

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**VLIV VĚKU, POHLAVÍ A POHYBOVÉ AKTIVITY NA ÚROVEŇ
REAKČNÍCH SCHOPNOSTÍ DOLNÍCH KONČETIN U PUBESCENTŮ**

**THE INFLUENCE OF AGE, GENDER AND MOVEMENT ACTIVITY ON
THE REACTION ABILITIES OF LOWER LIMBS BY PUBESCENTS**

Autoreferát disertační práce v oboru Kinantropologie

Školitel:

Doc. MUDr. Jan Heller CSc.

Konzultant specialista:

Mgr. Vladimír Hojka Ph.D.

Vypracoval:

Mgr. Petr Brychta

Praha, duben 2015

Abstrakt

- Název:** Vliv věku, pohlaví a pohybové aktivity na úroveň reakčních schopností dolních končetin u pubescentů
- Cíle práce:** Hlavním cílem disertační práce bylo zjistit úroveň reakčně-rychlostních schopností dolních končetin pubescentů ve věku od 10 do 15 let na základě faktorů věku, pohlaví a pohybové aktivity. Dalším cílem bylo určit období puberty (kalendářní věk), kdy dojde k nejvýraznějšímu poklesu disjunktivní reakčně-pohybové doby dolních končetin.
- Metodika:** Výzkumu se zúčastnilo 214 chlapců a dívek ve věkovém rozmezí 10 – 15 let ($157,8 \pm 10,8$ cm; $47,2 \pm 10,7$ kg). Jednoduchá, výběrová i disjunktivní reakčně-pohybová doba dolních končetin byla měřena pomocí testu Fitro Agility Check. Zpracování výsledků včetně statistických procedur bylo provedeno v programovacím prostředí Matlabu (MathWorks, Inc.) a IBM SPSS Statistics 22. Třífaktorová ANOVA a Tukeyho post – hoc test ($\alpha=0,05$) byly použity pro zjištění diferencí mezi jednotlivými skupinami probandů. Mnohonásobná regresní analýza byla použita pro zjištění souvislostí mezi jednotlivými parametry.
- Výsledky:** Byly zjištěny významné rozdíly a pokles reakční doby u všech typů reakční rychlosti v meziročním období s přibývajícím věkem. Testování odhalilo nejvýraznější snížení výběrové i disjunktivní-reakčně pohybové doby dolních končetin mezi jedenáctiletými (11,00 - 11,99) a dvanáctiletými (12,00 - 12,99) probandy. Nejvýraznější snížení jednoduché reakce bylo u obou pohlaví sledováno mezi skupinami třináctiletých (13,00-13,99) a čtrnáctiletých (14,00-14,99). Prohloubení intersexuálních rozdílů v našem testovaném vzorku je patrné od 12. do 15. roku života. Byl odhalen významný vliv interakce faktorů věku a pohlaví na disjunktivní reakčně-pohybovou rychlostní schopnost dolních končetin. Dle výsledků je zřejmý pozitivní vliv pohybové aktivity na rozvoj reakčně-pohybové schopnosti jedince.
- Klíčová slova:** Disjunktivní reakční doba, Fitro Agility Check, hbitost, intersexuální difference, komplexní reakční doba, nesportovec, pohybová aktivita, pubescence, sportovec, věkový efekt.

Abstract

- Title:** The influence of age, gender and movement activity on the reaction abilities of lower limbs.
- Objectives:** The main objective of this dissertation was to find the reaction abilities of pubescent's (aged 10 – 15years) lower limbs on the basis of age, gender and movement activity. The further aim was to determine the pubescence period (age) when the most noticeable decrease of the visual disjunctive motor response time of lower limbs occurs.
- Methods:** 214 boys and girls aged 10-15 years (157.8 ± 10.8 cm; 47.2 ± 10.7 kg) participated in this research. Simple, choice and disjunctive reaction time of lower limbs was measured through the Fitro Agility Check test. The results processing, including statistical procedures, was carried out using the Matlab (MathWorks, Inc.) programming environment, an IBM SPSS Statistics 22. Three-way ANOVA and Tukey post-hoc tests ($\alpha=0.05$) were used to determine the individual parameters connection.
- Results:** With increasing age, year over year, we found important differences and reaction time decreases of all types of reaction speeds. Testing brings to light the fact that the most noticeable decrease of both selection and disjunctive reaction time of lower limbs are between groups of 11 year olds (11.00-11.99) and 12 year olds (12.00-12.99). The most noticeable decrease of simple reaction speed was found in both genders between 13 year old probands (13.00-13.99) and 14 years old probands (14.00-14.99). Intersignification of the intersexual differences is evident from the 12th year to the 15th year of life. The important influence of the interaction of age and tender factors into the disjunctive reaction-motion ability of the lower limbs. The positive influence of the motion activity on the development of reaction-motion abilities is evident according to the results.
- Key words:** Disjunctive reaction time, Fitro Agility Check, agility, intersex difference, complex reaction time, nonathlete, motion activity, pubescence, athlete, age effect.

1. ÚVOD

Reakční rychlost je schopnost reagovat v co nejkratším čase na určitý podnět. Je chápána jako doba (doba latence), která uplyne od počátku působení podnětu do zahájení pohybové činnosti (Grosser, 1994). Reakční rychlost je spojena se zahájením pohybu. Za komplexní rychlost považujeme kombinaci cyklických a acyklických pohybů, včetně reakce.

Reakční rychlost se rozlišuje na jednoduchou (prostou) a výběrovou (složitou, disjunktivní) reakci ve stabilních nebo proměnlivých podmínkách. Za jednoduchou se považuje reakce na neměnný, přesně určený podnět (signál), kdy následuje přesně stanovená, neměnná se pohybová odpověď. Výběrová (disjunktivní) reakční doba je složitější pohybovou reakcí vybranou z několika možností dle aktuální situace. Výběrová reakční doba oproti jednoduché navíc zahrnuje proces rozhodování, který zapříčiňuje zpoždění, čímž v porovnání s jednoduchým reakčním časem vzrůstá celková reakční doba. Čas potřebný pro rozhodnutí je nejvíce variabilní komponenta reakční rychlosti (Demirarslan, 1992). Disjunktivní reakce mívají latence o 20-200 ms delší než u reakcí jednoduchých.

Reakční doba má mnoho determinantů. Mezi ty nejpodstatnější patří věk, pohlaví, praxe, somatické faktory, pozornost, zdravotní stav, intenzita podnětu, únava, motivace, anticipace, zkušenost, typ osobnosti, stimulancia a inteligence (Davis, 2000). Pozornost je kognitivní proces, který velmi úzce souvisí s vnímáním, pamětí a učením. Jednoduchý reakční čas se od dětství přibližně do 20 let zkracuje, poté pozvolna prodlužuje až do 50 - 60 let a následně prodlužuje rychleji (Fozard, 1994). Prakticky v každé věkové skupině je střední hodnota reakční doby u mužů kratší než u žen a u chlapců kratší než u dívek (Der & Deary, 2006). Ne vždy platí, že sportovci či lidé vykonávající pravidelnou pohybovou aktivitu mají kratší reakční dobu. Ward et al. (2000) ve své studii neprokázal kratší reakční dobu u vrcholových sportovců v porovnání s běžnou populací. Na druhou stranu je potvrzeno, že vhodné tréninkové metody mohou zlepšit rychlost reakce (snížit reakční dobu) až o 25% (Little & Williams, 2005) a také, že značné množství pohybové (tréninkové) praxe může způsobit automatické reakce, které jsou rychlejší (Schmidt & Wriesberg, 2008). I když je reakce přibližně z 80 % podmíněna geneticky a ontogenezí, je pravděpodobné, že vhodným tréninkem v senzitivním období dojde k jejich zlepšení. Tato hypotéza se opírá o poznatky ontogeneze, v jejímž průběhu se reakční schopnosti přirozeně vyvíjí (Miller & Low, 2001).

2. CÍLE, HYPOTÉZY A METODIKA PRÁCE

2. 1. Cíle práce

Cílem práce je změřit hodnotu jednoduché, výběrové a disjunktivní reakčně-pohybové doby dolních končetin u dětí ve věku od 10 do 15 let a zjistit míru determinace jednoduché, výběrové a disjunktivní reakčně-pohybové doby dolních končetin u sledovaných skupin vlivem věku, pohlaví a pohybové aktivity. Dále určit přesně věkové období (kalendářní věk), kdy dojde k nejvýraznějšímu poklesu disjunktivní reakčně-pohybové doby dolních končetin.

2. 2. Hypotézy práce

H1: V porovnání vývoje jednoduché, výběrové a disjunktivní reakčně-pohybové doby od 10 do 15 let očekáváme nejmenší míru zkrácení doby reakce u jednoduché, největší míru zkrácení u disjunktivní reakčně-pohybové doby.

H2: Nejkratší disjunktivní reakčně-pohybové doby dolních končetin dosáhnou pubescenti ve věkové kategorii 14-15 let.

H3: Disjunktivní reakčně-pohybová doba dolních končetin ve stejné věkové kategorii bude statisticky významně kratší u jedinců provozujících organizovanou pohybovou aktivitu.

H4: Ve všech věkově stejných skupinách budou mít dívky statisticky významně delší disjunktivní reakčně-pohybovou dobu dolních končetin než chlapci.

2. 3. Popis výzkumné skupiny

Výzkumný soubor tvoří záměrný výběr 214 probandů ($157,8 \pm 10,8$ cm; $47,2 \pm 10,7$ kg) ZŠ Petřiny sever (Praha) ve věkovém rozmezí od 10,0 do 15,0 let. Soubor je rozdělen do 5 věkových skupin dle kalendářního věku. Každá z věkových skupin je rozdělena na chlapce a dívky a také dle pohybové aktivity na sportovce a nespportovce. Sportovci a nespportovci byli rozděleni na základě výsledků ankety.

2. 4. Metody výzkumu

Sběr dat a měřicí procedury

Sběr výzkumných dat proběhl na jaře v roce 2013 (duben a květen). K získání výzkumných dat byla použita anketa pro rozdělení souboru na sportovce a nesportovce, antropometr a náslapná váha k zjištění tělesné výšky a hmotnosti jedinců. Testy reakční rychlosti byly realizovány pomocí zařízení FiTRO Agility Check, kdy byla zjištěna hodnota jednoduché, výběrové a disjunktivní reakčně-pohybové doby dolních končetin.

2. 4. 1. Testy reakční rychlosti dolních končetin

Pro měření reakční doby dolních končetin bylo využito zařízení FiTRO Agility check (Hammar, 1997). Předností testu FiTRO Agility Check je postihnutí komplexní senzomotorické reakční doby.

Test jednoduché rychlosti reakce dolní končetiny na vizuální podnět

Testovaná osoba sedí na židli ve vzdálenosti 1 m od monitoru počítače, který je propojen s jednou čtvercovou destičkou o rozměrech 35 x 35 cm umístěnou na zemi před nohou jedince. Proband má nohu patou na zemi a přední část chodidla (bříška prstů) mírně nadzvednutou nad povrchem sensorické destičky. Úkolem testovaného je zpracovat vizuální signál v podobě červeného kolečka na obrazovce PC a co nejrychleji dotykem sešlápnout kontaktní desku. Test provádíme preferovanou nohou. Byly vytvořeny dva rovnocenné protokoly po 20 podnětech. Hodnocen byl průměrný čas reakce - 16 pokusů z celkových 20. Protokol, v němž byla dosažena nižší průměrná hodnota jednoduché reakce, byl brán jako výsledek testu.

Test výběrové rychlosti reakce dolních končetin na vizuální podnět

Testovaná osoba sedí na židli ve vzdálenosti 1 m od monitoru počítače, který je propojen se dvěma čtvercovými deskami o rozměrech 35 x 35 cm umístěnými na zemi před nohama jedince. Proband má obě nohy patami na zemi a přední části chodidel (bříška prstů) mírně nadzvednuté (cca 5 cm) nad povrchem sensorických destiček (levá noha nad levou destičkou, pravá noha nad pravou destičkou). Úkolem testovaného je zpracovat vizuální signál v podobě červeného kolečka na obrazovce PC a co nejrychleji dotykem sešlápnout příslušnou kontaktní desku dle umístění stimulu na příslušné straně obrazovky počítače. Byly vytvořeny dva rovnocenné protokoly po 20 podnětech (10 na levou stranu, 10 na pravou

stranu). Hodnocen byl průměrný čas reakce - 16 pokusů z celkových 20. Protokol, v němž byla dosažena nižší průměrná hodnota výběrové reakce, byl brán jako výsledek testu.

Test komplexní senzomotorické rychlosti reakce (disjunktivní reakčně-pohybová doba) dolních končetin na vizuální podnět

Testovaná osoba stojí uprostřed mezi čtyřmi čtvercovými deskami o rozměrech 35 x 35 cm umístěnými ve vzdálenosti 50 cm od vnitřních okrajů. Úlohou testované osoby je zpracovat vizuální signál a na jeho základě vykonat příslušnou pohybovou odpověď. Vizuální podnět je zobrazen pomocí obrazovky notebooku v podobě červeného kolečka na bílém pozadí. Úkolem testovaného je co nejrychleji zareagovat na stimul a sešlápnout příslušnou kontaktní desku dle umístění stimulu v příslušném rohu obrazovky počítače. Podněty byly generovány podle protokolu v časovém rozmezí od 500 do 3 000 ms od předešlého kontaktu. Po každém sešlápnutí sensorické destičky se proband musí vrátit do výchozí polohy. Názorně test představuje obrázek 1.



Obr. 1. FiTRO Agility Check (<http://www.hockey-camp.eu/hdc-europe>)

Z důvodu zácvičku probanda a vyloučení možnosti zapamatování si lokalizace podnětů byly vytvořeny dva rovnocenné protokoly po 40 podnětech (10 do každého směru). Hodnotícím kritériem byla vizuálně motorická odpověď. Výsledná průměrná reakční hodnota byla vypočítána z osmi nejlepších reakčních časů v každém směru (4 směry). Protokol, v němž byla dosažena nižší průměrná hodnota reakčně-pohybové doby, byl brán jako výsledek testu.

2. 5. Statistická analýza dat

Základní údaje o souboru a výsledcích byly popsány pomocí základních charakteristik polohy a variability - průměru a směrodatné odchylky (dále SD). K vyhodnocení vlivu jednotlivých faktorů byla použita třífaktorová ANOVA. Faktor věk obsahoval pět hladin,

faktory sportovec a pohlaví byly dvouhladinové. Předpoklady ANOVA jsou homoskedasticita (homogenost rozptylu) a normalita. Tyto předpoklady byly testovány pomocí Levenova testu homogenity rozptylu a Kolmogorov-Smirnovova testu normality rozložení dat. V případě Levenova testu nedošlo k porušení homogenity u jednotlivých skupin probandů. Nálezy Kolmogorov-Smirnovova testu shledaly v některých skupinách určité odchylky od normálního rozdělení. Tyto odchylky však nebyly natolik zásadní, abychom museli použít neparametrické testy (např. Kruskal-Wallisův test). Dle Anděla (1993) je ANOVA robustní statistický nástroj vůči mírnému porušení předpokladů především u normality. Vliv jednotlivých faktorů byl řešen jednak izolovaně pomocí ANOVA a v případě věku i s využitím Tukeyho post-hoc testu. Hladina statistické významnosti byla nastavena na 0,05, což v případě Tukeyho post-hoc testu odpovídá 95% intervalu spolehlivosti pro rozdíly průměrů. Interakce mezi jednotlivými faktory byla rovněž zkoumána, ale pouze u komplexní reakční rychlosti (disjunktivní reakčně-pohybová doba), kde se ukázala jako významná.

Pro odhad příslušné reakční doby z vybraných parametrů byla použita mnohonásobná lineární regrese. Regresní model měl tvar:

$$\text{Reakce} = b_0 + b_1 \times \text{věk} + b_2 \times \text{chlapec} + b_3 \times \text{sportovec}$$

Výše uvedený základní vzorec disjunktivní reakčně-pohybové doby je koncipován pro nesportující dívky následovně: chlapec=0; sportovec=0. U hledaných koeficientů $b_0 - b_3$ byly určeny kromě hodnot i střední chyba odhadu. U vlivu věku na reakční dobu byla navíc provedena regresní analýza pomocí dvou modelů: lineárního a exponenciálního.

$$\text{Lineární model: } b f(x) = p_1 \times x + p_2$$

$$\text{Exponenciální model Exp: } f(x) = a \times \exp(b \times x)$$

Lineární model umožňuje odhad, o kolik se v průměru za rok zlepší daná skupina probandů. Exponenciální model umožňuje odhad poměrného (procentuálního) zlepšení. U obou modelů jsou vypočítány i 95% intervaly spolehlivosti pro příslušné koeficienty.

Kritérium věcné významnosti bylo na základě expertního posouzení stanoveno jako dosažení 5% rozdílu příslušné reakční doby. Kritérium věcné významnosti bylo použito pro porovnání intersexuálních rozdílů skupin a také pro posouzení problematiky sportovní aktivity probandů (sportovec/nesportovec).

3. VÝSLEDKY PRÁCE

3. 1. Vyhodnocení ankety o pohybové aktivitě

Výsledky ankety prokázaly, že z celkového počtu všech 214 probandů je dle našich kritérií pohybově aktivních 27,5 %. Pokud budeme rozlišovat jedince dle pohlaví, tak z celkového počtu 104 chlapců je pohybově aktivních 29,8% a z počtu 110 dívek je pohybově aktivních 25,4%.

3. 2. Vliv jednotlivých faktorů na jednoduchou reakční dobu

Vliv věku na jednoduchou reakční rychlost dolních končetin

Analýza rozptylu (ANOVA) jednoduché reakční doby dolních končetin zkoumala věkové skupiny v rozmezí 10-15 let a prokázala statisticky významnou změnu reakčního času mezi věkovou skupinou třináctiletých a čtrnáctiletých probandů. Mezi ostatními věkovými skupinami v meziročním intervalu nebyla statistická významnost shledána.

Tabulka 1. Výsledky testu statistické významnosti mezi věkovými skupinami a hodnoty intervalu spolehlivosti

| věkové skupiny | rozdíl průměrů [ms] | p | 95 % interval spolehlivosti | |
|----------------|---------------------|-------|-----------------------------|--------------------|
| | | | dolní hodnota [ms] | horní hodnota [ms] |
| 10 - 11 | -1 | 1 | -20 | 17 |
| 11 - 12 | 14 | 0,182 | -4 | 31 |
| 12 - 13 | 4 | 0,965 | -13 | 21 |
| 13 - 14 | 22 | 0,004 | 5 | 40 |
| 10 - 12 | 13 | 0,305 | -5 | 31 |
| 11 - 13 | 18 | 0,038 | 1 | 36 |
| 12 - 14 | 27 | 0,000 | 10 | 44 |

Pokud porovnáme hodnoty v dvouletém intervalu, zjistíme, že významnou změnu reakční doby neshledáme mezi skupinou desetiletých a dvanáctiletých. Mezi ostatními skupinami tj. jedenáctiletými a třináctiletými i dvanáctiletými a čtrnáctiletými byla významná změna potvrzena (tab. 1).

Vliv pohlaví na jednoduchou reakční dobu dolních končetin

Úvodem této problematiky je nutné položit si otázku, zda je statistická významnost i významnosti věcnou. Vzhledem k vysokému počtu probandů mají v celkovém souboru chlapci statisticky významně kratší jednoduchou reakční dobu dolních končetin než dívky ($p = 0,001$). Pokud budeme brát v úvahu za věcnou významnost 5% rozdíl mezi skupinami, tak

se rozdíl mezi chlapci a dívkami v jednoduché reakční době dolních končetin (17 ms) nachází přesně na stanovené hranici věcné významnosti, tj. 5%.

Nejvýraznějšího rozdílu mezi chlapci a dívkami ve stejné věkové skupině bylo dosaženo u věkové skupiny čtrnáctiletých, kdy byl intersexuální rozdíl v hodnotě jednoduché reakce dolních končetin 26 ms. V každé věkové skupině dosáhli chlapci nižší hodnoty jednoduché reakční doby než dívky. S přibývajícím věkem našich probandů se jednoduchá reakční doba mírně snižuje u obou pohlaví. Skupina desetiletých dívek dosáhla kratší reakční doby (o 3 ms) než skupina dívek jedenáctiletých. Nejmenší intersexuální rozdíly v reakční době byly shledány ve věkových skupinách desetiletých a jedenáctiletých probandů.

Vliv sportovní aktivity na jednoduchou reakční dobu

V celkovém souboru byl shledán statisticky významný rozdíl ($p = 0,014$) mezi sportujícími a nespportujícími. Sportující dosáhli kratší hodnoty jednoduché reakční doby dolních končetin o 10 ms. Z pohledu věcné významnosti ovšem rozdíl nedosahuje stanovené hranice 5% rozdílu. Rozdíl mezi sportovci a nespportovci je 2,92% hodnoty reakční doby a na základě kritéria ho pokládáme za věcně nevýznamný

Bez ohledu na sportovní aktivitu či pasivitu v námi sledovaném období se jednoduchá reakční doba dolních končetin snižuje s přibývajícím věkem. Sportovci až na jednu výjimku (věková skupina jedenáctiletých) dosáhli vždy ve stejné věkové skupině nižší reakční doby. Podstatnější rozdíly byly ovšem shledány pouze ve věkových skupinách třináctiletých a čtrnáctiletých, kdy sportovně aktivní jedinci dosáhli nižší hodnoty jednoduché reakční doby o 21 ms, resp. 22 ms.

3. 2. 1. Třífaktorová analýza (Three-way ANOVA) jednoduché reakční doby

Pro zjištění vzájemné interakce věku, pohlaví a sportovní aktivity, byla použita třícestná ANOVA, která neprokázala statisticky významnou souvislost ($\alpha = 0,05$) mezi faktory: věková skupina - sportovní aktivita ($p = 0,577$); pohlaví - sportovní aktivita ($p = 0,93$); věková skupina - pohlaví ($p = 0,84$); věková skupina - sportovní aktivita - pohlaví ($p = 0,202$).

Na základě výsledků třícestné ANOVA můžeme konstatovat, že nebyla nalezena významná vzájemná souvislost mezi interakcemi faktorů věku, pohlaví a sportovní aktivity, která ovlivňuje jednoduchou reakční dobu (viz tabulka 2).

Tabulka 2. Test interakce faktorů

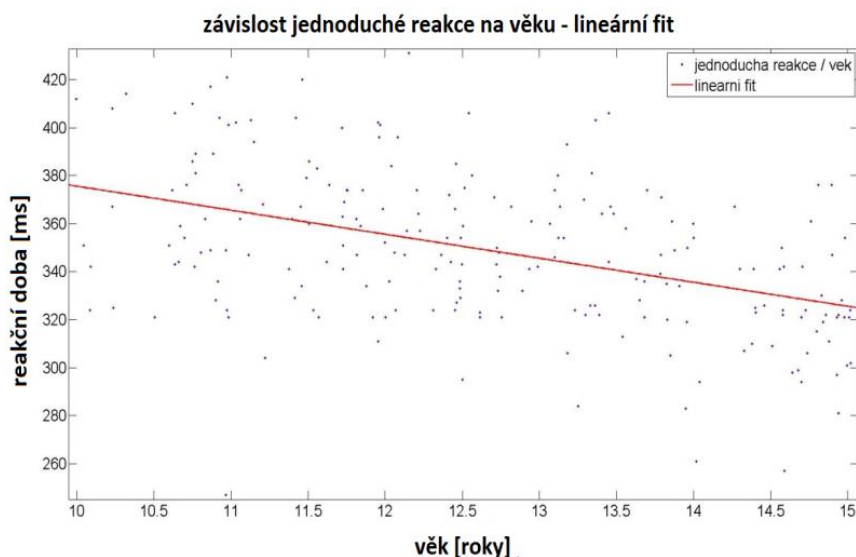
| faktor | Type III Sum of Squares | Df | F | P |
|---|-------------------------|-----|--------|-------|
| věková skupina | 46835,89 | 4 | 14,812 | 0 |
| sportovní aktivita | 4902,26 | 1 | 6,201 | 0,014 |
| pohlaví | 9832,69 | 1 | 12,439 | 0,001 |
| věková skupina * sportovní aktivita | 2286,21 | 4 | 0,723 | 0,577 |
| věková skupina * pohlaví | 1122,31 | 4 | 0,355 | 0,84 |
| sportovní aktivita * pohlaví | 6,82 | 1 | 0,009 | 0,93 |
| věková skupina * sportovní aktivita * pohlaví | 4756,85 | 4 | 1,504 | 0,202 |
| chyba | 153356,3 | 194 | | |
| celkově | 26277645 | 214 | | |

a. R Squared = 0,332 (Adjusted R Squared = 0,267)

3. 2. 2. Regresní analýza jednoduché reakční doby

Závislost jednoduché reakční doby na věku

Výsledky testu regresní analýzy prokázaly nízkou lineární závislost jednoduché reakční doby pubescentů na věku (obr. 2). Koeficient determinace lineární regresní křivky a naměřených hodnot ($R^2=0,19$) ukazuje na velmi nízkou souvislost mezi věkem a jednoduchou reakční dobou, která se snižuje s přibývajícím věkem pubescentů. Průměrné snížení jednoduché reakční doby dolních končetin v období od 10. do 15. roku je o 10 ms/rok. 95% interval spolehlivosti snížení jednoduché reakční doby se nachází v rozmezí od 7 do 13 ms.



Obrázek 2. Lineární závislost jednoduché reakční doby na věku

Jednotlivé body ukazují hodnoty průměrné jednoduché reakční doby jedince v závislosti na věku v den testování. Regresní přímka ukazuje trend chování reakční doby v závislosti na věku ($R^2 = 0,19$).

Mnohonásobná regrese

Lineární model mnohonásobné regrese určuje hodnotu jednoduché reakční doby v závislosti na třech faktorech dle následujícího vzorce:

$$JR = b_0 + b_1 \times \text{věk} + b_2 \times \text{chlapec} + b_3 \times \text{sportovec}$$

Výše uvedený základní vzorec jednoduché reakce je koncipován pro nesportující dívky (chlapec=0; sportovec=0). Vzorec má omezenou platnost vyhovující věkové skupině 10-15 let. Hodnoty jednotlivých koeficientů lineární regrese jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3. Jednoduchá reakce – koeficienty mnohonásobné lineární regrese

| faktor | koeficienty lineární regrese | |
|-----------------|------------------------------|----------------------|
| | b_i | střední chyba odhadu |
| konstanta | 489,24 | 17,49 |
| věk | -10,21 | 1,36 |
| sportovec – ano | -10,81 | 4,32 |
| chlapec – ano | -16,55 | 3,85 |

Hodnota 489 je předpokládaná reakční doba (ms) 0-letého jedince. Parametrem věk se rozumí okamžitý věk (desetinné číslo). Pokud se bude jednat o chlapce, tak se doba reakce sníží o 17 ms a pokud o sportovce, tak se doba reakce sníží o 11 ms (viz tab. 3). Koeficient determinace R^2 dosahuje hodnoty 0,277, což ukazuje na nízkou úroveň vhodnosti daného regresního modelu.

3. 3. Vliv jednotlivých faktorů na výběrovou reakční dobu

Vliv věku na výběrovou reakční rychlost dolních končetin

Analýza rozptylu (ANOVA) výběrové reakční doby dolních končetin zkoumala věkové skupiny v rozmezí 10-15 let a prokázala statisticky významnou změnu reakčního času mezi věkovou skupinou jedenáctiletých a dvanáctiletých probandů. Mezi ostatními věkovými skupinami v meziročním intervalu nebyla statistická významnost shledána.

Při porovnání hodnot v dvouletém intervalu se potvrdila významná změna reakční doby mezi všemi skupinami (viz tab. 4). Pro srovnání odlišnosti jednotlivých dvojic věkových skupin byl použit Tukeyho post-hoc test.

Tabulka 4. Výsledky testu statistické významnosti mezi věkovými skupinami a hodnoty intervalu spolehlivosti

| věkové skupiny | rozdíl průměrů [ms] | p | 95 % interval spolehlivosti | |
|----------------|------------------------|-------|-----------------------------|-----------------------|
| | | | dolní hodnota [ms] | horní hodnota [ms] |
| 10 - 11 | 18 | 0,231 | -6 | 41 |
| 11 - 12 | 31 | 0,001 | 9 | 53 |
| 12 - 13 | 19 | 0,137 | -3 | 40 |
| 13 - 14 | 11 | 0,613 | -11 | 33 |
| 10 - 12 | 49 | 0,000 | 26 | 72 |
| 11 - 13 | 49 | 0,000 | 27 | 72 |
| 12 - 14 | 30 | 0,002 | 8 | 51 |

Vliv pohlaví na výběrovou reakční dobu dolních končetin

V celkovém souboru mají chlapci statisticky významně kratší výběrovou reakční dobu dolních končetin než dívky ($p = 0,001$). Z pohledu věcné významnosti je rozdíl průměrů 4,45% (18 ms) a nedosahuje stanovené hranice 5%. Z pohledu věcné významnosti nepovažujeme rozdíl průměrů výběrové reakční doby dolních končetin za významný.

Nejvýraznějšího rozdílu mezi chlapci a dívkami ve stejné věkové skupině bylo dosaženo ve věkových skupinách dvanáctiletých a čtrnáctiletých, kdy byl intersexuální rozdíl v hodnotě výběrové reakce dolních končetin v obou skupinách shodně 26 ms. V každé věkové skupině dosáhli chlapci nižší hodnoty výběrové reakční doby než dívky. Malé intersexuální rozdíly byly zjištěny u věkových skupin desetiletých a jedenáctiletých. Větší intersexuální rozdíly ve výběrové reakční době dolních končetin se projevují u věkových skupin dvanáctiletých, třináctiletých a čtrnáctiletých probandů. Vývoj výběrové reakční doby našich probandů je velmi podobný vývojovému trendu jednoduché doby reakce.

Vliv sportovní aktivity na výběrovou reakční dobu

V celkovém souboru byl shledán statisticky významný rozdíl ($p = 0,002$) mezi sportujícími a nespportujícími. Sportující dosáhli průměrně nižší hodnoty výběrové reakční doby dolních končetin o 13 ms než nespportující, což je vyšší rozdíl než při testu jednoduché doby reakce (rozdíl 10 ms). Z pohledu věcné významnosti je rozdíl průměrů reakční doby skupin sportovců a nespportovců nevýznamný 3,21% (13 ms), jelikož nedosahuje stanovené hranice 5%.

Výběrová reakční doba dolních končetin se v období 10 - 15 let snižuje s přibývajícím věkem bez ohledu na sportovní aktivitu či pasivitu. Sportovci vždy dosáhli nižší hodnoty výběrové reakce ve stejné věkové skupině. Podstatnější rozdíly byly shledány ve věkových

skupinách desetiletých a čtrnáctiletých, kdy sportovně aktivní jedinci dosáhli nižší hodnoty výběrové reakční doby o 29 ms, resp. 25 ms. Na základě výsledků můžeme konstatovat pozitivní vliv pohybové aktivity na výběrovou reakční rychlost dolních končetin.

3. 3. 1. Třífaktorová analýza (Three-way ANOVA) výběrové reakční doby

Pro zjištění vzájemné interakce věku, pohlaví a sportovní aktivity byla použita třífaktorová ANOVA, která neprokázala statisticky významnou souvislost ($\alpha = 0,05$) mezi faktory: věková skupina - sportovní aktivita ($p = 0,781$); pohlaví - sportovní aktivita ($p = 0,666$); věková skupina - pohlaví ($p = 0,929$); věková skupina - sportovní aktivita - pohlaví ($p = 0,620$). Na základě výsledků třífaktorové ANOVA můžeme konstatovat, že nebyla nalezena významná vzájemná souvislost mezi faktory věku, pohlaví a sportovní aktivity, která ovlivňuje výběrovou reakční dobu (viz tab. 5).

Tabulka 5. Test interakce faktorů

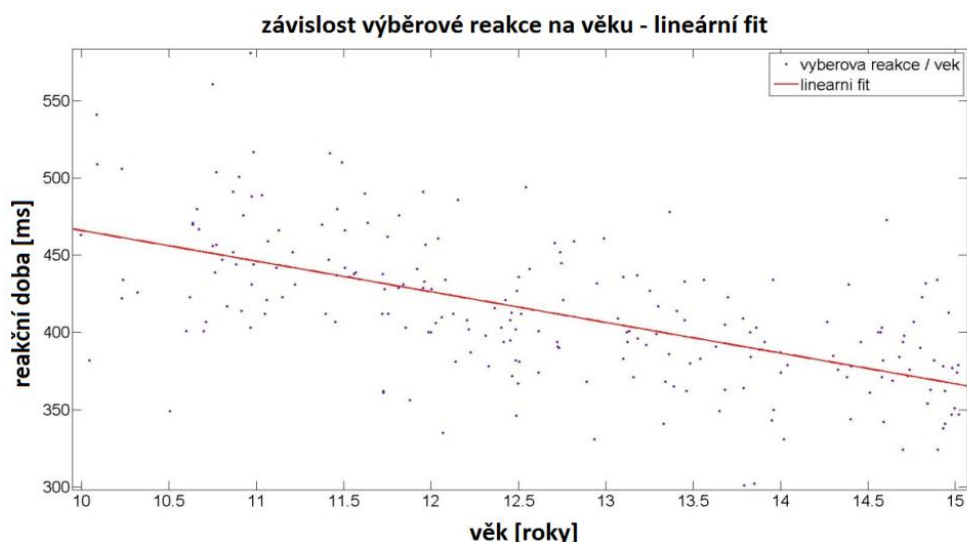
| faktor | Type III Sum of Squares | Df | F | P |
|---|-------------------------|-----|--------|-------|
| věková skupina | 149774,060 | 4 | 28,747 | 0 |
| sportovní aktivita | 13214,665 | 1 | 10,145 | 0,002 |
| pohlaví | 14166,088 | 1 | 10,876 | 0,001 |
| věková skupina * sportovní aktivita | 2285,614 | 4 | 0,439 | 0,781 |
| věková skupina * pohlaví | 1127,577 | 4 | 0,216 | 0,929 |
| sportovní aktivita * pohlaví | 242,917 | 1 | 0,186 | 0,666 |
| věková skupina * sportovní aktivita * pohlaví | 3438,869 | 4 | 0,660 | 0,620 |
| chyba | 252688,989 | 194 | | |
| celkově | 36990683 | 214 | | |

a. R Squared = 0,462 (Adjusted R Squared = 0,410)

3. 3. 2. Regresní analýza výběrové reakční doby

Závislost výběrové reakční doby na věku

Výsledky testu regresní analýzy prokázaly nízkou lineární závislost výběrové reakční doby pubescentů na věku (obr. 3). Koeficient determinace lineární regresní křivky a naměřených hodnot ($R^2 = 0,36$) ukazuje na nízkou závislost mezi věkem a výběrovou reakční dobou. Výběrová reakční doba se mírně snižuje s přibývajícím věkem pubescentů. Průměrné snížení výběrové reakční doby dolních končetin v období od 10. do 15. roku je o 20 ms/rok. 95% interval spolehlivosti se nachází v rozmezí od 16 ms do 23 ms.



Obrázek 3. Lineární závislost výběrové reakční doby na věku

Jednotlivé body ukazují hodnoty průměrné výběrové reakční doby jedince v závislosti na věku v den testování. Regresní přímka ukazuje trend chování reakční doby v závislosti na věku ($R^2 = 0,36$).

Mnohonásobná regrese

Lineární model mnohonásobné regrese určuje hodnotu výběrové reakční doby v závislosti na třech faktorech dle následujícího vzorce:

$$VR = b_0 + b_1 \times \text{věk} + b_2 \times \text{chlapec} + b_3 \times \text{sportovec}$$

Výše uvedený základní vzorec výběrové reakce je koncipován pro nesportující dívky (chlapec=0; sportovec=0). Vzorec má omezenou platnost vyhovující věkové skupině 10-15 let. Hodnoty jednotlivých koeficientů lineární regrese jsou uvedeny v tab. 6.

Tabulka 6. Výběrová reakce – koeficienty mnohonásobné lineární regrese

| faktor | koeficienty lineární regrese | |
|-----------------|------------------------------|----------------------|
| | b_i | střední chyba odhadu |
| konstanta | 681,72 | 22,32 |
| věk | -20,18 | 1,73 |
| sportovec – ano | -16,07 | 5,51 |
| chlapec – ano | -17,64 | 4,91 |

Hodnota 682 je předpokládaná reakční doba (ms) 0-letého jedince. Parametrem věk se rozumí okamžitý věk (desetinné číslo). Pokud se bude jednat o chlapce, tak se doba reakce sníží o 18 ms a pokud o sportovce, tak se doba reakce sníží o 16 ms (viz tabulka 6). Koeficient determinace R^2 dosahuje hodnoty 0,424, což ukazuje na střední úroveň souvislosti výběrové reakce s danými parametry.

3. 4. Vliv jednotlivých faktorů na disjunktivní reakčně-pohybovou rychlost

Vliv věku na disjunktivní reakčně-pohybovou rychlost dolních končetin

Analýza rozptylu (ANOVA) disjunktivní reakčně-pohybové doby dolních končetin zkoumala věkové skupiny v rozmezí 10-15 let a prokázala statisticky významnou změnu reakčního času mezi všemi jednotlivými věkovými skupinami. Pro srovnání odlišnosti jednotlivých dvojic věkových skupin byl použit Tukeyho post-hoc test. Výsledky post-hoc testu mezi věkovými skupinami jsou názorně prezentovány v tabulce 7.

Tabulka 7. Výsledky testu statistické významnosti mezi věkovými skupinami a hodnoty intervalu spolehlivosti

| věkové skupiny | rozdíl průměrů [ms] | p | 95 % interval spolehlivosti | |
|----------------|------------------------|-------|-----------------------------|-----------------------|
| | | | dolní hodnota [ms] | horní hodnota [ms] |
| 10 - 11 | 49 | 0,000 | 22 | 76 |
| 11 - 12 | 57 | 0,000 | 32 | 83 |
| 12 - 13 | 42 | 0,000 | 17 | 67 |
| 13 - 14 | 29 | 0,013 | 4 | 55 |

Vliv pohlaví na disjunktivní reakčně-pohybovou rychlost dolních končetin

V celkovém souboru mají chlapci statisticky významně kratší disjunktivní reakčně-pohybovou dobu dolních končetin než dívky ($p = 0,038$). Chlapci mají kratší reakční dobu než dívky o 21 ms, kdy dosáhli průměrné reakce 681 ms a dívky 702 ms. Z pohledu věcné významnosti je v celkovém souboru rozdíl průměrů reakční doby 3,08% (21 ms) a nedosahuje stanovené hranice 5%. Z tohoto hlediska nepovažujeme rozdíl průměrů disjunktivní reakčně-pohybové doby dolních končetin za významný. Statisticky významný rozdíl nebyl prokázán mezi jedenáctiletými - dvanáctiletými dívkami. Ostatní skupiny dívek se již významně lišily ($\alpha = 0,05$). U chlapců nebyla prokázána statistická významnost mezi skupinami dvanáctiletých - třináctiletých a třináctiletých - čtrnáctiletých, což dokazuje, že se komplexní reakce dolních končetin u chlapců mezi 13. - 15. rokem nezkracuje tak výrazně jako mezi rokem 10. - 13.

Vliv sportovní aktivity na disjunktivní reakčně-pohybovou rychlost

V celkovém souboru nebyl prokázán statisticky významný rozdíl ($p = 0,115$) mezi sportujícími a nesportujícími. Sportující dosáhli kratší hodnoty disjunktivní reakčně-pohybové doby dolních končetin. Z pohledu věcné významnosti byl rozdíl průměrů 2,8% (19 ms) a

nedosáhl stanovené hranici 5%. V celkovém souboru nebyl shledán statistický ani věcně významný rozdíl mezi sportujícími a nespportujícími probandy.

Mezi všemi věkovými skupinami nespportujících byly prokázány statisticky významné rozdíly v disjunktivní reakčně-pohybové době, což potvrzuje hypotézu o zkracování reakční doby v pubescenci s přibývajícím věkem. Při srovnání mezi všemi věkovými skupinami sportujících statisticky významné rozdíly prokázány nebyly. Přesto však dle zpracovaných výsledků můžeme konstatovat, že pohybová aktivita a sport má pozitivní vliv na komplexní reakčně-pohybovou rychlost dolních končetin.

3. 4. 1. Třífaktorová analýza (Three-way ANOVA) disjunktivní reakčně-pohybové doby

Pro zjištění vzájemné interakce věku, pohlaví a sportovní aktivity (v období 10-15 let) byla použita třicestná ANOVA, která neprokázala statisticky významnou souvislost ($\alpha = 0,05$) mezi faktory: věková skupina - sportovní aktivita ($p = 0,738$); pohlaví - sportovní aktivita ($p = 0,97$); věková skupina - sportovní aktivita - pohlaví ($p = 0,737$). Pouze interakce mezi faktory věková skupina - pohlaví se prokázala jako statisticky významná ($p = 0,007$). Na základě výsledků třicestné ANOVA můžeme konstatovat, že existuje vzájemná souvislost mezi věkem a pohlavím, která významně ovlivňuje disjunktivní reakčně-pohybovou dobu. Interakce mezi dvěma faktory: věková skupina - sportovní aktivita; pohlaví - sportovní aktivita a třemi faktory: věková skupina - sportovní aktivita - pohlaví je malá a statisticky nevýznamná - viz tabulka 8. Ačkoliv třicestná ANOVA uvádí statisticky významný vliv sportovní aktivity na reakční dobu ($p = 0,002$), při jednofaktorovém porovnání sportovců a nespportovců se statisticky významný vliv faktoru pohybové aktivity neprokazuje ($p = 0,115$).

Tabulka 8. Test interakce faktorů

| faktor | Type III Sum of Squares | Df | F | P |
|---|-------------------------|-----|---------|-------|
| věková skupina | 746611,83 | 4 | 125,684 | 0 |
| sportovní aktivita | 42213,83 | 1 | 28,425 | 0 |
| pohlaví | 16194,54 | 1 | 10,905 | 0,001 |
| věková skupina * sportovní aktivita | 2956,02 | 4 | 0,498 | 0,738 |
| věková skupina * pohlaví | 21484,81 | 4 | 3,617 | 0,007 |
| sportovní aktivita * pohlaví | 2,16 | 1 | 0,001 | 0,97 |
| věková skupina * sportovní aktivita * pohlaví | 2959,95 | 4 | 0,498 | 0,737 |
| chyba | 288108,31 | 194 | | |
| celkově | 103634440,4 | 214 | | |

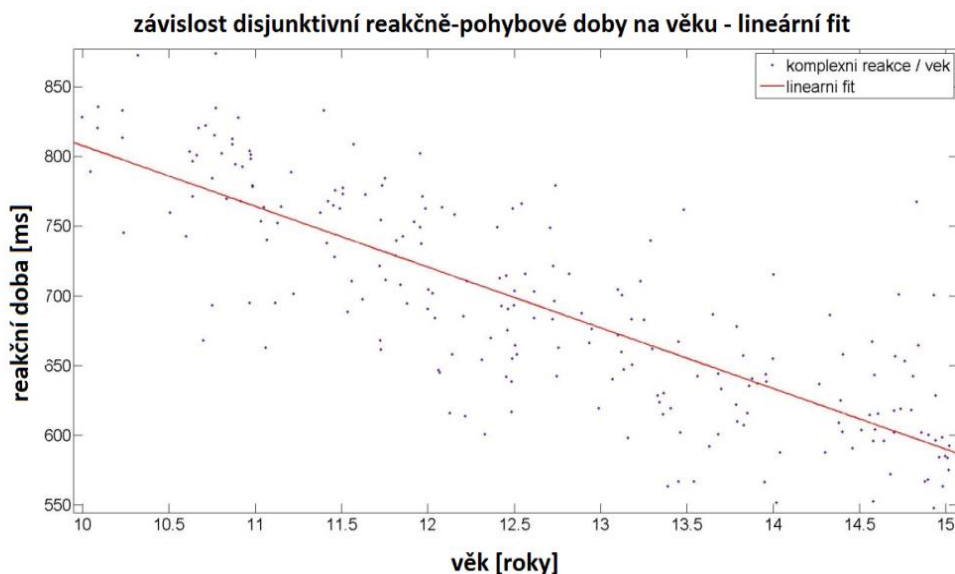
a. R Squared = 0,769 (Adjusted R Squared = 0,747)

Cohenovo číslo (Cohen's d) nám vysvětluje, proč relativně podobné hodnoty vykazují statisticky významné rozdíly. Pokud pracujeme s pravděpodobností 0,95 při počtu 105 testovaných, tak se průměry skupin musí lišit o $0,5 \times SD$, aby byl rozdíl na této hladině významný. Pokud máme více vzorků, tak se násobek SD snižuje (<http://trendingsideways.com/index.php/cohens-d-formula/>).

3. 4. 2. Regresní analýza disjunktivní reakčně-pohybové doby

Závislost disjunktivní reakčně-pohybové doby na věku

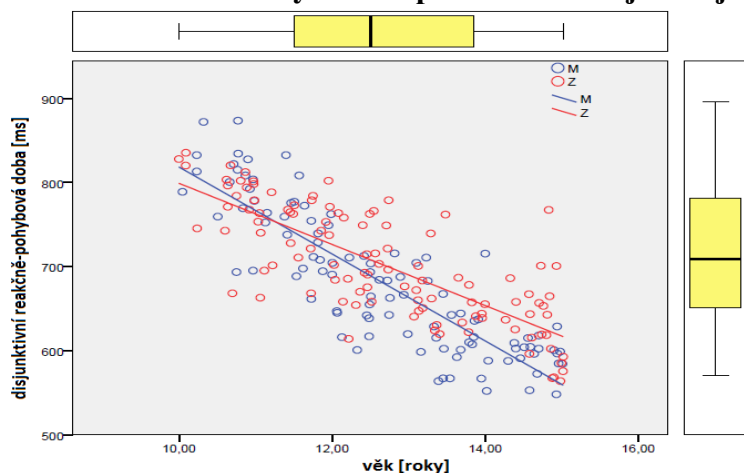
Výsledky testu regresní analýzy prokázaly klesající lineární závislost disjunktivní reakčně-pohybové doby pubescentů na věku (obr. 4). Koeficient determinace lineární regresní křivky a naměřených hodnot ($R^2 = 0,65$) ukazuje významnou závislost mezi věkem a disjunktivní reakčně-pohybovou dobou. Reakční doba se s přibývajícím věkem pubescentů zkracuje. Průměrné snížení disjunktivní reakčně-pohybové doby v období od 10. do 15. roku je o 43,5 ms/rok a 95% interval spolehlivosti se nachází rozmezí od 39 ms do 48 ms.



Obrázek 4. Lineární závislost disjunktivní reakčně-pohybové doby na věku

Jednotlivé body ukazují hodnoty průměrné reakční doby jedince v závislosti na věku v den testování. Regresní přímka ukazuje trend chování reakční doby v závislosti na věku ($R^2 = 0,65$).

Interakce mezi faktory věku a pohlaví ovlivňující disjunktivní reakčně-pohybovou dobu



Obrázek 5. Lineární regrese faktorů věku a pohlaví

Na obrázku 5 můžeme pozorovat vliv faktorů věku a pohlaví na disjunktivní reakčně-pohybovou dobu. Křížení regresních přímek znázorňující obě pohlaví dokazuje existenci vlivu interakce mezi pohlavím a věkem na disjunktivní reakčně-pohybovou dobu dolních končetin.

Mnohonásobná regrese

Lineární model mnohonásobné regrese určuje hodnotu disjunktivní reakčně-pohybové doby v závislosti na třech faktorech dle následujícího vzorce:

$$DR-PD = b_0 + b_1 \times \text{věk} + b_2 \times \text{chlapec} + b_3 \times \text{sportovec}$$

Výše uvedený základní vzorec disjunktivní reakčně-pohybové doby je koncipován pro nesportující dívky (chlapec=0; sportovec=0). Vzorec má omezenou platnost vyhovující věkové skupině 10-15 let. Hodnoty jednotlivých koeficientů lineární regrese jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9. Disjunktivní reakčně-pohybová doba a koeficienty mnohonásobné lineární regrese

| faktor | koeficienty lineární regrese | |
|-----------------|------------------------------|----------------------|
| | b_i | střední chyba odhadu |
| konstanta | 1267,75 | 26,18 |
| věk | -44,07 | 2,03 |
| sportovec – ano | -29,04 | 6,46 |
| chlapec – ano | -20,34 | 5,76 |

Hodnota 1268 je předpokládaná reakční doba (ms) 0-letého jedince. Parametrem věk se rozumí okamžitý věk (desetinné číslo). Pokud se bude jednat o chlapce, tak se doba reakce sníží o 20 ms a pokud o sportovce, tak se doba reakce sníží o 29 ms (viz tabulka 9). Koeficient determinace R^2 dosahuje hodnoty 0.700, což ukazuje na velmi vysokou úroveň vhodnosti daného regresního modelu.

4. DISKUSE

4. 1. Vliv věku na reakční rychlost dolních končetin v pubescenci

Výsledky studie potvrzují zkracování jednoduché, výběrové a disjunktivní reakčně-pohybové doby s přibývajícím věkem v období 10. - 15. roku. Dle regresní analýzy našich výsledků dojde k průměrnému snížení jednoduché reakční doby dolních končetin v období od 10. do 15. roku o 10 ms/rok (tj. o 2,8%); výběrové reakční doby o 20 ms/rok (tj. o 4,8%); disjunktivní reakční doby o 43,5 ms/rok (tj. o 6,4%). Na základě těchto výsledků je potvrzena teze o výraznějším i významnějším (viz koeficienty R^2) zkracování disjunktivní reakční doby s přibývajícím věkem v období 10. - 15. roku ve srovnání s reakční dobou výběrovou i jednoduchou. Výběrová reakční doba (v našem případě na dva podněty) je přirozeně delší než doba reakce jednoduché.

Zkracování reakční doby s přibývajícím věkem si vysvětlujeme tím, že v průběhu dětství a dospívání jsou konzistentní věkové rozdíly v rychlosti zpracování CNS (Silverman, 2006). Senzomotorické reflexy a rychlost reakce v činnostech, které zahrnují rozhodování (výběrová reakční doba), dozrávají u dětí v pozdějším věku v souladu s postupným vývojem a dozráváním CNS (Abernethy, 2005). Fyziologické a psychologické zrání organismu je jedním z hlavních důvodů, proč starší děti mají kratší (rychlejší) reakční dobu než děti mladší. Pokles reakčního času jako funkcí věku lze vysvětlit heterochronním zráním struktur umožňující motorické reakce (Surina & Lebedova, 2001).

Nejvýraznější rozdíly zjištěné právě u disjunktivní reakčně-pohybové doby jsou způsobeny skutečností, že celková (komplexní) reakční doba je vyjádřena jako součet doby trvání vizuální percepce, doby trvání rozhodování a na něj bezprostředně navazující motorické odezvy, tj. vizuální motorické odpovědi (VMRT). Obsahuje tedy více komponent než reakce jednoduchá či výběrová, což zabírá delší časový úsek. Podíl senzorní složky na hodnotě disjunktivní reakčně-pohybové doby je individuálně variabilní a rovněž závisí na modifikaci testu (Zemková et al., 2006).

Nejvýraznější snížení disjunktivní reakčně-pohybové doby dolních končetin v závislosti na věku bylo zjištěno v období mezi věkovými skupinami jedenáctiletých a dvanáctiletých, a to o 58 ms. Ve stejném období bylo zjištěno i nejvýraznější snížení výběrové reakční doby (o 31 ms). Nejvýraznější snížení jednoduché doby reakce bylo shledáno mezi věkovými skupinami třináctiletých a čtrnáctiletých pubescentů. Pokud srovnáme výsledné hodnoty naší studie s výzkumem Bedřicha (2012), jenž využíval stejné testy reakční rychlosti dolních končetin na zařízení FiTRO Agility check, zjistíme stejný vývojový trend jednoduché, výběrové i komplexní reakce.

4. 2. Vývoj reakční rychlosti dolních končetin v pubescenci v závislosti na pohlaví

V celkovém souboru mají chlapci statisticky významně kratší jednoduchou ($p = 0,001$), výběrovou ($p = 0,002$) i disjunktivní reakčně-pohybovou dobu ($p = 0,001$) dolních končetin než dívky. Naše výsledky odpovídají mnoha studiím, které prokázaly, že celkově kratší reakční dobu mají chlapci (Der & Deary, 2006, Debrabant et al., 2012).

Rozdíly ve výkonnosti mezi chlapci a děvčaty se v pubescenci výrazně prohlubují, a to ve všech pohybových schopnostech (Fozard et al., 1994). Intenzivnější produkce hormonů způsobuje zrychlený růst, rozvinutí pohlavních funkcí a ukončení pohlavní diferenciaci (Shirtcliff et al., 2009). Zlepšování reakčních schopností u dívek se koncem puberty zpomaluje, dívky dosahují nejnižších hodnot jednoduché reakce před patnáctým rokem života, zatímco reakční schopnosti u chlapců se ještě dále pozvolně zlepšují až do rané dospělosti (Archibald, 2003).

Po srovnání vývoje jednoduché i výběrové reakce chlapců a dívek ve stejných věkových skupinách můžeme konstatovat, že chlapci mají mírně kratší jednoduchou i výběrovou reakční dobu dolních končetin než dívky ve všech věkových skupinách od 10 do 15 let. Výraznější intersexuální rozdíly se projevují v období od 12. do 15. roku. Fujiyama et al. (2011) uvádí, že rozdíly v reakční době mezi pohlavími jsou způsobeny zpožděním mezi zahájením podnětu a začátkem svalové kontrakce, přičemž rychlost svalové kontrakce je u obou pohlaví stejná. Prohloubení intersexuálních rozdílů v disjunktivní reakčně-pohybové době, je patrné od 12. do 15. roku, tedy ve stejném období jako při testech jednoduché i výběrové doby reakce.

4. 3. Vliv pohybové aktivity na reakční rychlost dolních končetin v období puberty

Velikost vzorku sportovců a nespportovců je téměř v poměru 1:4 a tuto skutečnost je nutno brát v potaz, jelikož může do jisté míry zkreslovat výsledky této části výzkumu.

V testu jednoduché reakční rychlosti dolních končetin byl shledán statisticky významný rozdíl ($p = 0,014$) mezi celkovými soubory sportujících a nespportujících pubescentů. Sportující dosáhli průměrně o 10 ms kratší reakční doby (342 ms) než nespportující (352 ms). Nejvýraznější rozdíl se projevil ve skupinách třináctiletých (21 ms) a čtrnáctiletých jedinců (22 ms), kdy v obou případech měli sportovci kratší reakční dobu. Zjištění koresponduje s Vääntinenem et al. (2010), jenž uvádí, že celkové vnímání a pohybové schopnosti zahrnující reakční rychlost se zlepšují s přibývajícím věkem a vyšší výkonností disponibilitou zejména mezi 12. a 14. rokem života.

Statisticky významný rozdíl mezi celkovými soubory sportovců a nesportovců byl také prokázán v testu výběrové reakční rychlosti dolních končetin ($p = 0,002$). Sportovci dosáhli kratší doby reakce o 13 ms (404 ms) oproti nesportovcům (417 ms). Rozdíly v jednotlivých věkových skupinách se pohybovaly v rozmezí od 7 ms do 29 ms a v každé věkové skupině měli kratší reakční dobu sportovci. V testu disjunktivní reakčně-pohybové rychlosti dolních končetin se neprokázal statisticky významný rozdíl ($p = 0,115$) mezi celkovými soubory sportovců a nesportovců, byť měli sportovci v průměru o 19 ms kratší komplexní reakční dobu. Mezi sportovci a nesportovci ve stejných věkových skupinách nebyla ani v jednom případě prokázána statisticky významná ($\alpha=0,05$) změna disjunktivní reakčně-pohybové doby.

Nevýznamný rozdíl mezi sportujícími a nesportujícími ve výzkumu mohly způsobit tzv. neorganizované pohybové aktivity jedinců, kteří jsou dle ankety považováni za nesportovce.

4. 4. Výrazná změna reakční doby v období pubescence

Testování zaznamenalo nejvýraznější změnu výběrové i disjunktivní reakčně-pohybové doby (bez intersexuálních rozdílů) mezi věkovou skupinou jedenáctiletých (11,00-11,99 let) a dvanáctiletých (12,00-12,99) probandů. Meziroční snížení disjunktivní reakčně-pohybové doby v tomto období bylo o 58 ms a výběrové reakční doby o 31 ms. Snížení jednoduché reakční doby bylo o 13 ms, ovšem nebylo nejvýraznější. Příčinou může být zlepšení intercentralní interakce a kompletizace funkčního dozrávání asociačních korových oblastí regulace motorické aktivity (Surina & Lebedova, 2001). Rovněž nemůžeme vyloučit sekulární akceleraci, která charakterizuje zrychlený růst a vývoj dětí. Dle Suslova (2000) lze období maximálního tempa progresivních změn pro reakční schopnosti vymezit v období 7-11 let, což nemůžeme potvrdit, jelikož jsme testovali odlišné věkové skupiny. Dominantní vliv na reakční rychlost má ontogeneze, její zákonitosti a také odlišné genetické programy chlapců a dívek, které se začínají výrazněji projevovat od 12. roku života (Archibald et al., 2003). Gallahue & Cleland-Donnelly (2007) prokázal, že pohybová aktivita snižuje inhibiční vliv pubertálních změn a pozitivně ovlivňuje úroveň reakčně-rychlostních schopností. Všeobecně dochází k nejvýznamnějšímu rozvoji koordinace bez intersexuálních rozdílů v období 7-11/12 let a pokud je rozvoj podpořen vhodnou pohybovou aktivitou, je výraznější.

Vývoj jedince je individuálně variabilní a do jisté míry originální. Vývojová akcelerace, nebo retardace, pohybová aktivita, nebo pasivita, podmínky životního prostředí a další faktory podstatně ovlivňují progres jednotlivce i kapacitu jeho pohybových schopností.

4. 5. Vliv interakce faktorů věku, pohlaví a pohybové aktivity na reakční rychlost dolních končetin

Interakce faktorů věku a pohlaví

U jednoduché i výběrové doby reakce je vliv interakce faktorů věku a pohlaví na reakční rychlost nepodstatný. Objevuje se zde pouze mírná tendence zvyšování rozdílů mezi chlapci a děvčaty v pubescenci s přibývajícím věkem. V případě disjunktivní reakčně-pohybové doby ovšem k interakci mezi věkem a pohlavím dochází (viz obr. 5). Ve věku 11,6 let se u chlapců začíná reakční doba snižovat výrazněji než u děvčat.

Interakce faktorů věku a pohybové aktivity

Vliv interakce faktorů věku a sportovní aktivity na jednoduchou reakční dobu je nízký. Sportovci dosahují s přibývajícím věkem v pubescenci mírně kratší reakční doby. Vzájemná interakce věku a sportovní aktivity u výběrové i komplexní rychlosti reakce je téměř nulová, reakční doba se snižuje s přibývajícím věkem pubescentů.

Interakce faktorů věku, pohlaví a pohybové aktivity

Three way ANOVA zjistila p hodnoty interakce faktorů věku, pohlaví a pohybové aktivity, pro jednoduchou reakční dobu ($p = 0,202$), výběrovou reakční dobu ($p = 0,620$) a disjunktivní reakčně-pohybovou dobu ($p = 0,737$). Z výše uvedeného zjištění vyplývá, že se při zvyšování složitosti reakce a reakční doby snižuje míra vlivu interakce všech tří faktorů.

4. 6. Porovnání získaných výsledků

Pivovarníček et al. (2010) uvádí průměrnou hodnotu disjunktivní reakčně-rychlostní schopnosti dolních končetin starších žáků 639,0 ms, které téměř přesně odpovídá naše naměřená hodnota stejně starých chlapců 638 ms. Studie Bedřicha (2012) potvrzuje, že jednoduchá doba reakce na zařízení FiTRO Agility Check je kratší než výběrová (na dva podněty) a výběrová doba reakce je kratší než disjunktivní reakčně-pohybová doba (VMRT). Hůlka & Tomajko (2006) uvádí snížení disjunktivní reakčně-pohybové doby s přibývajícím věkem u fotbalistů ve věku 12 let (657 ms), 15 let (514 ms) a 18 let (425 ms). Zajímavé je srovnání našich dvanáctiletých sportovců (včetně dívek), kteří dosáhli hodnoty 686 ms. Míra specifčnosti a intenzity pohybové činnosti mohou významně ovlivňovat VMRT, tj. disjunktivní reakčně-pohybovou dobu. Množství tzv. kovariačních (rušivých) proměnných (např. charakter předchozí pohybové činnosti, časové prodlevy při testování, nedodržení standardizovaných podmínek při používání zařízení Fitro Agility Check aj.) může způsobit nejednotnost dosažených výsledků testování.

5. ZÁVĚR

Jedná se o prvotní studii zabývající se analyticky i komplexně vlivem věku, pohlaví a pohybové aktivity na jednoduchou, výběrovou a disjunktivní reakčně-pohybovou rychlostní schopnost dolních končetin u pubescentů ve věku od 10 do 15 let testovanou pomocí zařízení Fitro Agility Check.

Toto testování odhalilo nejvýraznější průměrné snížení výběrové i disjunktivní reakčně-pohybové doby dolních končetin mezi jedenáctiletými (11,00 - 11,99) a dvanáctiletými (12,00 - 12,99) probandy. Nejvýraznější snížení jednoduché doby reakce bylo shledáno mezi skupinami třináctiletých (13,00 - 13,99) a čtrnáctiletých (14,00 - 14,99) pubescentů. Výsledky potvrdily, že pohybová aktivita má pozitivní vliv na jednoduchou reakční rychlost, výběrovou reakční rychlost i disjunktivní reakčně-pohybovou rychlost dolních končetin ve všech věkových kategoriích v období od 10 do 15 let.

Největší míra zkrácení reakční doby v období od 10 do 15 let byla shledána u disjunktivní reakčně-pohybové doby (zkrácení o - 179 ms) a nejmenší míra zkrácení byla potvrzena u jednoduché reakční doby (zkrácení o - 39 ms). Nejkratší disjunktivní reakčně-pohybové doby dolních končetin dosáhli pubescenti obou pohlaví ve věkové kategorii 14-15 let. Disjunktivní reakčně-pohybová doba dolních končetin ve stejné věkové kategorii nebyla statisticky významně kratší u jedinců provozujících organizovanou pohybovou aktivitu. Dívky neměly ve všech věkově stejných skupinách statisticky významně delší ($\alpha = 0,05$) disjunktivní reakčně-pohybovou dobu dolních končetin než chlapci.

Informace o hodnotách reakční doby pubescentů odlišného věku jsou ve sportovní praxi využitelné pro identifikaci talentu. Výsledky práce poukazují na období, kdy by se měl přikládat důraz na rozvoj reakčně-rychlostních schopností. Tyto výsledky mohou být dále využity k porovnání chlapců i dívek, pohybově aktivních či pasivních jedinců v období od 10 do 15 let v testech jednoduché a výběrové reakce dolních končetin a disjunktivní reakčně-pohybové rychlosti dolních končetin provedených na zařízení FITRO Agility check za předpokladu využití stejné metodiky, přístrojové techniky, vnitřních a vnějších faktorů ovlivňujících testování.

6. SEZNAM LITERATURY

- Abernethy, B. (2005). *The Biophysical Foundations of Human Movement*. Edward brothers, USA
- Anděl, J (1993). *Statistické metody* (1. vydání). Praha: *Matfyzpress*.
- Archibald, A. B., Graber, J. A. & Brooks-Gunn, J. (2003). Pubertal processes and physiological growth in adolescence. *Blackwell handbook of adolescence*, 24-47.
- Bedřich, M. P. (2012). Rychlostní schopnosti hráčů fotbalu v kategorii staršího dorostu. *Disertační práce*, MU Brno.666–675.
- Davis, B. et al. (2000). *Physical Education and the study of sport* (4th ed.). Spain: Harcourt. p. 312.
- Debrabant, J., Gheysen, F., Vingerhoets, G. & Waelverde, H. (2012). Age-related Differences in Predictive Response Timing in Children: *Evidence from regularly relative to irregularly paced reaction time performance*, 31(4): 801-810.
- Demirarslan, H. (1992). *Visual information processing and response time in traffic-signal cognition*. [online]. [cit. 3. 3. 2013]. Dostupné na World Wide Web: <http://stinet.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA248165&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf> >
- Der, G. & Deary, J. (2006). Age and sex differences in reaction time in adulthood: Results from the United Kingdom health and lifestyle survey. *Psychology and Aging*, 21(1), 62-73.
- Fozard, J., Vercruyssen, M. & Reynolds, L. S. (1994). Age differences and changes in reaction time: The Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Journal of Gerontology*, 49(4), 179–189.
- Fujiyama, H., Tandonnet, CH. & Summers, J. J. (2011). Age-related differences in corticospinal excitability during a Go/NoGo task, *Psychophysiology*, 48(10), 1448–1455. doi: DOI: 10.1111/j.1469-8986.2011.01201.x
- Gallahue, D. L., & Cleland-Donnelly, F. (2007). *Developmental physical education for all children*. Human Kinetics.
- Grosser, M., & Zintl, F. (1994). *Training der konditionellen Fähigkeiten* (2nd ed.) Schorndorf: Hofmann-Verlag.
- Hamar, D. (1997). *Test agility*. Bratislava: Oddelenie telovýchovného lekárstva Ústavu vied o športe pri FTVŠ UK.
- Hůlka, K., & Tomajko, D. (2006). *Úroveň rychlosti pohybových reakcí schopností u mladých fotbalistů*. In L. Čepička (Eds.), *Hry 2006: Výzkum a aplikace*. Sborník příspěvků s tematikou her v programech tělovýchovných procesů (pp. 219-221). Plzeň: Západočeská Univerzita.
- Little, T. & Williams, A. G. (2005) Specificity of Acceleration, Maximum speed and Agility in Professional Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 76–78.
- Miller, J. O. & Low, K. (2001) Motor processes in simple, Go/No-go, and choice reaction time tasks: a psychophysiological analysis. *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance*, 27, 266–289
- Schmidt, R. A. & Wrisberg, C. A. (2008) *Motor Learning and Performance: A situation-based Learning Approach*. (4th ed). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Shirtcliff, E. A., Dahl, R. E., & Pollak, S. D. (2009). Pubertal development: correspondence between hormonal and physical development. *Child development*, 80(2), 327-337.
- Silverman W. (2006). Sex differences in simple visual reaction time: a historical meta-analysis (sports events). *Sex Roles: A Journal of Research*, 54(1-2): 57-69.
- Surnina, O. E., & Lebedeva, E. V. (2001). Sex and Age Related Differences in the Time of Reaction to Moving Object in Children and Adults. *Human Physiology*, 27(4), 436-440.
- Suslov, F. (2000). About the sensitive age periods in the development of physical capacities. *Nauchny Atletichesky Vestnik*, 2(2).

Pivovarníček, P., Kollár, R. & Štulrajter, I. (2010) Rozvoj disjunktívnych reakčno-rýchlostných schopností v biorytmických optimách u futbalistov FK Jupie Banská Bystrica – Podlavice. In *Acta Facultatis Humanisticae Universita Matthiae Belii Neosoliensis* (p. 154). Banská Bystrica : KTVŠ FHV UMB.

Vänttinen, T., Blomqvist, M., Luhtanen, P. & Häkkinen, K. (2010) Effects of age and soccer expertise on general tests of perceptual and motor performance among adolescent soccer players. *Perceptual and Motor Skills*, 110, p. 675–692.

Ward, P., Williams, A. M. & Loran, D. C. (2000). The development of visual function in expert and novice soccer players. *International Journal of Sport Vision*, 6, 1–11.

Zemková, E. & Hamar, D. (2006). Test agility check vo funkčnej diagnostike športovcov. *Česká kinantropologie*, 10(1): 55–65.

Internetové zdroje:

BOWLES, Carter. *Trending Sideways* [online]. July 10, 2012. [vid 2014-11-21].
dostupné z: <http://trendingsideways.com/index.php/cohens-d-formula/>

WING 49 CZ. Hockey Camp Wing 49 [online]. [vid 2014-3-14]
dostupné z: <http://www.hockey-camp.eu/hdc-europe>