

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



Fakulta
tělesné kultury

**VLIV CVIČENÍ S POMŮCKOU MARRKO CORE NA SÍLU
KONTRAKCE MUSCULUS TRANSVERSUS ABDOMINIS
U HRÁČEK HÁZENÉ V JUNIORSKÉ KATEGORII**

Diplomová práce

Autor: Bc. Bára Meierová

Studijní program: Aplikovaná fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.

Olomouc 2026

Bibliografická identifikace

Jméno autora: Bc. Bára Meierová

Název práce: Vliv cvičení s pomůckou Marrko Core na sílu kontrakce musculus transversus abdominis u hráček házené v juniorské kategorii

Vedoucí práce: Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

Rok obhajoby: 2026

Abstrakt:

Házená klade vysoké nároky na stabilitu trupu, pro kterou je nezbytná správná funkce a načasování aktivace *musculus transversus abdominis* (TrA). Cílem této diplomové práce bylo zjistit vliv šestitýdenního intervenčního programu s pomůckou Marrko Core® na morfologii a motorickou kontrolu TrA u 15 juniorských hráček házené ve věku 14–16 let. Soubor byl náhodně rozdělen na experimentální skupinu ($n = 8$), absolvující intervenci s Marrko Core®, a kontrolní skupinu ($n = 7$), která pokračovala v běžném tréninkovém režimu. Motorická kontrola se hodnotila přístrojem Pressure Biofeedback Unit (PBU) před a po intervenci, přičemž výstupní diagnostika byla doplněna o ultrasonografii tloušťky a asymetrie laterálních břišních svalů. Výsledky experimentální skupiny prokázaly statisticky významné zlepšení motorické kontroly TrA v obou testovaných polohách PBU ($p = ,0117$) a nárůst tloušťky pravého TrA ($p = ,0092$). U cvičící skupiny byla navíc prokázána vysoká pozitivní korelace mezi tloušťkou svalu a schopností jeho cílené aktivace (poloha Supine $r_s = 0,833$; $p = ,0102$ a poloha Prone $r_s = 0,738$; $p = ,0366$). Přestože intervence prokazatelně neovlivnila stranovou asymetrii svalů ani symetrii rotací hrudní páteře, ukázalo se, že zjištěná svalová asymetrie nelimitovala funkční zlepšení motorické kontroly.

Klíčová slova:

házená, Marrko Core, musculus transversus abdominis, core stabilita, Pressure Biofeedback Unit, ultrasonografie, stranová asymetrie, motorická kontrola

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author: Bc. Bára Meierová
Title: The impact of Marrko Core device training on the contraction strength of the transversus abdominis muscle in junior female handball players

Supervisor: Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.
Department: Department of Physiotherapy
Year: 2026

Abstract:

Handball demands high trunk stability, requiring proper function and activation timing of the transversus abdominis (TrA). This thesis evaluated the impact of a six-week Marrko Core® device intervention on TrA morphology and motor control in 15 junior female players (aged 14–16 years). Participants were randomized into an experimental group ($n = 8$), which underwent the Marrko Core® intervention, and a control group ($n = 7$), which continued with their regular training regimen. Motor control was assessed using a Pressure Biofeedback Unit (PBU) pre- and post-intervention, supplemented by post-intervention ultrasonography of lateral abdominal muscle thickness and asymmetry. The experimental group demonstrated significant improvements in TrA motor control in both positions PBU ($p = .0117$) and increased right TrA thickness ($p = .0092$). Furthermore, a high positive correlation emerged between muscle thickness and targeted activation (Supine $r_s = 0.833$; $p = .0102$ and Prone $r_s = 0.738$; $p = .0366$). Although the intervention did not reduce lateral muscle or thoracic spine rotation asymmetry, this morphological asymmetry did not limit functional motor control improvements.

Keywords:

handball, Marrko Core, transversus abdominis muscle, core stability, Pressure Biofeedback Unit, ultrasonography, lateral asymmetry, motor control

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

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Jarmily Štěpánové, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále čestně prohlašuji, že jsem při zpracování této práce využila nástroje umělé inteligence (ChatGPT ve verzi GPT-5.2, Gemini a NotebookLM). Tyto nástroje byly použity výhradně jako podpora pro překlad cizojazyčných zdrojů a k následným stylistickým a jazykovým úpravám textu.

V Olomouci dne 30. dubna 2026

.....

Mé velké poděkování patří Mgr. Jarmile Štěpánové, Ph.D., za její odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnovala při zpracování této diplomové práce. Další poděkování náleží panu Martinu Kofroňovi, zakladateli cvičebního systému Marrko Core®, za jeho vstřícnost a technickou podporu. Děkuji také týmu DHK Zora Olomouc v čele s doc. Mgr. Janem Bělkou, Ph.D., za umožnění realizace výzkumného šetření. Dále děkuji Mgr. Pavle Horové za odbornou pomoc při ultrasonografickém měření a RNDr. Milanu Elfmarkovi za pomoc se statistickým zpracováním dat. Rovněž děkuji Bc. Kateřině Španělové za spolupráci při měření a intervenci, mým spolužákům za asistenci při sběru dat a Janu Steinerovi za pořízení ilustračních fotografií. V neposlední řadě patří speciální dík mé rodině a blízkým za jejich trpělivost a podporu během celého studia.

OBSAH

Obsah	7
1 Úvod	9
2 Přehled poznatků	10
2.1 Charakteristika házené z pohledu kineziologie	10
2.1.1 Biomechanické a posturální zajištění herních činností	11
2.1.1.1 Hod	11
2.1.1.2 Rychlé změny směru.....	14
2.1.1.3 Odraz, výskok a dopad.....	15
2.2 Házená jako asymetrický sport.....	16
2.3 Core stabilita a hluboký stabilizační systém	19
2.4 Musculus transversus abdominis	20
2.4.1 Metody hodnocení TrA.....	22
2.4.1.1 Diagnostický ultrazvuk.....	22
2.4.1.2 Pressure Biofeedback Unit	24
2.5 Core trénink ve sportu.....	27
2.5.1 Vliv core tréninku na sportovní výkon.....	27
2.5.2 Metody core tréninku	28
2.6 Cvičební systém Marrko Core®	30
2.6.1 Obecné zásady cvičení.....	31
2.6.2 Cvik Marrko	32
2.6.3 Cvik Wops	33
2.6.4 Cvik Butterfly	33
3 Cíle	35
3.1 Hlavní cíl.....	35
3.2 Dílčí cíle	35
3.3 Hypotézy	35
4 Metodika	37
4.1 Výzkumný soubor	37
4.2 Metody sběru dat	37

4.2.1	Vstupní měření	38
4.2.2	Intervence	39
4.2.3	Výstupní měření.....	40
4.3	Statistické zpracování dat	41
5	Výsledky	43
5.1	Charakteristika výzkumného souboru	43
5.2	Výsledky k hypotéze H1	45
5.3	Výsledky k hypotéze H2	47
5.4	Výsledky k hypotéze H3	50
5.5	Výsledky k hypotéze H4	52
5.6	Výsledky k hypotéze H5	53
5.7	Výsledky k hypotéze H6	54
5.8	Výsledky k hypotéze H7	55
6	Diskuse.....	58
6.1	Diskuse k metodice práce	58
6.2	Diskuse k vlivu intervence na motorickou kontrolu a funkci TrA (H1, H2, H5).....	60
6.3	Diskuse k morfologii a asymetrii břišních svalů (H3, H4, H6).....	61
6.4	Diskuse k mobilitě hrudní páteře (H7)	63
6.5	Limity práce a doporučení pro další výzkum	63
7	Závěry	65
8	Souhrn	66
9	Summary.....	67
10	Referenční seznam	69
11	Seznam zkratk.....	76
12	Přílohy.....	77
12.1	Vyjádření Etické komise FTK UP.....	77
12.2	Vzor informovaného souhlasu	78
12.3	Anamnestický dotazník.....	79

1 ÚVOD

Házená je dynamický sport charakteristický vysokou intenzitou zatížení, častými změnami směru a opakovanou explozivní silou při střelbě. Tyto specifické činnosti kladou extrémní nároky na stabilitu trupu (core stabilitu), která je nezbytná pro efektivní přenos sil a ochranu páteře. Centrální roli v tomto systému hraje hluboký stabilizační systém, zejména včasná a dostatečná aktivace *musculus transversus abdominis*.

Juniorská kategorie představuje senzitivní období sportovní přípravy. Vlivem růstového spurtu a tzv. adolescentní neobratnosti dochází k dočasnému poklesu nervosvalové kontroly (Wik & Martínez Silván, 2019). U mladých hráček je proto správná funkce hlubokého stabilizačního systému kritická nejen pro výkon, ale především pro kompenzaci výrazného asymetrického zatížení a prevenci vertebrogenních obtíží a zranění. Význam stabilizace trupu navíc narůstá v podmínkách únavy, kdy dochází k poklesu intenzity hry a hrozí narušení správné techniky provedení herních činností (García-Sánchez et al., 2023).

V současném sportovním tréninku se neustále hledají inovativní metody stimulace stabilizačních svalů, které by překonaly limity tradičních přístupů. Jednou z nich je cvičební pomůcka Marrko Core®, využívající principu excentrického závaží a odstředivé síly. Její dynamický charakter úzce koreluje s biomechanickými nároky házené, jako jsou rotační charakter hodů a dynamická stabilita při kontaktu se soupeřem. Na rozdíl od statických forem posilování středu těla nutí tato pomůcka hluboký stabilizační systém reagovat na neustále se měnící vektor zatížení. Cvičení tak vyžaduje vysokou míru neuromuskulární kontroly.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Charakteristika házené z pohledu kineziologie

Házená představuje dynamický kolektivní sport, který klade vysoké nároky na fyzickou kondici a komplexní motorické dovednosti hráčů. Hra probíhá na obdélníkovém hřišti o rozměrech 40 × 20 metrů, na jehož obou koncích jsou umístěny branky. Proti sobě stojí dva týmy po sedmi hráčích, jejichž úkolem je vstřelit soupeři co nejvíce gólů. Používaný míč má u ženských juniorských kategorií hmotnost 300–375 gramů v závislosti na konkrétním typu. Zápas juniorských týmů ve věku 12–16 let se skládá ze dvou poločasů po 25 minutách, mezi nimiž je desetiminutová přestávka. V případě nerozhodného výsledku rozhoduje prodloužení (International Handball Federation, 2025).

Pro házenou je typické intermitentní zatížení, charakterizované opakovanými změnami rychlosti a směru, otočnými manévry, náhlými skoky a hody, ale i častým kontaktem mezi hráči. Tyto pohybově náročné situace podle Mollera et al. (2012) přispívají k vysoké incidenci zranění, a zároveň vyžadují cílenou fyzickou přípravu. Vysoká dynamika hry je patrná i z faktu, že ke změnám pohybové aktivity dochází v průměru každé 2 až 3 sekundy a celková vzdálenost, kterou hráč během utkání urazí, se v průměru pohybuje v rozmezí 4 000–5 000 metrů. Ačkoliv většinu času (cca 70–80 %) tvoří aktivity o nízké intenzitě, jako je stání a chůze, rozhodujícími faktory herního výkonu jsou krátké úseky vysoce intenzivního zatížení, zahrnující sprinty, rychlé změny směru a výskoky (Karcher & Buchheit, 2014). Každá taková akce vyžaduje včasnou a dostatečně silnou aktivaci svalů středu těla, což představuje základní prvek při stabilizaci páteře a efektivním přenosu sil mezi dolními a horními končetinami (Yu et al., 2025).

Specifické nároky na hráče se výrazně liší podle herní pozice (spojky, křídla, pivoti a brankáři), což vede k odlišnému metabolickému a mechanickému zatížení jednotlivců. Zatímco křídla jsou adaptována na nejvyšší objem sprintů a rychlé protiútoky, spojky plní roli tvůrců hry. To se odráží v největší celkové uražené vzdálenosti a vysoké průměrné srdeční frekvenci. Zcela odlišný profil mají pivoti. U nich je sice běh upozaděn, ale přesto vykazují často nejvyšší průměrnou srdeční frekvenci pohybující se v rozmezí 83–90 % maxima. To je důsledkem neustálých silových soubojů a vysokého počtu technických střetů se soupeřem (García-Sánchez et al., 2023).

Tato postová specifika potvrzují, že herní výkon v házené není u všech hráčů stejný, ale je výsledkem synergie různých fyziologických profilů v rámci jednoho týmu. Trenéři proto musí optimalizovat technické, taktické, psychosociální a fyzické vlastnosti hráčů, aby dosáhli maximálního výkonu celého týmu (Côté & Gilbert, 2009).

2.1.1 Biomechanické a posturální zajištění herních činností

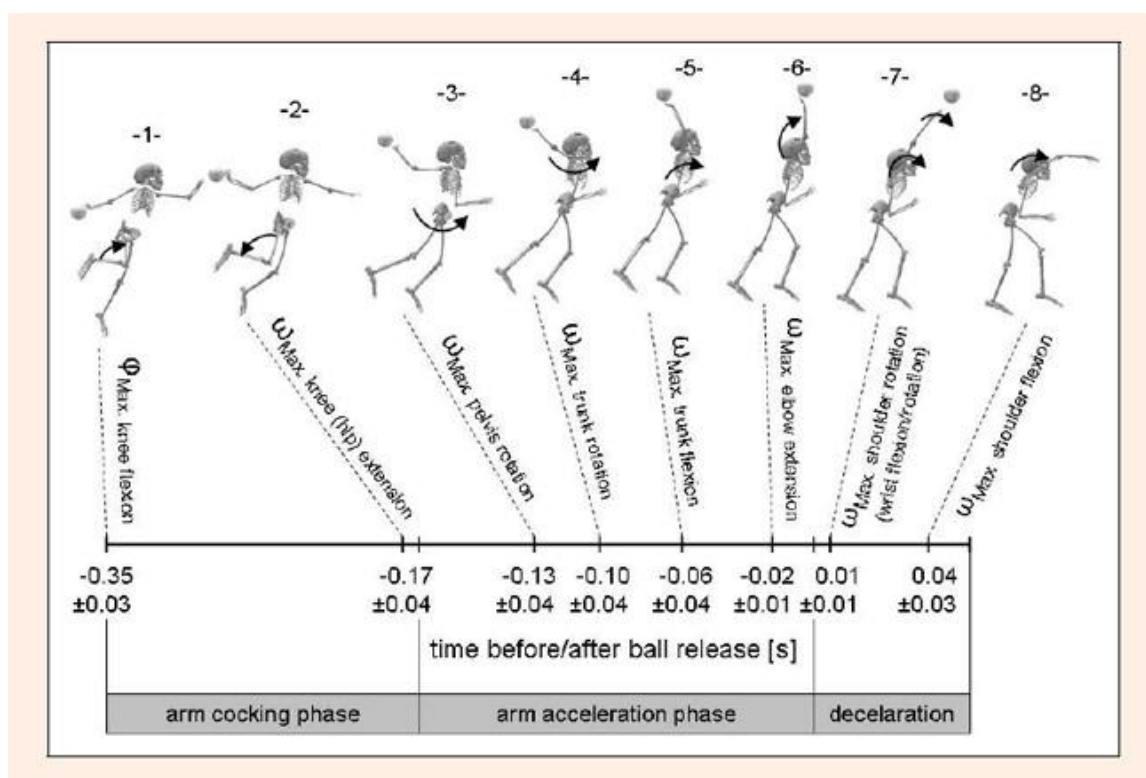
2.1.1.1 Hod

Hod představuje v házené důležitý herní prvek a pro jeho úspěšné provedení je stěžejní dosažení maximální rychlosti míče při zachování vysoké míry přesnosti (Rivilla-García et al., 2011). Ačkoliv se v praxi využívají různé techniky hodu lišící se zejména pohybovým zapojením dolních končetin (ze stoje, z rozběhu či z výskoku), jejich biomechanický základ je společný. Spočívá v co nejefektivnějším přenosu energie skrze kinetický řetězec z dolních končetin přes trup až do vrhající horní končetiny (Wagner et al., 2011). Vzhledem k herní dynamice je nejdominantnější technikou hod z výskoku, který tvoří až 75 % všech střeleckých situací v soutěžním utkání (Wagner et al., 2008).

Pro pochopení kineziologických souvislostí a specifické role svalů středu těla je nezbytné tento komplexní pohybový vzor rozčlenit do dílčích fází. Wagner et al. (2010) definují tři hlavní úseky: fázi náprahu, po které následuje zrychlení (akcelerace) a závěrečné zpomalení (decelerace) paže.

Obrázek 1

Jednotlivé fáze hodu z výskoku s kinematickou sekvencí maximálních úhlových rychlostí (Wagner et al., 2010)



Poznámka. ϕ = úhel, ω = úhlová rychlost

1. Fáze nápřahu

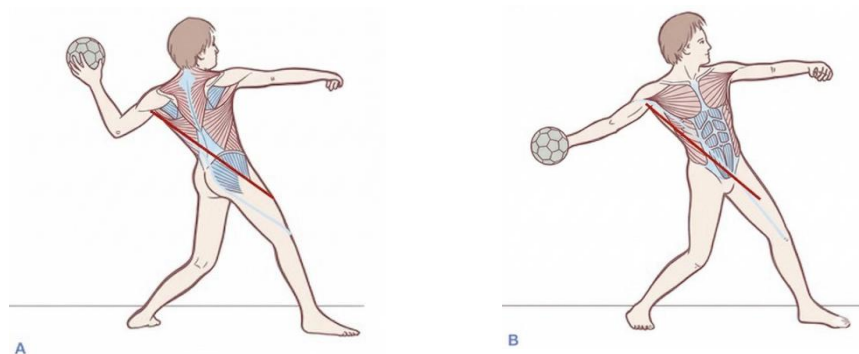
Kinematická analýza hodu z výskoku (Obrázek 1) ukazuje, že fáze nápřahu začíná momentem dosažení maximální flexe v kolenním kloubu na straně vrhající paže a končí těsně před náhlým zvýšením rychlosti míče. Horní končetina se pohybuje dozadu za tělo do extenze a vnější rotace v ramenním kloubu, což vede k předprotažení svalstva přední strany trupu a ramene. Tímto mechanismem se generuje elastická energie, kterou svaly následně využívají v akcelerační fázi (Wagner et al., 2010).

Vnitřní dynamiku těchto dějů vysvětluje koncept svalových smyček a řetězců, které nacházejí svůj strukturální podklad v anatomických myofasciálních liniích (Myers, 2009; Véle, 2006). Zatímco Véle (2006) zdůrazňuje programové řízení pohybu z centrální nervové soustavy prostřednictvím přesného timingu, Myers (2009) definuje konkrétní tkáňové propojení, které umožňuje přenos mechanického napětí napříč celým tělem.

V rámci myofasciálních řetězců dochází v této fázi hodu ke zkrácení Zadní funkční linie (BFL) a protažení Přední funkční linie (FFL), což je schematicky zobrazeno na modelu hodu ze stoje (Obrázek 2). V tomto momentě dochází taktéž k rotaci trupu skrze Spirálovou linii (SPL). Ta obepíná tělo ve tvaru dvojité šroubovice, kdy spojuje obě strany lebky přes horní část zad s protilehlým ramenem a pokračuje křížem přes břicho ke stejnostrannému boku a noze. Při excentrické a izometrické kontrakci pak SPL stabilizuje trup a dolní končetiny tak, aby zabránila zhroucení těla do rotace (Myers, 2009).

Obrázek 2

Znázornění Přední a Zadní funkční linie při hodu ze stoje ve fázi nápřahu (Myers, 2009; upraveno autorkou)



Zadní zkřížený řetězec definuje Véle (2006) jako funkční propojení *humeru* jedné strany přes *m. latissimus dorsi* a *fascia thoracolumbalis* s páteří a *crista iliaca* protilehlé strany. Dále pokračuje přes *fascia glutea*, *m. gluteus maximus*, *fascia lata* a *m. tensor fasciae latae* až ke kolenu opačné dolní končetiny.

Aby však mohla být akumulovaná energie efektivně využita, musí tělo vytvořit stabilní oporu, tzv. pevný bod (*punctum fixum*). Podle Koláře et al. (2009) vyžaduje každý cílený pohyb končetiny včasnou úponovou stabilizaci trupu, která musí automaticky a mimovolně předbíhat samotnou aktivitu paže. Klíčovou roli v tomto procesu hraje hluboký stabilizační systém (bránice, svaly pánevního dna, TrA a *mm. multifidi*), jehož reakční stabilizační funkcí je pohyb v segmentu převáděn do celé postury (Kolář et al., 2009).

2. Fáze akcelerace

Teprve na stabilním podkladu trupu může proběhnout druhá, akcelerační fáze, v níž se prudce zvyšuje rychlost míče až do okamžiku jeho uvolnění (Obrázek 1). Zásadním mechanismem pro přenos energie je zde proximálně-distální sekvence (řazení) maximálních úhlových rychlostí tělesných segmentů. Tato koordinace přenáší energii generovanou velkými svalovými skupinami dolní části těla a trupu postupně do menších a rychlejších segmentů horní končetiny. Sekvence začíná extenzí kolene/kyčle a pokračuje rotací pánve, rotací trupu, flexí trupu, extenzí lokte, vnitřní rotací ramene, flexí ramene, flexí zápěstí a pronací předloktí (Wagner et al., 2010).

Během akcelerace se proces v myofasciálních řetězcích prudce obrací – BFL se protahuje a FFL se silně zkracuje (Myers, 2009). Hlavním motorem je přední zkřížený řetězec, který propojuje *humerus* jedné strany přes *m. pectoralis major*, fascii přední plochy hrudníku a pochvu přímých břišních svalů na druhou stranu trupu, kde pokračuje přes *mm. obliqui abdominis*, *ligamentum inguinale*, stehenní fascii, *fascia lata* a *m. tensor fasciae latae* až ke kolenu protilehlé dolní končetiny (Véle, 2006). Vrhající horní končetinu přitom ovládají Přední linie paže (Myers, 2009).

Stabilizace svalových řetězců probíhá lokálně (pružná vnitřní segmentová stabilizace páteře) i globálně (pružná zevní celková stabilizace těla). Rozhodující roli zde hraje břišní svalstvo, tvořící pružné propojení hrudníku, pánve a páteře, zejména pak aktivita TrA, která iniciuje činnost ostatních břišních svalů při flexi i extenzi hrudníku a podílí se na zvýšení nitrobřišní tlaku, čímž stabilizuje páteř (Véle, 2006).

3. Fáze decelerace

Celý cyklus hodu uzavírá třetí fáze zpomalování, začínající v momentě, kdy míč opustí prsty hráče (Obrázek 1). Od tohoto bodu musí být energie absorbována tělem hráče (Wagner et al., 2010). V této fázi hraje kritickou roli opět BFL, která působí jako celotělová brzda (Myers, 2009). V okamžiku odhození je ramenní kloub ve stavu výrazné vnitřní rotace a svaly rotátorové

manžety proto musí začít silně pracovat proti setrvačnosti paže, aby ji bezpečně zastavily a ochránily ramenní pletenec před zraněním (Wagner et al., 2010).

Shrnutí technik hodu

Srovnání různých technik hodu potvrzuje, že dynamický pohyb dolních končetin (hod z výskoku a z rozběhu) umožňuje nejefektivnější přenos energie skrze celý řetězec. Rozhodujícím faktorem pro výslednou rychlost střely je přitom maximální úhlová rychlost rotace pánve a trupu (Wagner et al., 2011). Princip akumulace energie skrze vnější rotaci trupu a předprotažení břišního svalstva pro následnou explozivní vnitřní rotaci trupu a ramene je u všech typů hodů konzistentní (Marin et al., 2024).

Podle analýzy Marin et al. (2024) však u hodu z výskoku musí trup splnit svou akcelerační roli dříve než u hodu ze stoje. Zatímco u hodu ze stoje rychlost zápěstí přímo koreluje s pohybem trupu i v závěrečné fázi, u hodu z výskoku je rychlost distálního segmentu v momentě odhodu závislá primárně na úhlové rychlosti paže. Trup zde funguje jako iniciátor kinetické energie, která je následně přenášena do kinetického řetězce.

2.1.1.2 Rychlé změny směru

Zatímco u hodu z výskoku je role svalů trupu spojena především s přenosem energie z dolních končetin do horní končetiny (Wagner et al., 2011), v herní lokomoci je nezbytné, aby střed těla dynamicky stabilizoval těžiště při neustálých změnách směru. Běh představuje v házené dominantní typ lokomoce. V herním prostředí, které je limitováno rozměry hřiště a pohybem soupeřů, spoluhráčů či míče, jsou sportovci neustále nuceni k častému provádění rychlých směrových manévru. Ty lze klasifikovat buď jako předem plánované (Change of direction speed – CODS), nebo jako neplánované reakce na vnější podněty, známé jako agilita. Z biomechanického hlediska se obě tyto činnosti skládají z rychlé decelerace, vlastního směrového manévru a následné akcelerace (Young et al., 2015).

Ačkoliv je výkon v CODS tradičně spojován s lineární rychlostí sprintu a silovými schopnostmi dolních končetin (Young et al., 2002), novější poznatky zdůrazňují význam síly a stability středu těla (Horníková & Zemková, 2024; Young et al., 2015). Svaly středu těla fungují jako stabilizátor a „kinetická kotva“, jejíž hlavní úlohou je zamezit energetickým ztrátám v oblasti trupu během produkce síly dolními končetinami. Tento mechanismus odpovídá již zmíněnému biomechanickému principu proximální stability pro distální mobilitu (Kibler et al., 2006; Horníková & Zemková, 2024).

Při rychlé změně směru je nezbytná zejména laterální stabilizace trupu a pánve, která musí čelit vysokým silám vznikajícím při brzdění a následném přechodu do nového směru. Core svaly zde plní kritickou funkci v prevenci rizikových faktorů zranění dolních končetin (Huxel Bliven &

Anderson, 2013). Nedostatečná core stabilita vede ke snížení kontroly nad distálními segmenty, což se projevuje zhoršenou dynamickou rovnováhou a může vyústit v nadměrnou valgozitu kolenního kloubu, kdy hovoříme o tzv. valgózním kolapsu (Huxel Bliven & Anderson, 2013; Kibler et al., 2006).

V kontextu dynamické stabilizace trupu při změnách směru hraje nezastupitelnou roli TrA, klasifikovaný jako lokální stabilizátor. Na rozdíl od globálních svalů (např. *m. rectus abdominis*), které generují velké silové momenty pro pohyb, TrA pracuje primárně excentricky a izometricky za účelem kontroly a stabilizace páteřních segmentů (Huxel Bliven & Anderson, 2013). Jeho kineziologický význam spočívá v několika mechanismech, které se při změně směru v házené uplatňují. Jednak jde o zvýšení nitrobřišního tlaku a napětí thorakodorzální fascie, čímž se stabilizuje bederní páteř při silových rotacích a úklonech trupu, které doprovází úhybné manévry na hřišti. Dále se během náhlé reakce na protihráče (např. při provedení rychlé kličky) TrA kontrahuje jako první v rámci kinetického řetězce, aby připravil tělo na narušení rovnováhy a poskytl končetinám pevný opěrný bod pro produkci síly (Huxel Bliven & Anderson, 2013; Kibler et al., 2006). Pokud je nábor TrA zpožděn, tělo ztrácí schopnost včas stabilizovat pánev i páteř, což negativně narušuje kinematiku celého odrazu a výrazně zvyšuje riziko muskuloskeletálních zranění dolních končetin (Huxel Bliven & Anderson, 2013).

Pro efektivní CODS je tedy zásadní nejen absolutní síla core svalů, ale především kvalita a rychlost kontrakce. Výzkumy naznačují, že důležitější než statická vytrvalost středu těla, měřená například výdrží v planku, je schopnost generovat co nejvyšší aktivační sílu core svalů v krátkém časovém intervalu (Horníková & Zemková, 2024).

2.1.1.3 Odráz, výskok a dopad

Vertikální výskok a výbušná síla dolních končetin představují v házené stěžejní prediktory výkonu. Osmítýdenní intervenční program zaměřený na posilování středu těla u házenkářek prokázal významný nárůst odrazových schopností; konkrétně došlo ke zvýšení výšky bilaterálního výskoku (Drop Jump Test) o 18,8 % a u unilaterálního výskoku na nedominantní noze dokonce o 20 % (Ferri-Caruana et al., 2022). U jiných disciplín, jako je například capoeira, však nebyl přímý vliv core tréninku na výšku výskoku potvrzen. Dle autorů se totiž role silného středu těla projevuje především v následné fázi dopadu, nikoliv v samotné mechanice odrazu (Araujo et al., 2015).

Z biomechanického pohledu představuje fáze dopadu nejrizikovější moment pohybu, který je často spojen se zraněním dolních končetin (Fatahi et al., 2019). U juniorek je toto riziko dále umocněno změnami biomechaniky a techniky dopadu v důsledku probíhajícího tělesného vývoje (Quatman-Yates et al., 2013). Obecně musí tělo při kontaktu s podložkou absorbovat

značné reakční síly, přičemž adekvátní aktivace svalů středu těla prokazatelně snižuje jak jejich vrcholovou hodnotu, tak rychlost zatížení u bilaterálních i unilaterálních dopadů (Araujo et al., 2015; Fatahi et al., 2016).

Silný střed těla tak plní protektivní funkci pro nosné klouby dolních končetin. U profesionálních basketbalistů bylo prokázáno, že osmitýdenní cílený trénink středu těla vedl při unilaterálním dopadu k významným změnám v kinetice celé dolní končetiny. U hráčů došlo ke statisticky významnému snížení momentů síly ve flexi, addukci a rotacích v kyčelním kloubu, což bylo doprovázeno poklesem silových momentů v kolenním a subtalárním kloubu. Ke snížení vnějších silových momentů nedošlo pouze v talokrurálním kloubu. Dle autorů je to pravděpodobně dáno jeho vysokou kostěnou pevností a menší závislostí na svalové stabilizaci ve srovnání s kloubem kolenním (Fatahi et al., 2019).

Centrální nervový systém pracuje na principu feedforward aktivace, kdy k zapojení svalů středu těla dochází ještě před kontaktem chodidla s podložkou. Tím se zvyšuje tuhost celého trupu a organismus se připravuje na absorpci nárazu. Aktivní stabilizace trupu následně umožňuje svalovému systému generovat vyšší vnitřní momenty sil. Pokud je střed těla slabý, organismus přechází na kompenzační mechanismus a energie nárazu je absorbována pasivními strukturami, tzn. vazy a kloubními chrupavkami. To vede k dynamické valgotizaci kolene a nebezpečnému nárůstu vnějších silových momentů. Zlepšená neuromuskulární koordinace trupu a kyčlí po tréninku core naopak snižuje nutnost spoléhat se při dopadu pouze na izolovanou práci *m. quadriceps femoris* a pasivní vazivové složky (Fatahi et al., 2019).

Konkrétní data u házenkářek potvrzují, že po intervenci tréninku core dochází při unilaterálním dopadu k významnému zmenšení frontálního projekčního úhlu kolena v průměru o 4,5°. Tento posun k aktivní svalové stabilizaci představuje zásadní preventivní faktor chránící integritu kolenního kloubu před poraněním (Ferri-Caruana et al., 2022).

2.2 Házená jako asymetrický sport

Lidské tělo vykazuje základní bilaterální symetrii, avšak pro člověka je typická výrazná funkční laterálita, přičemž u 90 % populace dominuje pravá horní končetina (Corballis, 2009). Tato přirozená asymetrie se u jednostranně zaměřených sportů, jako je házená, dále prohlubuje (Lijewski et al., 2021). U dětí a dospívajících tento stav dále umocňují růstové procesy. Během růstového spurtu se kostra prodlužuje rychleji a svalový systém nestačí adekvátně reagovat. Vzniklý nesoulad narušuje zavedené pohybové vzorce a dočasně snižuje nervosvalovou kontrolu, což vede ke stavu označovanému jako adolescentní neobratnost (Wik & Martínez Silván, 2019).

Dalším významným faktorem ovlivňujícím kvalitu stabilizace v tomto období je celková kloubní hypermobilita. Vztah mezi kloubní mobilitou a kontraktilitou TrA zkoumali Mitchell et al. (2022) pomocí magnetické rezonance. Výsledky prokázaly, že hypermobilita významně koreluje se sníženým zkracováním TrA během jeho aktivace ($r = 0,468$; $p = ,009$). Tento deficit autoři vysvětlují nižší tuhostí pojivové tkáně u hypermobilních osob. U svalu, jako je TrA, který se anatomicky upíná do fascií, se část tažné síly ztrácí v důsledku většího protažení samotné fascie. Jedinci se zvýšenou mobilitou tak vykazují horší mechanickou efektivitu předně-laterálních stabilizátorů trupu.

V tomto senzitivním období dospívání vystupuje pohybová aktivita ambivalentně. Zatímco správná aktivita je prevencí, předčasná specializace iniciuje rozvoj posturálních dysbalancí a jednostranné svalové hypertrofie (Solovjova et al., 2014). U mladých házenkářek se v důsledku častých skoků a změn směru typicky rozvíjí dolní zkřížený syndrom. Vzniklé svalové dysbalance vedou k antevertzi pánve a prohloubení bederní lordózy anebo ke skoliotickému držení těla. V horní polovině těla pak jednostranná střelecká zátěž způsobuje přetížení prsních svalů a fixátorů lopatek (Solovjova et al., 2014) (viz Obrázek 3). Absence vhodné kompenzace v tomto věku vede k nárůstu únavových zranění, jako jsou stresové zlomeniny či tendinopatie (Wik & Martínez Silván, 2019).

Obrázek 3

Ukázka držení těla juniorské hráčky házené (Zdroj vlastní)



Poznámka. U hráčky je pravá horní končetina dominantní.

U dospělých profesionálních hráčů se asymetrie v distribuci svalové hmoty stává trvalou součástí jejich morfologie. Typickým projevem je křížová asymetrie, definovaná funkčním propojením dominantní horní končetiny (hod) a kontralaterální dolní končetiny (odraz). Lijewski et al. (2021) potvrdili statisticky významné rozdíly v rozložení svalové hmoty ve prospěch dominantní strany nejen u horních končetin, ale i v oblasti trupu. Tato adaptace odráží nároky na stabilizátory středu těla, které musí během akcelerační fáze hodu neutralizovat rotaci a laterální flexi. Podobné tendence u elitních házenkářek potvrdili také Carrasco-Fernández et al. (2023). Zajímavým zjištěním je, že leváci vykazují méně výraznou křížovou asymetrii a jejich nedominantní paže bývá silnější než u praváků (Lijewski et al., 2021).

Stranová asymetrie do 10 % je u vrcholových sportovců běžnou adaptací. Pokud však rozdíl v síle nebo svalové hmotě mezi končetinami přesáhne hranici 15 % dramaticky vzrůstá riziko zranění (Bishop et al., 2020).

Hlubší vysvětlení těchto změn nabízí Myers (2009) skrze teorii myofasciálních linií. Při opakované asymetrické zátěži vzniká ve fasciích piezoelektrický náboj, na který fibroblasty reagují zvýšenou produkcí kolagenu. Ten se orientuje ve směru převládajícího jednostranného tahu, čímž tkáň získává vyšší mechanickou odolnost, ovšem za cenu plastické deformace a trvalé změny strukturální konfigurace.

Tento proces se projevuje zejména ve Funkčních liniích (BFL a FFL), které se zapojují primárně při sportovních výkonech. Dlouhodobá sportovní preference mění distribuci napětí tak, že tělo fixuje jedno rameno blíže k protilehlému boku mimo osu trupu. Tato asymetrie se promítá i do Spirálové linie (SPL), která se při opakované jednostranné rotaci páteře může „uzamknout“ v kompenzačním vzorci. Pokud páteř rotuje dominantně jedním směrem, kontralaterální část SPL se zkrátí a vytvoří tuhý fasciální korzet, který rotaci vyvažuje. Výsledkem je pak celkové zkrácení trupu a fixace postury v asymetrickém stavu (Myers, 2009).

Ačkoliv je asymetrie v klinické praxi často vnímána patologicky, u sportovců může jít o nezbytnou funkční adaptaci. Výzkumy dokonce naznačují, že u těchto disciplín bývá s chronickými bolestmi zad spojena spíše strukturální symetrie nežli asymetrie trupu (Gray et al., 2016). Vysvětlení tohoto paradoxu spočívá v dynamickém chování svalů. Kim et al. (2013) pomocí ultrasonografie prokázali, že zatímco TrA vykazuje v klidu přirozenou asymetrii, při náhlém dynamickém vychýlení trupu, vyvolaném 9 kg závažím, se jeho aktivace stává výrazně symetričtější. Této dynamické rovnováhy tělo dosahuje intenzivnější kontrakcí na nedominantní straně. Jde o cílenou neuromuskulární strategii, která stabilizuje trup a chrání páteř před nebezpečnou torzí při náhlém silovém působení.

Pokud však asymetrie naruší schopnost těla fungovat jako vyvážený kinematický řetězec, riziko úrazů narůstá (Carrasco-Fernández et al., 2023; Carrasco-Fernández et al., 2025; Lijewski

et al., 2021; Solovjova et al., 2014). Ze systematického přehledu Raya-González et al. (2020) pak vyplývá, že nejohroženějším segmentem jsou dolní končetiny (40–77 % úrazů). Vedle akutních zranění má jednostranné přetěžování vliv na chronické obtíže jako jsou bolesti beder. Studie se proto shodují na zásadním významu individualizovaného kompenzačního tréninku u dětí i dospělých (Carrasco-Fernández et al., 2023; Carrasco-Fernández et al., 2025; Lijewski et al., 2021; Solovjova et al., 2014).

2.3 Core stabilita a hluboký stabilizační systém

Core stabilita neboli stabilita středu těla je v kontextu házené a dynamických aktivit zásadní, jelikož trup funguje jako centrální kinetický článek, spojující horní a dolní končetiny během pohybů celého těla (Kibler et al., 2006). Hlavním cílem kontroly středu těla je umožnit optimální vytváření, přenos a řízení sil směrem k distálním segmentům (končetinám) (Akuthota & Nadler, 2004; Reed et al., 2012). Tento princip je označován jako proximální stabilita pro distální mobilitu (Kibler et al., 2006).

Pojem core (střed těla) je anatomicky definován jako oblast tvořená axiální kostrou a všemi měkkými tkáněmi, které mají svůj proximální úpon na této kostrě. Core v sobě zahrnuje svaly břicha, zad, pánevního dna, bránici, ale i svaly okolo kyčelních kloubů (Akuthota & Nadler, 2004; Behm et al., 2010).

Core stabilita je definována jako schopnost lumbopelvicke oblasti kontrolovat pozici a pohyb trupu vůči pánvi. Uplatňují se zde jak pasivní subsystémy (kostěné a vazivové struktury), tak i aktivní svalové a nervové subsystémy. Účinná core stabilita vyžaduje optimální koordinaci těchto tří složek (Akuthota & Nadler, 2004). Nejedná se tedy pouze o hrubou svalovou sílu, ale především o neuromuskulární kontrolu a spolupráci. Dosažení core stability je realizováno předprogramovanou integrací svalové aktivity, tzn. že se core svaly aktivují ještě dříve, než samotný pohyb nastane. Tímto feed-forward mechanismem se core svaly zpevní, aby připravily páteř na očekávané zatížení či na pohyby končetin (Hodges & Richardson, 1996).

Na core stabilitě se podílí dva hlavní systémy, které se navzájem doplňují. Autoři Kibler et al. (2006) je označují jako:

- 1) **Lokální (hluboký) stabilizační systém (HSS):** Skládá se z hlubokých, jednokloubových svalů s převážně posturální (tonickou) funkcí. Tento systém zajišťuje segmentální stabilitu páteře a jeho významní zástupci, jako je *m. transversus abdominis* a *mm. multifidi*, se aktivují anticipačně před zahájením pohybu končetin.
- 2) **Globální (povrchový) stabilizační systém:** Je tvořen vícekloubovými, fázickými svaly, které se primárně podílí na generování pohybu a momentu síly.

2.4 Musculus transversus abdominis

Musculus transversus abdominis (TrA) disponuje horizontálním průběhem svalových snopců a díky svému napojení na abdominální a thorakolumbální fascii je součástí hlubokého stabilizačního systému. TrA je často v odborné literatuře přirovnáván k „vnitřnímu korzetu“ (Richardson et al., 2004).

Důležitým bodem pro přenos sil mezi břišní stěnou a zádovými svaly je místo zvané *raphe lateralis*. Jedná se o ztlustělý komplex husté pojivové tkáně umístěný na boku trupu, který se táhne od hřebene kosti kyčelní až ke dvanáctému žeburu. Tato struktura představuje zásadní biomechanický uzel, ve kterém se setkávají a propojují dvě odlišné svalové skupiny: svaly hypaxiální (břišní) a svaly epaxiální (zádové vzpřimovače). Anatomicky je *raphe lateralis* místem, kde aponeuróza TrA přechází do paraspinálního retinakula, které obklopuje hluboké svaly zad (Willard et al., 2012).

V místě tohoto spojení vzniká specifická trojúhelníková konfigurace pojivové tkáně, označovaná jako Lumbar Interfascial Triangle (LIFT) (viz Obrázek 4). Toto místo plní funkci biomechanické výztuhy, která zajišťuje efektivní a rovnoměrný rozptyl napětí. Jakmile dojde k aktivaci TrA, generované napětí se skrze *raphe lateralis* a strukturu LIFT nepřenáší pouze jedním směrem, ale rozvádí se na přední i zadní stranu paraspinálního retinakula. Z funkčního hlediska tato konfigurace umožňuje břišním svalstvem přímo ovlivňovat tuhost a stabilitu zádových struktur. Bez existence tohoto pevného a mechanicky odolného spojení by TrA nemohl efektivně plnit svou roli „vnitřního korzetu“, neboť by chyběl pevný bod, o který by se mohl břišní pletenec při stabilizaci páteře opřít (Willard et al., 2012).

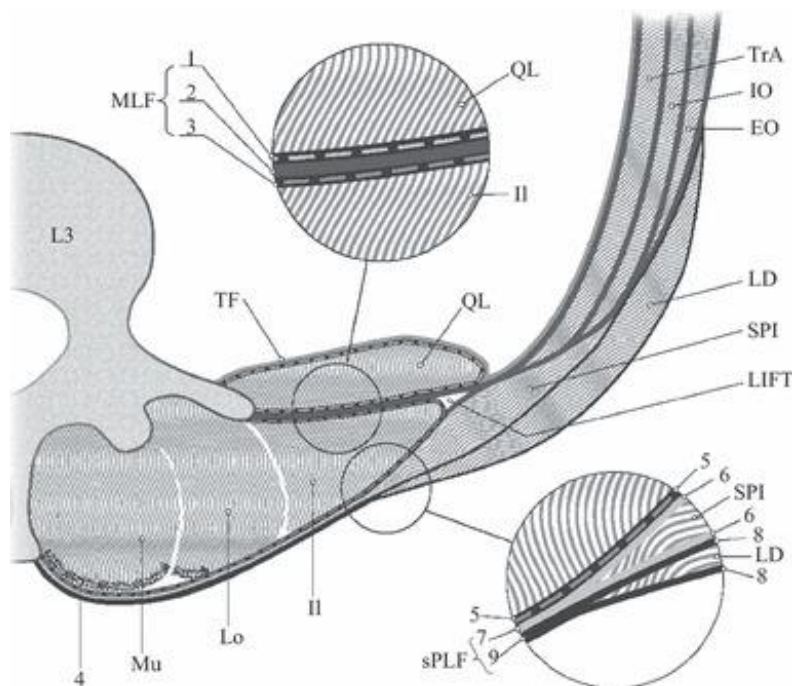
Efektivita tohoto anatomického spojení je však podmíněna správným neuromuskulárním řízením. Studie autorů Hodges a Richardson (1996) objasňuje mechanismus anticipační svalové aktivity, tzv. feed-forward. Autoři prokázali pomocí elektromyografického měření, že u zdravých jedinců dochází k aktivaci TrA s předstihem 24–39 ms před zahájením pohybu horní končetiny, přičemž u dolních končetin je tento předstih ještě výraznější. Tento jev naznačuje, že centrální nervová soustava automaticky připravuje trup na budoucí zátěž a narušení rovnováhy. TrA se díky svému anatomickému uspořádání aktivuje jako první, aby zajistil stabilitu bederní páteře dříve, než dojde k silovému působení z končetin. U pacientů s chronickou nespecifickou bolestí beder (LBP) je však tento mechanismus selektivně narušen a dochází k významnému zpoždění aktivace TrA, což snižuje dynamickou ochranu páteře.

Na neurofyzilogické načasování úzce navazuje samotná biomechanická funkce svalu. Aby bylo možné pochopit mechanismus stabilizace páteře, je nutné definovat strukturu thorakolumbální fascie. Ta se podle Willarda et al. (2012) skládá ze tří vrstev: přední (pokrývající

m. quadratus lumborum), střední (odděluje vzpřimovače páteře od hlubokých břišních svalů) a zadní (obalující zádové svaly povrchově). Právě střední vrstva je pro funkci TrA klíčová, neboť se do ní jeho aponeuróza přímo vlétá.

Obrázek 4

Transverzální řez v úrovni obratle L3 (Willard et al., 2012)



Poznámka. Svalové struktury: TrA – *m. transversus abdominis*; IO – *m. obliquus internus*; EO – *m. obliquus externus*; Mu – *mm. multifidi*; Lo – *m. longissimus*; II – *m. iliocostalis*; QL – *m. quadratus lumborum*; LD – *m. latissimus dorsi*; SPI – *m. serratus posterior inferior*. Fasciální vrstvy: MLF – střední vrstva thorakolumbální fascie (listy 1, 2, 3), do které se vlétá aponeuróza *m. TrA*; sPLF – povrchový list zadní vrstvy thorakolumbální fascie (listy 7 a 9); TF – fascia transversalis; 4 a 5 – vnitřní listy paraspinální pochvy (retinakula); 6 – intermuskulární septum (vazivová přepážka). LIFT – Lumbar Interfascial Triangle.

Tato strukturální kontinuita umožňuje mechanismus známý jako „lateral tension mechanism“. Princip spočívá v tom, že kontrakce TrA vyvolává laterální tah primárně za střední vrstvu thorakolumbální fascie. Skrze biomechanický uzel v *raphe lateralis* a trojúhelníkovou strukturu LIFT se toto napětí přenáší na zadní vrstvu fascie, čímž dochází k nárůstu tenze v celém fasciálním systému. Výsledkem je zvýšení tuhosti celého bederního segmentu. TrA v tomto kontextu nepracuje izolovaně, ale v synergii s *mm. multifidi*. Zatímco TrA stabilizuje páteř nepřímou skrze zvýšení napětí thorakolumbální fascie, *mm. multifidi* toto napětí umocňují svým vyklenutím proti fasciálnímu retinakulu. Tento společný mechanismus vytváří uzavřený

stabilizační prstenec fixující obratle proti nechtěným rotačním a střižným silám (Lynders, 2019; Willard et al., 2012).

Současně s napětím fascií vyvolává kontrakce TrA zmenšení obvodu břišní dutiny, což vede k nárůstu nitrobřišního tlaku (IAP – intra-abdominal pressure). Je však zásadní si uvědomit, že generování IAP není výhradní záležitostí břišní stěny, ale výsledkem koordinované souhry mezi aktivitou bránice, svalů pánevního dna a břišního svalstva (Frank et al., 2013). Zatímco břišní stěna v čele s TrA zajišťuje horizontální sevření a laterální stabilitu skrze zmíněné napětí thorakolumbální fascie, vertikální stabilitu tohoto funkčního „válce“ určuje právě synergie bránice a pánevního dna.

Tuto interakci detailněji dokládají Park a Han (2015), jejichž výzkum naznačuje, že aktivace pánevního dna zvyšuje IAP, který následně vytváří mechanický odpor proti kaudálnímu poklesu bránice během nádechu. Tato vzájemná opora je stěžejní pro dosažení optimální rigidity trupu a efektivní stabilizaci bederní páteře. Funkční integrita hlubokého stabilizačního systému tak není dána pouze izolovanou silou jednotlivých svalů, ale je přímo závislá na neuromuskulární synchronizaci všech zmíněných struktur.

Takto zvýšený tlak v uzavřeném prostoru břicha působí jako vnitřní hydraulická podpora, která odlehčuje vertikálnímu tlaku na meziobratlové ploténky a přenáší část zátěže z páteře na svalově-fasciální systém trupu. Integrace správného neuromuskulárního načasování a biomechanického „korzetového“ účinku je tedy nezbytným předpokladem pro bezbolestnou a efektivní funkci bederní páteře (Hodges & Richardson, 1996; Lynders, 2019; Willard et al., 2012).

2.4.1 Metody hodnocení TrA

2.4.1.1 Diagnostický ultrazvuk

Využití diagnostického ultrazvuku, konkrétně metody RUSI (Rehabilitative Ultrasound Imaging), představuje objektivní nástroj pro diagnostiku svalových abnormalit například ve vztahu k LBP a pro hodnocení efektivity terapeutické intervence. Validitu této metody potvrzuje rozsáhlý systematický přehled a metaanalýza autorů Prentice et al. (2021), která u laterálních břišních svalů (TrA, OI a OE) prokazuje vynikající vnitro-vyšetřovatelskou (intra-rater) i mezi-vyšetřovatelskou (inter-rater) spolehlivost.

K dosažení vysoké reliability je však nezbytné dodržovat standardizovaný protokol a zohlednit technické parametry zobrazení, zejména volbu frekvence ultrazvukového vlnění. Pro zobrazení povrchových struktur, včetně laterálních břišních svalů, jsou obecně preferovány vyšší frekvence (10–15 MHz), které poskytují lepší rozlišení a ostrost svalových hranic (Ihnatsenka &

Boezaart, 2010). Přestože vyšší frekvence zvyšuje vizuální jasnost snímku, Prentice et al. (2021) uvádějí, že i studie pracující s nižšími frekvencemi v rozmezí 4–10 MHz dosahují vynikající spolehlivosti. Volbu je však nutné individualizovat podle somatotypu pacienta; u osob s vyšším podílem podkožního tuku je pro zajištění dostatečného prostupu vlnění do hlubších tkání nezbytné zvolit frekvenci nižší (Brahee et al., 2013).

Kromě technického nastavení zdůrazňují Prentice et al. (2021) nutnost přesného anatomického umístění sondy a provádění měření na konci klidového výdechu, čímž se eliminuje vliv pohybu bránice a změny nitrobřišního tlaku. Při dodržení těchto podmínek je ultrazvuk natolik senzitivní, že dokáže zachytit i minimální detekovatelnou změnu. Díky nízké standardní chybě měření tak lze spolehlivě identifikovat i drobné terapeutické pokroky v tloušťce svalové tkáně, které by jiné klinické testy (např. palpce) nemusely zachytit. Ke zvýšení přesnosti a minimalizaci chyb měření autoři doporučují v metodice využívat průměr ze dvou až tří po sobě jdoucích snímků.

Zajímavým zjištěním metaanalýzy je, že měření v klidovém stavu vykazuje vyšší míru reliability než měření během svalové kontrakce, což autoři přisuzují obtížné standardizaci manévru vtažení břišní stěny a možnému vlivu svalové únavy probanda. Zároveň je však nutné rozlišovat mezi statickou morfologií a dynamickou funkcí; klidová tloušťka svalu nemusí přímo korelovat s jeho schopností aktivace, což v klinické praxi vyžaduje komplexní posouzení obou těchto parametrů (Prentice et al., 2021).

Na stanovení normativních referenčních hodnot u zdravé dospělé populace v klidovém stavu se ve své studii zaměřili Tahan et al. (2016). Výzkumný soubor tvořilo 156 probandů (75 mužů, 81 žen) ve věkovém rozmezí 18–44 let, kteří nevykazovali žádné symptomy bolestí či dysfunkcí v oblasti zad, pánve, hrudníku ani dolních končetin. Měření se provádělo využitím B-módu diagnostického ultrazvuku s lineární sondou (7,5 MHz) v klidovém stavu. Probandi se nacházeli v pozici vleže na zádech s podloženou hlavou a koleny. Hodnocena byla tloušťka TrA, OI, OE a RA na obou stranách těla. U laterálních svalů (TrA, OI, OE) byla sonda přikládána transverzálně v přední axilární linii, přesně v polovině vzdálenosti mezi dolním okrajem 12. žebra a hřebenem kosti kyčelní. Tato pozice umožnila sledování všech tří svalových vrstev nad sebou. U přední břišní stěny (RA) se sonda umísťovala 2–3 cm kraniálně nad pupek a 2–3 cm laterálně od *linea alba*. Všechny snímky byly pořízeny na konci výdechu.

U obou pohlaví byl potvrzen konzistentní vzorec tloušťky svalů, kdy se tloušťka zvyšovala v pořadí: TrA < OE < OI < RA. Muži měli ve všech případech signifikantně silnější břišní svaly než ženy. Studie dále prokázala statisticky významnou asymetrii mezi pravou a levou stranou u laterálních svalů (TrA, OI, OE) ve prospěch pravé strany. Autoři si to vysvětlují dominancí pravé horní končetiny u většiny populace. U RA stranový rozdíl zjištěn nebyl. Zatímco tloušťka svalů OI,

OE a RA s rostoucím věkem klesala, u hluboko uloženého TrA se tento trend neprojevil. Autoři naznačují, že tento rozdíl může být způsoben odlišným zastoupením svalových vláken v jednotlivých vrstvách a jejich specifickou reakcí na proces stárnutí. Index tělesné hmotnosti (BMI) pozitivně koreloval pouze s tloušťkou svalů RA a OE. To naznačuje, že u jedinců s vyšším BMI dochází k nárůstu tloušťky u povrchových svalů, zatímco hluboké stabilizační vrstvy zůstávají tímto faktorem neovlivněny (Tahan et al., 2016).

2.4.1.2 Pressure Biofeedback Unit

Pressure Biofeedback Unit (PBU) představuje nástroj, který lze využít k nepřímému posouzení funkce TrA. Přístroj pracuje na principu tříkomorové vzduchové manžety napojené na manometr (viz Obrázek 5). Manžeta se umísťuje mezi tělo pacienta a pevnou podložku a následně se nafoukne na stanovený počáteční tlak. Během cílené aktivace TrA přístroj detekuje pohyb břišní stěny. Změny tlaku v uzavřeném systému manžety jsou okamžitě vizualizovány na manometru, což vyšetřujícímu i probandovi poskytuje zpětnou vazbu o kvalitě a intenzitě svalové kontrakce (Raj & Thomas, 2023). Samotný přístroj disponuje technickou přesností měření tlaku ± 3 mmHg (Chattanooga Group, 2005).

Obrázek 5

Pressure Biofeedback Unit (Chattanooga Group, 2005)



Metodika měření a nácvik aktivace TrA pomocí PBU

Přesnost měření je přímo podmíněna správnou edukací probanda a nácvikem izolované aktivace TrA, která je v odborné literatuře označována jako manévr vtažení břicha (Abdominal Drawing-in Maneuver) (Raj & Thomas, 2023; Li et al., 2020). Pro eliminaci bazálního napětí povrchových svalů je nezbytné celkové uvolnění těla před každou aktivací. Nezbytnou

technickou podmínkou je rovněž využití pevné podložky, která brání prohýbání manžety a nežádoucímu kolísání tlaku (Raj & Thomas, 2023).

Během samotného manévru proband jemně a plynule přitahuje spodní část břišní stěny směrem k páteři. Ideální postup zahrnuje klidný nádech, po kterém následuje samotné vtahování břicha spojené s jemným výdechem přes úzkou štěrbinu mezi rty. Správnou aktivaci lze ověřit palpací, kdy vyšetřující přiloží ukazovák a prostředník na laterální stranu břišní stěny, mediálně od *spina iliaca anterior superior* (SIAS) a mírně zatlačí směrem dolů. Při izolované kontrakci je pod prsty hmatné pevné napětí, aniž by docházelo k vyklenutí břicha. Cílem je aktivace bez zapojení kompenzačních mechanismů, jako je aktivita *m. rectus abdominis* a *mm. obliqui*, souhyb dolních končetin, zatínání gluteálních svalů nebo pohyby pánve (Li et al., 2020; Raj & Thomas, 2023). Celý proces motorického učení lze navíc efektivně podpořit vizuální zpětnou vazbou přímo z manometru přístroje (Jung & Oh, 2022).

Pro hodnocení funkce TrA se nejčastěji využívají dvě základní polohy:

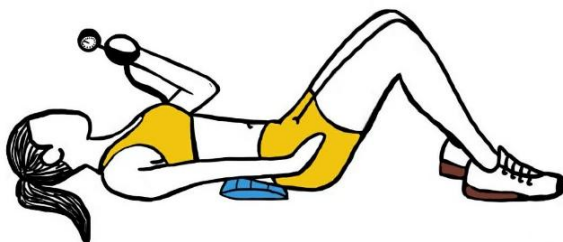
1) Leh na zádech (Supine position)

Vyšetřovaná osoba leží s pokrčenými dolními končetinami. Manžeta je umístěna pod bederní páteř do oblasti obratlů L3–L5 a nafouknuta na počáteční tlak 40 mmHg (viz Obrázek 6) (Chattanooga Group, 2005).

Výhodou této polohy je možnost generování vyšší svalové síly, snadnější palpce a dobrá vizuální kontrola manometru probandem. Nevýhodou je však riziko zkreslení pohybem pánve do retroverze a flexí bederní páteře. PBU v této poloze často informuje spíše o pozici pánve, než o přímé aktivitě TrA (Raj & Thomas, 2023; Hodges & Richardson, 1996). V odborné literatuře panuje ohledně interpretace výsledků v této poloze nejednotnost. Někteří autoři preferují striktní udržení výchozího tlaku (tedy nulovou odchylku), jiní uvádějí jako kritérium nárůst tlaku o 2–6 mmHg (Raj & Thomas, 2023).

Obrázek 6

Použití PBU v poloze Supine (Zdroj vlastní)



2) Leh na břiše (Prone position)

Při testování v poloze na břiše leží vyšetřovaná osoba s pažemi podél těla a uvolněnou hlavou, která je buď otočena na stranu, nebo umístěna v otvoru lehátka. Manžeta se vkládá pod spodní část břicha tak, aby její distální okraj odpovídal úrovni spojnice obou SIAS (viz Obrázek 7) (Hodges et al., 1996).

Počáteční tlak činí 70 mmHg. Tato pozice je považována za průměrnější metodu měření, neboť manžeta leží nad sledovanou svalovou skupinou. Při správně provedené aktivaci TrA by měl tlak klesnout o 6–10 mmHg s výdrží 10–15 sekund (Chattanooga Group, 2005), přičemž za průkazné minimum lze považovat pokles o 2 mmHg po dobu 4 sekund (Raj & Thomas, 2023).

Studie se shodují na vyšší přesnosti měření v lehu na břiše. Tato poloha je výhodnější z důvodu minimalizace nechtěných souhybů pánve a zapojení kompenzačních mechanismů (De Paula Lima et al., 2011; Raj & Thomas, 2023).

Obrázek 7

Použití PBU v poloze Prone (Zdroj vlastní)



Reliabilita a validita měření pomocí PBU

Systematický přehled autorů De Paula Lima et al. (2011) poukazuje na nejednotné výsledky v otázce spolehlivosti a přesnosti PBU. U zdravých jedinců byla prokázána dobrá spolehlivost v rámci jednoho vyšetřujícího (intra-rater reliability), kde se koeficient ICC pohyboval v rozmezí 0,50–0,81. V případě shody mezi různými měřiteli (inter-rater reliability) vykazovaly hodnoty širší rozptyl (ICC = 0,47–0,82). Autoři v této souvislosti zdůrazňují, že spolehlivost měření je kriticky závislá na nácviku aktivace a standardizaci instrukcí. Zároveň se uvádí, že u osob s bolestmi bederní páteře je spolehlivost měření nižší než u zdravé populace.

V otázce validity zůstávají závěry skeptické. Ačkoliv korelační hodnoty dosahovaly v některých studiích 0,48–0,90, neexistuje dostatek důkazů potvrzujících, že tlakové změny odrážejí výhradně izolovanou aktivitu TrA (De Paula Lima et al., 2011).

De Paula Lima et al. (2011) dále upozorňují na metodologické limity dosavadních výzkumů, jako jsou malé výzkumné vzorky (15–40 osob), absence dat o senzitivitě na změnu a extrémní závislost na technických parametrech (tvrdost podložky, přesné nafouknutí manžety,

standardizace pokynů). Jakákoliv odchylka od protokolu může výrazně zkreslit reprodukovatelnost měření a vést k chybné interpretaci výsledků.

2.5 Core trénink ve sportu

2.5.1 Vliv core tréninku na sportovní výkon

Tréninku středu těla (core tréninku) je v současné době věnována zvýšená odborná pozornost, neboť má prokazatelně pozitivní vliv na běžné denní činnosti, rehabilitaci, ale i na sportovní výkon. Trénink středu těla se stal základní součástí kondičních programů v různých sportovních disciplínách včetně házené. Bylo prokázáno, že zlepšuje proximální stabilizaci, což je nezbytné u sportů vyžadujících vysokou rychlost distálního segmentu, jako je tomu u házené, tenisu, golfu, baseballu, fotbalu a dalších (Rodríguez-Perea et al., 2023). Rostoucí důkazy naznačují, že stabilita a síla středu těla významně ovlivňují sportovní výkon, a to díky zlepšenému přenosu síly, rovnováze a vyšší efektivitě pohybu (Yu et al., 2025).

Přestože je trénink středu těla široce implementován od amatérské až po elitní úroveň, zůstávají otázky ohledně optimální struktury a specifických účinků tréninkových programů vzhledem k danému sportu. Zatímco některé studie prokazují významné zlepšení rovnováhy, silového výkonu a sportovně specifických dovedností, jiné naznačují jen omezený přenos do sportovního výkonu. Tato nekonzistentnost ve výsledcích pravděpodobně pramení z rozdílů v tréninkových protokolech, populacích sportovců a metodikách hodnocení (Yu et al., 2025).

Komplexní metaanalýza autorů Yu et al. (2025) zkoumala roli tréninku středu těla ve sportovní přípravě. Primárním cílem bylo zjistit, do jaké míry trénink středu těla ovlivňuje jak celkovou atletickou výkonnost, tak i specifické motorické dovednosti v různých sportovních disciplínách. Jednalo se o souhrn 29 studií s téměř tisícovkou probandů ve věku 15–23 let, zahrnující široké spektrum sportů včetně házené, basketbalu, volejbalu, badmintonu, tenisu, fotbalu a dalších. Celkové výsledky potvrdily silný a vysoce statisticky významný pozitivní účinek core tréninku na celkovou sportovní výkonnost. Detailní analýza následně identifikovala, že nejsilnější a nejprokazatelnější účinky byly zaznamenány v oblastech, které jsou přímo závislé na funkci hlubokých stabilizátorů; to znamená, že u probandů napříč různými sporty došlo k významnému zlepšení vytrvalosti svalů středu těla, rovnováhy, posturální kontroly a agility.

Tyto výsledky jsou v souladu se zjištěními metaanalýzy autorů Rodríguez-Perea et al. (2023), která rovněž zaznamenala významné zlepšení v agilitě a rovnováze napříč sportovními disciplínami. Tyto pozitivní nálezy naznačují, že stabilní střed těla slouží jako pevná báze, která díky segmentální stabilitě páteře a kontrole těžiště minimalizuje ztrátu energie a umožňuje

sportovci generovat a efektivně využít maximální svalovou sílu pro všechny motorické dovednosti.

Zásadní omezení však studie nalézají ve vztahu k izolovaným a specifickým sportovním dovednostem. Yu et al. (2025) uvedli, že vliv tréninku středu těla na rychlost běhu, vertikální výskok či přesnost střelby byl nejslabší a statisticky nevýznamný. Taktéž zmiňovali vysokou míru variability výsledků ve vztahu k věku, úrovni sportovců a druhu sportu. U amatérů a mládeže byly výsledky konzistentnější, zatímco u poloprofesionálů a profesionálů byla odezva na trénink různorodá. Odlišná odezva byla pozorována také mezi individuálními a týmovými sporty.

Horníková a Zemková (2024) u dospívajících a méně zdatných sportovců zaznamenaly, že posilování core svalů vedlo ke zlepšení CODS, u elitních sportovců byl z důvodu vyšší výchozí úrovně efekt menší. Kuhn et al. (2019) a Rodríguez et al. (2025), zkoumající výhradně hráče házené, neprokázali statisticky významné zlepšení rychlosti hodů, která je pro výkon kritická.

Tato nekonzistentní zjištění naznačují, že izolované posilování středu těla samo o sobě nezaručuje efektivní přenos síly do komplexních pohybů, jako je u házené například hod. Přestože core trénink prokazatelně zvyšuje statickou stabilitu trupu, tento přínos se do sportovního výkonu nepromítá automaticky. Hlavním důvodem je fakt, že úspěch v rychlostně-silových disciplínách závisí na plynulém přenosu energie skrze celý kinetický řetězec. Pokud tréninková intervence nezahrnuje specifické prvky a nácvik koordinace svalů v reálné rychlosti daného sportu, zůstává potenciál stabilnějšího středu těla nevyužit. Pro dosažení maximálního efektu je proto nezbytné rozvíjet stabilitu v přímé návaznosti na konkrétní pohybové vzorce a specifické rychlostní nároky (Rodríguez-Perea et al., 2023; Yu et al., 2025).

2.5.2 Metody core tréninku

Moderní tréninkové protokoly pro core trénink se odklánějí od izolovaného posilování svalů středu těla na stabilní podložce a přecházejí k vysoce funkčnímu, asymetrickému a komplexnímu přístupu, který odráží reálné nároky sportovního výkonu. Současné metodiky doporučují realizaci v časovém rámci 6 až 12 týdnů s frekvencí 2 až 3 tréninkových jednotek týdně (Gao et al., 2025; Yu et al., 2025). Ačkoliv se délka jedné lekce může v literatuře pohybovat v širokém rozmezí od 20 do 120 minut (Yu et al., 2025), výzkumy potvrzují, že pro signifikantní zlepšení mechanického výkonu a maximální síly postačuje zařazení i pouhých dvou doplňkových jednotek týdně nad rámec běžné sportovní přípravy (Carrasco-Fernández et al., 2025).

Klíčovým prvkem současné metodiky je využití lability a propriocepce prostřednictvím tzv. instabilního core tréninku. Využití pomůcek, jako jsou balanční plošiny, Bosu, Airex či TRX,

vede k prokazatelně vyšší aktivaci hlubokého stabilizačního systému ve srovnání s tradičním cvičením na zemi (Gao et al., 2025).

Tento přístup úzce souvisí s novým paradigmatem „kloub po kloubu“ (Joint-by-Joint), který nenahliží na core izolovaně, ale zdůrazňuje dynamickou kontrolu držení těla v součinnosti s funkcí sousedních segmentů – typicky v kombinaci mobility kyčelních kloubů a stability bederní a hrudní páteře. Zapojení celého kinetického řetězce tímto způsobem lépe simuluje sportovní zátěž a efektivněji předchází zraněním (Gao et al., 2025).

U asymetrických sportů protokoly prioritně zařazují unilaterální cviky s důrazem na excentrickou fázi pohybu, tedy na schopnost svalů aktivně brzdit vnější síly. Trénink brzdných sil a správné mechaniky dopadu (např. při cvičení na jedné noze) snižuje patologickou valgozitu kolen a umožňuje sportovci efektivnější využití elastické svalové energie (Carrasco-Fernández et al., 2025). Celý systém by měl pak fungovat jako hybridní model, ve kterém je cvičení core kombinováno s plyometrií a neuromuskulárním tréninkem pro dosažení maximálního přínosu pro daný sport (Carrasco-Fernández et al., 2025; O'Rourke, 2025; Yu et al., 2025).

Příkladem tohoto moderního pojetí preventivního tréninku v házené je studie Schmidt et al. (2023). Práce analyzovala vliv 12týdenního neuromuskulárního tréninku na redukci rizikových faktorů zranění ACL u elitních juniorských házenkářek. Intervence, realizovaná v 10 lekcích o délce 30-40 minut, složila jako náhrada běžného rozcvičení. Program byl sestaven komplexně, kdy core trénink tvořil jeden z pilířů vedle proprioceptivních cvičení, plyometrie a nácviku techniky odrazů a dopadů. U všech prvků byl kladen důraz na individuální progresi od jednodušších forem k náročnějším pohybovým vzorům. Cvičení zaměřená na střed těla (plank, side plank, sit-ups) gradovala ve třech stupních: 1. standardní provedení, 2. zapojení dynamických prvků (například zvednutí končetiny), 3. kombinace dynamických prvků a nestabilních ploch.

Efektivita intervence byla hodnocena pomocí 3D kinematické analýzy a silových plošin při specifických úlohách, jako jsou dopady a nečekané změny směru. Výzkum prokázal, že tento kombinovaný přístup významně zredukoval biomechanické rizikové faktory zranění ACL, zejména nežádoucí valgozitu kolene a vertikální reakční síly (Schmidt et al., 2023). Tato zjištění plně korelují se současnými závěry studie O'Rourke (2025), které potvrzují, že komplexní neuromuskulární programy (zahrnující plyometrii a silový trénink) signifikantně snižují riziko ruptury ACL, a to především u sportujících žen. Autoři Schmidt et al. (2023) v závěru shrnují, že by takto koncipovaná prevence měla být začleněna do průběhu celé soutěžní sezóny.

2.6 Cvičební systém Marrko Core®

Vzhledem k relativní novosti pomůcky Marrko Core® na trhu je odborná literatura dosud omezena především na dokumentaci výrobce a pilotní výzkumy v rámci akademických prací (například Dudová, 2018; Hajná, 2023; Langer, 2018).

Marrko Core® je cvičební a rehabilitační pomůcka českého původu, kterou vyvinul Martin Kofroň primárně pro terapii bolestí zad a komplexní posílení hlubokého stabilizačního systému páteře. Konstrukčně se tato pomůcka skládá z ergonomicky tvarované protiskluzové rukojeti s integrovaným ložiskem, do kterého je uchyceno 65centimetrové lano zakončené zatěžovací hlavicí. Do této hlavice s měkčeným povrchem pro zajištění bezpečnosti lze vkládat tři výměnná 50gramová závaží, čímž lze upravovat hmotnost v rozmezí 385 až 530 gramů (viz Obrázek 8) (Marrko Core, 2026).

Obrázek 8

Cvičební pomůcka Marrko Core® (Zdroj vlastní)



Princip cvičení spočívá ve využívání odstředivé síly a setrvačnosti. Krouživým pohybem paží a ramen se hlavice roztočí, vzniká síla přenášená přes horní končetiny na trup, která vyvádí těžiště těla z rovnováhy. Centrální nervová soustava na tuto destabilizaci reaguje automatickou aktivací stabilizačních mechanismů, které vytvářejí protitah k udržení statické polohy pánve a páteře. Tento proces vede k intenzivní aktivaci hlavně břišního a zádového svalstva v jejich přirozené funkční souhře, doprovázené protahováním specifických svalových skupin. Podle toho, v jaké rovině se s pomůckou pohybuje (před tělem, vedle těla nebo nad hlavou), dochází k cílenému zapojování předozadní, boční nebo rotační stabilizace trupu. (Marrko Core, 2026).

Biomechanické studie Langer (2018) a Dudové (2018) prokázaly, že při cvičení dochází k rovnoměrnému přenášení zátěže z levé dolní končetiny na pravou a zpět v protifázi vůči pohybu horních končetin. Zátěž vyvolaná pohybem horních končetin se tak prokazatelně přenáší

až do dolních končetin. Přestože se předpokládal vysoký nárok na sílu svalů středu těla, měření ukázala, že aktivace břišního svalstva a *mm. multifidi* přesahovala hranici 50 % maximální volní kontrakce pouze po omezenou dobu (cca 23 % času cvičení). Tento poznatek naznačuje, že cvičení je náročné především na technické provedení a neuromuskulární koordinaci, nikoliv na hrubou svalovou sílu. Langer (2018) v této souvislosti upozornil na rozdílnou strategii provedení cviků u žen, které vykazovaly větší výchyly pánve a menší rozsah pohybu ramen, což může naznačovat potřebu individuální úpravy zátěže.

Díky své vysoké variabilitě představuje Marrko Core® univerzální nástroj vhodný pro široké spektrum uživatelů. V rehabilitaci je efektivní u osob s chronickými bolestmi páteře, stavy po výrezích plotének či u osob se sedavým zaměstnáním, kde pomáhá korigovat svalové dysbalance a neoptimální držení těla. U amatérských i profesionálních sportovců (například v golfu, boxu či gymnastice) slouží jako kompenzační cvičení eliminující jednostranné zatížení a zvyšující rotační sílu trupu, což je zásadní pro prevenci zranění. Uplatnění nachází rovněž v geriatrii při nácviku rovnováhy jako prevence pádů, u fyzicky pracujících osob nebo při formování postavy díky podpoře napřímení trupu (Marrko Core, 2026).

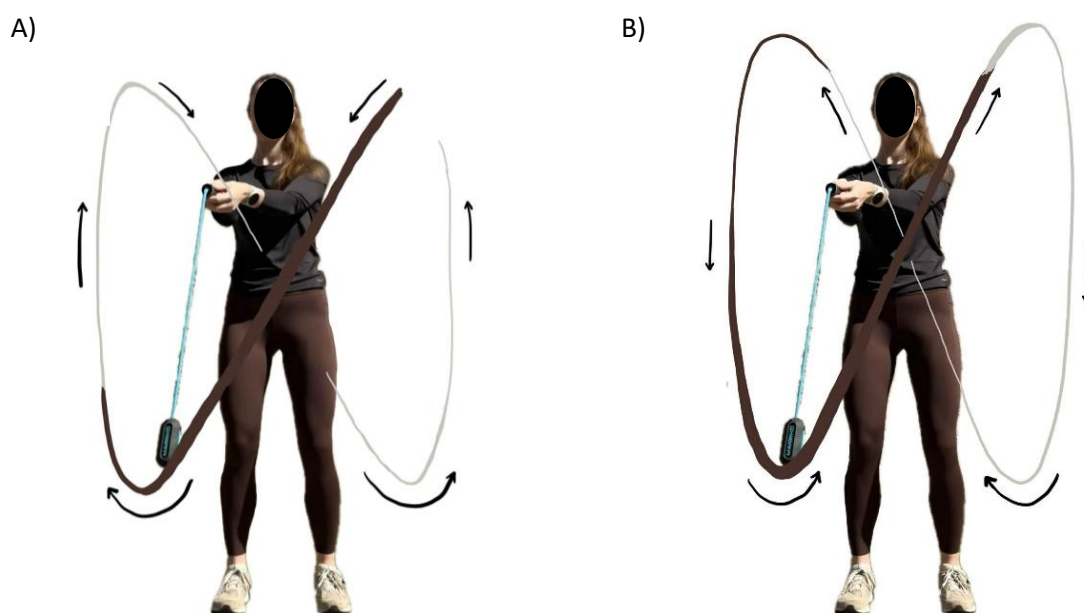
2.6.1 Obecné zásady cvičení

Základem správné techniky je stabilní postoj s dolními končetinami rozkročenými na šíři ramen, mírně pokrčenými koleny a chodidly v jedné rovině. Rukojeť se drží oboustranným úchopem tak, aby dlaně směřovaly k sobě, přičemž během cvičení musí rukojeť zůstat v ose předloktí při zachování fixovaného zápěstí. Nezbytnou součástí metodiky je pravidelné střídání dominantní ruky v úchopu. Důležitým prvkem je pochopení, že pohyb je generován trupem, jehož rotace by však neměla přesáhnout 10° na každou stranu. Pánev při tom zůstává statická, případně vykazuje pouze minimální doprovodný pohyb. Pro kontrolu správného provedení techniky se doporučuje nácvik před zrcadlem. Z hlediska dýchání je doporučeno provádět výdech v momentě největšího působení odstředivé síly, tedy v dolní polovině pomyslné kružnice. V počátečních fázích nácviku je vhodné volit nižší hmotnost zátěžové hlavičky (Marrko Core, 2026).

V rámci cvičení se rozlišují dva základní směry pohybu hlavičky: Basic a Reverse. Směr Basic je definován jako pohyb vpřed směřující shora dolů, zatímco směr Reverse probíhá opačně, tedy vedením pohybu zespoda nahoru (viz Obrázek 9). Každý z těchto směrů vyvolává odlišné zapojení svalových skupin.

Obrázek 9

Grafické znázornění směrů pohybu pomůcky Marrko Core® (Zdroj vlastní)



Poznámka. A) směr Basic, B) směr Reverse

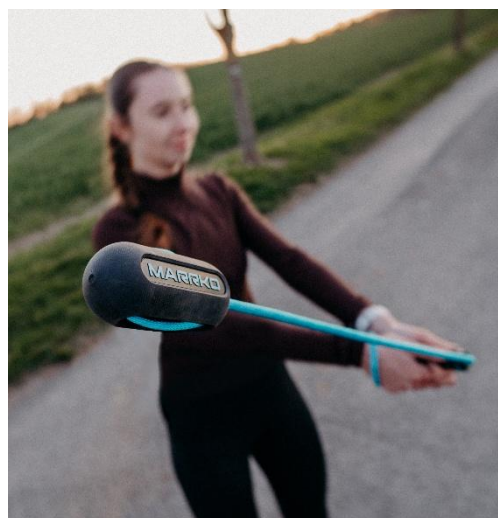
Výrobce uvádí celkem šest základních cviků (Marrko Core, 2026). V následujících podkapitolách jsou však podrobněji rozebrány pouze ty varianty, které byly prakticky využity v rámci intervenčního programu této diplomové práce.

2.6.2 Cvik Marrko

Jedná se o základní cvik s nízkou náročností, který je vhodný pro nácvik základní koordinace. Jeho hlavním přínosem je komplexní zapojení svalových skupin trupu a dynamická stabilizace páteře v rotačním pohybu. Cvičení přispívá k uvolnění fascií v bederní oblasti. Vlastní pohyb horních končetin opisuje tvar horizontální osmičky, jejíž křížení (střed) se nachází v mediánní rovině přímo před tělem cvičence. Trajektorie hlavice pomůcky je potom zachycena na Obrázku 10. Modifikací výšky paží lze cíleně měnit svalovou aktivaci: v horní poloze dochází k intenzivnějšímu zapojení mezilopatkových svalů a fixátorů lopatek, zatímco v dolní poloze se zátěž přenáší primárně na stabilizační svalstvo v oblasti bederní páteře (Marrko Core, 2026).

Obrázek 10

Cvik Marrko (Zdroj vlastní)



2.6.3 Cvik Wops

Cvik Wops představuje modifikaci základní horizontální osmičky u cviku Marrko. Jeho specifika spočívají v zařazení doplňkové rotace v krajních polohách trajektorie. Teprve po dokončení této extra rotace následuje plynulý přechod přes středovou osu na opačnou stranu. Tento technický prvek zvyšuje nároky na koordinaci a vyžaduje delší setrvání v jednostranném zatížení, což vede k intenzivnější aktivaci šikmých břišních svalů a hlubokých stabilizátorů páteře v dané fázi pohybu (Marrko Core, 2026).

2.6.4 Cvik Butterfly

Tento cvik s vyšší střední náročností napomáhá aktivaci svalů stabilizujících trup v úklonu a podporuje funkční mobilitu sakroiliakálního skloubení. Pohyb plynule navazuje na základní cvik Marrko. Doporučuje se zahájit rotaci hlavice ve směru Reverse. Cvičenec postupně zvedá paže až do vzpažení, čímž se rotační pohyb trupu mění na plynulé úklony do stran. Trajektorie hlavice pomůcky spolu s naznačením doprovodných úklonů trupu je znázorněna na Obrázku 11. Při správném provedení vychází veškerý pohyb z trupu, zatímco ramena, lokty, zápěstí a pánev

zůstávají fixované. V případě omezeného prostoru nad hlavou lze cvik provádět například v kleče (Marrko Core, 2026).

Obrázek 11

Cvik Butterfly (Zdroj vlastní)



3 CÍLE

3.1 Hlavní cíl

Hlavním cílem této diplomové práce je zjistit vliv 6týdenního intervenčního programu s pomůckou Marrko Core® na morfologii (tloušťku) a úroveň motorické kontroly *m. transversus abdominis* u hráček házené v juniorské kategorii.

3.2 Dílčí cíle

- 1) Zjistit a porovnat změny v motorické kontrole *m. transversus abdominis* (měřené pomocí PBU v polohách Supine a Prone) mezi experimentální a kontrolní skupinou po 6týdenním období.
- 2) Porovnat tloušťku laterálních břišních svalů a zhodnotit míru jejich stranové asymetrie mezi experimentální a kontrolní skupinou po ukončení 6týdenního intervenčního programu s pomůckou Marrko Core®.
- 3) Zjistit, zda existuje vztah mezi tloušťkou *m. transversus abdominis* a jeho motorickou kontrolou u experimentální a kontrolní skupiny.
- 4) Zhodnotit stranovou asymetrii *m. transversus abdominis* u obou skupin a ověřit, zda její míra limituje potenciál pro zlepšení motorické kontroly po absolvování intervenčního programu (u experimentální skupiny).
- 5) Zjistit a porovnat změny v aktivním rozsahu pohybu hrudní páteře do rotací a míru jeho symetrizace u experimentální a kontrolní skupiny po 6týdenním období.

3.3 Hypotézy

- H1 Šestitýdenní cvičení s pomůckou Marrko Core® má u experimentální skupiny statisticky významný vliv na zlepšení motorické kontroly *m. transversus abdominis* měřené PBU testem v poloze Supine.
- H2 Šestitýdenní cvičení s pomůckou Marrko Core® má u experimentální skupiny statisticky významný vliv na zlepšení motorické kontroly *m. transversus abdominis* měřené PBU testem v poloze Prone.
- H3 Při výstupním měření existuje statisticky významný rozdíl v tloušťce *m. transversus abdominis* a *m. obliquus internus* mezi experimentální a kontrolní skupinou, a to ve prospěch experimentální skupiny.

- H4 Šestitýdenní cvičení s pomůckou Marrko Core® má pozitivní vliv na snížení stranové asymetrie tloušťky břišních svalů u experimentální skupiny.
- H5 Existuje pozitivní vztah mezi tloušťkou *m. transversus abdominis* naměřenou na UZ a schopností jeho aktivace naměřenou pomocí PBU při výstupním měření.
- H6 Stranová asymetrie *m. transversus abdominis* nepředstavuje u experimentální skupiny limitující faktor pro rozvoj schopnosti jeho motorické kontroly (měřené PBU testem).
- H7 Šestitýdenní cvičení s pomůckou Marrko Core® má pozitivní vliv na symetrizaci rozsahu pohybu hrudní páteře do rotací u experimentální skupiny.

4 METODIKA

4.1 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor tvořilo 15 juniorských hráček házené z týmu DHK Zora Olomouc ve věku 14–16 let, které se tomuto sportu věnují na závodní úrovni. Výzkum byl koncipován jako randomizovaná studie, v níž byl soubor náhodně rozdělen na experimentální a kontrolní skupinu. Kritériem pro vyloučení ze studie byla přítomnost akutních bolestí či zranění omezující pohybovou aktivitu. Dále prodělané operace nebo zranění pohybového aparátu v posledních šesti měsících. U žádné z oslovených hráček se tato vylučovací kritéria nepotvrdila.

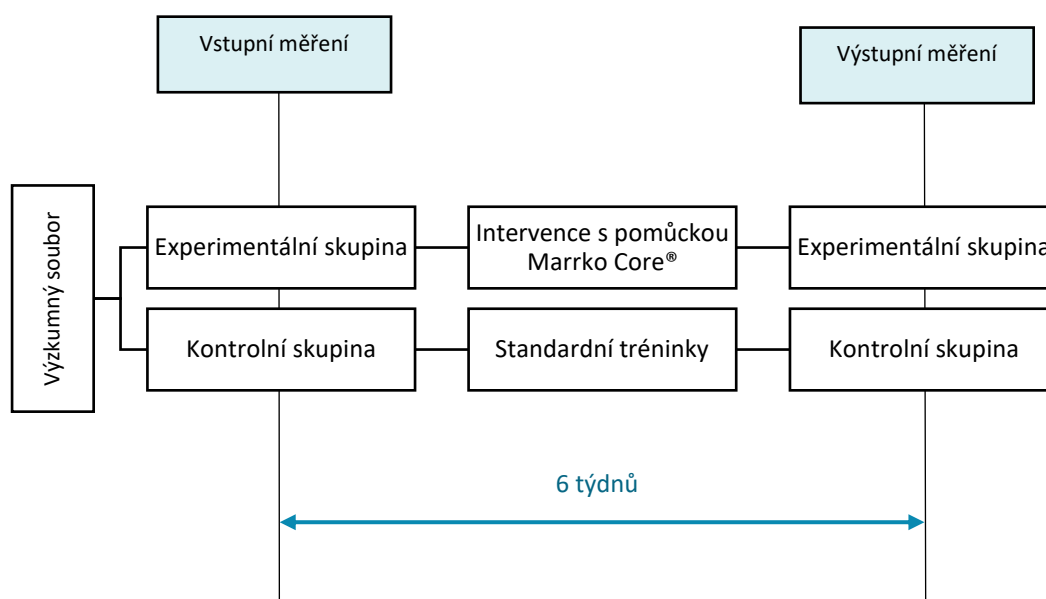
Metodický postup diplomové práce byl schválen Etickou komisí FTK UP (Příloha 1). Účast ve studii byla plně dobrovolná a podmíněna písemným informovaným souhlasem zákonných zástupců všech účastnic (Příloha 2).

4.2 Metody sběru dat

Sběr dat byl realizován ve dvou fázích: vstupní měření před zahájením intervence a výstupní měření po jejím ukončení. Celý metodický postup je graficky znázorněn na Obrázku 12. Obě měření probíhala za identických podmínek v prostorách posilovny DHK Zora Olomouc, přičemž všechny hráčky byly testovány vždy ve stejný den.

Obrázek 12

Popis metody sběru dat (Zdroj vlastní)



4.2.1 Vstupní měření

Vstupní měření proběhlo na konci září 2025 a bylo zahájeno odběrem základní anamnézy prostřednictvím strukturovaného dotazníku (Příloha 3). Ten kromě obecných popisných charakteristik obsahoval otázky zaměřené na házenou (dominance horní končetiny, délka sportovní praxe, hráčská pozice, tréninkové a zápasové zatížení), využívání kompenzačních cvičení a celkový zdravotní stav.

Z důvodu časové efektivity byly hráčky rozděleny do skupin, které se postupně střídaly na jednotlivých stanovištích, které měl na starost vždy jeden vyšetřující. Na jednom ze stanovišť probíhalo posouzení generalizované hypermobility pomocí Beighton Score (BS). Vyšetření prováděl fyzioterapeut standardizovaným postupem zahrnujícím devět testů. První čtyři testy byly provedeny pasivně a bilaterálně, pátý test flexe páteře byl potom aktivní. Za každý pozitivní nález splňující kritéria byl přidělen 1 bod a celkové skóre se pohybovalo v rozmezí 0–9 bodů (Beighton et al., 2012). Pro stanovení přítomnosti hypermobility u žen ve věku 8–39 let byla zvolena mezní hodnota $BS \geq 5$ v souladu s metodikou Singh et al. (2017).

Dále proběhlo goniometrické vyšetření aktivního rozsahu pohybu hrudní páteře do rotací dle metodiky Jandy a Pavlů (1993). Vyšetření prováděl fyzioterapeut u probandek v sedu na židli bez opěradla za použití plastového goniometru. Jeho střed byl přiložen na střed hlavy z kraniálního pohledu. Pevné rameno bylo orientováno rovnoběžně s pomyslnou spojnicí akromionů, pohyblivé rameno sledovalo spojnici SIAS.

Stěžejní část tvořilo měření schopnosti aktivace TrA pomocí přístroje Chattanooga Stabilizer Pressure Biofeedback Unit v polohách Supine a Prone (viz podkapitola 2.4.1.2). Použitý přístroj byl zapůjčen z Katedry fyzioterapie FTK UP, která garantuje jeho technický stav. Vlastnímu testování předcházela individuální edukace o správném provedení manévru vtažení břicha, doprovázená slovním pokynem: „Přitáhněte pupek k páteři“. Probandky absolvovaly jeden cvičný pokus v poloze vleže na zádech za využití palpační kontroly a vizuální zpětné vazby z manometru.

Samotné měření bylo zahájeno v poloze Supine (vleže na zádech s pokrčenými dolními končetinami na pevné podložce). Tlaková manžeta byla umístěna pod bederní páteř do úrovně segmentů L3–L5 a nafouknuta na výchozí hodnotu 40 mmHg. Po ustálení tlaku byly zaznamenány tři pokusy o izolovanou aktivaci TrA. Následně proběhlo měření v poloze Prone (vleže na břicho s horními končetinami podél těla, špičkami nohou mimo podložku a uvolněnou hlavou). V tomto případě byla manžeta umístěna pod břišní stěnu tak, aby její dolní okraj odpovídal spojnici SIAS. Po nafouknutí na 70 mmHg byly opětovně realizovány opět tři měřené pokusy.

4.2.2 Intervence

Šestitýdenní intervenční program s pomůckou Marrko Core® byl realizován v soutěžním období hráček a probíhal od října do listopadu 2025. Kombinoval skupinový trénink s individuálním domácím cvičením. Společná část probíhala 2krát týdně v 30minutových blocích v posilovně DHK Zora Olomouc, a to vždy v úterý před tréninkem a ve čtvrtek po jeho skončení (Obrázek 13). Každé společné lekci předcházelo krátké rozcvičení formou dynamického strečinku. Cvičení vedly zpravidla dvě lektorky, současně fyzioterapeutky, které absolvovaly školení techniky přímo u výrobce

Do intervenčního protokolu byly vybrány tři cviky – Marrko, Wops a Butterfly, prováděné ve variantách Basic i Reverse (viz kapitola 2.6). Všechny cviky byly prováděny s jedním vloženým závažím v hlavici pomůcky. Metodický postup vyžadoval primární nácvik a osvojení techniky u cviku Marrko a k pokročilejším variantám se přistupovalo až po zvládnutí předchozích. Jelikož v místnosti nebyla k dispozici zrcadla, správné provedení cviků bylo u všech hráček průběžně kontrolováno a slovně či manuálně korigováno. Detailní průběh intervence a progresu zátěže je popsán v Tabulce 1. Účast na společných trénincích byla sledována formou docházky.

Individuální složka zahrnovala jedno domácí cvičení týdně v rozsahu 20–30 minut podle instruktážních videí na YouTube vytvořených výrobcem. Pro tyto účely měla každá hráčka pomůcku po celou dobu intervence zapůjčenou.

Kontrolní skupina v průběhu šesti týdnů nepodstoupila žádný specifický trénink s pomůckou Marrko Core® a pokračovala v běžném tréninkovém procesu v rámci týmu DHK Zora Olomouc.

Obrázek 13

Ukázka skupinového cvičení s pomůckou Marrko Core® (Zdroj vlastní)



Tabulka 1*Progrese společných tréninků s pomůckou Marrko Core® (Zdroj vlastní)*

	Trénink	Průprava	Hlavní blok (každý cvik a směr: 3 × 40 s, 20 s pauza)
1. týden	1	Nácvik: Marrko (B + R), seznámení s pomůckou	–
	2	Opakování: Marrko (B + R)	Marrko (B + R)
2. týden	3	Nácvik: Wops (B + R)	Marrko (B + R), Wops (B)
	4	Opakování: Marrko (B + R), Wops (B + R)	Marrko (B + R), Wops (B + R)
3. týden	5	Nácvik: Butterfly (B + R)	Marrko (B + R), Wops (B + R)
	6	Opakování: Butterfly (B + R)	Marrko (B + R), Wops (B), Butterfly (B)
4. týden	7	<i>Společný trénink zrušen – nahrazen domácím cvičením dle naučeného schématu</i>	
	8	Opakování: Všechny cviky	Marrko (B + R), Butterfly (B + R)
5. týden	9	Opakování: Všechny cviky	Marrko (B + R), Wops (B + R), Butterfly (B + R)
	10	Opakování: Všechny cviky	Marrko (B + R), Wops (B + R), Butterfly (B + R)
6. týden	11	Opakování: Všechny cviky	Marrko (B + R), Wops (B + R), Butterfly (B + R)
	12	Opakování: Všechny cviky	Marrko (B + R), Wops (B + R), Butterfly (B + R)

Poznámka. B (směr Basic), R (směr Reverse)

4.2.3 Výstupní měření

Po ukončení intervenčního programu proběhlo v listopadu 2025 u obou skupin výstupní měření, které zahrnovalo identické testování aktivity TrA pomocí PBU a goniometrické vyšetření rotací hrudní páteře. Pro zachování maximální reliability výsledků bylo měření provedeno stejným týmem fyzioterapeutů a za identických podmínek jako v úvodní fázi výzkumu.

Tato diagnostika byla rozšířena o měření klidové tloušťky laterálních břišních svalů (TrA, Ol, OE) pomocí diagnostického ultrazvuku prováděného kvalifikovanou fyzioterapeutkou. Metodický postup vycházel z protokolu autorů Tahan et al. (2016) zmíněného v podkapitole 2.4.1.1. Výchozí poloha probanda byla vleže na zádech s podloženou hlavou a kolena pro zajištění relaxace břišní stěny. Ultrazuková sonda se po nanesení kontaktního gelu přikládala transversálně v přední axilární linii, v polovině vzdálenosti mezi dolním okrajem 12. žebra a *crista*

iliaca. K vyšetření byl použit mobilní ultrazvukový systém Philips Lumify s lineární sondou L12-4, pracující ve frekvenčním rozsahu 4-12 MHz.

Snímkování probíhalo na konci klidového výdechu. Na každé straně těla byly standardně pořízeny tři snímky. Vlastní měření tloušťky svalové tkáně bylo následně realizováno autorkou diplomové práce v programu Fiji. V souladu s technickými standardy RUSI (Kopenhagen et al., 2009) byla měřicí přímka natahována kolmo k vnitřním okrajům hyperechogenních fascií v místě nejparalelnějšího průběhu svalových vláken. Bod měření u TrA byl lokalizován přibližně 2 cm laterálně od přechodu svalového břicha do jeho aponeurózy (Obrázek 14). Tloušťka každého svalu na obou stranách těla byla změřena třikrát a pro další vyhodnocení byla použita průměrná hodnota (Prentice et al., 2021).

Obrázek 14

Ukázka měření tloušťky TrA v programu Fiji (Zdroj vlastní)



Poznámka. Zobrazení břišních svalů pravé strany těla. Anatomické vrstvy jsou seřazeny v pořadí (od hloubky k povrchu): TrA, OI, OE.

4.3 Statistické zpracování dat

Data získaná z obou měření se prvotně zaznamenala do programu Microsoft Excel. Vlastní statistické zpracování proběhlo v programu Statistica. V rámci deskriptivní statistiky byly vypočítány základní charakteristiky souboru: aritmetický průměr, směrodatná odchylka, medián, 95% interval spolehlivosti, minimální a maximální hodnoty a variační koeficient.

Pro posouzení stranové asymetrie tloušťky břišních svalů byl vypočítán index asymetrie (IA), který vyjadřuje procentuální rozdíl mezi pravou a levou stranou vzhledem k celkové tloušťce svalu. Výpočet vychází ze standardního indexu symetrie, který původně definovali Robinson et al. (1987, jak citují Queen et al., 2020). Pro účely této diplomové práce byl vzorec modifikován tak, aby detekoval absolutní míru asymetrie vztáženou k součtu obou stran, nikoliv k jejich průměru: $IA = \frac{|Pravá - Levá|}{Pravá + Levá} \times 100\%$. Proměnná *Pravá* představuje tloušťku svalu na pravé straně, proměnná *Levá* potom tloušťku svalu na straně levé. Čím vyšší je výsledná hodnota, tím větší je stranový rozdíl, přičemž hodnota 0 % představuje absolutní symetrii.

Před testováním hypotéz byla ověřena normalita rozložení dat pomocí Shapiro-Wilkova testu, doplněného o testy Kolmogorova-Smirnova a Lillieforse. Vzhledem k tomu, že u řady parametrů (např. asymetrie tloušťky svalů a zisky v PBU testech) došlo k zamítnutí normality, k vyhodnocení hypotéz posloužily neparametrické testy.

Posouzení změn v čase mezi vstupním a výstupním měřením v rámci jednotlivých skupin umožnil Wilcoxonův párový test. Meziskupinové srovnání bylo provedeno pomocí Mann-Whitneyova U testu a k analýze vztahů mezi proměnnými se využil Spearmanův korelační koeficient, který byl interpretován dle Mukaka (2012) následovně:

- 0,90 až 1,00 (nebo -0,90 až -1,00): Velmi vysoká pozitivní (negativní) korelace
- 0,70 až 0,90 (nebo -0,70 až -0,90): Vysoká pozitivní (negativní) korelace
- 0,50 až 0,70 (nebo -0,50 až -0,70): Střední pozitivní (negativní) korelace
- 0,30 až 0,50 (nebo -0,30 až -0,50): Nízká pozitivní (negativní) korelace
- 0,00 až 0,30 (nebo 0,00 až -0,30): Zanedbatelná korelace.

Hladina statistické významnosti byla pro všechny provedené testy stanovena na $p < 0,05$. Výsledky dosahující této hladiny jsou v textu označeny jako statisticky významné.

5 VÝSLEDKY

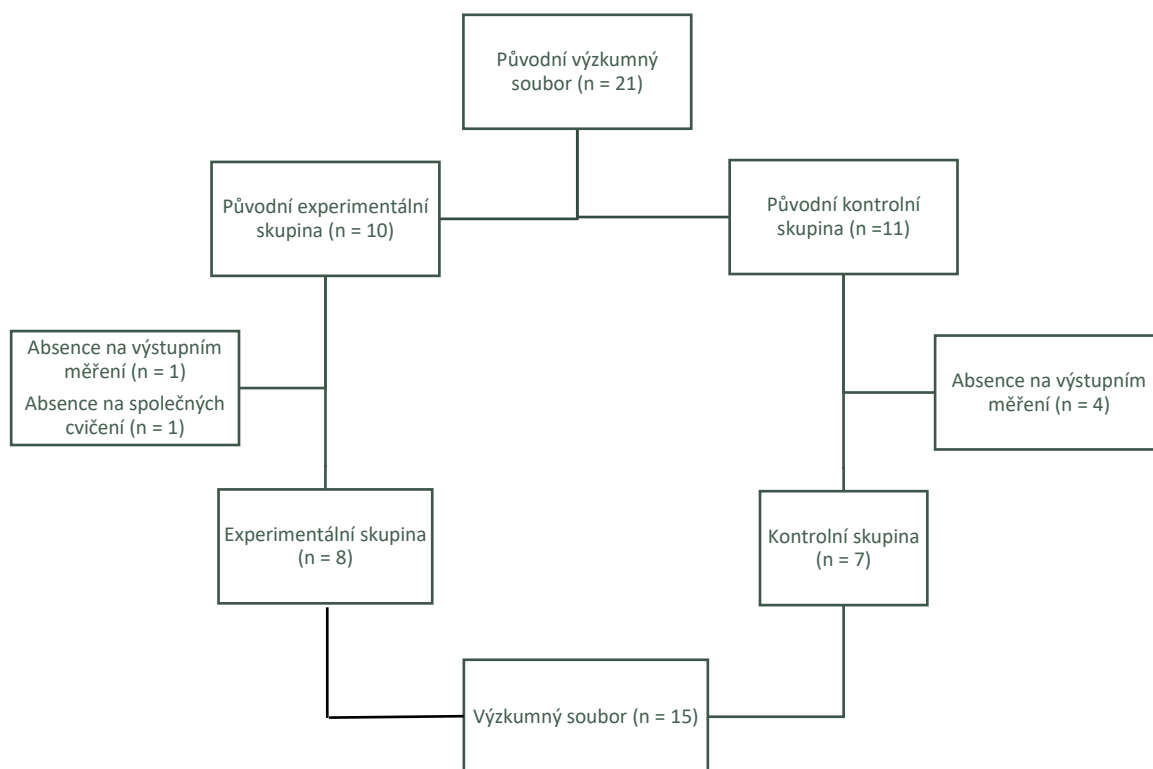
5.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumu se původně zúčastnilo celkem 21 hráček házené ve věku 14–16 let. Tyto probandky byly náhodně rozděleny do experimentální a kontrolní skupiny. Do výsledné analýzy však byla zahrnuta data pouze od 15 probandek. Experimentální skupina původně čítala 10 hráček, z nichž musely být dvě vyřazeny z důvodu vysoké absence na společných tréninkových jednotkách nebo neúčasti na výstupním měření. Pro zařazení do studie byla požadována účast na společných trénincích alespoň 70 % (Schmidt et al., 2023).

Z původních 11 hráček kontrolní skupiny byly 4 vyloučeny z důvodu absence na výstupním měření. V konečném souboru tak zůstalo 8 hráček v experimentální skupině a 7 hráček v kontrolní skupině, jak ilustruje Obrázek 15. Detailní charakteristika celého souboru je uvedena v Tabulce 2.

Obrázek 15

Schéma distribuce výzkumného souboru a vyloučení probandek (Zdroj vlastní)



Tabulka 2*Charakteristika výzkumného souboru*

Proměnná	Celkem (n = 15)			Experimentální (n = 8)			Kontrolní (n = 7)		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Me</i>
Věk (roky)	15,07	0,59	15,00	15,00	0,76	15,00	15,14	0,38	15,00
Výška (cm)	170,00	7,77	168,00	172,13	8,24	171,50	167,57	7,00	167,00
Hmotnost (kg)	61,73	6,73	61,00	65,38	5,71	63,50	57,57	5,47	56,00
BMI (kg/m ²)	21,37	1,96	21,50	22,11	1,84	22,45	20,51	1,86	20,20
Počet tréninků/týden	4,93	0,26	5,00	4,88	0,35	5,00	5,00	0,00	5,00
Počet zápasů/měsíc	4,00	1,60	4,00	4,12	2,23	4,00	3,86	0,38	4,00
BS (body)	3,20	1,97	3	3,50	2,20	3,50	2,86	1,77	3,00
ThP rotace L (°)	50,40	11,35	50,00	46,88	9,98	50,00	54,43	12,20	55,00
ThP rotace P (°)	43,67	8,55	45,00	43,12	9,61	40,00	44,29	7,87	45,00
PBU Sup (mmHg)	8,25	3,96	8,00	8,55	3,92	8,35	7,91	4,29	8,00
PBU Pro (mmHg)	8,20	2,60	8,70	6,91	1,85	7,30	9,67	2,66	10,00

Poznámka. Hodnoty u rotací ThP a PBU testů představují data ze vstupního měření. *M* (průměr); *SD* (směrodatná odchylka); *Me* (medián); *n* (počet probandek); BMI (Body Mass Index); BS (Beighton Score); ThP (hrudní páteř); L (vlevo); P (vpravo); PBU (Pressure Biofeedback Unit); Sup (poloha Supine); Pro (poloha Prone).

Doplňující údaje o výzkumném souboru byly získány prostřednictvím anamnestického dotazníku. Z hlediska herní praxe se jednalo o zkušený soubor, v němž 80 % probandek (*n* = 12) uvedlo délku sportovní kariéry přesahující 5 let. Co se týče herních pozic, soubor tvořila převážně křídla (40 %, *n* = 6) a spojky (33,3 %; *n* = 5), doplněné o pivotky (20 %, *n* = 3) a jednu brankářku (6,7 %). Všechny účastnice výzkumu uvedly jednotnou délku standardní tréninkové jednotky 90 minut. V rámci laterality horních končetin byla u 14 hráček identifikována dominance pravé ruky, pouze jedna probandka (v experimentální skupině) uvedla dominanci ruky levé.

Analýza zdravotní anamnézy ukázala, že 40 % (*n* = 6) hráček utrpělo v posledních dvou letech zranění pohybového aparátu nebo podstoupilo operační zákrok. Nejčastěji se jednalo o poranění vazivového aparátu hlezenních kloubů, poranění prstů a horních končetin. V jednom

případě byla hlášena luxace ramenního kloubu. Více než polovina účastnic (53,3 %; n = 8) v uplynulém dvouletém období zaznamenala zkušenost s bolestmi zad. Celkem 73,3 % (n = 11) probandek vykonává kompenzační cvičení pravidelně v rámci týmových tréninků. Zbývajících 26,7 % (n = 4) pak uvedlo občasné zařazování kompenzačních prvků do svého režimu. Z hlediska generalizované kloubní hypermobility, definované jako skóre ≥ 5 bodů dle Beighton Score (Singh et al., 2017), bylo identifikováno celkem 6 hráček (40 %). Rozložení hypermobility bylo v obou skupinách identické, kdy kritérium splnily vždy 3 hráčky z experimentální i kontrolní skupiny.

5.2 Výsledky k hypotéze H1

H1: Šestitýdenní cvičení s pomůckou Marrko Core® má u experimentální skupiny statisticky významný vliv na zlepšení motorické kontroly *m. transversus abdominis* měřené PBU testem v poloze Supine.

Sledovaným parametrem byla schopnost probandek izolovaně aktivovat TrA v poloze Supine. Hodnoty naměřené pomocí PBU při vstupním a výstupním testování shrnuje Tabulka 3. Uvedená data představují čistý přírůstek tlaku, kterého bylo dosaženo nad rámec výchozího nastavení manžety 40 mmHg.

Tabulka 3

Deskriptivní statistika PBU testu v poloze Supine u experimentální skupiny

Experimentální skupina (n = 8)	<i>M</i> ± <i>SD</i> (mmHg)	Min–Max (mmHg)	95 % CI (mmHg)	VK (%)
Vstup	8,55 ± 3,92	1,70–12,70	[5,27; 11,83]	45,88
Výstup	11,78 ± 5,69	3,30–19,00	[7,02; 16,53]	48,31
Zisk	3,23 ± 2,27	0,60–6,70	[1,33; 5,12]	70,29

Poznámka. n (počet probandek); Zisk (rozdíl mezi výstupním a vstupním měřením); *M* (průměr); *SD* (směrodatná odchylka); CI (interval spolehlivosti); VK (variační koeficient).

Z výsledků deskriptivní statistiky uvedených v Tabulce 3 vyplývá, že po intervenčním programu došlo u probandek k nárůstu průměrných hodnot tlaku z počátečních 8,55 mmHg na 11,78 mmHg. Průměrný individuální zisk pak činil 3,23 mmHg.

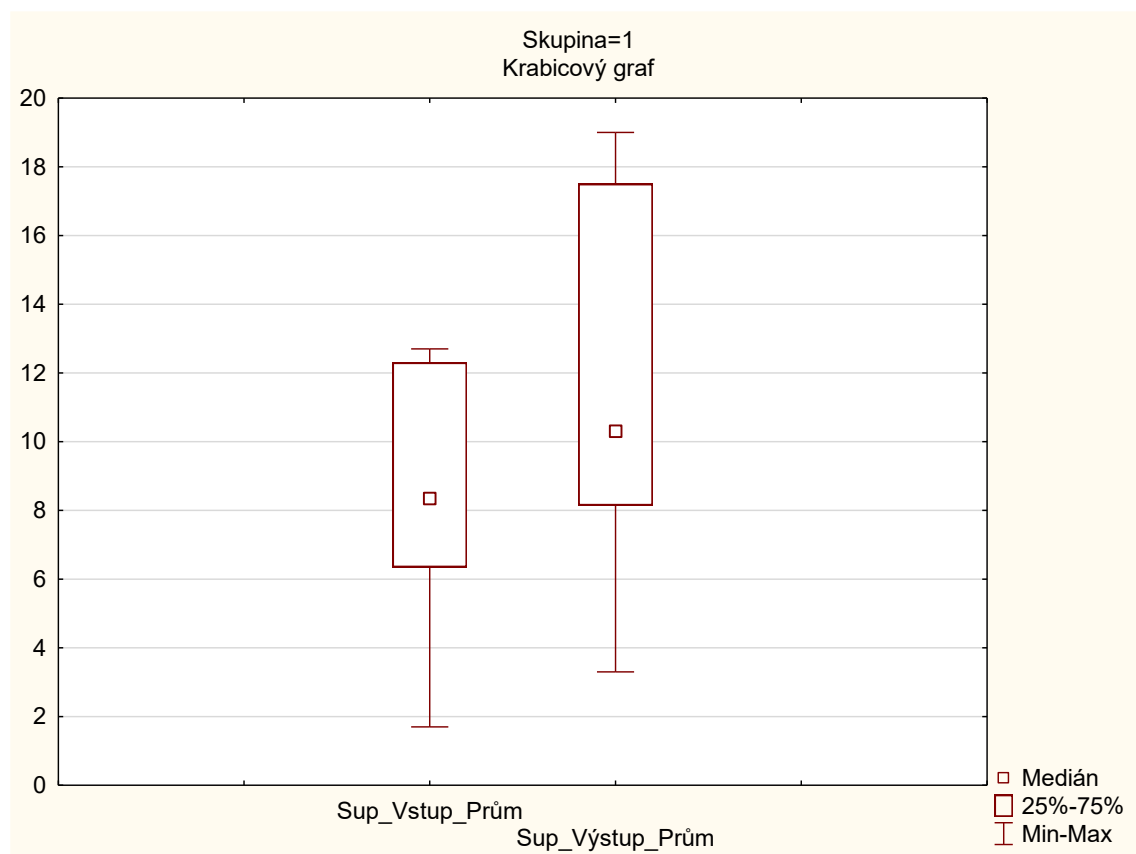
Pohled na variační koeficient naznačuje poměrně vysokou interindividuální variabilitu v rámci souboru, která u parametru zisk dosahuje úrovně 70,29 %. I přes tyto individuální rozdíly je však patrný trend plošného zlepšení, což potvrzuje 95% interval spolehlivosti pro zisk

v rozmezí [1,33; 5,12]. Vzhledem k tomu, že spodní hranice tohoto intervalu leží nad nulovou hodnotou, lze konstatovat, že u experimentální skupiny došlo k reálnému zvýšení motorické kontroly TrA. Minimální zaznamenaný zisk byl 0,60 mmHg a maximální 6,70 mmHg, což ukazuje, že ke zlepšení sledovaného parametru došlo u všech sledovaných probandek.

Vizuální porovnání výsledků experimentální skupiny na Obrázku 16 potvrzuje celkový nárůst naměřených hodnot po absolvování intervence. Ačkoliv se zvýšila interindividuální variabilita souboru (nárůst VK), je patrný jasný posun celého spektra naměřených hodnot při výstupním měření.

Obrázek 16

Zobrazení výsledků PBU testu v poloze Supine u experimentální skupiny při vstupním a výstupním měření



Pro posouzení významnosti změny motorické kontroly TrA po intervenci byl použit Wilcoxonův párový test, jehož výsledky shrnuje Tabulka 4.

Tabulka 4

Srovnání výsledků PBU testu v poloze Supine u obou skupin (Wilcoxonův párový test)

Dvojice proměnných	Skupina	T	Z	p-hodnota
Supine Vstup & Výstup	Experimentální (n = 8)	0,00	2,52	,0117*
Supine Vstup & Výstup	Kontrolní (n = 7)	5,00	1,52	,1282

Poznámka. n (počet probandek); T (testová statistika, součet pořadí); Z (standardizované skóre).

* $p < 0,05$.

Výsledky testování uvedené v Tabulce 4 prokázaly, že u experimentální skupiny došlo ke statisticky významnému zlepšení mezi vstupním a výstupním měřením ($p = ,0117$). Tento náález potvrzuje, že intervenční program vedl k prokazatelnému zvýšení schopnosti aktivace TrA v poloze Supine. Věcnou významnost tohoto výsledku dále dokresluje hodnota $T = 0,00$. Ta dokládá, že u všech osmi hráček experimentální skupiny došlo ke změně stejným směrem, tedy ke zvýšení naměřeného tlaku v PBU testu.

Naproti tomu u kontrolní skupiny nebyla v průběhu sledovaného období zaznamenána statisticky významná změna ($p = ,1282$). Hodnota standardizovaného skóre $Z = 1,52$ spolu s výslednou p -hodnotou naznačují, že u probandek bez cílené intervence nedošlo k žádnému systematickému posunu v motorické kontrole TrA.

Vzhledem k prokázanému statisticky významnému nárůstu hodnot v PBU testu v poloze Supine u experimentální skupiny lze konstatovat, že hypotéza H1 byla potvrzena.

5.3 Výsledky k hypotéze H2

H2: Šestitýdenní cvičení s pomůckou Marrko Core® má u experimentální skupiny statisticky významný vliv na zlepšení motorické kontroly *m. transversus abdominis* měřené PBU testem v poloze Prone.

Sledovaným parametrem byla schopnost probandek izolovaně aktivovat TrA v poloze Prone. Hodnoty naměřené pomocí PBU při vstupním a výstupním testování shrnuje Tabulka 5. Uvedená data představují čistý pokles tlaku, kterého bylo dosaženo pod rámec výchozího nastavení manžety 70 mmHg.

Tabulka 5

Deskriptivní statistika PBU testu v poloze Prone u experimentální skupiny

Experimentální skupina (n = 8)	$M \pm SD$ (mmHg)	Min–Max (mmHg)	95 % CI (mmHg)	VK (%)
Vstup	6,91 $\pm$ 1,85	4,70–9,00	[5,36; 8,46]	26,78
Výstup	11,80 $\pm$ 2,39	6,70–15,00	[9,81; 13,80]	20,22
Zisk	4,89 $\pm$ 2,54	0,40–8,30	[2,76; 7,01]	52,04

Poznámka. n (počet probandek); Zisk (rozdíl mezi výstupním a vstupním měřením); M (průměr); SD (směrodatná odchylka); CI (interval spolehlivosti); VK (variační koeficient).

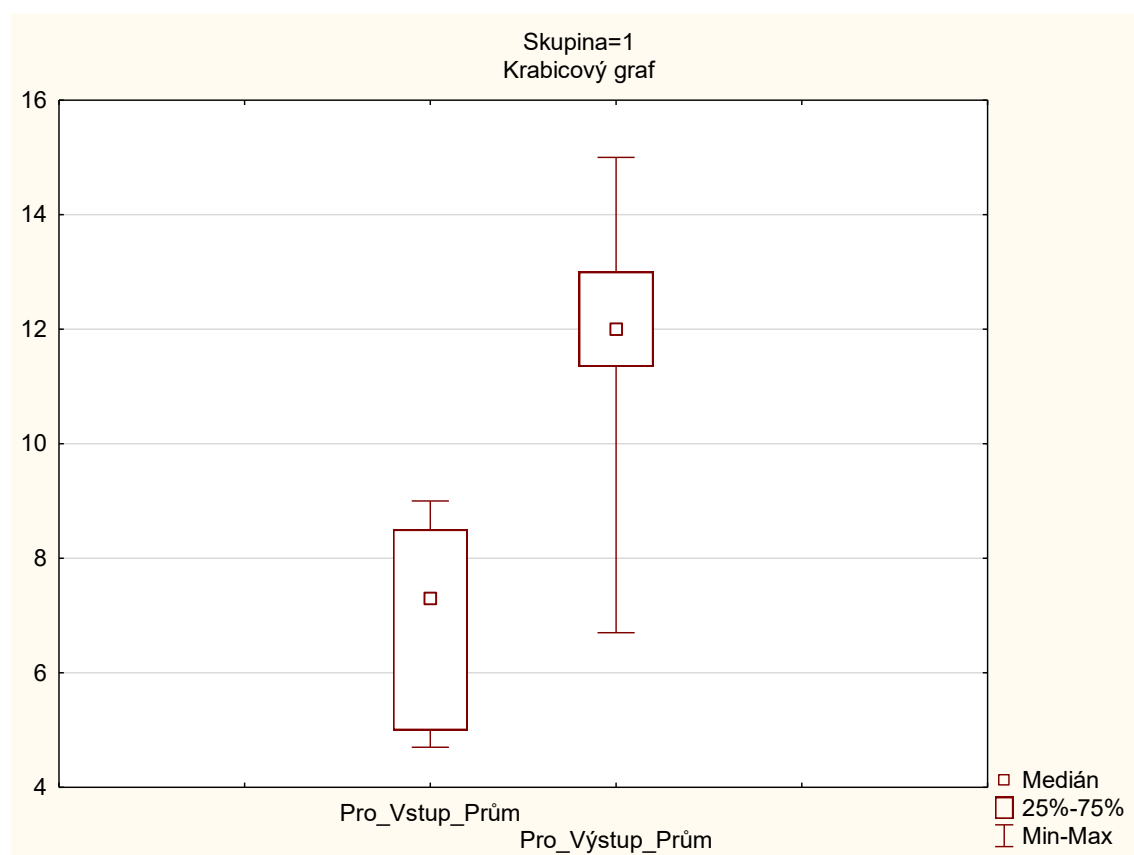
Z výsledků uvedených v Tabulce 5 vyplývá, že u experimentální skupiny došlo k výraznému zlepšení aktivace TrA. Průměrná hodnota poklesu tlaku se zvýšila z počátečních 6,91 mmHg na výstupních 11,80 mmHg, přičemž individuální průměrný zisk dosáhl hodnoty 4,89 mmHg.

Z hlediska variability souboru vykazoval parametr zisk variační koeficient 52,04 %. Trend plošného zlepšení v souboru potvrzuje 95% interval spolehlivosti pro zisk v rozmezí [2,76; 7,01]. Vzhledem k tomu, že spodní hranice tohoto intervalu leží výrazně nad nulovou hodnotou a minimální zaznamenaný zisk u všech hráček byl kladný (0,40 mmHg), lze vyvodit, že došlo k reálnému zvýšení motorické kontroly TrA v poloze Prone.

Vizuální porovnání výsledků před intervencí a po ní znázorňuje Obrázek 17. Zároveň potvrzuje nárůst hodnot aktivace TrA a posun celého spektra dat k vyšším hodnotám.

Obrázek 17

Zobrazení výsledků PBU testu v poloze Prone u experimentální skupiny při vstupním a výstupním měření



Významnost změn motorické aktivace TrA v poloze Prone byla ověřena Wilcoxonovým párovým testem, jehož výsledky prezentuje Tabulka 6.

Tabulka 6

Srovnání výsledků PBU testu v poloze Prone u obou skupin (Wilcoxonův párový test)

Dvojice proměnných	Skupina	T	Z	p-hodnota
Prone Vstup & Výstup	Experimentální (n = 8)	0,00	2,52	,0117*
Prone Vstup & Výstup	Kontrolní (n = 6)	3,00	1,57	,1159

Poznámka. Počet probandek v kontrolní skupině stanoven na n = 6 po vyřazení jedné účastnice z důvodu nulové difference mezi měřeními. n (počet probandek); T (testová statistika, součet pořadí); Z (standardizované skóre).

* $p < 0,05$.

U experimentální skupiny bylo prokázáno statisticky významné zlepšení motorické kontroly TrA na hladině $p = ,0117$. Věcnou významnost nálezu dokládá hodnota $T = 0,00$, která značí, že u všech 8 probandek došlo ke zvýšení schopnosti aktivace svalu. Naproti tomu u kontrolní skupiny nebyla zaznamenána statisticky významná změna mezi vstupním a výstupním měřením, kdy p -hodnota dosáhla úrovně 0,1159. Výsledek testu ($Z = 1,57$) naznačuje, že u hráček bez cílené intervence nedošlo k žádnému systematickému posunu v kvalitě aktivace TrA v poloze Prone.

Na základě těchto výstupů lze konstatovat, že hypotéza H2 byla potvrzena.

5.4 Výsledky k hypotéze H3

H3: Při výstupním měření existuje statisticky významný rozdíl v tloušťce *m. transversus abdominis* a *m. obliquus internus* mezi experimentální a kontrolní skupinou, a to ve prospěch experimentální skupiny.

Souhrnné výsledky ultrazvukového měření klidové tloušťky břišních svalů u obou skupin prezentuje Tabulka 7. Data jsou zpracována formou deskriptivní statistiky pro všechny sledované svalové vrstvy na pravé i levé straně těla.

Tabulka 7

Deskriptivní statistika tloušťky TrA, OI a OE při výstupním měření

Sval	Skupina	$M \pm SD$ (cm)	Min–Max (cm)	95 % CI (cm)	VK (%)
TrA pravá	Exp (n = 8)	$0,50 \pm 0,10$	0,39–0,67	[0,42; 0,59]	19,71
	Kontr (n = 7)	$0,36 \pm 0,06$	0,25–0,46	[0,30; 0,42]	18,68
TrA levá	Exp (n = 8)	$0,49 \pm 0,12$	0,33–0,68	[0,40; 0,59]	23,68
	Kontr (n = 7)	$0,38 \pm 0,05$	0,33–0,48	[0,33; 0,43]	14,48
OI pravá	Exp (n = 8)	$0,93 \pm 0,19$	0,73–1,27	[0,77; 1,09]	20,29
	Kontr (n = 7)	$0,92 \pm 0,21$	0,62–1,12	[0,72; 1,12]	23,11
OI levá	Exp (n = 8)	$0,95 \pm 0,10$	0,85–1,16	[0,86; 1,03]	10,82
	Kontr (n = 7)	$0,95 \pm 0,24$	0,65–1,27	[0,73; 1,17]	25,17
OE pravá	Exp (n = 8)	$0,67 \pm 0,16$	0,49–0,91	[0,54; 0,80]	23,82
	Kontr (n = 7)	$0,59 \pm 0,09$	0,42–0,66	[0,50; 0,67]	15,13
OE levá	Exp (n = 8)	$0,74 \pm 0,12$	0,52–0,89	[0,64; 0,84]	16,64
	Kontr (n = 7)	$0,69 \pm 0,13$	0,47–0,86	[0,57; 0,81]	18,35

Poznámka. n (počet probandek); Exp (experimentální skupina); Kontr (kontrolní skupina); M (průměr); SD (směrodatná odchylka); CI (interval spolehlivosti); VK (variační koeficient).

Data z výstupního měření (Tabulka 7) naznačují odlišnou morfologickou adaptaci sledovaných svalových vrstev v závislosti na absolvované intervenci. U experimentální skupiny dosahuje průměrná tloušťka TrA hodnot $0,50 \pm 0,10$ cm na pravé a $0,49 \pm 0,12$ cm na levé straně. V kontrolní skupině se průměry tloušťky TrA pohybují v rozmezí 0,36–0,38 cm. Význam tohoto rozdílu potvrzují 95% intervaly spolehlivosti na pravé straně trupu, kde horní hranice kontrolní skupiny (0,42 cm) dosahuje k dolní hranici skupiny experimentální (0,42 cm). Tato skutečnost ukazuje na výraznou statistickou oddělenost obou souborů a minimální pravděpodobnost náhodného výskytu daného rozdílu. Variační koeficient se u tloušťky TrA v obou skupinách pohybuje v rozmezí 14,48–23,68 %, což dokládá relativní stabilitu sledovaného parametru a metodickou validitu měření.

Naproti tomu u povrchněji uložených svalů (OI a OE) jsou průměrné hodnoty u obou skupin téměř identické. U svalu OI se pohybují kolem hodnot 0,92–0,95 cm, u OE v rozmezí 0,59–0,74 cm. Široký překryv intervalů spolehlivosti u obou skupin naznačuje, že v těchto svalových vrstvách nedošlo k žádným významným morfologickým rozdílům, které by bylo možné připsat vlivu intervence.

Tabulka 8

Meziskupinové srovnání tloušťky břišních svalů při výstupním měření (Mann-Whitney U test)

Proměnná	Σ Exp (n = 8)	Σ Kontr (n = 7)	U	Z	p-hodnota
TrA pravá	87,0	33,0	5,0	2,60	,0092*
TrA levá	80,5	39,5	11,5	1,85	,0638
OI pravá	63,0	57,0	27,0	-0,06	,9539
OI levá	66,0	54,0	26,0	0,17	,8622
OE pravá	70,0	50,0	22,0	0,64	,5245
OE levá	72,0	48,0	20,0	0,87	,3854

Poznámka. n (počet probandek); Σ Exp (součet pořadí experimentální skupina); Σ Kontr (součet pořadí kontrolní skupina); U (testové kritérium Mann-Whitneyova testu); Z (standardizované skóre).

* $p < 0,05$.

Z výsledků uvedených v Tabulce 8 vyplývá, že v tloušťce TrA na pravé straně existuje statisticky významný rozdíl mezi oběma soubory ($p = ,0092$) ve prospěch experimentální skupiny. U levostranného TrA dosáhla hladina významnosti hodnoty $p = ,0638$, což nelze považovat na stanovené hladině za statisticky významné.

V případě OI a OE nebyl prokázán statisticky významný meziskupinový rozdíl. U svalu OI nedošlo k prokazatelnému rozdílu na pravé ($p = ,9539$) ani levé straně ($p = ,8622$). Hodnoty testového kritéria U jsou u těchto parametrů vysoké a Z-skóre se blíží nule, což potvrzuje vysokou míru shody svalové tloušťky mezi oběma soubory.

Tato statistická data dokládají, že hypotéza H3 byla potvrzena pouze částečně. Statisticky významný rozdíl ve prospěch experimentální skupiny byl prokázán pouze u TrA na pravé straně, zatímco u ostatních parametrů se předpokládaný rozdíl mezi soubory neprojevil.

5.5 Výsledky k hypotéze H4

H4: Šestitýdenní cvičení s pomůckou Marrko Core® má pozitivní vliv na snížení stranové asymetrie tloušťky břišních svalů u experimentální skupiny.

Tabulka 9

Deskriptivní statistika indexů stranové asymetrie břišních svalů při výstupním měření

Index asymetrie	Skupina	$M \pm SD$	Me	95 % CI	VK
Index TrA	Exp (n = 8)	22,78 ± 10,81	21,04	[13,74; 31,81]	47,44
	Kontr (n = 7)	13,84 ± 8,70	14,42	[5,79; 21,89]	62,86
Index OI	Exp (n = 8)	12,23 ± 9,50	11,81	[4,29; 20,18]	77,69
	Kontr (n = 7)	11,07 ± 6,51	10,62	[5,05; 17,09]	58,78
Index OE	Exp (n = 8)	16,50 ± 14,52	10,46	[4,36; 28,64]	87,99
	Kontr (n = 7)	18,36 ± 10,51	13,77	[8,64; 28,08]	57,23

Poznámka. Hodnoty jsou uvedeny v %. n (počet probandek); Exp (experimentální skupina); Kontr (kontrolní skupina); M (průměr); SD (směrodatná odchylka); Me (medián); CI (interval spolehlivosti); VK (variační koeficient).

Deskriptivní ukazatele stranové asymetrie břišních svalů u obou skupin po skončení intervence prezentuje Tabulka 9. Z naměřených dat vyplývá, že u experimentální skupiny dosahuje průměrná stranová asymetrie tloušťky TrA hodnoty 22,78 %, což představuje numericky vyšší míru nesouměrnosti ve srovnání s kontrolní skupinou (13,84 %). Podobný trend lze sledovat i u mediánu, který u experimentální skupiny dosáhl 21,04 %.

V případě OI jsou průměrné hodnoty asymetrie u obou skupin srovnatelné a pohybují se v rozmezí 11,07–12,23 %. Jediný numerický pokles asymetrie ve prospěch experimentální skupiny lze pozorovat u OE, kde průměrná hodnota 16,50 % byla nižší než u souboru kontrolního (18,36 %).

Zásadním zjištěním u všech sledovaných indexů je však extrémně vysoká interindividuální variabilita v rámci obou skupin. Variační koeficient u experimentální skupiny dosahuje hodnot od 47,44 % u TrA až po 87,99 % u OE. Takto vysoký rozptyl hodnot naznačuje, že adaptace břišního svalstva na jednostrannou sportovní zátěž i na následnou intervenci je velmi individuální. Široké intervaly spolehlivosti u všech parametrů navíc potvrzují značný překryv mezi oběma skupinami, což limituje možnost prokázání systematického vlivu intervence na symetrizaci tloušťky břišní stěny v rámci celého souboru.

Tabulka 10

Meziskupinové srovnání stranové asymetrie břišních svalů při výstupním měření (Mann-Whitney U test)

Index asymetrie	Σ Exp (n = 8)	Σ Kontr (n = 7)	U	Z	p-hodnota
Index TrA	77,0	43,0	15,0	1,45	,1480
Index OI	65,0	55,0	27,0	0,06	,9539
Index OE	55,0	65,0	19,0	-0,98	,3253

Poznámka. n (počet probandek); Σ Exp (součet pořadí experimentální skupina); Σ Kontr (součet pořadí kontrolní skupina); U (testové kritérium Mann-Whitneyova testu); Z (standardizované skóre).

Významnost testována na hladině $p < 0,05$.

Podrobnější analýzu meziskupinových rozdílů v parametrech stranové asymetrie po ukončení intervence zobrazuje Tabulka 10, která shrnuje výsledky Mann-Whitneyova U testu. Statistické vyhodnocení neprokázalo žádný průkazný rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou v žádném ze sledovaných indexů asymetrie. Nejblíže hladině statistické významnosti se pohyboval index TrA ($p = ,1480$), kde u experimentální skupiny paradoxně přetrvávala vyšší průměrná asymetrie než u skupiny kontrolní. Naopak u svalů OI a OE se hodnoty mezi soubory téměř nelišily, což dokládají i velmi nízké hodnoty standardizovaného skóre Z.

Vzhledem k výše uvedeným výsledkům musí být hypotéza H4 zamítnuta.

5.6 Výsledky k hypotéze H5

H5: Existuje pozitivní vztah mezi tloušťkou *m. transversus abdominis* naměřenou na UZ a schopností jeho aktivace naměřenou pomocí PBU při výstupním měření.

Pro ověření této hypotézy byl využit Spearmanův koeficient pořadové korelace. Vztah mezi proměnnými se posuzoval jak v rámci celého výzkumného souboru, tak samostatně u každé skupiny.

Tabulka 11

Vztah mezi tloušťkou TrA a schopností jeho aktivace v PBU testu

Dvojice proměnných (Uz vs. PBU)	Celý soubor (n = 15)		Exp (n = 8)		Kontr (n = 7)	
	r_s	p -hodnota	r_s	p -hodnota	r_s	p -hodnota
TrA pravá & PBU Supine	0,664	,0069*	0,833	,0102*	0,321	,4820
TrA pravá & PBU Prone	0,625	,0127*	0,738	,0366*	0,571	,1802
TrA levá & PBU Supine	0,493	,0617	0,691	,0580	0,071	,8792
TrA levá & PBU Prone	0,025	,9290	0,262	,5309	-0,500	,2532

Poznámka. r_s (Spearmanův korelační koeficient); n (počet probandek); Exp (experimentální skupina); Kontr (kontrolní skupina).

* $p < 0,05$.

Výsledky korelační analýzy (Tabulka 11) pro celý soubor prokazují existenci středně silné pozitivní korelace mezi tloušťkou pravostranného TrA a oběma testovými polohami PBU testu. U levostranného TrA byla zaznamenána nízká pozitivní korelace s polohou Supine, která se však nacházela těsně nad hranicí statistické významnosti ($p = ,0617$). U polohy Prone byla míra korelace zanedbatelná.

Zásadní rozdíly se však objevují při srovnání obou skupin. U experimentální skupiny byla prokázána vysoká pozitivní korelace pro pravostranný TrA v obou polohách měření, přičemž bylo dosaženo statistické významnosti ($p < 0,05$). Naproti tomu u kontrolní skupiny nebyly u výstupního měření zjištěny žádné statisticky významné vztahy. Korelace v této skupině dosahovaly pouze zanedbatelné až nízké úrovně. Tyto výsledky naznačují, že u cvičících probandek v experimentální skupině došlo díky intervenci k efektivnímu propojení svalového rozvoje s jeho funkčním zapojením.

Vzhledem ke statisticky významným hodnotám korelací v celém souboru a následnému potvrzení vysoké míry závislosti u experimentální skupiny byla hypotéza H5 potvrzena.

5.7 Výsledky k hypotéze H6

H6: Stranová asymetrie *m. transversus abdominis* nepředstavuje u experimentální skupiny limitující faktor pro rozvoj schopnosti jeho motorické kontroly (měřené PBU testem).

Pro ověření této hypotézy byl u experimentální skupiny zkoumán vztah mezi indexem stranové asymetrie TrA a dosaženým ziskem v PBU testech. K posouzení vztahu mezi proměnnými byl využit Spearmanův koeficient pořadové korelace.

Tabulka 12

Vztah mezi indexem stranové asymetrie TrA a ziskem v PBU testech u experimentální skupiny (n = 8)

Dvojice proměnných	r_s	p -hodnota
Index asymetrie TrA & Zisk PBU Supine	-0,524	,1827
Index asymetrie TrA & Zisk PBU Prone	-0,500	,2070

Poznámka. r_s (Spearmanův korelační koeficient); Zisk (rozdíl mezi výstupním a vstupním měřením).

Významnost testována na hladině $p < 0,05$.

Výsledky korelační analýzy (Tabulka 12) vykazují středně silnou negativní korelaci mezi stranovou asymetrií TrA a následnými zisky v obou polohách PBU testu. Přestože záporné hodnoty koeficientů naznačují určitý trend (čím vyšší asymetrie, tím nižší zisk), naměřené výsledky nejsou statisticky významné ($p > 0,05$). To znamená, že zjištěná míra asymetrie TrA zásadně nelimitovala schopnost probandek dosáhnout po intervenci zlepšení v motorické kontrole TrA. Jinými slovy že i probandky s vyšším indexem asymetrie byly schopny efektivně aktivovat TrA v testu PBU.

Zjištěná statistická nevýznamnost vztahu mezi sledovanými proměnnými naznačuje, že stranová asymetrie tloušťky TrA nebyla pro rozvoj motorické kontroly limitací. Hypotéza H6 byla tedy potvrzena.

5.8 Výsledky k hypotéze H7

H7: Šestitýdenní cvičení s pomůckou Marrko Core® má pozitivní vliv na symetrizaci rozsahu pohybu hrudní páteře do rotací u experimentální skupiny.

Deskriptivní ukazatele rotací hrudní páteře u experimentální skupiny před intervencí a po jejím ukončení shrnuje Tabulka 13.

Tabulka 13*Deskriptivní statistika rotací hrudní páteře u experimentální skupiny*

Sledovaný parametr (n = 8)	Vstup		Výstup	
	<i>M ± SD</i>	<i>Me</i>	<i>M ± SD</i>	<i>Me</i>
ThP rotace L	46,88 ± 9,98	50,00	38,12 ± 12,23	40,00
ThP rotace P	43,12 ± 9,61	40,00	40,00 ± 15,12	37,50
Suma rotací	90,00 ± 17,73	92,50	78,13 ± 25,63	77,50
Stranový rozdíl	6,25 ± 6,41	5,00	5,63 ± 8,21	5,00

Poznámka. Hodnoty jsou uvedeny ve stupních. n (počet probandek); ThP (hrudní páteř); L (vlevo); P (vpravo); Suma (součet rotací); *M* (průměr); *SD* (směrodatná odchylka); *Me* (medián).

Z naměřených dat v Tabulce 13 vyplývá, že průměrná hodnota stranového rozdílu (asymetrie) se změnila pouze minimálně, a to z počátečních $6,25^\circ \pm 6,41^\circ$ na výstupních $5,63^\circ \pm 8,21^\circ$. Medián tohoto parametru zůstal po intervenci zcela beze změny na hodnotě $5,00^\circ$.

Při pohledu na celkovou mobilitu hrudní páteře lze sledovat numerický pokles průměrné sumy rotací z $90,00^\circ$ na $78,13^\circ$. Tento trend, doprovázený nárůstem směrodatné odchylky u výstupního měření, naznačuje zvýšenou variabilitu v individuálních odpovědích probandek na proběhlou intervenci či aktuální tréninkové zatížení.

Tabulka 14*Výsledky Wilcoxonova párového testu pro experimentální skupinu (n = 8)*

Dvojice proměnných	T	Z	<i>p</i> -hodnota
ThP rotace vlevo (vstup & výstup)	1,00	2,1974	,0280*
ThP rotace vpravo (vstup & výstup)	12,50	0,7702	,4412
Suma rotací (vstup & výstup)	7,50	1,4703	,1415
Stranový rozdíl (vstup & výstup)	8,00	0,5241	,6002

Poznámka. ThP (hrudní páteř); Suma (součet rotací); T (testová statistika, součet pořadí); Z (standardizované skóre).

* $p < 0,05$.

Statistické zhodnocení změn v mobilitě hrudní páteře pomocí Wilcoxonova párového testu (Tabulka 14) potvrzuje, že u parametru stranového rozdílu (asymetrie) nedošlo mezi vstupním a výstupním měřením k žádné průkazné změně ($p = ,6002$). Tento výsledek naznačuje, že intervence neměla v tomto souboru přímý vliv na symetrizaci rotačních rozsahů hrudní páteře.

Při podrobnější analýze jednotlivých směrů byl zaznamenán statisticky významný pokles rozsahu rotace vlevo ($p = ,0280$), zatímco u rotace vpravo zůstaly hodnoty v mezích statistické nevýznamnosti ($p = ,4412$). Tento jednostranný pokles mobility vlevo se následně promítl i do numerického snížení celkové pohyblivosti (sumy rotací), která však jako celek nevykázala signifikantní změnu ($p = ,1415$).

Naměřená data dokládají, že jednostranná úprava mobility nevedla k funkčnímu vyrovnání asymetrie. Vysoká variabilita individuálních odpovědí (hodnoty Z) navíc potvrzuje nejednotný vliv intervence na sledovaný soubor. Vzhledem k absenci prokazatelného vlivu na stranové rozdíly i celkový rozsah rotací musí být hypotéza H7 zamítnuta.

6 DISKUSE

6.1 Diskuse k metodice práce

Výběr juniorských házenkářek (14-16 let) pro tuto studii vychází z vysoké rizikivosti dané věkové skupiny. Intenzivní jednostranná zátěž se u dívek v tomto věku potkává s obdobím rychlého růstu a tzv. adolescentní neobratností, která dočasně zhoršuje koordinaci pohybů (Wik & Martínez Silván, 2019). Tato kombinace často vede k rozvoji vadného držení těla (Solovjova et al., 2014) a významně zvyšuje riziko zranění (Quatman-Yates et al., 2013; Wik & Martínez Silván, 2019). V tomto senzitivním období je proto včasná kompenzace zásadní jak pro prevenci, tak pro udržitelnost budoucí sportovní kariéry (Carrasco-Fernández et al., 2023; Carrasco-Fernández et al., 2025; Lijewski et al., 2021; Schmidt et al., 2023).

Házená je navíc vysoce dynamický sport charakteristický rychlými změnami směru, kontakty se soupeřem a explozivními hody, které jsou doprovázeny prudkými rotacemi trupu (Wagner et al., 2011; Marin et al., 2024). Moderní trendy v oblasti core tréninku se postupně odklánějí od izolovaného posilování na stabilních podložkách směrem k funkčnímu a komplexnímu přístupu, který vychází z reálných nároků daného sportu (Gao et al., 2025; Rodríguez-Perea et al., 2023; Yu et al., 2025). Tento princip využívá i pomůcka Marrko Core®, která pomocí odstředivé síly dynamicky vychyluje těžiště těla z rovnovážné polohy. Nutí tak centrální nervovou soustavu k okamžité reaktivní kontrole rotace a stabilizaci pánve, což přesně odráží situace na hřišti. Dochází k aktivaci celého kinetického řetězce, což podle Gao et al. (2025) simuluje specifickou sportovní zátěž efektivněji než statické metody, a představuje tak účinnou prevenci zranění.

Délka a frekvence intervenčního programu v rámci této diplomové práce byly zvoleny na 6 týdnů s četností 3 tréninkových jednotek týdně (2x skupinové, 1x domácí). Tento protokol koresponduje s poznatky Gao et al. (2025) a Yu et al. (2025), kteří za efektivní časový rámec považují 6-12 týdnů při frekvenci 2-3 tréninků týdně. Zvolená časová dotace 20–30 minut na jednu jednotku rovněž vychází z doporučení Yu et al. (2025).

Do intervenčního programu byly zvoleny cviky Marrko, Wops a Butterfly. Základní cvik Marrko sloužil k prvotnímu seznámení s pomůckou a k nácviku neuromuskulární koordinace. Následně zařazený cvik Wops byl zaměřen na nácvik asymetrického brždění pohybu. Doplnková rotace v krajní poloze vedla k delšímu setrvání v jednostranném zatížení, což vyžadovalo zvýšenou aktivaci laterálních břišních svalů (Marrko Core, 2026). V kontextu házené by tento cvik mohl simulovat nároky na deceleraci trupu například během hodu z výskoku (Wagner et al., 2010).

Za koordinačně nejobtížnější variantu byl považován cvik Butterfly, ke kterému se přistupovalo až po zvládnutí předešlých. Tento cvik doplnil trénink o stabilizaci ve frontální rovině, neboť pohyb trupu plynule přecházel z rotace do úklonu. Tato biomechanická náročnost simulovala úhybné manévry a rychlé změny směru (CODS), kdy musí trup čelit vysokým bočním silám (Horníková & Zemková, 2024; Young et al., 2015). Jak upozorňují Huxel Bliven a Anderson (2013), právě nedostatečná laterální stabilizace pánve je rizikovým faktorem pro vznik valgózního kolapsu kolene a následných zranění.

Důležitou součástí metodiky bylo také střídání směrů rotace hlavičky. Směr Basic (vpřed a dolů) by mohl svou mechanikou simulovat akcelerační fázi hodů (Marin et al., 2024; Wagner et al., 2010), zatímco směr Reverse (dozadu a vzhůru) odpovídá nárokům na stabilizaci během fáze náprahu a excentrického brzdění trupu (Myers, 2009; Wagner et al., 2010).

V hlavici pomůcky bylo záměrně ponecháno pouze jednoho závaží z důvodu zachování maximální kvality provedení cviků. Biomechanické studie Langer (2018) a Dudové (2018) prokázaly, že cvičení s pomůckou Marrko Core® je náročné především na technické provedení a neuromuskulární koordinaci, nikoliv na hrubou svalovou sílu. Langer (2018) navíc u žen popisuje tendenci k větší instabilitě pánve při cvičení. Tyto skutečnosti odůvodňují volbu nižší zátěže, kterou pro začátek nácviku doporučuje i výrobce (Marrko Core, 2026).

Vzhledem k tomu, že se probandky v průběhu 6 týdnů kontinuálně učily novým, koordinačně náročnějším cvikům (Wops a Butterfly), byla tato zátěž nezbytná pro fixaci správných pohybových vzorců. Tato volba minimalizovala riziko kompenzačních souhybů a nežádoucí aktivace povrchových svalů na úkor hlubokého stabilizačního systému. Statisticky významné zlepšení v testech PBU v obou polohách u experimentální skupiny (Tabulka 4 a 6) potvrzuje, že i tato zátěž byla dostatečným stimulem pro vyvolání předpokládané adaptace.

Pro objektivizaci výsledků byla zvolena kombinace dvou diagnostických metod hodnotících různé aspekty svalové adaptace. Diagnostický UZ slouží jako spolehlivý nástroj pro měření strukturálních změn a klidové tloušťky svalové tkáně (Prentice et al., 2021). Protože však samotná morfologie neodráží schopnost sval funkčně zapojit, bylo vyšetření doplněno o měření motorické kontroly pomocí přístroje PBU. Vzhledem k jeho metodologické citlivosti a diskutabilní validitě (De Paula Lima et al., 2011; Raj & Thomas, 2023; Hodges & Richardson, 1996) probíhalo měření ve dvou polohách, aby se minimalizovaly limity přístroje. Propojení obou metod tak poskytlo ucelený obraz o vlivu intervence.

6.2 Diskuse k vlivu intervence na motorickou kontrolu a funkci TrA (H1, H2, H5)

Výsledky hypotéz H1 a H2 potvrzují, že 6týdenní intervenční program s pomůckou Marrko Core® vedl u experimentální skupiny ke statisticky významnému zlepšení motorické kontroly TrA v obou testovaných polohách ($p = ,0117$). Skutečnost, že testová statistika nabyla v obou případech nejnížší možné hodnoty ($T = 0,00$), prakticky znamená, že k pozitivnímu posunu v kvalitě aktivace došlo u všech 8 probandek experimentální skupiny. Naproti tomu u kontrolní skupiny nebyl zaznamenán žádný statisticky významný pokrok, což naznačuje efektivitu zvoleného cvičení oproti běžné sportovní zátěži.

Ačkoliv se u experimentální skupiny prokázalo zlepšení v obou polohách, absolutní hodnoty zisku ukazují zřetelný rozdíl. Průměrný individuální zisk byl vyšší v poloze Prone ($4,89 \pm 2,54$ mmHg) oproti poloze Supine ($3,23 \pm 2,27$ mmHg). Tento rozdíl může souviset s diagnostickou hodnotou obou pozic. Zatímco poloha Supine je velmi náchylná na zkreslení výsledků v důsledku kompenzačních pohybů (Raj & Thomas, 2023), pozice Prone je považována v literatuře za přímější a spolehlivější (De Paula Lima et al., 2011; Raj & Thomas, 2023).

Vysokou variabilitu výsledků u obou poloh dokládají hodnoty variačního koeficientu, který v poloze Supine dosáhl 70,29 % a v poloze Prone 52,04 %. Zatímco u některých probandek byl zaznamenán spíše nižší funkční zisk (0,60 mmHg), u jiných došlo k masivnímu nárůstu tlaku přesahujícímu 6 mmHg. Tuto interindividuální rozdílnost bychom mohli vysvětlit odlišnou výchozí úrovní tělesného vnímání a různou mírou fixace dřívějších, potenciálně chybných pohybových vzorců. Nácvik izolované aktivace TrA i dynamické cvičení s pomůckou Marrko Core® představují koordinačně náročné úkony. Rychlost osvojení nového motorického programu centrální nervovou soustavou je u dospívajících hráček individuální. Svou roli mohlo sehrát i plné soutěžní zatížení v období intervence (říjen–listopad), kdy aktuální kumulovaná únava či mikrotraumata mohly ovlivnit výstupní výkon.

Do interpretace naměřené variability může vstupovat také faktor generalizované kloubní hypermobility. Vstupní měření ($BS \geq 5$) odhalilo hypermobilitu u 40 % výzkumného souboru, včetně tří hráček experimentální skupiny. Jak uvádějí Mitchell et al. (2022), zvýšená kloubní mobilita prokazatelně koreluje s nižší schopností kontrakce TrA. Lze tedy předpokládat, že hypermobilní hráčky musely při nácviku kontrakce překonávat větší biomechanický deficit, který mohl omezovat jejich schopnost optimální stabilizace trupu.

I přes tyto individuální rozdíly se však 95% interval spolehlivosti pro dosažený zisk v obou polohách nacházel nad nulovou hodnotou, což potvrzuje plošný trend zlepšení v celém souboru. Tento pozitivní posun lze vysvětlit skrze princip anticipační svalové aktivity (tzv. feed-forward

mechanismus). Jak uvádějí Hodges a Richardson (1996) zdravá CNS zapojuje TrA s předstihem 24–39 ms před samotným narušením rovnováhy nebo pohybem končetin. Právě dynamický charakter pomůcky Marrko Core®, která neustále narušuje stabilitu trupu, pravděpodobně stimuloval tento mechanismus efektivněji než statická cvičení.

Výsledky potvrzují, že klidová tloušťka svalu (UZ) nemusí přímo korelovat s jeho dynamickou aktivací (PBU), což dokládá absence této vazby u kontrolní skupiny i závěry Prentice et al. (2021). Naproti tomu u experimentální skupiny byla po intervenci prokázána statisticky významná vysoká pozitivní korelace mezi tloušťkou pravostranného TrA a schopností jeho aktivace v obou testovaných polohách. Tento nálezn by mohl souviset s motorickou dominancí a specifickým zatížením v házené. U 14 z 15 hráček byla dominantní pravá horní končetina, což se přirozeně odráží v asymetrii břišní stěny (Tahan et al., 2016). U házenkářek je tento jev dále umocněn tzv. křížovou asymetrií, kdy laterální svaly na dominantní straně vykazují větší tloušťku, aby dokázaly efektivně stabilizovat páteř při hodech a jiných manévrech (Lijewski et al., 2021).

Z klinického pohledu je zjištění vysoké korelace mezi tloušťkou svalu a jeho aktivací u experimentální skupiny zásadní výsledek. Samotný nárůst svalové hmoty (hypertrofie) totiž automaticky nezaručuje zlepšení motorické kontroly (Prentice et al., 2021), což dokládá absence této korelace u kontrolní skupiny. Skutečnost, že intervenční program dokázal tyto dvě proměnné statisticky významně propojit, svědčí o kvalitním motorickém učení a potvrzuje závěry Langer (2018) a Dudové (2018). Díky dynamické destabilizaci si hráčky nebudovaly pouze pasivní morfologický základ, ale jejich centrální nervová soustava se naučila tento strukturální potenciál využívat. Právě tato schopnost okamžitého zapojení svalu je v házené kritická pro včasnou stabilizaci páteře při náročných herních činnostech, jakými jsou dopady, hody či rychlé změny směru (Fatahi et al., 2019).

6.3 Diskuse k morfologii a asymetrii břišních svalů (H3, H4, H6)

Výsledky výstupního UZ měření (hypotéza H3) prokázaly odlišnou strukturální adaptaci břišních svalů na proběhlou intervenci. Statisticky významný rozdíl v tloušťce svalů mezi skupinami byl potvrzen pouze u TrA na pravé straně trupu ($p = ,0092$). U levostranného TrA ani u povrchněji uloženého OI a OE na obou stranách k prokazatelnému rozdílu nedošlo.

Klidovou tloušťku břišního svalstva ovlivňuje vedle specifické sportovní zátěže také řada fyziologických a individuálních faktorů, jako je pohlaví, věk, hmotnost a lateralita. Jak prokázali Tahan et al. (2016), hluboko uložený TrA je vůči těmto vlivům poměrně rezistentní. Zatímco tloušťka povrchových svalů (OE, OI) koreluje s BMI a s věkem klesá, morfologie TrA zůstává těmito faktory téměř neovlivněna. Tento kineziologický poznatek může naznačovat, že

naměřená hypertrofie pravého TrA u experimentální skupiny není náhodným důsledkem růstu či kolísání hmotnosti dospívajících hráček, ale charakteristickým účinkem tréninku.

Naměřená data potvrdila hierarchické uspořádání břišní stěny ($\text{TrA} < \text{OE} < \text{OI} < \text{RA}$) definované autory Tahan et al. (2016) pro dospělé populaci. Ačkoliv se UZ měření v této diplomové práci zaměřilo výhradně na laterální skupinu, získané hodnoty tomuto normativnímu modelu plně odpovídaly. Nejtenčí vrstvou byl TrA (0,36–0,50 cm), následovaný silnějším OE (0,58–0,74 cm) a nejmasivnějším OI (0,92–0,95 cm). Tato přirozená anatomická posloupnost zůstala zachována i po intervenci, a to navzdory selektivní hypertrofii pravostranného TrA u experimentální skupiny.

Skutečnost, že k hypertrofii TrA došlo primárně na pravé straně, má logické opodstatnění v dominanci pravé horní končetiny (Lijewski et al., 2021), která byla potvrzena u většiny probandek. Hypertrofie pravostranného TrA představuje u házenkářek mechanickou oporu, která v decelerační fázi hodů (Wagner et al., 2010) absorbuje energii vrhající paže a chrání bederní páteř před střížným přetížením (Willard et al., 2012).

Dle výsledků hypotézy H4 intervence nevedla ke snížení stranové asymetrie. Ve vysvětlení je nutno zohlednit dlouhodobou jednostrannou zátěž hráček, která dle Myerse (2009) vede k zafixování kompenzačních vzorců a typickému držení těla. Šestitýdenní intervence proto mohla být příliš krátká pro ovlivnění těchto zažitých změn.

Zajímavý kontrast přináší porovnání naměřeného indexu asymetrie se standardizovanými hodnotami. Průměrná stranová asymetrie tloušťky TrA dosahovala u experimentální skupiny 22,78 %, u kontrolní skupiny 13,84 %. U povrchněji uloženého OI se hodnoty u obou skupin pohybovaly mezi 11,07 % a 12,23 %, u OE potom v rozmezí 16,50 % až 18,36 %. V literatuře se za běžnou adaptaci u sportovců považuje stranový rozdíl do 10 %, přičemž překročení hranice 15 % je v klinické praxi spojováno s určitým nárůstem rizika muskuloskeletálních zranění (Bishop et al., 2020).

Při aplikaci těchto norem na výzkumný soubor je však nutné zohlednit zásadní metodologické a kineziologické odlišnosti. Zaprvé, autoři Bishop et al. (2020) tyto limity definovali primárně pro dynamické a silové testy s využitím odlišného matematického výpočtu. Zadruhé, ačkoliv by zkoumané hráčky dle těchto norem spadaly do vysoce rizikové kategorie, výsledky testování motorické kontroly (PBU) ukázaly opak. Data z hypotézy H6 neprokázala negativní vztah mezi vysokou asymetrií TrA a schopností jeho funkční aktivace. Tento náález zpochybňuje rigidní aplikaci 15% tabulkové normy u jednostranně zaměřených sportů. Potvrzuje naopak tvrzení Graye et al. (2016) a Kima et al. (2013), že výrazná klidová asymetrie nepředstavuje u sportovců funkční deficit. Jedná se spíše o strukturální ochranu, se kterou se centrální nervová soustava dokáže při dynamickém zatížení bezpečně a symetricky vyrovnat.

6.4 Diskuse k mobilitě hrudní páteře (H7)

Předpoklad hypotézy H7 vycházel z myšlenky, že stabilizace středu těla a uvolnění fasciálních struktur povede k nárůstu a symetrizaci rotačního rozsahu hrudní páteře. Analýza výstupních dat však u experimentální skupiny odhalila opačný trend. Intervence nevyvolala vyrovnaní stranové asymetrie (medián rozdílu zůstal fixován na hodnotě 5,00°) a celková rotační pohyblivost trupu navíc klesla z průměrných 90,00° na 78,13°.

Tento pokles byl dán statisticky významným omezením rotace vlevo ($p = ,0280$). Možnou příčinou je prokázaná hypertrofie pravostranného TrA, která zvyšuje celkovou tuhost připojené thorakolumbální fascie. V souladu s poznatky Willard et al. (2012) tak vzniká pevnější mechanická kotva, která zabrzdí rotaci trupu dříve.

Pro pochopení tohoto jevu je podstatná i samotná mechanika cvičení s pomůckou Marrko Core®. Jak vyplývá z metodiky výrobce (Marrko Core, 2026), nejedná se primárně o mobilizační systém, nýbrž o trénink zaměřený na aktivní kontrolu rotačních sil. Probandky byly instruovány k udržení stabilní pánve a k vědomému omezování rotace trupu v rozsahu do 10°. Zvětšení celkového rozsahu pohybu tedy nebylo cílem intervence.

6.5 Limity práce a doporučení pro další výzkum

Zásadním metodologickým limitem předkládané práce je velikost výzkumného souboru. Ačkoliv byla studie zahájena s 21 hráčkami, po aplikaci vylučovacích kritérií klesl konečný počet na 15 probandek, z toho 8 v experimentální a 7 v kontrolní skupině. Tento nízký počet v kombinaci s vysokou interindividuální variabilitou snižuje statistickou sílu studie a omezuje možnost širšího zobecnění výsledků. Pro budoucí výzkum na takto malém vzorku by bylo metodologicky vhodnější zvolit cross-over design, v němž by každá hráčka po určité době vystřídala roli v experimentální i kontrolní skupině a sloužila by jako svá vlastní kontrola.

Interpretaci výsledků může dále ovlivňovat rozdíl v celkovém objemu fyzické zátěže mezi skupinami. Zatímco experimentální skupina absolvovala nad rámec běžných týmových tréninků další tři intervenční jednotky týdně o délce 20–30 minut, kontrolní skupina žádný doplňkový program neměla. Lze tedy polemizovat, do jaké míry je naměřené zlepšení specifickým efektem samotné pomůcky Marrko Core® a do jaké míry jde pouze o důsledek vyššího tréninkového objemu.

V oblasti sběru dat představuje určité omezení absence vstupního UZ měření, které z časových důvodů proběhlo pouze po ukončení intervence. To sice umožnilo průřezové porovnání klidové tloušťky svalů mezi skupinami, znemožnilo však sledovat strukturální změny

v čase. Jisté limitace přináší také využití přístroje PBU, jehož validita a reliabilita je v literatuře diskutována pro vysokou citlivosti na metodologické odchylky (De Paula Lima et al., 2011).

Určitý limit dále představuje chybějící zaslepení při analýze UZ snímků, což může zvyšovat riziko subjektivního zkreslení dat. Vlastní odečítání tloušťky svalů v programu Fiji prováděla autorka práce, která znala rozřazení probandek do skupin. Riziko tohoto zkreslení však bylo eliminováno tím, že snímky pořizovala nezávislá fyzioterapeutka a následné vyhodnocení probíhalo podle standardizovaného protokolu (Kopenhagen et al., 2009) zprůměrováním tří nezávislých měření na každé straně těla (Prentice et al., 2021).

Dalším faktorem ovlivňujícím výsledky mohlo být načasování studie do soutěžního období. Jelikož nebyl monitorován přesný obsah běžných týmových tréninků ani minutáž zápasového zatížení, mohla aktuální únava ovlivnit výkon při testování. Riziko představuje také úroveň adherence a kvalita provedení domácího cvičení. I přes podporu instruktážním videem byla technická správnost i plnění plánu založeno pouze na ústním potvrzení. Vhodnější by bylo sledování např. formou tréninkových deníků s videodokumentací. Jelikož cvičení s Marrko Core® vyžaduje precizní neuromuskulární koordinaci, mohla nesprávná technika při cvičení bez dohledu limitovat celkový přínos intervence. Pro zvýšení kvality nácviku by bylo rovněž žádoucí provádět cvičení v prostorech vybavených zrcadly, která by hráčkám poskytovala okamžitou vizuální zpětnou vazbu pro autokorekci postury a trajektorie pohybu pomůcky.

Významným limitem pro širší interpretaci výsledků je nedostatek relevantní recenzované literatury zabývající se specificky touto pomůckou. Získaná data tak nebylo možné přímo porovnat s jinými výzkumnými týmy a diskuse se musela opírat o širší poznatky z oblasti obecného a instabilního core tréninku. Interpretaci výsledků dále omezuje úzká specifická souboru, zahrnujícího výhradně juniorské hráčky (14–16 let) z jednoho týmu. Závěry tudíž nelze automaticky aplikovat na dospělé hráčky nebo na mužskou populaci. Jak uvádějí Tahan et al. (2016), muži vykazují odlišné parametry klidové tloušťky břišní stěny a distribuce svalových vláken se mění v závislosti na věku. Specifickým faktorem u zkoumaného souboru mohlo být také probíhající období dospívání, které ovlivňuje motorické učení i celkovou schopnost adaptace na nové pohybové podněty.

7 ZÁVĚRY

Výsledky této diplomové práce potvrzují, že šestitýdenní intervenční program s dynamickou pomůckou Marrko Core® vedl k prokazatelnému rozvoji hlubokého stabilizačního systému u juniorských hráček házené. U experimentální skupiny bylo zaznamenáno statisticky významné zlepšení motorické kontroly TrA v obou testovaných polohách při PBU testu ($p = ,0117$). Při výstupní diagnostice vykazovaly cvičící hráčky významně větší tloušťku pravostranného TrA ($p = ,0092$) oproti kontrolní skupině. Dále byl potvrzen úzký vztah mezi touto morfologickou změnou a schopností cílené aktivace svalu v polohách Supine ($p = ,0102$) i Prone ($p = ,0366$) v rámci PBU testu.

Získaná data naznačují, že cvičení s Marrko Core® představuje přínosný nástroj pro funkční i strukturální rozvoj TrA. Významným zjištěním je skutečnost, že ačkoliv program neovlivnil klidovou svalovou asymetrii ani mobilitu hrudní páteře, tato asymetrie nepředstavovala limitující faktor pro zlepšení motorické kontroly. Vzhledem k tomu, že pro prevenci zranění je důležité optimální propojení strukturálního rozvoje svalu s jeho správným funkčním zapojením, jeví se zařazení této pomůcky do přípravy mladých sportovkyň jako vhodná součást kompenzačních programů.

Předkládaná diplomová práce představuje jednu z prvních studií, která objektivizuje vliv pomůcky Marrko Core® na parametry TrA u juniorských házenkářek. Získaná pilotní data a zvolená metodologie tak mohou sloužit jako východisko pro budoucí výzkum. Pro hlubší pochopení popsanych mechanismů je však zapotřebí realizovat studie na rozsáhlejších souborech, zahrnující různé věkové kategorie, odlišná pohlaví či využití cross-over designu.

8 SOUHRN

Tato diplomová práce hodnotila vliv intervence s pomůckou Marrko Core® na morfologii a motorickou kontrolu *musculus transversus abdominis* (TrA) u juniorských hráček házené.

Teoretická část charakterizovala házenou jako vysoce dynamický a asymetrický sport, vyznačující se intermitentním zatížením s častými změnami směru, výskoky a hody. Tyto aktivity kladou vysoké biomechanické nároky na core stabilitu a správné načasování aktivace svalů hlubokého stabilizačního systému, v němž hraje TrA stěžejní roli. Práce dále rozebírala anatomické a kineziologické souvislosti včetně vlivu myofasciálních řetězců na přenos sil při sportovním výkonu. Shrnovala moderní přístupy k tréninku středu těla a představila pomůcku Marrko Core®, která pro dynamickou destabilizaci těžiště využívá setrvačnost a odstředivou sílu.

Výzkumného šetření se zúčastnilo 15 juniorských hráček házené (14–16 let) z jednoho týmu, které se tomuto sportu věnují na závodní úrovni. Hráčky byly náhodně rozděleny do experimentální ($n = 8$) a kontrolní skupiny ($n = 7$). Zatímco kontrolní skupina pokračovala v běžném tréninkovém režimu, experimentální skupina navíc absolvovala šestitýdenní intervenční program s Marrko Core® s frekvencí třikrát týdně (dvakrát skupinově, jednou individuálně). Metodika sběru dat zahrnovala hodnocení motorické kontroly TrA pomocí přístroje Pressure Biofeedback Unit v polohách Supine a Prone, měření klidové tloušťky laterálních břišních svalů diagnostickým ultrazvukem a goniometrické vyšetření rotací hrudní páteře. Ke statistickému zpracování dat byly následně využity neparametrické metody, konkrétně Wilcoxonův párový test pro vnitroskupinové posouzení změn v čase, Mann-Whitneyův U test pro meziskupinové srovnání a Spearmanův korelační koeficient.

Výsledky analýzy potvrdily, že u experimentální skupiny došlo ke statisticky významnému zlepšení motorické kontroly TrA v obou testovaných polohách (Supine i Prone; $p = ,0117$). Ultrasonografické vyšetření odhalilo u cvičících hráček signifikantně větší tloušťku pravostranného TrA ve srovnání s kontrolní skupinou ($p = ,0092$). U experimentální skupiny byla rovněž prokázána vysoká pozitivní korelace mezi tloušťkou tohoto svalu a schopností jeho cílené aktivace (poloha Supine $r_s = 0,833$; $p = ,0102$ a poloha Prone $r_s = 0,738$; $p = ,0366$). Získaná data dokládají, že intervence vedla jak ke strukturálním, tak k funkčním změnám. Přestože program nevedl ke statisticky významnému snížení klidové svalové asymetrie trupu ani k symetrizaci rozsahů rotací hrudní páteře, ukázalo se, že tato morfologická svalová asymetrie nijak nelimitovala dosažené funkční zlepšení hráček v motorické kontrole TrA.

9 SUMMARY

This thesis evaluated the impact of an intervention using the Marrko Core® device on the morphology and motor control of the musculus transversus abdominis (TrA) in junior female handball players.

The theoretical part characterized handball as a highly dynamic and asymmetrical sport, distinguished by intermittent loading with frequent changes of direction, jumps, and throws. These activities place high biomechanical demands on core stability and the proper activation timing of the deep stabilizing system muscles, in which the TrA plays a pivotal role. The thesis further analyzed anatomical and kinesiological contexts, including the influence of myofascial chains on force transmission during sports performance. It summarized modern approaches to core training and introduced the Marrko Core® device, which utilizes inertia and centrifugal force for dynamic destabilization of the center of gravity.

The research involved 15 junior female handball players (aged 14–16 years) from a single team, competing at a competitive level. The players were randomly divided into an experimental group ($n = 8$) and a control group ($n = 7$). While the control group continued with their regular training regimen, the experimental group additionally completed a six-week intervention program with the Marrko Core® device at a frequency of three times a week (twice in a group, once individually). The data collection methodology included the assessment of TrA motor control using a Pressure Biofeedback Unit in the Supine and Prone positions, measurement of the resting thickness of the lateral abdominal muscles via diagnostic ultrasonography, and a goniometric examination of thoracic spine rotations. Non-parametric methods were subsequently used for statistical data processing, specifically the Wilcoxon matched-pairs signed-rank test for intra-group assessment of changes over time, the Mann-Whitney U test for inter-group comparison, and the Spearman's correlation coefficient.

The results of the analysis confirmed that the experimental group achieved a statistically significant improvement in TrA motor control in both tested positions (Supine and Prone; $p = .0117$). Ultrasonographic examination revealed a significantly greater thickness of the right TrA in the exercising players compared to the control group ($p = .0092$). Furthermore, a high positive correlation between the thickness of this muscle and the ability of its targeted activation was proven in the experimental group (Supine position $r_s = 0.833$; $p = .0102$ and Prone position $r_s = 0.738$; $p = .0366$). The acquired data demonstrate that the intervention led to both structural and functional changes. Although the program did not result in a statistically significant reduction in resting trunk muscle asymmetry or the symmetrization of thoracic spine rotation

ranges, it was shown that this morphological muscle asymmetry did not in any way limit the achieved functional improvement of the players in TrA motor control.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Akuthota, V., & Nadler, S. F. (2004). Core strengthening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(3 Suppl 1), S86–S92. <https://doi.org/10.1053/j.apmr.2003.12.005>
- Araujo, S., Cohen, D., & Hayes, L. (2015). Six weeks of core stability training improves landing kinetics among female capoeira athletes: A pilot study. *Journal of Human Kinetics*, 45(1), 27–37. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0004>
- Behm, D. G., Drinkwater, E. J., Willardson, J. M., & Cowley, P. M. (2010). The use of instability to train the core musculature. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35(1), 91–108. <https://doi.org/10.1139/H09-127>
- Beighton, P., Grahame, R., & Bird, H. (2012). *Hypermobility of joints* (4. vyd.). Springer.
- Bishop, C., Pereira, L. A., Reis, V. P., Read, P., Turner, A. N., & Loturco, I. (2020). Comparing the magnitude and direction of asymmetry during the squat, countermovement and drop jump tests in elite youth female soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 38(11–12), 1296–1303. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1649525>
- Brahee, D. D., Ogedegbe, C., Hassler, C., Nyirenda, T., Hazelwood, V., Morchel, H., ... Feldman, J. (2013). Body mass index and abdominal ultrasound image quality: A pilot survey of sonographers. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 29(2), 66–72. <https://doi.org/10.1177/8756479313476919>
- Carrasco-Fernández, L., García-Sillero, M., García-Romero, J., & Benítez-Porres, J. (2025). Lower limb injuries in women's handball, protocols, and most common tests: A systematic review. *Translational Sports Medicine*, 2025, Article 6662321. <https://doi.org/10.1155/tsm2/6662321>
- Carrasco-Fernández, L., García-Sillero, M., Jurado-Castro, J. M., Borroto-Escuela, D. O., García-Romero, J., & Benítez-Porres, J. (2023). Influence of limb dominance on body and jump asymmetries in elite female handball. *Scientific Reports*, 13(1), Article 19280. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46615-w>
- Corballis, M. C. (2009). The evolution and genetics of cerebral asymmetry. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1519), 867–879. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0232>
- Côté, J., & Gilbert, W. (2009). An integrative definition of coaching effectiveness and expertise. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 4(3), 307–323. <https://doi.org/10.1260/174795409789623892>
- De Paula Lima, P. O., De Oliveira, R. R., Costa, L. O. P., & Laurentino, G. E. (2011). Measurement properties of the pressure biofeedback unit in the evaluation of transversus abdominis

- muscle activity: A systematic review. *Physiotherapy*, 97(2), 100–106. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2010.08.004>
- Dudová, D. (2018). *Analýza posturálních reakcí při cvičení se zátěží horních končetin odstředivou silou* [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. Digitální repozitář UK. <http://hdl.handle.net/20.500.11956/104869>
- Fatahi, F., Ghasemi, G., & Karimi, M. T. (2016). The effect of 8 weeks of core stability muscles training on kinetics of single-leg landing. *Physical Treatments*, 6(2), 85–92. 10.18869/nrip.ptj.6.2.85
- Fatahi, F., Ghasemi, G., Karimi, M., & Beyranvand, R. (2019). The effect of eight weeks of core stability training on the lower extremity joints moment during single-leg drop landing. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 11(1), 34–44. <https://doi.org/10.29359/BJHPA.11.1.04>
- Ferri-Caruana, A., Pardo-Ibañez, A., Cano-Garrido, A., & Cabeza-Ruiz, R. (2022). The effect of a core training program on jump performance in female handball players. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 15(1), 22–28. <https://doi.org/10.33155/j.ramd.2022.02.002>
- Frank, C., Kobašová, A., & Kolář, P. (2013). Dynamic neuromuscular stabilization and sports rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(1), 62–73.
- Gao, J., Liu, D., Zhu, J., Guo, Q., & Wang, X. (2025). Instability core training vs traditional core training on trunk strength and sprint performance among athletes: A systematic review and meta-analysis. *PeerJ*, 13, Article e20212. <https://doi.org/10.7717/peerj.20212>
- García-Sánchez, C., Navarro, R. M., Karcher, C., & de la Rubia, A. (2023). Physical demands during official competitions in elite handball: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 3353. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043353>
- Gray, J., Aginsky, K. D., Derman, W., Vaughan, C. L., & Hodges, P. W. (2016). Symmetry, not asymmetry, of abdominal muscle morphology is associated with low back pain in cricket fast bowlers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(3), 222–226. 10.1016/j.jsams.2015.04.009
- Hajná, D. (2023). *Možnosti ovlivnění postury pomocí systému Marrko Core* [Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích]. Digitální archiv JU. <https://theses.cz/id/yz8vpx/>
- Hodges, P. W., & Richardson, C. A. (1996). Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine*, 21(22), 2640–2650. <https://doi.org/10.1097/00007632-199611150-00014>

- Hodges, P. W., Richardson, C. A., & Jull, G. (1996). Evaluation of the relationship between laboratory and clinical tests of transversus abdominis function. *Physiotherapy Research International*, 1(1), 30–40. <https://doi.org/10.1002/pri.45>
- Horníková, H., & Zemková, E. (2024). The importance of core strength for change of direction speed. *Frontiers in Physiology*, 15, 1376422. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1376422>
- Huxel Bliven, K. C., & Anderson, B. E. (2013). Core stability training for injury prevention. *Sports health*, 5(6), 514–522. <https://doi.org/10.1177/1941738113481200>
- Chattanooga Group. (2005). *Stabilizer pressure biofeedback: Operating instructions* [User manual]. Manuals Plus. <https://manuals.plus/chattanooga/stabilizer-pressure-biofeedback-manual>
- Ihnatsenka, B., & Boezaart, A. P. (2010). Ultrasound: Basic understanding and learning the language. *International Journal of Shoulder Surgery*, 4(3), 55. 10.4103/0973-6042.76960
- International Handball Federation. (2025). *Rules of the Game (Indoor Handball)*. IHF. <https://www.ihf.info/regulations-documents/361?selected=Rules%20of%20the%20Game>
- Janda, V., & Pavlů, J. (1993). *Goniometrie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.
- Jung, E. J., & Oh, J. S. (2022). The effects of abdominal hollowing and bracing maneuvers on trunk muscle activity and pelvic rotation angle during leg pull front pilates exercise. *Healthcare*, 11(1), 60. <https://doi.org/10.3390/healthcare11010060>
- Karcher, C., & Buchheit, M. (2014). On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports Medicine*, 44(6), 797–814. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0164-z>
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*, 36(3), 189–198. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636030-00001>
- Kim, Y., Shim, J. K., Son, J., Pyeon, H. Y., & Yoon, B. (2013). A neuromuscular strategy to prevent spinal torsion: Backward perturbation alters asymmetry of transversus abdominis muscle thickness into symmetry. *Gait & Posture*, 38(2), 231–235. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.11.015>
- Kolář, P., et al. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Galén
- Koppenhaver, S. L., Hebert, J. J., Fritz, J. M., Parent, E. C., Teyhen, D. S., & Magel, J. S. (2009). Reliability of rehabilitative ultrasound imaging of the transversus abdominis and lumbar multifidus muscles. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(1), 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.06.022>

- Kuhn, L., Weberruß, H., & Horstmann, T. (2019). Effects of core stability training on throwing velocity and core strength in female handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(9), 1479–1486. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.09295-2>
- Langer, J. (2018). *Analýza posturálních reakcí při cvičení se symetrickou zátěží horních končetin odstředivou silou* [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. Digitální repozitář UK. <http://hdl.handle.net/20.500.11956/98641>
- Li, X., Lo, W. L. A., Lu, S. W., Liu, H., Lin, K. Y., Lai, J. Y., Li, L., & Wang, C. H. (2020). Trunk muscle activity during pressure feedback monitoring among individuals with and without chronic low back pain. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 21(1), 569. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03565-y>
- Lijewski, M., Burdukiewicz, A., Pietraszewska, J., Andrzejewska, J., & Stachoń, A. (2021). Asymmetry of muscle mass distribution and grip strength in professional handball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1913. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041913>
- Lynders, C. (2019). The critical role of development of the transversus abdominis in the prevention and treatment of low back pain. *HSS Journal: The Musculoskeletal Journal of Hospital for Special Surgery*, 15(3), 214–220. <https://doi.org/10.1007/s11420-019-09717-8>
- Marin, M. I., Robert, S., Sakizlian, R. E., Rusu, L., & Rusu, R. M. (2024). A biomechanical evaluation of the upper limb kinematic parameters of the throwing action in handball: A case study. *Applied Sciences*, 14(2), 667. <https://doi.org/10.3390/app14020667>
- Marrko Core. (2026). *Marrko Core*. <https://www.marrko.cz/>
- Mitchell, U. H., Owen, P. J., Rantalainen, T., & Belavý, D. L. (2022). Increased joint mobility is associated with impaired transversus abdominis contraction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(9), 2472–2478. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003752>
- Moller, M., Attermann, J., Myklebust, G., & Wedderkopp, N. (2012). Injury risk in Danish youth and senior elite handball using a new SMS text messages approach. *British Journal of Sports Medicine*, 46(7), 531–537. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091022>
- Mukaka, M. M. (2012). A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal: The Journal of Medical Association of Malawi*, 24(3), 69–71.
- Myers, T. W. (2009). *Anatomy trains: Myofascial meridians for manual and movement therapists* (2nd ed.). Churchill Livingstone Elsevier
- O'Rourke, L. (2025). Holistic sports injury prevention and care. *Journal of Sports Medicine & Doping Studies*, 15(5), Article 450. <https://doi.org/10.37421/2161-0673.2025.15.450>

- Park, H., & Han, D. (2015). The effect of the correlation between the contraction of the pelvic floor muscles and diaphragmatic motion during breathing. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(7), 2113–2115. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2113>
- Prentice, C. L. S., Milanese, S., Massy-Westropp, N., & Maranna, S. (2021). The reliability of rehabilitative ultrasound to measure lateral abdominal muscle thickness: A systematic review and meta-analysis. *Musculoskeletal Science and Practice*, 53, Article 102357. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2021.102357>
- Queen, R., Dickerson, L., Ranganathan, S., & Schmitt, D. (2020). A novel method for measuring asymmetry in kinematic and kinetic variables: The normalized symmetry index. *Journal of Biomechanics*, 99, 109531. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.109531>
- Raj, V. S. V., & Thomas, M. (2023). Measuring transversus abdominis activity using pressure biofeedback unit-A technical report. *Physiotherapy Research International*, 28(4), e2033. <https://doi.org/10.1002/pri.2033>
- Raya-González, J., Clemente, F. M., Beato, M., & Castillo, D. (2020). Injury profile of male and female senior and youth handball players: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 3925. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113925>
- Reed, C. A., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2012). The effects of isolated and integrated “core stability” training on athletic performance measures: A systematic review. *Sports Medicine*, 42(8), 697–706. <https://doi.org/10.2165/11633450-000000000-00000>
- Richardson, C., Hodges, P., & Hides, J. (2004). *Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization: A motor control approach for the treatment and prevention of low back pain*. Churchill Livingstone.
- Rivilla-García, J., Martínez, I., Grande, I., & Sampedro-Molinuevo, J. (2011). Relation between general throwing tests with a medicine ball and specific tests to evaluate throwing velocity with and without opposition in handball. *Journal of Human Sport & Exercise*, 6(2), 414–426. <https://doi.org/10.4100/jhse.2011.62.22>
- Rodríguez, S., León-Prieto, C., Rodríguez-Jaime, M. F., & Noguera-Peña, A. (2025). Meta-analysis of the effects of core stability training on handball throwing performance. *Apunts Sports Medicine*, 60(227), 100484. <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2025.100484>
- Rodríguez-Perea, Á., Reyes-Ferrada, W., Jerez-Mayorga, D., Chirisa Ríos, L., Van den Tillaar, R., Chirisa Ríos, I., & Martínez-García, D. (2023). Core training and performance: A systematic review with meta-analysis. *Biology of Sport*, 40(4), 975–992. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.123319>

- Schmidt, M., Nolte, K., Terschluse, B., Willwacher, S., & Jaitner, T. (2023). Positive influence of neuromuscular training on knee injury risk factors during cutting and landing tasks in elite youth female handball players. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 53, 19–29. <https://doi.org/10.1007/s12662-022-00851-w>
- Singh, H., McKay, M., Baldwin, J., Nicholson, L., Chan, C., Burns, J., & Hiller, C. E. (2017). Beighton scores and cut-offs across the lifespan: cross-sectional study of an Australian population. *Rheumatology*, 56(11), 1857–1864. <https://doi.org/10.1093/RHEUMATOLOGY/KEX043>
- Solovjova, J., Upitis, I., Grants, J., & Kalmikovs, J. J. (2014). Postural disorders in young athletes. *Baltic Journal of Sport and Health Sciences*, 1(92). <https://doi.org/10.33607/bjshs.v1i92.111>
- Tahan, N., Khademi-Kalantari, K., Mohseni-Bandpei, M. A., Mikaili, S., Baghban, A. A., & Jaberzadeh, S. (2016). Measurement of superficial and deep abdominal muscle thickness: An ultrasonography study. *Journal of Physiological Anthropology*, 35(1), Article 17. <https://doi.org/10.1186/s40101-016-0106-6>
- Véle, F. (2006). *Kineziologie: Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapie poruch pohybové soustavy* (2. rozšířené a přepracované vydání). Triton.
- Wagner, H., Buchecker, M., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2010). Kinematic description of elite vs. low level players in team-handball jump throw. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(1), 15–23.
- Wagner, H., Kainrath, S., & Müller, E. (2008). Coordinative and tactical parameters of team-handball throw: The correlation of performance level, throwing quality, and selected technique–tactical parameters. *Leistungssport*, 38(5), 35–41.
- Wagner, H., Pfusterschmied, J., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2011). Performance and kinematics of various throwing techniques in team-handball. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(1), 73–80. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3737895/>
- Wik, E. H., & Martínez Silván, D. (2019). Injuries in elite youth athletics. *Aspetar Sports Medicine Journal*, 8. <https://journal.aspetar.com/en/journals/volume-8-targeted-topic-sports-medicine-and-science-in-athletics/injuries-in-elite-youth-athletics>
- Young, W. B., Dawson, B., & Henry, G. J. (2015). Agility and change-of-direction speed are independent skills: Implications for training agility in invasion sports. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 10(1), 159–169. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.10.1.159>
- Young, W. B., James, R., & Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(3), 282–288.

Yu, T., Xu, Y., Zhang, Z., Sun, Y., Zhong, J., & Ding, C. (2025). The impact of core training on overall athletic performance in different sports: A comprehensive meta-analysis. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*, 17(1), 112. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01159-6>

11 SEZNAM ZKRATEK

ACL	<i>ligamentum cruciatum anterius</i>
OE	<i>musculus obliquus externus abdominis</i>
OI	<i>musculus obliquus internus abdominis</i>
TrA	<i>musculus transversus abdominis</i>
UZ	ultrazvuk

12 PŘÍLOHY

12.1 Vyjádření Etické komise FTK UP



Fakulta
tělesné kultury

Vyjádření Etické komise FTK UP

Složení komise: doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.
prof. Mgr. Erik Sigmund, Ph.D.
doc. Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.
Mgr. Bc. Jarmila Štěpánová, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 20.5.2025 byl projekt diplomové práce

Autoři (hlavní řešitelé): **Bc. Bára Meierová, Bc. Kateřina Španělová**

s názvem **Vliv cvičení s pomůckou Marrko Core na sílu kontrakce m. transversus abdominis a trupovou stabilitu u hráček házené v juniorské kategorii**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **93 / 2025**
dne: **29. 5. 2025**

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnicemi pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

Řešitelky projektu splnily podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

za EK FTK UP
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.
předsedkyně

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 585 636 009
www.ftk.upol.cz

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury
Komise etická
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc

12.2 Vzor informovaného souhlasu

Informovaný souhlas

Název studie (projektu): Vliv cvičení s pomůckou Marrko Core na sílu kontrakce musculus transversus abdominis a trupovou stabilitu u hráček házené v juniorské kategorii

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s účastí mého dítěte ve studii.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě a mého dítěte očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Pokud je studie randomizovaná, беру на ве́домі́ pravděpodobnost náhodného zařazení do jednotlivých skupin lišících se léčbou.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že účast mého dítěte ve studii může být kdykoliv přerušena případně může odstoupit. Účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou osobní data mého dítěte uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být osobní údaje dítěte poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že jméno mého dítěte se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.
6. Souhlasím s pořizováním fotografií během vyšetření či intervence. Fotografie budou anonymní a využity pouze pro potřeby studie.

Podpis zákonného zástupce účastníka:

Datum:

Podpis fyzioterapeuta pověřeného touto studií:

Datum:

12.3 Anamnestický dotazník

Anamnestický dotazník

Diplomová práce: Vliv cvičení s pomůckou Marrko Core na sílu kontrakce musculus transversus abdominis a trupovou stabilitu u hráček házené v juniorské kategorii

Datum vyplnění dotazníku: _____

Jméno a příjmení: _____

Datum narození: _____ Věk: _____ let

Výška: _____ cm Hmotnost: _____ kg

Dominantní horní končetina (zaškrtněte): ☐ Pravá ☐ Levá

Sportovní anamnéza

Jak dlouho hrajete házenou:

☐ Méně než 1 rok ☐ 1 rok ☐ 2 roky ☐ 3 roky ☐ 4 roky ☐ 5 let ☐ déle než 5 let

Pozice v týmu: ☐ Brankář ☐ Spojka ☐ Křídlo ☐ Pivot ☐ Univerzál ☐ Jiné:

Počet tréninků týdně: ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ Více

Průměrná délka jednoho tréninku: _____ min

Počet zápasů za měsíc (průměr): _____

Kompenzační cvičení

Účast na kompenzačním cvičení (např. jóga, pilates, plavání, posilovna, strečink, balanční cvičení, cvičení s fyzioterapeutem):

☐ Nikdy ☐ Občas ☐ Pravidelně individuálně ☐ Pravidelně v rámci týmu

Pokud ano, prosím upřesněte (kolikrát týdně, délka jednoho cvičení, typ aktivity, případně jaké cviky):

Zdravotní anamnéza

Měla jste v posledních 2 letech nějaké zranění či operaci? ☐ Ano ☐ Ne

Pokud ano:

Jednalo se o zranění v důsledku házené? ☐ Ano ☐ Ne

Specifikujte (o jaké zranění se jednalo, před jakou dobou, jak se to řešilo – operace, ortéza, sádra, klidový režim, RHB, ...):

Bolesti zad

Objevily se u vás v posledních 2 letech bolesti zad? ☐ Ano ☐ Ne

Máte bolesti zad i v současnosti? ☐ Ano ☐ Ne

Datum: _____

Podpis: _____