsobuje snížení počtu opakování v další sérii (Perič & Dovalil, 2010).

### Věděli jste, že?

Dobře sestavený dynamický strečink může zvýšit sportovní výkon a předcházet vzniku zranění (Faigenbaum et al., 2020).

## Rozcvičení

Dlouho doporučovanou formou rozcvičení na začátku tréninkové jednotky byla kombinace aerobního cvičení s nízkou intenzitou a statického strečinku, obzvláště pak pro děti a seniory. Důvodem využití aerobní aktivity bylo zahřátí organismu. Statický strečink pak sloužil pro zvýšení flexibility, snížení svalové tenze (Anderson, 2000; Knudson et al., 2000), zvýšení výkonnosti a snížení rizika zranění (C.A. Smith, 1994).

Moderní výzkumy však vhodnost statického strečinku na začátku tréninkové jednotky zpochybňují (Bracko, 2002), obzvláště pak u rychlostních a silových sportů.

Využití statického strečinku před výkonem snižuje schopnost produkce síly o 5–30 % (Ratamess, 2012), čímž ovlivňuje hodnotu 1RM (Kokkonen et al., 1998). Snižuje rychlost běhu při krátkých sprintech (Fletcher & Jones, 2004), prodlužuje reakční dobu a rychlost pohybu (Behm et al., 2008) a negativně ovlivňuje výbušnou sílu (Jeffreys, 2006).

Rozcvičení by mělo obsahovat sérii specifických cviků, které splňují potřeby jak sportovce, tak sportovní činnosti samotné. Rozcvičení by mělo připravit sportovce na trénink nebo soutěž s přihlédnutím k fyziologickým, biomechanickým a technickým specifikům sportovní specializace.

Správně koncipované rozcvičení zahřívá organismus, aktivuje hlavní svalové skupiny, mobilizuje klouby, aktivuje neuromuskulární systém, zapojí sportovce do tréninkového procesu a rozvíjí pohybové dovednosti (Jeffreys, 2006).

Rozcvičení před silovým tréninkem by mělo trvat v rozmezí **5–10 minut**, které se skládá z **obecného zahřátí** (několik minut nízko-intenzivní aerobní aktivity, jako je například rozklusání) a **specifického rozcvičení** prostřednictvím **dynamického strečinku** (cviky, které připraví organismus pro nadcházející trénink) (Faigenbaum, 2001; Ratamess, 2012).

## Testování maximální síly

Ačkoli je silový trénink dětí a mládeže považován za bezpečný a vhodný i pro děti, které ještě neprošly pubertou, metody rozvoje síly využívající maximální velikost odporu nejsou pro takto malé děti běžně doporučované (viz kapitola Metody rozvoje síly a jejich vhodnost pro silový trénink dětí a mládeže). Otazníkem po dlouhou dobu zůstávalo

testování 1RM, které bylo často považováno za kontroverzní (Brown & Faigenbaum, 1998). Někteří odborníci se dokonce domnívali, že tento způsob testování může způsobit strukturální poškození pohybového systému (Faigenbaum et al., 2003a).

Důvodem byla v minulosti zaznamenaná poškození růstových chrupavek či jejich přilehlých struktur při tréninku s maximálním odporem (zranění byla nejčastěji spojena se špatnou technikou provádění či absencí kvalifikovaného odborníka, který na trénink dohlížel). Avšak studie provedené v průběhu posledních 30 let poukazují na skutečnost, že žádné případy poškození růstových chrupavek ve výzkumech, které používaly velikost odporu 1RM nebo testování maximální síly, nebyly zaznamenány (Faigenbaum et al., 1999, 2003a). Využití 1RM protokolu se jeví jako bezpečné i pro děti předpubertálního věku, avšak za velmi přísných bezpečnostních podmínek.

Musí se jednat o zdravé sportovce bez pohybového omezení, s velice dobrou a stabilní technikou provádění (Faigenbaum et al., 2003a). V takovém případě je možné pro testování 1RM dosáhnout velmi vysoké reliability 0,93–0,98 (6týdenní intervence, skupina 32 dívek a 64 chlapců ve věku 6,2–12,3 let) (Faigenbaum et al., 2003b).

Dle Americké pediatrické akademie je testování maximální síly považováno za validní a spolehlivý způsob měření síly a výkonu u dětí a adolescentů.

Test jednorázového maxima může být využit k posuzování maximální síly, k určení vhodné velikosti odporu i vyhodnocení efektivity tréninkového programu. Přestože dřívější stanoviska Americké pediatrické akademie nedoporučovala testování 1RM u skeletálně nezralých jedinců, dnešní výzkumy ukazují, že test 1RM je bezpečný a efektivní, pokud jsou dodrženy testovací

protokoly stanovené kvalifikovanými odborníky (Stricker et al., 2020).

Nicméně, je však důležité se zamyslet, zda je testování maximální síly u dětí předpubertálního a pubertálního věku pro jiné než výzkumné metody nezbytné a zda jej nejsme schopni nahradit nějakou méně technicky náročnou metodou testování síly.

### Věděli jste, že?

Testování maximální síly pomocí 1RM protokolu bylo použito ve výzkumné studii zahrnující 64 chlapců a 32 dívek ve věku 6,2–12,3 let. Během výzkumu nebyly zaznamenány žádné neobvyklé reakce a nikdo z účastníků neutrpěl jakékoli zranění. Závěrem studie je hodnocení, že testování maximální síly pomocí 1RM protokolu je možné i u dětí před nástupem puberty, avšak je třeba dodržovat přísná bezpečnostní opatření, dodržovat pokyny kvalifikovaného odborníka a bezpečně ovládat techniku provádění všech cviků. Pro zajištění bezpečnosti by mělo testování probíhat na posilovacích strojích, které usnadňují techniku provádění a řízení pohybu (Faigenbaum et al., 2003).

Alternativou k testování maximální síly pomocí 1RM protokolu je **test do selhání**, kdy sportovec provádí maximální možný počet opakování s předepsanou velikostí vnějšího odporu. Velikost odporu pro tyto účely se nejčastěji pohybuje v rozmezí předpokládaných 5–10RM (například trenér odhadne velikost odporu odpovídající předpokládané velikosti 8RM u svého svěřence a nechá jej provést maximální možný počet opakování s tímto břemenem až do té doby, kdy sportovec buď není schopný již provést další opakování,

nebo dojde k výraznému snížení rychlosti provádění) (Hoeger et al., 1990). Problémem tohoto typu testování může být vznik nepřesností při **dopočtu 1RM** z predikčních rovnic.

Dopočet předpokládaného maxima při testech do selhání je možné provést například pomocí vzorce LeSuer et al. (1997), kteří hodnotili kvalitu různých predikčních rovnic pro dopočet 1RM u skupiny 67 univerzitních studentů:

$$1RM = 100 \times l[48,8 + 53,8 \times e(-0,75 \times r)]$$

Kde

$l$  = velikost odporu pro námi testovaný počet opakování

$e$  = konstanta 2,7181

$r$  = dosažený počet opakování

Další možností stanovení maximální síly dopočtem je provedení testovacího protokolu na úrovni 6RM. Při tomto typu testování je postupně navyšována velikost odporu tak, až sportovec není schopen provést více než právě 6 opakování. Testovací protokol byl upraven na základě principů testování 1RM s přihlédnutím k vyšší bezpečnosti dětí. Průběh testovacího procesu je viditelný v tabulce 3.

Dohoney et al. (2002) porovnávali přesnost dopočtu 1RM z naměřeného odporu o velikosti 4–6RM a 7–10RM. Výsledky ukázaly, že dosažením hodnoty 4–6RM do predikční rovnice pro výpočet byla přesnějším ukazatelem 1RM než rovnice založená na hodnotě 7–10RM.

### **Tabulka 3** Testovací protokol 6RM

*Pozn.: Data pochází z anglického originálu: (Kraemer & Fleck, 2005b).*

<b>TESTOVACÍ PROTOKOL 6RM</b>
Dítě se rozcvičí pomocí 5–10 opakování s použitím 50 % předpokládaných 6RM.
Po minutě odpočinku provede 6 opakování s použitím 70 % předpokládaných 6RM.
Zopakuje krok 2 s 90 % předpokládaných 6RM.
Po 2 minutách odpočinku dítě zkusí provést 6 opakování se 100 %.
Když je dítě úspěšně schopné provést 6 opakování, zkusíme přidat 2,5–5 % váhy použitých v kroku 4 a necháme dítě po 2 minutách odpočinku zkusit znovu provést 6 opakování s touto váhou. V případě, že dítě v kroku 5 není schopné provést 6 opakování, zkusíme přidat 2,5–5 % váhy použitých v kroku 4 a necháme dítě po 2 minutách odpočinku zkusit znovu provést 6 opakování s touto váhou.
Pokud je dítě v první části kroku 5 úspěšné (zvládne udělat 6 opakování s přidáním váhy o 2,5–5 % kroku 4), provedeme re-test po 24 hodinách s vyšším startovním odporem. Pokud je dítě v první části kroku 5 neúspěšné (nezvládne udělat 6 opakování s přidáním váhy o 2,5–5 % kroku 4), provedeme re-test po 24 hodinách s nižším startovním odporem.

Obecně lze říci, že přesnost predikční rovnice se snižuje se vzrůstajícím počtem opakování, kterého bylo při testování použito (National Strength & Conditioning Association (U.S.) & Miller, 2012).

Testování maximální síly musí být prováděno po nejméně 24hodinovém odpočinku od posledního tréninku, aby únava z předešlé zátěže neovlivnila výsledky testu. Aby bylo možné srovnávat výsledky testování maximální síly, musí být vždy dodržena stejná šíře úchopu, stejné nastavení posilovacího stroje atd. a testování by mělo být prováděno zvlášť vždy pro každý cvik (Kraemer & Fleck, 2005).

Limitujícím faktorem pro testování maximální síly (dopčetem či testem do maxima) může být volní úsilí. A to hlavně u dětí, které nejsou zvyklé na svalovou bolest a nepříjemné pocity spojené se snahou provést co nejvíce opakování či přemístit maximální odpor.

## Kdy je možné se silovým tréninkem začít?

Není možné jasně definovat věkovou hranici, odkdy se dítě může začít účastnit silového programu. Důležitější než věk samotný je mentální zralost dítěte. Je nezbytné, aby dítě bylo schopné následovat pokyny trenéra, bylo schopné porozumět jeho pokynům a dokázalo se koncentrovat jak na pokyny trenéra, tak na samotný trénink (Faigenbaum, 2001). Obecně se proto doporučuje věk 7–8 let. Předtím, než dítě začne se silovým tréninkem, je nutné zdravotní vyšetření lékařem, který vyloučí případná zdravotní rizika (Council on Sports Medicine and Fitness, 2008; Dahab & McCambridge, 2009).

## Tréninková doporučení

Silové programy pro děti a mládež by měly být sestaveny tak, aby obsahovaly co nejširší paletu cviků, využívaly co nejvíce cvičebních pomůcek a širokou škálu tréninkových metod.

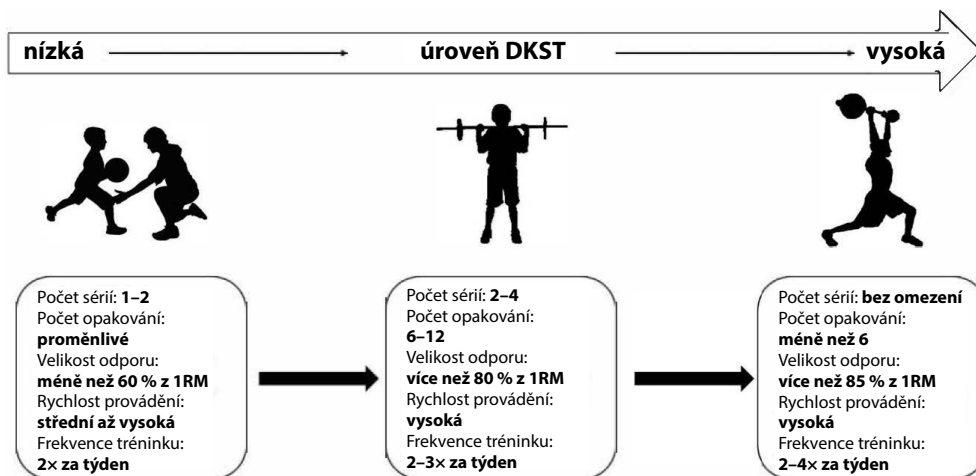
Dahab & McCambridge (2009) doporučují do každé tréninkové jednotky zařadit 6–8 komplexních cviků, při kterých dojde k zapojení svalů hrudníku, horních končetin, zad, břicha a dolních končetin. Důležitá je vyváženost cviků z hlediska zapojení svalových skupin s opačnou funkcí (antagonistů) a cviků pro horní a dolní končetiny. Komplexnost a vyváženost silové přípravy je nejdůležitější u sportů, kde je výrazná lateralita nebo jsou kladeny vyšší nároky jen na některé svalové skupiny. Ze začátku se doporučuje zařadit 1–2 série s 10–15 opakováními s malým odporem, aby děti pociťovaly únavu, ale necvičily do selhání. V případě, že jsou děti schopny provést 15 opakování bez vyššího úsilí, můžeme přistoupit k postupnému navyšování odporu o 5–10 % (Faigenbaum et al., 1996). Pokročilým sportovcům, kteří již ovládají techniku všech zařazených cviků, může být postupně zvýšena intenzita i tréninkový objem na 2–4 série s 6–12RM (Faigenbaum & Micheli, 2017). Pro dosažení maximálního efektu by měl trénink probíhat 2–3× týdně a tréninkové jednotky by neměly být koncipovány do po sobě jdoucích

### Věděli jste, že?

V průběhu prvních několika týdnů dochází u dětí začínajících se silovým tréninkem k nejvýraznějšímu nárůstu výkonnosti (v řádu až desítek procent). Z důvodu vysokého podílu neuromotorických adaptací v této fázi tréninkového procesu je velmi důležité naučit děti správné technice provádění, jelikož její pozdější oprava se stává velmi obtížnou (Faigenbaum et al., 2020).

dní (Dahab & McCambridge, 2009; Faigenbaum & Micheli, 2017). Podobně Behringer et al. (2010) na základě výsledků svého review uvádí, že vyšší

počet tréninkových jednotek za týden je spojen s vyššími nárůsty síly a že dlouhodobé tréninkové intervence jsou prospěšnější než krátkodobé.



**Obrázek 9** Doporučení pro silový trénink vzhledem k úrovni dovednostních kompetencí pro silový trénink (DKST) u mladých sportovců

Pozn.: Upraveno s povolením vydavatele z anglického originálu: (Faigenbaum et al., 2016)

Je důležité, aby byl tréninkový plán tvořen pro každého sportovce **individuálně** a přihlížel k jeho aktuální úrovni **výkonnosti**. Obzvláště pak v otázce tréninkového objemu a intenzity zatížení. V případě tréninkové skupiny mladých sportovců je nutné negeneralizovat tréninkové parametry dle nejlepšího/nejhoršího člena skupiny, ale umožnit každému jistou variabilitu dle jeho potřeb (Faigenbaum, 2001).

Velice důležité je správné vysvětlení a ukázka **techniky provádění**. Neméně důležitá je kontrola bezpečnosti tréninkového vybavení a dodržování bezpečného chování v prostorách posilovny (Faigenbaum, 2001).

Z hlediska dlouhodobého **přetrénování** je nutné klást důraz na to, aby tréninkový program nebyl jen „přidán“ k běžné sportovní aktivitě, ale aby byl zakomponován do ročního tréninkového plánu (Faigenbaum, 2001).

V případě mladších dětí se nedoporučuje rychlé provádění cviků s vysokým odporem. Důvodem je vysoká technická náročnost a vysoké nároky kladené na vazivový aparát, který ještě není dostatečně silný. To však znamená, že s dětmi není možné provádět cvičení s maximální rychlostí pohybu a nízkým odporem (Council on Sports Medicine and Fitness, 2008).

Nezbytnou součástí silového programu dětí a mládeže je trénink pod vedením **kvalifikovaného profesionála**. To neznamená jen dozor člověka, který rozumí zákonitostem silového tréninku a zná správnou techniku provádění, ale trenéra, který ví, co je pro dítě, vzhledem k jeho věku, zkušenosti se silovým tréninkem, sportovní specializaci a aktuálnímu stupni vývoje a rozvoje schopností a dovedností, vhodné. Silový trenér dětí musí vědět, jak se liší potřeby

dospělého člověka a dítěte, a musí být schopen pracovat s každým dítětem dle jeho individuálních potřeb, a to jak po stránce fyziologické, či psychologické (Zatsiorsky & Kraemer, 2006).

Před začátkem silové přípravy je vhodné nechat dítě vyšetřit lékařem, který by měl vyloučit kontraindikace pro silový trénink (Council on Sports Medicine and Fitness, 2008).

Souhrn doporučení pro silový trénink dětí a mládeže naleznete v tabulce 4.

**Tabulka 4** Souhrn doporučení pro silový trénink (Committee on Sports Medicine and Fitness, 2001; Dahab & McCambridge, 2009; Faigenbaum et al., 1996; Faigenbaum, 2001)

---

#### ZÁKLADNÍ DOPORUČENÍ PRO SILOVÝ TRÉNINK DĚTÍ A MLÁDEŽE

---

Sportovec by měl chápat benefity a rizika spojená se silovým tréninkem.

Každý tréninkový plán by měl být sestaven individuálně dle věku, stupně vývoje a individuálních cílů sportovce.

Každý trénink musí probíhat za přítomnosti kvalifikovaného profesionála.

Před každým tréninkem by měla proběhnout kontrola cvičebního vybavení a pomůcek.

Každá tréninková jednotka obsahuje rozcvičení v délce 5–10 minut a 5–10 minut závěrečného zklidnění organismu. Pro rozcvičení by měly být voleny takové aktivity, které zvýší tělesnou teplotu a průtok krve, zatímco aktivity pro zklidnění organismu by měly pomáhat udržovat průtok krve, aby podpořily regenerační procesy.

Trenér by měl být pozorný k potřebám a problémům každého dítěte.

Pro nácvik techniky a učení se novým dovednostem nikdy nevyužíváme přidaného vnějšího odporu.

Začátečníci by měli svůj silový program začít s 8–12 cviky v TJ procvičující svaly celého těla, vždy 1–2 série po 10–15 opakováních.

U pokročilých sportovců se doporučují 1–3 série po 6–15 opakováních dle tréninkového cíle.

Velikost odporu zvyšovat postupně o 5–10 %.

2–3 TJ/týden tak, aby na sebe nenavazovaly.

Silový program by měl být systematický a obsahovat postupné zvyšování výkonnosti.

Silový program by měl být součástí celoročního tréninkového plánu.

Vždy učíme pohyb v plném rozsahu, čímž rozvíjíme flexibilitu, kloubní mobilitu a správné zapojení svalů do pohybového vzorce.

Na začátek tréninku zařazujeme cviky komplexní a zatěžující velké svalové skupiny, ke konci cviky jednokloubové a procvičující malé svaly.

---

## LITERATURA

- Anderson, B. (2000). *Stretching: 20th anniversary* (Rev. ed). Shelter Publications.
- Balsamo, S., Tibana, R. A., Nascimento, D. da C., Franz, C. B., Lyons, S., Faigenbaum, A., & Prestes, J. (2013). Exercise Order Influences Number of Repetitions and Lactate Levels But Not Perceived Exertion During Resistance Exercise in Adolescents. *Research in Sports Medicine*, 21(4), 293–304. <https://doi.org/10.1080/15438627.2013.825794>
- Behm, D. G., Faigenbaum, A. D., Falk, B., & Klentrou, P. (2008). Canadian Society for Exercise Physiology position paper: Resistance training in children and adolescents. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(3), 547–561. <https://doi.org/10.1139/H08-020>
- Behringer, M., Heede, A. vom, Matthews, M., & Mester, J. (2011). Effects of Strength Training on Motor Performance Skills in Children and Adolescents: A Meta-Analysis. *Pediatric Exercise Science*, 23(2), 186–206. <https://doi.org/10.1123/pes.23.2.186>
- Behringer, M., vom Heede, A., Yue, Z., & Mester, J. (2010). Effects of Resistance Training in Children and Adolescents: A Meta-analysis. *PEDIATRICS*, 126(5), e1199–e1210. <https://doi.org/10.1542/peds.2010-0445>
- Benjamin, H. J., & Glow, K. M. (2003). Strength Training for Children and Adolescents: What Can Physicians Recommend? *The Physician and Sportsmedicine*, 31(9), 19–26. <https://doi.org/10.1080/00913847.2003.11439938>
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2019). *Periodization: Theory and methodology of training* (Sixth edition). Human Kinetics.
- Bracko, M. R. (2002). Can stretching prior to exercise and sports improve performance and prevent injury? *ACSM's Health & Fitness Journal*, 6(5), 17–22.
- Brown, L. E., & Faigenbaum, A. D. (1998). Strength testing for children. *Strength & Conditioning Journal*, 20(5), 75–76.
- Caine, D. J., & Maffulli, N. (Eds.). (2005). *Epidemiology of pediatric sports injuries*. Karger.
- Committee on Sports Medicine and Fitness. (2001). Strength Training by Children and Adolescents. *Pediatrics*, 107(6), 1470–1472. <https://doi.org/10.1542/peds.107.6.1470>
- Council on Sports Medicine and Fitness. (2008). Strength Training by Children and Adolescents. *Pediatrics*, 121(4), 835–840. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-3790>
- Dahab, K. S., & McCambridge, T. M. (2009). Strength Training in Children and Adolescents: Raising the Bar for Young Athletes? *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 1(3), 223–226. <https://doi.org/10.1177/1941738109334215>
- De Salles, B. F., Simão, R., Miranda, F., da Silva Novaes, J., Lemos, A., & Willardson, J. M. (2009). Rest Interval between Sets in Strength Training: *Sports Medicine*, 39(9), 765–777. <https://doi.org/10.2165/11315230-000000000-00000>
- Dohoney, Chromiak, Lemire, Abadie, & Kovacs. (2002). Prediction of one repetition maximum (1-RM) strength from a 4-6 RM and a 7-10 RM submaximal strength test in healthy young adult males. *Journal of Exercise Physiology*, 5(3), 54–59.
- Faigenbaum, A. D. (2001). Strength Training and Children's Health. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 72(3), 24–30. <https://doi.org/10.1080/07303084.2001.10605847>
- Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J. R., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth Resistance Training: Updated Position Statement Paper From the National Strength and Conditioning Association: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, S60–S79. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31819df407>
- Faigenbaum, A. D., Lloyd, R. S., MacDonald, J., & Myer, G. D. (2016). *Citius, Altius, Fortius*: Beneficial effects of resistance training for young athletes: Narrative review. *British Journal of Sports Medicine*, 50(1), 3–7. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094621>
- Faigenbaum, A. D., Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2020). *Essentials of youth fitness*. Human Kinetics.



- Faigenbaum, A. D., & McFarland, J. E. (2016a). RESISTANCE TRAINING FOR KIDS: Right from the Start. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 20(5). [https://journals.lww.com/acsm-health-fitness/Fulltext/2016/09000/RESISTANCE\\_TRAINING\\_FOR\\_KIDS\\_\\_Right\\_from\\_the\\_Start.7.aspx](https://journals.lww.com/acsm-health-fitness/Fulltext/2016/09000/RESISTANCE_TRAINING_FOR_KIDS__Right_from_the_Start.7.aspx)
- Faigenbaum, A. D., & McFarland, J. E. (2016b). RESISTANCE TRAINING FOR KIDS: Right from the Start. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 20(5). [https://journals.lww.com/acsm-health-fitness/Fulltext/2016/09000/RESISTANCE\\_TRAINING\\_FOR\\_KIDS\\_\\_Right\\_from\\_the\\_Start.7.aspx](https://journals.lww.com/acsm-health-fitness/Fulltext/2016/09000/RESISTANCE_TRAINING_FOR_KIDS__Right_from_the_Start.7.aspx)
- Faigenbaum, A. D., & Micheli, L. J. (2017). *Youth Strength Training*. American College of Sports Medicine.
- Faigenbaum, A. D., Milliken, L. A., & Westcott, W. L. (2003a). Maximal Strength Testing in Healthy Children. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 162. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0162:MSTIHC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0162:MSTIHC>2.0.CO;2)
- Faigenbaum, A. D., Milliken, L. A., & Westcott, W. L. (2003b). Maximal Strength Testing in Healthy Children. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 162. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0162:MSTIHC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0162:MSTIHC>2.0.CO;2)
- Faigenbaum, A. D., Myer, G. D., Naclerio, F., & Casas, A. A. (2011). Injury Trends and Prevention in Youth Resistance Training: *Strength and Conditioning Journal*, 33(3), 36–41. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31822236ad>
- Faigenbaum, A. D., Ratamess, N. A., McFarland, J., Kaczmarek, J., Coraggio, M. J., Kang, J., & Hoffman, J. R. (2008). Effect of Rest Interval Length on Bench Press Performance in Boys, Teens, and Men. *Pediatric Exercise Science*, 20(4), 457–469. <https://doi.org/10.1123/pes.20.4.457>
- Faigenbaum, A. D., Westcott, W. L., Loud, R. L., & Long, C. (1999). The Effects of Different Resistance Training Protocols on Muscular Strength and Endurance Development in Children. *Pediatrics*, 104(1), e5–e5. <https://doi.org/10.1542/peds.104.1.e5>
- Faigenbaum, A. D., Zaichkowsky, L. D., Westcott, W. L., Micheli, L. J., & Fehlandt, A. F. (1993). The Effects of a Twice-A-Week Strength Training Program on Children. *Pediatric Exercise Science*, 5(4), 339–346. <https://doi.org/10.1123/pes.5.4.339>
- Faigenbaum, Kraemer, Cahill, Chandler, Dziados, Elfrink, Forman, Gaudiose, Micheli, Nitka, & Roberts. (1996). *Youth resistance training: Position statement paper and literature review*. 18(62).
- Fletcher, I. E., & Jones, B. (2004). The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 885–888.
- Fransen, J., Deprez, D., Pion, J., Tallir, I. B., D'Hondt, E., Vaeyens, R., Lenoir, M., & Philippaerts, R. M. (2014). Changes in Physical Fitness and Sports Participation among Children with Different Levels of Motor Competence: A 2-Year Longitudinal Study. *Pediatric Exercise Science*, 26(1), 11–21. <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0005>
- George, D. H., Stakiw, K., & Wright, C. J. (1989). Fatal accident with weight-lifting equipment: Implications for safety standards. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal = Journal de l'Association Medicale Canadienne*, 140(8), 925–926.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovni geny*. Computer Press.
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Skrepnik, M., Davies, T. B., & Mikulic, P. (2018). Effects of Rest Interval Duration in Resistance Training on Measures of Muscular Strength: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(1), 137–151. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0788-x>
- Guy, J. A., & Micheli, L. J. (2001). *Strength Training for Children and Adolescents*. 9(1), 29–36.
- Haff, G., Triplett, N. T., & National Strength & Conditioning Association (U.S.) (Eds.). (2016). *Essentials of strength training and conditioning* (Fourth edition). Human Kinetics.
- Hagberg, J. M., Ehsani, A. A., Goldring, D., Hernandez, A., Sinacore, D. R., & Holloszy, J. O. (1984). Effect of weight training on blood pressure and hemodynamics in hypertensive adolescents. *The Journal of Pediatrics*, 104(1), 147–151. [https://doi.org/10.1016/S0022-3476\(84\)80615-0](https://doi.org/10.1016/S0022-3476(84)80615-0)

- Hamill, B. (1994). *Relative safety of weightlifting and weight training*. 8(1), 53–57.
- Harrison, J. S. (2010). Bodyweight Training: A Return To Basics. *Strength & Conditioning Journal*, 32(2), 52–55. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181d5575c>
- Heinonen, A., Sievänen, H., Kannus, P., Oja, P., Pasanen, M., & Vuori, I. (2001). High-Impact Exercise and Bones of Growing Girls: A 9-Month Controlled Trial. *Osteoporosis International*, 11(12), 1010–1017. <https://doi.org/10.1007/s001980070021>
- Hernandez, D. J., Healy, S., Giacomini, M. L., & Kwon, Y. S. (2020). Effect of Rest Interval Duration on the Volume Completed During a High-Intensity Bench Press Exercise: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003477>
- Hoeger, Hopkins, Barette, & Hale. (1990). *Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: A comparison between untrained and trained males and females*. 4(2), 47–54.
- Ignjatović, A., Stanković, R., Radovanović, D., Marković, Ž., & Cvečka, J. (2009). Resistance training for youths. *Facta Universitatis: Series Physical Education and Sport*, 7(2), 189–196.
- Izquierdo, M., Ibañez, J., González-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., French, D. N., Eslava, J., Altadill, A., Asiain, X., & Gorostiaga, E. M. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *Journal of Applied Physiology*, 100(5), 1647–1656. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01400.2005>
- Jeffreys, I. J. U. J. (2006). Warm up revisited—the ‘ramp’ method of optimising performance preparation. *UKSCA Journal*, 6, 15–19.
- Kim, Y.-M. (2010). *Role of regular exercise in the treatment of abdominal obesity in adolescent boys*.
- Knudson, D. V., Magnusson, P., & McHugh, M. (2000). *Current Issues in Flexibility Fitness*. President’s Council on Physical Fitness and Sports Research Digest.
- Kokkonen, J., Nelson, A. G., & Cornwell, A. (1998). Acute Muscle Stretching Inhibits Maximal Strength Performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69(4), 411–415. <https://doi.org/10.1080/02701367.1998.10607716>
- Kraemer, W. J. (1997). *A series of studies—The physiological basis for strength training in American football: Fact over philosophy*. 11(3), 131–142.
- Kraemer, W. J., & Fleck, S. J. (2005). *Strength training for young athletes* (2nd ed). Human Kinetics.
- Kraemer, W. J., Fry, A. C., Frykman, P. N., Conroy, B., & Hoffman, J. (1989). Resistance Training and Youth. *Pediatric Exercise Science*, 1(4), 336–350. <https://doi.org/10.1123/pes.1.4.336>
- Kravitz, L., Akalan, C., Nowicki, K., & Kinzley, S. J. (2003). Prediction of 1 Repetition Maximum in High-School Power Lifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 167–172.
- Kravitz, L., & Bubbico, A. T. (Eds.). (2015). *Essentials of Eccentric Training*. Human Kinetics. <https://doi.org/10.5040/9781718206687>
- Kučera, M., Kolář, P., & Dylevský, I. (2011). *Dítě, sport a zdraví*. Galén.
- Lawrence, D., & Hope, B. (2015). *The complete guide to circuit training* (Second edition). Bloomsbury Sport.
- Legerlotz, K., Marzilger, R., Bohm, S., & Arampatzis, A. (2016). Physiological Adaptations following Resistance Training in Youth Athletes—A Narrative Review. *Pediatric Exercise Science*, 28(4), 501–520. <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0023>
- LeSuer, D. A., McCormick, J. H., Mayhew, J. L., Wasserstein, R. L., & Arnold, M. D. (1997). The accuracy of prediction equations for estimating 1-RM performance in the bench press, squat, and deadlift. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11, 211–213.
- Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A., Brewer, C., Pierce, K. C., McCambridge, T. M., Howard, R., Herrington, L., Hainline, B., Micheli, L. J., Jaques, R., Kraemer, W. J., McBride, M. G., Best, T. M., Chu, D. A., Alvar, B. A., & Myer, G. D. (2014). Position statement on youth resistance training: The 2014 International Consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 498–505. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092952>

- Malina, R. M. (2006). Weight Training in Youth–Growth, Maturation, and Safety: An Evidence-Based Review: *Clinical Journal of Sport Medicine*, 16(6), 478–487. <https://doi.org/10.1097/01.jsm.0000248843.31874.be>
- McEntyre, A. S. (2018). Strength training for children and adolescents: A progression to future health and performance. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 26(05), 48–71.
- McGuigan, M. R., Tataschiere, M., Newton, R. U., & Pettigrew, S. (2009). Eight Weeks of Resistance Training Can Significantly Alter Body Composition in Children Who Are Overweight or Obese: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 80–85. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181876a56>
- Miranda, H., Fleck, S. J., Simao, R., Barreto, A. C., Dantas, E., & Novaes, J. (2007). *Effect of two different rest period lengths on the number of repetitions performed during resistance training*. 21(4), 1032–1036.
- Myer, G. D., Quatman, C. E., Khoury, J., Wall, E. J., & Hewett, T. E. (2009). Youth Versus Adult “Weightlifting” Injuries Presenting to United States Emergency Rooms: Accidental Versus Nonaccidental Injury Mechanisms. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 2054–2060. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b86712>
- National Strength & Conditioning Association (U.S.), & Miller, T. (Eds.). (2012). *NSCA’s guide to tests and assessments*. Human Kinetics.
- Peitz, M., Behringer, M., & Granacher, U. (2018). A systematic review on the effects of resistance and plyometric training on physical fitness in youth- What do comparative studies tell us? *PLOS ONE*, 13(10), e0205525. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205525>
- Peltier, L., Strand, B., & Christensen, B. (2008). Youth Performing Resistance Training: A Review. *Journal of Youth Sports [Online]*, 4(1), 18–23.
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovni trénink*. Grada.
- President’s Council on Physical Fitness & Sport. (2007). Resistance Training for Obese Children and Adolescents. *Research Digest*, 8(3), p1-8.
- Ratamess, N. A. (2012). *ACSM’s foundations of strength training and conditioning*. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- Ratamess, N. A., Chiarello, C. M., Sacco, A. J., Hoffman, J. R., Faigenbaum, A. D., Ross, R. E., & Kang, J. (2012). The Effects of Rest Interval Length on Acute Bench Press Performance: The Influence of Gender and Muscle Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), 1817–1826. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825bb492>
- Ratamess, N. A., Falvo, M. J., Mangine, G. T., Hoffman, J. R., Faigenbaum, A. D., & Kang, J. (2007). The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 100(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0394-y>
- Ratel, S. (2011). High-intensity and Resistance Training and Elite Young Athletes. In N. Armstrong & A. M. McManus (Eds.), *Medicine and Sport Science* (Vol. 56, pp. 84–96). S. Karger AG. <https://doi.org/10.1159/000320635>
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., & Burkett, L. N. (2002). Single versus Multiple Sets for Strength: A Meta-Analysis to Address the Controversy. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73(4), 485–488. <https://doi.org/10.1080/02701367.2002.10609050>
- Rians, C. B., Weltman, A., Cahill, B. R., Janney, C. A., Tippet, S. R., & Katch, F. I. (1987). Strength training for prepubescent males: Is it safe? *The American Journal of Sports Medicine*, 15(5), 483–489. <https://doi.org/10.1177/036354658701500510>
- Richmond, S. R., & Godard, M. P. (2004). *The effects of varied rest periods between sets to failure using the bench press in recreationally trained men*. 18(4), 846–849.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Aaron, D. J., Gairola, A., Kowallis, R. A., Liu, Y., Randall, C. R., Tessmer, K. A., Schnorr, T. L., Schroeder, A. E., & White, B. (2008). One Repetition Maximum Prediction Models for Children Using the OMNI RPE Scale. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 196–201. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815f6283>

- Rowland, T. W. (2015). Physiological Aspects of Early Specialized Athletic Training in Children. *Kinesiology Review*, 4(3), 279–291. <https://doi.org/10.1123/kr.2015-0021>
- Schlegel, P. (2020). *Funkční trénink v tělesné výchově* (Vydání: první). Univerzita Hradec Králové, Gaudeamus.
- Schranz, N., Tomkinson, G., & Olds, T. (2013). What is the Effect of Resistance Training on the Strength, Body Composition and Psychosocial Status of Overweight and Obese Children and Adolescents? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 43(9), 893–907. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0062-9>
- Shaibi, G. Q., Cruz, M. L., Ball, G. D. C., Weigensberg, M. J., Salem, G. J., Crespo, N. C., & Goran, M. I. (2006). Effects of Resistance Training on Insulin Sensitivity in Overweight Latino Adolescent Males: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(7), 1208–1215. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000227304.88406.0f>
- Smith, C. A. (1994). The Warm-Up Procedure: To Stretch or Not to Stretch. A Brief Review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 19(1), 12–17. <https://doi.org/10.2519/jospt.1994.19.1.12>
- Society of Health and Physical Educators. (2014). *Grade-Level Outcomes for K-12 Physical Education*. Human Kinetics.
- Stone, M. H., Stone, M., & Sands, W. A. (2007). *Principles and Practice of Resistance Training*. Human Kinetics. <https://doi.org/10.5040/9781492596875>
- Strašilová, K. (2016). *Silový trénink dětí* [Magisterská práce]. Masarykova Univerzita.
- Strašilová, K., & Vajda, P. (2022). The Effects of Different Rest Interval Lengths on Acute Quarter-squat Performance in Female. *Studia Sportiva*, 16(1), 63–74. <https://doi.org/10.5817/StS2022-1-7>
- Stricker, P. R., Faigenbaum, A. D., McCambridge, T. M., COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS, LaBella, C. R., Brooks, M. A., Canty, G., Diamond, A. B., Hennrikus, W., Logan, K., Moffatt, K., Nemeth, B. A., Pengel, K. B., & Peterson, A. R. (2020). Resistance Training for Children and Adolescents. *Pediatrics*, 145(6), e20201011. <https://doi.org/10.1542/peds.2020-1011>
- Weakley, J., Schoenfeld, B. J., Ljungberg, J., Halson, S. L., & Phillips, S. M. (2023). Physiological Responses and Adaptations to Lower Load Resistance Training: Implications for Health and Performance. *Sports Medicine - Open*, 9(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00578-4>
- Westcott, W. L., Tolken, J., & Wessner. (1995). School-Based Conditioning Programs for Physically Unfit Children. *Strength and Conditioning*, 17(2), 5–9.
- Willardson, J. M. (2006). A Brief Review: Factors Affecting the Length of the Rest Interval Between Resistance Exercise Sets. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 978. <https://doi.org/10.1519/R-17995.1>
- World Health Organization. (2010). Global recommendations on physical activity for health. *Recommendations mondiales sur l'activité physique pour la santé*, 58.
- Zahradník, D., & Korvas, P. (2012). *Základy sportovního tréninku* (1.). Masarykova universita.
- Zahradník, D., & Korvas, P. (2017). *Základy sportovního tréninku*. Masarykova univerzita.
- Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2006). *Science and practice of strength training* (2nd ed). Human Kinetics.
- Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2014). *Silový trénink: Praxe a věda*. Mladá fronta.

# VÝVOJOVÁ SPECIFIKA DĚTÍ

K dětem je v tréninkovém procesu nutné přistupovat individuálním způsobem a nebrat je pouze jako zmenšené kopie dospělých. Trénink mladých sportovců vyžaduje od trenéra specifický přístup z hlediska sportovních nároků a očekávání při volbě tréninkových parametrů a výběru vhodných tréninkových metod. Zatímco tréninkový plán dospělého sportovce je již tvořen s ohledem k jeho sportovní specializaci a obsahuje velké množství specifických tréninkových stimulů, tréninkový plán mladého sportovce by měl být zaměřen na vyvážený rozvoj pohybových kompetencí dítěte a vybudování pozitivního vztahu ke sportu. Při tvorbě tréninkového plánu pro mladé sportovce by měl trenér brát v potaz, že dítě ještě prochází procesem vývoje (fyziologické parametry, psychické faktory, úroveň motorických dovedností), a proto je potřeba, aby jeho sportovní činnost zahrnovala co nejširší spektrum pohybových schopností a dovedností (Faigenbaum et al., 2020).

Znalost vývojových specifík by proto měla být nezbytnou součástí know-how každého trenéra dětí a mládeže.

## Ontogenetický vývoj dítěte

### Předškolní věk (3–6 let)

Toto vývojové období je charakteristické stále ještě významnými změnami tělesných proporcí, dítě vyroste cca 5 cm/rok a na váze přibude až 2 kg/rok (Pastucha, 2014).

Dochází k nárůstu délky končetin (Miklánková et al., 2007) a proporcionálním změnám jednotlivých tělesných segmentů (Pastucha, 2014). Výrazně se také mění hodnota BMI (body mass index).

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

Hodnota BMI od narození do cca 5–6 let klesá. V tomto období dosahuje zpravidla nejnižších hodnot a pak dochází k jeho opětovnému zvýšení spojenému s tělesným růstem (Malina et al., 2004). Z hlediska hodnocení složení těla v důsledku nerovnoměrného vývoje dětského organismu se doporučuje nepoužívat hodnoty BMI, ale růstové grafy, s jejichž pomocí můžeme hodnotit tělesný růst i rozvoj tělesné hmotnosti dítěte v průběhu času. Růstové grafy navíc umožňují srovnat tělesný vývoj dítěte s percentilovými hodnotami příslušné populace (Faigenbaum et al., 2020).

V předškolním věku dochází k rozvoji kostní (Vealey & Chase, 2016) a svalové hmoty (Miklánková et al., 2007; Vealey & Chase, 2016), obzvláště pak v oblasti velkých svalových skupin. Svalový přírůstek je často doprovázen

ještě nedostatečným zpevněním vaziva – kloubní hypermobilitou.

Díky tomu je možné provádět pohyby v takovém rozsahu, který je v pozdějším věku patologický (Miklánková et al., 2007; Pastucha, 2014).

### Věděli jste, že?

Prvních 1 000 dní života dítěte se označuje jako kritická doba pro vytvoření základních pohybových návyků dítěte a vypěstování pozitivního vztahu k pohybové aktivitě? Nedostatečný prostor pro spontánní aktivitu v tomto věku může způsobit zpoždění v motorickém vývoji (Tremblay et al., 2017).

Navýšení množství tukové tkáně v tomto věku není výrazné (Vealey & Chase, 2016).

Výraznými vývojovými změnami prochází také oběhová a dechová soustava. Dochází k poklesu klidové srdeční frekvence, která v průměru dosahuje hodnot 95–98 tepů/min. Při zátěži může tepová frekvence dosahovat hodnot až 210 tepů/min. Současně se zvětšuje i objem plic (Miklánková et al., 2007).

Obdobím výrazného rozvoje prochází i centrální a autonomní nervový systém. Dochází k dokončení myelinizace pyramidových drah a dozrávání některých funkcí mozečku (Kučera et al., 2011). Výrazným znakem předškolního věku je velké množství otázek a zájem o okolí a výrazná potřeba socializace, která probíhá začleněním se do dětského kolektivu. Typické je napodobování a četný výskyt spontánní pohybové aktivity (často mylně interpretována jako neklid a nekázeň neukázněného dítěte)

(Pastucha, 2014), rychlé střídání činností a potřeba vysoké míry motivace (Kučera et al., 2011). Hra se proto stává velmi důležitým motivačním prvkem v tréninkovém procesu (Pastucha, 2014). Z hlediska pohybových schopností dochází k nejprudšímu rozvoji v oblasti obratnosti, koordinace a rovnováhy (Kučera et al., 2011; Pastucha, 2014). Pohyby se stávají přesnějšími a dochází k vymizení nežádoucích souhybů ostatních částí těla (Kučera et al., 2011). Děti ještě nejsou schopny anticipace – žijí tady a teď (Pastucha, 2014). Přirozeností dítěte je vysoká pohybová potřeba. Dle Pastuchy et al. (2014) tráví průměrné dítě v pohybu až 60 % svého volného času.

## Mladší školní věk (6–10 let)

Tělesný vývoj je charakteristický poměrně plynulým nárůstem tělesné výšky

i váhy (Perič, 2012). Kolem 6. roku života se ustálí poměr délky dolních končetin a trupu dítěte stejně, jak je tomu u dospělých. Do této doby mají děti výrazně delší trup než dolní končetiny. Nejvýraznější je tento nepoměr hned po narození (Malina et al., 2004). Dále dochází k plynulému růstu všech orgánů, plic i krevního oběhu úměrně dle změn v tělesné hmotnosti a tělesné výšce. Vývoj páteře ještě není zcela dokončen a její zakřivení ještě nejsou trvalá. Z tohoto důvodu je ve zvýšené míře potřeba dbát na správné držení těla (Dovalil, 2009; Perič, 2012).

Čas strávený pohybovou aktivitou je v tomto období velmi důležitý, hlavně pak z hlediska prevence vzniku dětské nadváhy a obezity, jelikož 7. rok života dítěte se jeví jako kritický pro rozvoj tohoto onemocnění. Dítě by mělo aktivním pohybem strávit až 5 hodin denně (Pastucha, 2014).

Dochází k rozvoji jemné i hrubé motoriky, pohyby se stávají přesnějšími. Z hlediska motorického učení dosahuje mnoho základních pohybových dovedností stupně automatizace pohybu. Výrazně se rozvíjejí orientační a rytmické schopnosti. Postupně dochází k poklesu výrazné preference jedné strany, což pozitivně ovlivní cyklické dovednosti (Kučera et al., 2011). Vysoká plasticita nervového systému poskytuje ideální prostor pro rozvoj pohybových vzorů a zařazení dítěte do pohybových programů rozvíjející široké spektrum pohybových dovedností (Faigenbaum et al., 2020; Lloyd & Oliver, 2012).

Toto vývojové období je základním stavebním kamenem pro rozvoj a stabilizaci základních pohybových kompetencí (Logan et al., 2018).

Ačkoli významnou roli zde hraje prostor pro spontánní pohybovou aktivitu dítěte, široké spektrum pohybových aktivit, nabízených dobře vedeným tréninkem, může tento proces výrazně podpořit (Foulkes et al., 2015). Významnou roli hrají pozitivní emoce a kvalitní, prostor poskytující zpětná vazba (Lubans et al., 2010).

Ačkoli při hře u dětí převažuje krátkodobá činnost s vysokou intenzitou zátěže, děti s postupem času začínají lépe zvládat jednostrannost a monotónnost vytrvalostní zátěže (Pastucha, 2014).

## Starší školní věk (10–15 let)

V období puberty se začínají výrazně projevat změny v růstu a sexuálním zrání. Mezi 11. a 13. rokem života dochází u dívek k prudkému nárůstu výšky. U chlapců jsou pak nejvýraznější změny tělesné výšky pozorovatelné mezi 12. a 15. rokem (Kenney et al., 2012). V zahraniční literatuře je toto období růstového spurtu popisováno jako období maximální rychlosti růstu dítěte (z angl. orig.: peak height velocity – PHV). U dívek je PHV nejčastěji datováno do 12. roku života, u chlapců pak okolo 14. roku (G. Haff et al., 2016b; Malina et al., 2004).

Nicméně i zde se mohou objevovat velké rozdíly. Děti v tomto období vyrostou v průměru o 5–13 cm za rok (dívký 5–11, chlapci 6–13) (Kučera et al., 2011; Mirwald et al., 2002). S rozvojem tělesné výšky souvisí také prudký rozvoj tělesné hmotnosti, tzv. období maximálního rozvoje hmotnosti (z angl. orig.: Peak weight velocity – PWV), který bývá oproti PHV o několik měsíců opožděn. Chlapci v tomto období přibývají na tělesné hmotnosti v průměru 9–10 kg/

rok a dívky 7–9 kg/rok (Faigenbaum et al., 2020). Dynamiku změn v tělesné výšce a tělesné hmotnosti v období vývoje dítěte je možné hodnotit pomocí percentilových růstových grafů (obrázek 10, 11, 12 a 13).

Charakteristickým znakem pro toto vývojové období je rozvoj svalové hypertrofie. Je proto důležité mít na paměti, že vlivem jednostranného zatížení může docházet k rozvoji svalových dysbalancí (Kučera et al., 2011).

### Věděli jste, že?

Specializace dítěte pouze na 1 sportovní činnost již od mladého věku může výrazným způsobem ovlivnit jeho úroveň základních pohybových dovedností, narušit dlouhodobý model rozvoje mladého sportovce a omezit samotný sportovní výkon vybraného sportu (Faigenbaum et al., 2020).

Na konci staršího školního věku začíná u některých dětí docházet k postupnému kostnatění růstových chrupavek. K plnému zcostnatění dochází zpravidla až s nástupem dospělosti.

Kostní zralosti dosahují dříve dívky než chlapci, což je způsobeno rozdílným vlivem hormonů. Důležitou roli hraje estrogen, který ovlivňuje uzavírání růstových chrupavek (Kenney et al., 2012). Téměř u konce je vývoj nervového systému (Kučera et al., 2011).

Z hlediska pohybové zátěže je pro toto období typickým rysem propojení myšlenkových a pohybových vzorců a schopnost reagovat na abstraktní pokyny (Kučera et al., 2011).

Tréninkový proces se již začíná stávat více specifický a obsahuje nácvik pohybových dovedností spojených s konkrétní sportovní specializací (Faigenbaum et al., 2020).

Zařazení a četnost nácviku těchto dovedností je individuální, a to jak vzhledem ke sportovní disciplíně, tak hlavně k úrovni základních pohybových dovedností každého mladého sportovce (Faigenbaum et al., 2020).

Při cíleném dlouhodobém tréninku začíná docházet k přestavbě svalové tkáně (Kučera et al., 2011).

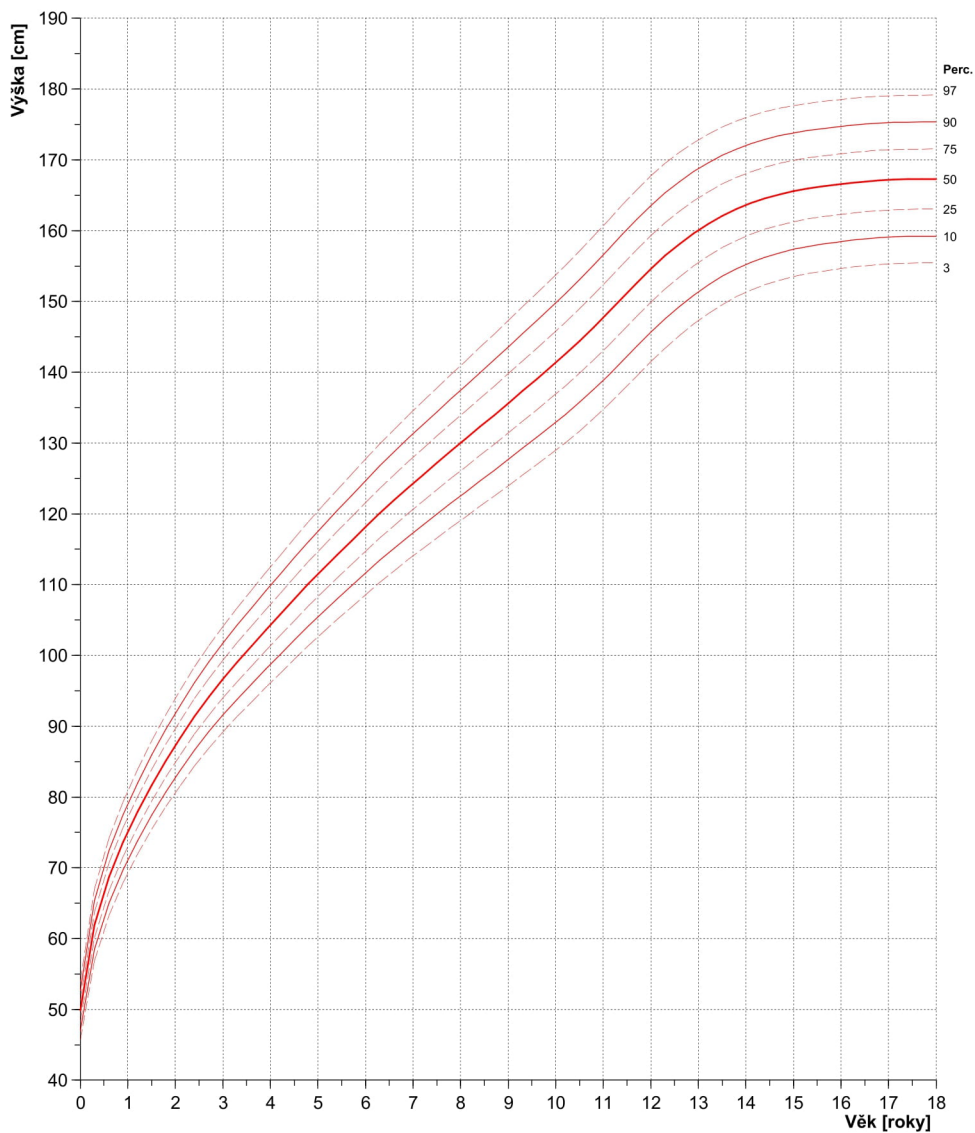


Příjmení:

Jméno:

Datum narození:

### Tělesná výška, dívky



Poznámky:

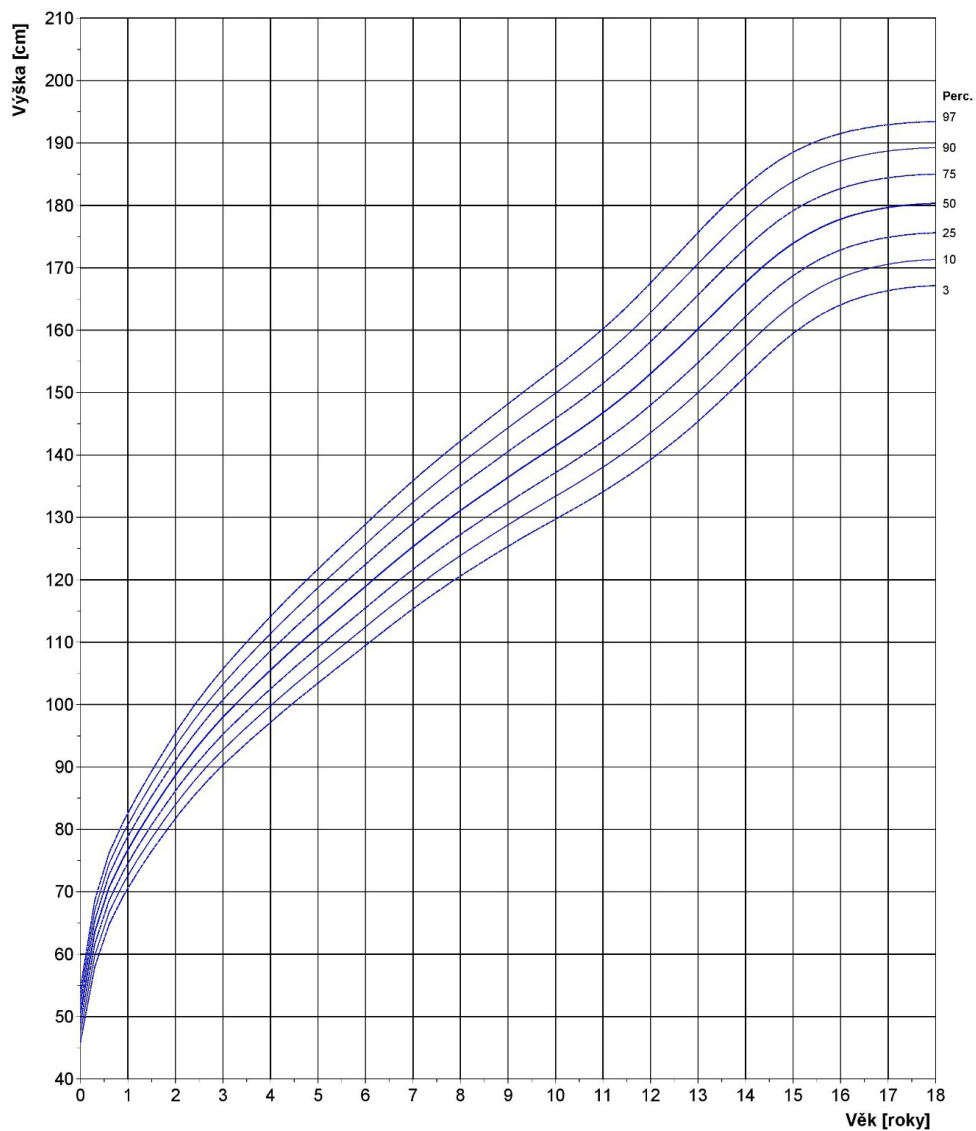
**Obrázek 10** Percentilový graf tělesné výšky u dívek ve věku 0–18 let (Vignerová et al., 2006)

Příjmení:

Jméno:

Datum narození:

### Tělesná výška, chlapci



Poznámky:

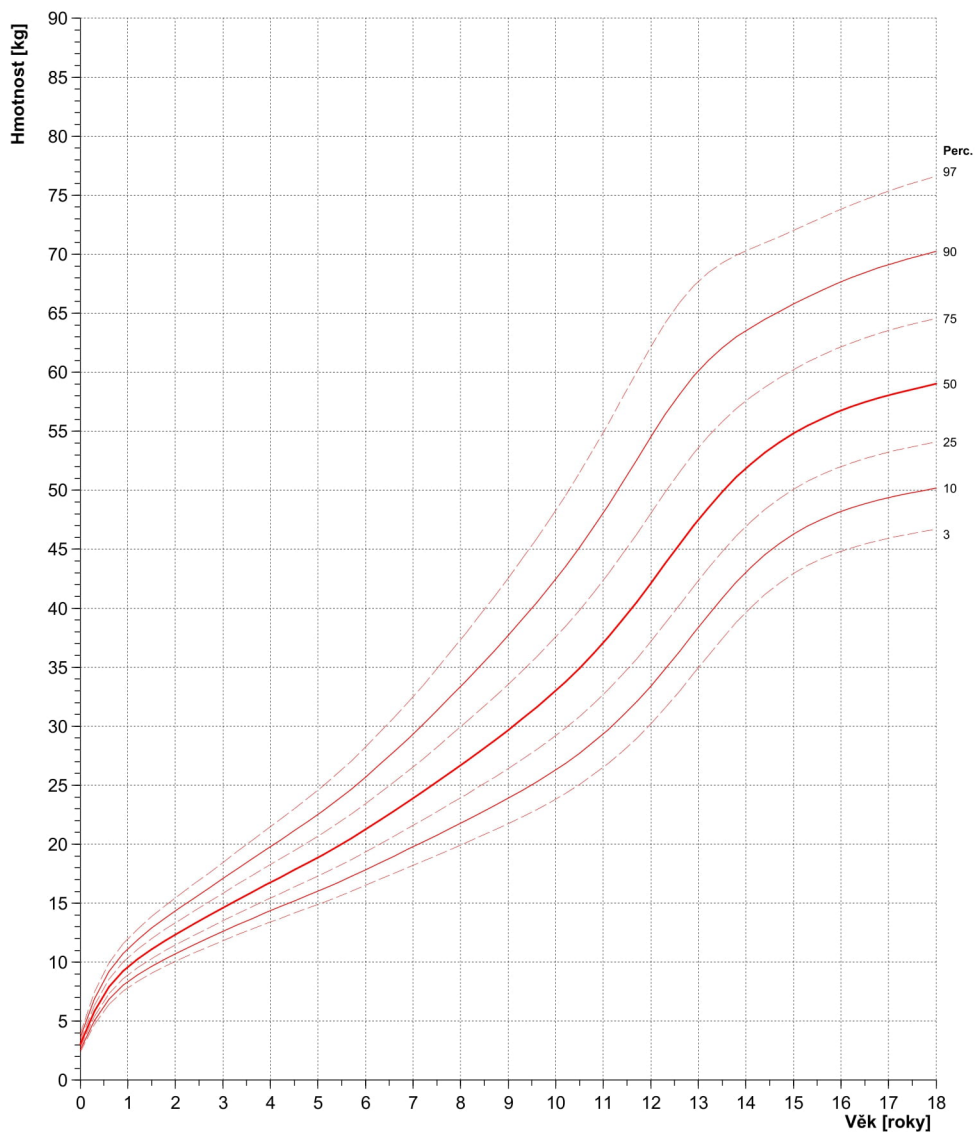
**Obrázek 11** Percentilový graf tělesné výšky u chlapců ve věku 0–18 let (Vignerová et al., 2006)

Příjmení:

Jméno:

Datum narození:

Hmotnost, dívky



Poznámky:

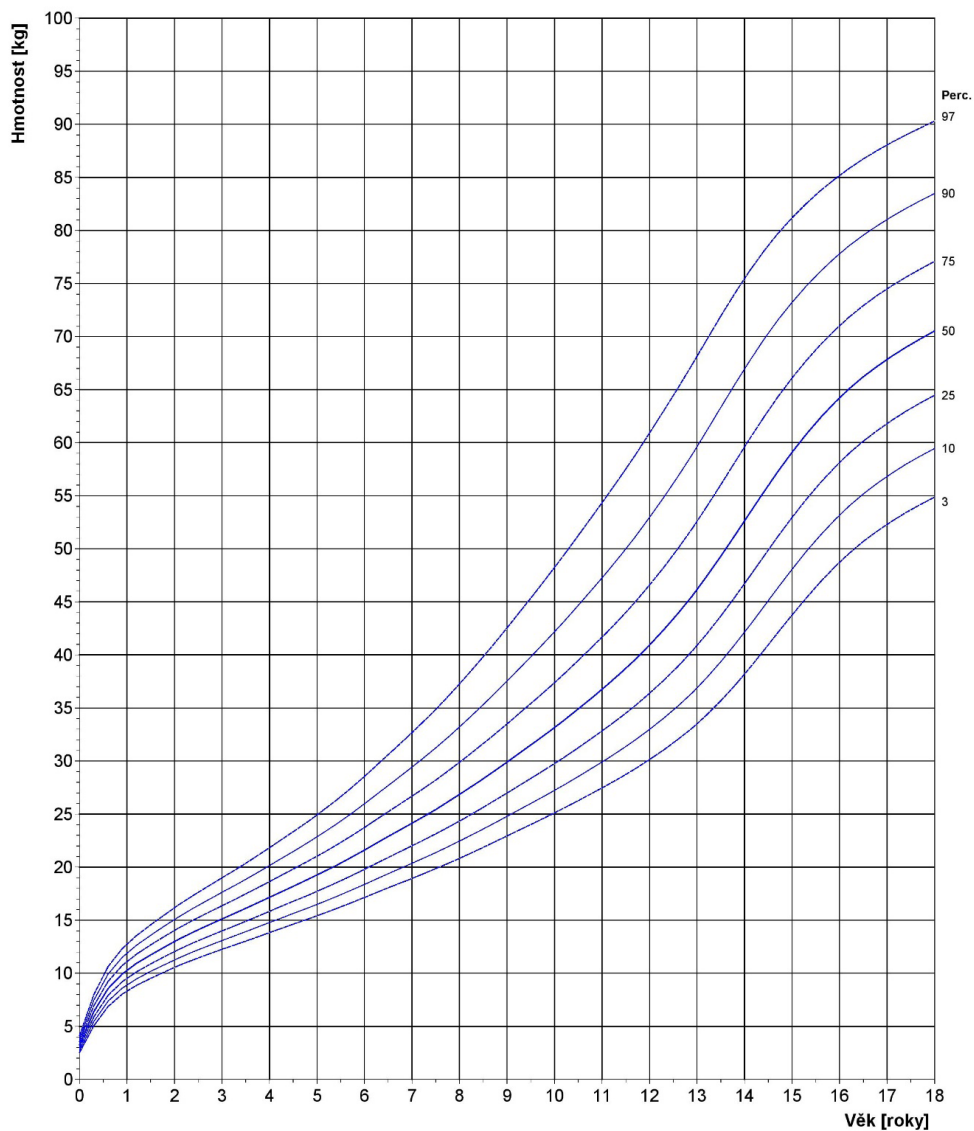
**Obrázek 12** Percentilový graf tělesné hmotnosti u dívek ve věku 0–18 let (Vignerová et al., 2006)

Příjmení:

Jméno:

Datum narození:

### Hmotnost, chlapci



Poznámky:

**Obrázek 13** Percentilový graf tělesné hmotnosti u chlapců ve věku 0–18 let (Vignerová et al., 2006)

## Adolescence (14–18 let)

Faigenbaum a kol. (2020) uvádějí, že v 15 letech již dosahují dívky v průměru maxima své tělesné výšky, zatímco chlapci dosahují zhruba 90–95 % své maximální tělesné výšky a svůj tělesný růst dokončují až okolo 18. roku. Zatímco u chlapců dochází v průběhu puberty vlivem zvýšení hladin androgenních hormonů k výraznému rozvoji svalové hmoty, u dívek nejsou změny množství svalové hmoty tak patrné. Nicméně k rozvoji svalové hmoty dochází i u dívek. Zatímco děvčata dosahují maxima mezi 16. a 20. rokem života, u chlapců je optimální věk pro nárůst svalové hmoty mezi 18. a 25. rokem. U děvčat je typická změna rozložení a množství tělesného tuku (G. Haff et al., 2016b).

Z hlediska rozvoje pohybových schopností je adolescence ideálním obdobím pro stimulaci maximální síly a výbušnosti, která je ovlivňována produkcí růstového hormonu a androgenů (Kučera et al., 2011).

## Chronologický versus biologický věk

Fyzické dospívání dítěte je často velmi individuální proces. Zatímco rozdíly ve

výšce se u 14letých dětí mohou lišit až o 23 cm (dle růstových tabulek), jejich hmotnost se běžně pohybuje v rozmezí až 18 kg (Lloyd, Oliver, et al., 2014). Podobně je tomu například se sexuální zralostí a nástupem menarche u dívek. Zatímco některé dívky dosahují pohlavní zralosti již okolo 12. roku, u jiných dívek započne tento proces až o několik let později (Malina et al., 2004). Také nástup puberty se může výrazně lišit. Nejčastěji se jedná o období mezi 8. a 13. rokem u dívek a období mezi 9. a 15. rokem u chlapců (G. Haff et al., 2016b).

V důsledku rozdílného tempa vývoje dětského organismu bude dosahovat 12letá dívka jiné úrovně pohybových schopností a dovedností než 12letý chlapec (Lloyd, Oliver, et al., 2014). Je proto běžné, že **chronologický věk** (věk počítaný ode dne narození dítěte) a **biologický věk** (věk, kterému odpovídá fyzický a psychický stupeň vývoje dítěte) se u dětí stejného věku může výrazně lišit. Avšak zatímco dělení dle chronologického věku je v dětském sportu běžnou praxí, dělení dle věku biologického není bohužel často běžné nebo možné.

Prostor pro osobní přístup na základě biologického vývoje nám poskytuje tréninkový proces, který nejen umožňuje, ale vyžaduje vysokou míru individualizace dle aktuálního stupně fyzického i psychického vývoje mladého sportovce. V souvislosti s tvorbou

tréninkových plánů pro děti je vhodné vzít v úvahu ještě **tréninkový věk** (počet let, po které dítě provádí daný sport) (Lloyd & Oliver, 2012).

Z hlediska biologického věku je určující **kostní věk**, pohlavní zralost a somatická (fyzická) zralost (G. Haff et al., 2016b; Lloyd, Oliver, et al., 2014). Kostní věk je možné hodnotit na základě rentgenového vyšetření. Z tohoto důvodu není jeho hodnocení běžnou součástí tréninkového procesu (Lloyd, Oliver, et al., 2014). Charakteristickým znakem určujícím pohlavní zralost u dívek je zahájení menstruace. U chlapců jde o výskyt pubického ochlupení, růst vousů a prohloubení výšky hlasu (G. Haff et al., 2016b). K hodnocení pohlavní zralosti může být využita například stupnice Tannerovy škály (nástroj hodnotící stupeň biologického zrání jedince z pohledu vývoje sekundárních pohlavních znaků). Hodnocení je možné provádět odborníkem (lékařem) nebo na základě sebehodnocení dětí či hodnocení prostřednictvím jejich rodičů (Lloyd, Oliver, et al., 2014). Sebehodnocení může být pro děti i rodiče mnohdy přijemnější variantou. I takto získané informace jsou hodnoceny jako validní. Nicméně Leone a Comtois (2007) upozorňují, že chlapci mají tendenci se přeceňovat, zatímco dívky se naopak často podceňují. Nevýhodou škály Tanner stages je, že není možné hodnotit celý vývoj jedince (absence ukazatelů před nástupem a po nástupu sekundárních pohlavních znaků) (Lloyd, Oliver, et

al., 2014). Z hlediska fyzické vyspělosti jsou klíčovými ukazateli tělesná výška, tělesná hmotnost a velikost dílčích segmentů těla (například délka končetin).

Somatický vývoj může v určitých fázích vývoje výrazně ovlivnit nejen kondiční, ale i technickou úroveň dítěte (hlavně v období rychlého nárůstu výšky a váhy) (Lloyd, Oliver, et al., 2014). Prudká změna tělesných kompozic může ovlivnit polohu těžiště, změnit pákové poměry atd., a výrazně tak ovlivnit výkon dítěte. V tomto období je potřeba dát dítěti dostatek času na to, aby se se změnami vyrovnalo (Lloyd, Oliver, et al., 2014).. V průběhu PHV a PWV mohou být děti náchylnější ke vzniku zranění v důsledku změny těžiště, vzniku dočasných svalových dysbalancí či relativnímu zúžení svalových šlach, vznikajících přechodně v důsledku rychlého růstu (American College of Sports Medicine et al., 1991; G. Haff et al., 2016b).

Před nástupem puberty dosahují dívky a chlapci podobných sportovních výkonů, ačkoli chlapci mohou v některých kondičních schopnostech dosahovat již mírně vyšších výsledků. Tento rozdíl se projevuje výrazněji ve prospěch chlapců po dosažení pohlavní zralosti dětí, a to hlavně u kondičních faktorů, které jsou ovlivňovány množstvím androgenních hormonů v těle dítěte (Lloyd, Oliver, et al., 2014).

## Specifika tělesného vývoje dětí

Typickým znakem tělesného zrání dítěte je nelineární vývoj, zahrnující jak období zrychleného růstu, tak období relativního klidu, a vysoká míra individuality (viz podkapitola chronologický vs. biologický věk). Přestože jsou popsány typické znaky pro jednotlivá vývojová období dítěte, je nutno ke každému dítěti přistupovat jako k originálu a uvědomit si, jak stupeň tělesného vývoje každého dítěte může ovlivňovat jeho sportovní výkon (Faigenbaum et al., 2020).

### Muskuloskeletální systém

Již od narození disponují děti stejným počtem svalů jako dospělí. Avšak společně se zráním dětského organismu dochází také k růstu jednotlivých svalů, co do jejich velikosti a hmotnosti (Kučera et al., 2011). Zatímco po narození tvoří svaly cca 25 % váhy novorozence, v dospělosti je to zhruba 40 % celkové tělesné hmotnosti (G. Haff et al., 2016b). Faigenbaum et al. (2020) popisují nárůst podílu aktivní svalové hmoty v období mezi 5. a 17. rokem u chlapců a dívek zvlášť.

Zatímco u chlapců dochází k výraznému nárůstu svalové hmoty z 42 %

na 54 % celkové tělesné hmotnosti, u dívek se jedná pouze o 2% přírůstek (z 40 % na 42 % celkové hmotnosti) (Faigenbaum et al., 2020).

To však nejsou jediné změny, kterými rostoucí sval prochází. V průběhu tělesného růstu dítěte se mění proporcionální poměr svalu a šlachy, dochází ke změně vnitřní struktury svalových bříšek (uspořádání jednotlivých svalových vláken) a mění se i prostorové uspořádání svalu, tj. uspořádání svalu a jeho úponu, postavení svalu vůči ose kloubu atd. (Kučera et al., 2011). Dochází k procentuální změně distribuce svalové tkáně vzhledem ke stavbě těla. Po narození se 40 % celkové svalové hmoty nachází na dolních končetinách, v průběhu sexuálního zrání se tento poměr navýší až na 55 % (Faigenbaum et al., 2020). Nejvyšším množstvím svalové hmoty disponují děvčata okolo 16.–20. roku života, chlapci pak mezi 18. a 25. rokem (Malina et al., 2004). S tím souvisí i vývoj maximální síly. Nejvyšších hodnot dosahují ženy okolo 20. roku života. Muži svého maxima dosahují mezi 20. a 30. rokem (netrénovaná populace). Děti svého maxima dosahují v průměru jeden rok po PHV. Velikost maximální síly je ovlivněna nejen množstvím svalové tkáně, ale také aktivací neuromotorických drah (G. Haff et al., 2016b). Z hlediska poměru svalových vláken u dětí a dospělých se objevují různé názory. Zatímco některé studie naznačují, že poměr svalových vláken typu I a II je podobný, jiné uvádějí, že

u předpubertálních dětí se vyskytuje až o 10 % více svalových vláken typu I (Dotan et al., 2012).

Strukturálními změnami neprochází jen sval, ale i **šlachový aparát**. Mění se jejich délka i pevnost v závislosti na síle svalu, na který se upínají. U mužů byly pozorovány výraznější změny než u žen. Podobně tomu bylo i u dospělých a dětí (Faigenbaum et al., 2020).

Vývoj **kostní tkáně**, známý jako osteogeneze, začíná již v době vývoje plodu. Po narození je kostní tkáň tvořena převážně z chrupavek, které postupem času zkostnatí (Faigenbaum et al., 2020; Wilmore & Costill, 1999).

**Osifikace** dlouhých kostí probíhá ve dvou fázích. K primární osifikaci dochází v diafýze, kde celý proces zrání kostí začíná. Chrupavčitá kostní tkáň se postupně transformuje od středu kosti směrem k vnějším okrajům (epifýze), kde následně probíhá sekundární osifikace. Mezi diafýzou a epifýzou dlouhých kostí se vytvoří tzv. růstové chrupavky, které umožňují růst dlouhých kostí do délky (Wilmore & Costill, 1999). Ve chvíli, kdy dojde ke kompletní osifikaci růstových chrupavek, dochází k ukončení tělesného růstu dítěte. Ačkoli k osifikaci dochází obvykle v průběhu puberty, dívky ukončují svůj kostní vývoj v průměru o 2–3 roky dříve než chlapci (viz obrázek 14) (G. Haff et al., 2016b).

Zranění v oblasti růstových chrupavek může způsobit zpomalení či předčasné zastavení růstu (Wilmore & Costill,

1999). Ke vzniku tohoto typu poranění mohou být děti náchylnější v období růstového spurtu – PHV (DiFiori et al., 2014).

Vzhledem k vyššímu výskytu **osteoporózy** u žen v pozdějším věku (menopauza) je vhodné klást u dívek důraz na preventivní opatření, jako je pohybová aktivita s vyšším vnějším odporem a strava pestrá na minerální látky. Vyšší riziko vzniku osteoporózy je u sportovních specializací s nízkým vnějším odporem (například plavání). Pohybové aktivity, jako jsou například silový či explozivní trénink, se jeví jako nejvhodnější metoda pro rozvoj kostní denzity (Faigenbaum et al., 2020). Nejvyšší efekt byl pozorován u dětí, které začaly s tréninkem před nástupem puberty (Barbieri & Zaccagni, 2013). Na druhou stranu dlouhodobý příliš vysoký vnější odpor (nepřiměřený) může způsobit vznik únavových zlomenin (Faigenbaum et al., 2020).

K remodelaci kostní tkáně dochází v průběhu celého života (Faigenbaum et al., 2020).

Se změnou tělesné hmotnosti se také mění množství **tuku** v těle dítěte, a to i vzhledem k jeho pohlaví. Zatímco u dívek se průměrné hodnoty procenta tělesného tuku pohybují mezi 15 a 17 % v 7–18 letech, mnoho dívek se s přibývajícím věkem dostává až k hranici 30 procent. U chlapců je poměr tukové tkáně výrazně nižší a má opačnou tendenci. Zatímco v 7 letech zaujímá tělesný tuk v průměru 13 %, v 18 letech je to



v průměru již jen 10 % (Kučera et al., 2011). Po narození tvoří tuková tkáň v průměru 10–12 % celkové tělesné hmotnosti dítěte (Wilmore & Costill, 1999).

Množství a velikost tukových buněk se může měnit v průběhu celého života (Wilmore & Costill, 1999).

## Nervový systém

Nervový systém se skládá z mozku, mozkového kmene, míchy, smyslových orgánů a nervové sítě, která propojuje tyto orgány se zbytkem těla (Faigenbaum et al., 2020).

**Centrální nervový systém** (CNS) se skládá z mozku a míchy. **Periferní nervový systém** (PNF) přenáší nervové signály do orgánů a těla. PNF se dále dělí na somatický nervový systém (senzorické a motorické nervy ovládající příčně-pruhovanou svalovinu) a autonomní nervový systém (regulace funkce vnitřních orgánů, cév, žláz, dýchací a kardiovaskulární soustavy – hladká svalovina). Ten se dále dělí na sympati- kus a parasympati- kus, řídící mobilizaci organismu a následně jeho regeneraci (Faigenbaum et al., 2020).

Nejrychlejším vývojem prochází nervový systém v prvních letech života. Téměř 95 % z celkového vývoje nervového systému je dokončeno do 7. roku života dítěte (Malina et al., 2004). Mozek dosahuje své maximální

velikosti již okolo 11.–12. roku u dívek a 14.–15. roku u chlapců. Nicméně většinu svého maximálního objemu zaujímá již v 6 letech (95 % celkové velikosti) (Lenroot & Giedd, 2006).

Šedá hmota mozková, která je asocio- vána s kontrolou pohybu, dosahuje svého vývojového maxima již v mladším školním věku (v 7–8 letech u dívek a v 10 letech u chlapců). Naproti tomu bílá hmota mozková, tvořená primárně myelinizovanými nervovými axony, prochází postupným vývojem v průběhu celého dětství (Lenroot & Giedd, 2006).

Z hlediska rychlosti šíření nervové- ho vzruchu je velmi důležitá **myeliniza- ce nervových vláken**, ke které dochází v průběhu dětství. Absence či neúpl- nost myelinové vrstvy snižuje rychlost přenosu nervového impulzu. Ačkoli pravidelný trénink může mít do určité míry pozitivní vliv na rychlost a kvalitu šíření nervového impulzu, schopnos- ti závislé na rychlosti šíření nervového impulzu (jako jsou například výbuš- nost, maximální síla či koordinace) do- sahují svého maxima až po dokončení vývoje nervového systému (Wilmore & Costill, 1999).

## Endokrinní systém

Funkcí endokrinního systému je udržet homeostázu v našem organismu, a reagovat tak na změny vnějšího a vnitř- ního prostředí (G. Haff et al., 2016b).

V kontextu pohybové aktivity má největší význam vývoj a produkce pohlavních hormonů a růstového hormonu, které ovlivňují tělesný vývoj dítěte (jako je tělesná výška či stavba) a rozvoj jeho pohybových schopností (Faigenbaum et al., 2020).

Hladina estradiolu (nejaktivnější z estrogenních hormonů) u předpubertálních dětí je u dívek mírně vyšší. V průběhu puberty se jeho hladina výrazně zvyšuje a ovlivňuje ovulaci, zrání reprodukčního systému a růst prsou (Malina et al., 2004).

Co se týče **testosteronu**, jeho hladina je v průběhu dětství nízká u dívek i chlapců. Avšak zatímco u děvčat dochází jen k velmi nízkému nárůstu v průběhu puberty, u chlapců se jeho množství zvýší až 20násobně (Malina et al., 2004). Tento nárůst hladiny cirkulujícího testosteronu v krvi u chlapců způsobí růst pohlavních orgánů a rozvoj sekundárních pohlavních znaků (vousy, pubické ochlupení, změna výšky hlasu). Výrazně ovlivňuje i množství aktivní tělesné hmoty a tělesnou výšku (Faigenbaum et al., 2020).

Nejvýraznějšími změnami prochází reprodukční systém dítěte zpravidla na začátku puberty, v jejichž důsledku dochází právě ke změně množství cirkulujících hormonů v dětském těle. Ty ovlivňují tělesný růst, tělesnou kompozici, kostní a svalovou tkáň, pozitivně ovlivňují svalovou architekturu, kardiorespirační systém, metabolismus a kognitivní funkce (Faigenbaum et al.,

2020). Je důležité si uvědomit, že nástup puberty není reflektován chronologickým věkem dítěte a u některých dětí se může lišit až o 5 let (Malina et al., 2004). Významnou roli, určující nástup puberty u dívek, hraje množství podkožního tuku (Rowland & Rowland, 2005). U dívek s negativní energetickou bilancí dochází k nástupu puberty zpravidla později, naopak je tomu u dívek s nadváhou či obezitou. Z hlediska zdraví je v tomto období důležité udržet u dívek vyvážený poměr stravy a fyzické aktivity (Faigenbaum et al., 2020).

Koncentrace růstového hormonu v krvi mírně stoupá již v průběhu dětství. Avšak nejvýraznější přírůstek je pozorovatelný v průběhu puberty, s vrcholem v období růstového spurtu. Následně jeho hladina v krvi opět postupně klesá (Faigenbaum et al., 2020).

## Kardiovaskulární systém

Kardiovaskulární systém hraje hlavní roli ve schopnosti těla reagovat na zvýšené nároky při fyzické aktivitě a cvičení. Jeho úkolem je dodávat pracujícím svalům živiny, transportovat vedlejší produkty metabolismu, pomáhat s termoregulací a udržením pH těla. Zvýšení tepové frekvence (TF) a srdeční kapacity při zvyšující se tělesné zátěži patří mezi základní adaptační mechanismy (Turley, 1997).

V průběhu dětství a dospívání prochází kardiovaskulární systém dítěte

řadou jak kvantitativních, tak kvalitativních změn, počínaje téměř 20násobným zvětšením srdce (od narození po dospělost), poklesem klidové TF (Lloyd & Oliver, 2019) či odlišnou reakcí kardiovaskulárního systému na zátěž (Turley, 1997).

## Krevní obraz

Společně s vývojem dětského organismu se mění také složení krve. Z hlediska sportovního výkonu je vhodné zmínit, že s rostoucím věkem se mění zastoupení hematokritu v krevním řečišti dítěte. Zatímco v raném dětství tvoří hematokrit cca 30 % krve, v dospělosti dosahuje cca 40–45 % u mužů a 38–42 % u žen. Roste také zastoupení hemoglobinu z původních 10 gramů/decilitr v dětství na 14–16 gramů/decilitr v dospělosti u žen a mužů (Lloyd & Oliver, 2019).

## Respirační systém

Rozvoj respiračního systému je úzce spjat se zráním kardiovaskulárního systému. Společně s růstem srdce dochází k nárůstu plic, které se mnohonásobně zvětšují. Při narození dítěte váží plíce pouhých 65 gramů, na konci dospívání je to již cca 1,3 kg. Společně s jejich růstem nastávají i funkční změny. Zatímco v raném dětství se klidová dechová

frekvence pohybuje okolo 22 dechů/minutu, na konci dospívání je to již jen 16 dechů/minutu. Mění se také maximální dechový objem, a to z 50 l v 5 letech na 100 l v dospělosti. Všechny tyto změny se výrazně projeví na aerobním metabolismu (Lloyd & Oliver, 2019).

Zvýšená spotřeba kyslíku při fyzické zátěži vyvolává vyšší poptávku, kterou pracující organismus hradí zvýšenou ventilací, tj. zvýšenou frekvencí dýchání a zvětšením dechového objemu. Nárůst obou těchto proměnných je závislý na délce trvání a intenzitě zátěže (Kučera et al., 2011).

## Rozvoj pohybových schopností v kontextu tělesného vývoje dítěte

S vývojem sportu a touhou po dosažení co nejlepších sportovních výkonů se stále zvyšují nároky nejen na kvalitu přípravy dospělých sportovců, ale i na sportovní přípravu dětí. Ve stále širším spektru sportovních specializací zařazují trenéři do dětských tréninkových plánů nejen technická a taktická cvičení zaměřená na rozvoj pohybových dovedností, ale zaměřují se také na systematický rozvoj pohybových schopností. Rozvoj kondičních schopností již v předpubertálním věku může být pro mladého sportovce z hlediska

jeho budoucí sportovní kariéry benefitující. Avšak pouze za předpokladu, že k dětem nebudeme přistupovat jako k malým dospělým a budeme jim vytvářet tréninkové programy na míru v závislosti na stupni jejich vývoje (Lloyd & Oliver, 2012). S touto myšlenkou pracují modely pro dlouhodobý rozvoj mladého sportovce, které se zaměřují na přípravu mladého sportovce na sport a aktivní životní styl. Mezi nejznámější patří Developmental Model of Sports Participation (DMSP, Long-term Athletic Development model (LTAD) a Youth Physical Development model (YPD). DMSP model nastiňuje cesty, kterými se dítě může vydat ve své sportovní kariéře, jejichž součástí jsou tři základní fáze. V první fázi – **fázi rozmanitosti (období 6–13 let)** se doporučuje, aby si dítě vyzkoušelo široké spektrum různých sportů a pohybových činností, což mu poskytne zábavu a vzrušení skrze sport a pomůže rozvíjet širokou škálu motorických dovedností. Následně mladý sportovec vstupuje do druhé fáze – fáze **specializace (13–15 let)**, kde si vybírá jednu až dvě sportovní disciplíny, ve kterých se nadále zlepšuje. Zde je již kladen vyšší nárok na cílený sportovní výkon. Tato fáze je zakončena **fází investice (od 15 let)**, kdy se mladý sportovec zaměří na dosažení elitní úrovně v jedné sportovní specializaci. Nebo se z něj stane rekreační sportovec. V případě, že sportovec nevstoupí do třetí fáze, zůstává aktivní po celý zbytek života prostřednictvím

rekreačního sportu. Model také zdůrazňuje, jak je důležité brát v úvahu individuální rozdíly v tempu zrání každého dítěte, věku, kdy se sportovní činností začal, a úrovně individuálních pohybových kompetencí, které jsou klíčové pro rozvoj mladého sportovce (Pichardo et al., 2018).

LTAD model pracuje s teorií, že s přihlédnutím k dospívání dětí jsou v jejich životě období, která jsou pro rozvoj jednotlivých pohybových schopností více vhodná (Balyi & Hamilton, 2004).

Je však nutné si uvědomit, že cílem modelu dlouhodobého vývoje mladého sportovce není vytvořit výhradně podmínky pro optimální rozvoj talentovaných dětí, budoucích elitních sportovců, ale vytvoření optimálních podmínek pro zdravý rozvoj mladého sportovce, získání zdravých pohybových návyků a prevenci zranění (Faigenbaum et al., 2020).

Pohybová úroveň dítěte do značné míry souvisí nejen s jeho tělesným růstem. Z hlediska pohybových dovedností je primárním faktorem dosažený stupeň zrání a vývoje dětského organismu. Podle Malina et al. (2004) je to nejlépe viditelné na rozvoji základních pohybových dovedností, jako jsou chůze, běh a skoky, které jsou v prvních 7–8 letech života primárně ovlivněny stupněm neuromotorického vývoje a dřívější zkušeností s pohybovou aktivitou než s rozvojem tělesných parametrů jedince.

Často se můžeme setkat s diferencí mezi biologickým vývojem a psychickou

zralostí dítěte (sociální, osobnostní a emoční vývoj). Malina et al. (2004) z tohoto důvodu doporučují nevyužívat výhradně ani biologický, ani behaviorální přístup, ale přistupovat k dětem dle jejich individuálních potřeb a celkového stupně vývoje.

Avšak kromě tělesného a psychického vývoje existují i další důležité faktory,

se kterými by měl trenér kalkulovat. Balyi & Way (2006) uvádí 6 základních proměnných vstupujících do tréninkového procesu dítěte, mezi které řadí kalendářní věk, vývojový věk, kosterní věk, všeobecný tréninkový věk, sportovně specifický tréninkový věk a relativní věk.

Definice jednotlivých pojmů uvádíme v obrázku 14.

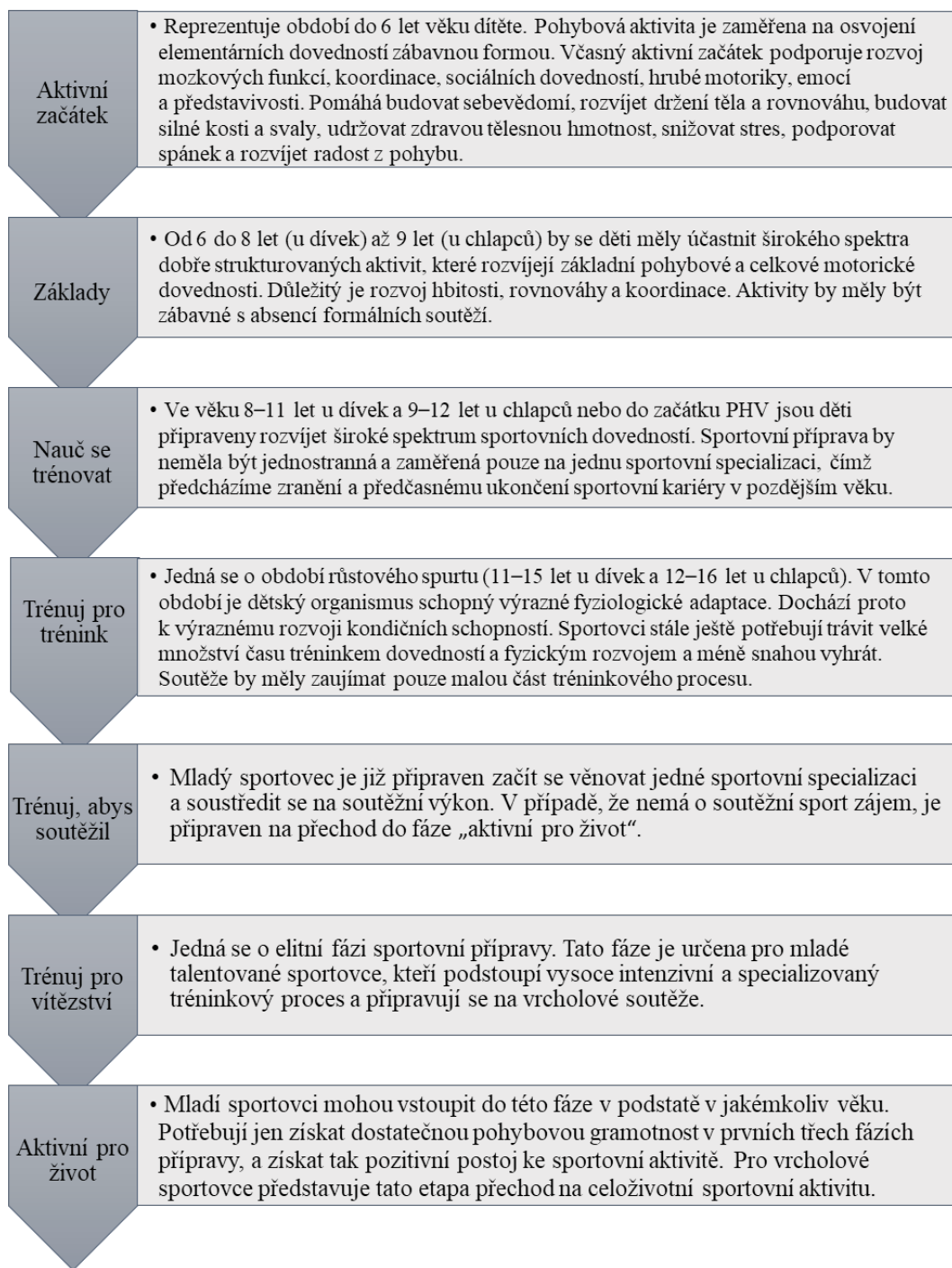
<b>Kalendářní věk</b>	Určujícím faktorem pro stanovení kalendářního věku je datum narození dítěte.
<b>Vývojový věk</b>	Udává stupeň fyzické, mentální, kognitivní a emocionální zralosti dítěte.
<b>Kosterní věk</b>	Označuje vyspělost kostry. Základním parametrem je stupeň osifikace.
<b>Všeobecný tréninkový věk</b>	Vyjadřuje celkový počet let, kdy dítě participovalo v tréninkovém procesu bez ohledu na sportovní specializaci.
<b>Sportovně specifický tréninkový věk</b>	Vyjadřuje počet let strávených v tréninkovém procesu jedné sportovní specializace.
<b>Relativní věk</b>	Označuje rozdíly ve věku mezi dětmi narozenými ve stejném kalendářním roce.

**Obrázek 14** Základní tréninkové proměnné pro ovlivňující tréninkový proces v kontextu vývoje dítěte  
Pozn.: Data pochází z anglického originálu: (Balyi & Way, 2006).

V souvislosti s modelem dlouhodobého vývoje mladého sportovce se můžeme setkat s názorem, že pokud dítě nebude stimulováno vhodným tréninkovým podnětem v senzitivním období, nemusí dojít k plnému využití pohybového potenciálu. V důsledku toho nemusí mladý sportovec dosáhnout limitní hranice pro pohybovou schopnost. Avšak toto tvrzení bylo v poslední době některými výzkumy zpochybněno a označeno za příliš zjednodušené. Nové výzkumy naopak uvádějí, že většina pohybových schopností je trénovatelná v průběhu celého dětství

a pro maximalizaci výkonu není nutné vyhledávat senzitivní období (Lloyd & Oliver, 2012). Avšak existují období dětského vývoje, kdy se rozvoj stimulovaných schopností stává efektivnější a správným načasováním jsme schopni tréninkový proces optimalizovat (Virus et al., 1999).

Hlavním cílem modelu dlouhodobého vývoje mladého sportovce je vytvoření strukturované cesty k optimalizaci rozvoje sportovní výkonnosti od talentovaných dětí až po elitní sportovce.



**Obrázek 15** Long-term athlete development model

Pozn.: Data pochází z anglického originálu: (Balyi et al., 2013).

## Věděli jste, že?

Pouze 0,2–0,5% sportujících dětí ve starším školním věku dosáhne profesionální úrovně (Brenner & Council On Sports Medicine And Fitness, 2016).

Ta se skládá ze 7 po sobě jdoucích fází (1. aktivní začátek, 2. základy (z anglického FUNDAMENTS – kde je kladen důraz na slovo FUN – zábava), 3. nauč se trénovat, 4. trénuj pro trénink, 5. trénuj, abys soutěžil, 6. trénuj pro vítězství, 7. aktivní pro život) a zohledňuje spíše individuální úroveň zranění než chronologický věk (Balyi et al., 2013). Více k jednotlivým fázím je uvedeno v obrázku 15.

Svalová zdatnost je nezbytnou součástí sportovního výkonu a hraje proto důležitou roli ve všech fázích modelu dlouhodobého vývoje mladého sportovce. Při zařazení kvalitního silového tréninku do všech fází přípravy může sportovec rozvíjet svoji výkonnost a kariéru, snižovat negativní dopady dlouhodobého tréninkového procesu (ve smyslu lokálního přetížení či jednostranné zátěže) a podpořit celkové zdraví i v dospělém věku (Granacher et al., 2016).

Novější výzkumy hovoří o konceptu tzv. synergické adaptace, která předpokládá, že existuje kompatibilní vztah mezi specifickou adaptací vyvolanou tréninkovým stimulem a adaptací související s růstem a zráním dítěte (Lloyd et al., 2016). Tento koncept nepracuje s myšlenkou, že pohybové schopnosti

děti a mládeže lze trénovat pouze během určitých období. Spíše se drží představy, že všechny pohybové schopnosti jsou trénovatelné v průběhu celého dětství a dospívání, avšak pro každé vývojové období jsme schopni nalézt vhodnější a méně vhodné tréninkové metody (Faigenbaum et al., 2020).

Například ve skupině aktivně sportujících chlapců školního věku dosáhli významného zlepšení ve skoku a sprintu chlapci, kteří byli vývojově před i po PHV. Avšak pro chlapce, kteří ještě nedosáhli PHV, byl neúčinnější metodou rozvoje plyometrický trénink, který má výrazný vliv na neuromuskulární systém.

Zatímco u chlapců po nástupu PHV se jako nejefektivnější jevila kombinace plyometrického a tradičního silového tréninku, kdy docházelo ke stimulaci jak neuromuskulárního systému, tak rozvoji síly (Lloyd et al., 2016). Podobně Rumpf et al. (2012) uvádějí, že pro rozvoj rychlosti sprintu byl u předpubertálních a pubertálních dětí nejefektivnější metodou plyometrický trénink. Zatímco u postpubertálních dětí se jednalo o kombinovaný trénink.

Díky některým nedostatkům modelu dlouhodobého vývoje mladého sportovce byla vytvořena alternativa,

model fyzického vývoje mladého sportovce (youth physical development model – YPD model), který se snaží tyto dosavadní nedostatky reflektovat a odstranit.

Tento nově upravený model se zabývá obdobím dětského vývoje od 2 do 21 let. Model obsahuje doporučení pro trénink a stimulaci jednotlivých pohybových schopností pro dívky a chlapce zvláště (obrázek 16 a 17). Vhodnost rozvoje jednotlivých pohybových schopností je označena odlišným formátováním (čím větší textový font a sytější barva zvýraznění, tím vhodnější je zařadit rozvoj dané pohybové schopnosti v příslušném vývojovém období). Snahou autorů modelu fyzického vývoje mladého sportovce bylo reflektovat biologické zrání dítěte. Model proto pracuje s PHV a PWV, jakožto ukazateli somatického zrání dítěte. PHV je charakterizováno jako období, kdy dochází k nejvyšším nárůstům tělesné výšky. PWV je fáze vývoje, charakterizována prudkým nárůstem tělesné hmotnosti, která je zpravidla v korelaci s nárůstem svalové hmoty vlivem zvýšení hladin pohlavních hormonů (Lloyd & Oliver, 2012; Malina et al., 2004), viz kapitola ontogenetický vývoj dítěte. Největším rozdílem oproti modelu dlouhodobého vývoje mladého sportovce je, že rozvoj pohybových schopností je dle YPD modelu možný v jakémkoli věku (Faigenbaum et al., 2020). Avšak pracuje s výsledky výzkumu zaměřených na vývoj motorických schopností u mladých sportovců, které

naznačují, že v některých fázích vývoje můžeme tréninkový proces zefektivnit. Například v předpubertálním a pubertálním věku dochází k období prudkého nárůstu výkonnosti (síla, explozivní síla, rychlost a vytrvalost) u chlapců i dívek. Hlavní příčinou je výrazný neuromuskulární vývoj, charakteristický výrazným rozvojem intramuskulární a intermuskulární koordinace a zvýšením kvality neuromotorických programů (Viru et al., 1999).

YPD model klade nejvyšší důraz na rozvoj svalové síly a pohybových dovedností, jakožto klíčových parametrů v jakékoli fázi vývoje mladého sportovce (Faigenbaum et al., 2020).

Za velmi důležité považuje YPD model včasný začátek stimulace pohybových schopností a dovedností (jakmile jsou děti schopné následovat instrukce a porozumět jim) a postupný přechod od obecných pohybových dovedností ke sportovně specifickým dovednostem vybrané sportovní specializace. Vysoký důraz klade model také na trenéry, jakožto na specialisty ovlivňující kvalitu a úspěšnost tréninkového procesu (Faigenbaum et al., 2020).



## YOUTH PHYSICAL DEVELOPMENT MODEL (YPD) PRO CHLAPCE

KALENDÁRNÍ VĚK	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21+					
	Rané dětství					Střední dětství					Adolescence					Dospělost									
VÝVOJOVÉ OBDOBÍ	Rychlý růst					Ustálený růst					Růstový spurt					Pokles rychlosti růstu									
FÁZE TĚLESNÉHO ZRÁNÍ	Roky před PHV					PHV					Roky po PHV														
TRÉNINKOVÁ ADAPTACE	Primárně neurální					Kombinace neurální a hormonální																			
POHYBOVÉ SCHOPNOSTI	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD					
	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD					
	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA					
	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY					
	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST					
	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA					
	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA					
		HYPERTROFIE					HYPERTROFIE					HYPERTROFIE					HYPERTR.								
VYTRVALOST A METAB.	VYTRVALOST A METABOLISMUS					VYTRVALOST A METABOLISMUS					VYTRVALOST A METABOLISMUS					VYTRVALOST A METABOLISMUS									
STRUKTURALIZACE TRÉNINKU	Nestrukturalizovaný					Mírně strukturalizovaný					Středně strukturaliz.					Výsoce strukturalizovaný					Velmi vysoce strukturalizovaný				

**Obrázek 16** YPD model pro chlapce

Pozn.: PHV = období růstového spurtu, ZPD = základní pohybové dovednosti, SSD = sportovně specifické dovednosti. Upraveno s povolením vydavatele z anglického originálu: (Lloyd & Oliver, 2012).

## YOUTH PHYSICAL DEVELOPMENT MODEL (YPD) PRO DÍVKY

KALENDÁRNÍ VĚK	Rané dětství		Střední dětství		Adolescence							Dospělost										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13	14	15	16	17	18	19	20	21+	
VÝVOJOVÉ OBDOBÍ	Rané dětství				Střední dětství				Adolescence											Dospělost		
RYCHLOST RŮSTU	Rychlý růst				Ustálený růst				↔		↔		↔		↔		↔		↔		Pokles rychlosti růstu	
FÁZE TĚLESNÉHO ZRÁNÍ	Roky před PHV				↔				↔		↔		↔		↔		↔		↔		Roky po PHV	
TRÉNINKOVÁ ADAPTACE	Primárně neutrální				↔				↔		↔		↔		↔		↔		↔		Kombinace neutrální a hormonální	
POHYBOVÉ SCHOPNOSTI	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	ZPD	
	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	SSD	
	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	MOBILITA	
	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY	AGILITY
	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST	RYCHLOST
	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA	VÝBUŠNÁ SÍLA
	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA	SÍLA
STRUKTURÁLIZACE TRÉNINKU	HYPERTRÓFIE				HYPERTRÓFIE				HYPERTRÓFIE		HYPERTRÓFIE		HYPERTRÓFIE		HYPERTRÓFIE		HYPERTRÓFIE		HYPERTRÓFIE		HYPERTRÓFIE	
	VYTRVALOST A METABOLISMUS				VYTRVALOST A METABOLISMUS				VYTRVALOST A METABOLISMUS		VYTRVALOST A METABOLISMUS		VYTRVALOST A METABOLISMUS		VYTRVALOST A METABOLISMUS		VYTRVALOST A METABOLISMUS		VYTRVALOST A METABOLISMUS		VYTRVALOST A METABOLISMUS	
STRUKTURÁLIZACE TRÉNINKU	Nestrukturalizovaný				Mírně strukturalizovaný				Středně strukturalizovaný		Výsoce strukturalizovaný		Výsoce strukturalizovaný		Výsoce strukturalizovaný		Výsoce strukturalizovaný		Výsoce strukturalizovaný		Výsoce strukturalizovaný	

**Obrázek 17** YPD model pro dívky

Pozn.: PHV = období růstového spurtu, ZPD = základní pohybové dovednosti, SSD = sportovně specifické dovednosti.

Upraveno s povolením vydavatele z anglického originálu: (Lloyd & Oliver, 2012).

## LITERATURA

- American College of Sports Medicine, Cantu, R. C., & Micheli, L. J. (Eds.). (1991). *ACSM'S guidelines for the team physician*. Lea & Febiger.
- Balyi, I., & Hamilton, A. (2004). Long-term athlete development: Trainability in childhood and adolescence. *Olympic Coach*, 16(1), 4–9.
- Balyi, I., & Way, R. (2006). The role of monitoring growth in long-term athlete development. *Canadian Sport for Life*, 2(1), 47–64.
- Balyi, I., Way, R., & Higgs, C. (2013). *Long-Term Athlete Development*. Human Kinetics. <https://doi.org/10.5040/9781492596318>
- Barbieri, D., & Zaccagni, L. (2013). Strength training for children and adolescents: Benefits and risks. *Collegium Antropologicum*, 37 Suppl 2, 219–225.
- DiFiori, J. P., Benjamin, H. J., Brenner, J. S., Gregory, A., Jayanthi, N., Landry, G. L., & Luke, A. (2014). Overuse injuries and burnout in youth sports: A position statement from the American Medical Society for Sports Medicine. *British Journal of Sports Medicine*, 48(4), 287–288. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093299>
- Dotan, R., Mitchell, C., Cohen, R., Klentrou, P., Gabriel, D., & Falk, B. (2012). Child—Adult Differences in Muscle Activation—A Review. *Pediatric Exercise Science*, 24(1), 2–21. <https://doi.org/10.1123/pes.24.1.2>
- Dovalil, J. (2009). *Výkon a trénink ve sportu*. Olympia.
- Faigenbaum, A. D., Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2020). *Essentials of youth fitness*. Human Kinetics.
- Foulkes, J. D., Knowles, Z., Fairclough, S. J., Stratton, G., O'Dwyer, M., Ridgers, N. D., & Fowweather, L. (2015). Fundamental Movement Skills of Preschool Children in Northwest England. *Perceptual and Motor Skills*, 121(1), 260–283. <https://doi.org/10.2466/10.25.PMS.121c14x0>
- Granacher, U., Lesinski, M., Büsch, D., Muehlbauer, T., Prieske, O., Puta, C., Gollhofer, A., & Behm, D. G. (2016). Effects of Resistance Training in Youth Athletes on Muscular Fitness and Athletic Performance: A Conceptual Model for Long-Term Athlete Development. *Frontiers in Physiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00164>
- Haff, G., Triplett, N. T., & National Strength & Conditioning Association (U.S.) (Eds.). (2016). *Essentials of strength training and conditioning* (Fourth edition). Human Kinetics.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Wilmore, J. H. (2012). *Physiology of sport and exercise* (5th ed). Human Kinetics.
- Kučera, M., Kolář, P., & Dylevský, I. (2011). *Dítě, sport a zdraví*. Galén.
- Lenroot, R. K., & Giedd, J. N. (2006). Brain development in children and adolescents: Insights from anatomical magnetic resonance imaging. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30(6), 718–729. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2006.06.001>
- Leone, M., & Comtois, A. S. (2007). *Validity and reliability of self-assessment of sexual maturity in elite adolescent athletes*. 47(3), 361.
- Lloyd, R. S., Cronin, J. B., Faigenbaum, A. D., Haff, G. G., Howard, R., Kraemer, W. J., Micheli, L. J., Myer, G. D., & Oliver, J. L. (2016). National Strength and Conditioning Association Position Statement on Long-Term Athletic Development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1491–1509. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001387>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The Youth Physical Development Model: A New Approach to Long-Term Athletic Development. *Strength and Conditioning Journal*, 34(3), 61–72. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31825760ea>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (Eds.). (2019). *Strength and conditioning for young athletes: Science and application* (Second Edition). Routledge.
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Myer, G. D., & De Ste Croix, M. B. A. (2014). Chronological Age vs. Biological Maturation: Implications for Exercise Programming in Youth.

- Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1454–1464. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000391>
- Logan, S. W., Ross, S. M., Chee, K., Stodden, D. F., & Robinson, L. E. (2018). Fundamental motor skills: A systematic review of terminology. *Journal of Sports Sciences*, 36(7), 781–796. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1340660>
- Lubans, D. R., Morgan, P. J., Cliff, D. P., Barnett, L. M., & Okely, A. D. (2010). Fundamental Movement Skills in Children and Adolescents: Review of Associated Health Benefits. *Sports Medicine*, 40(12), 1019–1035. <https://doi.org/10.2165/11536850-000000000-00000>
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (2nd ed). Human Kinetics.
- Miklánková, L., Univerzita Palackého, & Fakulta tělesné kultury. (2007). *Předplavecká příprava dětí předškolního věku a vybrané determinanty její úspěšnosti*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689–694.
- Pastucha, D. (2014). *Tělovýchovné lékařství: Vybrané kapitoly*. Grada.
- Perič, T. (2012). *Sportovní příprava dětí*. Grada.
- Pichardo, A. W., Oliver, J. L., Harrison, C. B., Maulder, P. S., & Lloyd, R. S. (2018). Integrating models of long-term athletic development to maximize the physical development of youth. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 13(6), 1189–1199. <https://doi.org/10.1177/1747954118785503>
- Rowland, T. W., & Rowland, T. W. (2005). *Children's exercise physiology* (2nd ed). Human Kinetics.
- Rumpf, M. C., Cronin, J. B., Pinder, S. D., Oliver, J., & Hughes, M. (2012). Effect of Different Training Methods on Running Sprint Times in Male Youth. *Pediatric Exercise Science*, 24(2), 170–186. <https://doi.org/10.1123/pes.24.2.170>
- Turley, K. R. (1997). Cardiovascular Responses to Exercise in Children: *Sports Medicine*, 24(4), 241–257. <https://doi.org/10.2165/00007256-199724040-00003>
- Vealey, R. S., & Chase, M. A. (2016). *Best Practice for Youth Sport*. Human Kinetics. <https://doi.org/10.5040/9781492595267>
- Vignerová, J., Riedlová, J., Bláha, P., Kobzová, J., Krejčovský, L., Brabec, M., & Hrušková, M. (2006). 6. *Celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001 Česká republika*. PřF UK v Praze a SZÚ.
- Viru, A., Loko, J., Harro, M., Volver, A., Laaneots, L., & Viru, M. (1999). Critical Periods in the Development of Performance Capacity During Childhood and Adolescence. *European Journal of Physical Education*, 4(1), 75–119. <https://doi.org/10.1080/1740898990040106>
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1999). *Physiology of sport and exercise* (2nd ed). Human Kinetics.

# SOMATICKÉ FAKTORY

V české literatuře se s pojmem somatické faktory můžeme setkat v kontextu základních proměnných ovlivňujících sportovní výkon: faktory somatické (zahrnující konstituční znaky sportovce), faktory kondiční (soubor pohybových schopností sportovce), faktory psychické (vycházející z osobnosti jedince), faktory taktické a technické. Somatické faktory jsou považovány za relativně stálé a z velké části genetiky podmíněné. Mezi hlavní somatické faktory patří tělesná výška a hmotnost, délkové rozměry a poměry jednotlivých tělesných segmentů, úhly kostí, svalů, šlach a vazů, složení těla a tělesný typ (Dovalil & Choutka, 2012).

V zahraniční literatuře se v kontextu dětského sportovního výkonu setkáme spíše s pojmy jako somatický věk či somatické zrání, které hodnotí tělesný vývoj dítěte. Somatický vývoj je úzce spojován s kostní a sexuální zralostí jedince. Jedním z hlavních ukazatelů, popisujících somatický vývoj, je rychlost tělesného růstu (PHV), který vystihuje maximální rychlost růstu postavy nastávající zpravidla během adolescentního období (Faigenbaum et al., 2020). Druhým nejčastěji popisovaným ukazatelem je nárůst tělesné váhy (PWV), který monitoruje rozvoj tělesné hmotnosti. Tento váhový spurt je u chlapců popisován typicky 6 měsíců po PHV. U dívek bývá tento rozestup zpravidla

delší, nejčastěji v rozmezí od několika měsíců do cca 1 roku (Faigenbaum et al., 2020).

Jako nejpřesnější metoda pro určení stupně somatického zrání se jeví stanovení kostního věku dítěte, avšak jeho stanovení bývá často hodnoceno jako náročné či neetické (Faigenbaum et al., 2020). Z tohoto důvodu byly vytvořeny predikční rovnice, ze kterých je možné stanovit nástup PHV (hodnota  $-2$  znamená, že dítě je dva roky před zahájením PHV).

Zahájení předpokládaného začátku tělesného zrání dítěte je možné stanovit například ze zjednodušených rovnic dle Moore et al. (2015):

$$\begin{aligned} \text{Zahájení tělesného zrání u chlapců} = \\ -7,999994 + (0,0036124 \times \text{věk} \\ \times \text{tělesná výška}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Zahájení tělesného zrání u dívek} = \\ -7,709133 + (0,0042232 \times \text{věk} \\ \times \text{tělesná výška}) \end{aligned}$$

# Vliv silového tréninku na tělesnou stavbu dětí a mladistvých

## Vliv silového tréninku na rozvoj svalové hmoty

Vliv silového tréninku na tělesnou stavbu dětí, hlavně pak na množství svalové hmoty, je často diskutovaným tématem. Rozvoj svalové síly a rychlosti je do značné míry podmíněn strukturálními změnami ve svalové tkáni. Prostor pro tyto změny v dětském organismu je však značně omezený v důsledku nízké hladiny cirkulujících anabolických hormonů, jako je testosteron (Faigenbaum et al., 2009; Legerlotz et al., 2016). Koncentrace testosteronu v krvi u předpubertálních dětí se pohybuje v rozmezí 20–60 ng/100 ml, zatímco v průběhu dospívání u chlapců vzroste na hodnoty okolo 600 ng/100 ml. U dívek se hladina testosteronu v krvi zásadně nemění (Malina et al., 2004). Nicméně výsledky nedávných studií naznačují, že ke zvětšení **anatomického a fyziologického průřezu** svalové tkáně u předpubertálních dětí může docházet nejen v důsledku růstu, ale také působením tréninkového stimulu (Legerlotz et al., 2016).

Proporcionální rozměry svalů, svalových fascií a šlach se mění úměrně k tělesnému vývoji po celou dobu dospívání tak, že kontraktilní schopnosti svalu dospělého jedince a dítěte

se zdají být podobné (Legerlotz et al., 2016). Avšak relativní nepoměr mezi fyziologickou průřezovou plochou svalové tkáně a délkou fascií v dospělosti naznačuje, že svaly dospělých jsou lépe navrženy pro produkci síly než dětské svaly (O'Brien et al., 2010). K nejvýraznějšímu rozvoji svalového objemu dochází mezi 10.–12. a 13.–15. rokem, kdy může dojít k nárůstu až o 50 % (Legerlotz et al., 2016).

Zatímco mezi dívkami a chlapci nejsou pozorovatelné téměř žádné rozdíly ve svalovém objemu a fyziologickém průřezu svalové tkáně, mezi ženami a muži mohou být viditelné výrazné rozdíly. Značnou roli na tom hraje množství cirkulujících anabolických hormonů, avšak významným faktorem, ovlivňujícím tyto svalové parametry, jsou i běžné denní aktivity a tréninkový profil sportovce (Legerlotz et al., 2016).

Ve sportovních disciplínách s vysokou frekvencí skoků a sprintů často dochází k nesymetrickému rozvoji mechanických vlastností svalů a šlach dospívajících sportovců, což může způsobovat poranění v oblasti šlachového aparátu sportovce. Proto je velmi důležité, aby úměrně k velikosti vnějšího zatížení, působícího na mladého sportovce, docházelo také k nárůstu fyziologického průřezu svalové tkáně (Mersmann et al., 2014).

Autoři (Daly et al., 2004) porovnávali poměr plochy kostní a svalové tkáně měřené na dominantní a nedominantní paži tenistek pomocí série snímků



z MRI v průběhu různých fází vývoje dítěte (předpubertální, pubertální, postpubertální období). Ve výsledcích byl patrný rozdíl v průřezu svalové tkáně mezi dominantní a nedominantní paží v závislosti na věku tenistek (předpubertální období:  $6,7 \pm 1,0$  %, pubertální období:  $7,8 \pm 1,4$  %, postpubertální období:  $7,8 \pm 1,0$  %). Navzdory těmto proporčním rozdílům v množství svalové hmoty mezi dominantní a nedominantní paží nebyl pozorován výrazný vliv na kostní tkáň oproti jiným autorům (Bass et al., 1998). Je možné, že rozdíly ve vztahu mezi svalovou a kostní tkání během růstu mohou být připsány odlišným účinkům zvyšujících se koncentrací estrogenu na kosti ve srovnání se svalem (Daly et al., 2004).

Rozvoj svalové síly u dětí (hlavně před PHV) je připisován spíše rozvoji neuromuskulárních funkcí než svalové hypertrofii (Chan & Micheli, 1999; Malina, 2006). Avšak objevují se i výzkumy, které popisují rozvoj nejen svalové síly, ale i svalové hypertrofie (Faigenbaum, 2007). Například Yu a kol. (2005) popisují přírůstek aktivní svalové hmoty po 6 týdnech intervence o 2,4 % (podobně jako další autoři (Schwingshandl et al., 1999; Suman et al., 2001)). Zdá se, že výraznější vliv silového tréninku v kontextu rozvoje svalové hypertrofie by mohl být viditelný v případě **intenzivnějších** tréninkových programů, s **delší dobou trvání** tréninku či použitím citlivějších měřících technik, které jsou eticky vhodné

pro tuto populaci, avšak byly by schopné přesnější detekce účinků tréninku na beztukovou hmotu od očekávaných přírůstků v důsledku růstu a zrání (Faigenbaum, 2007).

Vlivem sportovního tréninku nedochází pouze k rozvoji svalové tkáně ve smyslu zvětšení průřezu svalových vláken, ale také ke **změně struktury** svalové tkáně. Zatímco u elitních fotbalistů (průměrný věk =  $15,2 \pm 0,6$  roku, sportovní kariéra =  $8,0 \pm 1,1$  let) byla ve svalové tkáni nejvíce zastoupena svalová vlákna typu IIA (o 18,1 % a 18,4 % více než u předpubertálních a pubertální hráčů), nejmenší složku tvořila svalová vlákna typu I (o 21,3 % méně než u předpubertální skupiny hráčů s průměrnou délkou sportovní kariéry  $3,7 \pm 1,5$  roku). Zdá se, že specifický trénink může u mladých sportovců měnit metabolický profil svalové tkáně (Metaxas et al., 2014).

Avšak, aby mohl být účinek silového tréninku na svalovou tkáň dětí plně objasněn, je zapotřebí vznik longitudinálních studií, které by poskytly dostatek prostoru pro projevení i v případě menších adaptačních stimulů (Faigenbaum et al., 2020; Legerlotz et al., 2016).

## Omezení tělesného růstu

Poškození růstových chrupavek a omezení růstu je jedním z nejčastěji diskutovaných témat v kontextu silového tréninku dětí. Ačkoli některé případové studie

z konce minulého století popisují vznik zranění růstových chrupavek, jako příčina vzniku je uváděna špatná technika provádění, nevhodné zařazení maximálního odporu či absence kvalifikovaného dohledu (Faigenbaum et al., 2009).

Novodobé vědecké studie ukazují, že vhodně vedený silový program nemá nepříznivé účinky na vznik **poranění růstových chrupavek, narušení lineárního růstu** (Faigenbaum et al., 2009; Lloyd, Faigenbaum, et al., 2014; McEntyre, 2018) či snížení **tělesné výšky** v dospělosti (Lloyd, Faigenbaum, et al., 2014). Naopak vnější zatížení působící vlivem silového tréninku na vazivově-kostní aparát může být prospěšné pro **tvorbu a růst kostí** (Lloyd, Faigenbaum, et al., 2014). Pravidelná účast dětí na

aktivitách obsahujících vícekloubové silové cviky střední až vysoké intenzity může pozitivně ovlivnit **kostní denzitu** a optimalizovat **mineralizaci kostní tkáně** (Lloyd, Faigenbaum, et al., 2014).

Omezení tělesného růstu vlivem vysokého zatížení je často diskutovaným tématem ve sportech, jako jsou sportovní gymnastika či vzpírání. Mezinárodní gymnastická federace na základě těchto diskuzí zadala vypracování výzkumného review zabývajícího se vlivem sportovní gymnastiky na tělesnou výšku. Výsledkem bylo zjištění, že intenzivní gymnastický výkon se nejeví jako faktor redukující tělesnou výšku sportovce ani jako faktor ovlivňující růst tělesných segmentů (Malina et al., 2013, Faigenbaum et al., 2020).

### Věděli jste, že?

Z hlediska rozvoje podpory zdravé kostní tkáně je dětství ideálním obdobím pro zařazení silového tréninku (Faigenbaum et al., 2020).

## Vliv silového tréninku na kostní tkáň

Rozvoj kostního zdraví je jedním z nejčastěji zmiňovaných zdravotních benefitů spojených se silovým tréninkem dětí a mládeže (Barbieri & Zaccagni, 2013; Behm et al., 2008). Protože svaly a kosti jsou biomechanicky propojeny, předpokládalo se, že větší velikost a síla svalů by měla vést k větší zátěži a namáhání

kostí, a to by mělo odpovídajícím způsobem ovlivnit nárůst kostní hmoty, velikosti a její síly (Faigenbaum, 2007; Schoenau & Frost, 2002; Zatsiorsky & Kraemer, 2014).

Bass et al. (1998) popisují výskyt signifikantně vyšší hodnoty kostní denzity u skupiny sportovních gymnastů, jejichž trénink se skládal převážně z vysoce intenzivního a silového tréninku. Vysoký vnější odpor působí pozitivním způsobem nejen na kostní kompozici, ale také geometrii. Ovlivňuje obsah



minerálů v kostech a index pevnosti kostí, což může redukovat riziko vzniku zlomenin (Legerlotz et al., 2016). Vliv tréninku na stavbu kostní tkáně je popisován i u mladých tenistů, kde je zřetelný rozdíl mezi dominantní a nedominantní paží. Tento rozdíl je zapříčiněn vyšší svalovou silou a vyšším namáháním kostní tkáně dominantní paže. Rozdíly svalových a kostních rysů dominantní a nedominantní paže se pohybovaly v rozmezí 6–13 % ve prospěch dominantní paže (Daly et al., 2004).

Positivní vliv vnějšího odporu na kostní zdraví mladých sportovců je popisován v širokém spektru sportovních specializací a disciplín, jako jsou gymnastika, tenis, volejbal, cyklistika, úpolové sporty a další (Legerlotz et al., 2016).

Emeterio et al. (2011) uvádějí, že někteří autoři hodnotí vliv sportovního tréninku na rozvoj kostní denzity jako efektivní primárně u preadolescentních dětí, jiní zase zastávají názor, že efekt je možné pozorovat i u adolescentních dětí, avšak spíše u chlapců.

Podobné účinky můžeme vidět i v případě silového tréninku. Avšak zdá se, že tento účinek má lokální charakter vzhledem k místu působení vnějšího odporu (v místech největšího namáhání). Svědčí o tom výsledky studie hodnotící vliv 15měsíční silové intervence

na rozvoj denzity kostí. V důsledku silového programu došlo k významnému rozvoji kostní denzity v oblasti femuru, ale nebyl zaznamenán statisticky významný nárůst kostní denzity v oblasti bederní páteře a celkové kostní hmoty (Nichols et al., 2001). Lokální charakter vlivu silového tréninku by mohl vysvětlit, proč u adolescentních děvčat nebyl pozorován významný vliv 26týdenního silového programu na kostní denzitu a obsah kostních minerálů, v oblasti bederní páteře a celého organismu (Blimkie et al., 1996). Další možné vysvětlení poskytují výsledky studie zaměřené na rozvoj kostní denzity vlivem kombinace silového tréninku a tréninku sjezdového lyžování. Zatímco v oblasti bederní páteře došlo k rozvoji kostní denzity u chlapců i dívek, k pozitivnímu efektu v oblasti femuru došlo pouze u chlapců.

Vliv pohlaví jako významného faktoru ovlivňující mineralizaci a denzitu kostí u adolescentních sportovců se tak jeví jako možné (Emeterio et al., 2011). Ačkoli se zdá, že adaptace kostní tkáně neprobíhá komplexně v celém organismu, vlivem pravidelného silového tréninku dochází k jejímu rozvoji i u mladých sportovců, a to bez jakéhokoli náznaku strukturálního poškození (Legerlotz et al., 2016).

### **Věděli jste, že?**

Cvičení a vyvážená strava jsou esenciální pro rozvoj kostního zdraví? Ovlivňují šířku a hustotu kostí a pevnost kostní tkáně (Wilmore & Costill, 1999).

K opačnému výsledku dospěli Bass et al. (1998), kteří popisují nárůst tělesné kostní denzity u předpubertálních gymnastek, a to jak celkové hodnoty, tak v páteři a dolních končetinách. Hodnota tělesné kostní denzity byla o 30–85 % vyšší než v kontrolní skupině (všechny  $p < 0,05$ ). Pozitivní vliv silového tréninku na rozvoj kostní denzity je popisován u vzpěračů, jejichž trénink zahrnoval vícekloubová cvičení (Virvidakis et al., 1990).

Zdá se, že při dlouhodobém přerušení sportovní aktivity účinky silového tréninku na kostní tkáň postupně odeznívají (Legerlotz et al., 2016). Avšak opačný jev popisují Bass et al. (1998), kdy autoři zaznamenali plošné zvýšení BMD u sportovních gymnastek i po skončení jejich sportovní kariéry (průměrný čas od skončení sportovní kariéry byl  $8 \pm 1$  rok). Děvčata začínala s intenzivním sportovním tréninkem v předpubertálním věku.

## Vliv silového tréninku na šlachový aparát

Silnější sval klade vyšší nároky na pevnost přiléhající šlachy. A proto je z hlediska prevence zranění důležitý adekvátní poměr síly obou struktur. V průběhu růstu se mění nejen strukturální vlastnosti šlach (jejich šířka a délka), ale také jejich mechanické

vlastnosti (například obsah kolagenu). **Vyšší tuhost šlach** u dospělých není způsobena pouze zvětšením velikosti, ale také změnou vlastností tkáňového materiálu (Legerlotz et al., 2016).

Poranění šlach jsou však v dětském věku zřídka k vidění. Výskyt tohoto typu poranění se zvyšuje se stoupajícím věkem. Zatímco výskyt patelární tendinopatie (skokanského kolene) u 15–19letých hráčů volejbalu byl 11 %, u elitních dospělých hráčů se již jednalo o 45 % (Legerlotz et al., 2016).

Významný vliv na zvyšující se prevalenci zranění šlachového aparátu u dospělých elitních sportovců má nárůst množství a intenzity tréninkového zatížení a jejich specifická povaha. Dalším faktorem může být nevyvážená adaptace svalů a šlach v reakci na zátěž vyvolanou tréninkem (Legerlotz et al., 2016).

U dospívajících volejbalistů byl zaznamenán nevyvážený vývoj svalové síly a mechanických a morfologických vlastností šlach, což může zvyšovat riziko vzniku zranění (Mersmann et al., 2014). Zdá se, že délka působení a velikost stimulu, vyvolávající adekvátní adaptaci, se pro svalovou a šlachovou tkáň liší (Legerlotz et al., 2016).

Z hlediska prevence zranění je proto velmi důležitý dlouhodobý tréninkový stimul s postupně se zvyšující intenzitou tréninkového zatížení. Silový trénink se jeví jako ideální adaptační stimul (Legerlotz et al., 2016).

Silový trénink může kromě prevence zranění pozitivním způsobem

ovlivňovat i samotný sportovní výkon. Vyšší tuhost šlach zlepšuje ekonomiku běhu, pravděpodobně v důsledku vyššího ukládání a návratu energie a redistribuci svalového výkonu v dolních končetinách (Albracht & Arampatzis, 2013). Je možné předpokládat, že tento efekt bude působit stejně i u dětí. Nicméně je zapotřebí jej ještě ověřit (Legerlotz et al., 2016).

## Vliv silového tréninku na redukci dětské nadváhy a obezity

Nárůst dětské obezity je stále se rozšiřujícím problémem moderní společnosti a ani Česká republika tomu není výjimkou. Dle České obezitologické společnosti trpí nadváhou každé 4. dítě a každé 7. dítě je obézní.

V roce 1994 evidovali praktičtí lékaři 3,7 % dětí s obezitou, v roce 2000 se jednalo již o 13 %. Nejvyšší výskyt obezity je u dětí ve věku 7 let. Zde je souvislost s nástupem do školy a změnou životního stylu (Marinov, 2011). Výsledky světových výzkumů ukázaly, že v Brazílii a USA ročně přibude 0,5 % obézních dětí, zatímco v Evropě, Kanadě a Austrálii se jedná o nárůst až 1 % ročně. Tento prudký nárůst výskytu dětské obezity v relativně stabilní populaci naznačuje, že genetická predispozice nebude jeho primární příčinou (Lobstein et

al., 2004). Například v Austrálii trpí nadváhou a obezitou v průměru 20–25 % dětí ve věku 2–18 let. V celosvětovém měřítku se jedná o 22 milionů dětí ve věku pod 5 let (Dias et al., 2015).

Lobstein a kol. (2004) upozorňují v souvislosti s nárůstem dětské nadváhy a obezity na problém, jehož rozsah zatím není možné odhadnout. Jedná se o zatížení zdravotních služeb, které tento stále se zvyšující nárůst v budoucnu přinese.

Vedle aktuálních problémů, jako jsou hyperinzulinemie, snížená glukózová tolerance, zvýšené riziko cukrovky 2. typu, hypertenze, spánková apnoe, sociální vyloučení a deprese, přinese zvýšený výskyt dětské obezity výrazný nárůst zdravotních potíží také v budoucí generaci dospělých. Autoři hovoří o zvýšeném výskytu srdečních chorob, cukrovky, některých druhů rakoviny, onemocnění žlučníku, osteoartrózy, endokrinních poruch a dalších stavů souvisejících s obezitou.

Kardiovaskulární onemocnění nabývá na významu jako příčina úmrtnosti na celém světě (Daniels et al., 2005). A právě obezita se u dospělých stává výrazným rizikovým faktorem pro výskyt kardiovaskulárních onemocnění (Group et al., 1996). Schonfeld-Wa (1997) uvádí, že většina dětí trpících obezitou v dětství je obézní i v dospělém věku (President's Council on Physical Fitness & Sport, 2007; Schonfeld-Warden & Warden, 1997). Nejvíce ohroženou skupinou jsou děti z rodin s nižšími příjmy

v průmyslově vyspělých zemích, kde jsou omezeny možnosti pohybové aktivity a kvalitních stravovacích návyků (Lobstein et al., 2004).

Jako ukazatel, hodnotící složení těla, je možné použít tzv. **index tělesné hmotnosti BMI** (body mass index). Pro výskyt obezity se však jeví jako vhodnější využití percentilových grafů BMI. V USA se například používají následující pásma pro hodnocení poměru tělesné výšky a hmotnosti. Hodnota BMI v rozmezí  $> 5$  až  $< 85$  je považována za normální hmotnost vzhledem k výšce; 85. až 95. percentil je považován za rizikový pro nadváhu; a  $\geq 95$ . percentil je definován jako obezita (Daniels et al., 2005). V České republice se používají percentilová pásma viz tabulka 5.

**Tabulka 5** Hodnocení tělesné stavby pomocí percentilových pásem BMI (Vignerová et al., 2006)

Percentil BMI	Hodnocení
$> 97$	obézní
90–97	nadváha
75–90	robustní
25–75	proporcionální
10–25	štíhlý
$< 10$	hubený

Problémem využití percentilových grafů BMI u populace s vysokým výskytem nadváhy a obezity je, že reálné hodnoty odpovídající percentilovým křivkám odpovídají vyšší tělesné hmotnosti než u populace s nižším zastoupením obézních jedinců. Tímto

způsobem se reálná hodnota, například 97. percentilu, v posledních dekádách stále zvyšuje (Vignerová et al., 2006).

Ze zdravotního hlediska se procento tělesného tuku jeví jako přesnější ukazatel vzniku kardiometabolických obtíží než BMI (Bouchard & Katzmarzyk, 2010).

Děti trpící nadváhou a obezitou jsou velmi často nabádány k aerobním aktivitám. Mezi nejčastěji ordinované aktivity patří programy zahrnující chůzi, jogging, bruslení, jízdu na kole či tanec 3–5× do týdne se střední až sub maximální intenzitou v délce 60 minut a více (Daniels et al., 2005). Avšak úspěšnost aerobních programů je u těchto dětí často velmi nízká, a to v důsledku vysoké subjektivní náročnosti pohybových programů a nízkého prožití vlastního úspěchu ve srovnání s ostatními dětmi (Schranz et al., 2013). Typickým znakem pro tuto skupinu dětí je **nižší pohybová gramotnost** (nižší úroveň motorických dovedností) a **snížené sebevědomí**, díky čemuž mohou děti často vnímat aerobní cvičení jako nudné nebo nepříjemné (Dencker et al., 2006). Vlivem kombinace těchto faktorů často dochází k nedostatečnému psychickému a fyziologickému efektu, a děti tak velmi často ztratí o pohybovou aktivitu zájem (Schranz et al., 2013; J. J. Smith et al., 2014). Někteří autoři také upozorňují, že nadbytek tělesné hmotnosti dětí může u těchto aktivit vést ke vzniku muskuloskeletárních zranění (Schranz et al., 2013).

Silový trénink se jeví jako pohybová aktivita, která těmto dětem přináší jistou výhodu ve srovnání s ostatními dětmi ve smyslu dosažení úspěchů. Děti s nadváhou a obezitou disponují vlivem své vyšší tělesné hmotnosti větším množstvím svalové hmoty, a tím pádem i vyšší silou. V důsledku toho pak mohou prožívat při cvičení více úspěchů a ve srovnání s ostatními dětmi dosahovat vyšších výkonů (McGuigan et al., 2009). Dětem také často vyhovuje střídavý charakter zátěže s kratším časem trvání a následnou pauzou (Faigenbaum, 2007).

Z hlediska vlivu silového tréninku na tělesnou stavbu se tento typ tréninku jeví jako vhodná metoda pro **redukci** dětské nadváhy a obezity, jelikož může pozitivně ovlivnit množství aktivní svalové hmoty, tukové tkáně a bazální metabolismus (McGuigan et al., 2009; Schwingshandl et al., 1999), a to i přes to, že silový trénink není typicky charakterizován vysokým kalorickým výdejem (ve srovnání například s dlouhodobou aerobní aktivitou) (Schranz et al., 2013).

Vliv silového tréninku na rozvoj svalové hmoty u dětí s nadváhou a obezitou je menší u předpubertálních dětí a dívek. Avšak i u těchto skupin dochází k mírnému nárůstu množství svalové hmoty, zpravidla v rozmezí 2–5 % (Shaibi et al., 2006; Strašilová et al., 2020; Yu et al., 2005). Nárůst aktivní svalové hmoty může být pro děti s nadváhou a obezitou benefitující v kontextu zvýšení bazálního metabolismu

a pozitivního ovlivnění celodenního energetického výdeje (Yu et al., 2005).

Současně s nárůstem množství svalové hmoty je popisován také přírůstek svalové síly. Nárůst svalové síly je ve většině případů popisován výraznější než samotný nárůst svalové hmoty (Faigenbaum et al., 2003b). Tento nepoměr je vysvětlován nízkou hladinou androgenních hormonů (hlavně pak u předpubertálních dětí a dívek) a vysokou neuromuskulární adaptací (dochází ke zvýšené aktivaci motorických jednotek, zlepšení motorických dovedností a rozvoji intrasvalové a intersvalové koordinace). Nárůst síly je u silových programů dětí předpubertálního věku popisován až v řádu desítek procent již po 8–10 týdnech tréninku (Guy & Micheli, 2001b).

Schwingshandl et al. (1999) poukazují na nedostatky pouze dietních programů pro tuto skupinu dětí, jelikož s sebou často nesou kromě kýženého efektu redukce tělesného tuku také úbytek aktivní tělesné tkáně. Navrhl proto 12týdenní tréninkový program skládající se ze 3–4 sérií silových cviků zapojujících všechny velké svalové skupiny s progresivním odporem. V první sérii děti začínaly s 50 % 10RM. V následujících sériích odpor postupně zvyšovaly, až nebyly schopny provést všech 10 opakování v důsledku svalové únavy. Ačkoli ani u jedné skupiny nedošlo k úbytku tělesné hmotnosti, byl pozorován statisticky významný nárůst podílu tuku prosté tkáně.

Mírný pokles množství tukové tkáně popisují i Ingle et al. (2006). Autoři hodnotili vliv 12týdenního komplexního silového tréninku (kombinace odporového a plyometrického tréninku) a následné 12týdenní pauzy u chlapců ve věku 12,3 + 0,3 let.

U tréninkové skupiny došlo k poklesu množství tukové tkáně o 7 % po prvních 12 týdnech a následného mírného navýšení (1 %) v důsledku tréninkové pauzy. U kontrolní skupiny byl zaznamenán mírný nárůst o 0,3 %. Taktéž Sothorn et al. (2000) během období 10týdenní intervence progresivního tréninku nezaznamenali žádné zranění nebo nehody, přičemž 79 % subjektů dokončilo program. Tělesná hmotnost, BMI a procento tělesného tuku se výrazně snížily a ani během 1 roku sledování po skončení intervence nedošlo k významnému zvýšení.

Z hlediska vlivu odporového tréninku na snížení množství tukové tkáně se jeví jako efektivnější intervence s delší dobou trvání. Zatímco k poklesu množství tukové tkáně došlo již po 8 týdnech intervence (5–7 %), po 24 týdnech se jednalo již o 8,1 % (Sgro et al., 2009).

Mezi benefity silového tréninku pro děti s nadváhou a obezitou pak patří rozvoj svalové síly a vytrvalosti, zvýšení kostní denzity a nárůst aktivní svalové hmoty, změna tělesné kompozice, změna profilu krevních lipidů a snížení krevního tlaku (Kim, 2010; Lee et al., 2012; McGuigan et al., 2009; Shaibi et al., 2006). Pozitivně působí na dětskou

psychiku a mentální zdraví sportovce, zvyšuje jejich sebedůvěru a self-efficacy (sebedůvěra ve vlastní schopnosti v dané činnosti) a zlepšuje tělesnou vizáž (Council on Sports Medicine and Fitness, 2008; McGuigan et al., 2009; Schranz et al., 2013).

Tréninkové intervence pro obézní děti a mladistvé by neměly být zaměřeny pouze na rozvoj svalové hmoty a zlepšení složení těla. Důležité je také děti naučit, jak funguje jejich tělo, jaké zásady a pravidla dodržovat, aby byl tréninkový program účinný a bezpečný, a rozvinout u nich pozitivní přístup k pohybové aktivitě (President's Council on Physical Fitness & Sport, 2007).

Souhrn účinků silového tréninku na somatické faktory mladých sportovců naleznete v obrázku 18.

## **Doporučení pro silový trénink dětí s nadváhou a obezitou**

Z hlediska výběru vhodných cviků a jejich pořadí v tréninkové jednotce je nutno brát v úvahu velikost těla obézního dítěte, úroveň jeho zdatnosti, a zkušenost s technikou cvičení.

Velmi důležité je symetrické zatížení, a to jak z hlediska všech velkých svalových skupin, zatěžování všech kloubů či pravolevého zatížení (President's Council on Physical Fitness & Sport, 2007). Pro děti s nadváhou a obezitou je vhodné využívat posilovací stroje

z důvodu nižších nároků na techniku a stabilizaci středu těla a komplexní vícekloubová cvičení, která zapojí velké množství svalových skupin najednou.

Při výběru tréninkových cviků se jeví jako nejefektivnější v každé tréninkové jednotce zapojit všechny velké svalové skupiny. Začít vždy s komplexními a vícekloubovými cviky a cviky zapojujícími pouze jeden kloub či svalovou skupinu nechávat až na konec tréninkové jednotky. Důležité je také zařazovat na začátek tréninku technicky náročnější a nová cvičení z důvodu únavy neuromuskulárního systému (President's Council on Physical Fitness & Sport, 2007).

Tréninkové jednotky by měly být zařazeny 2–3× za týden tak, aby nebyly koncipovány v po sobě jdoucích dnech, ale byla mezi nimi vždy ideálně pauza 48–72 hodin (President's Council on Physical Fitness & Sport, 2007).

Z hlediska volby velikosti zatížení se doporučuje začít odporový trénink s 1 sérií po 10 až 15 opakováních pro různé cviky a následně postupně zvyšovat velikost odporu a počet sérií na 2–3 pro 1 cvik v 1 tréninkové jednotce. Z hlediska maxi-malizace tréninkového stimulu a přetrénování je vhodné cviky pravidelně střídat a obměňovat (President's Council on Physical Fitness & Sport, 2007). Pro děti s nadváhou a obezitou se nedoporučuje využívat příliš vysokého odporu, který je dětmi často vnímán jako obtížný či těžko překonatelný. Tyto pocity mohou u dětí trpících obezitou často vyústit v ukončení účasti v pohybovém programu (Deforche et al., 2011).

Pro délku odpočinku nejsou stanovena žádná specifická doporučení. Platí zde proto obecné doporučení délky odpočinku mezi sériemi 1 až 2 minuty.



**Obrázek 18** Souhrn vlivů silového tréninku na somatické faktory

## LITERATURA

- Albracht, K., & Arampatzis, A. (2013). Exercise-induced changes in triceps surae tendon stiffness and muscle strength affect running economy in humans. *European Journal of Applied Physiology*, *113*(6), 1605–1615. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2585-4>
- Barbieri, D., & Zaccagni, L. (2013). Strength training for children and adolescents: Benefits and risks. *Collegium Antropologicum*, *37 Suppl 2*, 219–225.
- Bass, S., Pearce, G., Bradney, M., Hendrich, E., Delmas, P. D., Harding, A., & Seeman, E. (1998). Exercise Before Puberty May Confer Residual Benefits in Bone Density in Adulthood: Studies in Active Prepubertal and Retired Female Gymnasts. *Journal of Bone and Mineral Research*, *13*(3), 500–507. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1998.13.3.500>
- Behm, D. G., Faigenbaum, A. D., Falk, B., & Klentrou, P. (2008). Canadian Society for Exercise Physiology position paper: Resistance training in children and adolescents. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *33*(3), 547–561. <https://doi.org/10.1139/H08-020>
- Blimkie, C., Rice, S., Webber, C. E., Martin, J., Levy, D., & Gordon, C. L. (1996). Effects of resistance training on bone mineral content and density in adolescent females. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, *74*(9), 1025–1033. <https://doi.org/10.1139/y96-099>
- Bouchard, C., & Katzmarzyk, P. T. (Eds.). (2010). *Physical activity and obesity* (2nd ed). Human Kinetics.
- Chan, K.-M. (ed.), & Micheli, L. J. (ed.). (1999). *Sports and children*. WHO.
- Council on Sports Medicine and Fitness. (2008). Strength Training by Children and Adolescents. *Pediatrics*, *121*(4), 835–840. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-3790>
- Daly, R. M., Saxon, L., Turner, C. H., Robling, A. G., & Bass, S. L. (2004). The relationship between muscle size and bone geometry during growth and in response to exercise. *Bone*, *34*(2), 281–287. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2003.11.009>
- Daniels, S. R., Arnett, D. K., Eckel, R. H., Gidding, S. S., Hayman, L. L., Kumanyika, S., Robinson, T. N., Scott, B. J., St. Jeor, S., & Williams, C. L. (2005). Overweight in Children and Adolescents: Pathophysiology, Consequences, Prevention, and Treatment. *Circulation*, *111*(15), 1999–2012. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000161369.71722.10>
- Deforche, B., Haerens, L., & de Bourdeaudhuij, I. (2011). How to make overweight children exercise and follow the recommendations. *International Journal of Pediatric Obesity*, *6*(S1), 35–41. <https://doi.org/10.3109/17477166.2011.583660>
- Dencker, M., Thorsson, O., Karlsson, M. K., Lindén, C., Eiberg, S., Wollmer, P., & Andersen, L. B. (2006). Daily physical activity related to body fat in children aged 8-11 years. *The Journal of Pediatrics*, *149*(1), 38–42. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2006.02.002>
- Dias, I., Farinatti, P., De Souza, M. D. G. C., Manhanini, D. P., Balthazar, E., Dantas, D. L. S., De Andrade Pinto, E. H., Bouskela, E., & Kraemer-Aguiar, L. G. (2015). Effects of Resistance Training on Obese Adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *47*(12), 2636–2644. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000705>
- Dovalil, J., & Choutka, M. (2012). *Výkon a trénink ve sportu*. Olympia.
- Emeterio, C. Á.-S., Antuñano, N. P.-G., López-Sobaler, A. M., & González-Badillo, J. J. (2011). Effect of Strength Training and the Practice of Alpine Skiing on Bone Mass Density, Growth, Body Composition, and the Strength and Power of the Legs of Adolescent Skiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(10), 2879–2890. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31820c8687>
- Faigenbaum, A. D. (2007). State of the Art Reviews: Resistance Training for Children and Adolescents: Are There Health Outcomes? *American Journal of Lifestyle Medicine*, *1*(3), 190–200. <https://doi.org/10.1177/1559827606296814>



- Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J. R., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth Resistance Training: Updated Position Statement Paper From the National Strength and Conditioning Association: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, S60–S79. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31819df407>
- Faigenbaum, A. D., Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2020). *Essentials of youth fitness*. Human Kinetics.
- Faigenbaum, A. D., Milliken, L. A., & Westcott, W. L. (2003). Maximal Strength Testing in Healthy Children. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 162. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0162:MSTIHC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0162:MSTIHC>2.0.CO;2)
- Group, W., Gidding, S. S., Leibel, R. L., Daniels, S., Rosenbaum, M., Van Horn, L., & Marx, G. R. (1996). Understanding Obesity in Youth: A Statement for Healthcare Professionals From the Committee on Atherosclerosis and Hypertension in the Young of the Council on Cardiovascular Disease in the Young and the Nutrition Committee, American Heart Association. *Circulation*, 94(12), 3383–3387. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.94.12.3383>
- Guy, J. A., & Micheli, L. J. (2001). Strength Training for Children and Adolescents. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 9(1), 29–36.
- Ingle, L., Sleep, M., & Tolfrey, K. (2006). The effect of a complex training and detraining programme on selected strength and power variables in early pubertal boys. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 987–997. <https://doi.org/10.1080/02640410500457117>
- Kim, Y.-M. (2010). *Role of regular exercise in the treatment of abdominal obesity in adolescent boys*.
- Lee, S., Bacha, F., Hannon, T., Kuk, J. L., Boesch, C., & Arslanian, S. (2012). Effects of Aerobic Versus Resistance Exercise Without Caloric Restriction on Abdominal Fat, Intrahepatic Lipid, and Insulin Sensitivity in Obese Adolescent Boys: A Randomized, Controlled Trial. *Diabetes*, 61(11), 2787–2795. <https://doi.org/10.2337/db12-0214>
- Legerlotz, K., Marzilger, R., Bohm, S., & Arampatzis, A. (2016). Physiological Adaptations following Resistance Training in Youth Athletes—A Narrative Review. *Pediatric Exercise Science*, 28(4), 501–520. <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0023>
- Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A., Brewer, C., Pierce, K. C., McCambridge, T. M., Howard, R., Herrington, L., Hainline, B., Micheli, L. J., Jaques, R., Kraemer, W. J., McBride, M. G., Best, T. M., Chu, D. A., Alvar, B. A., & Myer, G. D. (2014). Position statement on youth resistance training: The 2014 International Consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 498–505. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092952>
- Lobstein, T., Baur, L., & Uauy, R. (2004). Obesity in children and young people: A crisis in public health. *Obesity Reviews*, 5(s1), 4–85. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2004.00133.x>
- Malina, R. M. (2006). Weight Training in Youth-Growth, Maturation, and Safety: An Evidence-Based Review: *Clinical Journal of Sport Medicine*, 16(6), 478–487. <https://doi.org/10.1097/01.jsm.0000248843.31874.be>
- Malina, R. M., Baxter-Jones, A. D. G., Armstrong, N., Beunen, G. P., Caine, D., Daly, R. M., Lewis, R. D., Rogol, A. D., & Russell, K. (2013). Role of Intensive Training in the Growth and Maturation of Artistic Gymnasts. *Sports Medicine*, 43(9), 783–802. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0058-5>
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (2nd ed). Human Kinetics.
- Marinov, Z. (2011). *S dětmi proti obezitě: O co obtížnější je léčba obezity, o to jednodušší je prevence jejího vzniku!* IFP Publishing.
- McEntyre, A. S. (2018). Strength training for children and adolescents: A progression to future health and performance. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 26(05), 48–71.
- McGuigan, M. R., Tatasciore, M., Newton, R. U., & Pettigrew, S. (2009). Eight Weeks of Resistance Training Can Significantly Alter Body Composition in Children Who Are Overweight or Obese: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 80–85. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181876a56>

- Mersmann, F., Bohm, S., Schroll, A., Boeth, H., Duda, G., & Arampatzis, A. (2014). Evidence of imbalanced adaptation between muscle and tendon in adolescent athletes: Imbalanced adaptation in adolescent athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *24*(4), e283–e289. <https://doi.org/10.1111/sms.12166>
- Metaxas, T. I., Mandroukas, A., Vamvakoudis, E., Kotoglou, K., Ekblom, B., & Mandroukas, K. (2014). Muscle fiber characteristics, satellite cells and soccer performance in young athletes. *Journal of Sports Science & Medicine*, *13*(3), 493–501.
- Moore, S. A., McKay, H. A., Macdonald, H., Nettlefold, L., Baxter-Jones, A. D. G., Cameron, N., & Brasher, P. M. A. (2015). Enhancing a Somatic Maturity Prediction Model. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *47*(8), 1755–1764. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000588>
- Nichols, D. L., Sanborn, C. F., & Love, A. M. (2001). Resistance training and bone mineral density in adolescent females. *The Journal of Pediatrics*, *139*(4), 494–500. <https://doi.org/10.1067/mpd.2001.116698>
- O'Brien, T. D., Reeves, N. D., Baltzopoulos, V., Jones, D. A., & Maganaris, C. N. (2010). Muscle-tendon structure and dimensions in adults and children. *Journal of Anatomy*, *216*(5), 631–642. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2010.01218.x>
- President's Council on Physical Fitness & Sport. (2007). Resistance Training for Obese Children and Adolescents. *Research Digest*, *8*(3), p1-8.
- Schoenau, E., & Frost, H. M. (2002). The 'Muscle-Bone Unit' in Children and Adolescents. *Calcified Tissue International*, *70*(5), 405–407. <https://doi.org/10.1007/s00223-001-0048-8>
- Schonfeld-Warden, N., & Warden, C. H. (1997). PEDIATRIC OBESITY. *Pediatric Clinics of North America*, *44*(2), 339–361. [https://doi.org/10.1016/S0031-3955\(05\)70480-6](https://doi.org/10.1016/S0031-3955(05)70480-6)
- Schranz, N., Tomkinson, G., & Olds, T. (2013). What is the Effect of Resistance Training on the Strength, Body Composition and Psychosocial Status of Overweight and Obese Children and Adolescents? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, *43*(9), 893–907. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0062-9>
- Schwingshandl, J., Sudi, K., Eibl, B., Wallner, S., & Borkenstein, M. (1999). Effect of an individualised training programme during weight reduction on body composition: A randomised trial. *Archives of Disease in Childhood*, *81*(5), 426–428. <https://doi.org/10.1136/adc.81.5.426>
- Sgro, M., McGuigan, M. R., Pettigrew, S., & Newton, R. U. (2009). The Effect of Duration of Resistance Training Interventions in Children Who Are Overweight or Obese. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*(4), 1263–1270. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181910746>
- Shaibi, G. Q., Cruz, M. L., Ball, G. D. C., Weigensberg, M. J., Salem, G. J., Crespo, N. C., & Goran, M. I. (2006). Effects of Resistance Training on Insulin Sensitivity in Overweight Latino Adolescent Males: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *38*(7), 1208–1215. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000227304.88406.0f>
- Smith, J. J., Eather, N., Morgan, P. J., Plotnikoff, R. C., Faigenbaum, A. D., & Lubans, D. R. (2014). The Health Benefits of Muscular Fitness for Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, *44*(9), 1209–1223. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0196-4>
- Sothorn, M. S., Loftin, J. M., Udall, J. N., Suskind, R. M., Ewing, T. L., Tang, S. C., & Blecker, U. (2000). Safety, Feasibility, and Efficacy of a Resistance Training Program In Preadolescent Obese Children. *The American Journal of the Medical Sciences*, *319*(6), 370–375. [https://doi.org/10.1016/S0002-9629\(15\)40776-1](https://doi.org/10.1016/S0002-9629(15)40776-1)
- Strašilová, K., Vajda, P., & Hlinský, T. (2020). *Effect of resistance training in children who are overweight or obese—Pilot study*. 12th international conference on kinanthropology: sport and quality of life, Brno.
- Suman, O. E., Spies, R. J., Celis, M. M., Mlcak, R. P., & Herndon, D. N. (2001). Effects of a 12-wk resistance exercise program on skeletal muscle strength in children with burn injuries. *Journal of Applied Physiology*, *91*(3), 1168–1175. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.3.1168>

- Vignerová, J., Riedlová, J., Bláha, P., Kobzová, J., Krejčovský, L., Brabec, M., & Hrušková, M. (2006). 6. *Celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001 Česká republika*. PŘF UK v Praze a SZÚ.
- Virvidakis, K., Georgiou, E., Korkotsidis, A., Ntalles, K., & Proukakis, C. (1990). Bone Mineral Content of Junior Competitive Weightlifters. *International Journal of Sports Medicine*, 11(03), 244–246. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1024800>
- Yu, C. C. W., Sung, R. Y. T., So, R. C. H., Lui, K.-C., Lau, W., Lam, P. K. W., & Lau, E. M. C. (2005). Effects of Strength Training on Body Composition and Bone Mineral Content in Children Who Are Obese. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 667. <https://doi.org/10.1519/14994.1>
- Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2014). *Silový trénink: Praxe a věda*. Mladá fronta.

# FYZIOLOGICKÉ FAKTORY

## Fyziologické determinanty ovlivňující maximální silový výkon

Dle Bompa a Buzzichelliho (2019) existuje 7 hlavních fyziologických determinantů ovlivňujících maximální silový výkon:

- **Počet zapojených motorických jednotek** (při vyšším množství zapojených motorických jednotek dochází k vyšší produkci svalové síly (G. G. Haff et al., 2001)).
- **Kódování frekvence zapojení motorických jednotek** (kódování rychlosti se zabývá frekvencí spouštění motorických jednotek (G. G. Haff et al., 2001)).
- **Synchronizace motorických jednotek** (vyjadřuje synchronizaci aktivace motorických jednotek (Bompa & Buzzichelli, 2019)).
- **Stretch shortening cycle** (cyklus zkrácení a protažení – je definován jako kombinace excentrické a koncentrické svalové akce. Výsledkem tohoto efektu je zvýšení výkonu v důsledku nahromadění elastické energie v průběhu excentrické akce (Komi, 2000)).

- **Neuromuskulární inhibice** (zpětná vazba motorických receptorů sloužící k ochraně organismu před poškozením v důsledku působení příliš vysoké síly (Bompa & Buzzichelli, 2019)).
- **Typ svalových vláken**
- **Svalová hypertrofie** (zvětšení plochy průřezu svalu (Bompa & Buzzichelli, 2019)).

## Typy svalových vláken

### Typ I – SO (slow oxidative)

Tento typ vláken se vyznačuje vysokým počtem mitochondrií vysokou oxidační kapacitou, vysokoenergetickým fosfátovým potenciálem, nízkou fosforylázou (nízkou rychlostí glykogenolýzy) a pomalou reakcí ATPázy (Malina et al., 2004).

### Typ II – (fast-twitch)

Svalová vlákna II. typu se vyznačují vysokou rychlostí reakce fosforylázy a ATPázy a mohou být dále dělena na:

*Typ II A – FOG (fast oxidative glycolytic)*. Vlákna jsou často považována za oxidační i glykolytická.

*Typ II B – FG (fast glycolytic)*, jsou vlákna mající primárně glykolytický potenciál (Malina et al., 2004).

Podíl typů svalových vláken hraje důležitou roli z hlediska schopnosti produkce **maximální a výbušné síly**. Vysoké procento svalových vláken typu II tak může významným způsobem ovlivnit schopnost produkce svalové síly (Bompa & Buzzichelli, 2019).

Ačkoli tyto proměnné mohou ovlivňovat i dětský silový výkon, je třeba si uvědomit, že v případě dětí existuje celá řada determinantů a odlišností, které ovlivňují sportovní a silový výkon dětí ve srovnání s dospělými.

## Specifika dětské zátěžové fyziologie

Za každým jednoduchým pohybovým vzorem, jako jsou chůze, běh, skok či hod, stojí mnoho náročných fyziologických procesů, které se podílejí na jeho uskutečnění. Do každého na první pohled jednoduchého pohybového úkolu je zapojen centrální a periferní nervový systém, jenž vysílá signál pracujícím svalům, šlachám a vazům. Kosterně-svalový systém vykonává pohyb, zpracovává a generuje mechanickou energii a metabolický systém poskytuje energii pro svalovou práci. Zároveň s tím kardiovaskulární systém zásobuje pracující svaly živinami a kyslíkem, odvádí zplodiny metabolismu a společně s hormonálním systémem se podílí na obnově

energetických zásob, regulaci odezvy dýchacího, kardiovaskulárního a metabolického systému. Všechny tyto výše zmíněné systémy se od dětství do dospělosti neustále vyvíjejí a ovlivňují akutní i chronickou odezvu organismu na tělesnou zátěž (Faigenbaum et al., 2020).

## Metabolismus

**Štěpení ATP** (adenosintrifosfát) je stejně jako u dospělých hlavním zdrojem energie. Zásoby ATP ve svalech se v průběhu prvního roku života dítěte rapidně zvyšují a zhruba po 2 letech života se úroveň zásob svalového ATP u dětí a dospělých srovná (Faigenbaum et al., 2020).

Liší se však množství zásob CP (kreatinfosfát) i rychlost resyntézy ATP pomocí CP (tzv. ATP-CP systém). Výzkum hodnotící zásoby CP pomocí svalové biopsie u dětí ukázal, že množství svalového CP s věkem (od 11 let) stoupá a úrovně srovnatelné s dospělými dosahuje až ve věku cca 15 let (Faigenbaum et al., 2020).

Na rozdílnou rychlost resyntézy CP upozorňují například už Taylor a kol. (1997), kteří uvádějí, že chlapci ve věku 6–12 let disponují výrazně vyšší rychlostí resyntézy s jejich dospělými protějšky (29 let). Tato rozdílná schopnost obnovy CP může být ovlivněna koncentrací H<sup>+</sup> a oxidační kapacitou pracujících svalů. Například po vysoce intenzivní zátěži bylo zaznamenáno výrazně vyšší pH

a oxidační kapacita u dětí než u dospělých (Zafeiridis et al., 2005).

Jako limitující se u dětí mohou jevit také zásoby svalového glykogenu. Bylo výzkumně prokázáno, že množství **svalového glykogenu** se v průběhu dospívání výrazně navyšuje. Od 11 do 15 let věku dítěte se jeho množství téměř zdvojnásobí a na konci tohoto období dosahuje hodnot podobných dospělým (Faigenbaum et al., 2020).

Ačkoli se jednotlivé energetické systémy popisují zvlášť, ve skutečnosti se na pohybové činnosti vždy podílejí a vzájemně se doplňují. Zapojení jednotlivých energetických systémů se může u každého sportovce lišit. Ovlivňuje je pohlaví, strava či stupeň trénovanosti, ale i věk. Například děti, které jsou dobře adaptovány na submaximální zátěž, spalují relativně více tuků než dospělí (Kučera et al., 2011). Faigenbaum et al. (2020) ve své knize uvádějí, že 9leté děti hradily v druhé polovině 60minutové aerobní zátěže o 73 % více energie z tuků.

V průběhu dospívání se mění poměr zapojení jednotlivých energetických systémů do hrazení energetických ztrát. Výsledky výzkumu ukazují, že poměr zapojení glykolytického a oxidativního systému při anaerobní aktivitě je u 17letého sportovce o 59 % vyšší než u 6letého. Podobně rozdíl mezi 10letými a 18letými chlapci při Wingate testu popisují Kučera et al. (2011). Energetický výdej byl u 10letých chlapců kryt z 20 % anaerobně a z 80 % aerobně, zatímco u 18letých šlo o 100% aerobní krytí.

Zdá se, že příčinou nižšího zastoupení glykolytického systému na úhradě energetických ztrát u dětí je nižší hladina enzymů glykolýzy a nižší zastoupení rychlých svalových vláken. V důsledku toho jsou dětské svaly fyziologicky lépe přizpůsobeny na vytrvalostní výkony s menším zapojením glykolytického systému (McNeely & Armstrong, 2002).

Roli by dle Faigenbaum et al. (2020) mohla hrát i nižší aktivita sympatického systému.

Výsledným produktem anaerobní glykolýzy je **pyruvát** (kyselina pyrohroznová). Při cvičení nižší intenzity (za aerobních podmínek) je pyruvát dále zpracován a jeho deriváty vstupují do Krebsova cyklu. Při vyšší intenzitě zatížení není kapacita organismu dostatečná a dochází k přeměně pyruvátu na **laktát (La)**. Katalyzátorem této přeměny je laktátdehydrogenáza (Faigenbaum et al., 2020). Při měření hladiny laktátu během Wingate testu dosahovali 10letí chlapci hodnoty 5,7 mmol/l.

Dospělí sportovci dosahovali průměrných hodnot 14,2 mmol/l. Podobně tomu bylo i v případě 10 po sobě opakovaných sprintů, kdy chlapci dosahovali hodnot 8,5 mmol/l, zatímco průměrná koncentrace laktátu u dospělých sportovců byla 15,4 mmol/l (Kučera et al., 2011).

## **Ekonomika pohybu**

Je závislá na výkonnosti transportního systému, oxidativní enzymatické

aktivitě svalů a jejich objemu (Kučera et al., 2011).

Nejjednodušším způsobem určování hlavního energetického zdroje je **respirační kvocient** (dále jen RER):

$$RER = CO^2 / O^2$$

Hodnota RER 0,7 poukazuje na hrazení energetického deficitu z tuků, naproti tomu hodnota RER 1,0 ukazuje na čistě sacharidový metabolismus (Kučera et al., 2011).

I když děti spotřebují při sportovním výkonu více kyslíku, jsou svými proporcemi handicapovány. Kučera, Kolář a Dylevský uvádějí, že 8leté dítě při běhu rychlostí 180 m/min využívá 90 % svého  $VO_{2max}$ , zatímco dítě ve 12 letech již jen 50 %. Na základě těchto výsledků můžeme konstatovat, že rezerva (množství kyslíku, které je nevyužité) je u mladších dětí menší (Kučera et al., 2011).

Předpubertální děti jsou v počátku tělesné zátěže schopny zásobovat pracující svaly kyslíkem výrazně rychleji než dospělí. Vyšší rychlost spotřeby kyslíku je způsobena jinými cirkulačními poměry (širší cévy, kratší cesta z centra na periférii). V důsledku toho jsou děti schopné déle setrvat v aerobní zóně a nedochází u nich k tak výraznému vzestupu laktátu (Kučera et al., 2011).

V důsledku odlišných délkových poměrů trupu a končetin dětí a dospělých je i **energetický výdej** v dětském věku relativně vyšší. 5letý chlapec potřebuje pro absolvování relativně stejné

zátěže jako dospělý o 37 % více energie. Nejsou to však jen rozdílné tělesné rozměry, které ovlivňují ekonomiku pohybu. Mezi další faktory patří vyšší klidový metabolismus dětí, zvýšené energetické nároky na dýchání, vyšší kroková (pohybová) frekvence, nižší zásoby energetických rezerv či výskyt nadbytečných souhybů těla. Ekonomika pohybu se s rostoucím věkem zvyšuje (Kučera et al., 2011).

## Spotřeba kyslíku

Jak již bylo zmíněno výše, velká část energetických výdajů dětského organismu je hrazena oxidativním způsobem, což se projevuje nejen nižšími hodnotami  $La$ , ale i rychlejší dodávkou  $O_2$  v začátku zátěže.

Energetický výdej dětí při 30vteřinové intenzivní zátěži byl hrazen z 30–50 % oxidativně, zatímco u dospělých jde o plně anaerobní výdej. Přesto však je převážná část spontánní aktivity dětí charakteristická krátkými rychlými výkony (Kučera, et al., 2011, pp. 50–53). Bailey et al. (1995) monitorovali dětskou aktivitu a zjistili, že ve věku 6–10 let je 95 % veškeré zátěže kratší 15 sekund. Žádná činnost nepřesáhla trvání deseti minut. Tento zdánlivý paradox vysvětluje Bailey tím, že i takto krátká zátěž je u dětí hrazena převážně oxidativním způsobem. Hladina laktátu tak zůstává poměrně nízká.

## Kardiovaskulární systém

### Maximální tepová frekvence

**Maximální tepová frekvence** (TF<sub>max</sub>) u dětí dosahuje vyšších hodnot než u dospělých. U dětí mladších 10 let se průměrná TF<sub>max</sub> často pohybuje v hodnotách přesahujících 210 tepů/min, zatímco průměrná hodnota TF<sub>max</sub> dospělého člověka je 195 tepů/min. Od 30 let se hodnota TF<sub>max</sub> nadále snižuje v průměrném tempu 1 tep/min za rok (Kenney et al., 2012). Jako základní predikční rovnici pro výpočet maximální tepové frekvence je možné využít následující rovnici:

$$TF_{max} = 208 - (0,7 \times \text{věk})$$

Tuto rovnici je možné použít pro děti i dospělé (Mahon et al., 2010). Pro děti je typický také rychlejší nárůst tepové frekvence při intenzivní zátěži (Kučera et al., 2011).

### Pokles srdeční činnosti po skončení zátěže

Rychlost poklesu TF po skončení zátěže se považuje za jeden z ukazatelů určujících stav trénovanosti sportovce. Rychlejší návrat TF je tradičně způsoben zvýšeným tonem parasympatiky, jež je typickým ukazatelem vysokého stupně adaptace.

U dětí je však situace jiná. Návrat TF do klidového stavu probíhá u dětí

oproti dospělým rychleji, a to bez ohledu na stupeň jejich trénovanosti (Turley, 1997). Rychlost poklesu TF je závislá spíše než na trénovanosti dítěte či intenzitě předešlé aktivity na fázi dětského vývoje. Předpokládá se, že rychlejší změny jsou způsobeny nižšími hodnotami cirkulujících katecholaminů a nižší produkcí laktátu. Při srovnávání odezvy dětí ve věku 9–12 let a dospělých po maximální a 4minutové zátěži střední intenzity na běhátku bylo zjištěno, že děti mají oproti dospělým vyšší parasympatickou modulaci, což způsobuje rychlejší pokles TF bez ohledu na jejich trénovanost (Kučera et al., 2011). Výsledky některých studií naznačují, že pokles TF po skončení zátěže je rychlejší u chlapců než u dívek, což může být způsobeno nižšími hladinami hemoglobinu, podobně jako u dospělých (Turley, 1997).

## Vliv silového tréninku na kardiovaskulární systém

Stále se zvyšující pohybová inaktivita a nárůst prevalence nadváhy a obezity v dětském věku se stává problémem v celosvětovém měřítku. Ubývá spontánní pohybové aktivity dětí, rozšiřuje se výskyt civilizačních chorob, kardiovaskulárních problémů a metabolických



poruch. V důsledku toho stále větší procento světových organizací vydává doporučení k denní pohybové aktivitě dětí a mládeže. Silový trénink se zde již běžně vyskytuje jako prostředek pro **zvýšení kardiovaskulárního a metabolického zdraví** dětí a mládeže (Bea et al., 2017).

Silový trénink se jeví jako vhodný způsob, jak nefarmakologickým způsobem snížit hladinu krevních lipidů u dětí i dospělých, čímž snižuje riziko chronických onemocnění.

Dále se jeví jako vhodná prevence proti **zvyšování krevního tlaku** a krevních lipidů (Chaabene et al., 2020; Faigenbaum et al., 2020).

## Vliv silového tréninku na metabolismus

Silový trénink pozitivním způsobem ovlivňuje **tělesnou kompozici** a **inzulinovou senzitivitu** (Faigenbaum et al., 2020). Zdá se, že cvičením vyvolané zlepšení inzulínové senzitivity může hrát významnou roli při prevenci rozvoje diabetes mellitus 2. typu u obézní populace (Carroll & Dudfield, 2004). Změny inzulínové senzitivity vlivem silového tréninku jsou srovnatelné s aerobním tréninkem (Ivy, 1997), nicméně právě silový trénink může být pro děti trpící obezitou příjemnější alternativou

pohybové aktivity. Navíc s sebou přináší i mnoho dalších benefitů.

Výsledky studií však bohužel nejsou vždy jasné. Zatímco mnohé popisují pozitivní vliv silového tréninku na metabolické parametry (Benson et al., 2008; Fedewa et al., 2014; Rasooli et al., 2021), objevují se studie, které neprokázaly pozitivní vliv v kontextu metabolického syndromu a/nebo inzulínové rezistence (Bea et al., 2017; Guinhouya et al., 2011).

Byl pozorován statisticky malý až střední efekt prokazující vliv pohybové aktivity na zlepšení **inzulinové rezistence** u dětí a mládeže (Hedges' d effect size = 0,31 [95 % CI 0,06–0,56];  $P < ,05$ ), avšak nejednalo se o čisté silové intervence, ale kombinaci různých pohybových programů (Fedewa et al., 2014).

Obezita zvyšuje riziko patologických stavů, jako jsou inzulínová rezistence či diabetes mellitus 2. typu. Rizikové faktory těchto onemocnění, zejména glykémie nalačno, jsou špatnými prediktory glukózové tolerance a změny citlivosti na inzulín (Herder et al., 2014). Zdá se, že významnou roli z hlediska změn spojených s obezitou v různých typech tkáně a orgánech mohou hrát aminokyseliny (Rasooli et al., 2021).

K ovlivnění hned několika parametrů metabolismu obézních dětí došlo v důsledku 8týdenní silové intervence. Bylo zaznamenáno **snížení plazmatické hladiny glukózy**, inzulínové rezistence, valinu, manózy, lysinu a množství

aminokyselin (BCAA) (Rasooli et al., 2021). Naproti tomu ke změně plazmatických hladin BCAA nedošlo v případě kombinace silového a aerobního tréninku (Glynn et al., 2015).

Zdá se, že navzdory vlivu silového tréninku na **koncentraci aminokyselin** v důsledku silových a kombinovaných (silový + aerobní) intervencí nedochází ke změně koncentrace leucinu v krevní plazmě (Glynn et al., 2015; Rasooli et al., 2021). Existuje však hypotéza, že hladina leucinu v krevní plazmě by mohla být ovlivnitelná nikoli samotným silovým tréninkem, ale kombinací s úpravou výživových zvyklostí (Tochikubo et al., 2016).

Snížení plazmatické hladiny BCAA v důsledku silového a aerobního tréninku může snížit sekreci inzulínu vyvolanou jídlem a zlepšit inzulínovou senzitivitu (Karusheva et al., 2019).

Benson et al. (2008) ve svém review popisují **snížení celkového cholesterolu** u 4 z 9 zařazených studií, avšak pouze u 1 došlo k signifikantnímu poklesu ve srovnání s kontrolní skupinou. Ke snížení LDL cholesterolu došlo v 6 případech, avšak tento pokles nebyl hodnocen jako statisticky významný.

Silové intervence mohou být preventivním opatřením proti rozvoji diabetes mellitus 2. typu u vysoce rizikové populace (Knowler et al., 2002).

## Vliv silového tréninku na neuromuskulární systém

Vlivem silového tréninku dochází u dětí k rozvoji svalové síly, avšak tyto změny nejsou zpravidla primárně podmíněny velikostí průřezu svalového vlákna, tj. svalovou hypertrofií (Rowland, 2015).

Mnoho studií zabývajících se svalovými funkcemi u dětí neuvádí jasné stanovisko k možnosti stimulace svalových kontrakcí v průběhu zrání dětského organismu. Going, Massey, Hoshizaki a Lohman (1987) se zabývali vztahem síly a rychlosti reakce v průběhu jedné svalové kontrakce u dětí ve věku 8–11 let. Zjistili, že děti jsou schopné produkovat sílu nižší rychlostí než dospělí, a proto svého maxima dosahují v delším časovém intervalu. Dospělí jsou schopni vyprodukovat maximální sílu 2–3× rychleji.

Kanehisa, Okuyama, Ikegawa a Fukunaga (1995) dále uvádějí, že dospělí jsou sice schopní větší produkce síly, avšak děti disponují nižší unavitelností. Zatímco průměrný silový výkon po 50 opakováních dětí poklesl o 36 % původní hodnoty, výkon dospělých se snížil o 48 %.

Tento fakt může být zapříčiněn nižší acidózou u dětí.

Výrazný **nárůst svalové síly** vlivem tohoto typu tréninku u dětí (hlavně pak

u těch, které se silovým tréninkem neměly předchozí zkušenosti) je však velmi často popisovaným jevem, a to až řádů desítek procent. Například vlivem 8týdenního progresivního silového programu došlo k nárůstu svalové síly až o 74 %. Průměrný nárůst síly se však u krátkodobých programů (8–20 týdnů) pohybuje v rozmezí 30–50 % (Chan & Micheli, 1999). Výrazný nárůst síly u krátkodobých programů popisuje také Malina (2006), který však současně upozorňuje, že rozvoj svalové síly není primárně způsoben nárůstem průřezu svalových vláken, nýbrž neuromotorickými změnami (obzvláště pak u prepubertálních dětí). Nicméně objevují se výzkumy, které popisují rozvoj nejen svalové síly, ale i svalové hypertrofie.

K nižší aktivaci motorických jednotek dochází u menších svalů (čím menší sval, tím nižší aktivace) a u netrénovaných dětí (předpokládá se, že děti nejsou schopny plné aktivace) (Dotan et al., 2012). Neschopnost netrénovaných dětí aktivovat plný potenciál motorických jednotek se promítá do schopnosti produkovat **maximální volní svalovou sílu a rychlosti svalové kontrakce** (dosahují nižších hodnot) (Faigenbaum et al., 2020).

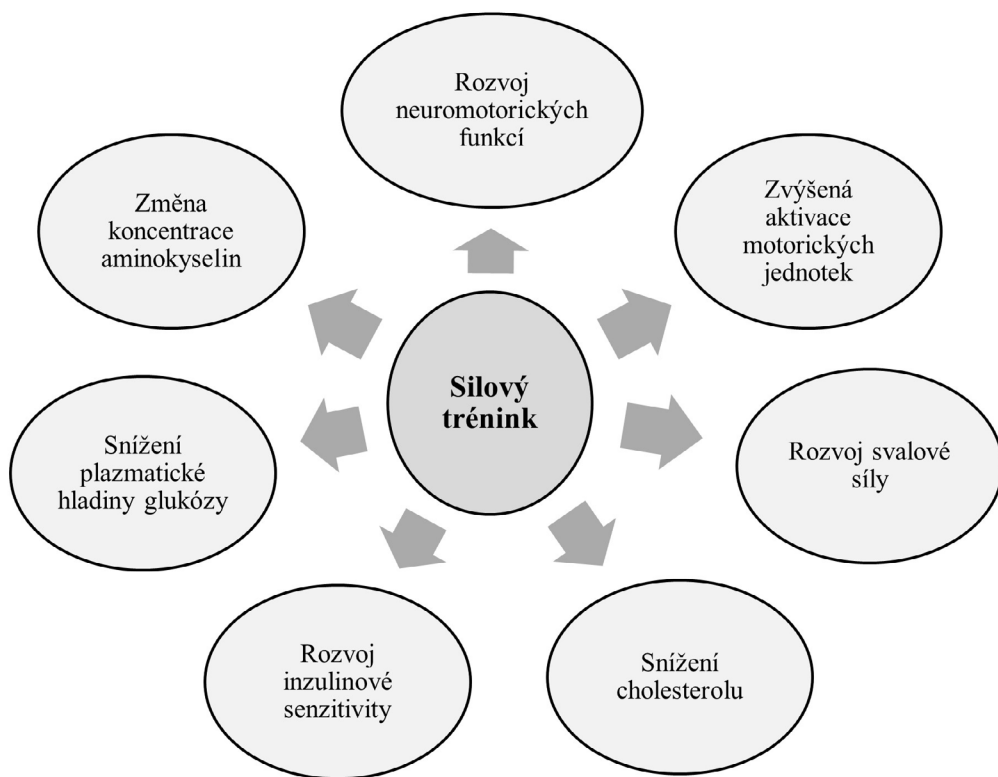
Právě rozvoj schopnosti aktivace motorických jednotek hraje významnou roli v nárůstu svalové síly u dětí bez předchozí zkušenosti se silovým tréninkem (Legerlotz et al., 2016).

Na základě předchozích výzkumů je možné usuzovat, že schopnost **aktivace motorických jednotek** je i v předpubertálním věku trénovatelná, obzvláště pak v případě silových a dynamických stimulů (Mitchell et al., 2011). Nicméně je třeba brát v potaz, že neurologické strategie, které umožňují svaly rychlou produkci síly, se rozvíjí postupně s věkem dítěte (jako je tomu například při běhu, skoku atd.) (Faigenbaum et al., 2020).

Neopomenutelnou roli z hlediska produkce svalové síly hraje i souhra agonistů a antagonistů. Spolupráce těchto svalových skupin v rámci jednoho kloubu může zvyšovat kloubní stabilitu, nicméně přináší s sebou také zvýšené energetické nároky (Faigenbaum et al., 2020).

Významný vliv může mít i vyšší aktivita parasymptiku v porovnání s dospělými (Faigenbaum et al., 2020).

Souhrn účinků silového tréninku na fyziologické faktory mladých sportovců naleznete v obrázku 20.



**Obrázek 20** Souhrn vlivů silového tréninku na fyziologické faktory

## Vliv délky odpočinku na silový výkon, vznik únavy a rychlost regenerace u dětí<sup>3</sup>

V kontextu tréninkových principů a základních tréninkových parametrů (viz kap. Silový trénink dětí – Tréninkové principy a základní parametry silového

tréninku) jsou hlavními parametry, které mohou ovlivnit fyziologické aspekty výkonu, zejména tréninkový objem, intenzita cvičení a délka odpočinku. Tréninkový objem a intenzita cvičení jsou závislé primárně na věku a zkušenosti dítěte, tréninkovém cíli a fázi přípravy. Jistým otazníkem však zůstává délka odpočinku.

I když pro dospělé existují různá doporučení vzhledem k tréninkovému cíli, používané tréninkové metodě či výkonnostní úrovni sportovců, výsledky výzkumů hodnotící délku intervalu odpočinku u dětí ukazují, že tato doporučení pro děti nejsou zcela platná

<sup>3</sup> Část informací v úvodní části této kapitoly vychází z již publikovaného článku: The Effects of Different Rest Interval Lengths on Acute Quarter-squat Performance in Female (Strašilová & Vajda, 2022).

(Ratamess et al., 2007). Důvodem je rychlejší a odlišně probíhající regenerace u dětí (Falk et al., 2006). Mezi zásadní rozdíly ovlivňující délku odpočinku patří rychlejší obnova klidové srdeční frekvence, nižší hladiny laktátu, vyšší oxidační kapacita, lepší acidobazická regulace a rychlejší resyntéza ATP (Ratamess et al., 2007). Tyto rozdíly jsou pak nejvíce patrné při vysoce intenzivních cvičeních (Falk et al., 2006).

Zafeiridis et al. (2005) uvádějí, že předpubertální chlapci (věk  $11,4 \pm 0,5$  let) regenerují během vysoce intenzivního anaerobního výkonu (30vteřinová a 60vteřinová kolenní flexe a extenze v předepsaném počtu opakování ve dvou sériích s minutovým a 2minutovým intervalem odpočinku) rychleji. Podobně Weinstein et al. (2018) porovnávali výkon ve 2 po sobě následujících kolech Wingate testu (2minutový a 10minutový interval odpočinku mezi koly). Výsledky ukázaly, že pokles výkonu a koncentrace laktátu v krvi byly při 2minutovém intervalu odpočinku u chlapců výrazně nižší než u mužů. V 10minutovém intervalu nebyl zaznamenán téměř žádný rozdíl. Podobný trend je viditelný také v silovém výkonu.

Často diskutovaným tématem v kontextu rychlosti regenerace dětí je otázka, zda jsou děti vůbec schopny dosáhnout z hlediska volního úsilí svého maxima (Zafeiridis et al., 2005). Jako jediné možné srovnání se jeví přepočít dosažených maximálních hodnot

dospělých a dětí na relativní hodnoty, tj. jejich výkon vztahovat k tělesné váze a množství aktivní hmoty.

Ve své vlastní praxi jsem se již mnohokrát setkala s názorem, že trenéři dětí a mládeže považují silový trénink za prospěšný, avšak nejsou schopni jej do tréninkové přípravy zahrnout, jelikož pro něj nemají dostatek času v tréninkovém procesu. Klíčovým faktorem pro zařazení silového tréninku do tréninkových plánů mladých sportovců by tak mohla být právě délka odpočinku. Za předpokladu, že dětem stačí kratší doba odpočinku (toto již bylo částečně nastíněno dříve), by bylo možné implementovat silový trénink do běžných tréninkových plánů mladých sportovců, jelikož by jednoduše nezabral tolik času jako při využití běžně doporučovaných intervalů odpočinku pro dospělé sportovce.

Z tohoto důvodu bylo zpracováno systematické review, jehož cílem bylo hodnocení vlivu délky odpočinku na silový výkon, vznik únavy a rychlost regenerace.

Pro výběr zařazených článků byla využita následující kritéria:

- fulltext v angličtině
- publikováno v období leden 1998 až červen 2023
- výzkumný design – experiment, kvaziexperiment, porovnání vlivu různě dlouhých intervalů odpočinku (IO) na parametry silového výkonu.

Byly prohledány dvě databáze (Web of science a SportDiscus) v období leden 1998 až červen 2023 s pomocí vyhledávací syntaxe: „strength“ OR „resistance“ AND „children“ OR „youth“ OR „kid\*“ OR „girl\*“ OR „boy\*“ AND „performance“ OR „response“ AND „rest interval“ OR „rest period“ OR „interval length“ OR „recovery“.

Názvy a abstrakty byly zkoumány pomocí kritérií pro zařazení a na závěr byly prozkoumány fulltexty. To bylo provedeno podle pokynů Preferred Reporting Items for Systematic Review a M-Analyses Extension for Scoping Review (PRISMA-ScR) (Tricco et al., 2018).

#### *Postup při třídění článků*

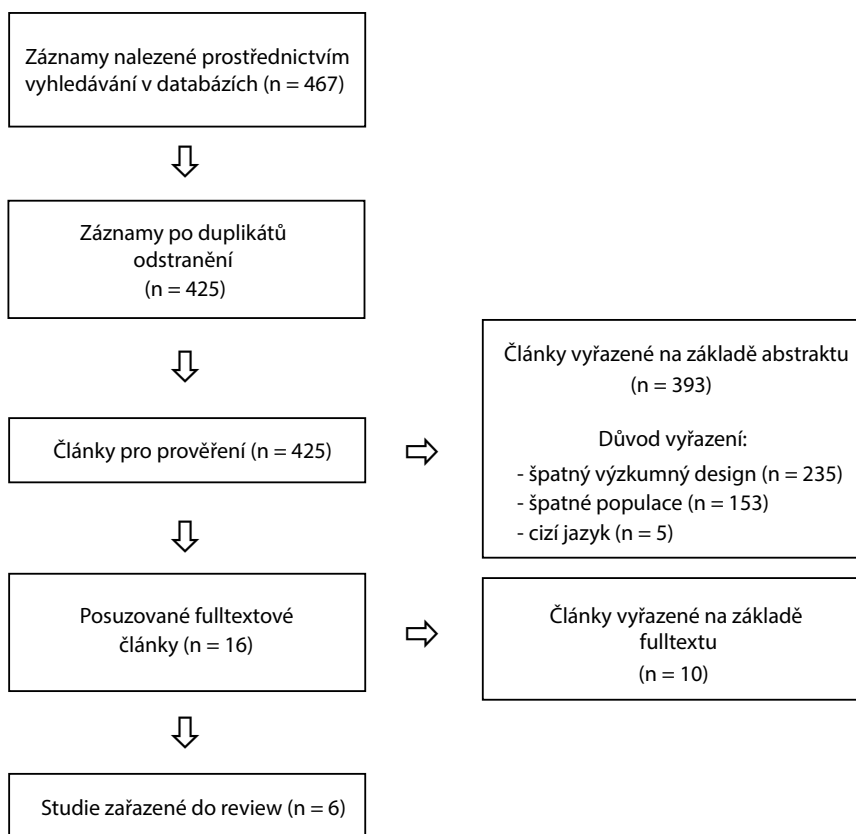
Na základě počátečního online vyhledávání bylo nalezeno 467 studií. Bylo identifikováno 42 duplikátů, které byly vyřazeny. Po prověření názvů a abstraktů bylo vyřazeno 393 studií, které nesplňovaly kritéria pro zařazení

(nevhodný výzkumný vzorek, délka trvání, nevhodný design, cizí jazyk).

Nakonec bylo posouzeno 16 fulltextů. 10 z těchto prací bylo ještě dodatečně vyřazeno při podrobném zkoumání, protože nesplňovaly kritéria pro zařazení, a 6 prací bylo zahrnuto do review. Diagram vyhledávacího procesu je znázorněn v obrázku 19.

## Výsledky

Do studie bylo zařazeno celkem 6 studií, do kterých bylo celkem zapojeno 197 participantů (82 chlapců, 47 adolescentů a 68 mužů). Byl hodnocen vliv různě dlouhých intervalů odpočinku (nejčastěji RI 120, 180 a 240 s) a jejich vliv na silový výkon, rychlost regenerace a fyziologickou odezvu. Nejčastěji používaným nástrojem byl izokinetický dynamometr. Souhrn základních detailů ze zahrnutých výzkumných studií je uveden v tab. 6.



**Obrázek 19** Diagram vyhledávacího procesu

**Tabulka 6** Shrnutí základních detailů ze zahrnutých studií

<b>Studie</b>	<b>Výzkumný vzorek (rozsah, popis, věk)</b>	<b>Pre-trénink</b>	<b>Pre-test</b>	<b>Testovací protokol</b>	<b>Měřicí nástroj/ cvik</b>
Bottaro et al. (2011)	18 dětí (11,1 ± 0,52 let) a 19 adolescentů (15,8 ± 0,49 let)	ne	2 série po 4 maximálních opakováních s úhlovou rychlostí 60°·s <sup>-1</sup> s minutovou přestávkou mezi sériemi (48–72 hod před měřením)	3 × 10 opakování na izokinetickém dynamometru s úhlovou rychlostí 60°·s <sup>-1</sup> , 3 × 10 opakování na izokinetickém dynamometru s úhlovou rychlostí 180°·s <sup>-1</sup> vždy s 60 s IO a 120 s IO, 10 min pauza mezi sériemi, ve dvou dnech (odstup 48–72 hod)	Izokinetický dynamometr
Faigenbaum et al. (2008)	12 chlapců (11,3 ± 0,8 let), 13 adolescentů (13,6 ± 0,6 let) a 17 mužů (21,4 ± 2,1 let)	ne	IRM test, následně stanovení právě 10RM (75 % z 1RM a následná úprava)	3 × 10RM s 60 s IO, 120 s IO a 180 s IO ve 3 dnech (odstup 48–72 hod)	bench-press
Chaouachi et al. (2011)	16 chlapců (12,2 ± 0,9) bojové sporty v rozsahu 6–8 hod/týden	1 týden seznámení s izokinetickým dynamometrem (2 jednotky)	testování max. síly bezprostředně před a po 10 izometrických kontrakcích při rychlosti 300°·s <sup>-1</sup> a 60°·s <sup>-1</sup>	3 × bezprostředně provedená maximální flexe a extenze při úhlové rychlosti 60°·s <sup>-1</sup> /300°·s <sup>-1</sup> , 3 min pauza, 10 × maximální flexe a extenze při úhlové rychlosti 60°·s <sup>-1</sup> /300°·s <sup>-1</sup> následovaná IO 120, 180, 240 nebo 300 s a následovaná 3 × bezprostředně provedená maximální flexe a extenze při úhlové rychlosti 60°·s <sup>-1</sup> /300°·s <sup>-1</sup>	Izokinetický dynamometr



<b>Studie</b>	<b>Výzkumný vzorek (rozsah, popis, věk)</b>	<b>Pre-trénink</b>	<b>Pre-test</b>	<b>Testovací protokol</b>	<b>Měřicí nástroj/ cvik</b>
Patikas et al. (2013)	14 chlapců (10,4 ± 0,1 let) a 14 mužů (43,3 ± 0,9 let)	ne	familirizace s vý- zkumnými proce- durami a testování maximální volní izokinetické kon- trakce v kolenním kloubu	dvě měření (min. týden mezi měřeními), 2 únavové protokoly trvalé izometrické kontrakce při 20 % a 60 % maximální volní kon- trakce v náhodném pořadí	Izokinetický dynamometr
Piponnier et al. (2019)	22 chlapců (9–11 let) a 22 mužů (18–30 let)	ne	familirizace s vý- zkumnými proce- durami a testování maximální volní izokinetické kontrak- ce v kolenním kloubu	tři měření (min. týden mezi měře- ními) účastníci provedli protokol přerušované dobrovolné únavy při různé délce svalově-šlachové jed- notky – SHORT (30° úhel v kole- ni), OPT (77,0 ± 5,5° úhel v koleni u chlapců a 75,2 ± 5,0° úhel v ko- leni u mužů) a LONG (110° úhel v koleni).	Izokinetický dynamometr
Tibana et al. (2012)	15 adolescentů (15,2 ± 1,2 let) a 15 mužů (22,2 ± 2,7 let)	2 týdny nácvik a ověření tech- niky	2 ne po sobě jdoucí dny, po 48–72hod bez tréninku); stano- vení 10RM	3×10RM (maximální možný po- čet opakování v tempu 1 press/2 s) s IO 30, 60 90 s ve 3 dnech (odstup 48–72 hod)	chest press machine

## Vliv délky odpočinku na počet opakování

Adekvátní odpočinek je klíčovým faktorem pro minimalizaci únavy, vzniku zranění a maximalizaci výkonu a efektivity tréninku. Rychlejší zotavení dětí po silovém výkonu umožňuje efektivnější využití tréninkového času, avšak pro dosažení maximálního výkonu a zajištění bezpečnosti je důležité odpočinkové období přizpůsobit věku, fyzické kondici a tréninkové intenzitě. Pro začátečníky a mladší děti se zdá být dostatečná 1 minuta odpočinku mezi sériemi, která se může zvyšovat na 2 až 3 minuty, jakmile se intenzita tréninku zvyšuje, například při zahrnutí plyometrických cviků (Stricker et al., 2020).

Tibana et al., (2012) porovnával vliv délky odpočinku na schopnost produkce síly ve 3 sériích bench-pressu s různým IO. Byl zaznamenán pokles počtu opakování jak u skupiny adolescentů, tak u skupiny dospělých, a to ve všech IO (30 s, 60 s i 90 s). Ačkoli byl zaznamenán pokles výkonnosti u obou věkových skupin, k výraznějším změnám v počtu opakování došlo u skupiny dospělých (30 s – 10,1; 2,2 a 1,7; IO 60 s – 10,1; 3,8 a 2,4; IO 120 s – 10,3; 6,7 a 4,0). U skupiny adolescentů byl největší pokles zaznamenán při IO 30 s (IO 30 s – 10,6; 4,1 a 3,3; IO 60 s – 10,5; 6,5 a 4,3; IO 120 s – 10,2; 9,2 a 6,4). Jak dospělí, tak adolescenti prokázali vyšší odolnost vůči únavě, vyšší celkový tréninkový objem a počet opakování

s delším odpočinkovým intervalem (120 > 60 > 30 sekund) ( $p < 0,01$ ). Výsledky naznačují, že adolescenti vykazují vyšší regenerační kapacitu, což jim umožňuje udržet svalový výkon efektivněji než dospělým i během tréninku s kratším IO.

Pokles počtu provedených opakování ve 3 po sobě jdoucích sériích bench-pressu s různou délkou odpočinku mezi sériemi popisuje také Faigenbaum et al., (2008):

### *U skupiny mužů –*

- IO 60 s – 10,0 ± 0,0; 5,7 ± 2,4 a 2,7 ± 1,5;
- IO 120 s – 10,0 ± 0,0; 7,2 ± 2,2 a 4,2 ± 2,2;
- IO 180 s – 10,0 ± 0,0; 7,9 ± 2,7 a 6,0 ± 2,8),

### *U adolescentů –*

- IO 60 s – 10,0 ± 0,0; 9,5 ± 1,4 a 7,4 ± 2,6;
- IO 120 s – 10,0 ± 0,0; 9,3 ± 1,4 a 8,5 ± 2,2;
- IO 180 s – 10,0 ± 0,0; 9,8 ± 0,8 a 9,1 ± 1,8)

### *U chlapců –*

- IO 60 s – 10,0 ± 0,0; 9,2 ± 1,4 a 8,7 ± 2,1;
- IO 120 s – 10,0 ± 0,0; 10,0 ± 0,0 a 9,6 ± 1,0;
- IO 180 s – 10,0 ± 0,0; 10,0 ± 0,0 a 10,0 ± 0,0).

Faigenbaum popisuje, že u dětí již při 60vteřinovém odpočinku dochází k výrazně nižšímu poklesu síly než u dospělých. Plné zotavení bylo

také pozorováno u skupiny mladých sportovců v případě 10 po sobě jdoucích izokinetických kontrakcí s úhlovou rychlostí provádění  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  nebo  $300^{\circ} \cdot s^{-1}$  již po 2 minutách odpočinku (Chaouachi et al., 2011).

Tato zjištění podporují hypotézu, že chlapci a dospívající jsou schopni se ze středně intenzivního odporového cvičení zotavit rychleji než muži. Možným vysvětlením pro dosažení vyššího počtu opakování u dětí a mladistvých než u dospělých by mohl být rozdílný rozvoj neuromuskulárních a metabolických faktorů.

Ukazuje se, že adolescenti mají nižší zastoupení svalových vláken typu II, což může způsobovat nižší svalovou únavu z důvodu nižšího výskytu metabolitů, jako jsou  $H^{+}$  či amoniak (Armatas et al., 2010). Výsledky studie Piponnier et al. (2019) naznačují, že parametrem ovlivňujícím počet opakování je také aktuální délka svalově-šlachové jednotky (SŠJ). Probandi v této studii prováděli protokol přerušované dobrovolné únavy, který spočíval v opakování 5vteřinových úseků maximální volní izometrické kontrakce kolenních extenzorů proložené periodami 5vteřinového pasivního odpočinku. To bylo opakováno až do té doby, než točivý moment dosáhl cílové hodnoty 60 % své počáteční hodnoty během 3 po sobě jdoucích maximálních volních izometrických kontrakcí. Protokol byl prováděn ve 3 různých měřeních při různé délce SŠJ – SHORT ( $30^{\circ}$  úhel v kolenu),

OPT ( $77,0 \pm 5,5^{\circ}$  úhel v kolenu u chlapců a  $75,2 \pm 5,0^{\circ}$  úhel v kolenu u mužů) a LONG ( $110^{\circ}$  úhel v kolenu). Chlapci byli schopni provést větší počet opakování, než se dostali na hranici 60 % své počáteční maximální volní izometrické kontrakce jak při OPT ( $39,7 \pm 18,4$  opakování), tak LONG ( $29,5 \pm 10,2$  opakování) délce SŠJ ve srovnání s muži ( $14,8 \pm 3,2$  opakování – optimální délka a  $15,8 \pm 5,8$  opakování – dlouhá délka;  $p < 0,001$ ). Nebyl pozorován žádný rozdíl v počtu opakování při SHORT délce SŠJ mezi chlapci a muži ( $33,7 \pm 15,4$  a  $40,9 \pm 14,2$  opakování).

### ***Vliv délky odpočinku na rychlost provádění, pracovní výkon a točivý moment***

Rychlost provádění byla zaznamenávána a vyhodnocena ve 3 sériích s různým IO (60 s, 120 s a 180 s) na bench-pressu s odporem o velikosti 10RM. Naproti změnám v počtu provedených opakování k poklesu rychlosti došlo u všech věkových kategorií. U chlapců, adolescentů i mužů byla pozorována významně vyšší průměrná rychlost provádění jak během 1. série ve srovnání s 2. a 3. sérií, tak během 2. série ve srovnání se 3. sérií. Také průměrný pracovní výkon adolescentů a mužů byl statisticky výrazně vyšší než průměrný pracovní výkon chlapců a průměrný výkon mužů byl významně vyšší než u dospívajících. Největší pokles pracovního výkonu byl

zaznamenán u skupiny mužů v případě IO 60 s (Faigenbaum et al., 2008).

Z výsledků dále vyplývá, že děti nevykazují významný pokles maximálního točivého momentu ve 3 po sobě jdoucích sériích koncentrické extenze kolene při úhlové rychlosti  $60^\circ \cdot s^{-1}$  a  $180^\circ \cdot s^{-1}$  v žádném z pracovních protokolů. Na druhou stranu, adolescenti měli významný pokles výkonu, když byly použity poměry práce k odpočinku 1 : 2, 1 : 4 a 1 : 6. Výsledky této studie uvádí, že adolescenti mohou potřebovat delší intervaly odpočinku pro minimalizaci poklesu maximálního točivého momentu než děti. Nicméně zdá se, že při vyšší úhlové rychlosti provádění se tyto rozdíly zmenšují (Bottaro et al., 2011).

Chaouachi et al. (2011) zkoumal reakci a průběh zotavení po 1 sérii maximálních izokinetických kontrakcí hamstringu s nízkou a vysokou úhlovou rychlostí u skupiny 16 chlapců (11–14 let). Trojice kontrakcí v obou rychlostech, hladiny krevního laktátu a hodnocení vnímané námahy byly sledovány před testem a ve 2, 3, 4 a 5 minutách IO. Autoři dále popisují přechodné zvýšení průměrného výkonu hamstringů, celkové práce a špičkového točivého momentu kvadricepsu při IO 120 s. Zvýšená svalová potenciace může být přičítána různým nervovým reakcím (motoricky evokovaná potenciální facilitace, zlepšená amplituda H-reflexu, zvýšená citlivost na uvolňování  $Ca^{+}$  atd.)

## ***Vliv délky odpočinku na hladinu laktátu, adrenalinu a noradrenalinu***

Bottaro et al., (2011) zkoumali vliv různých délek odpočinkových intervalů a rychlostí kontrakce na regeneraci svalů po silovém cvičení u dětí a adolescentů. Účastníci vykonávali 3 série 10 isokinetických opakování při rychlostech  $60^\circ/s$  a  $180^\circ/s$ . Poměr práce k délce odpočinku byl nastaven na 1 : 2 a 1 : 4 pro rychlost  $60^\circ/s$  a 1 : 6 a 1 : 12 pro rychlost  $180^\circ/s$ . Bylo zjištěno, že po 3 sériích cvičení při rychlosti  $60^\circ/s$  byla koncentrace krevního laktátu významně vyšší než hodnoty před cvičením pro oba odpočinkové intervaly, a to jak u dětí, tak u adolescentů, avšak zvýšení u adolescentů bylo výrazně vyšší.

U dětí došlo k vzestupu při IO 60 s z  $1.04 \pm 0.23$  mM na  $2.55 \pm 0.47$  mM a při IO 120 s z  $1.05 \pm 0.20$  mM na  $2.58 \pm 0.47$  mM.

U dospělých došlo k vzestupu při IO 60 s z  $1.17 \pm 0.18$  mM na  $6.59 \pm 1.07$  mM a při IO 120 s z  $1.18 \pm 0.17$  mM na  $6.03 \pm 0.84$  mM).

To naznačuje výraznější závislost na anaerobní glykolýze a pomalejší proces regenerace u adolescentů než u dětí.

Zdá se, že výhoda dětí může spočívat také v kratší prodlevě mezi začátkem či koncem cvičení a vrcholem metabolitů v krvi, což umožňuje, aby proces zotavení začal dříve (Bottaro et al., 2011).

## Vliv délky odpočinku na nervosvalovou únavu

Vývoj a etiologii neuromuskulární únavy svalů extenzorů kolene při různých délkách svalově-šlachové jednotky (SŠJ) během opakovaných maximálních dobrovolných izometrických kontrakcí zkoumala studie Piponnier et al. (2019) mezi chlapci a muži. Ti vykonávali tři protokoly únavy kolenní extenze při krátkých (SHORT), optimálních (OPT) a dlouhých (LONG) délkách SŠJ, které se skládaly z opakovaných 5sekundových maximálních dobrovolných izometrických kontrakcí s 5sekundovými pasivními odpočinkovými periodami až do snížení točivého momentu na 60 % počáteční hodnoty. Výsledky naznačují, že rozvoj neuromuskulární únavy u dětí a dospělých závisí na délce SŠJ. Zatímco při OPT a LONG délce SŠJ vykazovaly děti nižší výskyt únavy než dospělí, při SHORT SŠJ se rozdíl v nervosvalové únavě mezi dětmi a dospělými výrazně snižovaly Piponnier et al. (2019).

## Závěr

Výsledky naznačují, že u dětí dochází k rychlejší regeneraci po silovém výkonu, a to jak ve srovnání s adolescenty (Bottaro et al., 2011), tak s dospělými (Faigenbaum et al., 2008). Také adolescenti disponují vyšší odolností proti únavě a rychleji se zotavují ze silového

cvičení než dospělí (Tibana et al., 2012; Chaouachi et al., 2011). Dle Chaouachi et al., (2011) může hrát roli dosahování nižšího maximálního výkonu, nižší anaerobní kapacita, nižší koncentrace laktátu a hladina svalového glykogenu, rychlejší resyntéza fosfokreatinu a vyšší oxidační kapacita dětí a mladistvých. Podobně Faigenbaum et al. (2008) uvádí, že rozdílná rychlost regenerace může souviset s nižšími počátečními hladinami laktátu a rychlejší resyntézou fosfokreatinu. Z hlediska rozvoje neuromuskulární únavy u dětí a dospělých se zdají být klíčovými parametry délka SŠJ, centrální a periferní únavnost, aktivace svalů a točivý moment (Piponnier et al., 2019).

Zdá se, že dostačující délka odpočinku mezi sériemi u dětí je minimálně 1 minuta, zatímco u dospívajících se jako vhodnější zdají minimálně 2 minuty (Faigenbaum et al., 2008). Podobně tomu bylo i při využití izokinetických dynamometrů. U dětí se pro plné zotavení při izokinetické svalové práci zdá být dostatečný poměr času strávený cvičením a odpočinkem v rozmezí 1 : 2 – 1 : 4 (Bottaro et al., 2011). Avšak Chaouachi et al. (2011) v závěru své studie dále zmiňuje, že zatímco k vyvolání a odstranění únavy po silovém výkonu s maximální intenzitou dochází u mladých sportovců již při kratším intervalu odpočinku v délce trvání 1–2 minuty (tj. snížení síly, práce nebo výkonu), naopak zlepšení následného výkonu prostřednictvím svalové

potenciace lze dosáhnout při délce odpočinku 2 nebo více minut po výkonu, a to při sérii kontrakcí odolávajících maximální intenzitě a vyšší rychlosti provádění.

Využití izokinetických dynamometrů pro účely testování síly u dětí se zdá býti velice výhodné, jelikož zde odpadá potřeba nácviku správné techniky provádění, což usnadňuje celý výzkumný proces. Další výhodou využití izokinetických dynamometrů je možnost sledování rychlosti provádění, která může hrát významnou roli při vzniku a rozvoji únavy.

Ačkoli se výsledky všech studií zahrnutých do tohoto review vzájemně podporují, jejich největším nedostatkem jsou malé výzkumné vzorky, kdy

průměrná velikost výzkumného vzorku je 16 osob. Vyvozování kvalitních závěrů z takto malých vzorků může být velice problematické a pro budoucí výzkum se zdá být klíčové potvrzení výzkumných závěrů i na větších výzkumných skupinách.

Vztah silového výkonu a fyziologických parametrů však není jednostranný. Stejně jak fyziologické odlišnosti ovlivňují samotný silový výkon dětí, i silový trénink může významným způsobem ovlivnit fyziologické parametry dětí a jejich zdraví (Chaabene et al., 2020; Bea et al., 2017; Faigenbaum et al., 2020).

V následující kapitole uvedu hlavní benefity silového tréninku vztahující se ke zdraví dětí a ovlivnění fyziologických parametrů.

## LITERATURA

- Bailey, R. C., Olson, J., Pepper, S. L., Porszasz, J., Barstow, T. J., & Cooper, D. M. (1995). The level and tempo of children's physical activities: An observational study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27(7), 1033–1041. <https://doi.org/10.1249/00005768-199507000-00012>
- Bea, J. W., Blew, R. M., Howe, C., Hetherington-Rauth, M., & Going, S. B. (2017). Resistance Training Effects on Metabolic Function Among Youth: A Systematic Review. *Pediatric Exercise Science*, 29(3), 297–315. <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0143>
- Benson, A. C., Torode, M. E., & Fiatarone Singh, M. A. (2008). The effect of high-intensity progressive resistance training on adiposity in children: A randomized controlled trial. *International Journal of Obesity*, 32(6), 1016–1027. <https://doi.org/10.1038/ijo.2008.5>
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2019). *Periodization: Theory and methodology of training* (Sixth edition). Human Kinetics.
- Bottaro, M., Brown, L. E., Celes, R., Martorelli, S., Carregaro, R., & Vidal, J. C. D. B. (2011). Effect of Rest Interval on Neuromuscular and Metabolic Responses Between Children and Adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 23(3), 311–321. <https://doi.org/10.1123/pes.23.3.311>
- Carroll, S., & Dudfield, M. (2004). What is the Relationship Between Exercise and Metabolic Abnormalities?: A Review of the Metabolic Syndrome. *Sports Medicine*, 34(6), 371–418. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434060-00004>
- Chaabene, H., Lesinski, M., Behm, D. G., & Granacher, U. (2020). Performance—And health-related benefits of youth resistance training. *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 36(3), 231–240. <https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2020.05.001>
- Chan, K.-M. (ed. ), & Micheli, L. J. (ed. ). (1999). *Sports and children*. WHO.
- Chaouachi, A., Haddad, M., Castagna, C., Wong, D. P., Kaouech, F., Chamari, K., & Behm, D. G. (2011). Potentiation and Recovery Following Low- and High-Speed Isokinetic Contractions in Boys. *Pediatric Exercise Science*, 23(1), 136–150. <https://doi.org/10.1123/pes.23.1.136>
- Dotan, R., Mitchell, C., Cohen, R., Klentrou, P., Gabriel, D., & Falk, B. (2012). Child—Adult Differences in Muscle Activation—A Review. *Pediatric Exercise Science*, 24(1), 2–21. <https://doi.org/10.1123/pes.24.1.2>
- Faigenbaum, A. D., Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2020). *Essentials of youth fitness*. Human Kinetics.
- Faigenbaum, A. D., Ratamess, N. A., McFarland, J., Kaczmarek, J., Coraggio, M. J., Kang, J., & Hoffman, J. R. (2008). Effect of Rest Interval Length on Bench Press Performance in Boys, Teens, and Men. *Pediatric Exercise Science*, 20(4), 457–469. <https://doi.org/10.1123/pes.20.4.457>
- Falk, B., Dotan, R., & Williams, C. A. (2006). *Child-adult differences in the recovery from high-intensity exercise*. 34(3), 107–112.
- Fedewa, M. V., Gist, N. H., Evans, E. M., & Dishman, R. K. (2014). Exercise and Insulin Resistance in Youth: A Meta-Analysis. *Pediatrics*, 133(1), e163–e174. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-2718>
- Glynn, E. L., Piner, L. W., Huffman, K. M., Slentz, C. A., Elliot-Penry, L., AbouAssi, H., White, P. J., Bain, J. R., Muehlbauer, M. J., Ilkayeva, O. R., Stevens, R. D., Porter Starr, K. N., Bales, C. W., Volpi, E., Brosnan, M. J., Trimmer, J. K., Rolph, T. P., Newgard, C. B., & Kraus, W. E. (2015). Impact of combined resistance and aerobic exercise training on branched-chain amino acid turnover, glycine metabolism and insulin sensitivity in overweight humans. *Diabetologia*, 58(10), 2324–2335. <https://doi.org/10.1007/s00125-015-3705-6>
- Guinhouya, B. C., Samouda, H., Zitouni, D., Vilhelm, C., & Hubert, H. (2011). Evidence of the influence of physical activity on the metabolic syndrome and/or on insulin resistance in pediatric populations: A systematic review. *International Journal of Pediatric Obesity*, 6(5–6), 361–388. <https://doi.org/10.3109/17477166.2011.605896>

- Haff, G. G., Whitley, A., & Potteiger, J. A. (2001). A brief review: Explosive exercises and sports performance. *Strength and Conditioning Journal*, 23(3), 13–25.
- Herder, C., Kowall, B., Tabak, A. G., & Rathmann, W. (2014). The potential of novel biomarkers to improve risk prediction of type 2 diabetes. *Diabetologia*, 57(1), 16–29. <https://doi.org/10.1007/s00125-013-3061-3>
- Ivy, J. L. (1997). Role of Exercise Training in the Prevention and Treatment of Insulin Resistance and Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus: *Sports Medicine*, 24(5), 321–336. <https://doi.org/10.2165/00007256-199724050-00004>
- Karusheva, Y., Koessler, T., Strassburger, K., Markgraf, D., Mastrototaro, L., Jelenik, T., Simon, M.-C., Pesta, D., Zaharia, O.-P., Bódis, K., Bärenz, F., Schmoll, D., Wolkersdorfer, M., Tura, A., Pacini, G., Burkart, V., Müssig, K., Szendroedi, J., & Roden, M. (2019). Short-term dietary reduction of branched-chain amino acids reduces meal-induced insulin secretion and modifies microbiome composition in type 2 diabetes: A randomized controlled crossover trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 110(5), 1098–1107. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz191>
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Wilmore, J. H. (2012). *Physiology of sport and exercise* (5th ed). Human Kinetics.
- Knowler, W. C., Barrett-Connor, E., Fowler, S. E., Hamman, R. F., Lachin, J. M., Walker, E. A., Nathan, D. M., Watson, P. G., Mendoza, J. T., Smith, K. A., Caro, J., Goldstein, B., Lark, C., Menefee, L., Murphy, L., Pepe, C., & Spandorfer, J. M. (2002). Reduction in the Incidence of Type 2 Diabetes with Lifestyle Intervention or Metformin. *New England Journal of Medicine*, 346(6), 393–403. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa012512>
- Komi, P. V. (2000). Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33(10), 1197–1206. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(00\)00064-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(00)00064-6)
- Kučera, M., Kolář, P., & Dylevský, I. (2011). *Dítě, sport a zdraví*. Galén.
- Legerlotz, K., Marzilger, R., Bohm, S., & Arampatzis, A. (2016). Physiological Adaptations following Resistance Training in Youth Athletes—A Narrative Review. *Pediatric Exercise Science*, 28(4), 501–520. <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0023>
- Mahon, A. D., Marjerrison, A. D., Lee, J. D., Woodruff, M. E., & Hanna, L. E. (2010). Evaluating the Prediction of Maximal Heart Rate in Children and Adolescents. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81(4), 466–471. <https://doi.org/10.1080/02701367.2010.10599707>
- Malina, R. M. (2006). Weight Training in Youth-Growth, Maturation, and Safety: An Evidence-Based Review: *Clinical Journal of Sport Medicine*, 16(6), 478–487. <https://doi.org/10.1097/01.jsm.0000248843.31874.be>
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (2nd ed). Human Kinetics.
- McNeely, E., & Armstrong, L. (2002). Strength training for children: A review and recommendations. *Physical & Health Education Journal*, 68(4).
- Mitchell, C., Cohen, R., Dotan, R., Gabriel, D., Klentrou, P., & Falk, B. (2011). Rate of Muscle Activation in Power-and Endurance-Trained Boys. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(1), 94–105. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.1.94>
- Piponnier, E., Martin, V., Chalchat, E., Bontemps, B., Julian, V., Boccock, O., Duclos, M., & Rattel, S. (2019). *Effect of MTU length on child-adult difference in neuromuscular fatigue* (arXiv:1903.11335). arXiv. <http://arxiv.org/abs/1903.11335>
- Rasooli, S. A., Fathi, R., Golzar, F. A.-K., & Baghersalimi, M. (2021). The effect of circuit resistance training on plasma levels of amino acids, alpha-hydroxybutyrate, mannose, and urinary levels of glycine conjugated adducts in obese adolescent boys. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 46(6), 561–570. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0171>
- Ratamess, N. A., Falvo, M. J., Mangine, G. T., Hoffman, J. R., Faigenbaum, A. D., & Kang, J. (2007). The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 100(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0394-y>



- Rowland, T. W. (2015). Physiological Aspects of Early Specialized Athletic Training in Children. *Kinesiology Review*, 4(3), 279–291. <https://doi.org/10.1123/kr.2015-0021>
- Strašilová, K., & Vajda, P. (2022). The Effects of Different Rest Interval Lengths on Acute Quarter-squat Performance in Female. *Studia Sportiva*, 16(1), 63–74. <https://doi.org/10.5817/StS2022-1-7>
- Stricker, P. R., Faigenbaum, A. D., McCambridge, T. M., COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS, LaBella, C. R., Brooks, M. A., Canty, G., Diamond, A. B., Hennrikus, W., Logan, K., Moffatt, K., Nemeth, B. A., Pengel, K. B., & Peterson, A. R. (2020). Resistance Training for Children and Adolescents. *Pediatrics*, 145(6), e20201011. <https://doi.org/10.1542/peds.2020-1011>
- Taylor, D. J., Kemp, G. J., Thompson, C. H., & Radda, G. K. (1997). Ageing: Effects on oxidative function of skeletal muscle in vivo. In F. N. Gellerich & S. Zierz (Eds.), *Detection of Mitochondrial Diseases* (pp. 321–324). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6111-8\\_48](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6111-8_48)
- Tibana, R. A., Prestes, J., Nascimento, D. da C., Martins, O. V., Santana, F. S. D., & Balsamo, S. (2012). Higher Muscle Performance in Adolescents Compared With Adults After a Resistance Training Session With Different Rest Intervals: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 1027–1032. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822dfefb>
- Tochikubo, O., Nakamura, H., Jinzu, H., Nagao, K., Yoshida, H., Kageyama, N., & Miyano, H. (2016). Weight loss is associated with plasma free amino acid alterations in subjects with metabolic syndrome. *Nutrition & Diabetes*, 6(2), e197–e197. <https://doi.org/10.1038/nutd.2016.5>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garritty, C., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467–473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- Turley, K. R. (1997). Cardiovascular Responses to Exercise in Children: *Sports Medicine*, 24(4), 241–257. <https://doi.org/10.2165/00007256-199724040-00003>
- Weinstein, Y., Inbar, O., Mor-Unikovski, R., Luder, A., & Dubnov-Raz, G. (2018). Recovery of upper-body muscle power after short intensive exercise: Comparing boys and men. *European Journal of Applied Physiology*, 118(8), 1555–1564. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3885-0>
- Zafeiridis, A., Dalamitros, A., Dipla, K., Manou, V., Galanis, N., & Kellis, S. (2005). Recovery during High-Intensity Intermittent Anaerobic Exercise in Boys, Teens, and Men: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(3), 505–512. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000155394.76722.01>

# PSYCHICKÉ FAKTORY

Vztah mezi pohybovou aktivitou a zdravím je dlouhodobě zkoumán a široce diskutován. WHO mimo jiné zařadila pohybovou inaktivitu mezi nejvýznamnější zdravotní rizikové faktory. Výzkum dlouhodobě poukazuje na různorodé benefity v oblasti tělesného i duševního zdraví, které jsou s pohybovou aktivitou spjaty (Penedo & Dahn, 2005) (Warburton & Bredin, 2017), přičemž už malé množství pohybové aktivity může být zdraví prospěšné (Warburton & Bredin, 2017). Také v subjektivním hodnocení vlastního zdravotního stavu u adolescentů mohou být už suboptimální dávky pohybu spojovány se zlepšením (Granger et al., 2017). Vztah mezi zdravím a pohybovou aktivitou může být u dětí robustnější pro aktivity s vyšší intenzitou (Poitras et al., 2016), silový trénink je tedy z tohoto pohledu vhodnou pohybovou aktivitou. Zároveň silový trénink spadá pod aktivity, které vedou ke zpevnění muskuloskeletárního systému. Ty pak doporučuje WHO, stejně jako jiní autoři, zařazovat u dětí a mládeže aspoň 3× týdně (Janssen & LeBlanc, 2010). Mezi tyto aktivity lze mimo silového tréninku zařadit veškerou aktivitu, která produkuje tlakovou (rázovou) a tahovou sílu na kosterní systém (například skoky nebo běh) (Bull et al., 2020). Silový trénink u dětí a mládeže tedy můžeme považovat za vhodnou aktivitu v podpoře tělesného

i duševního zdraví. Hale et al. (2021) ve své studii navíc poukazují, že u adolescentů by mohly mít programy obsahující silový trénink větší vliv na mentální zdraví a životní pohodu než programy postavené na aerobních aktivitách.

## Dětský silový trénink z celoživotní perspektivy

Udržení co nejlepšího zdraví a celkové pohody je jistě celoživotní otázkou. Z tohoto pohledu je nutné nahlížet na význam pohybové aktivity a silového tréninku nejen v krátkodobém horizontu dětství nebo adolescence, ale také z pohledu jejich vlivu do dospělosti. Hallal et al. (2006) poukazují na několik cest, skrze které může pohybová aktivita v adolescenci ovlivňovat zdraví v dospělosti. Mimo vlivu na zdraví v adolescenci, které následně ovlivňuje i zdraví v pozdějších fázích života, upozorňují autoři také na potenciální pozitivní vztah mezi pohybovou aktivitou v adolescenci a v dospělosti. Nicméně autoři vhodně dodávají, že na míru pohybové aktivity působí celá řada faktorů a stanovení přímého vztahu mezi pohybovou aktivitou v mládí a dospělosti

je velmi problematické. Zajímavý pohled na vztah mezi pohybovou aktivitou v dětství a dospělosti přináší výzkumy, které se zabývají psychomotorickým vývojem a vývojem základních pohybových dovedností. Jedná se o velmi širokou oblast výzkumu, ve které existuje celá řada teoretických modelů a taxonomií. Samotný pojem základní pohybové (motorické) dovednosti není jednotně chápán a používán (podobné pojmy jsou například základní pohybové vzorce, základní pohyby, základní vývojové pohyby aj.) (Newell, 2020). Pro potřebu této kapitoly si dovolíme tuto rozsáhlou problematiku zjednodušit na otázku, kterou si položili Hulteen et al. (2018): *Jaké typy pohybových vzorců by bylo nejprospěšnější rozvíjet, aby se usnadnila celoživotní účast v pohybové aktivitě?*

V odpovědi na tuto otázku autoři vypracovali „*Koncepční model celoživotní pohybové aktivity*“. V rámci tohoto komplexního modelu navazují základní pohybové dovednosti na reflexní a rudimentární pohyby. Zároveň autoři navrhují používat spíše pojem „*foundational*“ než tradičnější „*fundamental movement skills*“, který více odkazuje k nezbytným dovednostem. Jak autoři modelu upozorňují, „*nezbytné*“ není přesné označení, protože to, že se nenaučíte kopat do míče, nutně neznamená, že budete pohybově inaktivní. Do svého modelu autoři zařazují mezi základní pohybové dovednosti nejen zástupce „*tradičních*“ kategorií

(pro srovnání například Newell, 2020): *lokomoční dovednosti* (chůze, běh aj.), *posturální dovednosti a manipulační dovednosti* (házení, chytání, driblování aj.), ale také více specifické pohybové dovednosti jako jízdu na kole, plavání nebo rezistenční trénink. Přičemž autoři připouštějí, že velkou roli zde hrají socio-kulturní a environmentální faktory, které určují míru expozice jednotlivým základním pohybovým dovednostem. Jako příklad lze uvést plavecké dovednosti, které jsou důležité pro celou řadu vodních aktivit. Nicméně můžeme vnímat větší důležitost osvojení si plaveckých aktivit v prostředí, kde mají lidé přístup k vhodným vodním podmínkám. Nedostatečné osvojení základních pohybových dovedností pak může fungovat jako bariéra pro provozování určité pohybové aktivity během života (Hulteen et al., 2018). Jako příklad můžeme uvést manipulaci s míčem. Pokud si dostatečně neosvojíme dovednosti spojené s házením nebo chytáním míče, pak pro nás vzniká bariéra – překážka pro celou řadu míčových sportů. Naopak dobré osvojení těchto dovedností usnadňuje naši případnou účast na těchto aktivitách.

Otázkou zůstává, jestli mezi základní pohybové dovednosti skutečně můžeme zařadit pohybové vzorce ze silového tréninku. Jako příklady základních pohybových dovedností z oblasti silového tréninku uvádějí Hulteen et al. (2018) ve svém modelu výpady, tlaky (nad hlavu), přitahy a dřepy.

Argumentují, že silový trénink podporuje obecnou sílu a podporuje výkonnost při běžných denních aktivitách. My s autory souhlasíme z více důvodů:

1. Silový trénink anebo trénink, který pracuje s podobnými pohybovými vzorci, je dnes součástí většiny výkonnostních sportů na různých úrovních.
2. Odvětví fitness se za poslední dekády významně rozrostlo a globalizovalo (Andreasson & Johansson, 2018). Celá řada populárních cvičení a lekcí využívá základní pohybové vzorce totožné se silovým tréninkem.
3. V celé řadě pohybových činností nespportovního charakteru můžeme adaptovat pohybové vzorce ze silového tréninku. Jako příklad si můžeme uvést zvedání a přenášení břemen.

Na základě těchto argumentů se domníváme, že mnohé pohybové vzorce ze silového tréninku můžeme v našem socio-kulturním prostředí považovat za základní pohybové kompetence. Pokud je jedinec zvládne již v dětství, tak mají velký potenciál usnadňovat různorodou pohybovou aktivitu v dospělosti. Z tohoto pohledu lze silový trénink dětí považovat za aktivitu, která může celoživotně podpořit aktivní životní styl, a tím i fyzické a mentální zdraví.

## Silový trénink a duševní zdraví

Z pohledu epidemiologických studií lze konstatovat, že již máme velmi robustní důkazy o pozitivním vztahu mezi pohybovou aktivitou (cvičením) a duševním zdravím. Experimentální a intervenční studie pak mají více smíšené výsledky, ale poukazují na slibný potenciál cvičení v boji proti duševním potížím (P. J. Smith & Merwin, 2021). Podobné výsledky máme také u populace dětí a adolescentů. Zde se ukazuje, že pohybové intervence mají potenciál snižovat depresivní a úzkostné projevy a zároveň zlepšovat sebepojetí. Nicméně i tady autoři přehledové studie upozorňují na nedostatek kvalitních výzkumů (Biddle & Asare, 2011).

Z pohledu čistě silového tréninku u dětí a adolescentů máme dostupných dat ještě méně. Přehledové studie poukazují na pozitivní účinek silového tréninku na projevy úzkosti u různých populací včetně adolescentů (Barahona-Fuentes et al., 2021; Gordon et al., 2017; Strickland & Smith, 2014). Přestože data k dětské populaci chybí, jedná se o slibné výsledky. U adolescentů má rezistenční trénink pozitivní vliv na zlepšení deprese (Barahona-Fuentes et al., 2021; Wang et al., 2022), u dětí a adolescentů s různým zdravotním postižením může vést ke zlepšení sebepojetí (Legerlotz, 2020), stejně tak může

zlepšovat sebepercepci (vnímání sebe sama) u dětí s nízkými motorickými kompetencemi (McIntyre et al., 2015).

## Vliv silového tréninku na různé koncepty Jáství

Pohybová aktivita a intervence jsou zkoumány s celou řadou psychologických konceptů „Self“ (Já/Jáství). O tom, že je toto téma velmi důležité, svědčí například skutečnost, že vysoká úroveň Self-esteem (sebeúcta, sebevědomí) je spojena s větší emoční stabilitou, subjektivní pohodou, životní satisfakcí, odolností vůči stresu a zdravým životním stylem (Clow & Edmunds, 2014, p. 84). Oproti tomu nižší úroveň Self-esteem je ve vztahu k celé řadě duševních potíží a psychopatologii (Buckworth et al., 2013, p. 295; Clow & Edmunds, 2014, p. 84).

Z toho plyne, že v mnoha případech může být při volbě optimální tréninkové metody vhodné zahrnout jiné potenciální vlivy na jedince než pouze očekávané fyziologické změny. Z výzkumu totiž vyplývá, že silový trénink má potenciál být vhodným nástrojem zvyšování kvality života skrze vliv na různé koncepty Self.

Na začátek upozorníme na několik problémů, které vyvstávají při studiu

a interpretaci výsledků výzkumu vztahu mezi silovým tréninkem a koncepty Self.

1. Koncepty Self jsou psychologické konstrukty. Nejedná se tedy o něco „pevně daného“, ale každý koncept Self je navázaný na svou teorii nebo model. Vzhledem k množství různých pojmů a teorií v této oblasti může být chápání terminologie a rozlišování jednotlivých konceptů od sebe velmi matoucí. Mnohé termíny se používají zaměnitelně pro označení stejných nebo navzájem se překrývajících konstruktů (například self-esteem, self-worth, self-concept, self-perception) (Clow & Edmunds, 2014, p. 84). Při četbě literatury nebo interpretaci výsledků výzkumu je tedy nezbytné se seznámit s konkrétní definicí pojmů, které autoři v daném textu používají. Stejně tak různé výzkumné nástroje (například škály), které jsou spojeny se stejným pojmem, mohou měřit jiný teoretický konstrukt.
2. Většina systémů a konstruktů Self má strukturu, ve které jsou globální koncepty syceny více specifickými doménami. Buckworth et al. (2013, p. 296) si to doporučují představit jako pyramidu s globálním sebepojetím na vrcholu, obecnými konstrukty na nižší úrovni a čím více bychom šli směrem dolů k základům

pyramidy, tím více specifické komponenty bychom tam mohli zařadit. Na nejnižších patrech by pak bylo naše sebevnímání a sebeúcta ve vztahu k jednotlivým specifickým situacím. Je velmi důležité si to uvědomit především ve vztahu k našim očekáváním spojených s odezvou na trénink. Protože všeobecně lze říct, že čím více obecný nebo globální koncept Self bychom měřili nebo hodnotili, tím menší vliv tréninku můžeme očekávat. Například u silového tréninku bychom tak mohli očekávat výrazně větší pozitivní vliv na hodnocení vlastních kompetencí a sebeúcty spojenou se silovým tréninkem samotným nebo na obecnější celkové vnímání a hodnocení našeho Physical-self (fyzického Já), než na globální Self-esteem. To je dáno skutečností, že globální Self-esteem je ovlivněn celou řadou dalších domén a subdomén (například Self-concepty spojené se vzděláním, sociálním fungováním atd.). U těchto oblastí pak nemůžeme předpokládat, že na ně bude mít silový trénink vliv.

3. Napříč koncepty Self se jedná o subjektivní vnímání sebe sama, vztah k sobě samému, hodnocení a hodnota, jakou sami sobě přikládáme. Z pohledu silového tréninku to znamená, že naše sebepojetí se může změnit i bez

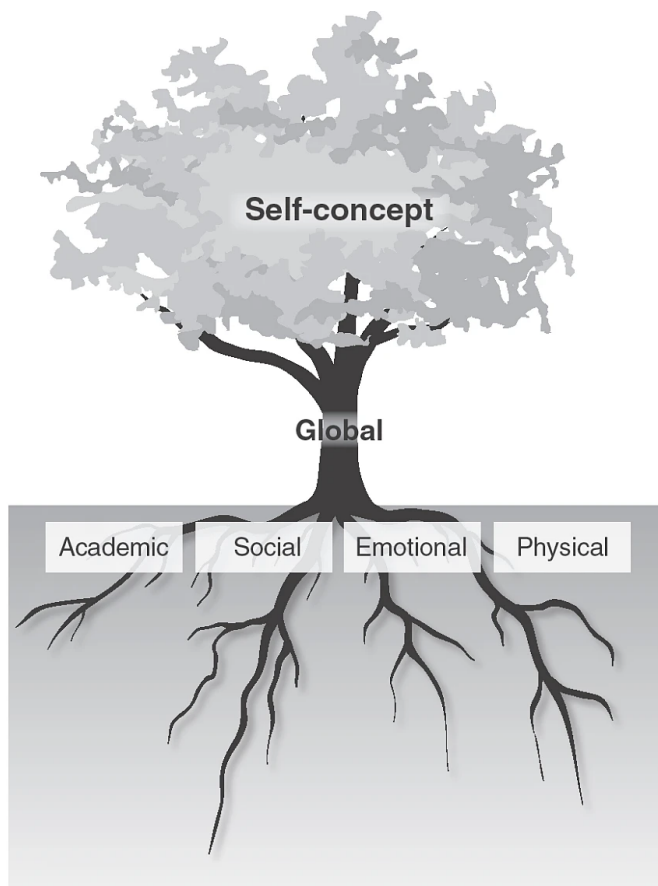
signifikantních fyziologických nebo somatických změn.

V následující části se budeme věnovat vlivu silového tréninku na koncepty Self-esteem a Self-efficacy. Pokud na chvíli zanedbáme bod č. 1 viz výše, pak se všeobecně pojem Self-esteem (sebeúcta) vztahuje k tomu, jak moc se má jedinec rád a jak moc si sám sebe váží. Jde o souhrnné hodnocení sebe sama v různých oblastech na základě osobního hodnotového systému a standardů (Buckworth et al., 2013, pp. 296–297). Pro pochopení struktury Self-esteem a předpokládaných cest (mechanismů), kterými může být globální Self-esteem ovlivněn pohybovou aktivitou, byla vypracována celá řada multidimenzionálních modelů (viz Buckworth et al., 2013, pp. 295–320; Clow & Edmunds, 2014, pp. 83–104; Tenenbaum et al., 2012, pp. 215–226), jejich kompletní úplná prezentace není intencí této kapitoly. Ucelené závěry o tom, jaký má silový trénink vliv na Self-esteem, limituje nedostatek kvalitních studií. To není nijak překvapující vzhledem ke skutečnosti, že dostatek kvalitních dat nemáme ani tehdy, pokud vyhodnocujeme vliv všech zkoumaných pohybových intervencí (Biddle & Asare, 2011; Dale et al., 2019).

Z přehledových studií vyplývá, že existuje vztah mezi zvýšením pohybové aktivity a zlepšením v Self-esteem (Biddle & Asare, 2011; Dale et al., 2019). Pokud se podíváme specificky na silový trénink, pak přehledové studie poukazují na pozitivní vliv na Self-esteem

u různých populací (O'Connor et al., 2010; Westcott, 2012). Čistě z pohledu rezistenčního tréninku u dětí musíme na potenciální pozitivní vliv na Self-esteem spíše usuzovat, než že bychom měli dostatek kvalitních dat. Přehledové studie ukazují, že rezistenční trénink má pozitivní vliv na různé koncepty a domény Self u různých dětských a adolescentních populací (Collins et al., 2019; Legerlotz, 2020; McIntyre et al., 2015). Vzhledem k již výše uvedeným skutečnostem, že global Self-esteem je ve

většině modelů ovlivňováno různými specifitějšími koncepty Self, všeobecně má pohybová aktivita pozitivní vliv na Self-esteem a lze se domnívat, že ho má také rezistenční trénink. Navíc u dospělé populace lze řadit silový trénink mezi nejefektivnější pohybové intervence, pokud jde o vliv na globální koncepty Self (Spence et al., 2005). Nicméně malý počet kvalitních studií znemožňuje dělat pevné závěry o tom, jestli je silový trénink u dětí a adolescentů účinnější než jiné formy pohybové aktivity.



**Obrázek 21** Multidimenzionální, hierarchický model jáství  
Pozn.: S povolením autora: (Clow & Edmunds, 2014).

Na závěr této kapitoly se budeme věnovat konceptu Self-efficacy (do češtiny se i přes několik pokusů obvykle nepřekládá), který se dle jeho autora týká přesvědčení (sebedůvěry) jedince o jeho schopnostech plánovat a jednat způsobem potřebným pro zvládnutí budoucí situace (Bandura, 1995, p. 2).

Self-efficacy má vliv na naše chování, motivaci, stanovování cílů, očekávání výsledků, na to, jak dlouho ve svém snažení vydržíme, když se objeví překážky a neúspěchy, nebo na naše emoce (Bandura, 1997, 2012, p. 3). Bandura (2012) sám upozorňoval, že Self-efficacy se u jedince může výrazně lišit mezi jednotlivými doménami fungování, ale dokonce napříč různými aspekty jedné domény. Jako příklad si můžeme představit dítě, které má vysoké Self-efficacy v oblasti rezistenčního tréninku, ale výrazně nižší v oblasti fotbalu. Self-efficacy je spojeno s přijetím a osvojením si pohybové aktivity a následnou adherencí. Proto je důležité, aby intervenční programy (cvičení, trénink) poskytovaly jedincům zkušenost, která bude zvyšovat jejich přesvědčení o vlastních schopnostech (Mcauley & Courneya, 1993). Bandura definoval vlastní zkušenost se zvládnutím úkolu nebo činnosti jako jeden ze základních zdrojů Self-efficacy (Bandura, 1977). Vlastní zkušenost je nejvýznamnější faktor působící na Self-efficacy, protože přináší autentický důkaz o tom, že jedinec dokáže uspět nebo zvládnout, co je třeba. Dosahování úspěchu tedy

na rozdíl od neúspěchu naše přesvědčení o vlastních schopnostech posiluje (pro robustní a odolné Self-efficacy je žádoucí také zkušenost s překonáváním překážek a vynaložením úsilí pro dosažení úspěchu) (Bandura, 1997).

(Vajda et al., 2021) upozorňují, že z pohledu posilování Self-efficacy ze zdrojů vlastních zkušeností zvládnutí úkolu a zažívání úspěchu může být silový trénink velmi vhodnou formou pohybové aktivity /intervence. Ve srovnání s mnoha jinými aktivitami jsme při silovém tréninku schopni přesně sledovat náš posun a zlepšení (například posouzení drobných zlepšení u herních sportů je jistě mnohem náročnější než sledování posunu ve velikosti odporu). Navíc, jak dále (Vajda et al., 2021) upozorňují, u populací, které s rezistenčním tréninkem začínají, dochází k rychlému nárůstu výkonnosti, což může mít už v krátkodobém horizontu pozitivní vliv na Self-efficacy.

Ve shodě s tím výsledky přehledové studie ukazují, že v rámci různých konceptů Self má rezistenční trénink u dětí adolescentů největší vliv právě na Self-efficacy (Hedges'  $g = 0,538$ ; 95 % CI 0,254–0,822,  $P < 0,001$ ) (Collins et al., 2019). To může přinášet benefity nejen vzhledem k výše uvedenému, ale také vzhledem ke skutečnosti, že v rámci různých konstruktů a modelů je Self-efficacy jednou ze subdomén, která ovlivňuje globální Self-esteem.

Jako příklad lze uvést EXSEM (The exercise and self-esteem mode), který



původně navrhli (Sonstroem & Morgan, 1989) a později byl jinými autory několikrát revidován.

V rámci tohoto modelu je zkoumán mechanismus, kterým se může Self-esteem měnit prostřednictvím cvičení a jak účinky cvičení generalizují do globálního Self-esteem. Model ukazuje, že změny v Self-efficacy, spojené s fyzickou aktivitou, mohou mít vliv také na globální Self-esteem. A jak již bylo uvedeno, tím také na celkovou kvalitu života.

## LITERATURA

- Albert Bandura. (1995). *Self-Efficacy in Changing Societies*. Cambridge University Press; eBook Collection (EBSCOhost). <http://ezproxy.muni.cz/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,cookie,uid&db=nlebk&AN=711687&lang=cs&site=eds-live&scope=site>
- Andreasson, J., & Johansson, T. (2018). Glocalised fitness: The franchising of a physical movement, fitness professionalism and gender. *Leisure/Loisir*, 42(3), 301–321. <https://doi.org/10.1080/14927713.2018.1535910>
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191–215. <https://doi.org/10.1037//0033-295x.84.2.191>
- Bandura, A. (1997). *Self-Efficacy: The Exercise of Control*. Worth Publishers. [https://books.google.cz/books?id=eJ-PN9g\\_o-EC](https://books.google.cz/books?id=eJ-PN9g_o-EC)
- Bandura, A. (2012). On the Functional Properties of Perceived Self-Efficacy Revisited. *Journal of Management*, 38(1), 9–44. <https://doi.org/10.1177/0149206311410606>
- Barahona-Fuentes, G., Huerta Ojeda, Á., & Chiroso-Ríos, L. (2021). Effects of Training with Different Modes of Strength Intervention on Psychosocial Disorders in Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18), 9477. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189477>
- Biddle, S. J. H., & Asare, M. (2011). Physical activity and mental health in children and adolescents: A review of reviews. *British Journal of Sports Medicine*, 45(11), 886. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090185>
- Buckworth, J., Dishman, R. K., O'Connor, P. J., & Tomporowski, P. D. (2013). *Exercise Psychology*. Human Kinetics. <https://doi.org/10.5040/9781492595502>
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451–1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
- Clow, A., & Edmunds, S. (Eds.). (2014a). *Physical Activity and Mental Health*. Human Kinetics. <https://doi.org/10.5040/9781492595724>
- Clow, A., & Edmunds, S. (Eds.). (2014b). *Physical Activity and Mental Health*. Human Kinetics. <https://doi.org/10.5040/9781492595724>
- Collins, H., Booth, J. N., Duncan, A., Fawkner, S., & Niven, A. (2019). The Effect of Resistance Training Interventions on ‘The Self’ in Youth: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, 5(1), 29. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0205-0>
- Dale, L. P., Vanderloo, L., Moore, S., & Faulkner, G. (2019). Physical activity and depression, anxiety, and self-esteem in children and youth: An umbrella systematic review. *Mental Health and Physical Activity*, 16, 66–79. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2018.12.001>
- Gordon, B. R., McDowell, C. P., Lyons, M., & Herring, M. P. (2017). The Effects of Resistance Exercise Training on Anxiety: A Meta-Analysis and Meta-Regression Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Medicine*, 47(12), 2521–2532. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0769-0>
- Granger, E., Di Nardo, F., Harrison, A., Patterson, L., Holmes, R., & Verma, A. (2017). A systematic review of the relationship of physical activity and health status in adolescents. *European Journal of Public Health*, 27(suppl\_2), 100–106. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckw187>
- Hale, G. E., Colquhoun, L., Lancaster, D., Lewis, N., & Tyson, P. J. (2021). Review: Physical activity interventions for the mental health and well-being of adolescents – a systematic review. *Child and Adolescent Mental Health*, 26(4), 357–368. <https://doi.org/10.1111/camh.12485>

- Hallal, P. C., Victora, C. G., Azevedo, M. R., & Wells, J. C. K. (2006). Adolescent Physical Activity and Health: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 36(12), 1019–1030. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636120-00003>
- Hulteen, R. M., Morgan, P. J., Barnett, L. M., Stodden, D. F., & Lubans, D. R. (2018). Development of Foundational Movement Skills: A Conceptual Model for Physical Activity Across the Lifespan. *Sports Medicine*, 48(7), 1533–1540. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0892-6>
- Janssen, I., & LeBlanc, A. G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7(1), 40. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-7-40>
- Legerlotz, K. (2020). The Effects of Resistance Training on Health of Children and Adolescents With Disabilities. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 14(4), 382–396. <https://doi.org/10.1177/1559827618759640>
- Mcauley, E., & Courneya, K. S. (1993). Adherence to exercise and physical activity as health-promoting behaviors: Attitudinal and self-efficacy influences. *Applied and Preventive Psychology*, 2(2), 65–77. [https://doi.org/10.1016/S0962-1849\(05\)80113-1](https://doi.org/10.1016/S0962-1849(05)80113-1)
- McIntyre, F., Chivers, P., Larkin, D., Rose, E., & Hands, B. (2015). Exercise can improve physical self perceptions in adolescents with low motor competence. *Human Movement Science*, 42, 333–343. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.12.003>
- Newell, K. M. (2020). What are Fundamental Motor Skills and What is Fundamental About Them? *Journal of Motor Learning and Development*, 8(2), 280–314. <https://doi.org/10.1123/jmld.2020-0013>
- O'Connor, P. J., Herring, M. P., & Carvalho, A. (2010). Mental Health Benefits of Strength Training in Adults. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 4(5), 377–396. <https://doi.org/10.1177/1559827610368771>
- Penedo, F. J., & Dahn, J. R. (2005). Exercise and well-being: A review of mental and physical health benefits associated with physical activity. *Current Opinion in Psychiatry*, 18(2). [https://journals.lww.com/co-psychiatry/Fulltext/2005/03000/Exercise\\_and\\_well\\_being\\_\\_a\\_review\\_of\\_mental\\_and.13.aspx](https://journals.lww.com/co-psychiatry/Fulltext/2005/03000/Exercise_and_well_being__a_review_of_mental_and.13.aspx)
- Poitrais, V. J., Gray, C. E., Borghese, M. M., Carson, V., Chaput, J.-P., Janssen, I., Katzmarzyk, P. T., Pate, R. R., Connor Gorber, S., Kho, M. E., Sampson, M., & Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(6 (Suppl. 3)), S197–S239. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0663>
- Smith, P. J., & Merwin, R. M. (2021). The Role of Exercise in Management of Mental Health Disorders: An Integrative Review. *Annual Review of Medicine*, 72(1), 45–62. <https://doi.org/10.1146/annurev-med-060619-022943>
- Sonstroem, R. J., & Morgan, W. P. (1989). Exercise and self-esteem: Rationale and model. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(3), 329–337.
- Spence, J. C., McGannon, K. R., & Poon, P. (2005). The Effect of Exercise on Global Self-Esteem: A Quantitative Review. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 27(3), 311. SPORTDiscus with Full Text.
- Strickland, J. C., & Smith, M. A. (2014). The anxiolytic effects of resistance exercise. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00753>
- Tenenbaum, G., Eklund, R. C., & Kamata, A. (Eds.). (2012). *Measurement in Sport and Exercise Psychology*. Human Kinetics. <https://doi.org/10.5040/9781492596332>
- Vajda, P., Stražilová, K., & Svobodová, L. (2021). EFFECTS OF DIFFERENT PHYSICAL EXERCISES ON GENERAL SELF-EFFICACY AND GLOBAL SELF-ESTEEM IN OLDER ADULTS. *Kinesiologia Slovenica*, 27(2), 118–134. <https://doi.org/10.52165/kinsi.27.2.118-134>
- Wang, X., Cai, Z., Jiang, W., Fang, Y., Sun, W., & Wang, X. (2022). Systematic review and meta-analysis of the effects of exercise on depression in adolescents. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*, 16(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s13034-022-00453-2>

- Warburton, D. E. R., & Bredin, S. S. D. (2017). Health benefits of physical activity: A systematic review of current systematic reviews. *Current Opinion in Cardiology*, 32(5), 541–556. <https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000437>
- Westcott, W. L. (2012). Resistance Training is Medicine: Effects of Strength Training on Health. *Current Sports Medicine Reports*, 11(4), 209–216. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e-31825dabb8>

# **Vliv silového tréninku na dětský organismus**

Vliv na vybrané somatické, fyziologické a psychologické faktory

**Mgr. Bc. Kateřina Stražilová**

**PhDr. Mgr. Petr Vajda, Ph.D.**

Jazyková redakce: Lucie Skalníková Hermanyová

Typografická úprava: Katarína Šimková

Návrh obálky: Katarína Šimková

Obrázek na obálce: freepik.com

Vydala Masarykova univerzita,

Žerotínovo nám. 617/9, 601 77 Brno

Vydání 1., elektronické, 2024

ISBN 978-80-280-0624-2

MUNI  
PRESS

MUNI  
SPORT