



(SK) Vplyv cielenej perioperačnej rehabilitácie na neuromuskulárne zotavenie po miniinvazívnej hrudníkovej chirurgii: porovnanie UVATS a RATS

(EN) Impact of Targeted Perioperative Rehabilitation on Neuromuscular Recovery after Minimally Invasive Thoracic Surgery: A Comparison of UVATS and RATS

^{1*} Abdulla AL HAKIM, ¹ Emanuel FURDEK, ¹ Ján JAKUŠ, ² Marcel VETERNIK, ³ Timea MITÁĽOVÁ, ¹ Anton DZIAN.

¹ Univerzita Komenského v Bratislave, Jesseniova lekárska fakulta, Klinika hrudníkovej chirurgie UNM, Martin, Slovensko.

² Univerzita Komenského v Bratislave, Jesseniova lekárska fakulta UK, Ústav lekárskej biofyziky, Martin, Slovensko.

³ SANATÓRIUM Dr. GUHRA, n.o., Tatranská Polianka, Slovensko

*Korešpondenčná adresa: mudr.alhakim@gmail.com

SÚHRN/ABSTRAKT (ABSTRAKT V SLOVENČINE NA 250 SLOV)

Východisko: Miniinvazívne torakochirurgické prístupy predstavujú v súčasnej hrudníkovej chirurgii štandardný spôsob operačnej liečby. Uniportálna videoasistovaná torakoskopia (UVATS) a roboticky asistovaná hrudníkova chirurgia (RATS) prinášajú v porovnaní s otvorenými prístupmi nižšiu operačnú traumu, menšiu pooperačnú bolesť, kratšiu hospitalizáciu a rýchlejšiu rekonvalescenciu. Napriek týmto benefitom zostáva oblasť pooperačného funkčného a neuromuskulárneho zotavenia po miniinvazívnej hrudníkovej chirurgii nedostatočne preskúmaná. Osobitne limitované sú údaje o tom, ako jednotlivé operačné prístupy ovplyvňujú funkciu svalov hrudnej steny a aký význam má v tomto procese cielene vedená rehabilitácia. Cieľom tejto štúdie bolo objektívne zhodnotiť a porovnať účinok cielenej rehabilitácie na pooperačné zotavenie po miniinvazívnej hrudníkovej chirurgii, konkrétne po UVATS a RATS, pomocou objektívneho merania svalovej sily a elektrickej aktivity vybraných svalov hrudnej steny. Súčasne bol vyvinutý, štandardizovaný a klinicky implementovaný edukačný a rehabilitačný program.

Metódy: Prospektívna klinická štúdia bola realizovaná na Klinike hrudníkovej chirurgie JLF UK a UN-Martine v rokoch 2024 až 2025. Do štúdie bolo zaradených 25 pacientov operovaných minimálne invazívnym prístupom, z toho 12 pacientov v skupine RATS a 13 pacientov v skupine UVATS. Finálny analyzovaný súbor tvorilo 17 pacientov. V rámci štúdie bol vytvorený a realizovaný štandardizovaný rehabilitačný program pozostávajúci z predoperačnej edukácie, individuálneho sedenia s fyzioterapeutom, inštruktážneho videa, mobilnej aplikácie a jednotného rehabilitačného protokolu. Elektrická aktivita m. serratus anterior a m. latissimus dorsi bola meraná pomocou povrchovej elektromyografie a svalová sila bola hodnotená dynamometrom. Merania sa realizovali pred operáciou (M1), po operácii pred prepustením (M2) a štyri týždne po operácii (M3), na operovanej aj neoperovanej strane. Elektromyografické signály boli spracované a normalizované voči maximálnej voluntárnej kontrakcii príslušného svalu. Na hodnotenie asymetrie svalovej sily medzi operovanou a neoperovanou stranou bol použitý parameter Peak Force %Diff. Štatistické spracovanie zahŕňalo výpočet základných deskriptívnych charakteristík a použitie parametrických alebo neparametrických testov podľa charakteru rozdelenia dát. Hladina štatistickej významnosti bola stanovená na $p < 0,05$.

Výsledky: V skupine UVATS bol pozorovaný trend skorého funkčného zotavenia v porovnaní so skupinou RATS. Pri hodnotení maximálnej svalovej sily sa v skupine UVATS po prechodnom pooperačnom poklese zaznamenal návrat k predoperačným hodnotám, respektíve ich mierne prekročenie, zatiaľ čo v skupine RATS pretrvával po štyroch týždňoch pooperačný deficit.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Kľúčové slová: Hrudníková Chirurgia, Rehabilitácia, Telerehabilitácia, Pľúcna Rehabilitácia, SEMG, m. Serratus Anterior, m. Latissimus Dorsi, Dynamometer, UniVATS, RATS.

DOI: [10.61983/lcrh.v63i2.160](https://doi.org/10.61983/lcrh.v63i2.160)

Keywords: thoracic surgery, rehabilitation, telerehabilitation, pulmonary rehabilitation, SEMG, m. serratus anterior, m. latissimus dorsi, dynamometer, UniVATS, RATS.

Najvýraznejšie a štatisticky významné rozdiely boli zistené pri hodnotení laterálnej asymetrie svalovej sily, kde skupina UVATS dosiahla rýchlejší návrat k svalovej symetrii medzi operovanou a neoperovanou stranou. Hodnoty RMS (root mean square, stredná kvadratická hodnota EMG signálu) vykazovali v oboch skupinách pooperačný vzostupný trend, pričom v skupine UVATS bol nárast elektrickej aktivity výraznejší. Na neoperovanej strane bol zaznamenaný nárast hodnôt RMS, čo môže poukazovať na kontralaterálne neuromuskulárne adaptačné mechanizmy. Viaceré sledované trendy však nedosiahli štatistickú významnosť.

Záver: Predkladaná štúdia podporuje význam štruktúrovanej perioperačnej rehabilitácie a prehabilitácie ako integrálnej súčasti modernej torakochirurgickej starostlivosti. Kombinácia miniinvasívneho chirurgického prístupu, objektívneho funkčného hodnotenia pomocou dynamometrie a povrchovej elektromyografie a cielene vedenej rehabilitácie predstavuje perspektívny prístup k optimalizácii skorého pooperačného zotavenia. Získané výsledky naznačujú, že UVATS môže byť v skorom pooperačnom období spojená s lepším profilom neuromuskulárneho zotavenia než RATS, avšak definitívne potvrdenie tohto záveru si vyžaduje ďalší výskum.

SUMMARY/ABSTRACT (ENGLISH VERSION)

Starting point: Minimally invasive thoracic surgical approaches currently represent the standard method of surgical treatment in thoracic surgery. Uniportal video-assisted thoracoscopy (UVATS) and robot-assisted thoracic surgery (RATS) provide, in comparison with open approaches, lower surgical trauma, less postoperative pain, shorter hospitalization, and faster recovery. Despite these benefits, the area of postoperative functional and neuromuscular recovery after minimally invasive thoracic surgery remains insufficiently explored. Data are particularly limited regarding how individual surgical approaches influence the function of the chest wall muscles and what significance targeted rehabilitation has in this process. The aim of this study was to objectively evaluate and compare the effect of targeted rehabilitation on postoperative recovery after minimally invasive thoracic surgery, specifically after uniportal video-assisted thoracic surgery (UVATS) and robot-assisted thoracic surgery (RATS), using objective measurements of muscle strength and the electrical activity of selected chest wall muscles. In parallel, a standardized educational and rehabilitation program was developed and clinically implemented.

Methods: A prospective clinical study was conducted at thoracic surgery department, Jessenius Faculty of Medicine, Comenius University and Martin university hospital, between 2024 and 2025. A total of 25 patients undergoing minimally invasive surgery were included in the study, of whom 12 patients were in the RATS group and 13 patients in the UVATS group. The final analyzed cohort consisted of 17 patients. Within the study, a standardized rehabilitation program was developed and implemented, consisting of preoperative education, an individual session with a physiotherapist, an instructional video, a mobile application, and a unified rehabilitation protocol. Electrical activity of the m. serratus anterior and m. latissimus dorsi was measured using surface electromyography, and muscle strength was assessed using a dynamometer. Measurements were performed preoperatively (M1), postoperatively before discharge (M2), and four weeks after surgery (M3), on both the operated and non-operated sides. Electromyographic signals were processed and normalized to the maximal voluntary contraction of the respective muscle. To assess asymmetry of muscle strength between the operated and non-operated sides, the Peak Force %Diff parameter was used. Statistical analysis included the calculation of basic descriptive characteristics and the use of parametric or non-parametric tests according to the distribution of the data. The level of statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results: In the UVATS group, a more favorable trend of early functional recovery was observed compared to the RATS group. In the evaluation of maximal muscle strength, the UVATS group showed a return to preoperative values, or a slight exceedance of these values, following a transient postoperative decline, whereas in the RATS group a postoperative deficit persisted even after four weeks. The most pronounced and statistically significant differences were observed in the evaluation of lateral muscle strength asymmetry, where the UVATS group achieved a faster return to muscle symmetry between the operated and non-operated side. RMS values (root mean square, the mean quadratic value of the EMG signal) demonstrated a postoperative increasing trend in both groups, with a more pronounced increase in electrical activity observed in the UVATS group. On the non-operated side, an increase in RMS values was recorded, which may indicate contralateral neuromuscular adaptive mechanisms. However, several observed trends did not reach statistical significance.

Conclusions: The presented study supports the importance of structured perioperative rehabilitation and prehabilitation as an integral part of modern thoracic surgical care. The combination of a minimally invasive surgical approach, objective functional assessment using dynamometry and surface electromyography, and targeted rehabilitation represents a promising approach to optimizing early postoperative recovery. The obtained results suggest that UVATS may be associated with a more favorable profile of neuromuscular recovery in the early postoperative period compared to RATS; however, definitive confirmation of this conclusion requires further research.

ÚVOD

Hrudníková chirurgia prešla v posledných desaťročiach výrazným vývojom, ktorý zásadne zmenil perioperačnú starostlivosť aj očakávané výsledky liečby. Od 90. rokov 20. storočia sa do klinickej praxe postupne zaviedli miniinvasívne torakochirurgické prístupy, najmä videoasistovaná torakoskopická chirurgia (VATS), ktoré priniesli v porovnaní s klasickou torakotómiou menšiu operačnú traumu, nižšiu pooperačnú bolesť, kratšiu hospitalizáciu a rýchlejšiu

rekonvalescenciu (Wong et al., 2018). V posledných rokoch sa do popredia dostáva aj roboticky asistovaná hrudníková chirurgia (RATS), ktorá rozširuje technické možnosti miniinvazívnych výkonov a predstavuje ďalší stupeň technologického rozvoja v torakochirurgii.

Napriek nepochybnému technickému pokroku však úspech hrudníkovej operácie nezávisí len od samotného chirurgického výkonu. Významným faktorom zostáva aj funkčný stav pacienta pred operáciou a kvalita perioperačnej rehabilitačnej starostlivosti. Pacienti indikovaní na torakochirurgický výkon často vstupujú do liečby so zníženou fyzickou výkonnosťou a nižšou toleranciou záťaže, ktoré môžu nepriaznivo ovplyvniť pooperačný priebeh. Rehabilitácia a prehabilitácia preto môžu podporiť funkčnú pripravenosť pacienta, zlepšiť zvládnutie chirurgickej záťaže a urýchliť zotavenie po operácii (Langer, 2021).

V kontexte moderných perioperačných prístupov získava osobitný význam koncept Enhanced Recovery After Thoracic Surgery (ERATS), ktorý zdôrazňuje multimodálnu, štandardizovanú a interdisciplinárnu starostlivosť s cieľom znížiť chirurgický stres, skrátiť dĺžku hospitalizácie a urýchliť návrat pacienta k funkčnej samostatnosti. Rehabilitačné intervencie, skorá mobilizácia, respiračný tréning, edukácia pacienta a kontinuita starostlivosti po prepustení predstavujú prirodzené súčasti tohto konceptu. Napriek tomu však zostáva klinická evidencia týkajúca sa konkrétneho vplyvu cieľenej rehabilitácie na neuromuskulárne zotavenie po miniinvazívnej torakochirurgii obmedzená. Dostupné práce sa častejšie zameriavajú na všeobecné perioperačné ukazovatele, ako sú komplikácie, dĺžka hospitalizácie alebo kvalita života, než na objektívne hodnotenie obnovy svalovej funkcie a svalovej aktivity (Langer, 2021). Osobitne limitované sú poznatky o tom, ako jednotlivé miniinvazívne operačné prístupy ovplyvňujú pooperačnú funkciu svalov hrudnej steny a aký význam má v tomto procese cieľene vedená rehabilitácia. Hoci VATS aj RATS predstavujú miniinvazívne techniky, ich biomechanický a funkčný dopad na svaly hrudnej steny nemusí byť totožný. Pri operačných výkonoch môže dochádzať k odlišnému rozsahu poškodenia svalov, k rôznemu zapojeniu svalov hrudnej steny a k rozdielnemu ovplyvneniu pooperačnej svalovej sily aj neuromuskulárnej aktivity. Zároveň v tejto oblasti chýbajú štúdie, ktoré by využívali objektívne metódy funkčného hodnotenia, ako sú povrchová elektromyografia a dynamometria, a prepájali ich s prakticky realizovaným rehabilitačným programom (Campanini et al., 2020; Langer, 2021).

Predkladaná práca vychádza z potreby objektivizovať vplyv cieľenej rehabilitácie a prehabilitácie na pooperačné zotavenie pacientov po miniinvazívnej hrudníkovej chirurgii. Jej zámerom je nielen porovnať dva súčasné miniinvazívne operačné prístupy, ale aj vytvoriť a klinicky aplikovať štandardizovaný rehabilitačný program podporený edukačným videom a mobilnou aplikáciou. Takto koncipovaný prístup reflektuje súčasný trend individualizovanej, digitálne podporovanej a multidisciplinárnej zdravotnej starostlivosti, v ktorej sa spája chirurgická expertíza s rehabilitačnou medicínou, fyzioterapiou a modernými technológiami (Hume et al., 2022; Langer, 2021).

Hlavným cieľom práce je zhodnotiť vplyv cieľenej rehabilitácie na mieru zotavenia po uniportálnej videoasistovanej torakoskopii a porovnať ju s roboticky asistovaným prístupom prostredníctvom objektívneho merania svalovej sily a elektrickej aktivity vybraných svalov hrudnej steny. Práca je koncipovaná ako multidisciplinárna, pretože vychádza z predpokladu, že optimálny výsledok hrudníkovej operácie nie je daný iba technicky správne vykonaným výkonom, ale aj kvalitou perioperačnej prípravy, rehabilitácie a následnej funkčnej obnovy pacienta. V tomto zmysle nadväzuje moderný koncept torakochirurgickej starostlivosti, v ktorom sa chirurgický výsledok a rehabilitačný výsledok navzájom podmieňujú a dopĺňajú.

SÚBOR A METÓDY

Charakteristika súboru pacientov

Prospektívna štúdia bola realizovaná na Klinike hrudníkovej chirurgie JLFUK a UN v Martine počas rokov 2024 a 2025. Súbor pacientov bol kreovaný v dvoch ramenách – uniportal VATS a RATS bez zohľadnenia typu výkonu, výberových kritériom bol iba operačný prístup (UVATS v.s. RATS). Oba súbory pacientov boli analyzované na základe porovnania svalovej elektrickej aktivity vybraných chirurgickým výkonom tangovaných svalov hrudnej steny – serratus anterior (S) a latissimus dorsi (L) meranou pomocou povrchovej EMG. Sila aktivity svalov bola kvantifikovaná pomocou dynamometra. Štúdia bola schválená Etickou komisiou Jesseniova lekárska fakulta v Martine (EK76/2021).

Do štúdie bolo zaradených 25 pacientov, ktorí podpísali informovaný súhlas a podstúpili torakochirurgický operačný výkon realizovaný minimálne invazívnym prístupom, a to roboticky asistovanou torakoskopiou (RATS) alebo

uniportálnou videoasistovanou torakoskopiou (UVATS). Z pôvodne zaradených 25 pacientov absolvovalo 17 pacientov plánované merania. Zvyšní 8 pacienti neabsolvovali kompletný rozsah meraní z dôvodu plánovanej onkologickej liečby alebo iných klinických a logistických okolností. Do finálnej analýzy meraní boli zahrnutí len pacienti s dostatočne kompletnými údajmi, ostatní pacienti boli z tejto časti analýzy vyradení pre neúplné dáta. Na základe toho finálny analyzovaný súbor tvorilo 17 pacientov (tab 1), z toho 10 žien a 7 mužov. RATS bola vykonaná u 8 pacientov a VATS u 9 pacientov. Operačný výkon bol realizovaný na pravej strane u 10 pacientov a na ľavej strane u 7 pacientov.

Tabuľka 1 Základná charakteristika analyzovaného súboru pacientov (n=17)

Parameter	Hodnota
Pohlavie (Ž/M)	10/7 (58,8/41,2 %)
Typ výkonu (RATS/UVATS)	8/9 (47,1/52,9 %)
Strana (P/L)	10/7 (58,8/41,2 %)
Priemerný Vek $\pm$ SD , median (rozsah)	63 $\pm$ 15; 66 (30–81)
Priemerná BMI $\pm$ SD (kg/m ²) , median, (rozsah)	26,8 $\pm$ 6,0; 26,2 (17,6–41,1)
BMI kategórie	Podváha 2; Norma 6 ; Nadváha 6 ; Obezita 3

V skupine pacientov operovaných pomocou UVATS bol zaznamenaný kratší čas extrakcie hrudného drénu aj kratšia dĺžka hospitalizácie v porovnaní so skupinou RATS. Výskyt sledovaných komplikácií bol v oboch skupinách nízky (tab 2).

Tabuľka 2 Pooperačné ukazovatele analyzovaného súboru pacientov podľa typu operačného prístupu

Parameter	RATS (n = 8)	UVATS (n = 9)
Drenáž priemer, median, $\pm$ SD (rozsah), dni	3, 2.5, 2.3, (1–8)	1.6 , 1, 0.9 (1–3)
Hospitalizácia priemer, medián , $\pm$ SD, (rozsah), dni,	5.8, 5.5, 1.7, (4–9)	4.3, 4, 0.5, (4–5)
Komplikácie, n	1 (air leak)	0

SEMG meranie, meranie svalovej sily

Meranie elektrickej aktivity akčného potenciálu m. serratus anterior (S) a m. latissimus dorsi (L), bolo realizované povrchovým elektromyografickým prístrojom (SEMG) Delsys Bagnoli (Inc., Boston, MA, US).

Na meranie svalovej sily (kg) bol použitý dynamometer Activeforce (2. 4350 Executive Drive, Suite 200 San Diego, CA 92121, United States). Prvé meranie bolo vykonané predoperačne pri prijíme pacienta (M1), druhé meranie bolo vykonané po operácii po extrakcii hrudníkového drénu pred prepustením do ambulantnej starostlivosti (M2). Tretie meranie bolo vykonané o štyri týždne po operácii v rámci pooperačnej kontroly (M3). Merania boli zrealizované na operovanej (O) aj neoperovanej strane (Z).

Pred meraním bolo potrebné vylúčiť pacientov s kontraindikáciami použitia SEMG. Ide o pacientov: s implantovanými elektronickými zariadeniami akéhokoľvek druhu, s podráždením kože alebo s otvorenými ranami v mieste pripojenia elektród k telu, s alergiou na striebro.

Pred použitím EMG senzorov bolo potrebné dodržať nasledovné body:

- Pred každým použitím SEMG všetky snímače skontrolované z hľadiska známok mechanického poškodenia.
- Sensory boli vyčistené a ošetrené s izopropylalkoholom.
- Pre správnosť merania bola kontrolovaná tesnosť senzorov.

Príprava pacienta

Účastníci mali na merania vhodné oblečenie umožňujúce priamy kontakt elektród s pokožkou. Miesta aplikácie boli štandardizovane pripravené; neutrálna elektróda bola umiestnená laterálne na členok. Koža bola očistená izopropylalkoholom.

Pred meraním svalovej sily a akčného potenciálu boli pacienti verbálne aj názorne poučení o postupe a technike. Po nácviku manévru sa začalo meranie. Všetky parametre a dáta boli zaznamenané podľa protokolu štúdie. (obr.1).

Každý pacient zapojený do štúdie bol informovaný o účasti v klinickej štúdii a podpísal súhlas so spracovaním osobných údajov.

Komplexný štandardizovaný rehabilitačný protokol

Fyzioterapeuti a sesterský personál boli pred realizáciou intervencie oboznámení so štandardizovaným rehabilitačným protokolom a s obsahom edukačných materiálov. V termínoch 6. marca 2023 a 2. novembra 2023 boli zrealizované odborné školenia personálu na Klinike hrudníkovej chirurgie JLFUK a UNM. Ich úlohou bolo zabezpečiť jednotnú interpretáciu inštrukcií, správny nácvik jednotlivých techník, priebežnú kontrolu vykonávania rehabilitácie a metodické vedenie pacientov počas celého sledovaného obdobia. Týmto spôsobom sa zabezpečila štandardizácia intervencie naprieč sledovaným súborom pacientov.

Pred prvým meraním pacienti absolvovali individuálne rehabilitačné sedenie s fyzioterapeutom, ktoré zahŕňalo dychovú gymnastiku, nácvik stereotypu dýchania, posilňovanie jadra tela, aeróbne cvičenie, mobilizáciu hrudníka, hygienu dýchacích ciest s použitím dýchacích pomôcok, stimulačnú spirometriu, flutter, Acapellu, fonetické dýchanie, korekciu postoja a aktiváciu hlbokého stabilizačného systému alebo posilňovania vnútorných svalov.

Posilňovanie nádychu s inspiračnou pomôckou, opakuje sa 3x denne 10 – 20 opakovaní alebo 5 minút (aj s pauzami).

Pri posilňovaní výdychu sa pomôcka vloží medzi zuby, nastaví sa odpor na pomôcke, nasleduje pomalý výdych.

Expiračná pomôcka na dolné dýchacie cesty PARI-O-PEP. Pomôcka sa drží horizontálne, po nádychu nosom nasleduje spomalený výdych cez pomôcku ústami, pričom sa jej sklon reguluje podľa potreby. Opakuje sa 3x denne 10 – 20 opakovaní alebo 5 minút (aj s pauzami).

Korekcia sedu sa realizuje v polohe nôh v 90 stupňovom uhle s vystretým chrbtom, otvoreným hrudným priestorom a s rukami voľne položenými.

Aktívny cyklus dýchacích techník

Kontrolované dýchanie – nádychom nosom sa otvára hrudník, nasleduje výdych nosom alebo ústami. Opakuje sa 3x denne, 4 – 5 opakovaní.

Nácvik hrudnej pružnosti - nádych nosom, pri maximálnom nádychu zadržanie dychu na cca 3 sekundy a výdych. Opakuje sa 3 x denne, 10 – 20 opakovaní alebo 5 minút (aj s pauzami).

Technika úsilného výdychu (huffing) bude trénovaná v troch stupňoch:

1. nízkostupňový huffing bez veľkého úsilia. Začína nádychom cez nos a výdychom ústami s povzdychnutím. Opakuje sa 3x denne, 10 – 20 opakovaní alebo 5 minút (aj s pauzami).

2. strednестupňový s intenzívnejším výdychom ústami než v prvom stupni. Opakuje sa 3x denne, 10 – 20 opakovaní alebo 5 minút (aj s pauzami).

3. môže byť spojený aj s kašľom. Precvičuje sa na použite neskôr po operácii, resp. až keď je hrudná stena úplne zahojená. Začína nádychom nosom, pokračuje silnejší výdych ústami s ľahkým odkasľaním 1 – 2x. Opakuje sa 3x denne, 10 – 20 opakovaní alebo 5 minút (aj s pauzami). Každé dychové cvičenie začína správnou hygienou dýchacích ciest. Čistenie nosa predstavuje nenásilné stlačenie jednej nosovej dierky, potom druhej, voľne výdychom vyčistenie dýchacích ciest.

Dýchacia gymnastika v sede a stojí

Statická dýchacia gymnastika v sede sa vykonáva pri vzpriamenom držaní tela, nohy sú v 90 stupňovom uhle, ruky sú priložené pod rebrovým oblúkom alebo na hrudníku. Kontrolovaný nádych nosom, výdych nosom alebo ústami sa opakuje sa 3x denne 10 – 20 opakovaní alebo 5 minút (aj s pauzami).

Dynamická gymnastika predstavuje vzpriamené držanie tela, nohy sú v 90 stupňovom uhle. Kontrolovaný nádych nosom, pri nádychu pacient vzpaží ruky, vydychuje nosom alebo ústami a pri výdychu ruky pripaží. Opakuje sa 3x denne 10 – 20 opakovaní alebo 5 minút (aj s pauzami).

Dychová gymnastika v stoji sa precvičuje s nádychom predpaženie rúk smerom hore, s pomalým výdychom ruky smerujú naspäť k telu a následne sa môže cvik opakovať s rukami smerujúcimi do strán. (Slavíková a Švíglerová, 2012; Kolář et al., 2013; Guth, 2015).

- **Dýchacia gymnastika v ľahu** precvičuje mobilizačné dýchanie vedomým prehĺbením dýchania v určitej oblasti. Pacient si rukou chytí rebrá. Stredne silný tlak pôsobí aktivačne a zvyšuje svalovú prácu. Veľmi silný tlak pôsobí stimulačne na okolité tkanivo. Bránicové dýchanie:
 - brušná dutina sa vyklenuje, nádych začína nosom, dych pokračuje do hrudníka, pri výdychu, postupuje dychová vlna od panvy ku bránici, na koniec sa vydychuje z pľúc, ruky sa môžu položiť na hrudník alebo brucho, opakuje sa 3x denne 10 - 20 opakovaní alebo 5 minút (aj s pauzami), dôležité je, aby sa aktivovali všetky brušné svaly (aj šikmé)
- **Aeróbna záťaž** predstavuje pre pacienta najväčší benefit v rámci predoperačnej prípravy pacienta a v rekonvalescenčnej fáze po operácii. Najlepšia aeróbna záťaž je prirodzená, zdravá chôdza. Chôdza sa odporúča 2-3x denne aspoň 15-30 minút denne, a to v takom tempe, aby sa pacienti príjemne zadýchali a nelapali na dychu.
- **Cievna gymnastika** je dôležitá pred aj po operácii. Začína sa cvičením chodidiel – striedavo plantárna flexia a extenzia oboma končatinami. Po operácii pacient môže pridať aj cievnu gymnastiku horných končatín – opakované stláčanie rúk do päste. Pred operáciou sa používal aj bicykel.
- **Hlboký stabilizačný systém** precvičuje správny stereotyp dýchania. Pacient pokrčí kolená, ruky položí na podbruško, aby cítil, že sa brucho aktivuje. Podsadí panvu a dýcha. Následne uvoľní panvu. Tento cvik sa opakuje 2x denne 10 až 20 opakovaní alebo v trvaní 5 minút (aj s pauzami).
- Cvičenia sa realizovali v rôznych polohách:
- Poloha na chrbte s mierne podloženými kolenami. Nádych nosom, výdychová vlna prechádza do brucha a výdych.
- Poloha na boku/poloboku s podloženým vankúšom. Spodná dolná končatina je vyrovnaná, vrchná pokrčená. V tejto polohe pacient predýchava – nádych, výdych, nádych, výdych... Dolná strana otočená k podložke je blokovaná, horná strana sa môže neobmedzene rozpínať.
- Poloha na bruchu.

Na zabezpečenie jednotnosti edukácie a dostupnosti rehabilitačných inštrukcií mimo priameho kontaktu s fyzioterapeutom bol každému pacientovi sprístupnený obsah prostredníctvom mobilnej aplikácie BodyFix, ktorej boli dodané všetky nami vytvorené video materiály pre aplikáciu (Obr 2). Aplikácia obsahovala komplexný manuál používania a inštruktážne videá zostavené fyzioterapeutmi, ktoré prezentovali jednotlivé rehabilitačné techniky zaradené do štandardizovaného protokolu. Od spustenia aplikácie sme za cca 35 mesiacov zaznamenali viac ako 530 prihlásení do aplikácie. Pacienti mali možnosť tieto materiály opakovať a bezplatne sledovať pred operáciou aj v pooperačnom období, čím sa podporila kontinuita rehabilitácie, správnosť vykonávania cvičení a adherencia k odporúčanému režimu. Inštruktážne videá boli nainštalované na televízne obrazovky na patientskych izbách a denne opakované premietané pacientom.

• Obrázok 2 Informácia k aplikácii Body Fix

Priebeh merania

Účastníci boli inštruovaní, aby vyvinuli maximálnu silu proti dynamometru podľa pokynov výskumníka. Merania prebiehali v troch opakovaníach v trvaní 5 minút. Každý manéver trval približne 30 sekúnd a po každom meraní nasledovala dvojminútová pauza na predchádzanie svalovej únavy.

Umiestnenie elektród a manéver m. serratus anterior SEMG

Na získanie aktivity (S) sa elektródy sEMG aplikovali na úrovni processus xiphoideus v strednej axilárnej línii alebo v 6. – 8. medzirebrovom priestore. Pacient sedel vzpriamene s flexiou kolena 90° a v bedrovom kĺbe. Pozícia na meranie bola stanovená s 90° flexiou v ramennom kĺbe, pričom lakťový kĺb bol buď vo 90° flexii, alebo v plnej extenzii (obr. 3, obr. 4). Pacient bol vyzvaný, aby tlačil lakťom alebo päťou proti dynamometru držanému vyšetrujúcim a vykonával tak maximálne samovoľné izometrické kontrakcie (MVC) pre normalizáciu signálu. Elektróda musela byť umiestnená pozdĺž svalových vlákien.

Umiestnenie elektród a manéver m. latissimus dorsi SEMG

Pri (L) boli elektródy umiestnené nad svalovým tkanivom 5 cm pod a 3 cm laterálne od dolného uhla lopatky, pozdĺž línie spájajúcej najvrchnejší bod zadnej axilárnej riasy a výbežok S2. (obr. 5, obr. 6) Účastník bol v pronácii, s ramenom v internej rotácii, miernej abdukcii a extenzii. Pacient distálnym humerom kládol odpor addukciou a extenziou voči dynamometru Activeforce 2 vyšetrujúceho a vykonával MVC (Barbero et al., 2012, Merletti, 2016).

Štatistická analýza

EMG záznamy boli filtrované pomocou filtra pásmová priepust s frekvenciami 20 – 400 Hz. Následne boli EMG signály rektifikované, pomocou plávajúceho okna s dĺžkou 200 ms a prekryvom 100 ms boli vypočítané hodnoty RMS (root mean square). Takto upravené signály boli normalizované voči záznamu, ktorý obsahoval MVC zodpovedajúceho svalu vykonanú a zaznamenanú pred chirurgickým výkonom. Na takto upravených signáloch bola vykonaná amplitúdová analýza. Výsledky sú uvádzané v tvare aritmetický priemer $\pm$ SE (štatistická chyba). Štatistické spracovanie dát bolo vykonané v softvéri GraphPad InStat. Normalita údajov bola testovaná pomocou Kolmogorovovho–Smirnovovho testu normality. Na štatistickú analýzu sa primárne použila klasická analýza rozptylu (neparametrická ANOVA). Ak údaje nespĺňali predpoklad normality, použil sa Friedmanov alebo Kruskalov–Wallisov test s Dunnovými post-hoc testami. MVC meraná dynamometrom bola analyzovaná ako spojitá premenná. Pre jednotlivé merania boli vypočítané základné deskriptívne charakteristiky (priemer, smerodajná odchýlka, medián, rozsah). Hodnoty boli vyhodnocované samostatne pre operovanú a neoperovanú stranu, podľa typu operačného výkonu a časového bodu merania. Rozdiel medzi stranami bol hodnotený pomocou parametra Peak Force %Diff, vyjadrujúceho percentuálny rozdiel maximálnej svalovej sily operovanej strany vzhľadom na neoperovanú.

$$\text{Peak Force \%Diff} = \frac{\text{Peak Force}_{\text{neoperovaná}} - \text{Peak Force}_{\text{operovaná}}}{\text{Peak Force}_{\text{neoperovaná}}} \times 100$$

Na porovnanie závislých výberov bol použitý párový t-test alebo Wilcoxonov test, pri nezávislých skupinách nepárový t-test, jednofaktorová ANOVA alebo ich neparametrické alternatívy. Normalita dát bola overená pred výberom testu a štatistická významnosť bola stanovená na hladine $p < 0,05$.

VÝSLEDKY

Vyhodnotenie RMS

Elektrická aktivita sledovaných svalov bola hodnotená pomocou parametra RMS (root mean square), ktorý predstavuje strednú kvadratickú hodnotu EMG signálu. Na zabezpečenie porovnateľnosti medzi jednotlivými pacientmi a meraniami boli hodnoty RMS normalizované a vyjadrené ako percento maximálnej voluntárnej kontrakcie.

Elektrická aktivita svalu m. latissimus dorsi na operovanej strane (LO) (graf. 1) bola v skupine pacientov po UVATS pred operáciou 49,7 % (SE 4.5%). Pooperačne stúpala na 67,5 % (SE 18.6%) a po štyroch týždňoch dosiahla až 146,9 % (SE 74 %), čo predstavuje takmer trojnásobné zvýšenie oproti východiskovému stavu. Tento trend nie je štatisticky signifikantný, ale môže poukazovať na obnovenie neuromuskulárnej aktivity a efektívny vplyvom rehabilitačného programu. V skupine RATS bola RMS aktivita východiskovo nižšia 39,4 % (SE 6.3%) a pooperačne stúpala na 50,5

% (SE 16.2%). Po štyroch týždňoch dosiahla hodnotu 75,8 % (SE 18.4%). Hoci trend nárastu bol zachovaný, celkové hodnoty RMS zostávali nižšie ako v skupine UVATS, čo môže naznačovať menšiu obnovu svalovej aktivácie alebo rozdielne prispôbenie svalu na fyzickú záťaž po výkone. Aktivita svalu m. latissimus dorsi na neoperovanej (LZ) strane (graf č. 2) v skupine UVATS bola predoperačne na hodnote 63,3 % (SE 7.2%) a pooperačne sa mierne zvýšila na 67,7 % (SE 20.4%). Po štyroch týždňoch však došlo k výraznému nárastu RMS až na 109,0 % (SE 76.7%), čo predstavuje takmer dvojnásobné zvýšenie aktivity oproti M1. Tento vývoj môže odrážať nielen kompenzačnú aktiváciu zdravej strany, ale aj všeobecné zlepšenie svalovej koordinácie vďaka intenzívnej rehabilitácii. V skupine RATS boli východiskové hodnoty nižšie 41,2 % (SE 5.5%) a počas sledovania sa takmer nezmenili – hodnoty po 4 týždňoch dosiahli len 47,3 % (SE 16.4%). Absencia významného nárastu môže poukazovať na nižšiu intenzitu svalového zapojenia v rámci individuálnych rozdielov alebo rozdielnu adaptáciu na rehabilitačný proces. Aj keď sú získane výsledky bez štatistických rozdielov, tieto zistenia podporujú hypotézu, že cieľná rehabilitácia ovplyvňuje nielen operovanú, ale aj zdravú stranu.

Hodnotenie elektrickej aktivity svalu m. serratus anterior na operovanej strane (SO) (graf č. 3) pomocou RMS (%) ukázalo odlišné trendy v závislosti od typu operačného prístupu. V skupine UVATS bola predoperačná RMS aktivita 45,9 % (SE 5.1%) Pooperačne sa zvýšila na 70,1 % (SE 19.6%) a po 4 týždňoch dosiahla hodnotu 90,2 % (SE 42.5%). Tento postupný a výrazný nárast naznačuje efektívne obnovenie svalovej funkcie a dobrú odpoveď na rehabilitačný program. Naopak, v skupine RATS bola východisková hodnota podobná 44,7 % (SE 6.8%), no v čase M2 poklesla na 40,9 % (SE 8.1%), čo môže súvisieť s pooperačným znížením svalovej aktivácie. V čase M3 došlo k nárastu na 71,4 % (SE 22.7%), čo môže naznačovať, že k zotaveniu sice dochádza, avšak v porovnaní so skupinou UVATS je jeho priebeh oneskorený a menej výrazný. Získané výsledky nie sú štatisticky významné.

RMS analýza neoperovaného (zdravého) m. serratus anterior (SZ) (graf č. 4) ukázala vzostupný trend elektrickej aktivity vo všetkých časových bodoch oboch operačných prístupov. V skupine UVATS bola predoperačná hodnota RMS 50,3 % (SE 4.6%), ktorá sa postupne zvýšila na 60,3 % (SE 12.1%) (M2) a na 78,0 % (SE 29.9%) (M3). Tento nárast naznačuje pozitívny dopad rehabilitačného programu aj na neoperovanú stranu, pravdepodobne v dôsledku symetrického cvičenia a kompenzačných pohybových vzorcov. V skupine RATS sa RMS hodnoty pohybovali na úrovni 52,7 % (SE 6.8%) (M1), 55,1 % (SE 13.1%) (M2) a 62,2 % (SE 18.8%) (M3), čo predstavuje len mierne zlepšenie. Aj v tejto skupine bol zaznamenaný pozitívny trend. Avšak výsledky sú bez dosiahnutej štatistickej významnosti. V ďalšej časti boli analyzované percentuálne rozdiely hodnôt RMS medzi operovanou a neoperovanou stranou jednotlivých sledovaných svalov. Tento ukazovateľ mohol umožniť posúdenie miery laterálnej asymetrie elektrickej aktivity svalov a zároveň naznačiť priebeh funkčnej obnovy svalovej aktivácie v jednotlivých časových bodoch merania a medzi porovnávanými skupinami pacientov.

Porovnanie RMS rozdielov medzi (LO vs. LZ) (graf č. 5) mohol naznačovať rozdielnu dynamiku medzi skupinami UVATS a RATS. V skupine UVATS bol zaznamenaný výraznejší nárast rozdielu z 18,1 % (SE 9.9%) (M1) na 27,7 % (SE 5%) (M2) a následne na až 69,2 % (SE 50.6%) (M3), čo naznačuje rastúcu asymetriu EMG aktivity napriek rehabilitácii. Tento trend však sprevádzala vysoká variabilita medzi účastníkmi. Naproti tomu v skupine RATS bol RMS rozdiel na M1 len 12,6 % (SE 1.8%), pričom na M2 vzrástol na 33,5 % (SE 13.3%), a na M3 mierne poklesol na 29,2 % (SE 11.6%). Výsledky nie sú štatisticky významné.

Rozdiel v RMS signáli medzi (SO vs. SZ) (graf č. 6) bol zaznamenaný vo všetkých časových bodoch v skupinách UVATS aj RATS. V skupine UVATS sa rozdiel významne zvýšil z predoperačných 8,6 % (SE 1.7%) na 26,1 % (SE 11.9%) pooperačne (M2) a kulminoval na 50,8 % (SE 21.4%) po 4 týždňoch (M3), čo poukazuje na výraznú asymetriu svalovej aktivácie, pravdepodobne súvisiacu s chirurgickým zásahom a pooperačnou adaptáciou. V skupine RATS boli rozdiely nižšie – z 10,9 % (SE 2.9%) (M1) sa zvýšili na 31,8 % (SE 7.7%) (M2) a mierne klesli na 37,3 % (SE 11.9%) (M3). Tieto výsledky ale nie sú štatisticky signifikantné.

Vyhodnotenie priemerných hodnôt maximálnej svalovej sily

Svalová sila LO (graf č. 7) bola hodnotená dynamometrom v troch časových bodoch (M1, M2, M3). V skupine pacientov operovaných metódou UVATS bola priemerná sila predoperačne 12,6 kg (SE 1.1kg), pooperačne poklesla na 11,2 kg (SE 0.9kg), a následne sa po štyroch týždňoch zvýšila až na 13,2 kg (SE 1.7kg). Tento vývoj poukazuje na prechodné oslabenie po operácii s následným zotavením a dokonca nárastom svalovej sily v porovnaní s

východiskovým stavom. V skupine operovanej metódou RATS bola predoperačná sila nižšia 9,1 kg (SE 1.1kg), a pooperačne došlo k výraznejšiemu poklesu na 6,8 kg (SE 1kg). Po štyroch týždňoch sa sila zvýšila len na 7,6 kg (SE 1.2kg), čo môže znamenať, že zotavenie nebolo úplné a pooperačné hodnoty zostali nižšie ako východiskové. Výsledky poukazujú na rozdielne dynamiky zotavenia medzi oboma operačnými prístupmi. Zatiaľ čo pri UVATS došlo k návratu a dokonca zlepšeniu svalovej sily, pri RATS ostáva svalová sila po 4 týždňoch stále výrazne pod predoperačnými hodnotami. Avšak uvedené je bez štatistickej signifikantnosti.

Svalová sila LZ (graf č. 8) bola v oboch skupinách hodnotená ako referenčný údaj pre porovnanie s operovanou stranou. V skupine UVATS bola predoperačná sila 12,5 kg (SE 1.1kg), pričom v čase M2 dosiahla 12,7 kg (SE 1.2kg), a v čase M3 dokonca 13,2 kg (SE 1.7kg). Táto progresia naznačuje, že rehabilitácia mohla mať pozitívny celkový efekt aj na neoperovanú stranu, pravdepodobne v dôsledku symetrických cvičení alebo celkovej aktivácie pacientov. V skupine RATS bola priemerná sila m. latissimus dorsi na neoperovanej strane stabilná počas všetkých meraní, bez výrazných zmien 8,8 – 8,8 – 8,7 kg (SE 1.2- 1.1- 1.3 kg). Oproti skupine UVATS sú hodnoty nižšie vo všetkých časových bodoch. Tento rozdiel môže odrážať rozdiely vo východiskovom fyzickom stave pacientov alebo inú úroveň svalovej aktivácie pri RATS skupine. Výsledky ukazujú, že zatiaľ čo UVATS skupina vykazuje pozitívny vývoj aj na neoperovanej strane, v skupine RATS nedochádza k výraznej zmene, pričom nejde o štatisticky signifikantné výsledky.

Svalová sila SO (graf č. 9) sa po operačnom zákroku znížila v oboch skupinách, pričom dynamika zotavenia sa líšila podľa typu prístupu. V skupine UVATS bolapredoperačná sila 13,6 kg (SE 1.2kg), pričom pooperačne klesla na 10,5 kg (SE 0.7kg). Po 4 týždňoch však došlo k významnému zlepšeniu – hodnota 12,2 kg (SE 1.6kg) a môže svedčiť o účinnosti rehabilitácie a návrate k pôvodnej funkcii svalu. V skupine RATS bola predoperačná sila nižšia 10,2 kg (SE 1.4kg). Pooperačne nastal výrazný pokles na 7,7 kg (SE 0.9kg), čo môže poukazovať na vyššiu mieru oslabenia. Po štyroch týždňoch sa síce pozorovalo zlepšenie 9,1 kg (SE 1.2kg), ale oproti východiskovej hodnote stále pretrvávajú deficit. Opäť nejde o štatisticky signifikantné výsledky. V rámci sledovania nepoškodeného SZ (graf č. 10) neboli zaznamenané výrazné zmeny v priebehu času v žiadnej zo skupín. čo naznačuje stabilitu výkonu počas sledovaného obdobia a nepriamy dôkaz o účinnosti celkovej rehabilitácie, aj na neoperovanej strane. Rozdiely nie sú štatisticky významné.

Percentuálny rozdiel maximálnej svalovej sily medzi operovanou a neoperovanou stranou

V rámci hodnotenia percentuálneho rozdielu maximálnej svalovej sily medzi LO a LZ (graf č. 11) boli pozorované výrazné rozdiely v dynamike zotavenia medzi operačnými prístupmi UVATS a RATS. U pacientov operovaných UVATS bola východisková asymetria minimálna 4,5 % (SE 0.9%). Pooperačne sa asymetria významne zvýšila na 14,2 % (SE 3.8%), M1 VS M2 ($p < 0,05$), čo poukazuje na prechodné oslabenie LO. V čase M3 došlo k úplnému zotaveniu – percentuálny rozdiel klesol späť na 4,0 % (SE 1.7%) M2 vs M3 ($p < 0,05$), čo naznačuje efektívne obnovenie funkčnosti operovaného svalu. V RATS skupine bola východisková asymetria mierne vyššia 6,1 % (SE 1.4%), avšak pooperačne sa výrazne prehĺbila na 24,3 % (SE 3.6%), čo predstavuje najvyšší štatisticky významný rozdiel v celom súbore ($p < 0,01$). Hoci v čase M3 došlo k poklesu na 13,2 % (SE 4.1%), asymetria pretrvávala a zotavenie nebolo úplné. Tieto výsledky poukazujú na to, že funkčné oslabenie LO je výraznejšie a dlhodobejšie v skupine RATS v porovnaní s UVATS, kde sa asymetria normalizovala do 4 týždňov.

Pri hodnotení percentuálneho rozdielu svalovej sily medzi SO vs. SZ (graf č. 12) boli zaznamenané významné zmeny v čase v oboch operačných skupinách. V skupine UVATS bola predoperačná asymetria minimálna 3,3 % (SE 0.7%). Po operácii došlo k výraznému zhoršeniu funkcie, s nárastom asymetrie na 23,6 % (SE 2.8%) ($p < 0,001$). Po štyroch týždňoch došlo k významnému zlepšeniu na 11,3 % (SE 3.4%) ($p < 0,05$), čo poukazuje na účinnosť cielenej rehabilitácie. V skupine RATS bola už predoperačná asymetria vyššia 8,0 % (SE 2.5%) Po operácii (M2) narástla až na 23,5 % (SE 5%) ($p < 0,01$), čím dosiahla takmer identickú hodnotu ako UVATS. Po štyroch týždňoch poklesla asymetria na 11,8 % (SE 1.7%), avšak tento rozdiel oproti M2 nedosiahol štatistickú významnosť. Porovnanie medzi skupinami ukazuje, že hoci sa pooperačné zhoršenie funkcie prejavilo u oboch prístupov, UVATS skupina dosiahla rýchlejšia štatisticky preukázateľnejší návrat k symetrii. To môže svedčiť o rozdieloch vo vplyve prístupov na funkčnosť svalu S alebo o rozdielnej odpovedi na rehabilitáciu.

1 DISKUSIA

Predkladaná prospektívna komparatívna štúdia objektívne hodnotí pooperačné neuromuskulárne zotavenie po miniinvazívnej hrudníkovej chirurgii a porovnáva uniportálnu videoasistovanú torakoskopickú chirurgiu (UVATS) s roboticky asistovanou hrudníkovou chirurgiou (RATS). Ide o oblasť, ktorá je v hrudníkovej chirurgii a rehabilitačnej medicíne stále nedostatočne preskúmaná.

Hoci sú prínosy miniinvazívnej hrudníkovej chirurgie, ako redukcia pooperačnej bolesti, kratšia doba hrudníkovej drenáže a kratšia hospitalizácia, dobre zdokumentované (Wong et al., 2018; Pan et al., 2024), dôkazy zamerané na pooperačné funkčné a neuromuskulárne rehabilitačné výsledky zostávajú obmedzené. Podľa našich vedomostí sú klinické dôkazy hodnotiace neuromuskulárne výsledky súvisiace s rehabilitáciou pomocou povrchovej elektromyografie po miniinvazívnej torakochirurgii stále veľmi zriedkavé. V tomto kontexte naša štúdia prináša nové klinické poznatky integráciou povrchovej elektromyografie a dynamometrického hodnotenia svalovej sily do posudzovania perioperačných rehabilitačných stratégií. Hlavné výsledky našej štúdie naznačujú priaznivejší trend skorého funkčného zotavenia u pacientov operovaných prístupom UVATS v porovnaní so skupinou RATS. Tento trend sa prejavil najmä rýchlejšou obnovou svalovej sily a skorším návratom symetrie medzi operovanou a neoperovanou stranou, predovšetkým pri parametri Peak Force %Diff. V skupine UVATS sa zároveň pozoroval trend k vyššej pooperačnej svalovej aktivácii meranej pomocou RMS, hoci nie všetky rozdiely dosiahli štatistickú významnosť. Výsledky zároveň poukazujú na význam štruktúrovanej perioperačnej rehabilitácie ako dôležitého faktora funkčného zlepšenia v oboch skupinách. Obnova funkcie teda pravdepodobne prebiehala pri oboch operačných prístupoch odlišne, no vzhľadom na veľkosť súboru treba tieto zistenia interpretovať opatrne. Dôležitou súčasťou štúdie bola implementácia štruktúrovanej rehabilitácie a prehabilitácie podporenej štandardizovanými edukačnými materiálmi vrátane videa a mobilnej aplikácie. V chirurgických odboroch sa edukácia pacienta ukazuje ako faktor zvyšujúci zapojenie pacienta do liečby, adhérenciu k terapeutickým postupom a kvalitu funkčných výsledkov. V kontexte hrudníkovej chirurgie môžu skorá aktivácia respiračných svalov, posturálny tréning a včasná mobilizácia zohrávať významnú úlohu v prevencii pooperačných pľúcnych komplikácií a v urýchlení rekonvalescencie. Pozorované zlepšenie vzorcov svalovej aktivácie môže odrážať jednak nižšiu mieru chirurgickej invazivity, jednak efektivitu cielenej rehabilitácie. Naše výsledky zároveň podporujú realizovateľnosť začlenenia štruktúrovaných rehabilitačných protokolov do konceptu Enhanced Recovery After Thoracic Surgery (ERATS) a zdôrazňujú význam multidisciplinárnej perioperačnej starostlivosti (Draeger et al., 2021).

Osobitne cenné bolo, že cieľom programu nebolo len zvládnutie bezprostrednej pooperačnej rekonvalescencie, ale aj podpora kontinuity starostlivosti po prepustení do domáceho prostredia. Telemedicínsky monitoring domáceho cvičebného programu v kombinácii s aplikáciou podporovaným koučingom fyzickej aktivity môže predstavovať praktickú a dostupnú alternatívu k ambulantnej supervidovanej rehabilitácii v neskorších fázach zotavovania (Langer, 2021).

Rastúce množstvo dôkazov potvrdzuje, že digitálne zdravotnícke intervencie môžu zlepšovať zdravotné výsledky aj zapojenie pacientov do liečby. To podporuje aj význam digitálnej zložky nášho programu, hoci v našej štúdii nebolo možné oddeliť samostatný efekt aplikácie od ostatných častí multimodálnej intervencie. Hume a kol. napríklad ukázali, že 12-týždňový telekoučing po transplantácii pľúc viedol k významnému zvýšeniu fyzickej aktivity a počtu denných krokov, aj keď obe skupiny dosiahli zlepšenie kvality života (Hume et al., 2022).

Pri interpretácii rozdielov medzi UVATS a RATS je však potrebné zohľadniť východiskové rozdiely medzi skupinami. V skupine UVATS boli už pred operáciou zaznamenané vyššie hodnoty svalovej sily m. latissimus dorsi než v skupine RATS, čo môže odrážať rozdiely v základnej fyzickej kondícii pacientov. To znamená, že pooperačné rozdiely medzi skupinami nemožno pripísať výlučne použitej chirurgickej technike. Budúce štúdie by preto mali využívať analýzy upravené o východiskové hodnoty, párovanie pacientov alebo randomizovaný dizajn. Napriek tomu obmedzeniu sa v našom súbore ukázal odlišný priebeh zotavenia m. latissimus dorsi.

V skupine UVATS došlo len k miernemu a prechodnému pooperačnému poklesu svalovej sily, po ktorom nasledoval návrat na hodnoty presahujúce východiskovú úroveň štyri týždne po operácii. Tento nález môže súvisieť s minimálnym poškodením m. latissimus dorsi pri štandardnom umiestnení uniportu medzi prednou a strednou axilárnou čiarou. Naopak, pacienti operovaní technikou RATS zaznamenali výraznejší pooperačný pokles a ani po štyroch

týždňoch nedosiahli pôvodné predoperačné hodnoty, čo môže súvisieť s poškodením svalu minimálne dvoma portmi. Podobný trend bol pozorovaný aj pri m. serratus anterior.

Zvlášť zaujímavé boli výsledky parametra Peak Force %Diff, ktorý odráža funkčnú asymetriu medzi operovanou a neoperovanou stranou. V skupine UVATS došlo takmer k úplnému návratu symetrie, zatiaľ čo v skupine RATS asymetria pretrvávala aj po štyroch týždňoch. Z klinického hľadiska môže byť obnova symetrie významná pre stabilitu ramenného pletenca, efektívnu ventiláciu, mechaniku kašľa a návrat k bežným denným aktivitám, hoci tieto domény neboli v našej štúdii priamo merané. Výsledky povrchovej elektromyografie dopĺňajú dynamometrické nálezy o ďalší rozmer hodnotenia svalového zotavenia. sEMG zaznamenáva akčné potenciály motorických jednotiek a poskytuje objektívne informácie o neuromuskulárnej aktivácii a funkčnom správaní svalov (Karlsson et al., 2009). V klinickej praxi je široko využívaná pri diagnostike neuromuskulárnych porúch aj pri monitorovaní efektivity rehabilitácie (Wolf et al., 2005).

V našej štúdii sa ukázala ako hodnotná neinvazívna metóda hodnotenia zotavenia chirurgicky zasiahnutých svalov. Vyššie hodnoty RMS však nemožno automaticky interpretovať ako priaznivejší funkčný stav, pretože môžu odrážať nielen lepšiu rekrutáciu motorických jednotiek, ale aj kompenzačné stratégie, zmenenú motorickú kontrolu či vyššie nároky danej úlohy pri pretrvávajúcom deficite. Preto treba RMS vždy interpretovať v kontexte svalovej sily, symetrie a časového vývoja po operácii (Campanini et al., 2020).

V oboch skupinách bol pozorovaný trend postupného pooperačného nárastu hodnôt RMS, čo naznačuje, že svaly po operácii vyžadovali na vykonanie motorických úloh väčšiu rekrutáciu motorických jednotiek. Tento trend bol výraznejší v skupine UVATS, hoci bez štatistickej významnosti. Pri m. latissimus dorsi na operovanej strane sme zaznamenali približne trojnásobný nárast RMS oproti predoperačným hodnotám, čo odráža výraznú obnovu neuromuskulárnej aktivity a pozitívny vplyv rehabilitácie. U pacientov po RATS sa však elektrická aktivita obnovovala pomalšie, čo môže súvisieť s väčším rozsahom svalového zásahu daným konfiguráciou portov. Lepšie zachovanie svalstva hrudnej steny pri UVATS pravdepodobne umožňuje skoršiu funkčnú aktiváciu a výraznejšiu odpoveď na rehabilitáciu. Zároveň však treba zdôrazniť, že UVATS aj RATS predstavujú veľmi podobné a takmer rovnocenné miniinvazívne techniky.

Zaujímavým nálezom bol aj nárast hodnôt RMS v svaloch na neoperovanej strane. Tento jav možno vysvetliť kontralaterálnymi neuromuskulárnymi adaptáciami, známymi ako efekt krížovej edukácie alebo krížového prenosu. Neurálne adaptácie vyvolané jednostranným tréningom sa totiž môžu prejavovať aj v homologických svaloch na opačnej strane tela, čo vedie k zvýšenej neurálnej aktivácii aj bez výrazného nárastu svalovej sily. Tieto mechanizmy môžu súvisieť s motor overflow, krížovou aktiváciou alebo bilaterálnou neurálnou rekrutáciou počas rehabilitačných cvičení (Mastalerz et al., 2020; Post et al., 2008; Nynes et al., 2025; Lee et al., 2007; Dai et al., 2022; Hendy et al., 2017).

Naše výsledky je potrebné vnímať aj v širšom kontexte rehabilitácie v hrudníkovej chirurgii. Predchádzajúce práce ukázali, že predoperačná fyzická výkonnosť, svalová hmota a pooperačná mobilita významne súvisia s rizikom komplikácií a priebehom zotavenia. Nižšie skóre Short Physical Performance Battery bolo spojené s vyšším rizikom pooperačných pľúcnych komplikácií, nižšia hrudníková svalová hmota s vyšším výskytom komplikácií po lobektómii a nižšia pooperačná aktivita s menej priaznivým priebehom zotavenia (Hanada et al., 2020; Fintelmann et al., 2018; Agostini et al., 2014). Rovnako je potrebné zdôrazniť význam prehabilitácie a multimodálnej rehabilitácie. Viaceré práce ukázali, že perioperačné cvičebné programy môžu zlepšovať fyzickú kapacitu, respiračnú svalovú funkciu a niektoré pooperačné výsledky, hoci dôkazy nie sú vo všetkých oblastiach jednotné. Zdá sa teda, že najväčší prínos neprinášajú izolované techniky, ale komplexný, progresívny a multimodálny program podporujúci adhérenciu pacienta (Nomori et al., 1994; Nomori et al., 1996; Langer, 2021; Reeve et al., 2010).

Väčšina dostupných porovnávacích štúdií medzi UVATS a RATS sa sústreďuje na operačný čas, komplikácie, dĺžku hospitalizácie, krvné straty, onkologické výsledky, bolesť alebo kvalitu života. Štúdie priamo hodnotiace pooperačnú svalovú regeneráciu, svalovú silu a elektrickú aktivitu po týchto dvoch miniinvazívnych prístupoch zatiaľ chýbajú. Naše výsledky preto treba chápať ako doplnenie tejto oblasti o funkčný a neuromuskulárny rozmer.

Niektoré novšie práce naznačujú priaznivé výsledky RATS vo vybraných perioperačných ukazovateľoch alebo v kvalite života, čo poukazuje na to, že rozdiely medzi miniinvazívnymi prístupmi sú komplexné a závisia od typu sledovaného výsledku (Asemota et al., 2023).

Medzi hlavné limity našej štúdie patrí absencia randomizácie, monocentrický dizajn, malý súbor pacientov a attrition bias, keďže do finálnej analýzy bolo zahrnutých 17 z pôvodne 25 zaradených pacientov. Štvrtýždňové sledovanie zachytáva len skorú fázu zotavenia a neumožňuje posúdiť dlhodobú udržateľnosť zmien. Navyše, keďže všetci pacienti absolvovali rehabilitačný program, nebolo možné oddeliť prirodzený priebeh pooperačného zotavenia od špecifického účinku rehabilitácie. Tieto limity treba zohľadniť pri interpretácii aj generalizácii výsledkov.

Budúci výskum by sa mal zamerať na multicentrické prospektívne štúdie s väčšími súbormi pacientov, dlhším sledovaním a presnejšou stratifikáciou podľa typu výkonu a klinického profilu pacienta. Vhodné by bolo doplniť aj patient-reported outcomes, hodnotenie bolesti, rozsahu pohybu ramenného pletenca, kvality života, fyzickej aktivity a respiračných parametrov, aby bolo možné lepšie prepojiť zmeny RMS a svalovej sily s reálnou klinickou funkciou.

Perspektívnym smerom zostáva aj vývoj rehabilitačných protokolov využívajúcich biofeedback a digitálne monitorovanie, ktoré by mohli podporiť individualizáciu pooperačnej starostlivosti.

ZÁVERY

Predkladaná práca má charakter pilotnej štúdie a podporuje začlenenie štruktúrovanej perioperačnej rehabilitácie a prehabilitácie do modernej torakochirurgickej starostlivosti. Kombinácia miniinvazívnych chirurgických techník, objektívneho funkčného hodnotenia pomocou dynamometrie a povrchovej elektromyografie a cielene vedenej rehabilitácie predstavuje perspektívny prístup k optimalizácii skorého pooperačného zotavenia. Získané výsledky naznačujú, že UVATS môže byť v skorom období spojená s priaznivejším profilom neuromuskulárneho zotavenia než RATS, definitívne potvrdenie tohto záveru si však vyžaduje ďalší výskum na väčších súboroch pacientov

Podakovanie

Autori by chceli vyjadriť úprimné podakovanie zosnulému Prof. Anton Guth, PhD., za jeho celoživotné odhodlanie v oblasti vzdelávania a za to, že patril medzi najvýznamnejšie osobnosti rehabilitačnej medicíny na Slovensku. Jeho nadšenie pre vedomosti a vzdelávanie inšpirovalo celé generácie lekárov a výskumníkov.

Autori zároveň úprimne ďakujú Patrik Konrády za cennú technickú a odbornú podporu poskytnutú počas realizácie tejto štúdie.

2 ZUSAMMENFASSUNG (SÜHRN/ABSTRAKT V NEMECKOM JAZYKU)

Die Ausgangspunkte: minimalinvasive thorakale chirurgische Ansätze stellen eine Standardmethode der chirurgischen Behandlung in der modernen Thoraxchirurgie dar. Die Uniportal-Video-gestützte Thorakoskopie (UVATS) und die robotergestützte thorakale Chirurgie (RATS) bringen weniger chirurgische Traumata, weniger postoperative Schmerzen, kürzere Krankenhausaufenthalte und eine schnellere Rekonvaleszenz im Vergleich zu offenen Ansätzen. Trotz dieser Vorteile bleibt der Bereich der postoperativen funktionellen und neuromuskulären Erholung nach der minimalinvasiven Thoraxchirurgie unzureichend erforscht. Die Daten darüber, wie einzelne chirurgische Ansätze die Funktion der Brustwandmuskulatur beeinflussen und wie wichtig gezielte Rehabilitation in diesem Prozess ist, sind besonders begrenzt. Das Ziel dieser Studie war es, die Wirkung gezielter Rehabilitation auf die postoperative Erholung nach minimalinvasiver Thoraxchirurgie, insbesondere nach UVATS und RATS, objektiv zu bewerten und zu vergleichen, indem die Muskelkraft und elektrische Aktivität ausgewählter Brustwandmuskeln objektiv gemessen wurden. Gleichzeitig wurde ein Bildungs- und Rehabilitationsprogramm entwickelt, standardisiert und klinisch umgesetzt.

Die Methoden: eine prospektive klinische Studie wurde zwischen 2024 und 2025 an der Abteilung für Thoraxchirurgie des JFM UK und UN-Martin durchgeführt. Die Studie umfasste 25 Patienten, die mit einem minimalinvasiven Ansatz operiert wurden, davon 12 Patienten in der RATS-Gruppe und 13 in der UVATS-Gruppe. Die endgültig analysierte Gruppe bestand aus 17 Patienten. Im Rahmen der Studie wurde ein standardisiertes Rehabilitationsprogramm entwickelt, das aus präoperativer Ausbildung, Einzelsitzungen mit einem Physiotherapeuten, einem Lehrvideo, einer mobilen Anwendung und einem einheitlichen Rehabilitationsprotokoll besteht. Die elektrische Aktivität des Musculus anterior serratus und des Musculus latissimus dorsi wurde mittels Oberflächenelektromyographie gemessen und die Muskelkraft wurde mit einem Dynamometer bewertet. Messungen wurden vor der Operation (M1), nach der Operation vor der Entlassung (M2) und vier Wochen postoperativ (M3) sowohl an der operierten als auch an der nicht operierten Seite durchgeführt. Elektromyographische Signale wurden gegen die maximale willkürliche Kontraktion des betreffenden Muskels verarbeitet und normalisiert. Der Parameter Peak Force %Diff wurde verwendet, um die Asymmetrie der Muskelkraft zwischen den operierten und nicht operierten Personen zu bewerten. Das statistische Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ gesetzt.

Die Ergebnisse: ein Trend zur frühen funktionellen Erholung wurde in der UVATS-Gruppe im Vergleich zur RATS-Gruppe beobachtet. Bei der Beurteilung der maximalen Muskelkraft wurde in der UVATS-Gruppe nach einem vorübergehenden postoperativen Rückgang eine Rückkehr zu präoperativen Werten oder deren leichtem Überschreiten festgestellt, während in der RATS-Gruppe ein postoperatives Defizit nach vier Wochen anhielt. Die am deutlichsten und statistisch signifikanten Unterschiede wurden bei der Bewertung der lateralen Asymmetrie der Muskelkraft festgestellt, wobei die UVATS-Gruppe eine schnellere Rückkehr zur Muskelsymmetrie zwischen operierter und nicht operierter Seite erreichte. RMS-Werte (Wurzelmittelwert-Quadrat) zeigten in beiden Gruppen einen postoperativen Aufwärtstrend, während der Anstieg der elektrischen Aktivität in der UVATS-Gruppe ausgeprägter war. Auf der nicht operierten Seite wurde ein Anstieg der RMS-Werte festgestellt, was auf kontralaterale neuromuskuläre Anpassungsmechanismen hinweisen könnte. Mehrere überwachte Trends erreichten jedoch keine statistische Signifikanz.

Die Schlussfolgerungen: die vorgestellte Studie unterstreicht die Bedeutung strukturierter perioperativer Rehabilitation und Prärehabilitation als integralen Bestandteil der modernen torakochirurgischen Versorgung. Die Kombination aus minimalinvasivem chirurgischem Ansatz, objektiver funktioneller Bewertung

mittels Dynamometrie und Oberflächenelektromyographie sowie gezielter Rehabilitation stellt einen vielversprechenden Ansatz zur Optimierung der frühen postoperativen Genesung dar. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass UVATS in der frühen postoperativen Phase mit einem besseren neuromuskulären Erholungsprofil als RATS assoziiert sein könnte, aber weitere Forschung ist erforderlich, um diese Schlussfolgerung endgültig zu bestätigen.

3 PRÍLOHY

Protokol o realizácii EMG a svalový test vyšetrenia u pacienta po torakochirurgickom výkone.

Dynamometer a SEMG protokol číslo pacienta:

Meno, priezvisko a dátum narodenia:

Věk:

Výška: cm váha: kg BMI:

Operácia, dátum operácie:

Druh chirurgického prípadu: 1/ UniVATS

Druh OP výkonu: 2/ Klasická postotulárna torakotómia

Vieľa pľúcna rezeckia

Mala pľúcna rezeckia

Nerodokový výkon

Prooperačné komplikácie: Pneumonia

Prologovaný air leak

Arytmia

Hemodieréza

Respiračné zlyhanie

Príležitostná produkcia hrudným dýchaním

Subkutánný emfyzém

Dĺžka hospitalizácie:

Dátum merania Dynamometer a S-EMG:

1MVC, meranie: čas:

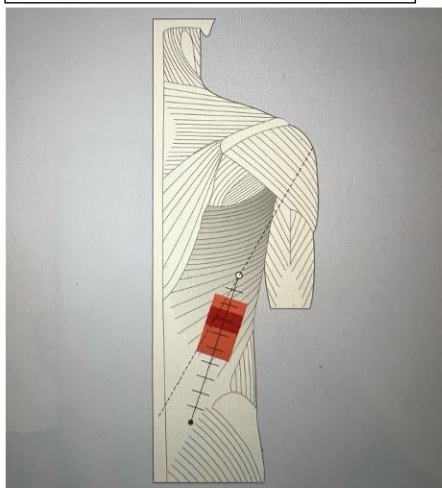
2MVC, meranie: čas:

3MVC, meranie: čas:

S-EMG			
	1MVC	2MVC	3MVC
M. serratus anterior	mV	mV	mV
M. latissimus dorsi	mV	mV	mV

Dynamometer			
	1literacia	2literacia	3literacia
M. serratus anterior	Kg	Kg	Kg
M. latissimus dorsi	Kg	Kg	Kg

Obrázok 1 Protokol o realizácii SEMG a svalový



Obrázok 5 Sval *Latissimus Dorsi* (Zdroj:Barbero et al., 2012)



Obrázok 6 Testovacia poloha pri skúmaní sily *M. latissimus dorsi*

STAROSTLIVOSŤ PRED A PO OPERÁCII HRUDNÍKA A PŮC JE DŮLEŽITÁ!

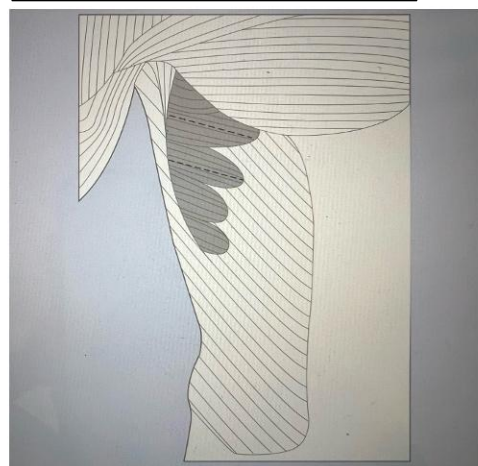
V mobilnej aplikácii BodyFix.io sme pre vás vytvorili bezplatný balík cvikov a odporúčaní. Vďaka dobrej príprave a starostlivosti po operácii môžete výrazne urýchliť proces rekonvalescencie.



STIAHNITE SI MOBILNÚ APLIKÁCIU BODYFIX.IO A NÁSLEDNE KLIKNIETE NA "ZÍSKAŤ" NÁŠ BALÍK CVIKOV BEZPLATNE



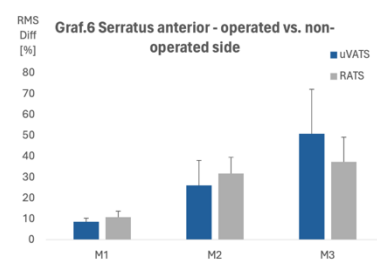
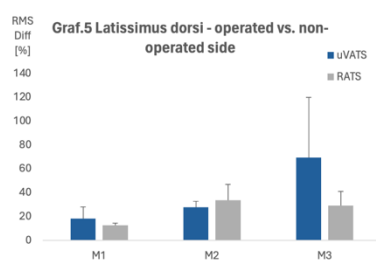
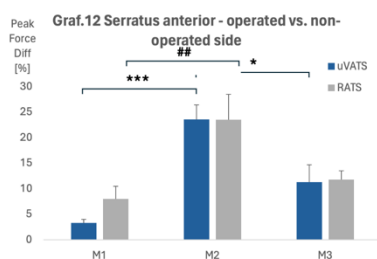
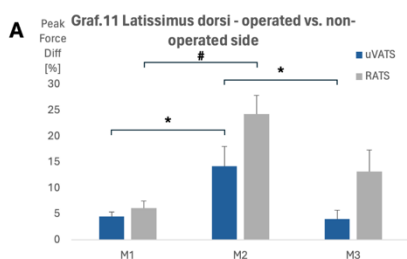
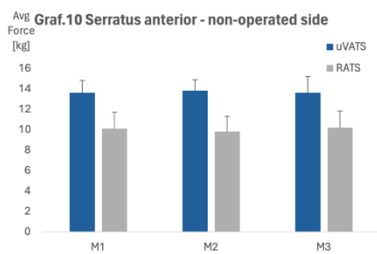
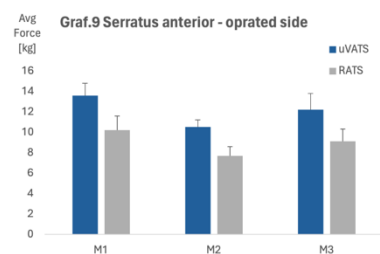
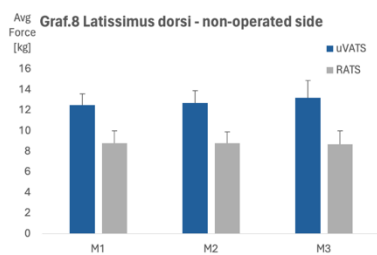
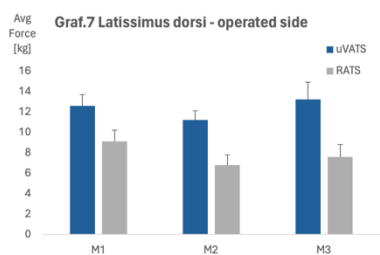
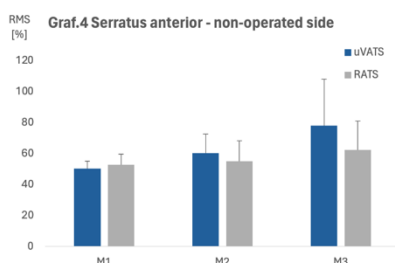
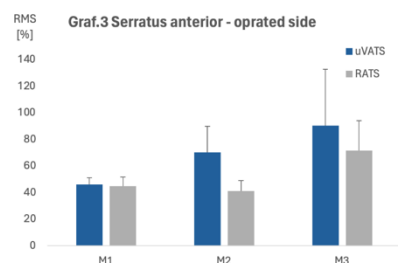
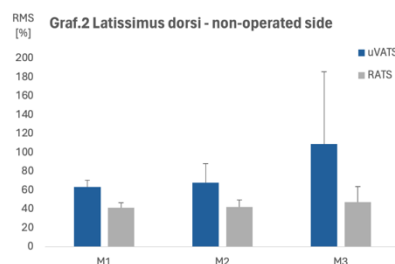
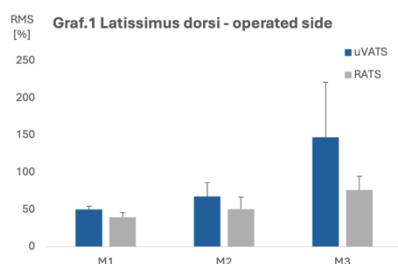
Obrázok 2 Informácia k aplikácii Zdroj:Body Fix



Obrázok 3 Sval *Serratus anterior* (Zdroj:Barbero et al., 2012)



Obrázok 4 Testovacia poloha pri skúmaní sily *M. serratus anterior*



LITERATÚRA

- ActivForce 2 – *User guide. Online. Dostupné z: <https://activforce.com>.*
- AGOSTINI, P.; NAIDU, B.; RAJESH, P.; STEYN, R.; BISHAY, E.; KALKAT, M.; et al. Potentially modifiable factors contribute to limitation in physical activity following thoracotomy and lung resection. **J Cardiothorac Surg.** 2014, roč. 9, s. 128.
- ASEMOTA, N.; MARASCHI, A.; LAMPRIDIS, S.; PILLING, J.; KING, J.; LE REUN, C.; BILLE, A. Comparison of quality of life after robotic, video-assisted and open surgery for lung cancer. **J Clin Med.** 2023, roč. 12. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/jcm12196230>.
- BARBERO, M.; MERLETTI, R.; RAINOLDI, A. Atlas of muscle innervation zones: Understanding surface electromyography and its applications. **Springer**, 2012. ISBN 978-88-470-2463-2.
- BodyFix. Online. Dostupné z: <https://bodyfix.io/>.
- CAMPANINI, I.; DISSELHORST-KLUG, C.; RYMER, W.Z.; MERLETTI, R. Surface EMG in clinical assessment and neurorehabilitation: Barriers limiting its use. **Front Neurol.** 2020, roč. 11, s. 934. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00934>.
- DAL, J.; WU, F.; LI, J.; YU, M.; LIAO, C.; SHOU, Y. Surface electromyography analysis of mirror movements under unilateral movement in stroke patients. **Front Hum Neurosci.** 2022, roč. 16. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.1079596>.
- DRAEGER, T.B.; GIBSON, V.R.; FERNANDES, G.; ANDAZ, S.K. Enhanced recovery after thoracic surgery (ERATS). **Heart Lung Circ.** 2021, roč. 30, č. 8, s. 1251–1255.
- FINTELMANN, F.J.; TROSCHER, F.M.; MARIO, J.; CHRETIEN, Y.R.; KNOLL, S.J.; MUNIAPPAN, A.; GAISSERT, H.A. Thoracic skeletal muscle is associated with adverse outcomes after lobectomy for lung cancer. **Ann Thorac Surg.** 2018, roč. 105, č. 5, s. 1507–1515.
- GUTH, A. et al. **Liečebné metodiky v rehabilitácii**. 4. vyd. Bratislava: LIECREH, 2015. 100 s. ISBN 978-80-88932-34-5.
- HANADA, M.; YAMAUCHI, K.; MIYAZAKI, S.; et al. Short Physical Performance Battery (SPPB) score is associated with post-operative pulmonary complications in elderly patients undergoing lung resection surgery. **Chronic Respir Dis.** 2020, roč. 17.
- HENDY, A.M.; LAMON, S. The cross-education phenomenon: Brain and beyond. **Front Physiol.** 2017, roč. 8, s. 297.
- HUME, E.; MUSE, H.; WALLACE, K.; WILKINSON, M.; HESLOP MARSHALL, K.; NAIR, A.; CLARK, S.; VOGIATZIS, I. Feasibility and acceptability of a physical activity behavioural modification tele-coaching intervention in lung transplant recipients. **Chronic Respir Dis.** 2022, roč. 19. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/14799731221116588>.
- JANDA, V. **Muscle function testing**. 1983. 72 s. ISBN 978-0-407-00201-4.
- KARLSSON, J.S.; ROELEVELD, K.; GRÖNLUND, C.; HOLTERMANN, A.; ÖSTLUND, N. Signal processing of the surface electromyogram to gain insight into neuromuscular physiology. **Philos Trans A Math Phys Eng Sci.** 2009, roč. 367, č. 1887, s. 337–356.
- KOLÁŘ, P.; ANDELOVÁ, V.; KOBEŠOVÁ, A. **Clinical rehabilitation**. Praha: Rehabilitation Prague School, 2013. 142 s. ISBN 978-80-905438-0-5.
- LANGER, D. Addressing the changing rehabilitation needs of patients undergoing thoracic surgery. **Chronic Respir Dis.** 2021, roč. 18. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/1479973121994783>.
- LEE, M.; CARROLL, T.J. Cross education: Possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. **Sports Med.** 2007, roč. 37, č. 1, s. 1–14.
- MASTALERZ, A.; SADOWSKI, J. The effect of unilateral training on contralateral limb power in young women and men. **Biol Sport.** 2020, roč. 37, č. 4, s. 443–448.
- MERLETTI, R. **Surface electromyography: Physiology, engineering, and applications**. Wiley, 2016. 592 s. ISBN 9781118987025.
- NOMORI, H.; HORIO, H.; FUYUNO, G.; KOBAYASHI, R.; YASHIMA, H. Respiratory muscle strength after lung resection with special reference to age and procedures of thoracotomy. **Eur J Cardiothorac Surg.** 1996, roč. 10, č. 5, s. 352–358.
- NOMORI, H.; KOBAYASHI, R.; FUYUNO, G.; MORINAGA, S.; YASHIMA, H. Respiratory muscle training: Assessment in thoracic surgery patients with special reference to postoperative pulmonary complications. **Chest.** 1994, roč. 105, č. 6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1378/chest.105.6.1782>.
- NYNES, A.; MCGHIE, D.; AUNE, M.A.; AUNE, T.K. Comparison of contralateral muscle excitation in proximal versus distal muscles in the upper extremities. **Front Hum Neurosci.** 2025, roč. 19. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2025.1718126>.
- PAN, J.M.; WATKINS, A.A.; STOCK, C.T.; MOFFATT-BRUCE, S.D.; SERVAIS, E.L. The surgical renaissance: Advancements in video-assisted thoracoscopic and robotic-assisted thoracic surgery and their impact on patient outcomes. **Cancers (Basel).** 2024, roč. 16, č. 17. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cancers16173086>.
- POST, M.; BAYRAK, S.; KERNELL, D.; ZIJDEWIND, I. Contralateral muscle activity and fatigue in the human first dorsal interosseous muscle. **J Appl Physiol.** 2008, roč. 105, č. 1, s. 70–82.
- REEVE, J.; NICOL, K.; STILLER, K.; MCPHERSON, K.; BIRCH, P.; GORDON, I.; et al. Does physiotherapy reduce the incidence of postoperative pulmonary complications following pulmonary resection via open thoracotomy? **Eur J Cardiothorac Surg.** 2010, roč. 37, č. 5, s. 1158–1166.
- SLAVÍKOVÁ, J.; ŠVÍGLEROVÁ, J. **Fyziologie dýchání** [e-book]. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2012. 93 s. ISBN 978-80-246-2787-8. [citované 2023-12-11].

- WOLF, S.L.; BUTLER, A.J.; ALBERTS, J.L.; KIM, M.W. Contemporary linkages between EMG, kinetics and stroke rehabilitation. **J Electromyogr Kinesiol.** 2005, roč. 15, č. 3, s. 229–239.
- WONG, M.K.H.; SIT, A.K.Y.; AU, T.W.K. Minimally invasive thoracic surgery: Beyond surgical access. **J Thorac Dis.** 2018, roč. 10, suppl. 16, s. 1891. Dostupné z: <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.05.196>.



Sme tu pre Vás už 33 rokov

Už 33 rokov pre Vás zabezpečujeme komplexné služby – poradenstvo, predaj, servis v oblasti rehabilitácie. Všetky prístroje ponúkame do prenájmu, na splátky, podľa dohody možnosť splátok od 50 eur mesačne.



Aktuálne výhodná ponuka

Kombinovaný prístroj – SONOPLUS 492
Špičkové 2 kanálové zariadenie ktorým môžete aplikovať ultrazvukovú terapiu, elektroterapiu a kombinovanú terapiu. 1 MHz a 3 MHz malá a veľká ultrazvuková hlavica. Plne integrované všetky moderné, účinné prúdové typy. Dotykový displej, grafické znázornenie vykonania terapie.

Voliteľné príslušenstvo

- Vacotron 460 – vákuová jednotka
- externá batéria – zariadenie funguje bez priameho pripojenia do siete
- diaľkové ovládanie

V prípade záujmu, nás kontaktujte
E-mail: egamed@egamed.sk, cirkova@egamed.sk | Telefón: +421 33 7744907-10
Mobil: 0910 929 010 | Web: www.egamed.sk



ARES TRADÍCIA OD 1993

PREKONAJME SPOLU BARIÉRY

ZDVÍHACIE ZARIADENIA a ÚPRAVY ÁUT PRE ZŤP

RIEŠENIA PRE VŠETKY TYPY ARCHITEKTONICKÝCH BARIÉR

MOŽNOSŤ ZÍSKAŤ PRÍSPEVOK 95 % Z CENY ZARIADENIA

BEZPLATNÝ NÁVRH A KONZULTÁCIA U KLIENTA

ZÁRUČNÝ A POŽÁRUČNÝ SERVIS

PLOŠINY · VÝŤAHY · SCHODOLEZY · ZDVÍHÁKY

Šikmá schodisková plošina SP STRATOS	Stropný zdvíhací systém GH1	Stropný zdvíhací systém NA CVIČENIE	Stoličkový výťah SA-ALFA	Úpravy automobilov PRE ZŤP
				

ARES spol. s r.o.
Elektrárenskú 12091 • 831 04 Bratislava
ares@ares.sk • www.ares.sk

Sledujte nás aj na Facebooku [@ares.bratislava](https://www.facebook.com/ares.bratislava)

Bezplatné tel. číslo: **0800 150 339**

Nestabilné podložky - stabilné zdravie

**PC - vankúš kostrčový
K 30 925**



**PC - vankúš
K 30 924**

**Úsečový vankúš detský
K 30 926 (37 x 27cm)**



**Úsečový vankúš
K 30 926 (46 x 37cm)**

PROkinēsis s.r.o.
výroba a predaj rehabilitačných pomôcok
Čsl. parašutistov 11, 931 03 Bratislava
0908 710 536, 0907 726 329

Zdravotnícke pomôcky schválené ŠUKL,
zaradené do vestníka MZSR,
hradené všetkými zdravotnými poisťovňami.

www.prokinesis.sk



AQUATIZER QZ - 240

Suchá hydromasáž



líder v oblasti inovatívnych
konštrukčných riešení
lôžok na suchú hydromasáž

INCO2

Dávkač plynu
CO₂



Karboxyterapia
- inovatívna
metóda
v medicíne
21. storočia



AQUADELÍCIA



Celotelové anatomicky
tvarované vane pre vírivú,
perličkovú a podvodnú masáž

MEDEXIM

AQUAPEDIS II



Unikátna kombinovaná
vaňa pre vírivú
a perličkovú masáž
horných i dolných
končatín
(vhodná na podávanie
bahenných
a minerálnych
procedúr)

AQUADELÍCIA MINI



Najpredávanejšie
kompaktné
celotelové vane

AQUAPEDIS I



Najpredávanejší model sedacej
vívky - jediná sedacia vírivka
s tryskami na chodidlá



AQUAPEDIS II galvanic

končatinový galvanický kúpeľ

efektívna sumácia účinku
elektrického prúdu
a hydrostatického efektu vody

MEDEXIM spol. s r.o.
Hlboká 58, 921 01 Piešťany, Slovakia
tel.: +421 33 7724035, 7724687, 7724259
fax: +421 33 7725189
e-mail: medexim@medexim.sk
www.medexim.sk





Moderná **ORTOPEDICKÁ KLINIKA**

KROK
za krokom
K ZDRAVIU

MUDr. Ihsan AL Khouri, PhD.



📍 Cesta k nemocnici 1, Banská Bystrica 📞 +421 48 415 36 13 🌐 www.shamsclinic.sk