



UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH
Lekárska fakulta

ZÁKLADNÉ PRINCÍPY



LAPAROSKOPICKEJ CHIRURGIE

Košice 2013

Marek Šoltés – Jozef Radoňák

UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH
Lekárska fakulta



Základné princípy laparoskopickej chirurgie

Marek Šoltés – Jozef Radoňak

Košice 2013

Základné princípy laparoskopickej chirurgie

Monografia

© 2013 Marek Šoltés, Jozef Radoňák

Publikácia bola vydaná s podporou grantu KEGA 017UPJŠ-4/2011 „*Virtuálna realita vo vysokoškolskom vzdelávaní*“ – pilotný vzdelávací program v laparoskopickej chirurgii zameraný na rozvoj psychomotoricko-senzorických stereotypov.

Vedecký redaktor:

prof. MUDr. Július Vajó, DrSc.

Recenzenti:

doc. MUDr. Ján Škultéty, CSc.

doc. MUDr. Pavol Holéczy, CSc.

Monografia podrobne analyzuje základné princípy laparoskopickej chirurgie určená poslucháčom lekárskeho fakult, lekárom v špecializačnej príprave v odbore chirurgia, chirurgom, gynekológom, urológom, traumatológom, gastroenterológom a lekárom prvého kontaktu so záujmom o laparoskopickú chirurgiu.

Všetky práva vyhradené. Toto dielo ani jeho žiadnu časť nemožno reprodukovat, ukladať do informačných systémov alebo inak rozširovať bez súhlasu majiteľov práv.

Za odbornú a jazykovú stránku monografie zodpovedajú autori. Rukopis neprešiel redakčnou ani jazykovou úpravou.

Umiestnenie: <http://www.upjs.sk/pracoviska/univerzitna-kniznica/e-publikacia/#lf>

Dostupné od: 19.12.2013

ISBN 978-80-8152-074-7 (tlačená verzia publikácie)

ISBN 978-80-8152-075-4 (e-publikácia)

Obsah

Predhovor	5
1. Definícia a výhody laparoskopической chirurgie.....	7
2. História	9
3. Technologické vybavenie.....	13
4. Vysokoenergetické zdroje v laparoskopической chirurgii	23
5. Zlyhanie elektronického vybavenia v laparoskopической chirurgii.....	35
6. Psychomotoricko-senzorické špecifiká laparoskopической chirurgie.....	43
6.1 Kognitívne limitácie.....	43
6.2 Psychomotorické limitácie.....	46
7. Ergonómia.....	53
7.1 Vizualizácia operačného poľa.....	53
7.2 Postavenie chirurga/držanie tela.....	58
7.3 Prostredie operačnej sály.....	62
7.4 Fyzické a psychické zaťaženie chirurga.....	63
8. Tímová spolupráca v laparoskopической chirurgii.....	67
9. Pneumoperitoneum	77
10. Ekonomické aspekty laparoskopической chirurgie	95
11. Vzdelávanie a tréning v laparoskopической chirurgii	103
Obrazová príloha	113

Predhovor

Vážení čitatelia,

laparoskopická chirurgia dnes predstavuje štandardnú a v mnohých ohľadoch preferovanú modalitu chirurgickej liečby. Dynamika jej celosvetového rozšírenia, umožnená pokrokom v biomedicínskych technológiách a rozvojom globálnych informačných a komunikačných kanálov, nemá v histórii chirurgie obdobu. V súčasnosti už prakticky neexistuje žiadna brušná operácia, ktorá by sa nevykonávala laparoskopickým spôsobom, pričom v mnohých prípadoch je už laparoskopický postup metódou voľby.

Napriek, a možno práve vďaka bezprecedentne rýchlej penetrácii laparoskopických operácií do každodennej chirurgickej praxe naďalej v mnohých ohľadoch absentujú všeobecne akceptované technické štandardy. Vysoká variabilita procesných postupov v rámci jednotlivých laparoskopických operácií vychádza skôr zo zvyklostí daného pracoviska ako z medicíny založenej na dôkazoch. Táto situácia je ďalej modifikovaná rozvojom nových a staronových koncepcií charakteru minilaparoskopie, SILS či NOTES a ich hybridných kombinácií s klasickou laparoskopiou.

Cieľom monografie je pritiahnúť pozornosť odbornej verejnosti späť k základným princípom laparoskopickej chirurgie, ktoré by mali byť základňou pre efektívne a bezpečné vykonávanie laparoskopických operácií, ako aj bázou pre kritický postoj k módnym inovatívnym trendom. Obsahovo sa sústreďí skôr na všeobecne menej známe a v našich podmienkach zriedkavo diskutované témy, ktorých význam sa hlbšie analyzoval len v nedávnej minulosti. Našou ambíciou bolo vytvoriť vyvážený materiál, ktorý by bol zaujímavým primárnym informačným zdrojom nielen pre lekárov špecialistov, ale aj pre poslucháčov lekárskech fakúlt a kolegov v špecializačnej príprave v chirurgických odboroch.

Autori

1. Definícia a výhody laparoskopической chirurgie

Termín laparoscopia pochádza z gréckych slov laparos a skopeó, čo vo voľnom preklade znamená „pohľad do brucha“. Laparoskopické operačné výkony (diagnostické a terapeutické) preto predstavujú podskupinu miniinvazívnych operácií, ktorá je definovaná prienikom do brušnej dutiny a charakterizovaná minimalizáciou chirurgického prístupu k operačnému poľu. Eliminácia relatívne rozsiahlej laparotómie známej z klasickej chirurgie vytvára potenciál pre priaznivejší priebeh rekonvalescencie a znižovanie počtu komplikácií – tak celkových (minimalizácia operačnej traumy), ako aj ranových (minimalizácia operačnej rany).

Medzi principiálne výhody laparoskopической chirurgie môžeme vo všeobecnosti zaradiť:

- lepší prehľad v operačnom poli, najmä v ťažko dostupných anatomických lokalizáciách
- zníženie počtu komplikácií v rane, vrátane výskytu prietrží v jazve
- menšie pooperačné bolesti
- rýchlejšiu mobilizáciu operovaného
- skrátenie dĺžky hospitalizácie
- skorší návrat k bežnej fyzickej aktivite
- skrátenie doby práceneschopnosti
- lepší kozmetický efekt

Z hľadiska terminológie je potrebné upozorniť na relatívne časté nevhodné označovanie niektorých miniinvazívnych výkonov za laparoskopické napriek tomu, že sa vykonávajú extraperitoneálnym prístupom. Nie je preto správne hovoriť o totálne extraperitoneálnej laparoskopической hernioplastike alebo o laparoskopической epinefektómii z dorzálneho prístupu, nakoľko pri týchto operáciách sa nepreniká do brušnej dutiny. Správna terminológia pre uvedené operácie je preto totálne extraperitoneálna endoskopická hernioplastika, resp. retroperitoneoskopická epinefektómia. Súčasne je ale zrejmé, že aj operácie v priestore mimo brušnej dutiny (napr. v retroperitoneu alebo v preperitoneálnom priestore brušnej steny) sú označované za laparoskopické v prípade, že prístup do operačného poľa je transperitoneálny (napr. laparoskopická epinefektómia, transabdominálna preperitoneálna laparoskopická hernioplastika).

Z hľadiska terapeutickej efektivity laparoskopickej chirurgie je nevyhnutné zdôrazniť, že rozsah chirurgického výkonu musí rešpektovať rovnaké princípy ako pri otvorenej operácii. Limitovaný prístup do brušnej dutiny a s ním spojené technické problémy neopravňujú k zužovaniu terapeutického protokolu. Laparoskopický operačný výkon sa má odlišovať od svojho klasického variantu len spôsobom prístupu do brušnej dutiny. Všeobecne rozšírený laický názor, že pri miniinvazívnom výkone urobí chirurg menej, je preto nesprávny.

2. História

Koniec minulého storočia priniesol do chirurgie éru miniinvazívneho operačného prístupu. Prvé známe vyšetrenie brušnej dutiny cez jeden otvor uskutočnil v roku 1901 nemecký gynekológ Georg Kelling. Operáciu realizoval na pokusnom zvierati (pes), ale koncepcia napustenia vzduchu do brušnej dutiny s jej následným vyšetrením za kontroly zraku sa v podstate nezmenila a po určitých zdokonaleniach sa využíva v humánnej medicíne aj v súčasnosti. Autor túto techniku nazval coelioskopia.

Prvé vyšetrenie brušnej dutiny pomocou svetla a zrkadla vykonal u človeka Dimitrij Ott v roku 1901 (cez kolpotómiu u tehotnej ženy). Názov laparoskopia ako prvý použil Heinz Christian Jacobaeus, ktorý v tom istom roku popísal súčasne aj možnosť vyšetrenia hrudníka pomocou endoskopickej techniky a celý postup nazval laparotorakoskopia, pričom tento operačný výkon urobil pomocou cystoskopu. Prvú terapeutickú laparoskopiu vykonal nemecký lekár C. Fervers v roku 1933 (adheziolyza).

Z hľadiska technologického vývoja je potrebné spomenúť rok 1929, kedy H. Kalk predstavil koncepciu „šikmej“ optiky (45°). V roku 1932 vyvinul maďarský internista J. Veress špeciálnu ihlu na bezpečné vytvorenie pneumothoraxu, ktorá sa po jej popularizácii v nemeckej literatúre v roku 1938 začala hojne využívať aj na vytvorenie pneumoperitonea, a ktorá sa s minimálnymi úpravami v laparoskopickej chirurgii používa dodnes. Dôležitým momentom v histórii operačnej laparoskopie bolo aj zavedenie výrazne vylepšeného optického systému, ktorý v roku 1952 navrhol britský fyzik H. Hopkins.

Prvú komplexnejšiu laparoskopickú operáciu u človeka, ktorou bola apendektómia, uskutočnil nemecký gynekológ Kurt Semm, prednosta gynekologickej kliniky v Kieli, v roku 1982. Táto operácia narazila na veľkú vlnu odporu, prezident vtedajšej Nemeckej chirurgickej spoločnosti dokonca odporúčal, aby Semmovi pozastavili právo výkonu lekárskeho povolania. Semm sa v neskoršom období podieľal aj na vývoji automatického insuflátora (1963), termokoagulácie (1973) a inováciách laparoskopického systému odsávania a irigácie.

Prvú laparoskopickú cholecystektómiu uskutočnil 12.9.1985 nemecký chirurg Erich Mühe z Böblingenu, pomocou modifikovaného rektoskopu. V apríli 1986 prezentoval zostavu 97 laparoskopických cholecystektómií na kongrese nemeckých chirurgov, no jeho koncepcia sa stretla len s kritikou a výsmechom („Mickey Mousova operácia“, „obmedzený chirurg, obmedzený rez“). Ešte pred ním, v roku 1983, publikoval ruský chirurg Lukichev svoju techniku lapar-

skopickej operácie žlčníka, ktorá však nebola celá vykonávaná laparoskopicky a vzhľadom na jazykovú bariéru zostala nepovšimnutá. Skutočný prelom v zmysle akceptácie laparoskopickej cholecystektómie priniesla až referencia Phillipa Muretta, francúzskeho chirurga z Lyonu, v roku 1987. V Európe sa o popularizáciu laparoskopickej cholecystektómie najviac pričínili francúzski chirurgovia Dubois (Paríž) a Perissat (Bordeaux), v USA to boli Reddick and Olsen (Nashville).

Rozvoj laparoskopických operačných postupov bol závislý na rozvoji technológií, pričom základnou požiadavkou bola schopnosť preniesť dostatočne kvalitný obraz z brušnej dutiny na obrazovku. Prvý videoendoskop bol na trh uvedený v r.1983. Ďalším výrazným posunom vpred bola konštrukcia CCD čipu v roku 1986, ktorý umožňoval obraz nielen prenášať, ale dokonca aj zväčšiť. Postupom času boli jednočipové kamery nahradené trojčipovými, čím sa podstatne zlepšila sprostredkovaná obrazová informácia z operačného poľa. Následne sa začali využívať väčšie rozmery obrazoviek, s prechodom od klasických CRT monitorov k LCD displejom s tekutými kryštálmi a náhradou PAL systému (rozlíšenie 720x768 bodov) koncepciou HD a Full HD zobrazenia (rozlíšenie 1920x1080 bodov), pri zmene formátu obrazu zo 4:3 na 16:9. Napriek enormnému zlepšeniu kvality prenášanej vizuálnej informácie z operačného poľa zostáva obraz aj naďalej len dvojdimenzionálny, s absenciou hĺbkového rozmeru, čo musí operujúci chirurg kompenzovať adekvátnym tréningom a skúsenosťami. Veľký pokrok v tejto súvislosti znamenal vývoj 3D optických systémov pre robotickú chirurgiu. Keďže tá nie je vzhľadom na svoje limitácie vhodná na masové využitie, v súčasnosti sa upriamuje pozornosť na oddelenie zobrazovacej technológie od robotického systému a jej využitie v klasickej laparoskopickej chirurgii. Momentálne sú už k dispozícii prvé zariadenia zabezpečujúce 3D obraz vo Full HD kvalite s prenosom na 32 palcový monitor, pričom pri ich používaní sú nutné pasívne polarizačné okuliare.

V súčasnosti už prakticky takmer neexistuje intraabdominálna operácia, ktorú by nebolo možné vykonať laparoskopicky. História jednotlivých laparoskopických operačných výkonov však presahuje rozsah tejto monografie.

Literatúra

1. Blum, CA., Adams, DB. Who did the first laparoscopic cholecystectomy? In *J Minim Access Surg.* 2011, vol. 7, no. 3, p. 165-168.
2. Dubois, F., Berthelot, G., Levard, H. Cholecystectomie par coelioscopie. In *Presse Med.* 1989, vol. 8, no.12, p. 980-982.
3. Dubois, F., Icard, P., Berthelot, G. et al. Coelioscopic cholecystectomy. Preliminary report of 36 cases. In *Ann Surg.* 1990, vol. 211, no. 1, p. 60-62.
4. Hausner, K. Kurt Semm and an automatic insufflator. In *JSLs.* 1998, vol. 2, no. 4, p. 395.
5. Hatzinger, M., Fesenko, A., Büger, L. et al. Dimitrij Oscarovic Ott (1855-1929) „Ventreoscopy“ : His contribution to development of laparoscopy. In *Urologe.* 2013, vol. 52, no. 10, p. 1454-1458.
6. Kaiser, AM., Corman, ML. History of laparoscopy. In *Surg Clin N Am.* 2001, vol. 10, no.3, p. 483-492.
7. Kalk, H. Erfahrungen mit der laparoscopie. In *Z Klein Med.* 1929, vol. 11, p. 303.
8. Lagrange, CHA., Clark, CJ., Geber, EW. Evaluation of three laparoscopic modalities: Robotics versus three-dimensional vision laparoscopy versus standard laparoscopy. In *J Endourol.* 2008, vol. 22, no. 3, p. 511-516.
9. Litynski, GS. Erich Mühe and the rejection of laparoscopic cholecystectomy (1985): A surgeon ahead of his time. In *JSLs.* 1998, vol. 2, no. 4, p. 341-346.
10. Litynski, GS. Profiles in laparoscopy: Mouret, Dubois, and Perissat: The laparoscopic breakthrough in Europe (1987-1988). In *JSLs.* 1999, vol. 3, no. 2, p.163-167.
11. Litynski, GS. Kurt Semm – the Magician from Kiel. In Litynski, GS. *Highlights in the History of Laparoscopy.* Frankfurt, Germany : Barbara Bernert Verlag; 1996.
12. Lukichev, OD., Filimonov, MI., Zybin, IM. A method of laparoscopic cholecystostomy. *Khirurgiia (Mosk).* 1983, vol. 8, no. 8, p. 125-127.
13. McKernan, JB. Origin of laparoscopic cholecystectomy in the USA: Personal experience. In *World J Surg.* 1999, vol. 23, no. 4, p. 332-333.
14. McLachlan, G. From 2D to 3D: the future of surgery? In *Lancet.* 2011, vol.378, p.1368.

15. Mouret, P. How I developed laparoscopic cholecystectomy. In *Ann Acad Med.* 1996, vol. 25, no. 5, p. 744–747.
16. Mühe, E. Die Erste Cholecystectomy durch das Laparoskop. In *Langenbecks Arch Surg.* 1986, vol. 368, p. 365
17. Mühe, E. Long-term follow-up after laparoscopic cholecystectomy. In *Endoscopy.* 1992, vol. 24, no. 9, p. 754–758.
18. Nagy, AG., Poulin, EC., Girotti, MJ. et al. History of laparoscopic surgery. In *Can J Surg.* 1992, vol. 35, no. 3, p. 271–274.
19. Ott, DO. Ventroscopic illumination of the abdominal cavity in pregnancy. In *Z Akush Zhenskikl Boleznei.* 1901, vol. 15, no. 1, p. 7–8.
20. Périssat, J. Laparoscopic surgery: A pioneer's point of view. In *World J Surg.* 1999, vol. 23, no. 8, p. 863–868.
21. Reddick, EJ., Olsen, DO. Laparoscopic laser cholecystectomy. A comparison with mini-lap cholecystectomy. In *Surg Endosc.* 1989, vol. 3, no. 3, p. 131–133.
22. Reynolds, W. jr. The first laparoscopic cholecystectomy. In *JSLS.* 2001, vol. 5, no. 1, p. 89-94.
23. Semm, K. Endoscopic appendectomy. In *Endoscopy.* 1983, vol. 15, no. 2, p.59-64.
24. Stellato, TA. History of laparoscopic surgery. In *Surg Clin North Am.* 1992, vol. 72, no. 5, p. 997-1002.
25. Vecchio, R., MacFayden, BV., Palazzo, F. History of laparoscopic surgery. In *Panminerva Med.* 2000, vol. 42, no. 1, p. 87-90.
26. Veress, J. Neues Instrument zur Ausfuhrung von Brust-Punktomen und Pneumothorax Bahandlung. In *Dtsch Med Wochenschr.* 1938, vol. 64, p. 148

3. Technologické vybavenie

Jedným z faktorov, ktorý umožnil samotný vznik a následný rozmach laparoskopickej chirurgie bol vedecko-technický pokrok. Prienik pokročilých technológií do každodennej chirurgickej praxe znamená nielen potenciál pre zlepšenie kvality liečebno-preventívnej starostlivosti, ale aj tlak na nárast investičných nákladov nevyhnutných pre zabezpečenie adekvátneho materiálo-technického vybavenia jednotlivých chirurgických pracovísk. Na rozdiel od klasickej chirurgie, vykonávanie aj tých najzákladnejších laparoskopických výkonov si vyžaduje minimálne jednu kompletnú základnú laparoskopickú jednotku (vežu), ktorá zahŕňa:

- optický reťazec – tvorí zostava zariadení, ktoré umožňujú snímanie, prenos a projekciu obrazu z operačného poľa tak, aby operačný tím disponoval aktuálnou a čo najvernejšou obrazovou informáciou. Pre optimálny výsledok je absolútne nevyhnutná technická kompatibilita všetkých jeho súčastí.
- kamera – sníma a prenáša vizuálnu informáciu z operačného poľa – v súčasnosti sa už takmer výhradne využíva technológia Full HD, ktorá poskytuje až 6x vyššie rozlíšenie ako štandardné kamery (1920x1080 pxl), obraz je krištáľovo jasný. Hĺbkový dojem z obrazu sa dosahuje využitím trojčipovej technológie, ktorá sa podieľa aj na výbornej farebnosti výslednej vizuálnej informácie. Moderné kamery disponujú zároveň aj funkciou priblíženia („zoom“), ktorá umožňuje detailnejšie zobrazenie anatomických štruktúr v operačnom poli. Hitom posledného obdobia sa stáva Full HD 3D zobrazenie (obr. 1), ktoré má ambíciu odstrániť jednu zo základných senzorických limitácií laparoskopickej chirurgie, ktorou je dvojdimenzionálny obraz. Absencia hĺbkového vnemu si vyžaduje špeciálny nácvik koordinácie na osi – ruka-oko, za účelom dosiahnutia efektívneho a bezpečného pohybu nástrojov v brušnej dutine. Trojrozmerný pohľad je preto veľkou výhodou najmä pre menej skúsených laparoskopických chirurgov, nakoľko orientácia v trojrozmernom priestore operačného poľa tak zodpovedá prirodzenému priestorovému videniu.
- optika – optický systém v bezprostrednom kontakte s operačným poľom – vyrába sa v priemeroch 3-10 mm – podľa uhla skosenia môže byť:

- » priama - 0° - charakterizovaná minimálnou svetelnou stratou a minimálnou deformáciou obrazu (ortogonálna os kamery a optiky je totožná) – neumožňuje meniť uhol pohľadu – poskytuje teda len limitovaný rozsah obrazovej informácie z operačného poľa
- » šikmá – 30° alebo 45° - umožňuje meniť uhol pohľadu – poskytuje širší rozsah vizuálnej informácie z operačného poľa možnosťou pohľadu „za roh“ – za cenu čiastočnej svetelnej straty a ľahkej deformácie obrazu. V súčasnosti najčastejšie používanou je 30° 10 mm optika.
- » variabilná – umožňuje meniť stupeň skosenia v rôznom intervale – novinka, ktorá zatiaľ nenašla širšie uplatnenie v praxi

Z hľadiska inovácií je zaujímavá technológia s umiestnením snímacej jednotky (obvykle typu CCD čipu) na distálnom konci optiky, označovaná ako „chip-on-the-tip“ = „čip na konci“ (obr. 2). Umiestnenie snímača obrazu na distálnom konci optiky môže mať celý rad potenciálnych výhod:

- » eliminácia optických rozhraní vo vnútri optiky – nedochádza k degradácii kvality obrazu, je zachovaná vernosť farieb, dosahuje sa väčšie rozlíšenie s väčším rozmerom obrazu pri menšom skreslení a väčšej svetlosti
- » absencia vláknovej optiky – eliminácia „bodkovania“ v obraze v dôsledku lámania jednotlivých zväzkov optických vlákien, menší priemer zariadenia pri rovnakej kvalite obrazu
- » väčšia hĺbka obrazu bez nutnosti preostrovania
- » flexibilita optiky umožňuje aj pri 0° skosení snímanie podstatne väčšej časti operačného poľa
- zdroj svetla – adekvátne osvetlenie operačného poľa je nevyhnutné pre kvalitnú obrazovú informáciu. V súčasnosti sa už takmer výhradne používajú xenónové svetelné zdroje generujúce „studené“ svetlo. Xenónová žiarivka emituje extrémne intenzívne svetlo v spektre umožňujúcom výborné podanie farieb, ktoré si zachovávajú prirodzený odtieň. Realistická farebnosť obrazu vyplýva z podobnosti spektra xenónovej lampy spektru denného svetla - 6000 K. Xenónová technológia dosahuje oveľa lepší svetelný efekt ako halogénové zdroje, ktoré sa používali v starších zariadeniach. Lampy bývajú presne

centrované pomocou špeciálne konštruovaného mechanizmu, čím je garantované, že lampa a svetelný kábel sú perfektne opticky prepojené, čo minimalizuje svetelné straty pri prenose. Väčšina zariadení je vybavená jedinečným digitálnym mikroprocesorom, ktorý optimalizuje prevádzkový režim zdroja svetla s cieľom maximalizovať životnosť lampy. Intenzita svetla sa dá na prístroji podľa potreby regulovať manuálnym nastavením. Súčasťou moderných svetelných zdrojov sú aj rôzne špeciálne integrované UV-filtre, ktoré redukujú maximálne množstvo tepla z viditeľného svetelného spektra. Výhodou tejto technológie je dlhá životnosť xenónových lúčov – minimálne 500 až 700 hodín. Xenónové lampy sa po dobe životnosti veľmi jednoducho vymenia za nové, pričom na potrebu výmeny s predstihom upozorňuje kontrolka počítadla prevádzkových hodín.

- svetelný kábel – sprostredkováva prenos svetla od zdroja k optike. Efektivita prenosu je daná funkčným priesvitom kábla. Poškodený svetelný kábel po dobe životnosti je najčastejšou príčinou problémov s osvetlením operačného poľa.
- monitor – poskytuje bezprostrednú obrazovú informáciu, uniformnú pre všetkých členov operačného tímu. V súčasnosti sa používajú veľké ploché LCD monitory vo Full HD rozlíšení, s formátom obrazu 16:9, ktoré umožňujú dokonale využiť potenciál moderných kamerových systémov. V tejto súvislosti je dôležité upozorniť na nutnosť kompatibility monitora s kamerovým systémom, najmä s ohľadom na stupeň rozlíšenia. Pre optimálne pracovné podmienky je okrem kvality samotného monitora rozhodujúce aj jeho ergonomické umiestnenie v priestore operačnej sály.
- insuflátor – je zariadenie slúžiace na insufláciu plynu do brušnej dutiny na úroveň vopred definovaného vnútrobrušného tlaku. V súčasnosti sa používajú elektronické insuflátory, ktoré umožňujú nielen veľmi efektívne udržiavanie pneumoperitonea, ale aj dôkladný monitoring jeho parametrov počas operácie. Displej prístroja zvyčajne poskytuje informácie o:
 - hodnote intraabdominálneho tlaku (mm/Hg)
 - aktuálnom prietoku plynu (l/min)
 - celkovom objeme insuflovaného plynu (l)

- zostatkovom objeme plynu v zdrojovej plynovej bombe (svetelná škála)

Celý systém je riadený mikroprocesorom, ktorý zabezpečuje udržiavanie nastavených parametrov a v prípade prekročenia hraničných hodnôt informuje operačnú skupinu hlásením alarmom. V prípade nedostatočného priestoru v brušnej dutine je väčšinou možné správnym vyhodnotením základných parametrov insuflácie identifikovať problém:

- alarm privysokého vnútrobrušného tlaku – zalomená insuflačná hadica, zatvorený ventil na insuflačnom porte, tlak na brušnú stenu zvonku, nedostatočná svalová relaxácia, nedostatočná hĺbka anestézie
- nízky vnútrobrušný tlak – netesnosť insuflačného okruhu (odpojená insuflačná hadica, otvorené ventily na portoch, netesnosť chlopní portov), prázdna plynová bomba
- pretrvávajúci prietok plynu aj po dosiahnutí cieľového vnútrobrušného tlaku – netesnosť systému

Moderné insuflátory sú ďalej vybavené filtrom a alternatívne aj zariadením na ohrievanie a zvlhčovanie insuflovaného plynu.

- zariadenie na oplach a odsávanie – vzhľadom na limitovaný prístup do operačného poľa je efektívne zariadenie na oplach a odsávanie pri laparoskopických operáciách nevyhnutnosťou. Jedná sa o relatívne jednoduché a veľmi spoľahlivé zariadenia, zvyčajne integrujúce obe funkcie do jedného koncového inštrumentu.
- elektrokoagulačná jednotka – rovnako ako v klasickej chirurgii je elektrokoagulačná jednotka základnou hemostatickou modalitou
- vysokoenergetické hemostatické zariadenia – moderné hemostatické modalitty známe aj z klasickej chirurgie, pracujúce na princípe ultrazvukového noža a impedanciou kontrolovanej bipolárnej elektrokoagulácie

Vzhľadom na dištančný charakter laparoskopického operačného výkonu je okrem laparoskopickej jednotky nevyhnutné disponovať aj špeciálnymi laparoskopickými nástrojmi, ktoré je možné vo všeobecnosti rozdeliť na:

- jednorazové – väčšinou plastové nástroje konštruované so zámerom minimalizovať náklady na použitý materiál, čo sa odráža najmä na veľmi neergonomických rúčkach s minimálnou kontaktnou plochou
- resterilizovateľné – nástroje na opakované použitie, spravidla z kvalitných materiálov, ergonomického dizajnu, ekonomicky podstatne výhodnejšie, najčastejšie konštruované na univerzálnej rozkladateľnej modulovej báze:
 - rúčka – najčastejšie plastová (s kolíkom na pripojenie elektrokoagulačného kábla) alebo kovová; s izoláciou, alebo bez nej; podľa druhu nástroja s aretáciou, alebo bez aretácie, konštrukčne rôznych tvarov – najčastejšie pištoľový (s rotačným mechanizmom) alebo ceruzkový.
 - plášť – väčšinou priemeru 5 alebo 10 mm, kovový izolovaný alebo neizolovaný; v prípade izolovaných plášťov elektrokoagulačných nástrojov je nutná rutinná kontrola neporušenosti ich izolačnej vrstvy, nakoľko môžu byť príčinou termických poranení mimo zorné pole operátora.
 - samotné aktívne vnútro inštrumentu – kovové, rôzneho dizajnu v závislosti od funkčnej typológie nástroja

Z hľadiska funkcie môžeme laparoskopické nástroje rozdeliť do niekoľkých základných skupín:

- Veressova ihla – špeciálna ihla vyvinutá na bezpečné vytvorenie pneumoperitonea, pred použitím je vždy nevyhnutné skontrolovať funkčnosť jej mechanizmu
- porty – rôznych priemerov podľa typu používaných nástrojov, najčastejšie 6 a 11 mm (pre 5 a 10 mm inštrumenty). Vo všeobecnosti sa skladajú z troch častí:
 - plášť – v bezprostrednom kontakte s tkanivom brušnej steny, môže byť hladký, vrúbkovaný alebo so závitom; väčšinou s integrovaným vzduchovým ventilom
 - bodec – slúži na prerazenie brušnej steny pri zakladaní portu, môže byť aktívny (s nožom) alebo pasívny (bez noža) – rôznych tvarov – kónický, pyramídálny, tupý

- chlópňa – zabezpečuje bezproblémový prechod nástroja z/do brušnej dutiny tak, aby nedochádzalo k strate pneumoperitonea; z konštrukčného hľadiska môže byť jednoduchá membránová alebo záklopková

Pokiaľ vzniká nepomer medzi priemerom portu a použitým nástrojom (inštrument s tenším priemerom ako priemer portu), je možné na utesnenie využiť záklopkovú redukciu alebo redukčný tubus.

- úchopové nástroje – graspery – využívané na úchop a držanie tkanív/orgánov, z rúčok sa najčastejšie volia neizolované kovové s aretáciou; konštrukčný charakter aktívnej koncovej časti je rôzny podľa charakteru nástroja (tvar, plocha, povrch)
- preparačné nástroje – dissektory – používané na preparáciu tkanív, konštrukčný charakter aktívnej koncovej časti je rôzny podľa charakteru nástroja (tvar, plocha, povrch)
- nožnice – rôzneho tvaru (rovné, zaoblené, zobákovité) a veľkosti brandží (mikro, klasické, veľkoplošné); v záujme zachovania ostrosti je nevyhnutné obmedzovať ich využívanie s elektrokoaguláciou – pokiaľ je nutné elektrokoaguláciu na nožniciach aktivovať, je vhodnejšie tak urobiť pri zavretých brandžiach
- aplikátory svoriek – klipovače – s prihliadnutím k veľkosti bežne používaných svoriek sa najčastejšie konštruujú ako 10 mm, s rúčkami na báze pákového mechanizmu tak, aby nebolo nutné svorku zatvárať hrubou silou; najprecíznejšie z hľadiska mechaniky naloženia svorky sú nabíjateľné resterilizovateľné typy, ktoré zatvárajú svorku najskôr na jej otvorenom konci (vzniká eliptický tvar okolo svorkovanej štruktúry bez rizika jej parciálneho zasvorkovania, resp. zachytenia okolitých tkanív do konca svorky).
- odsávačky – nástroje s integráciou funkcie oplachu a odsávania, ideálne s ovládaním jednoduchým ventilovým mechanizmom
- ihelce – kovové 5 mm nástroje, s variabilným tvarom koncovej aktívnej časti špeciálne konštruovanej pre manipuláciu s ihlou a šicím materiálom; z hľadiska používaných rúčok sa javia ako najvýhodnejšie ceruzkové s aretačným mechanizmom (obr. 3)

- elektrokoagulačné nástroje – používané s mono alebo bipolárnou elektrokoaguláciou ako hemostaticko-preparačné inštrumenty; najčastejšie sa používa monopolárny háčik alebo lopatka; z hľadiska rizika termických poranení je absolútne nevyhnutné dôsledne sledovať neporušenosť izolačnej vrstvy pláštá
- retraktory – špeciálne nástroje využívané na odtláčanie okolitých orgánov z operačného poľa; najčastejšie priemeru 10 mm; konštrukčne riešené tak, že po zavedení do brušnej dutiny cez port sa mechanicky rozkladajú na zložitejší priestorový tvar (vejár, slučku a pod.) – je nutné dbať na prevenciu možného poranenia vnútrobrušných orgánov počas ich skladania/rozkladania
- špeciálne nástroje – inštrumenty využívané na špecifické úlohy – napr. cholangiografické kliešte, transfasciálna ihla, bioptické kliešte a pod.

Zhrnutie

Laparoskopická chirurgia je závislá na moderných technológiách. Vzhľadom na charakter vizuálneho vnímania počas laparoskopической operácie, ktoré je sprostredkované, zohráva nezastupiteľnú úlohu kvalitný optický reťazec (kamera, optika, zdroj svetla, svetelný kábel, monitor). Pre udržanie optimálnych priestorových pomerov v operačnom poli je nevyhnutný spoľahlivý insuflátor s nastaviteľnou rýchlosťou insuflácie plynu. Vzhľadom k limitovanému manuálnemu prístupu do operačného poľa sú potrebné špeciálne laparoskopické nástroje, efektívne zariadenie na oplach a odsávanie a vysokoenergetické hemostatické technológie, spĺňajúce prísne kritériá bezpečnosti a spoľahlivosti. Neadekvátne materiálo-technické zabezpečenie je v dnešnej dobe neospravedliteľným hazardom so zdravím pacienta a reputáciou laparoskopической chirurgie.

Literatúra

1. Bilgen, K., Ustün, M., Karakahya, M. et al. Comparison of 3D imaging and 2D imaging for performance time of laparoscopic cholecystectomy. In Surg Laparosc Endosc Percutan Tech. 2013, vol. 23, no. 2, p. 180-183.
2. Buzink, SN., van Lier, L., de Hingh, IH. Risk-sensitive events during laparoscopic cholecystectomy: the influence of the integrated operating room

- and a preoperative checklist tool. In *Surg Endosc.* 2010, vol. 24, no. 8, p. 1990-1995.
3. Couper, GW., Ewen, SW., Krukowski, ZH. Risk of contamination from laparoscopic carbon dioxide insufflators. In *J R Coll Surg Edinb.* 1997, vol. 42, no. 4, p. 231-232.
 4. Frankel SM, Fitzgerald RL, Sackier JM. Utility of insufflation filters in laparoscopic surgery. In *Surg Endosc.* 1998, vol. 12, no. 9, p. 1137-1140.
 5. Hu, H., Xu, AA., Huang, A. Towards scarless surgery: a novel laparoscopic cholecystectomy by using 2-mm needle-shape instruments without trocar. In *J Laparoendosc Adv Surg Tech.* 2013, vol. 23, no. 8, p. 698-701.
 6. Giri, S., Sarkar, DK. Current status of robotic surgery. In *Indian J Surg.* 2012, vol. 74, no. 3, p. 242-247.
 7. Girotti, MJ., Nagy, AG., Litwin, DE. et al. Laparoscopic surgery – basic armamentarium. In *Canadian Journal of Surgery.* 1992, vol. 35, no. 3, p. 281-284.
 8. Kong, SH., Oh, BM., Yoon, H. et al. Comparison of two- and three-dimensional camera systems in laparoscopic performance: a novel 3D system with one camera. In *Surg Endosc.* 2010, vol. 24, no. 5, p. 1132-1143.
 9. Lusch, A., Bucur, PL., Menhadji, AD. et al. Evaluation of the impact of three-dimensional vision on laparoscopic performance. In *J Endourol.* 2013 Sep 23. [Epub ahead of print]
 10. Lyons, SD., Law, KS. Laparoscopic vessel sealing technologies. In *J Minim Invasive Gynecol.* 2013, vol. 20, no.3, p. 301-307.
 11. Nissen, NN., Menon, VG., Colquhoun, SD. et al. Universal multifunctional HD video system for minimally invasive, [corrected] open and microsurgery. In *Surg Endosc.* 2013, vol. 27, no. 3, p. 782-787.
 12. Pittas, MS. Correct use of laparoscopic insufflator. In *Lancet.* 1992, vol. 30, no. 339, p. 1363.
 13. Storz, P., Buess, GF., Kunert, W. et al. 3D HD versus 2D HD: surgical task efficiency in standardised phantom tasks. In *Surg Endosc.* 2012, vol. 26, no. 5, p. 1454-1460.
 14. Theeuwes, H., Zengerink, H., Mannaerts, G. Easy cleaning of the camera port during laparoscopic surgery: three practical techniques. In *J Laparoendosc Adv Surg Tech.* 2011, vol. 21, no. 9, p. 821-822.

15. Tsai, FS., Johnson, D., Francis, CS. et al. Fluidic lens laparoscopic zoom camera for minimally invasive surgery. In *J Biomed Opt.* 2010, vol. 15, no. 3, p. 030504.
16. Vilos, GA., Rajakumar, C. Electrosurgical generators and monopolar and bipolar electrosurgery. In *J Minim Invasive Gynecol.* 2013, vol. 20, no. 3, p. 279-287.
17. Watson CJ, Lindop MJ, Dunn DC. Potential dangers of laparoscopic insufflator. In *Lancet.* 1992, vol. 4, p. 339, p. 880-881.
18. Westebring-van der Putten. EP., van den Dobbelsteen, JJ., Goossens, RH. et al. Effect of laparoscopic grasper force transmission ratio on grasp control. In *Surg Endosc.* 2009, vol. 23, no. 4, p. 818-824.

4. Vysokoenergetické zdroje v laparoskopickej chirurgii

Súčasná laparoskopická chirurgia je závislá na využívaní vysokoenergetických zariadení. Vzhľadom k tomu, že pri ich použití vzniká signifikantné množstvo tepelnej energie, predstavujú nezanedbateľné riziko pre vznik tepelných poranení. Iatrogénny charakter termických lézií má významný medicínsko-právny rozmer, takže je nevyhnutné uvedenej problematike venovať zvýšenú pozornosť.

Napriek skutočnosti, že moderné vysokoenergetické technológie sú konštruované ako bezpečné, nedisponujú zatiaľ mechanizmami vylučujúcimi vznik tepelného poranenia. Skutočný výskyt týchto komplikácií nie je možné spoľahlivo posúdiť. Výpovednú hodnotu literárnych údajov limituje fakt, že mnohé poranenia nedosahujú klinickú významnosť (napr. popálenie povrchu pečene počas cholecystektómie). Na druhej strane, v prípade rozvinutej pooperačnej komplikácie, je často zložité s istotou identifikovať tepelné poranenie ako jej príčinu. Anonymné prieskumy dokazujú, že až 18 % chirurgov priznáva klinicky relevantnú osobnú skúsenosť s termickým poranením.

Pre pochopenie rizika vzniku tepelného poranenia je potrebné zdôrazniť, že už zohriatie tkaniva nad 60 °C vedie k denaturácii bielkovín na bunkovej úrovni, pričom tieto zmeny nemusia byť makroskopicky vôbec detekovateľné. V kombinácii s trombózou kapilár môže byť výsledkom takéhoto poškodenia až koagulačná nekróza. Pri izolovaných termických léziách je nekróza len málokedy natoľko hlboká, aby vyvolala okamžitú perforáciu. K prederaveniu postihnutého orgánu dochádza s určitým časovým oneskorením (4.-7. pooperačný deň) za náhle vzniknutých „nevysvetliteľných“ príznakov zhoršenia zdravotného stavu. Poškodenie na mikroskopickej úrovni je obvykle rozsiahlejšie ako naznačuje makroskopický nález, čo je potrebné rešpektovať pri voľbe stratégie chirurgického ošetrenia lézie.

Z hľadiska technologických rizík sú pre vznik termických lézií v laparoskopickej chirurgii najdôležitejšie:

- zdroj svetla
 - svetelný kábel
 - optika (laparoskop)
- hemostatické zariadenia
 - monopolárna elektrokoagulácia

- bipolárna elektrokoagulácia
- ultrazvukový nôž
- impedanciou kontrolovaná bipolárna elektrokoagulácia

Zdroj svetla, ako nevyhnutná súčasť vybavenia pre laparoskopickú chirurgiu, predstavuje prvé zo série rizikových zariadení. Hoci súčasné halogénové svetelné generátory sú distribuované ako zdroje „studeného svetla“, pri jeho produkcii a vedení svetelným káblom vzniká značná tepelná energia. Maximálne teploty na konci svetelného kábla dosahujú v závislosti od stavu žiarivky v priemere 126,3 °C (používaná) až 221,9 °C (nová žiarivka). K termickému poškodeniu môže dochádzať tromi základnými mechanizmami:

- priame tepelné pôsobenie na tkanivo – hrozí v prípade nenapojenia svetelného kábla na optiku ešte pred zapnutím svetelného zdroja, resp. pri jeho náhodnom odpojení počas operácie. V takomto prípade hrozí popálenie pacienta a členov operačného tímu priamym kontaktom s tkanivom, pričom dochádza ku koagulačnej nekróze, ktorej objem a hĺbka sú priamo úmerné výške teploty a dĺžke expozície s plateau po 90 sekundách. K priamemu tepelnému pôsobeniu však dochádza aj bez priameho kontaktu s tkanivom, nakoľko tepelný efekt je maximálny vo vzdialenosti 3 mm od konca optického kábla (154,9 °C, resp. 268,6 °C), a aj vo vzdialenosti 1 cm ešte dosahuje 100 °C. Prenos tepelnej energie z optického kábla pokračuje aj na samotnú optiku (laparoskop). Teploty namerané na konci laparoskopu dosahujú 60-100 °C, pričom vyššie sú v prípade zapojenia nekompatibilných optík, optických káblov a svetelných zdrojov (kombinácia od rôznych výrobcov). Priamym dotykom konca laparoskopu s tenkým črevom dochádza ku koagulačnej nekróze jeho steny už po 5 sekundách, pričom mikroskopické zmeny na bunkovej úrovni sú dokázateľné aj po kratšej expozícii. Akýkoľvek kontakt laparoskopu s vnútrobrušnými orgánmi, či už úmyselný („očistenie“ kamery dotykom s orgánmi) alebo náhodný (pri strate kapnoperitonea) je preto potenciálne nebezpečný pre možnosť vzniku termického poškodenia (bola popísaná termická perforácia tenkého čreva v dôsledku prolongovaného kontaktu s laparoskopom počas operácie ovariálnej cysty).
- nepriame tepelné pôsobenie na tkanivo – kontakt odpojeného svetelného kábla s rúškovacím materiálom vedie k jeho vznieteniu v intervale

1-6 sekúnd – takéto horenie je následne zdrojom tepla, ktoré môže viesť k popáleniu pacienta alebo členov operačného tímu

Hemostatické technológie – predstavujú z hľadiska frekvencie využitia najrizikovejšie vysokoenergetické zdroje v chirurgii všeobecne. Ich spoločným menovateľom je produkcia relatívne veľkého množstva tepelnej energie, ktorá môže viesť k termickému poškodeniu okolitých tkanív.

- monopolárna elektrokoagulácia – je v súčasnosti stále najdostupnejšou, najčastejšie využívanou a najekonomickejšou hemostatickou modalitou. Aj keď riziká tepelného poškodenia a mechanizmy jeho vzniku by mali byť v tejto súvislosti všeobecne známe, incidencia termických poranení pretrváva na úrovni 0,05-0,3 %. Hemostatický efekt elektrokoagulácie je založený na zmenách teploty tkanív v dôsledku prechodu vysokofrekvenčného elektrického prúdu. Cieľom efektívneho použitia je dosiahnutie hemostázy počas prerušovania tkaniva bez kolaterálneho tepelného poškodenia. Dá sa predpokladať, že minimalizácia termických zmien v okolitých tkanivách povedie k rýchlejšiemu a efektívnejšiemu hojeniu. Kvantifikáciu ohriatia tkaniva v mieste kontaktu s aktívnou elektródou je možné vyjadriť vzťahom:

$$\text{Zmena teploty} = (I^2 / r^4) R t$$

(I – elektrický prúd, r – plocha kontaktu tkaniva s elektródou, R – rezistencia tkaniva, t – čas)

Z uvedeného je zrejmé, že tepelný efekt ovplyvňuje:

- intenzita prúdu (priamo úmerne - druhou mocninou)
- rezistencia tkaniva (priamo úmerne)
- dĺžka aplikácie (priamo úmerne)
- plocha aktívnej elektródy (nepriamo úmerne – štvrtou mocninou)

Sfarbenie koagulovaného tkaniva do hneda je príznakom teplôt na úrovni 200 °C, vznik čiernych príškvarov svedčí pre dosiahnutie teploty okolo 400 °C. Termický efekt v blízkosti kovových svoriek (svorky, staplerové línie) sa môže

blížiť až k 1000 °C. Pre kolaterálne termické poškodenie je pritom najvýznamnejšou veličinou intenzita prúdu a dĺžka aplikácie. Z hľadiska bezpečnosti je ideálne nastavenie generátorov na nízky výkon s využitím krátkych, v prípade potreby opakovaných aktivácií, pričom na zvýšenie efektivity je vhodné používanie tenkých elektród. Udržiavanie prerušovaného tkaniva pod adekvátnym napätím (ťah a protiťah) koncentruje prúd na menšiu plochu a tým ďalej prehľbuje hemostatický účinok.

Využívanie monopolárnej elektrokoagulácie môže byť príčinou termických poranení v dôsledku:

- zlyhania ľudského faktora
 - » priame poškodenie
 - » šírenie tepelnej energie do okolia
- latentného rizika charakteru a usporiadania používaného inštrumentária
 - » defektná izolácia
 - » priame vedenie
 - » kapacitačné vedenie
 - » indukčné vedenie

Priame poškodenie charakterizuje aktivácia elektródy na nesprávnom mieste:

- aplikácia omylom
- kontakt s iným ako cieľovým tkanivom
- aktivácia elektródy vo vzťahu k vodičom v operačnom poli (kovové svorky, staplerové línie) – dotykom alebo elektrickým oblúkom

Šírenie tepelnej energie do okolia – okrem už spomínaných faktorov ovplyvňujúcich jej množstvo je potrebné zdôrazniť aj fakt, že skoagulované tkanivo sa stáva elektricky nevodivým, čo výrazne zvyšuje vedenie tepla najmä pozdĺž tubulárnych štruktúr (cievy, žľčové cesty), a to až do vzdialenosti 1-1,5 cm od aktívnej elektródy.

Latentné riziko charakteru a usporiadania používaného inštrumentária je špecifické skutočnosťou, že k poraneniam dochádza väčšinou mimo zorné pole

operatéra, čo výrazne znižuje šancu na ich peroperačné rozpoznanie a adekvátne ošetrovanie.

Defektná izolácia elektrokoagulačných inštrumentov patrí medzi najčastejšie príčiny termických lézií v laparoskopickej chirurgii. Môže byť zapríčinená:

- mechanickým poškodením izolácie
- opakovanou sterilizáciou
- chybou vo výrobe
- roztopením izolácie v dôsledku kapacitácie pri otvorení okruhu (viď. ďalej).

Následky porušenej izolačnej vrstvy závisia na lokalizácii defektu. Z hľadiska rizika vzniku perforačnej príhody v brušnej dutine v dôsledku tepelného poškodenia sú nebezpečné najmä defekty v izolácii voľnej časti inštrumentu mimo operačné pole, teda medzi koncom portu a začiatkom zóny v zornom poli laparoskopu.

Priame vedenie vzniká priamym kontaktom medzi aktívnou elektródou a optikou, prípadne zriedkavejšie kovovým vodivým inštrumentom, a to najmä v prípade, že sa používa nevodivý port z umelej hmoty, ktorý bráni odvedeniu blúdivých prúdov do brušnej steny operovaného. V takomto prípade môže dôjsť k termickému poškodeniu vnútrobrušných orgánov mimo zorné pole, najčastejšie v oblasti rozhrania optiky/neizolovaného inštrumentu a plastového portu. Hoci riziko vzniku elektrického oblúka je pri moderných generátoroch s limitovaným výkonom nízke, môže k nemu dochádzať napríklad medzi elektródou a titánovým klipom, staplerovou líniou, či koncovou vodivou časťou iného inštrumentu. Aj keď táto situácia vzniká vždy v zornom poli laparoskopu a je okamžite detekovaná operačným tímom, znamená neraz závažný problém, nakoľko sa vo väčšine prípadov jedná o rizikové anatomické lokalizácie (anastomóza, žľčovú strom, veľké cievy a pod.).

Kapacitačné vedenie vzniká v prípade, ak sú dva vodiče oddelené nevodivým. Takéto usporiadanie existuje v podstate vždy, keď sa používa izolovaný elektrokoagulačný inštrument cez kovový port. Vznikajúce prúdy postupujú cestou najmenšieho odporu – t.j. do brušnej steny. V prípade, že je však vodivý port utesnený nevodivou objímkou, resp. do nevodivého portu je zasunutá kovová redukcia, vznikajúci prúd sa môže prenášať na vnútrobrušné orgány, a to mimo zorné pole operatéra. Zriedkavejšou rizikovou situáciou je použitie

elektrody zavedenej do pracovného kanála laparoskopu. Kapacitácia závisí na množstve a koncentrácii elektrického prúdu. Vysokovoltážne nastavenia riziko kapacitačného vedenia zvyšujú, a to najmä pri otvorenom okruhu – to znamená pri aktivácii generátora v čase, keď elektróda nie je v kontakte s tkanivom.

Indukčné vedenie vzniká v prípade, ak je pridlhý elektrokoagulačný kábel stočený a fixovaný na jednom mieste, čím vlastne vzniká cievka.

- bipolárna elektrokoagulácia – využíva dve aktívne elektrody v tesnom kontakte, takže elektrický prúd neprechádza telom pacienta k zbernej elektróde. Pôsobenie bipolárnej elektrokoagulácie na cieľové tkanivo je navyše koncentrovanejšie, na podobný efekt dosiahnutý v monopolárnom režime je potrebné oveľa väčšie množstvo energie. Produkcia tepla sa znižuje, čo vytvára predpoklady pre redukciu termických poškodení. Napriek tomu môže pri využívaní bipolárnej elektrokoagulácie dochádzať k nebezpečnému zahrievaniu okolitého tkaniva až do vzdialenosti 5 mm od aktívnych elektród, pretože v porovnaní s monopolárnou elektrokoaguláciou dochádza k lepšiemu vedeniu tepla zo skoagulovaného do nepoškodeného tkaniva.

Klasická elektrokoagulácia, či už v monopolárnej alebo bipolárnej modifikácii, je čoraz častejšie nahradzovaná modernými vysokoenergetickými hemostatickými technológiami, založenými na princípe ultrazvuku alebo impedanciou kontrolovanej bipolárnej elektrokoagulácie. Ich využívanie favorizuje jednoduchosť aplikácie, relatívne vysoká spoľahlivosť a schopnosť efektívne uzatvárať aj cievy stredného kalibru. Aj pri aktivácii týchto zariadení však vzniká rôzne veľké množstvo tepelnej energie, ktorá sa uvoľňuje do okolia, absorbuje a následne vedie okolitým tkanivom.

- Ultrazvukový nôž – predstavuje v súčasnosti hemostatickú modalitu s najväčšou produkciou tepelnej energie. Hlavné nebezpečenstvo tejto technológie spočíva v tom, že absolútne množstvo aplikovanej energie je kontrolované subjektívne – t.j. operujúcim chirurgom, pričom dosiahnutá teplota závisí na:
 - intenzite (stupni nastavenia)
 - dĺžke aktivácie
 - parametroch prerušovaného tkaniva (čím tenšie, tým vyššia)

Maximálna teplota dosiahnutá v experimente na stupni 5 pri aktivácii 13 sekúnd dosahuje pri staršej generácii generátorov až 294 °C, pričom k ohriatiu tkaniva nad 60 °C dochádza do vzdialenosti 2,5 cm a teplota v okolí 1 cm sa blíži k hodnote 140 °C. Uvedený tepelný efekt pritom nemá žiadne makroskopické prejavy a zostáva preto pre chirurga nedetekovateľným! Histologickým korelátom je parciálna až totálna koagulačná nekróza steny priľahlých orgánov. Je zaujímavé, že aj po ukončení aktivácie ultrazvukového noža dochádza k jeho ďalšiemu zahrievaniu a doba ochladenia na bezpečnú teplotu pod 60 °C je až 18-45 sekúnd. Nie je preto vhodné používať koncový inštrument ultrazvukového noža ako úchopový inštrument. Uvedené skutočnosti sú klinicky irelevantné v prípade aktivácie na stupni 3 a nižšom, resp. pri dĺžke aktivácie 5 sekúnd a menej, čím je možné vysvetliť pomerne nízku incidenciu referovaných termických poranení. Samotná konštrukcia ultrazvukového noža generovanie signifikantnej tepelnej energie a jej nekontrolované šírenie do okolia nevylučuje a predstavuje preto významné riziko pri nedodržaní resp. neznalosti pravidiel pre bezpečnú aplikáciu. Najmodernejšie generátory predstavujú z hľadiska bezpečnosti výrazný pokrok, nakoľko obsahujú bezpečnostný mechanizmus limitujúci maximálnu možnú dosiahnutú teplotu koncovej časti inštrumentu, vrátane zvukového signálu informujúceho operáciu skupinu o jej dosiahnutí.

- Impedanciou kontrolovaná bipolárna elektrokoagulácia – je momentálne technologicky najdokonalejšou hemostatickou alternatívou. Celkový objem produkovanej energie je korigovaný podľa objektívnych potrieb priamo zariadením, využíva sa teda minimálna energetická kapacita dosť stačujúca pre efektívnu hemostázu. Maximálna dosiahnutá teplota brandží inštrumentu je 105 °C a tepelné šírenie do okolia menej ako 5 mm, pričom histologický korelát poškodenia v okolitom tkanive je pozorovaný len do vzdialenosti 1,5 mm. Rovnako doba ochladzovania inštrumentu pod 60 °C je signifikantne kratšia ako pri ultrazvukovom disektore, no stále predstavuje 9-19 sekúnd. Tieto zrejmé výhody v porovnaní s generátormi na báze ultrazvuku platia žiaľ len v klasickej chirurgii. Pri použití impedanciou kontrolovanej bipolárnej elektrokoagulácie počas laparoskopической operácie dochádza k signifikantnému poškodzovaniu koncového inštrumentu už po 25-30 aktiváciách. V dôsledku toho sa hemostáza stáva nespoľahlivou a zvyšuje sa zahrievanie okolitých tkanív – inštrument by sa mal preto vymeniť. Pozorované skutočnosti nie

sú dostatočne objasnené, pravdepodobne sa na nich podieľajú menšie tepelné straty do okolia počas laparoskopической operácie v porovnaní s klasickým výkonom.

Základným predpokladom bezpečnej aplikácie vysokoenergetických technológií v chirurgii je znalosť mechanizmov ich účinku a potenciálnych rizík z toho vyplývajúcich. Samotná orientácia v tejto problematike však nestačí, nevyhnutné je dokonalé uvedomovanie si rizík tak na individuálnej, ako aj na inštitucionálnej úrovni. V tejto súvislosti je dôležité dôsledné sledovanie a hlásenie výskytu možných nežiadúcich udalostí, analýza ich príčin a zabezpečenie opatrení potrebných na ich elimináciu v budúcnosti.

Z hľadiska prevencie na individuálnej úrovni je rozhodujúca dokonalá znalosť zásad správneho používania vysokoenergetických technológií a nácvik bezpečnej operačnej techniky. Počas prípravy k operácii je potrebné zapojiť svetelný kábel na optiku ešte pred zapnutím zdroja svetla a skontrolovať správnosť tohto pripojenia, neponechávať laparoskop v kontakte s rúskovaním, či voľnou kožou pacienta. Rovnako tak počas operácie je potrebné vyvarovať sa kontaktu konca laparoskopu s vnútrobrušnými orgánmi, v prípade straty kapnoperitonea laparoskop aj inštrumenty z brušnej dutiny odstrániť. Pri používaní elektrokoagulácie je vhodné uprednostniť nastavenie generátorov na nižší výkon, využívajúc kratšie, v prípade potreby opakované aplikácie, pričom efektívnosť koagulácie je možné zvyšovať použitím tenkých elektrod a udržiavaním tkanív pod adekvátnym napätím. Využitie ultrazvukového noža je najbezpečnejšie na stupni intenzity 3 a nižšom, prípadne v aktivačných intervaloch do piatich sekúnd. Pre spoľahlivú aplikáciu impedanciou kontrolovanej bipolárnej elektrokoagulácie v laparoskopической chirurgii by nemal byť koncový inštrument aktivovaný viac ako 25-30 krát. Vzhľadom na šírenie termickej energie do okolia je nutné vo všeobecnosti, bez ohľadu na používanú hemostatickú modalitu, postupovať opatrne najmä v blízkosti rizikových anatomických štruktúr (žľčové cesty, močovod, dôležité veľké cievy, semenovod) či v tesnom susedstve vodivých materiálov (staplerové línie, kovové svorky, neizolované časti nástrojov). Energeticky aktívne inštrumenty by sa vzhľadom na vysoký stupeň ohrevu a relatívne pomalé ochladzovanie nemali využívať na úchop tkanív. Aktívna časť inštrumentov musí byť počas celej operácie v zornom poli laparoskopu. Aktiváciu hemostatických zariadení (aktivačný pedál) by mal vždy zabezpečovať výhradne operatér.

Bezpečnosť používaných technológií by mala byť garantovaná systémovými opatreniami na inštitucionálnej úrovni. Servisné kontroly v pravidelných, výrobcom stanovených intervaloch sú samozrejmosťou. Pred každým použitím rizikového prístroja či inštrumentov by mala prebehnúť viacstupňová kontrola ich aktuálneho stavu – najmä revízia neporušenosti izolačnej vrstvy elektroinštrumentov, integrity svetelného a elektrokoagulačného kábla. Zdroj svetla, svetelný kábel a optika musia byť chápané ako jednotný celok, dodávaný v záujme vylúčenia nežiadúcich interakcií jedným výrobcom – samotná technická pripojiteľnosť nepostačuje. Pridlhý elektrokoagulačný kábel musí byť voľne napnutý, nie stočený a uchytený na jednom mieste. Kombinácie vodivý port/nevodivá stabilizačná objímka alebo nevodivý port/vodivá plášťová redukcia nie sú vhodné. Samotné systémové opatrenia by mali podliehať automatickému auditu v prípade výskytu incidentov/nežiadúcich udalostí, nakoľko aj dobre fungujúci systém v sebe ukrýva latentné riziká.

Zhrnutie

Hoci súčasné technologické vybavenie používané v laparoskopickej chirurgii je konštruované ako bezpečné, nedisponuje zatiaľ mechanizmami vylučujúcimi vznik tepelných poranení. Iatrogénny charakter lézií a ich potenciálne závažné klinické dôsledky predstavujú nielen medicínsky, ale aj medicínsko-právny problém. Termické lézie vznikajú zlyhaním ľudského faktora, používaného inštrumentária a prístrojového vybavenia alebo nežiadúcou vzájomnou interakciou používaných technológií. Dokonalá znalosť mechanizmov možného vzniku tepelných poranení, individuálne uvedomovanie si rizík, pravidelná kontrola používaných zariadení a systémové kroky vedúce k optimalizácii vzájomnej interakcie používaných prístrojov, nástrojov a špeciálneho materiálu sú základnými predpokladmi eliminácie komplikácií špecifických pre vysokoenergetické zdroje využívané v laparoskopickej chirurgii.

Literatúra

1. Abu-Rafea, B., Vilos, GA., Al-Obeed, O. et al. Monopolar electrosurgery through single-port laparoscopy: a potential hidden hazard for bowel burns. In *J Minim Invasive Gynecol.* 2011, vol. 18, no. 6, p. 734-740.
2. Alkatout, I., Schollmeyer, T., Hawaldar, NA. et al. Principles and safety measures of electrosurgery in laparoscopy. In *JSLs.* 2012, vol. 16, no. 1, p. 130-139.
3. Bergamaschi, R., Yavuz, Y., Marvik, R. Laparoscopic bowel resection: a comparison of three ultrasonically activated devices. In *JSLs.* 2003, vol. 7, no. 1, p. 19-22.
4. Campbell, PA., Cresswell, T., Frank, TG. et al. Real-time thermography during energized vessel sealing and dissection. In *Surg Endosc.* 2003, vol. 17, no. 10, p. 1640-1645.
5. Eberli, D., Hefermehl, LJ., Müller, A. et al. Thermal spread of vessel-sealing devices evaluated in a clinically relevant in vitro model. In *Urol Int.* 2011, vol. 86, no. 4, p. 476-482.
6. Emam, TA., Cuschieri A. How safe is high-power ultrasonic dissection? In *Ann Surg.* 2003, vol. 237, no. 2, p. 186-191.
7. Hindle AK, Brody F, Hopkins V. et al. Thermal injury secondary to laparoscopic fiber-optic cables. In *Surg Endosc.* 2009, vol. 23, no. 8, p. 1720-1723.
8. Hutchisson, B., Baird, MG., Wagner, S. Electrosurgical safety. In *AORN J.* 1998, vol. 68, no. 5, p. 830-837.
9. Ito, M., Harada, T., Yamauchi, N. et al. Small bowel perforation from a thermal burn caused by contact with the end of a laparoscope during ovarian cystectomy. In *J Obstet Gynaecol Res.* 2006, vol. 32, no. 4, p. 434-436.
10. Kim, FJ., Chammas, MF., Gewehr, E. et al. Temperature safety profile of laparoscopic devices: Harmonic ACE (ACE), Ligasure (LV), and plasma trisector (PT). In *Surg Endosc.* 2008, vol. 22, no. 6, p. 1464-1469.
11. Liu, Q., Sun, XB. Indirect electrical injuries from capacitive coupling: a rarely mentioned electrosurgical complication in monopolar laparoscopy. In *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2013, vol. 92, no. 2, p. 238-241.
12. Montero PN, Robinson TN, Weaver JS, Stiegmann GV. Insulation failure in laparoscopic instruments. In *Surg Endosc.* 2010, vol. 24, no. 2, p. 462-465.

13. Odell, RC. Surgical complications specific to monopolar electrosurgical energy: engineering changes that have made electrosurgery safer. In *J Minim Invasive Gynecol*. 2013, vol. 20, no. 3, p. 288-298.
14. Roberts, WW., Dinkel, TA., Schulam, PG. et al. Laparoscopic infrared imaging. In *Surg Endosc*. 1997, vol. 11, no. 12, p. 1221-1223.
15. Song, C., Tang, B., Campbell, PA. et al. Thermal spread and heat absorbance differences between open and laparoscopic surgeries during energized dissections by electrosurgical instruments. In *Surg Endosc*. 2009, vol. 23, no. 11, p. 2480-2487.
16. Šoltés, M., Pažinka, P., Radoňak, J. Termické lézie v laparoskopической chirurgii. In *Endoskopie*. 2011, vol. 20, no. 1, p. 14-16.
17. Tucker, RD. Laparoscopic electrosurgical injuries: survey results and their implications. In *Surg Laparosc Endosc*. 1995, vol. 5, no. 4, p. 311-317.
18. Vilos, GA., Rajakumar, C. Electrosurgical generators and monopolar and bipolar electrosurgery. In *J Minim Invasive Gynecol*. 2013, vol. 20, no. 3, p. 279-287.
19. Voyles, CR., Tucker, RD. Education and engineering solutions for potential problems with laparoscopic monopolar electrosurgery. In *Am J Surg*. 1992, vol. 164, no. 1, p. 57-62.
20. Wu, MP., Ou, CS., Chen, SL. et al. Complications and recommended practices for electrosurgery in laparoscopy. In *Am J Surg*. 2000, vol. 179, no. 1, p. 67-73.
21. Zucker, KA., Martin, DT., Pegues, RF. et al. Complications of laparoscopic instrumentation and equipment. In: Bailey RW et al. *Complications of laparoscopic surgery*. St. Louis: Quality Medical Publishing. 1995, p. 58-74.
22. Yavuz, Y., Skogas, JG., Gulluoglu, MG. et al. Are cold light sources really cold? In *Surg Laparosc Endosc Percut Tech*. 2006, vol. 16, no 5, p. 370-376.
23. Yazdani, A., Krause, H. Laparoscopic instrument insulation failure: the hidden hazard. In *J Minim Invasive Gynecol*. 2007, vol. 14, no. 2, p. 228-232.

5. Zlyhanie elektronického vybavenia v laparoskopической chirurgii

Jedným z rozhodujúcich faktorov, ktorý umožnil vznik a rýchle rozšírenie laparoskopической chirurgie bol vývoj moderných technológií. Operačná sála súčasnosti je vybavená veľkým množstvom elektronických prístrojov, zapojenie a ovládanie ktorých si vyžaduje pomerne rozsiahle odborné vedomosti. Endoskopická kamera, monitor, zdroj svetla, insuflátor, odsávačka a vysokoenergetické zdroje pre hemostázu (elektrokoagulácia, ultrazvukový nôž) dnes patria k základnému vybaveniu pre laparoskopickou chirurgiu. Stále komplexnejšie laparoskopické operačné výkony sú však spojené s perioperačným využívaním ďalších doplnkových technológií akými sú napríklad:

- RTG (C-rameno)
- ultrasonografia
- endoskopia
 - gastroskop
 - kolonoskop
 - duodenoskop
 - choledochoskop
 - cystoskop
 - ureterskop
 - hysteroskop
- kryoterapia
- rádiodrekvencná ablácia

Minimalizácia operačného prístupu je sprevádzaná maximalizáciou aplikácie moderného elektronického vybavenia. Súčasný chirurg stojí preto pred novo definovaným problémom každodennej praxe, ktorým je interakcia medzi ľudským faktorom a technológiou. Hoci moderné prístroje sú konštruované tak, aby boli bezpečné a spoľahlivé, možnosť ich zlyhania je reálnou hrozbou. Nebezpečenstvo tejto situácie zvyšuje aj fakt, že manipulácia so zložitým elektronickým vybavením a riešenie problémov spojených s jeho nesprávnou funkciou nie sú integrálnou súčasťou vzdelávania lekárov ani ostatného zdravotníckeho personálu. Efektívna ochrana pred vznikom nežiadúcich udalostí charakterizovaných poškodením zdravia pacienta musí byť viacstupňová a zahŕňa:

- bezpečný dizajn prístrojového vybavenia
- priestorovú a manažérsku organizáciu operačnej sály
- protokolárnu prevádzku technologických zariadení
- adekvátne skúsený personál

Ludský faktor hrá v tomto procese rozhodujúcu úlohu a je preto nevyhnutné zvyšovať povedomie zdravotníckych pracovníkov o bezpečnostných rizikách vo vzťahu k zlyhaniu elektronického vybavenia v laparoskopической chirurgii.

Zlyhanie elektronického vybavenia je definované ako situácia, keď v čase jeho potreby pri operačnom výkone:

- nefunguje vôbec
- jeho funkcia je nedostatočná alebo chybná

Hoci jednotná klasifikácia neexistuje, z hľadiska charakteru zlyhania sa vyčleňujú dve základné skupiny:

- chybné umiestnenie prístrojov
- neadekvátne funkčnosť

Podrobnejšia klasifikácia s relatívnou početnosťou jednotlivých typov zlyhania je prehľadne zobrazená v tabuľke 1.

Tab. 1 Klasifikácia zlyhaní elektronického vybavenia podľa charakteru

Chybné umiestnenie (45 %)	Prístroj chýba
	Prístroj nie je na správnom mieste
Neadekvátne funkčnosť (55 %)	Chybné pripojenie (18 %)
	Nesprávne nastavenie (6 %)
	Porucha (11 %)
	Neznáme príčiny (20 %)

Zlyhanie elektronického vybavenia v laparoskopической chirurgii predstavuje problém:

- relatívne častý
- podceňovaný
- potenciálne nebezpečný pre zdravie pacienta

Pozorovacie štúdie zaoberajúce sa primárne častotou výskytu zlyhaní elektronického vybavenia počas laparoskopických operačných výkonov dokumentovali ich prekvapujúco vysokú frekvenciu (tab. 2).

Tab. 2 Frekvencia zlyhaní v pozorovacích štúdiách

Autor/rok	Operačný výkon	Výskyt zlyhaní
Verdaasdonk (2007)	laparoskopická cholecystektómia	84 %
Courdier (2009)	diagnostická laparoscopia	30 %
Buzink (2010)	laparoskopická cholecystektómia	58 %

Ďalším alarmujúcim poznatkom je referovaný viacnásobný výskyt zlyhaní – 1-6 krát počas operačného výkonu, pričom každé jednotlivé zlyhanie znamená predĺženie operačného času v priemere o 1,5 – 5,6 minúty a je sprevádzané narušením koncentrácie operačného tímu.

Klinické štúdie prinášajú informácie o zlyhaní elektronického vybavenia len sporadicky. V tejto súvislosti je pozoruhodná štúdia COLOR, ktorá zdokumentovala zlyhanie elektronického vybavenia ako príčinu konverzie laparoskopickej resekcie hrubého čreva v 1,2 % prípadov (8 pacientov v súbore 627 operácií).

Výrazný rozdiel v referovaných frekvenciách medzi pozorovacími a klinickými štúdiami naznačuje potrebu klasifikácie zlyhaní z hľadiska klinickej relevance na (tab. 3):

- incidenty
- nežiadúce udalosti

Tab. 3 Klasifikácia zlyhaní elektronického vybavenia podľa klinickej relevantnosti

Incident	Zlyhanie nepodstatné
	Jednoducho vyriešiteľné
	Bez následkov pre pacienta
	Relatívne časté
	Predlžuje operačný čas
	Narušuje koncentráciu operačného tímu
	Podceňované a nereferované
	Potenciálne nebezpečné
Nežiadúca udalosť	Sekvencia niekoľkých incidentov
	Nežiadúce dôsledky pre pacienta
	Prevenca viacúrovňovými obrannými mechanizmami
	Výskyt relatívne zriedkavo

Incidenty je ďalej možné v závislosti od vyvolávajúceho faktora (ľudský faktor vs latentné systémové riziká) klasifikovať na:

- aktívne zlyhania (nebezpečné konanie personálu)
 - neznalosť
 - nedbalosť
- latentné zlyhania
 - dizajn a konštrukcia prístrojov
 - ich vzájomné interakcie
 - manažment prevádzky

Prevenca nežiadúcich udalostí začína sledovaním výskytu menších incidentov za účelom budovania adekvátnych ochranných mechanizmov. Tie existujú na viacerých úrovniach a preto nie všetky incidenty znamenajú nevyhnutne nežiadúcu udalosť – je potrebná určitá sekvencia incidentov v rovnakom čase na rovnakom mieste. V podmienkach operačnej sály existujú štyri stupne ochrany:

- dizajn technologického vybavenia – dizajn používaných prístrojov závisí od výrobcu a preto predstavuje latentnú formu rizika. Obzvlášť nebezpečné sú nedostatky v bezpečnostnom profile vybavenia, ktoré je proklamované ako bezpečné. Je nutné si uvedomiť, že používané prístroje musia byť bezpečné aj v rukách neskúseného personálu, t.j. mali by minimalizovať možnosť výskytu nežiadúcich udalostí v dôsledku aktívneho zlyhania používateľa a obsluhy, čo treba mať na pamäti pri nákupe zariadení.
- organizácia operačnej sály – je dôležitým faktorom tak z hľadiska priestorovej organizácie, ako aj manažmentu. Pravidelné technické prehliadky a adekvátne starostlivosť o prístrojové vybavenie by mali byť samozrejmosťou. Nespornou výhodou je technologický „back-up“, t.j. záložné vybavenie pre prípad technickej poruchy. Hoci priestorovo integrovaná operačná sála v porovnaní s klasickým usporiadaním na mobilných vozíkoch sa zdá byť jednoznačne bezpečnejšia, z hľadiska rizika zlyhania elektronického vybavenia sa táto skutočnosť napodiv nepotvrdila.
- protokolárna prevádzka – protokoly prevádzky prístrojového vybavenia („check-listy), v ktorých si výkonný personál kontroluje a značí, či všetky prípravné kroky pred spustením prístroja boli splnené, predstavujú veľmi účinný preventívny nástroj. Samotná existencia protokolu zabezpečuje:
 - dvojitú kontrolu
 - synchronizáciu úloh sálového personálu
 - optimalizáciu pracovného procesu
 - zvýšenie povedomia o bezpečnostných rizikách
 - štruktúrovaný návod na hľadanie príčin prípadného zlyhania

Protokol má účinnosť v klasickej papierovej aj elektronickej podobe a znižuje výskyt incidentov zlyhania prístrojového vybavenia o 40-53 %. Z tabuľky 1 je zrejmé, že efektívnymi opatreniami by malo byť možné redukovať výskyt incidentov až o 69 %.

- skúsenosť personálu – zlyhania v konaní sálového personálu sú rozhodujúcou veličinou pre výskyt väčšiny incidentov. Aj v integrovanej operačnej sále s protokolárnou prevádzkou zostáva ľudský faktor kľúčovým

parametrom pre bezproblémové fungovanie používaných technológií. Sálavý personál musí fungovať ako tím s jasne definovanými povinnosťami a kompetenciami (manažment tímového potenciálu), pričom je potrebné klásť väčší dôraz na nácvik krízovej komunikácie (riešenia v prípade incidentov a nežiadúcich udalostí). Predpokladom úspešnej implementácie akejkoľvek novej technológie je adekvátne zaškolenie a tréning na všetkých stupňoch personálnej hierarchie operačnej sály.

Zhrnutie

Súčasná chirurgia stojí pred novo definovaným problémom každodennej praxe, ktorým je interakcia medzi ľudským faktorom a technológiou. Inciden-ty v zmysle zlyhania elektronického vybavenia sú v laparoskopической chirurgii časté, podceňované a potenciálne nebezpečné. Bezpečný dizajn prístrojového vybavenia, priestorová a manažérska organizácia operačnej sály, protokolárna prevádzka technologických zariadení a adekvátne skúsený personál predstavujú viacstupňovú ochranu zabráňujúcu vzniku nežiadúcich udalostí charakterizovaných poškodením pacienta. Ľudský faktor hrá v tomto procese rozhodujúcu úlohu a je preto nevyhnutné zvyšovať povedomie zdravotníckych pracovníkov o bezpečnostných rizikách. Napriek tomu, že moderné prístroje sú proklamované ako bezpečné a spoľahlivé, existuje trvalé riziko ich zlyhania, a to najmä v prípade neadekvátneho zaškolenia obsluhujúceho personálu. Aj keď súčasné chirurgické postupy sú závislé na komplexnom prístrojovom vybavení, kontrola nad priebehom operačného výkonu musí zostať v rukách operačného tímu, ktorému má technológia slúžiť a nie ho ovládať.

Literatúra

1. Berci, G., Rozga, J. Miniature laparoscopy: quo vadis? The basic parameters of image relay and display systems. In Surg Endosc. 1999, vol. 13, no. 3, p. 211-217.
2. Buzink, S., van Lier, L., de Hingh, I.H. et al. Risk-sensitive events during laparoscopic cholecystectomy: the influence of the integrated operating room and a preoperative checklist tool. In Surg Endosc. 2010, vol. 24, no. 8, p. 1990-1995.

3. Calland, JF., Turrentine, FE., Guerlain, S. et al. The surgical safety checklist: lessons learned during implementation. In *Am Surg*. 2011, vol. 77, no. 9, p. 1131-1137.
4. Colver, RM. Laparoscopy: basic technique, instrumentation and complications. In *Surg Laparosc Endosc*. 1992, vol. 2, no. 1, p. 35-40.
5. Courdier, S., Garbin, O., Hummel, M. et al. Equipment failure: causes and consequences in endoscopic gynecologic surgery. In *J Minim Invasive Gynecol*. 2009, vol. 16, no. 1, p. 28-33.
6. Hu, YY., Greenberg, CC. Patient safety in surgical oncology: perspective from the operating room. In *Surg Oncol Clin N Am*. 2012, vol. 21, no. 3, p. 467-478.
7. Ching, SS., Sarela, AI., Hayden, JD. et al. Randomized clinical trial of torsional versus linear mode ultrasonically activated devices for laparoscopic cholecystectomy. In *Surg Endosc*. 2009, vol. 23, no. 7, p. 1506-1511.
8. Montero, PN., Robinson, TN., Weaver, JS. et al. Insulation failure in laparoscopic instruments. In *Surg Endosc*. 2010, vol. 24, no. 2, p. 462-465.
9. Reason, J. *Human Error*. Cambridge University Press : New Yoork, 1990.
10. Spence, J., Goodwin, B., Enns, C. et al. Student-observed surgical safety practices across an urban regional health authority. In *BMJ Qual Saf*. 2011, vol. 20, no. 7, p. 580-586.
11. Stassen, LP., Bemelman, WA., Meijerink, J. Risks of minimally invasive surgery underestimated: a report of the Dutch Health Care Inspectorate. In *Surg Endosc*. 2010, vol. 24, no. 3, p. 495-498.
12. Treadwell, JR., Lucas, S., Tsou, AY. Surgical checklists: a systematic review of impacts and implementation. In *BMJ Qual Saf*. 2013, Aug 6. [Epub ahead of print]
13. Veldkamp, R., Kuhry, E., Hop, WC. et al. Colon cancer Laparoscopic or Open Resection Study Group (COLOR): Laparoscopic surgery versus open surgery for colon cancer: short term outcomes of a randomised trial. In *Lancet Oncology*. 2005, vol. 6, no. 7, 477-484.
14. Verdaasdonk, EG., Stassen, LP., van der Elst, M. et al. Problems with technical equipment during laparoscopic surgery. In *Surg Endosc*. 2007, vol. 21, no. 2, p. 275-279.
15. Verdaasdonk, EG., Stassen, LP., Hoffmann, WF. et al. Can a structured checklist prevent problems with laparoscopic equipment? In *Surg Endosc*. 2008, vol. 22, no. 10, p. 2238-2243.

16. Yazdani, A., Krause, H. Laparoscopic instrument insulation failure: the hidden hazard. In *J Minim Invasive Gynecol.* 2007, vol. 14, no. 2, p. 228-232.
17. Yasuhara, H., Fukatsu, K., Komatsu, T. et al. Prevention of medical accidents caused by defective surgical instruments. In *Surgery.* 2012, vol. 151, no. 2, p. 153-161.

6. Psychomotoricko-senzorické špecifiká laparoskopickej chirurgie

Laparoskopická chirurgia predstavuje v porovnaní s klasickou kvalitatívne nové prostredie. Vizualná informácia z operačného poľa je prenášaná na monitor a samotný operačný výkon sa realizuje pomocou dlhých nástrojov prenikajúcich do brušnej dutiny cez pracovné porty. Toto technologické usporiadanie definuje zrejme a v súčasnosti dostatočne popísané kognitívne a psychomotorické limitácie, špecifické pre laparoskopickú chirurgiu. Operačný tím je nútený prispôbiť sa neprirodzeným pracovným podmienkam, ktoré zvyšujú jeho fyzickú a psychickú záťaž a ich adekvátna kompenzácia si vyžaduje špeciálny tréning.

6.1 Kognitívne limitácie

- strata 3-dimenzionálneho videnia – keďže vizualná informácia je operačnému tímu sprostredkovaná pomocou obrazovky monitora, dvojdimenzionálny obraz nemôže korešpondovať s trojdimenzionálnou realitou v operačnom poli. Takto definovaná situácia nevyhnutne kompromituje binokulárny hĺbkový vnem. Samotná manipulácia s nástrojmi je preto do značnej miery inštinktívna a intuitívna. Pre efektívnu prácu v operačnom poli je potrebný nácvik odhadu chýbajúceho hĺbkového vnemu, ktorý vedie k mentálnej adaptácii na základe pozorovania efektívneho pohybu inštrumentov dosahujúcich vizuálne stanovený cieľ.
- limitovaný hmatový vnem – samotný hmatový vnem je definovaný ako kombinácia taktilnej (dotykovej) a kinestetickkej (proprioceptívnej) percepcie.

Dotyková zložka hmatového vnemu je sprostredkované receptormi v koži a zahŕňa percepciu:

- tlaku
- vibrácií
- štruktúry

Kinestetická časť hmatového vnemu poskytuje informácie o polohe nástroja v brušnej dutine a je sprostredkovaná proprioceptormi v:

- kĺboch
- šlachách
- svaloch

Keďže počas laparoskopického operačného výkonu nie sú ruky operátora v priamom kontakte s tkanivami v operačnom poli, aktuálny hmatový vnem je sprostredkovaný len kontaktom s rúčkami nástrojov. Je zrejmé, že takto definované vnímanie je v porovnaní s klasickou chirurgiou významne obmedzené a okrem toho významne modifikované charakteristikami samotných inštrumentov. Za najdôležitejšie parametre rozhodujúce v tomto procese je možné označiť:

- materiál rúčky nástroja – rôzne materiály (najčastejšie plast alebo kov) sú charakteristické rozdielmi v štruktúre povrchu, tepelnej vodivosti, poddajnosti a hmotnosti
 - tvár rúčky nástroja – rozhodujúci je charakter kontaktnej plochy a jej veľkosť
 - dĺžka nástroja – nepriamo úmerne ovplyvňuje intenzitu hmatového vnemu
 - priemer nástroja – ovplyvňuje flexibilitu (resp. rigiditu) inštrumentu
 - charakter použitých portov – pohybom nástrojov v portoch vzniká trenie rôznej intenzity v závislosti od charakteru chlopne (materiál, konštrukcia) a priemeru portu
- obmedzenie periférneho videnia – periférne videnie je nevyhnutné pre efektívnu navigáciu tak na operačnej sále, ako aj v operačnom poli. Keďže operačný tím získava obrazovú informáciu prostredníctvom optického okruhu, postráda prirodzenú možnosť priamej vizuálnej kontroly očami. Namiesto toho je úplne závislý na obraze snímanom laparoskopom, ktorého optický záber je v zmysle periférneho videnia v porovnaní s vizuálnou kontrolou očami výrazne obmedzený a navyše definovaný prácou asistenta (kameramana) alebo nastavením elektromechanického ramena. Získavaný obraz je niekoľkonásobne zväčšený a podľa typu použitej optiky aj širokouhlý, výsledkom čoho je detailnejší obraz umožňujúci výbornú identifikáciu aj veľmi delikátnych anatomických štruktúr. Na druhej strane je takto definovaná situácia do určitej miery nevýhod-

ná, nakoľko sústreďí pozornosť operátora na detaily, čo ďalej kompromituje rozsah jeho periférneho videnia v už aj tak limitovanom optickom zábere. Je preto veľmi dôležitou úlohou asistenta sledovať pozorne diaľnicu na periférii obrazu za účelom včasnej detekcie eventuality situácií, ktoré si samotný operátor nemusí uvedomovať a mohli by byť príčinou nežiadúcich udalostí. Súčasne je nevyhnutné, aby kameraman udržiaval dostatočne komplexný pohľad na operačné pole tak, aby boli vždy všetky aktívne časti nástrojov pod kontrolou zraku.

- deformácia obrazu – realita a verosť obrazu ovplyvňuje druh použitej optiky. Pôvodne boli laparoskopie konštruované ako priame (0°), pričom ich hlavnou výhodou bola práve minimalizácia deformácie obrazu a svetelnej straty, ako aj veľmi jednoduché ovládanie. Vzhľadom na potrebu kompenzácie obmedzeného periférneho videnia sú v súčasnosti preferované šikmé optiky (30° , 45°), ktoré umožňujú kompenzovať nevýhodné elevačné uhly a poskytujú širšiu vizuálnu informáciu možnosťou „pohľadu za roh“. Nevýhodou šikmej optiky je čiastočná deformácia obrazu, nakoľko ortogonálna os kamery a optiky nie sú totožné. Tento problém je menej výrazný pri 30° optike, ktorej používanie považuje momentálne väčšina chirurgov za zlatý štandard. Pre efektívne využitie šikmej optiky v chirurgickej praxi je nevyhnutné, aby kameraman dokonale chápal princíp jej fungovania, čo je nevyhnutným predpokladom pre jej správne ovládanie. Súčasne je nemenej dôležitá aj efektívna komunikácia medzi operátorom a kameramanom za účelom udržiavania optimálneho uhla pohľadu, ktorý sa môže meniť v závislosti od fázy daného výkonu. V prípade, že kameraman svojvoľne zmení štandardný uhol pohľadu bez toho, aby informoval operátora, môže zapríčiniť stratu jeho správnej anatomickej orientácie v operačnom poli.
 - limitovaná kvalita obrazu – samotná kvalita obrazu je ovplyvňovaná mnohými faktormi, ktoré môžu byť v príčinnej súvislosti s:
 - technickými parametrami použitého optického reťazca
 - usporiadaním a stavom jeho jednotlivých komponentov
 - situáciou v operačnom poli
- Z hľadiska technických parametrov optického reťazca sa uplatňuje najmä:
- kvalita rozlíšenia definovaná parametrami použitej kamery
 - druh a výkon svetelného zdroja

- dĺžka a priemer použitého svetelného kábla
- uhol použitej optiky (0°, 30°, 45°)
- rozlíšenie a uhlopriečka monitora

Z hľadiska usporiadania a stavu jednotlivých komponentov optického reťazca je najdôležitejšie chápať potrebu:

- kompatibility kamery, svetelného zdroja a monitora
- správneho umiestnenie monitora (na optickej osi)
- dostatočného zahriatia optiky (prevencia zahmlievania)
- sledovania opotrebenia svetelného kábla

Z hľadiska samotnej situácie v operačnom poli kvalitu obrazu najviac zhoršuje:

- krvácanie
- používanie vysokoenergetických hemostatických zariadení („dym“)
- priamy kontakt optiky s tkanivom

Zhoršená kvalita obrazu predstavuje pre operačný tím mimoriadne stresujúcu situáciu, ktorej efektívna kompenzácia prakticky nie je možná. V prípade neštandardnej kvality obrazovej informácie je preto nevyhnutné identifikovať vyvolávajúcu príčinu a vykonať adekvátne opatrenia za účelom jej zlepšenia. V krajnom prípade je alternatívou výmena celého optického reťazca. Pokračovanie v operačnom výkone napriek zlej kvalite obrazu je nebezpečné a môže byť príčinou závažných komplikácií!

6.2 Psychomotorické limitácie

- oddelenie vizuálneho a mechanického koordinačného systému – špecifikom laparoskopickej chirurgie je fakt, že operačný tím nedisponuje priamou vizuálnou informáciou z operačného poľa, ale len sprostredkovaným obrazom, ktorý sa premieta na monitor vzdialený od miesta operácie. Takéto umelé oddelenie vizuálneho a mechanického koordinačného systému definuje základnú psychomotorickú limitáciu laparo-

skopickej chirurgie, nakoľko práca v podmienkach separovaných koordinátnych systémov zhoršuje pracovný výkon a zvyšuje chybovosť.

- limitovaná voľnosť pohybu inštrumentov – nástroje používané v laparoskopickej chirurgii prenikajú k operačnému poľu v brušnej dutine prostredníctvom fixných bodov v brušnej stene, ktoré sú definované umiestnením portov. Toto obmedzenie limituje schopnosť chirurga prispôbovať polohu nástroja aktuálnym potrebám v zmysle optimálneho smerovania k cieľu v operačnom poli. Za túto skutočnosť sú zodpovedné viaceré fenomény:
 - strata 2 stupňov voľnosti pohybu – v súčasnosti bežne dostupné laparoskopické nástroje umožňujú 4 stupne voľnosti pohybu – rotáciu, pohyb nahor/nadol, pohyb doprava/doľava, pohyb dnu/von, čo je v porovnaní s ľudskou rukou o dva stupne voľnosti menej (chýba rotačný pohyb v zápästí)
 - pákový efekt („fulcrum“ efekt) – laparoskopický nástroj sa pohybuje okolo pevného bodu, ktorý predstavuje pracovný port. Vzhľadom k tomu je efektívny pohyb inštrumentu v operačnom poli opačný ako jeho pohyb pred brušnou stenou (posun ruky doprava-posun nástroja doľava, posun ruky nahor-posun nástroja nadol a pod.). Tento paradoxný kinetický model znemožňuje intuitívne ovládanie inštrumentov, ktoré si preto vyžaduje tréning. Napriek tomu je mentálne prispôsobenie sa tomuto obrátenému pohybovému vzorcu relatívne jednoduché.
 - pomerný efekt („scaling“ efekt) – vzhľadom na pohyb laparoskopického inštrumentu okolo pevného bodu sa dráhy špičky nástroja a jeho rúčky riadia kinematickou sférickou závislosťou. Výsledný efekt je závislý na pomere dĺžky extra a intrakorporálnej časti nástroja. Pri ideálnom pomere 1:1 zodpovedá trajektória rúčky dráhe špičky. V prípade, že dlhšia časť nástroja sa nachádza extrakorporálne, dráha rúčky sa vo vzťahu k dráhe špičky úmerne predlžuje, t.j. relatívne veľké exkurzie rúčky vedú k relatívne malým pohybom špičky. Naopak, pri dlhšej časti nástroja intrakorporálne sú relatívne malé exkurzie rúčky sledované relatívne veľkým pohybom špičky. Tieto závislosti limitujú presnosť a efektivitu pohybu inštrumentu v operačnom poli.

- oblúkový efekt („arc“ efekt) – pohyb laparoskopického nástroja okolo pevného bodu spôsobuje konvexnú trajektóriu jeho špičky (podobnosť s ručičkou na hodinách). Typická dráha pohybu efektívnej časti nástroja v operačnom poli z bodu A do bodu B nie je preto priama, ale konvexná, so zakrivením 20° , čo môže viesť k poškodeniu okolitých tkanív a orgánov (inštrument preniká hlbšie ako by mal). Skúsený chirurg súčasne so stranovým pohybom nástroja vykonáva aj jeho čiastočné povytiahnutie, čo vedie k bezpečnejšej konkávnej trajektórii so zakrivením 45° .
 - ohybový efekt („torque“ efekt) – vzhľadom k faktu, že laparoskopický nástroj preniká do brušnej dutiny cez celú hrúbku brušnej steny prostredníctvom rigidného portu, pôsobia na neho ohybové sily, ktoré obmedzujú jeho pohyblivosť. Tento fenomén je osobitne výrazný u obezných pacientov, v priamej úmere k hrúbke brušnej steny.
- limitovaná efektivita inštrumentov – špecifický dizajn laparoskopických inštrumentov, ktorý umožňuje operovanie vo vzdialenom operačnom poli je príčinou niekoľkých zaujímavých fenoménov, ktoré vysvetľujú ich obmedzenú efektivitu v porovnaní s nástrojmi známymi z klasickej chirurgie:
- obmedzenie efektivity prenosu mechanickej energie – bežný laparoskopický úchopový inštrument prenáša silu stlačenia z rúčky na brandže nástroja v pomere 1:3, zatiaľ čo tento pomer je pri bežnom nástroji v klasickej chirurgii 3:1. V dôsledku uvedeného je pre vyvinutie rovnakej úchopovej sily potrebná pri laparoskopickom operačnom výkone 6x väčšia svalová práca ako pri klasickom. Nutnosť aplikácie väčšej sily zvyrazňuje dizajnové nedostatky v manipulačnej časti nástroja (neergonomické tvary rúčky, nevhodná veľkosť rúčky), čo ďalej zvyšuje riziko rýchlejšej únavy operačného tímu.
 - malá kontaktná plocha – limitovaná veľkosť kontaktnej plochy brandží laparoskopických nástrojov je dôležitá z hľadiska fyzikálneho prenosu sily. Hoci vyvíjaná úchopová sila sa môže zdať operatérovi primeraná, malá kontaktná plocha medzi inštrumentom a tkanivom ju nepriamo úmerne zvyšuje natoľko, že môže byť príčinou kontúzného poškodenia/perforácie. Hoci brandže väčšiny nástrojov sú konštruo-

vané ako „atraumatické“, a teda univerzálne použiteľné, pri výbere adekvátneho inštrumentu je potrebné brať do úvahy aj charakter vykonávanej úlohy (črevný grasper je neefektívny pre úchop žlčníka – brandže pridlhé, žlčníkový grasper je nevhodný na manipuláciu s črevom – malá kontaktná plocha – riziko perforácie).

- časová náročnosť výmeny nástrojov – vzhľadom na limitovaný prístup k operačnému poľu prostredníctvom pracovných portov je akákoľvek manipulácia s nástrojmi počas laparoskopickej operácie, v zmysle ich výmeny za iné, zaťažená dlhším manipulačným časom ako v klasickej chirurgii. Takáto časová strata predlžuje operačný výkon a môže spôsobovať poruchy koncentrácie. Multifunkčné inštrumenty minimalizujú potrebu ich výmeny za iné sú príliš zložité a ťažko ovládateľné, takže sa v praxi zatiaľ neosvedčili.

Zhrnutie

Laparoskopická chirurgia je charakteristická významnými psychomotoricko-senzorickými limitáciami. Strata 3-dimenzionálneho videnia, limitovaný hmatový vnem, obmedzenie periférneho videnia, deformácia a limitovaná kvalita obrazu, ako aj oddelenie vizuálneho a mechanického koordinačného systému a limitovaná efektivita a voľnosť pohybu inštrumentov predstavujú obmedzenia, na ktoré sa musí operačný tím adaptovať systematickým tréningom.

Literatúra

1. Barry. SL., Fransson, BA., Spall, BF. et al. Effect of two instrument designs on laparoscopic skills performance. In Vet Surg. 2012, vol. 41, no. 8, p. 988-993.
2. Bholat, OS., Haluck, RS., Kutz, RH. et al. Defining the role of haptic feedback in minimally invasive surgery. In Stud Health Technol Inform. 1999, vol. 62, no. 1, p. 62-66.
3. Bholat, OS., Haluck, RS., Murray, WB. Et al. Tactile feedback is present during minimally invasive surgery. In J Am Coll Surg. 1999, vol. 189, no. 4, p. 349-355.

4. Büchel, D., Mårvik, R., Hallabrin, B. et al. Ergonomics of disposable handles for minimally invasive surgery. In *Surg Endosc.* 2010, vol. 24, no. 5, p. 992-1004.
5. Cepolina, FE., Zoppi, M. Design of multi-degrees-of-freedom dexterous modular arm instruments for minimally invasive surgery. In *Proc Inst Mech Eng H.* 2012, vol. 226, no. 11, p. 827-37.
6. Delucia, PR., Griswold, JA. Effects of camera arrangement on perceptual-motor performance in minimally invasive surgery. In *J Exp Psychol Appl.* 2011, vol. 17, no. 3, p. 210-232.
7. Dobbela, JJ., Lee, RA., Noorden, Mv. et al. Indirect measurement of pinch and pull forces at the shaft of laparoscopic graspers. In *Med Biol Eng Comput.* 2012, vol. 50, no. 3, p. 215-221.
8. Hagen, ME., Meehan, JJ., Inan, I. et al. Visual clues act as a substitute for haptic feedback in robotic surgery. In *Surg Endosc.* 2008, vol. 22, no. 6, p. 1505-1508.
9. Heijnsdijk, EA., Pasdeloup, A., Dankelman, J. et al. The optimal mechanical efficiency of laparoscopic forceps. In *Surg Endosc.* 2004, vol.18, no. 12, p. 1766-1770.
10. Jacobi, CA., De Cuyper, KI., Muller, JM. Laparoscopy. Basic science and future directions. In *Surg Oncol Clin N Am.* 2001, vol. 10, no. 3, p. 679-691.
11. Kerbl, K., Clayman, RV. Basic techniques of laparoscopic surgery. In *Urol Clin N Am.* 1993, vol. 20, no. 2, p. 361-368.
12. Lin, CJ., Chen, HJ., Lo, YC. Ergonomic investigation of weight distribution of laparoscopic instruments. In *J Laparoendosc Adv Surg Tech.* 2011, vol. 21, no. 5, p. 411-415.
13. Matern, U., Kuttler, G., Giebmeier, C. et al. Ergonomic aspects of five different types of laparoscopic instrument handles under dynamic conditions with respect to specific laparoscopic tasks: an electromyographic-based study. In *Surg Endosc.* 2004, vol. 18, no. 8, p. 1231-1241.
14. Nisky, I., Huang, F., Milstein, A. et al. Perception of stiffness in laparoscopy - the fulcrum effect. In *Stud Health Technol Inform.* 2012, vol. 173, no. 3:313-9.
15. Picod, G., Jambon, AC., Vinatier, D. et al. What can the operator actually feel when performing a laparoscopy? In *Surg Endosc.* 2005, vol. 19, no. 1, p. 95-100.

16. Singapogu, RB., Pagano, CC., Burg, TC. Et al. Role of haptic feedback in a basic laparoscopic task requiring hand-eye coordination. In *Stud Health Technol Inform.* 2011, vol. 163, no: 4, p. 591-593.
17. Tanagho, YS., Andriole, GL., Paradis, AG. et al. 2D versus 3D visualization: impact on laparoscopic proficiency using the fundamentals of laparoscopic surgery skill set. In *J Laparoendosc Adv Surg Tech.* 2012, vol. 22, no. 9, p. 865-870.
18. van Det, MJ., Meijerink, WJ., Hoff, C. et al. Optimal ergonomics for laparoscopic surgery in minimally invasive surgery suites: a review and guidelines. In *Surg Endosc.* 2009, vol. 23, no. 6, p. 1279-1285.
19. Wagner, OJ., Hagen, M., Kurmann, A. et al. Three-dimensional vision enhances task performance independently of the surgical method. In *Surg Endosc.* 2012, vol. 26, no. 10, p. 2961-2968.
20. Westebring-van der Putten, EP., van den Dobbelsteen, JJ., Goossens, RH. et al. Effect of laparoscopic grasper force transmission ratio on grasp control. In *Surg Endosc.* 2009, vol. 23, no. 4, p. 818-824.
21. Westebring-van der Putten, EP., van den Dobbelsteen, JJ., Goossens, RH. et al. Force feedback requirements for efficient laparoscopic grasp control. In *Ergonomics.* 2009, vol. 52, no. 9, p. 1055-1066.
22. Wottawa, CR., Cohen, JR., Fan, RE. et al. The role of tactile feedback in grip force during laparoscopic training tasks. In *Surg Endosc.* 2013, vol. 27, no. 4, p. 1111-1118.
23. Zhou, M., Perreault, J., Schwaitzberg, SD. et al. Effects of experience on force perception threshold in minimally invasive surgery. In *Surg Endosc.* 2008, vol. 22, no. 2, p. 510-515.
24. Zhou, M., Tse, S., Derevianko, A. et al. Effect of haptic feedback in laparoscopic surgery skill acquisition. In *Surg Endosc.* 2012, vol. 26, no. 4, p. 1128-1134.

7. Ergonómia

Ergonómia sa zaoberá vytváraním takých pracovných podmienok, ktoré umožňujú pracovať komfortne a bezpečne, pri dosiahnutí optimálnej efektivity, rešpektujúc anatomicú, fyziologickú a psychologickú variabilitu jednotlivca. Neergonomické prostredie vedie k predčasnej únave, čo v podmienkach chirurgie môže mať katastrofálne dôsledky rovnako pre pacienta, ako aj pre chirurga. Dlhodobé, periodické a jednostranné preťažovanie organizmu môže spôsobiť i trvalé poškodenie zdravia.

Z hľadiska ergonómie laparoskopického operačného výkonu je možné problematiku rozčleniť na nasledujúce oblasti:

- vizualizácia operačného poľa
- postavenie chirurga/držanie tela
- prostredie operačnej sály
- fyzické a psychické zaťaženie chirurga

7.1 Vizualizácia operačného poľa

Zatiaľ čo pri klasickej operácii nadobúda chirurg vizuálnu informáciu z operačného poľa priamo, počas laparoskopického operačného výkonu je obraz sprostredkovaný optickým reťazcom (optika-kamera-monitor). Získaná vizuálna informácia je dvojdimenzionálna a prenášaná na monitor, ktorý je lokalizovaný mimo operačné pole. V tejto situácii je operačný tím úplne závislý na kvalite zobrazenia, ktoré je identické pre všetkých jeho členov. Výslednú kvalitu obrazovej informácie ovplyvňuje niekoľko dôležitých faktorov:

- poloha optiky – za ideálnych podmienok smeruje optika kolmo na vizualizovaný cieľ, v smere zhodnom so smerom operujúcich nástrojov, pričom sa nachádza medzi nimi – operovanie v takomto usporiadaní je definované ako operovanie „v optickej osi“ (on-axis). Rozmiestnenie, pri ktorom je optika laterálne od inštrumentov, sa nazýva operovanie „mimo optickej osi“ (off-axis). V závislosti od polohy optiky vo vzťahu k dominantnej ruke operátora ďalej rozoznávame operovanie „mimo optickej osi na dominantnej strane“ (optika na strane dominantnej ruky operátora – off-axis dominant hand) a operovanie „mimo optickej osi na nedominantnej strane“ (optika na strane nedominantnej ruky operátora – off-axis non-dominant hand). Z hľadiska ergonómie je najideálnejšie

operovanie v optickej osi. V prípade nutnosti operovania mimo nej je optimálnejšie voľiť variant na dominantnej strane (obr. 4). Úplne najhoršia je situácia v prípade, že optika a nástroje smerujú k vizualizovanému cieľu v protismere – výkon na „prevrátanej optickej osi“ – efektívne operovať v takomto usporiadaní je takmer nemožné. Voľbu operovania mimo optickej osi ovplyvňuje:

- osobnosť chirurga
- charakter prístupov do brušnej dutiny (priemer a rozmiestnenie portov)
- anatomická situácia
- charakter patologického nálezu
- druh operačného výkonu

Vo všeobecnosti platí, že operovanie mimo optickú os je akceptovateľné len pri jednoduchých výkonoch (napr. diagnostická laparoskopia, laparoskopická apendektómia, adheziolýza), resp. ako vynútená krátkodobá súčasť zložitejších operácií, kedy by bolo preusporiadanie nástrojov do optickej osi časovo alebo priestorovo (potreba založenia ďalších portov) neefektívne. V prípade zložitejších alebo dlhšie trvajúcich úkonov sú negatívne dopady neergonomického usporiadania (predlžovanie operácie, zvýšené riziko komplikácií, frustrácia operačného tímu a pod.) významné, a preto je namiesto snaha o ergonomické preusporiadanie do operovania „v optickej osi“.

- rozmiestnenie portov – nakoľko prístup k operačnému poľu je v laparoskopической chirurgii limitovaný počtom, lokalizáciou a priemerom použitých portov, je nevyhnutné starostlivé naplánovanie ich rozmiestnenia. Výsledkom nevhodnej stratégie je obmedzená voľnosť pohybu a efektivity inštrumentov v operačnom poli. Za účelom dosiahnutia čo najoptimálnejšieho stavu je nevyhnutné chápať mechanické vzťahy medzi nástrojmi a optikou, nástrojmi a operačným poľom a nástrojmi navzájom, ktoré geometricky definuje:
 - manipulačný uhol – uhol, ktorý zvierajú laparoskopické nástroje – ideálna hodnota 60° – je definovaný umiestnením pracovných portov
 - azimutový uhol – uhol, ktorý zvierá optika (optická os) a laparoskopický inštrument – za ideálnych podmienok sa rovná polovici mani-

pulačného uhla (30°) – je definovaný polohou optického a pracovných portov

- elevačný uhol – je uhol, ktorý zviaza operujúci nástroj vo vzťahu k horizontále operačného poľa – ideálne 45° (30 – 60°) – je definovaný umiestnením pracovných portov, výškou a sklonom operačného stola – ako jediný je teda relatívne jednoducho korigovateľný. V prípade, že si operačný výkon vyžaduje špecifickú polohu pacienta, je nevyhnutné tento fakt zohľadniť pri stratégii rozmiestnenia pracovných portov.
- lokalizácia monitora/monitorov – monitor predstavuje konečný zdroj vizuálnej informácie pre celý operačný tím. Za ideálnych podmienok by mali byť operujúci chirurg, operačné pole a monitor umiestnené v jednej línii, ktorú nazývame optická os. Z dôvodu prevencie nežiadúceho dlhodobého predklonu/záklonu hlavy by sa mal monitor súčasne nachádzať 10 – 25° pod úrovňou očí. Je zrejme, že vzhľadom na rôznorodosť výšky členov operačného tímu a ich variabilné rozostavenie je pri pokročilejších laparoskopických výkonoch vhodnejšie disponovať viacerými, vhodne usporiadanými monitormi. Pokiaľ je k dispozícii iba jeden, volí sa kompromisná pozícia rešpektujúca hierarchiu operačného tímu.
- adekvátna expozícia operačného poľa – rovnako ako v klasickej chirurgii, aj pri laparoskopической operácii je pre optimálnu vizualizáciu nevyhnutné sprístupniť operačné pole, nakoľko často býva prekryté okolitými orgánmi. Keďže možnosti priamej retrakcie sú limitované, je výhodné využiť pôsobenie gravitácie vhodným polohovaním pacienta. Z hľadiska operačnej taktiky je dôležité správne načasovanie prerušenia peritoneálnych závesov a/alebo prípadných adhézii, ktoré môžu expozíciu operačného poľa zjednodušovať, ale aj komplikovať.
- kvalita zobrazovacej jednotky – kvalita použitej kamery limituje kvalitu výsledného obrazu. Je zrejme, že pre optimálnu vizualizáciu je dôležité čo najvyššie rozlíšenie – v súčasnosti sú už bežne dostupné kamery s Full HD rozlíšením. Je dôležité chápať, že pre využitie potenciálu kamery je nevyhnutné disponovať aj primerane kvalitným monitorom – t.j. monitorom s rozlíšením rovnakým alebo vyšším ako je rozlíšenie použitej kamery.

- kvalita a intenzita osvetlenia – predpokladom pre dosiahnutie kvalitného obrazu je dostatočné osvetlenie operačného poľa. Okrem kvality samotného svetelného zdroja je dôležitý aj efektívny priesvit a stav svetelného kábla, ktorý je sprostredkovateľom prenosu svetla od zdroja k optike. V súčasnosti sa najčastejšie používajú xenónové lampy. Z hľadiska operačnej taktiky je nevyhnutná dokonalá hemostáza a toaleta v operačnom poli, nakoľko hemoglobín silne pohlcuje svetlo, čo znemožňuje adekvátnu vizualizáciu.
- práca kameramana – hoci je vo všeobecnosti post kameramana často podceňovaný, svojou úlohou umožniť operatérovi „vidieť“ sa stáva rozhodujúcim elementom v štruktúre operačného tímu. Zatiaľ čo kvalita optického reťazca definuje kvalitu samotného obrazu, práca kameramana determinuje jeho relevantnosť v zmysle obsahu prenášanej vizuálnej informácie. Kvalita výkonu kameramana závisí na skúsenostiach a vyžaduje si preto, podobne ako ostatné chirurgické zručnosti, adekvátny tréning. Pre kvalitu sprostredkovanej obrazovej informácie je rozhodujúce udržiavať obraz:
 - jasný
 - ostrý
 - stabilný
 - horizontálne vyvážený
 - aktuálny (aktívny inštrument v centre vizualizovaného poľa)
 - komplexný (všetky potenciálne aktívne nástroje vo vizualizovanom poli)

Základnou charakteristikou kvalitného obrazu je jasnosť a ostrosť – optika musí byť vždy čistá a zaostrená. Keďže k znečisteniu optiky dochádza väčšinou kontaktom s tkanivami tukového charakteru a následným problémom po jej očistení je rosenie v dôsledku diskrepancie teploty optiky a plynu v brušnej dutine, optimálne je ju pred každým zavedením očistiť zohriatym fyziologickým roztokom a následne utretím do suchého tampónu, čím sa zbaví mastnoty a súčasne zahreje. Pokusy o „očistenie“ optiky jej kontaktom s parenchymatóznymi, či seróznymi krytými orgánmi sú väčšinou neefektívne a vedú k zbytočnému zdržaniu operácie, pričom za určitých podmienok môžu byť príčinou termických poškodení. K zneostreniu obrazu pri intenzívnejšom používaní elektro-

koagulácie, či iných vysokoenergetických hemostatických zariadení dochádza následkom:

- relatívneho ochladenia optiky v dôsledku zahriatia okolitého plynu (rosenie)
- tvorby spľodín horenia („dym“)

Tento problém možno rýchlo vyriešiť jednoduchým krátkodobým povytiahnutím optiky do portu. Efektívne je aj vypustenie časti insuflovaného plynu, ktoré ale znamená väčšiu časovú stratu. Pre dobrú orientáciu v operačnom poli je nevyhnutné, aby bol obraz neustále v správnej horizontálnej pozícii. Pri použití šikmej optiky je rovnako dôležité konštantné udržiavanie ideálneho uhla pohľadu. Kameraman musí optiku orientovať tak, aby manipulácia aktuálne operujúceho instrumentu s tkanivom prebiehala v strede obrazu. Pre dodržanie tejto požiadavky sú nevyhnutné určité skúsenosti, pretože kameraman potrebuje dostatočne vopred predvídať nasledujúcu akciu operátora a súčasne počítať aj s posunom tkanív v operačnom poli. Na identifikáciu detailov musí byť optika dostatočne blízko pri objekte, pre celkový prehľad zase dostatočne vzdialená od objektu. Pri používaní hemostatických zariadení na princípe monopolárnej elektrokoagulácie musia byť v zornom poli všetky neizolované časti instrumentov. Koordinácia vzdialenosti optiky od instrumentov musí byť vykonávaná pohotovo podľa potreby, ale vždy:

- pomaly
- plynule
- pokojne

Pohyby optikou v horizontálnom a vertikálnom smere („naháňanie operátora“) robia operáciu chaotickou a neprispievajú k získaniu prehľadu v operačnom poli, ktorý je potrebné dosiahnuť hĺbkovým posunom (pohyb v smere „dnu a von“). Všeobecne sa dá konštatovať, že akákoľvek zmena kvality obrazu núti operačný tím k psychomotorickej kompenzácii, ktorá je percipovaná ako nepríjemná a zaťažujúca. Je preto dominantnou úlohou kameramana udržiavať obraz čo najstabilnejší. Zatiaľ čo neefektívnu prácu asistenta môže skúsený operátor do určitej miery korigovať, neadekvátnu optickú informáciu nielenže nemôže ovplyvniť, ale dokonca si ju často ani nedokáže uvedomiť a snahou o jej psychomotorickú kompenzáciu pociťuje operáciu ako neštandardne náročnú.

7.2 Postavenie chirurga/držanie tela

Vzhľadom k psychomotoricko-senzorickým limitáciám laparoskopической chirurgie a špecifikám používaných technológií a inštrumentov je chirurg pri laparoskopických operačných výkonoch vystavený kvalitatívne novým pracovným podmienkam, ktoré kladú zvýšené nároky na fyzickú adaptáciu. Tieto okolnosti môžu byť príčinou vzniku celého spektra muskuloskeletálnych problémov, ktoré sú charakterizované ako „ergonomické komplikácie laparoskopической chirurgie“. Uvedená problematika je stále aktuálnejšia, nakoľko podiel laparoskopických výkonov neustále narastá, čo pri súčasnom zvyšovaní komplexnosti operácií vedie k predlžovaniu celkového času, počas ktorého je chirurg týmto rizikám vystavený.

Základným patofyziologickým mechanizmom, ktorý sa v tejto súvislosti uplatňuje je statická poloha, ktorá je v laparoskopической chirurgii ešte výraznejšia ako v klasickej, a to najmä z dôvodu:

- potreby zvýšenej koncentrácie vzhľadom k psychomotoricko-senzorickým limitáciám
- súčasnej mentálnej záťaže v dôsledku nutnosti koordinácie oddelených vizuálnych a taktilných vnemov

Statická pracovná záťaž je pre muskuloskeletálny systém dokázateľne nebezpečnejšia ako dynamická, nakoľko pri nej dochádza k rýchlejšiemu rozvoju laktátovej acidózy a hromadeniu škodlivých metabolitov. V prevencii sa preto uplatňuje dynamizácia statickej polohy počas laparoskopického výkonu s dôrazom na:

- prirodzené dýchanie
- uvedomelú svalovú relaxáciu
- uvoľňujúce periodické zmeny postavenia

Nosným symptómom muskulo-skeletálnych poškodení sú bolesti, ktoré je možné na základe lokalizácie klasifikovať na:

- bolesti krku – keďže počas laparoskopической operácie sú vizuálne a taktilné vnemy disociované (obrazová informácia je vzdialená od operačného poľa), umiestnenie monitora, na ktorý sa obraz premieta sa stáva

rozhodujúcim rizikovým faktorom pre vznik bolestí krku. Monitor sa zvyčajne nachádza na vrchole laparoskopickej veže, ktorá navyše nie je vo väčšine prípadov ideálne umiestnená. Obrazovka typicky lokalizovaná nad alebo v úrovni očí chirurga vedie k hyperextenzii krku (typická poloha „bradou hore“) v záujme podvedomej snahy o zachovanie uprednostňovaného uhla pohľadu ($10-25^\circ$ pod úrovňou očí). Navyše, monitor je nezriedka umiestnený mimo optickú os (operatér-operačné pole), takže sa nenachádza priamo pred operátorom, čo vedie ku kompenzačnej rotácii krku. Prolongovaná statická retroflexia v kombinácii s rotačným postavením vedú nevyhnutne k stuhnutosti svalstva šíje a sú príčinou bolestí krku. V prevencii je dôležitá snaha o čo najergonomickejšie usporiadanie s dôrazom na správnu polohu monitora:

- umiestnenie obrazovky priamo pred chirurga (zachovanie optickej osi operatér-operačné pole-monitor)
- monitor v správnej výške ($10-25^\circ$ pod úrovňou očí)

Je zrejmé, že pre dosiahnutie ergonomickej pozície je nevyhnutné disponovať viacerými monitormi na posuvných ramenách tak, aby bolo možné flexibilne prispôbovať ich polohu aktuálnym potrebám a zohľadniť:

- rozostavenie operačného tímu (rôzne optické osi)
 - individuálnu výšku členov operačnej skupiny
- bolesti chrbta – predstavujú menší problém ako v klasickej chirurgii, nakoľko chirurg môže počas operačného výkonu stáť vo vystretej pozícii. Napriek tomu existuje niekoľko rizikových faktorov, ktoré môžu v kombinácii s prolongovanou statickou pozíciou viesť k svalovej nerovnováhe v oblasti chrbta:
- rotácia chrbta (monitor umiestnený mimo optickú os)
 - časté používanie pedálov (ovládanie hemostatických zariadení)
 - prílišná elevácia ramien počas používania inštrumentov
 - psychická záťaž všeobecne

V prevencii bolestí chrbta je dôležité:

- správne umiestnenie monitora (na optickej osi)

- správna poloha pedálov, prípadne obmedzovanie ich využívania
 - správne nastavenie výšky operačného stola (viď. bolesti ramien)
 - dynamizácia statickej polohy – vedomé periodické uvoľňovanie svalstva
- bolesti ramien – sú v porovnaní s klasickou chirurgiou častejším problémom, spôsobeným eleváciou ramien počas operačného výkonu v dôsledku:
- nevhodnej lokalizácie portov
 - nesprávne nastavenej výšky operačného stola
 - polohovania pacienta počas operačného výkonu

Ergonomicky ideálne je operovať v takej polohe, keď sú ruky laparoskopických nástrojov mierne pod úrovňou laktov (max 10 cm), čo zodpovedá približne 70-80 % vzdialenosti medzi podlahou a výškou laktov operátora. Pri takto definovanej polohe a správnej lokalizácii portov by mali byť ramená v 20° abdukcii, 40° vnútornej rotácii a 10° retroverzii, pri 90-120° flexii a 0° rotácii v lakťoch. V praxi je pre naplnenie tejto stratégie nevyhnutné:

- optimálne lokalizovať porty
 - nastaviť správne výšku pacienta tak, aby počas výkonu boli ruky nástrojov vo výške laktov operátora, prípadne o niečo málo nižšie, a to buď úpravou polohy pacienta (nastavenie výšky operačného stola) alebo úpravou polohy chirurga (mechanické pomôcky – schody, pódia a pod.)
 - upraviť výšku operačného stola v prípade zmeny polohovania (náklon, rotácia)
- bolesti predlaktí – sú v tesnom vzťahu s bolesťami zápästí a rúk. Hlavnou príčinou je relatívne veľká sila potrebná na ovládanie laparoskopických inštrumentov (až 6x vyššia v porovnaní s klasickými), v často neprirodzených polohách spôsobených charakterom ich rúčok, prípadne rozmiestnením pracovných portov. V prevencii týchto ťažkostí sa uplatňuje:
- správne rozmiestnenie pracovných portov
 - používanie nástrojov s ergonomickými rúčkami

- voľba rúčok so zarážkou/zámkovým mechanizmom pre úchopové inštrumenty
- vyhýbanie sa prolongovaným operačným polohám s nevhodným postavením zápästí a lakťov
- **bolesti zápästí a rúk** – predstavujú najbežnejší a najzávažnejší problém. Z hľadiska klinického obrazu je možná ich klasifikácia na:
 - neuropatie z útlaku nervov
 - tlakové poranenia mäkkých tkanív ruky a prstov
 - bolesť v zápästí
 - únavový syndróm ruky

V etiopatogenéze sa uplatňuje priamy tlak na tkanivá prstov a ruky – najčastejšie ostrým/vyčnívajúcim okrajom rúčky nástroja, respektíve okrajmi oka pre prsty – najmä pri uplatnení väčšej prolongovanej sily (tlak/ťah za úchopové inštrumenty). Ďalším dôležitým mechanizmom je priamy ťah na ligamentózny aparát zápästia a kompresia n. medianus v karpálnom kanáli. Excesívna angulácia zápästia, či už v zmysle flexie/extenzie alebo radiálne/ulnárnej dukcie, znižuje efektivitu svalov predlaktia a aktivuje svalové skupiny ruky a prstov, zvyšujúc tým tlak v karpálnom kanáli. Hlavnou príčinou týchto procesov je limitovaná ergonómia dizajnu rúčok laparoskopických nástrojov a nevhodná operačná taktika a technika. V prevencii bolestí zápästia a ruky je vhodné:

- používať nástroje s rúčkami s veľkou kontaktnou plochou, oblými kontúrami, konštruované z mäkkších materiálov
- pre úchopové inštrumenty voliť rúčky so zarážkou/zámkovým mechanizmom
- periodicky uvoľňovať predlaktie počas operačného výkonu
- periodicky meniť spôsob držania rúčky úchopového inštrumentu za účelom uvoľnenia napätia v zápästí a tlaku na ruku a prsty
- nezasúvať prsty hlboko do oka rúčky (len po stred brušiek distálnych článkov prstov)
- udržiavať zápästia v uvoľnenej fyziologickej polohe

- správne lokalizovať pracovné porty s prihliadnutím na rozostavenie operačného tímu, vzdialenosť od operačného poľa a manipulačné uhly
 - typ rúčky nástroja voliť v závislosti od vykonávanej úlohy tak, aby čo najviac vyhovoval geometrii vykonávaného úkonu (napr. úchop, preparácia, šitie)
 - uvedomovať si nástup patologických príznakov (bolesť, parestézie, slabosť) v oblasti zápästia a ruky (pri ich prítomnosti výkon prerušiť a prehodnotiť možné príčiny s cieľom ich odstránenia)
- bolesti dolných končatín – vznikajú najčastejšie v dôsledku prolongovaného státia. Keďže poloha počas laparoskopického výkonu je viac-menej statická, zapríčiňuje stuhnutosť a diskomfort v oblasti dolných končatín. Tieto symptómy sa môžu prejavovať počas alebo po operačnom výkone. Ďalším problémom môže byť bolesť z napätia v kolenách v dôsledku dlhodobej rotácie trupu a dolných končatín v smere obrazovky monitora, pokiaľ tento nie je situovaný priamo pred operátorom (na optickej osi). Z hľadiska prevencie je preto významné:
- správne umiestnenie monitora (na optickej osi)
 - periodicky uvedomelo meniť postoj pohybom dolných končatín za účelom prerušenia statickej záťaže svalov a kĺbov
 - pri prolongovaných výkonoch využiť pozíciu v sede/polosede za pomoci špeciálnych chirurgických stoličiek/kresiel

7.3 Prostredie operačnej sály

Prostredie operačnej sály pre laparoskopickú chirurgiu sa môže v určitých parametroch odlišovať od štandardov bežne známych z klasickej chirurgie. Z hľadiska klinickej významnosti do popredia vystupujú najmä:

- intenzita osvetlenia – počas laparoskopickej operácie sú svetlá na operačnej sále väčšinou vypnuté, resp. stlmené – operačný tím je tak nútený pracovať v relatívnej tme. Takéto usporiadanie predstavuje určité riziká (napr. omyl pri výbere inštrumentu, kolízie pomocného personálu s technologickými zariadeniami a pod.).

- priestorové limitácie – vzhľadom k veľkému množstvu používaných technológií je priestor na operačnej sále značne limitovaný, najmä v prípade klasickej „vozíkovo“ usporiadanej operačnej sály („cart based“ OR). Veľké množstvo káblov a hadíc znamená nezanedbateľné riziko pre bezpečný pohyb pomocného personálu. Súčasne, pokiaľ je ich usporiadanie nevhodné, do značnej miery limituje voľnosť pohybu inštrumentov a technologických zariadení v prípade potreby zmeny ich usporiadania. Táto situácia takisto nevytvára optimálne predpoklady pre inkorporáciu nových nástrojov a technológií do zabehnutého systému. O niečo priaznivejšie je prostredie na „integrovanej“ operačnej sále, kde sú technologické zariadenia upevnené na pohyblivých ramenách fixovaných k stropu.
- hladina hlučnosti – vzhľadom k potrebe dôslednejšieho dlhodobého sústredenia sa na laparoskopický operačný výkon, z dôvodu jeho zvýšenej psychomotoricko-senzorickej náročnosti, môže byť aj bežne prijateľná hladina hluku percipovaná operačným tímom negatívne. V takomto prípade je príčinou zvýšenej psychickej záťaže.
- efektivita komunikácie – zvýšené množstvo zložitých technologických zariadení, ktoré si vyžadujú adekvátnu obsluhu si vyžaduje efektívnu komunikáciu medzi jednotlivými členmi operačného tímu. Tá musí mať hierarchický, štandardizovaný a kontrolovaný charakter. Jej efektivitu do značnej miery limitujú skúsenosti jednotlivých členov operačného tímu. Suboptimálna komunikácia zvyšuje psychické zaťaženie operujúceho chirurga.

7.4 Fyzické a psychické zaťaženie chirurga

Vzhľadom na kognitívne, psychomotorické a ergonomické limitácie laparoskopической chirurgie je zrejmé, že v porovnaní s klasickou je pre operačný tím signifikantne náročnejšia. Okrem už spomenutých momentov netreba zabúdať ani na peroperačné situácie naďalej zvyšujúce fyzickú a psychickú záťaž (komplikácie, nepostupovanie operačného výkonu a pod.), vrátane sociálnych faktorov a faktorov vonkajšieho prostredia. V klinickej praxi sa najčastejšie uplatňujú:

- mnohopočetné zlyhania/úpravy/nastavenia technologických zariadení

- zlá kvalita obrazu
- hlučné prostredie
- suboptimálna komunikácia
- prolongovaný stres z výkonu pri obmedzenej vizuálnej a manipulačnej voľnosti
- organizačný tlak (napr. neskúsený operačný tím, prolongovaný operačný čas)

Všetky uvedené faktory môžu prispievať k neadekvátnemu fyzickému a psychickému zaťaženiu chirurga, ktoré predstavuje rizikový parameter pre bezpečnosť operačného výkonu a môže sa prejavovať:

- frustráciou
- netrpezlivosťou
- zvýšenou únavou

Zhrnutie

Otázka ergonómie je v laparoskopickej chirurgii výsostne aktuálna, pretože mnohé „štandardizované“ postupy vôbec nerešpektujú jej princípy. Je zrejmé, že v praxi nie je vždy možné vytvoriť optimálne pracovné podmienky pre všetkých členov operačného tímu, avšak ich znalosť je predpokladom pre voľbu čo najfyzologickejšej organizačnej stratégie. Akékoľvek odchýlky od ergonomických princípov musí organizmus chirurga kompenzovať. Pokiaľ je táto korekcia uvedomelá, jej efektivita je podstatne vyššia.

Najdôležitejšími premennými veličinami v každodennej chirurgickej praxi z hľadiska ergonomického usporiadania sú:

- lokalizácia portov
- umiestnenie monitora/monitorov
- rozostavenie operačného tímu
- polohovanie pacienta/operačného stola
- výber používaných nástrojov

Literatúra

1. Bennett, A., Birch, DW., Menzes, C. et al. Assessment of medical student laparoscopic camera skills and the impact of formal camera training. In *Am J Surg.* 2011, vol. 201, no. 5, p. 655-659.
2. Esposito, C., El Ghoneimi, A., Yamataka, A. et al. Work-related upper limb musculoskeletal disorders in paediatric laparoscopic surgery. A multicenter survey. In *J Pediatr Surg.* 2013, vol. 48, no. 8, p. 1750-1756.
3. Fanson, R., Khabbaz, FH., Kapoor, A. et al. A system for laparoscopic surgery ergonomics and skills evaluation. In *J Endourol.* 2011, vol. 25, no 7, p. 1111-1114.
4. Fingerhut, A., Hanna, GB., Veyrie, N. et al. Optimal trocar placement for ergonomic intracorporeal sewing and knotting in laparoscopic hiatal surgery. In *Am J Surg.* 2010, vol. 200, no. 4, p. 519-528.
5. Chmarra, MK., Kolkman, W., Jansen, FW. et al. The influence of experience and camera holding on laparoscopic instrument movements measured with the TrEndo tracking system. In *Surg Endosc.* 2007, vol. 21, no. 11, p. 2069-2075.
6. Kahol, K., Smith, M., Brandenberger, J. et al. Impact of fatigue on neurophysiologic measures of surgical residents. In *J Am Coll Surg.* 2011, vol. 213, no. 1, p. 29-34.
7. Lee, G., Lee, T., Dexter, D. et al. Methodological infrastructure in surgical ergonomics: a review of tasks, models, and measurement systems. In *Surg Innov.* 2007, vol. 14, no. 3, p. 153-167.
8. Lee, G., Lee, T., Dexter, D. et al. Ergonomic risk associated with assisting in minimally invasive surgery. In *Surg Endosc.* 2009, vol. 23, no. 1, p. 182-188.
9. Matern, U. Ergonomic deficiencies in the operating room: examples from minimally invasive surgery. In *Work.* 2009, vol. 33, no. 2, p. 165-168.
10. Miller, K., Benden, M., Pickens, A. et al. Ergonomics principles associated with laparoscopic surgeon injury/illness. In *Hum Factors.* 2012, vol. 54, no. 6, p. 1087-1092.
11. Muhlmann, MD., Rodrigues, SJ., Wong, SW. Ergonomic port placement in laparoscopic colorectal surgery. In *Colorectal Dis.* 2012, vol. 14, no. 9, p. 1132-1137.
12. Pérez-Duarte, FJ., Sánchez-Margallo, FM., Martín-Portugués, ID. et al. Ergonomic analysis of muscle activity in the forearm and back muscles du-

- ring laparoscopic surgery: influence of previous experience and performed task. In *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2013, vol. 23, no. 2, p. 203-207.
13. Reyes, DA., Tang, B., Cuschieri, A. Minimal access surgery (MAS)-related surgeon morbidity syndromes. In *Surg Endosc.* 2006, vol. 20, no. 1, p. 1-13.
 14. Rogers, ML., Heath, WB., Uy, CC. et al. Effect of visual displays and locations on laparoscopic surgical training task. In *Appl Ergon.* 2012, vol. 43, no. 4, p. 762-767.
 15. Rosenblatt, PL., McKinney, J., Adams, SR. Ergonomics in the operating room: protecting the surgeon. In *J Minim Invasive Gynecol.* 2013, vol. 20, no. 6, p. 744.
 16. Supe, AN., Kulkarni, GV., Supe, PA. Ergonomics in laparoscopic surgery. In *J Minim Access Surg.* 2010, vol. 6, no. 2, p. 31-36.
 17. Stitz, RW. Optimal port site placement. In *Tech Coloproctol.* 2010, vol. 14, no. 3, p. 273-276.
 18. Thakkar, RK., Steigman, SA., Aidlen, JT. et al. Individualized image display improves performance in laparoscopic surgery. In *J Laparoendosc Adv Surg Tech.* 2012, vol. 22, no. 10, p. 1010-1013.
 19. van Det, MJ., Meijerink, WJ., Hoff, C. et al. Ergonomic assessment of neck posture in the minimally invasive surgery suite during laparoscopic cholecystectomy. In *Surg Endosc.* 2008, vol. 22, no. 11, p. 2421-2427.
 20. van Det, MJ., Meijerink, WJ., Hoff, C. et al. Optimal ergonomics for laparoscopic surgery in minimally invasive surgery suites: a review and guidelines. In *Surg Endosc.* 2009, vol. 23, no. 6, p. 1279-1285.
 21. Wilson, MR., McGrath, JS., Vine, SJ. et al. Perceptual impairment and psychomotor control in virtual laparoscopic surgery. In *Surg Endosc.* 2011, vol. 25, no. 7, p. 2268-2274.
 22. Xiao, DJ., Jakimowicz, JJ., Albayrak, A. et al. Ergonomic factors on task performance in laparoscopic surgery training. In *Appl Ergon.* 2012, vol. 43, no. 3, p. 548-553.
 23. Yurko, YY., Scerbo, MW., Prabhu, AS. et al. Higher mental workload is associated with poorer laparoscopic performance as measured by the NASA-TLX tool. In *Simul Healthc.* 2010, vol. 5, no. 5, p. 267-271.
 24. Zheng, B., Tien, G., Atkins, SM. et al. Surgeon's vigilance in the operating room. In *Am J Surg.* 2011, vol. 201, no. 5, p. 673-677.

8. Tímová spolupráca v laparoskopickej chirurgii

Laparoskopická chirurgia predstavuje vysokošpecializovanú kolektívnu činnosť. Vzhľadom na jej výraznú závislosť na moderných technológiách, početnosť používaných zariadení a komplexnosť súčasných operačných sál sa tento faktor stáva oveľa dôležitejším ako v ére klasickej chirurgie. Napriek tomu, že bezpečnosti v laparoskopickej chirurgii sa v posledných rokoch venovalo veľa pozornosti, úloha samotnej tímovej spolupráce bola doposiaľ na periférii záujmu. Je zrejmé, že interakcia medzi zdravotníckymi pracovníkmi zapojenými do priebehu operačného výkonu na ktorejkoľvek úrovni predstavuje významný faktor ovplyvňujúci jeho priebeh a znamená latentné riziko pre vznik incidentov a nežiadúcich udalostí.

Základným atribútom bezpečnosti akéhokoľvek systému je spoľahlivosť. Teoretický predpoklad, že jasne definovaná úloha vyliečiť pacienta bude pre danú chirurgickú diagnózu splnená vždy rovnakým, reprodukovateľným a teda štandardným spôsobom naráža v medicínskej praxi na rozdiel od iných odvetví (letectvo, jadrová energetika) na špecifický problém individuálnej variability riešeného problému a komplexných interpersonálnych vzťahov. Kým v klasických systémoch vyžadujúcich vysokú mieru bezpečnosti sa jedná o vzťah rizikovej technológie a obsluhujúceho personálu (lietadlo vs posádka), v chirurgii stojí na oboch stranách ľudský faktor (pacient vs chirurgický tím). Vysokobezpečné systémy, charakterizované snahou o minimalizáciu zlyhaní pre ich fatálne následky, sú charakterizované šiestimi základnými parametrami:

- deklarovanou snahou o bezpečnosť
- formálnym protokolom komunikácie
- tímovou spoluprácou
- štandardizáciou postupov
- zaznamenávaním problémov a zlyhaní
- analýzou a pravidelným auditom bezpečnostného profilu

Tímová spolupráca je v medicíne definovaná ako spoločná aktivita minimálne dvoch zdravotníckych pracovníkov v záujme dosiahnutia spoločného cieľa prostredníctvom:

- zdieľaných modelov správania
- spoločnej zodpovednosti
- vzájomného monitoringu,

pri uvedomovaní si rizík vyplývajúcich z konkrétnych situácií. Na celkovom výkone operačného tímu participujú dve základné zložky:

- technická výkonnosť
- non-technická kapacita

Kým technická výkonnosť je daná individuálnymi chirurgickými zručnosťami jednotlivých členov operačného tímu, non-technická kapacita zahŕňa kognitívne, behaviorálne a sociálne zručnosti, ktoré spoločne definujú schopnosť tímovej spolupráce.

Tímovú spoluprácu charakterizujú vo všeobecnosti štyri základné zložky:

- manažment a vedenie tímu
- spolupráca v tíme
- riešenie problémov a proces rozhodovania
- uvedomovanie si rizík a ostrážitosť

Manažment a vedenie tímu – v procese manažmentu a vedenia tímu má rozhodujúcu úlohu vodca. Ideálny líder má byť jasne definovaný a dostupný, pričom musí byť schopný zapájať do činností ostatných členov tímu, reagovať na ich návrhy, inšpirovať ich, motivovať a viesť. Dôležitý faktor predstavuje aj autorita a asertivita vodcu.

Samotný manažment tímu zahŕňa:

- dodržiavanie štandardov
- plánovanie činností
- rozdeľovanie úloh

Kvalitný tím sa k dodržiavaniu štandardov nielen zaväzuje, ale ich dodržiavanie aj monitoruje, prípadné odchýlky koriguje a akýkoľvek odklon podmiňuje súhlasom všetkých členov tímu. Rovnako tak by sa mal celý tím podieľať aj na procese plánovania v záujme pochopenia spoločných cieľov, ich akceptácie, diskusie o možných spôsoboch ich dosiahnutia a zdieľaní postupu. V oblasti rozdeľovania úloh je nutné dbať o rovnomerné zaťaženie jednotlivých členov tímu tak, aby mali dostatok času na ich splnenie, a aby efektivita práce bola čo najvyššia, s ohľadom na priority a kapacity tímu.

Spolupráca v tíme – problematika spolupráce v tíme zahŕňa:

- budovanie a udržiavanie tímu
- vzájomnú podporu jeho členov
- chápanie tímových potrieb
- riešenie konfliktov

Atmosféra v tíme by mala byť uvoľnená, úprimná a priateľská, bez prejavov súťaživosti. Keďže potreby jednotlivcov ovplyvňujú kapacitu tímu, mali by byť zohľadňované a ich napĺňanie overované spätnou väzbou. V prípade konfliktov je vhodné zachovať pokoj a navrhovať riešenia, pričom potreby tímu by mali byť dočasne nadradené záujmom jednotlivcov.

Riešenie problémov a proces rozhodovania – v oblasti riešenia problémov je najdôležitejšie dokázať problém správne definovať a analyzovať, s cieľom spoločného hľadania efektívnych riešení. Samotný proces rozhodovania musí následne zohľadňovať analýzu rizík vo vzťahu ku:

- konkrétnej situácii
- schopnostiam tímu
- dopadu na zdravie pacienta

Neustále vyhodnocovanie výsledkov tímovej práce formou spätnej väzby je samozrejmosťou.

Uvedomovanie si rizík a ostražitosť – ideálny tím je ostražitý v zmysle uvedomovania si rizík jednotlivých situácií. Pracovná os všímať si–chápať–myslieť vopred zabezpečuje predchádzanie možným chybám, omylom a zlyhaniam. Tento princíp je potrebné uplatňovať vo vzťahu k pacientovi, operačnému výkonu a všetkým členom operačného tímu.

Základné oblasti tímovej spolupráce sú prehľadne zhrnuté v tabuľke 4.

Je zrejmé, že tímová spolupráca všeobecne predstavuje problematiku nesmierne zložitú a rozsiahlu. V podmienkach laparoskopickej chirurgie vstupuje do týchto vzťahov navyše faktor heterogenity operačného tímu, ktorý je zložený z:

- chirurgického
- anesteziologického
- sesterského podtímu

Vzhľadom k tomu musíme brať do úvahy nielen tímovú spoluprácu v rámci celého operačného tímu, ale aj v rámci jeho jednotlivých zložiek.

Tab. 4 Základné oblasti jednotlivých zložiek tímovej spolupráce

Manažment a vedenie tímu	Spôsob vedenia tímu
	Dodržiavanie štandardov
	Plánovanie a príprava
	Rozdeľovanie pracovného zaťaženia
	Autorita a asertivita
Spolupráca v tíme	Budovanie a udržiavanie tímu
	Podpora členov tímu
	Chápanie tímových potrieb
	Riešenie konfliktov
Riešenie problémov a proces rozhodovania	Identifikácia a analýza problémov
	Hľadanie možností riešenia
	Analýza rizík
	Vyhodnocovanie efektivity
Uvedomovanie si rizík a ostražitosť (všimáť si-chápať-myslieť vopred)	Vo vzťahu k pacientovi
	Vo vzťahu k operačnému výkonu
	Vo vzťahu k členom operačného tímu

Napriek komplexnosti posudzovanej problematiky v súčasnosti disponujeme nástrojmi umožňujúcimi meranie kvality tímovej spolupráce. Jedná sa o observačné skórovacie systémy adaptované z leteckého priemyslu. Najrozšírenejším je Oxfordský NOTECHS (non-technical skills) systém, ktorý hodnotí všetky štyri základné zložky tímovej spolupráce na základe podrobných parametrov, pričom každá získa 1-4 body (tab. 5), takže celkové bodové hodnotenie sa pohybuje v rozpätí 4-16 bodov, pričom systém zohľadňuje aj komunikačné schopnosti a interpersonálnu interakciu. Skóre je nepriamo úmerné počtu chirurgických chýb počas výkonu (tak celkovo pre celý operačný tím, ako aj pre

jeho jednotlivé subtímy), je priamo úmerné kvalite tréningu tímovej spolupráce a koreluje s alternatívnymi skórovacími škálami, takže je objektívne validizované. Inou alternatívou je OTAS (Observational Teamwork Assessment for Surgery) skóre, ktoré je však viac závislé na skúsenostiach hodnotiaceho subjektu.

Tab. 5 Hodnotiaca škála NOTECHS pre zložky tímovej spolupráce

Skóre	Definícia
1	Správanie priamo ohrozujúce bezpečnosť pacienta a efektívnu tímovú spoluprácu
2	Správanie, ktoré by za iných podmienok mohlo priamo ohroziť bezpečnosť pacienta
3	Správanie udržiavajúce efektívnu úroveň bezpečnosti pacienta a tímovej spolupráce
4	Správanie zvyšujúce bezpečnosť a zefektívňujúce tímovú spoluprácu

Je zrejmé, že hoci komunikácia nie je samostatne hodnotenou zložkou v komplexe tímovej spolupráce, predstavuje rozhodujúcu veličinou definujúcu efektivitu pracovnej skupiny ako celku. Okrem zabezpečovania elementárnych funkcií tímu má aj spoločenský a edukačný rozmer. Efektívna komunikácia musí byť profesionálna, to znamená fungujúca na báze uzavretej slučky:

- vydanie pokynu
- potvrdenie prijatia pokynu
- informácia o vykonaní úlohy
- potvrdenie prijatia informácie o vykonaní úlohy

Takto štruktúrovaná komunikácia zabezpečuje monitoring prenosu informácií a súčasne aj kontrolu plnenia úloh. Štruktúra tímu z hľadiska komunikácie by nemala byť hierarchická, t.j. všetci členovia tímu by mali byť povzbudzovaní k vyjadrovaniu stanoviska v prípadoch, že si nie sú istí aktuálnou situáciou, či postupom (napr. hroziaca komplikácia), a to bez ohľadu na vek, postavenie či skúsenosti. Súčasťou zdravej komunikácie by malo byť aj predoperačné plánovanie – krátke zopakovanie cieľov, postupov a úloh pre jednotlivých členov tímu

a pooperačný „debriefing“ – zhrnutie priebehu výkonu a analýza prípadných nedostatkov. Samozrejmosťou by mala byť priateľská a uvoľnená atmosféra.

Realita komunikácie na operačnej sále je žiaľ často odlišná. Pozorovacie štúdie detekujú často neprofesionálnu a sociálne motivovanú komunikáciu s 1-4 vysoko tenznými momentmi na operačný výkon. Bez ohľadu na zainteresované subjekty sa toto napätie prenáša na celý operačný tím a mladší, či menej skúsení členovia kolektívu majú tendenciu prestať komunikovať, prípadne nekriticky preberať názory a správanie hierarchicky vyššie postavených subjektov. V tejto súvislosti je potrebné zdôrazniť, že neadekvátnou komunikáciou navodený stres znižuje celkovú kvalitu tímovej spolupráce celého operačného tímu!

Čo sa týka interakcií medzi subtímami operačného kolektívu, chirurgický tím zostáva lídrom. V tejto súvislosti sa javí logické pozorovanie, že skóre tímovej spolupráce je najvyššie u chirurgov, nižšie u anesteziológov a najnižšie u sesterského personálu, čo odzrkadľuje pomer zodpovednosti za výsledok operačného výkonu. Zo zložiek tímovej spolupráce sa z hľadiska prevencie komplikácií ako najdôležitejšia javí ostražitosť pri uvedomovaní si rizika konkrétnej situácie. Zapojenie anesteziologického a sesterského kolektívu do predoperačného plánovania zlepšuje ich tímový výkon zvyšovaním povedomia o význame tímovej spolupráce.

Hoci charakter tímovej spolupráce je mimoriadne komplexný a predstavuje latentný zdroj incidentov a nežiadúcich udalostí, v chirurgickej verejnosti stále pretrváva tendencia túto skutočnosť bagatelizovať. Klasický koncept dominantného autoritatívneho chirurga, ktorý vyrieši každú situáciu správne bez ohľadu na výkon ostatných členov tímu je nesprávny a pre pacienta nebezpečný. Je dokázané, že operačné tímy s lepším skóre tímovej spolupráce zaznamenali menej technických chýb počas operácie, plynulejší priebeh výkonu, menej organizačných problémov a kratšie operačné časy.

Z hľadiska nácviku tímovej spolupráce je dôležité pochopiť, že tímový tréning neznamena to isté, čo tréning tímovej spolupráce. Tímový tréning je definovaný ako nadobúdanie chirurgických zručností spoločným nácvikom celého operačného tímu. Takto štruktúrovaná edukácia má dokázateľné výhody, avšak najmä v oblasti technickej výkonnosti. Naopak tréning tímovej spolupráce rozvíja non-technickú kapacitu – kognitívne, sociálne a behaviorálne zručnosti. V súčasnosti dostupné vzdelávacie programy v tomto segmente sú opäť adaptá-

ciou leteckých modulov „manažmentu zdrojov posádky“, s veľmi dobrou uplatniteľnosťou v laparoskopической chirurgii v zmysle:

- zvýšenia non-technických kapacít tímov (zlepšenie povedomia o spôsoboch fungovania tímovej spolupráce)
- zníženia počtu peroperačných technických a organizačných chýb

Samotný efekt takéhoto vzdelávania môže byť výrazne modifikovaný spoločenskými zvyklosťami navodeným odporom, najmä voči vyjadrovaniu názorov v rozpore s autoritou lídra tímu. Klinická relevantnosť nácviku tímovej spolupráce nie je zatiaľ jednoznačne potvrdená, najmä s ohľadom na náklady spojené s takouto formou edukácie.

Zhrnutie

Problematika tímovej spolupráce v laparoskopической chirurgii a jej dopad na bezpečnosť a efektívnosť chirurgickej starostlivosti predstavuje pomerne dobre definovanú, no málo preskúmanú oblasť. Skúsenosti z iných vysokorizikových prostredí dokazujú, že vplyv efektívnej tímovej spolupráce na minimalizáciu nežiadúcich udalostí v dôsledku zlyhania ľudského faktora je významný. Hoci validizované efektívne vzdelávacie programy pre chirurgov v tejto oblasti zatiaľ neexistujú, samotné povedomie o problematike tímovej spolupráce a úlohe efektívnej komunikácie v nej môže výrazne napomôcť ďalšiemu zvyšovaniu spoľahlivosti a bezpečnosti každodennej chirurgickej praxe.

Literatúra

1. Ahmed, M., Sevdalis, N., Vincent, C. Actual vs perceived performance debriefing in surgery: practice far from perfect. In *Am J Surg.* 2013, vol. 205, no. 4, p. 434-440.
2. Banki, F., Ochoa, K., Carrillo, ME. et al. A surgical team with focus on staff education in a community hospital improves outcomes, costs and patient satisfaction. In *Am J Surg.* 2013, Oct 16. [Epub ahead of print]
3. Brady, PW., Goldenhar, LM. A qualitative study examining the influences on situation awareness and the identification, mitigation and escalation

- of recognised patient risk. In *BMJ Qual Saf.* 2013, Sep 23. [Epub ahead of print]
4. Catchpole, K., Mishra, A., Handa, A. et al. Teamwork and error in the operating room: analysis of skills and roles. In *Ann Surg.* 2008, vol., 247, no. 4, p. 699-706.
 5. Clarke, JR. Designing safety into minimally invasive surgical revolution. In *Surg Endosc.* 2008, vol. 23, no. 1, p. 216-220.
 6. Dedy, NJ., Bonrath, EM., Zevin, B. et al. Teaching nontechnical skills in surgical residency: A systematic review of current approaches and outcomes. In *Surgery.* 2013, vol. 154, no. 5, p. 1000-1008.
 7. Gettman, MT., Pereira, CW., Lipsky, K. et al. Use of high fidelity operating room simulation to assess and teach communication, teamwork and laparoscopic skills: initial experience. In *J Urol.* 2009, vol. 181, no. 3, p. 1289-1296.
 8. Gillespie, BM., Gwinner, K., Chaboyer, W. et al. Team communications in surgery - creating a culture of safety. In *J Interprof Care.* 2013, vol. 27, no. 5, p. 387-393.
 9. Halverson, AL., Walsh, DS., Rikkers, L. Leadership skills in the OR. Part 1. Communication helps surgeons avoid pitfalls. In *Bull Am Coll Surg.* 2012, vol. 97, no. 5, p. 8-14.
 10. Hull, L., et al.: Assessment of stress and teamwork in the operating room: an exploratory study. *Am J Surg.* 2011, 201, 24-30
 11. Johnston, FM., Tergas, AI., Bennett, JL. et al. Measuring Briefing and Checklist Compliance in Surgery: A Tool for Quality Improvement. In *Am J Med Qual.* 2013 Nov 22. [Epub ahead of print]
 12. Kinoshita, T., Kanehira, E., Matsuda, M. et al. Effectiveness of a team participation training course for laparoscop assisted gastrectomy. In *Surg Endosc.* 2010, vol. 24, no. 3, p. 561-566.
 13. Lingard, L., Reznick, R., Espin, S. et al. Team communications in the operating room: talk patterns, sites and implications for novices. In *Acad Med.* 2002, vol. 77, no. 3, p. 232-237.
 14. McCulloch, P., Mishra, A., Handa, A. et al. The effects of aviation-style non-technical skills training on technical performance and outcome in the operating theatre. In *Qual Saf Health Care.* 2009, vol. 18, no. 2, p. 109-115.

15. McCulloch, P., Rathbone, J., Catchpole, K. Interventions to improve teamwork and communication among healthcare staff. In *Br J Surg.* 2011, vol. 98, no. 4, p. 469-479.
16. Mishra, A., Catchpole, K., Dale, T. et al. The influence of non-technical performance on technical outcome in laparoscopic surgery. In *Surg Endosc.* 2008, vol. 22, no. 1, p. 68-73.
17. Mishra, A., Catchpole, K., McCulloch, P. The Oxford NOTECHS system: reliability and validity of a tool for measuring teamwork behaviour in the operating theatre. In *Qual Saf Health Care.* 2009, vol. 18, no. 2, p. 104-108.
18. Russ, S., Rout, S., Sevdalis, N. et al. Do safety checklists improve teamwork and communication in the operating room? A systematic review. In *Ann Surg.* 2013, vol. 258, no. 6, p. 856-871.
19. Sevdalis, N., Davis, R., Koutanji, M. et al. Reliability of a revised NOTECHS scale for use in surgical teams. In *Am J Surg.* 2008, vol. 196, no. 2, p. 184-190.
20. Sevdalis, N., Undre, S., McDermott, J. et al. Impact of intraoperative distractions on patient safety: A prospective descriptive study using validated instruments. In *World J Surg.* 2013 Nov 18. [Epub ahead of print]
21. Singer, SJ., Rivard, PE., Hayes, JE. et al. Improving patient care through leadership engagement with frontline staff: a Department of Veterans Affairs case study. In *Jt Comm J Qual Patient Saf.* 2013, vol. 39, no. 8, p. 349-60.
22. Stepaniak, PS., Vrijland, WW., de Quelerij, M. et al. Working with a fixed operating room team on consecutive similar cases and the effect on case duration and turnover time. In *Arch Surg.* 2010, vol. 145, no. 12, p. 1165-1170.
23. Vannucci, A., Kras, JF. et al. Decision making, situation awareness, and communication skills in the operating room. *J Int Anesthesiol Clin.* 2013, vol. 51, no. 1, p. 105-127.
24. Way, TJ., Long, A., Weihing, J. et al. Effect of noise on auditory processing in the operating room. In *J Am Coll Surg.* 2013, vol. 216, no. 5, p. 933-938.

9. Pneumoperitoneum

Základnou charakteristikou laparoskopickej chirurgie je minimalizácia operačného prístupu. Zatiaľ čo pri klasickej operácii zabezpečuje manipulačný priestor v operačnom poli relatívne veľká operačná rana a mechanická retrakcia, pri laparoskopickom výkone je prehľad limitovaný veľkosťou použitých portov, ktorých priemer väčšinou nepresahuje 12 mm. Pre účely dosiahnutia adekvátneho prehľadu v operačnom poli sa najčastejšie využíva plyn insuflovaný do brušnej dutiny – pneumoperitoneum. Je zrejmé, že samotné vytvorenie, udržiavanie a vypustenie pneumoperitonea pôsobí na homeostázu ľudského organizmu fyzikálnymi, chemickými a biologickým mechanizmami.

Brušná dutina je vystlaná kontinuálnou vrstvou mezoteliálnych buniek tvoriacich nástennú pobrušnicu (parietálne peritoneum). Jej celkový aktívny povrch predstavuje približne 1,5 m² a je charakteristický značnou resorpčnou a sekrečnou kapacitou. Fyziologické prostredie brušnej dutiny je za normálnych okolností definované relatívne stabilnou teplotou (približne 37 °C), vlhkosťou (tenký film peritoneálnej tekutiny) a sterilným prostredím. Normálny vnútrobrušný tlak dosahuje za fyziologických podmienok hodnotu 0-3 mm/Hg.

Výber najvhodnejšieho plynu pre potreby vytvorenia kapnoperitonea musí rešpektovať viaceré kritériá, pričom je nevyhnutné zohľadniť:

- vplyv na ľudský organizmus
- interakciu s technológiami používanými pri operácii
- prevádzkové parametre

Ideálny plyn by preto mal byť:

- netoxický
- nerozpustný v krvi alebo veľmi dobre rozpustný a veľmi rýchlo eliminovateľný
- biologicky inertný
- bezfarebný
- nehorľavý/nevýbušný
- lacný

Takto definované parametre najlepšie spĺňajú hélium (v krvi minimálne rozpustný inertný plyn) a oxid uhličitý (vynikajúco rozpustný a veľmi efektívny).

ne kontrolovateľne eliminovateľný). Z prevádzkových dôvodov sa vzhľadom k podstatne nižšej cene v klinickej praxi presadil oxid uhličitý. Hélium predstavuje možnú alternatívu v prípadoch, kde by použitie CO₂ vzhľadom na pridružené závažné kardio-pulmonálne ochorenia predstavovalo kontraindikáciu laparoskopického výkonu. Z terminologického hľadiska je dôležité upozorniť, že zatiaľ čo v anglosaskej literatúre sa takmer výhradne používa všeobecný termín pneumoperitoneum, v slovenskom písomníctve sa udomácnil špecifickejší pojem kapnoperitoneum.

Kapnoperitoneum vytvárame, udržiavame a fyzikálne monitorujeme pomocou prístroja označovaného ako insuflátor. Rozhodujúce veličiny, ktoré je počas operačného výkonu potrebné na insuflátore sledovať sú:

- hodnota vnútrobrušného tlaku (mm/Hg)
- aktuálny prietok plynu (l/min)
- celkový objem insuflovaného plynu (l)

Analýza uvedených parametrov umožňuje správne vyhodnotiť prípadné príčiny zlyhania kapnoperitonea a adekvátne reagovať v záujme ich odstránenia.

Koncentrácia oxidu uhličitého v krvi je za fyziologických podmienok prísne riadená metabolickými a respiračnými mechanizmami. Počas kapnoperitonea sa však fyzikálna rozpustnosť CO₂ vďaka zvýšenému tlaku v brušnej dutine zvyšuje, čo môže viesť k nežiadúcej hyperkapnii. Anesteziológ preto vykonáva kontinuálny monitoring koncentrácie oxidu uhličitého vo vydychovanom vzduchu. Prípadnú hyperkapniu ovplyvňuje úpravou dychového cyklu – zvýšením minútovej ventilácie (úpravou dychového objemu a/alebo dychovej frekvencie). Z týchto dôvodov je pri laparoskopických operáciách vo všeobecnosti indikovaná celková anestézia so svalovou relaxáciou a umelou pľúcnou ventiláciou.

V prípade, že snaha o zabezpečenie dostatočného manipulačného priestoru v brušnej dutine počas laparoskopickej operácie zlyháva, je potrebné poznať najčastejšie možné príčiny:

- nedostatočný prísun plynu
- únik plynu
- nedostatočná svalová relaxácia
- nedostatočná hĺbka anestézie
- nerovnomerná distribúcia plynu

Vytvorenie a udržiavanie kapnoperitonea komplexne ovplyvňuje fyziologické procesy v ľudskom organizme, pričom tieto zmeny majú dynamický charakter a kumulatívny efekt. Stupeň ovplyvnenia jednotlivých orgánových systémov závisí najmä na:

- rýchlosti zmeny intraabdominálneho tlaku
- absolútnej hodnote intraabdominálneho tlaku
- trvaní pneumoperitonea
- chemického zloženia plynu
- fyzikálnych vlastností plynu
- polohe pacienta
- pridružených ochoreniach chorého

Fyzikálne mechanizmy negatívneho vplyvu pneumoperitonea zahŕňajú hlavne:

- mechanický ťah/tlak
- vysušovanie
- ochladzovanie,

pričom jednotlivé orgánové systémy sú ovplyvňované rôznymi mechanizmami a výsledný efekt je ďalej modifikovaný ich vzájomnými interakciami v záujme zachovania rovnovážneho stavu.

Elasticita relaxovanej brušnej steny umožňuje zväčšovanie priestoru v brušnej dutine úmerne s rastúcim intraabdominálnym tlakom insuflovaného plynu až do hodnoty 15 mm/Hg. Ďalšie zvyšovanie insuflačného tlaku nevedie k zlepšeniu vizualizácie a predstavuje pre pacienta signifikantné riziko. V tejto súvislosti je dôležité upozorniť na význam dostatočne hlbokej anestézie a dokonalej svalovej relaxácie. S rastúcim intraabdominálnym tlakom sa súčasne zvyšuje aj intenzita nežiadúcich účinkov kapnoperitonea na organizmus – preto platí zásada, že je vhodné operovať pri najnižšom možnom insuflačnom tlaku, ktorý ešte umožňuje adekvátnu vizualizáciu. Vo všeobecnosti sa štandardne používa insuflačný tlak 12 mm/Hg, ktorý sa podľa potreby môže zvýšiť až na 15 mm/Hg (v prípade už predoperačne vyššieho intraabdominálneho tlaku – bariatrická chirurgia), prípadne znížiť na 8-10 mm/Hg (astenickí pacienti). Insuflačný tlak

<8 mm/Hg definujeme ako nízkotlakové kapnoperitoneum (deti, kardiálne výrazne kompromitovaní pacienti). Veľmi vysoké hodnoty vnútrobrušného tlaku počas operačného výkonu (najčastejšie v dôsledku náhleho výpadku svalovej relaxácie alebo neadekvátnej hodnoty insuflačného tlaku vo vzťahu ku konštitúcii chorého) môžu byť príčinou peroperačných komplikácií (náhla strata vizualizácie v operačnom poli, kardiovaskulárne komplikácie), ako aj zdrojom veľmi nepríjemných pooperačných bolestí svalového pôvodu.

Oxid uhličitý bežne používaný na vytvorenie kapnoperitonea nie je ohrievaný ani zvlhčovaný – má teda takmer nulovú vlhkosť a teplotu podstatne nižšiu ako je fyziologická teplota v brušnej dutine. Navyše je vzhľadom na priemer použitých portov, ktorých priesvit je do značnej miery obturovaný optikou resp. nástrojom, insuflovaný pod veľkou rýchlosťou (až 20 m/s). Tieto faktory vedú k ochladzovaniu a vysušovaniu brušnej dutiny, následkom čoho dochádza k poruchám viskozity peritoneálnej tekutiny a poškodzovaniu buniek peritoneálnej výstelky. Výsledkom je lokálny, systémový a v konečnom dôsledku až globálny hypotermický efekt sprevádzaný nešpecifickou zápalovou odpoveďou organizmu (zvýšenie hladiny CRP, IL-6, IL 1, TNF). Rovnako významný je z tohto hľadiska aj celkový objem insuflovaného plynu, ktorý dosahuje v priemere 50-60 l/h, čo spôsobuje ochladenie organizmu o 0,3 °C. Je dôležité si uvedomovať, že hypotermia pod 36 °C je klinicky závažným problémom pretože:

- mení farmakokinetiku liečiv
- predlžuje perioperačnú anesteziologickú starostlivosť
- pacient ju prežíva mimoriadne negatívne
- predlžuje pobyt chorého v nemocnici
- zvyšuje náklady na liečbu

Objem spotrebovaného plynu pritom výrazne stúpa v prípade:

- úmyselného vypúšťania splodín horenia pri použití elektrokoagulácie/ultrazvukového skapela
- aktivácie odsávačky
- otvorenia chlopní portov
- úniku plynu okolo portov

V súvislosti so snahou minimalizovať negatívne fyzikálne dôsledky kapno-peritonea je správne a vhodné:

- voliť čo najnižší efektívny insuflačný tlak
- kapno-peritoneum insuflovať a desuflovať pozvoľne
- dbať na dôslednú a kontinuálnu svalovú relaxáciu a dostatočnú hĺbku anestézie
- vyhýbať sa vysokým insuflačným rýchlostiam
- insuflačnú hadicu pripájať na port s čo najvyšším efektívnym priesvitom
- ohrievať a zvlhčovať insuflovaný plyn
- pred ukončením operácie vykonať laváž brušnej dutiny
- pri prolongovaných výkonoch využiť externé ohrievacie zariadenia

Kapno-peritoneum ovplyvňuje okrem bezprostredného prostredia samotnej brušnej dutiny aj funkciu rozhodujúcich orgánových systémov, a to buď priamo – fyzikálno-chemicko-biologickými reakciami alebo nepriamo – aktiváciou kompenzačných mechanizmov. Celkový charakter zmien je preto komplexný, dynamický a ovplyvňovaný a modifikovaný aj individualitou konkrétneho pacienta v závislosti od:

- základného ochorenia
- typu a rozsahu a rozsahu operačného výkonu
- pridružených ochorení
- funkčných rezerv rozhodujúcich orgánových systémov
- dlhodobej farmakoterapie

Pochopenie pôsobenia kapno-peritonea na jednotlivé orgánové systémy je základným predpokladom efektívnej snahy o čo najdôslednejšie zachovanie fyziologického rovnovážneho stavu. Takto definovaný postup si kladie za cieľ minimalizovať negatívne dopady kapno-peritonea za účelom optimalizácie výsledkov chirurgickej liečby.

Kardiovaskulárny systém

Kapnoperitoneum znižuje venózy návrat a tým srdcový pre-load a srdcový výdaj, pri súčasnom zvyšovaní pulzovej frekvencie, stredného arteriálneho tlaku a systémovej a pľúcnej cievnej rezistencie. Tieto zmeny sú dôsledkom zvýšeného intraabdominálneho tlaku (nezávisle na type insuflovaného plynu), ktorý vedie k stimulácii renín-aldosterón-angiotenzínového systému. Zníženie venózneho návratu môže byť ďalej potenciované polohovaním pacienta do anti-Trendelenburgovej polohy, ako aj využívaním pozitívneho end-exspiračného tlaku počas umelej pľúcnej ventilácie. Vplyv kapnoperitonea na kardiovaskulárny systém je najvýraznejší pri jeho vytváraní, resp. pri náhlých zmenách intraabdominálneho tlaku – insuflácia a desuflácia CO₂ by preto mala byť vykonávaná pozvoľne. Kým u pacientov zo skupiny ASA I-II je ovplyvnenie hemodynamiky klinicky nevýznamné, v skupine ASA III-IV je vhodné zvážiť invazívny monitoring krvného tlaku a cirkulujúceho objemu, ktorý by mal byť predoperačne a peroperačne adekvátne doplňovaný; odporúča sa aj aplikácia beta-blokátorov. Alternatívou u pacientov so závažnými kardiovaskulárnymi ochoreniami môže byť „gasless“ laparoscopia (využitie špeciálnych retraktorov brušnej steny) alebo nízkotlakové kapnoperitoneum (<8 mm/Hg). Použitie iných plynov ako CO₂ nemá významný efekt na kardiovaskulárny systém. Pri dlhších operačných výkonoch (nad 2 hodiny) sa odporúča peroperačná intermitentná pneumatická kompresia dolných končatín, ktorá efektívne znižuje hemostázu počas trvania pneumoperitonea.

Respiračný systém – kapnoperitoneum spôsobuje hyperkapniu a respiračnú acidózu, v dôsledku čoho je pre udržanie normokapnie potrebné zvýšenie minútového ventilačného objemu. Zvýšený intraabdominálny tlak a poloha dole hlavou navyše znižujú pľúcnu poddajnosť (pri tlaku >12 mm/Hg až o 30 %), čo vedie k ventilačno-perfúznemu nepomeru. Aj keď u pacientov s normálnou funkciou respiračného systému sú uvedené zmeny klinicky nevýznamné, monitoring koncentrácie CO₂ vo vydychovanom vzduchu je v každom prípade nevyhnutný. Pri prítomnosti závažných kardiopulmonálnych ochorení sa odporúča aj per a pooperačne invazívne meranie krvných plynov v arteriálnej krvi. Respiračnú acidózu je možné redukovať nižším insuflačným tlakom a kontrolovanou hyperventiláciou. Pri závažných poruchách respiračných funkcií je alternatívou „gasless“ laparoscopia, nízkotlakové pneumoperitoneum alebo

použitie hélia. Nespornou výhodou laparoskopických operácií v porovnaní s klasickými je podstatne menšia záťaž respiračného systému v pooperačnom období. Extrémne zriedkavou komplikáciou kapnoperitonea je kapnotorax, najčastejšie pozorovaný po výkonoch v oblasti gastroezofageálnej junkcie (poranenie mediastinálnej pleury). Vzhľadom na vysokú solubilitu CO₂ môže byť asymptomatický kapnotorax diagnostikovaný na pooperačnom RTG hrudníka liečený konzervatívne. V prípade tenzného kapnotoraxu je nevyhnutná okamžitá drenáž.

Obličkové funkcie – zvýšený vnútrobrušný tlak vedie priamou mechanickou kompresiou obličkového parenchýmu, obličkových tepien a obličkových žíl k zníženiu perfúzie obličiek a tým k obmedzeniu glomerulárnej filtrácie, pričom tieto zmeny sú priamo úmerné výške insuflačného tlaku. Určitý význam má aj aktivácia renín-aldosterón-angiotenzínového systému, ktorý potencieje renálnu vazokonstrikciu prostredníctvom angiotenzínu II.

Perfúzia intraabdominálnych orgánov – zvýšený intraabdominálny tlak mechanicky komprimuje kapiláry, čím zhoršuje mikrocirkuláciu v splanchnickej oblasti s následnou hypooxygenáciou. Pri insuflačnom tlaku ≥ 15 mm/Hg dochádza už aj k redukcii prietokov v a. mesenterica superior a v. portae (až o 25 %) s variabilnou redukciou perfúzie v jednotlivých orgánoch (žalúdok -54 %, duodenum -11 %, jejunum -32 %, hrubé črevo -4 %, parietálne peritoneum -60 %). Pri prudkých zmenách tlaku počas operačného výkonu navyše dochádza k oxidačnému poškodeniu buniek v dôsledku ischemicko-reperfúzných zmien. Tieto zmeny nie sú klinicky významné u pacientov zo skupiny ASA I a II, pri insuflačnom tlaku 12-14 mm/Hg. Pri známej poruche funkcie obličiek je nutné dbať na adekvátne doplnenie cirkulujúceho objemu pred aj peroperačne. V záujme prevencie porúch mikrocirkulácie by mal byť u operovaných s poruchami funkcií pečene, obličiek a aterosklerózou insuflačný tlak čo najnižší.

Intrakraniálny tlak – zvýšený intraabdominálny tlak a polohovanie pacienta dolu hlavou zvyšujú intrakraniálny tlak, čo vedie k zvýšeniu rýchlosti prietoku krvi mozgom a minimalizácii absorpcie cerebrospinálneho moku. Tieto zmeny odoznievajú okamžite po desuflácii kapnoperitonea. Napriek tomu, že neexistujú dôkazy o klinickej významnosti zvýšenia intrakraniálneho tlaku

v dôsledku kapnoperitonea, je snaha o znižovanie insuflačného tlaku, elimináciu polohy dolu hlavou a prevenciu hypoventilácie namiesto. U pacientov s poranením hlavy alebo neurologickými poruchami je možné zvážiť peroperačný monitoring intrakraniálneho tlaku, pričom alternatívou by mohla byť „gasless“ laparoskopia.

Stresová odpoveď a depresia imunity – sú po laparoskopických operáciách v porovnaní s klasickými menej vyznačené. Či má tento rozdiel aj významný klinický význam zatiaľ nie je jasné. Neexistujú relevantné dôkazy, že by samotné charakteristiky pneumoperitonea (druh plynu, insuflačný tlak) mali bezprostredný vplyv na celkovú efektivitu imunologickej odpovede.

Osobitnú pozornosť je potrebné venovať problematike kapnoperitonea u špecifických skupín pacientov definovaných fyziologickými (tehotenstvo) alebo patologických zmenami (peritonitída, zhubné nádory, trauma), ktoré v minulosti predstavovali absolútne, či relatívne kontraindikácie kapnoperitonea. Predpokladané negatívne dopady kapnoperitonea u týchto skupín chorých buď nedosahujú klinickú relevantnosť alebo sú vyvážené benefitom minimalizácie operačnej traumy.

Tehotenstvo – nepredstavuje v súčasnosti absolútnu kontraindikáciu kapnoperitonea. Vzhľadom k zvýšenému riziku pooperačného potratu v I. a nedostatku priestoru v brušnej dutine v III., sa preferuje laparoskopický prístup II. trimestri. U operovanej gravidnej pacientky je nevyhnutný monitoring koncentrácie CO₂ vo vydychovanom vzduchu a prísne regulovaná ventilácia za účelom kontrolovanej hyperventilácie ako prevencie fetálnej acidózy. Bezpečnejšia je otvorená technika vytvorenia kapnoperitonea za použitia čo najnižšieho efektívneho insuflačného tlaku.

Peritonitída – nie je kontraindikáciou pneumoperitonea za predpokladu hemodynamickej stability a adekvátnej perioperačnej starostlivosti. Výsledky štúdií analyzujúcich vplyv kapnoperitonea na bakteriémiu a endotoxinémiu sú rozporuplné. Súčasné skúsenosti s laparoskopickým riešením zápalových náhlych príhod brušných umožňujú konštatovať, že eventuálne riziká kapnoperitonea pri peritonitíde, v zmysle zhoršovania bakteriémie a endotoxinémie sú

pri dodržaní správnej operačnej taktiky a techniky klinicky málo signifikantné vzhľadom na výrazný benefit minimalizácie operačnej traumy.

Riziko nádorového rozsevu – v súčasnosti neexistujú relevantné klinické dôkazy o priamom vplyve kapnoperitonea na rozsev zhubného nádorového ochorenia pri intraabdominálnej lokalizácii primárneho nádoru. Za predpokladu aplikácie adekvátnej operačnej techniky nie je u onkologických pacientov dôvod na kontraindikáciu kapnoperitonea. Výsledky laparoskopической onkochirurgie potvrdili, že miniinváziivny prístup je minimálne rovnocenný klasickému, s potenciálom signifikantne lepších onkologických výsledkov u definovaných skupín pacientov.

Abdominálna trauma – základným predpokladom pre využitie laparoskopie u pacientov s tupou alebo penetrujúcou abdominálnou traumou je hemodynamická stabilita. Samotné poranenie brucha nepredstavuje absolútnu kontraindikáciu kapnoperitonea. Zatiaľ nemáme k dispozícii žiadne prospektívne randomizované klinické štúdie posudzujúce vplyv charakteristík kapnoperitonea na stav pacientov s tupým alebo penetrujúcim poranením brucha.

Z hľadiska techniky vytvorenia kapnoperitonea je možné definovať tri základné postupy:

Zatvorený – kapnoperitoneum sa vytvára naslepo, punkciou brušnej dutiny pomocou Veressovej ihly s následným založením prvého portu pomocou bodca. Základnou limitáciou tejto techniky je riziko poranení vnútorných orgánov, ktoré predstavujú pre laparoskopiu špecifické komplikácie „z prístupu“. Napriek ich veľmi nízkej incidencii predstavujú veľmi závažný problém, pretože často znamenajú priame ohrozenie života operovaného buď svojou závažnosťou (poranenie abdominálnej aorty, bedrových ciev, dolnej dutej žily a pod.) alebo následnými komplikáciami z dôvodu nerozpoznania počas operácie (peritonitída pri perforácii čreva). Pre minimalizáciu rizika vzniku komplikácií z „prístupu“ je nevyhnutné dodržiavať všeobecne známe zásady:

- pred použitím Veressovej ihly skontrolovať jej funkčnosť (obr. 5)
- miesto prístupu lokalizovať do periumbilikálnej oblasti

- v prípade prítomnosti jaziev voliť alternatívny prístup v Palmerovom bode (3 cm pod ľavým rebrovým oblúkom v MCL čiare), prípadne otvorený postup
- fixovať a elevovať fasciu v mieste prístupu
- ihlu smerovať kolmo na brušnú stenu
- punkciu vykonávať primeraným kontinuálnym tlakom, pohybom v zápästí, za audiovizuálnej kontroly hĺbky zavedenia („click“ test)
- po penetrácii peritonea vykonať bezpečnostné testy (aspirácia, preplach, „drop“ test) (obr. 6, 7)
- port zakladať dominantnou rukou
- port smerovať mimo priebeh veľkých ciev (aorta, dolná dutá žila, bedrové cievy)
- limitovať hĺbku založenia portu obmedzením voľnosti pohybu dominantnej ruky a audiovizuálnou kontrolou (unikajúci plyn cez bodec)
- pred pripojením insuflačnej hadice overiť pomocou optiky správne umiestnenie portu
- vizuálne skontrolovať oblasť pod založeným portom (detekcia možných poranení)
- vizuálne skontrolovať prvý port (po založení ostatných a premiestnení optiky)

Výhodou zatvoreného spôsobu vytvorenia kapnoperitonea je možnosť minimalizácie veľkosti operačnej rany, relatívna jednoduchosť a rýchlosť preniknutia do brušnej dutiny. Samotná insuflácia plynu trvá vzhľadom na priesvit Veressovej ihly v porovnaní s otvoreným postupom podstatne dlhšie, čo však nie je na škodu, nakoľko pozvoľná insuflácia je žiadúca. Metodika je limitovaná u pacientov:

- po mnohopočetných predchádzajúcich operáciách
- po rozsiahlych laparotómiách
- s umbilikálnou/epigastrickou prietržou
- s ileóznym stavom
- s aneuryzmou brušnej aorty
- vo vyššom štádiu gravidity

Otvorený – vychádza z klasickej chirurgie – prístup do brušnej dutiny sa získava incíziou kože a následne všetkých vrstiev brušnej steny pod priamou kontrolou zraku. Po preniknutí do brušnej dutiny sa založí port bez bodca, cez ktorý sa insufluje plyn. Výhodou otvoreného prístupu je prakticky vylúčenie rizika poranenia veľkých ciev a minimalizácia pravdepodobnosti prehliadnutia komplikácií z „prístupu“. Hoci samotný prienik do brušnej dutiny trvá dlhšie, celkový čas potrebný na vytvorenie kapnoperitonea je kratší z dôvodu podstatne rýchlejšej insuflácie (tá však nie je žiadúca). Kožná incízia je pri tomto postupe väčšia, technika veľmi zložitá u obéznych pacientov, často vznikajú problémy pre prílišnú voľnosť prvého portu (dislokácia, únik plynu). Otvorený postup je univerzálne použiteľný, nakoľko nevyžaduje špecifické inštrumentárium a nemá kontraindikácie.

Hybridný – pri tomto spôsobe sa uplatňujú špeciálne optické porty, ktoré umožňujú postupný prienik brušnou stenou (napr. Visiport) pod kontrolou zraku. Využívajú sa buď po vytvorení kapnoperitonea Veressovou ihlou (redukcia komplikácií pri založení prvého portu naslepo) alebo bez predchádzajúceho vytvorenia kapnoperitonea (obdoba otvoreného prístupu). Nevýhodou je vysoká finančná náročnosť.

Vo všeobecnosti platí, že všetky uvedené spôsoby vytvorenia kapnoperitonea sú štandardné a za predpokladu dodržania adekvátnej operačnej taktiky a techniky bezpečné. Výber konkrétneho spôsobu ovplyvňujú najmä:

- odporúčania národných odborných spoločností
- zvyklosti pracoviska
- skúsenosti operátora
- limitácie pre jednotlivé postupy zo strany pacienta
- dostupnosť potrebného materiálno-technického vybavenia

Na slovenských pracoviskách prevláda zatvorený spôsob pomocou Veressovej ihly.

Insuflačný tlak – menší ako 14 mm/Hg je u zdravého pacienta bezpečný. Zariadenia na trakciu brušnej steny nemajú žiadne klinicky relevantné výhody oproti nízkotlakovému (5-7 mm/Hg) pneumoperitoneu. Najideálnejšie je pou-

žívať čo najnižší insuflačný tlak umožňujúci adekvátnu vizualizáciu operačného poľa.

Otepľovanie a zvlhčovanie insuflovaného plynu – ako prevencia tepelných strát má menší klinický efekt ako externé ohrievacie zariadenia, pričom vplyv týchto opatrení na pooperačné bolesti je rozporuplný.

Riziko plynovej embólie – klinicky signifikantná plynová embólia je veľmi zriedkavá, ale môže byť fatálnou komplikáciou. Nízky insuflačný tlak, nízke hodnoty insuflačnej rýchlosti a opatrná chirurgická technika môžu znižovať jej incidenciu. Za možné príznaky plynovej embólie treba považovať prudký pokles krvného tlaku a koncentrácie CO₂ vo vydychovanom vzduchu počas insuflácie. Vzhľadom k ojedinelému výskytu tejto komplikácie nie je invazívny peroperačný monitoring (transezofageálny Doppler) v bežnej klinickej praxi potrebný.

Zariadenia na trakciu brušnej steny – ich použitie znamená v porovnaní s kapnoperitoneom podstatne menší zásah do hemodynamiky, respiračných a renálnych funkcií. U pacientov zo skupiny ASA I-II je tento rozdiel klinicky marginálny a preto nefavorizuje tento prístup. U operovaných s poruchami kardiálnych, pulmonálnych a renálnych funkcií zo skupiny ASA III-IV môže byť kombinácia použitia zariadení na trakciu brušnej steny a nízkotlakového pneumoperitonea alternatívou. Je nevyhnutné zdôrazniť, že zariadenia na trakciu brušnej steny u väčšiny výkonov zhoršujú prehľad a prístup do operačného poľa.

Z hľadiska pooperačného priebehu môže kapnoperitoneum potenciálne ovplyvňovať:

Bolesť, nauzeu, vracanie – bolesť po laparoskopických operáciách je multifaktoriálna a mala by byť riešená multimodálne. Pooperačné bolesti znižuje incíziálna a intraperitoneálna aplikácia lokálnych anestetík, intraperitoneálna instilácia fyziologického roztoku, dokonalé odstránenie plynu po ukončení operácie, nízkotlakové pneumoperitoneum a otepľovanie a zvlhčovanie insuflovaného plynu – zatiaľ však nemáme dostatok informácií umožňujúcich odporúčať rutinnú aplikáciu týchto postupov v každodennej praxi (s výnim-

kou dokonalej desuflácie). V súčasnosti neexistujú presvedčivé dôkazy o vplyve kapnoperitonea na pooperačnú nauzeu a vracanie.

Adhézie – hoci niektoré laparoskopické operácie indukujú menšiu tvorbu pooperačných adhézii ako ich klasické otvorené varianty, charakteristiky samotného pneumoperitonea (druh plynu, insuflačný tlak, teplota a vlhkosť) nemajú zjavný vplyv na tvorbu zrastov.

Zhrnutie

Pneumoperitoneum (kapnoperitoneum – pri použití CO₂) je pri laparoskopických operáciách využívané na vytvorenie a udržiavanie manipulačného priestoru v brušnej dutine. Pri jeho vytváraní je nevyhnutné uplatniť všetky možné bezpečnostné opatrenia tak, aby nedošlo k poraneniu vnútrobrušných orgánov, a to bez ohľadu na typ použitého postupu (otvorený, zatvorený alebo hybridný). Vzhľadom k fyzikálnym, chemickým a biologickým vplyvom kapnoperitonea na ľudský organizmus a jeho orgánové systémy je vhodná pozvoľná insuflácia a desuflácia plynu, využitie minimálneho dostačujúceho insuflačného tlaku (štandardne 12 mm/Hg a menej) a adekvátne posúdenie kardiorespiračných funkcií u pacientov zo skupín ASA III. a IV. Pre dosiahnutie optimálneho priestoru v brušnej dutine je nevyhnutná dokonalá svalová relaxácia a dostatočná hĺbka anestézie. Monitoring, prevencia a manažment prípadnej hyperkapnie je v kompetencii anesteziológa.

Literatúra

1. Arikan, Y., Tosun, M., Yilmaz, S. et al. The comparative effects of pneumoperitoneum on apoptosis and p53 expression in gastrointestinal organs. In J Laparoendosc Adv Surg Tech. 2008, vol. 18, no. 3, p. 365-371.
2. Backlund, M., Kellokumpu, I., Scheinin, T. et al. Effect of temperature of insufflated CO₂ during and after prolonged laparoscopic surgery. In Surg Endosc. 1998, vol. 12, no. 9, p. 1126-1130.
3. Barczyński, M., Herman, RM. Influence of different pressures of pneumoperitoneum on the autonomic system function during laparoscopy. In Folia Med Cracov. 2002, vol. 43, no. 2, p. 51-58.

4. Celik, V., Salihoglu, Z., Demiroglu, S. et al. Effect of intraabdominal pressure level on gastric intramucosal pH during pneumoperitoneum. In *Surg Laparosc Endosc Percut Tech*. 2004, vol. 14, no. 5, p. 247-249.
5. Demco, L. Effect of heating and humidifying gas on patients undergoing awake laparoscopy. In *J Assoc Gynecol Laparosc*. 2001, vol. 8, no. 2, p. 247-251.
6. Donatsky, AM., Bjerrum, F., Gögenur, I. Surgical techniques to minimize shoulder pain after laparoscopic cholecystectomy. A systematic review. In *Surg Endosc*. 2013, vol. 27, no. 7, p. 2275-2282.
7. Giraudo, G., Brachet Contul, R., Caccetta, M. et al. Gasless laparoscopy could avoid alterations in hepatic function. In *Surg Endosc*. 2001, vol. 15, no. 8, p. 447-452.
8. Gupta, R., Kaman, L., Dahiya, D. et al. Effects of varying intraperitoneal pressure on liver function tests during laparoscopic cholecystectomy. In *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2013, vol. 23, no. 4, p. 339-342.
9. Cheng, Y., Lu, J., Xiong, X. et al. Gases for establishing pneumoperitoneum during laparoscopic abdominal surgery. In *Cochrane Database Syst Rev*. 2013, Jan 31, CD009569. doi: 10.1002/14651858.CD009569.pub2. Review.
10. Choi, SH., Kim, SH., Lee, SJ. et al. Cerebral oxygenation during laparoscopic surgery: jugular bulb versus regional cerebral oxygen saturation. In *Yonsei Med J*. 2013, vol. 54, no. 1, p. 225-230.
11. Jacobs, VR., Kiechle, M., Morrison, JE. Jr. et al. Carbon dioxide gas heating inside laparoscopic insufflators has no effect. In *JSLs*. 2005, vol. 9, no. 2, p. 208-212.
12. Jorgensen, J.O., Lalak, N.J., North, L. Venous stasis during laparoscopic cholecystectomy. In *Surg Laparosc Endosc*. 1994, vol. 4, no. 2, p. 128-133.
13. Khan, I., Devroey, P., Van der Bergh, M. et al. The effect of pneumoperitoneum gases on fertilization, cleavage and pregnancy in human in-vitro fertilization and gamete intra-fallopian transfer. In *Hum Reprod*. 1989, vol. 4, no. 3, p. 323-326.
14. Kissler, S., Haas, M., Stohmeier, R. et al. Effect of humidified and heated CO₂ during gynecologic laparoscopic surgery on analgesic requirements and postoperative pain. In *J Am Assoc Gynecol Laparosc*. 2004, vol. 11, no. 4, p. 473-477.

15. Kiudelis, M., Endzinas, Z., Mickevicius, A. et al. Venous stasis and deep vein thrombosis prophylaxy during laparoscopic fundoplication. In *Zentralbl Chirug.* 2002, vol. 127, no. 11, p. 944-949.
16. Kwak, HJ., Park, SK., Lee, KC. et al. High positive end-expiratory pressure preserves cerebral oxygen saturation during laparoscopic cholecystectomy under propofol anesthesia. In *Surg Endosc.* 2013, vol. 27, no. 2, p. 415-420.
17. Larsen, J.F., Svendsen, F.M., Pedersen, V. Randomized clinical trial of the effect of pneumoperitoneum on cardiac function and haemodynamics during laparoscopic cholecystectomy. In *Br J Surg.* 2004, vol. 91, no. 7, p. 848-854.
18. Liao, CH., Kuo, IM., Fu, CY. et al. Gasless laparoscopic assisted surgery for abdominal trauma. In *Injury.* 2013, Nov 2. [Epub ahead of print]
19. Mayhew, PD., Pascoe, PJ., Kass, PH. et al. Effects of pneumoperitoneum induced at various pressures on cardiorespiratory function and working space during laparoscopy in cats. In *Am J Vet Res.* 2013, vol. 74, no. 10, p. 1340-1346.
20. Neudecker, J., Sauerland, S., Neugebauer, E. et al. The European Association for Endoscopic Surgery clinical practice guidelines on the pneumoperitoneum for laparoscopic surgery. In *Surg Endosc.* 2002, vol. 16, no. 7, p. 1121-1143.
21. Neuhaus, S.J., Watson, D.I., Lafullarde, T. et al. Metabolic and immunologic consequences of laparoscopy with helium or carbon dioxide insufflation: a randomized clinical study. In *ANZ J Sur.* 2001, vol. 71, no. 8, p. 447-452.
22. Nguyen, N.T., Perez, R.V., Fleming, N. et al. Effect of prolonged pneumoperitoneum on intraoperative urine output during laparoscopic gastric bypass. In *J Am Coll Surg.* 2002, vol. 195, no. 4, 476-483.
23. Nordentoft, T., Bringstrup, F.A., Bremmelgaard, A. et al. Effect of laparoscopy on bacteriemia in acute appendicitis: a randomized controlled study. In *Surg Laparosc Endosc Percut Tech.* 2000, vol. 10, no. 5, p. 302-304.
24. Papadimitrou, L.S., Livanios, S.H., Moka, E.G. et al. Cerebral blood flow velocity alterations, under two carbon dioxide management strategies, during sevoflurane anesthesia in gynecological laparoscopic surgery. In *Neurolog Res.* 2003, vol. 25, no. 4, p. 361-369.
25. Pierre, F., Chapron, C., Deshayes, M. et al. Initial access for laparoscopic gynecologic surgery. French Society of Endoscopic Gynecology, International Society of Pelvic Surgery and the National College of French Gyneco-

- logists-Obstetricians. In *J Gynecol Obst Biol Reprod*. 2000, vol. 29, no. 1, p. 8-12.
26. Polat, C., Yilmaz, S., Serteser, M. et al. The effect of different intraabdominal pressures on lipid peroxidation and protein oxidation status during laparoscopic cholecystectomy. In *Surg Endosc*. 2003, vol. 17, no. 11, p. 1719-1722.
27. Perrakis, E., Vezakis, A., Velimezis, G. et al. Randomized comparison between different insufflation pressures for laparoscopic cholecystectomy. In *Surg Laparosc Endosc Percut Techn*. 2003, vol. 13, no. 4, p. 245-249.
28. Saad, S., Minor, I., Mohri, T. The clinical impact of warmed insufflation carbon dioxide gas for laparoscopic cholecystectomy. In *Surg Endosc*. 2000, vol. 14, no. 9, p. 787-790.
29. Sietses, C., Wiezer, M.J., Eijbouts, Q.A. et al. The influence of laparoscopic surgery on postoperative polymorphonuclear leukocyte function. In *Surg Endosc*. 2000, vol. 14, no. 9, p. 812-816.
30. Slim, K., Bousquet, J., Kwiatkowski, F. et al. Effect of CO₂ gas warming on pain after laparoscopic surgery: a randomized double-blind controlled trial. In *Surg Endosc*. 1999, vol. 13, no. 11, p. 1110-1114.
31. Shrestha, BR., Gautam, B., Shrestha, S. et al. Study of haemodynamic and endocrine stress responses following carbon dioxide pneumoperitoneum. In *J Nepal Health Res Counc*. 2012, vol. 10, no. 1, p. 41-46.
32. Schietroma, M., Carlei, F., Cecilia, EM. et al. A prospective randomized study of systemic inflammation and immune response after laparoscopic nissen fundoplication performed with standard and low-pressure pneumoperitoneum. In *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*. 2013, vol. 23, no. 2, p. 189-196.
33. Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgeons. Guidelines for laparoscopic surgery during pregnancy. In *Surg Endosc*. 1998, vol. 12, no. 2, p. 189-190.
34. Štencl, J., Holéczy, P. Základné laparoskopické operácie v chirurgii. Martin : Osveta, 2001. Section 4, CO₂ pneumoperitoneum a anestézia, p. 35-40.
35. Tarhan, OR., Barut, I., Ozogul, C. et al. Structural deteriorations of the human peritoneum during laparoscopic cholecystectomy. A transmission electron microscopic study. In *Surg Endosc*. 2013, vol. 27, no. 8, p. 2744-2750.

36. Tosun M, Samli H, Arikian Y, The effects of CO2 pneumoperitoneum on the apoptotic index in the peritoneum. In *Adv Ther.* 2007, vol. 24, no. 4, p. 883-889.
37. Uzunköy, A., Ozardali, I., Celik, H., et. al. The effect of carbon dioxide pneumoperitoneum on the severity of peritonitis. In *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2012, vol. 18, no. 2, p. 99-104.
38. Wills, V.L., Hunt, D.R., Armstrong, A. A randomized controlled trial assessing the effect of heated carbon dioxide for insufflation on pain and recovery after laparoscopic fundoplication. In *Surg Endosc.* 2001, vol. 15, no. 2, 166-167.
39. Wolf, JR., Stoller, ML. The physiology of laparoscopy: basic principles, complications and other considerations. In *J Urol.* 1994, vol. 152, no. 2, p. 294-232.
40. Yiannakopoulou, Ech., Nikiteas, N., Perrea, D. et al. Effect of laparoscopic surgery on oxidative stress response: systematic review. In *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2013, vol. 23, no. 2, p. 101-108.
41. Zulfikagorlu, B., Koc, M., Soran, A. et al. Evaluation of oxidative stress in laparoscopic cholecystectomy. In *Surg Today.* 2002, vol. 32, no. 10, p. 869-874.

10. Ekonomické aspekty laparoskopickej chirurgie

Rozvoj laparoskopickej chirurgie založenej na moderných technológiách je limitovaný potrebou finančných investícií. Rozhodujúce výhody miniinvazívnych operačných techník majú dlhodobý charakter a prinášajú výraznú úsporu finančných prostriedkov znížením nepriamych nákladov na efektívnu liečbu. Vyššie priame náklady s ňou spojené však zatažujú poskytovateľov zdravotnej starostlivosti, nakoľko súčasné modely financovania tieto skutočnosti nereflektujú. Ekonomická situácia tak môže byť faktorom limitujúcim dostupnosť modernej chirurgickej liečby. Stratégie a opatrenia na znižovanie priamych nákladov v laparoskopickej chirurgii sú preto v súčasnosti vysoko aktuálne.

Náklady na zdravotnú starostlivosť predstavujú v súčasnej ekonomickej kríze celosvetový problém. Každodenná prax musí preto rešpektovať rovnováhu medzi požiadavkami zdravotníckeho systému a dostupnými finančnými zdrojmi. Hoci v etickej rovine deklarujú poskytovatelia zdravotnej starostlivosti cieľ poskytovať najlepšiu existujúcu terapiu, ekonomická realita ju môže limitovať na najlepšiu dostupnú. Keďže objem finančných prostriedkov vyčlenených na zdravotníctvo je v rôznych krajinách rozdielny a následne prerozdelený na základe priorít jednotlivých zdravotníckych systémov, ekonomická situácia môže byť faktorom limitujúcim penetráciu inovatívnych miniinvazívnych chirurgických postupov do každodennej praxe.

Celkové výdavky na chirurgickú liečbu sú definované ako súčet priamych a nepriamych nákladov.

- priame náklady – zahŕňajú výdavky na samotný chirurgický výkon (prenájom operačnej sály a technologického vybavenia, použitý špeciálny materiál) a na pobyt v nemocnici (bezprostredná predoperačná a krátkodobá pooperačná starostlivosť, platy personálu, výdavky na stravu, ubytovanie, energie atď.). Tieto výdavky môžu byť definované ako náklady na ústavnú starostlivosť v súvislosti s primárnym výkonom.
- nepriame náklady – zahŕňajú výdavky na práceneschopnosť a dlhodobú pooperačnú starostlivosť (neskoré komplikácie v súvislosti s operačným výkonom, opakované hospitalizácie, reoperácie). Tieto výdavky môžu byť definované ako náklady na mimoústavnú starostlivosť a ústavnú starostlivosť v súvislosti s následnými výkonmi (reoperácie, rehospitalizácie)

Vo všeobecnosti by mal systém financovania chirurgickej starostlivosti zohľadňovať priame aj nepriame výdavky a tak reflektovať celkové náklady. Hoci je takýto model vo všeobecnosti akceptovaný a zo socio-ekonomického pohľadu ideálny, nie vždy je aplikovaný v praxi. Relatívne bežným znakom súčasných modelov financovania je rozpočtová separácia priamych a nepriamych výdavkov – pravdepodobne preto, že analýza a posudzovanie priamych nákladov sú podstatne jednoduchšie ako v prípade nepriamych. Táto situácia núti manažment poskytovateľov zdravotnej starostlivosti sústrediť sa výhradne na priame náklady. Vzhľadom k tomu je význam priamych výdavkov preceňovaný, zatiaľ čo nepriame náklady, často podstatne vyššie, sú prehliadané.

Pri analýze existujúcich systémov preplácania výdavkov na zdravotnú starostlivosť môžeme identifikovať niekoľko modelov:

- financovanie závislé na realizovanom chirurgickom výkone – ideálna situácia, keď objem finančných prostriedkov odráža skutočné náklady na operáciu (t.j. laparoskopická hernioplastika uhrádzaná vyšším limitom ako klasická) – situácia bez ekonomického tlaku na výber operačnej techniky
- financovanie založené na operačnej diagnóze – platba kalkulovaná na základe priemerných nákladov na existujúce operačné výkony pre danú diagnózu (t.j. laparoskopická hernioplastika uhrádzaná nižším a klasická vyšším limitom ako sú skutočné náklady) – situácia s určitým tlakom na výber operačnej techniky v záujme vyrovnaného hospodárenia
- financovanie založené na fixnom objeme za hospitalizáciu – platba kalkulovaná ako priemer nákladov na hospitalizáciu pre všetky diagnózy, zvyčajne odstupňovaná podľa charakteru a typu zdravotníckeho zariadenia (t.j. finančný objem vyšší v univerzitných a krajských nemocniciach ako v menších zariadeniach) – situácia s výrazným ekonomickým tlakom na výber operačnej techniky – preferovaná je najlacnejšia alternatíva z dôvodu nutnosti šetrenia finančných prostriedkov na liečbu závažných diagnóz

Z hľadiska zdôvodnenia vyšších priamych nákladov na laparoskopické operačné výkony je potrebné upriamiť pozornosť na nasledujúce parametre:

- inovatívnosť metód – laparoskopická chirurgia aplikuje nové postupy na dosiahnutie tradičných cieľov chirurgickej liečby. Podobne ako každá

iná terapeutická modalita je predmetom porovnávania s dovedy etablovanými protokolmi. Vzhľadom k tomu, že nový chirurgický výkon musí byť vyskúšaný, akceptovaný a dokonale natrénovaný v komplexnom prostredí operačného tímu na operačnej sále, prináša so sebou zvýšené nároky na operačný čas a nie vždy optimálne prvotné výsledky („learning curve“). Keďže sálový operačný čas predstavuje vo väčšine zdravotníckych systémov najdrahšiu položku je zrejmé, že ekonomický dopad „learning curve“ predstavuje signifikantný problém.

- potreba nových technológií – laparoskopická chirurgia je závislá na nových technológiách, ktoré umožňujú chirurgom minimalizovať operačný prístup pri zachovaní efektivity a bezpečnosti výkonu. Pretože potrebné vybavenie, prístroje a materiál nie sú všeobecne dostupné, na implementáciu laparoskopických chirurgických techník sú nevyhnutné finančné investície. Vysoký dopyt po inovatívnych technológiách na relatívne limitovanom trhu, spolu s potrebou výrobcov pokryť náklady na ich vývoj, zvyšujú cenu vybavenia nevyhnutného pre modernú chirurgickú liečbu. Súčasne s penetráciou inovácií do praxe klesajú ceny alternatívnych technológií pre tradične etablovanú liečbu.
- charakter výhod laparoskopickej chirurgie – vo všeobecnosti je rozhodujúcou výhodou laparoskopickej chirurgie redukcia veľkosti chirurgickej rany, v dôsledku čoho je pooperačný priebeh v porovnaní s klasickými výkonmi priaznivejší. V klinickej praxi majú však tieto krátkodobé výhody z ekonomického hľadiska často marginálny efekt. Najvýraznejším prínosom miniinvasívnych výkonov sú dlhodobé efekty ako skrátená doba práceneschopnosti, menšie percento komplikácií, rehospitalizácií a reoperácií. Hoci je zrejmé, že tieto benefity znižujú celkovú cenu chirurgickej liečby, poskytovatelia zdravotnej starostlivosti z tohto faktu neprofitujú, nakoľko systémy financovania len zriedkavo berú do úvahy úsporu nepriamych nákladov nevyhnutných na efektívnu terapiu. Špecifickým aspektom je potenciál laparoskopických výkonov na poli onkochirurgie, v zmysle predĺženia celkovej doby prežívania chorých. Pokiaľ by boli tieto predpoklady potvrdené v každodennej praxi, môžu byť zvýšené finančné nároky na takúto liečbu považované za opodstatnené.

Zaujímavým fenoménom súčasnosti je zblížovanie sa výšky priamych nákladov na klasické a laparoskopické operačné výkony. Viaceré z moderných a finančne náročných technológií a materiálov nevyhnutných pre laparoskopickú chirurgiu, ako sú ultrazvukový nôž, lineárne a cirkulárne staplery, či chirurgické sieťky, sa stali integrálnou súčasťou klasických chirurgických postupov. Súčasne došlo k poklesu ich ceny v dôsledku:

- rozširovania trhu (implementácia nových postupov v širšom meradle)
- zvyšovania jeho saturácie (pokles dopytu)
- zvyšovania konkurencie (vyšší počet dodávateľov)

Všetky bežné miniinvazívne výkony sú v súčasnosti štandardizované a väčšina chirurgickej obce dobre vyškolená, čo prinieslo dramatické zníženie nárokov na sálový operačný čas. Vzhľadom k uvedenému je možné konštatovať, že hoci je miniinvazívna chirurgia v zmysle priamych nákladov vo všeobecnosti považovaná za drahšiu ako klasická chirurgická liečba, existuje trend k postupnému vyrovnávaniu finančnej náročnosti oboch terapeutických modalít.

Pre úspešnú aplikáciu stratégie ekonomickej efektivity je rozhodujúce:

1. Uvedomovanie si nákladov – keďže prostriedky alokované pre chirurgickú starostlivosť sú limitované, je dôležité si uvedomovať, že laparoskopická chirurgia je finančne náročná. Uvedomovanie si nákladov je nevyhnutným predpokladom pre ekonomickú efektivitu.
2. Analýza výdavkov – náklady na špecifikovaný operačný výkon môžu byť rôzne u rôznych poskytovateľov zdravotnej starostlivosti a môžu sa líšiť aj v rámci daného poskytovateľa. Analýza výdavkov umožňuje presnú definíciu štruktúry nákladov ako aj porovnanie medzi jednotlivými pracoviskami. Takýto postup poskytuje informácie nevyhnutné pre identifikáciu oblastí, kde by bolo možné aplikovať úsporné opatrenia.
3. Štandardizácia výkonov – v závislosti na analýze výdavkov musí existovať snaha o maximálnu efektivitu používania vybavenia, prístrojov a špeciálneho zdravotníckeho materiálu. Jasné definovanie jednotlivých krokov operačného výkonu umožňuje identifikovať minimálne

zdroje nevyhnutné pre úspešné vykonanie operácie. Navyše, takáto štandardizácia zlepšuje plynulosť práce na operačnej sále, čoho výsledkom sú znížené nároky na sálový operačný čas.

4. Priama zodpovednosť – na zabezpečenie ekonomickej efektivity je nevyhnutná jasná definícia priamej osobnej zodpovednosti za účelom kontroly nákupu a použitia vybavenia, prístrojov a materiálu.
5. Opakovaná analýza a prehodnocovanie – keďže cenová politika distribútorov vybavenia, prístrojov a špeciálneho zdravotníckeho materiálu sa môže meniť, pravidelný audit ekonomickej efektivity je nevyhnutnosťou. Zmeny v pomere ponuky a dopytu spolu so zvyšovaním spotreby majú tendenciu cenu znižovať, zatiaľ čo inovácie a nové technológie ju udržiavajú nezmenenú, prípadne znamenajú jej nárast. Sledovanie zmien situácie na trhu umožňuje udržiavať ekonomickú efektivitu a aktuálnosť cenového profilu chirurgickej liečby. Využívajúc konkurenčné prostredie je možné znižovať náklady zámenou používaného vybavenia resp. rokovaním s dodávateľmi o priaznivejšej cene.

Z hľadiska praktickej aplikability laparoskopickej chirurgie je dôležité chápať, že hoci sú systémy zdravotnej starostlivosti a spôsoby jej financovania variabilné, pre daný čas a konkrétne prostredie predstavujú danú a nemennú veličinu. Najefektívnejším spôsobom redukcie nákladov je preto znižovanie priamych výdavkov. Rešpektujúc stratégiu zachovania ekonomickej efektivity je v laparoskopickej chirurgii vhodné:

- vyhnúť sa používaniu zbytočného vybavenia a materiálu (napr. paušálne ošetrovanie bázy apendixu pri apendektómii lineárnym staplerom, cholecystektómia pomocou ultrazvukového noža)
- nepoužívať súčasne viaceré zariadenia s podobnou funkciou (ultrazvukový nôž a impedanciou kontrolovaná bipolárna elektrokoagulácia)
- obmedziť predražené „módne“ produkty bez dokázateľných signifikantných benefitov pre pacienta na klinické štúdie (napr. parciálne vstrebatelné siete vs odľahčené polypropylénové)

- zvážiť náhradu jednorazových produktov za sterilizovateľné (napr. porty a laparoskopické inštrumenty), prípadne aj za resterilizované, pokiaľ existuje oficiálny protokol na takýto postup
- nahradiť štandardný materiál lacnejšou alternatívou za predpokladu zachovania bezpečnosti výkonu (napr. použitie sterilného plastového vrečka na odstránenie resektátu z brušnej dutiny namiesto originálneho endo-vrečka)
- zvážiť alternatívnu techniku (napr. ligatúra d. a a. cystica namiesto použitia svoriek)
- osobne zainteresovať zdravotníckych pracovníkov do procesu zlepšovania a udržiavania ekonomickej efektivity
- hlásiť všetky odchýlky od štandardných terapeutických protokolov, prediskutovať ich príčiny a vyvodiť závery o ich opodstatnenosti
- vypočítať spotrebu materiálu na dlhšie obdobie v záujme dosiahnutia väčšieho objemu objednávok a možnosti zliav z nákupnej ceny
- monitorovať situáciu na trhu a identifikovať najoptimálnejších dodávateľov

Zhrnutie

Nástup laparoskopической chirurgie ako inovatívnej liečebnej modalitty využívajúcej nové technológie so sebou priniesol zvýšené priame náklady pre poskytovateľov zdravotnej starostlivosti. Napriek tomu by vyššie výdavky nemali byť faktorom inhibujúcim penetráciu moderných chirurgických postupov do každodennej praxe. Implementácia stratégií na udržanie ekonomickej efektivity by mala napomôcť redukcii finančných nárokov na prijateľnú úroveň, ktorá by mala byť vyvážená očakávanými prínosmi pre pacienta. Mnoho laparoskopických chirurgických výkonov vykazuje v porovnaní s klasickými alternatívami dokázateľne vyššiu ekonomickú efektivitu vďaka lepším dlhodobým výsledkom. Systémy financovania zdravotnej starostlivosti by mali reflektovať toto zníženie nepriamych výdavkov zvýšenými platbami poskytovateľom zdravotnej starostlivosti, umožňujúc tak adekvátne pokrytie vyšších priamych nákladov spojených s modernou chirurgickou liečbou.

Literatúra

1. Abu Hilal, M., Hamdan, M., Di Fabio, F. et al. Laparoscopic versus open distal pancreatectomy: a clinical and cost-effectiveness study. In *Surg Endosc.* 2012, vol. 26, no. 6, p. 1670-1674.
2. Bower, C., Roth, JS. Economics of abdominal wall reconstruction. In *Surg Clin North Am.* 2013, vol. 93, no. 5, p. 1241-1253.
3. Bulus, H., Basar, O., Tas, A. et al. Evaluation of three instruments for laparoscopic cholecystectomy: harmonic scalpel, bipolar vessel sealer, and conventional technique. In *Minerva Chir.* 2013, vol. 68, no. 6, p. 537-542.
4. Cannon, RM., Scoggins, CR., Callender, GG. et al. Financial comparison of laparoscopic versus open hepatic resection using deviation-based cost modeling. In *Ann Surg Oncol.* 2013, vol. 20, no. 9, p. 2887-2892.
5. Carrington, EV., Hall, NJ., Pacilli, M. et al. Cost-effectiveness of laparoscopic versus open pyloromyotomy. In *J Surg Res.* 2012, vol. 178, no. 1, p. 315-320.
6. Collier, R. Reprocessing single-use devices: an international perspective. In *CMAJ.* 2011, vol. 183, no. 11, p. 1244.
7. Fernández Lobato, R., Ruiz de Adana Belbel, JC., Angulo Morales, F. et al. Cost-benefit analysis comparing laparoscopic and open ventral hernia repair. In *Cir Esp.* 2013, Sep 18. [Epub ahead of print]
8. Finkelstein, EA., Allaire, BT., Dibonaventura, MD. et al. Incorporating indirect costs into a cost-benefit analysis of laparoscopic adjustable gastric banding. In *Value Health.* 2012, vol. 15, no. 2, p. 299-304.
9. Markar, SR., Karthikesalingam, A., Alam, F. et al. Partially or completely absorbable versus nonabsorbable mesh repair for inguinal hernia: a systematic review and meta-analysis. In *Surg Laparosc Endosc Percut Tech.* 2010, vol. 20, no. 4, p. 213-219.
10. Jensen, CC., Prasad, LM., Abcarian, H. Cost-effectiveness of laparoscopic vs open resection for colon and rectal cancer. In *Dis Colon Rectum.* 2012, vol. 55, no. 10, p. 1017-1023.
11. Kao, CC., Cha, TL., Sun, GH. et al. Cost-effective homemade specimen retrieval bag for use in laparoscopic surgery: experience at a single center. In *Asian J Surg.* 2012, vol. 35, no. 4, p. 140-143.

12. Lee, JS., Hong, TH. Comparison of Various Methods of Mesoappendix Dissection in Laparoscopic Appendectomy. In *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2013, Nov 8. [Epub ahead of print]
13. Munro, MG. Economics and energy sources. In *J Minim Invasive Gynecol*. 2013, vol. 20, no. 3, p. 319-327.
14. Nguyen, NT., Christie, C., Masoomi, H. et al. Utilization and outcomes of laparoscopic versus open paraesophageal hernia repair. In *Am Surg*. 2011, vol. 77, no. 10, p. 1353-1357.
15. Reynisson P, Persson J. Hospital costs for robot-assisted laparoscopic radical hysterectomy and pelvic lymphadenectomy. In *Gynecol Oncol*. 2013, vol. 130, no. 1, p. 95-99.
16. Sajid, MS., Rimple, J., Cheek, E. et al. Use of endo-GIA versus endo-loop for securing the appendicular stump in laparoscopic appendectomy: a systematic review. In *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*. 2009, vol. 19, no. 1, p. 11-15.
17. Shah, JN., Maharjan, SB. Clipless laparoscopic cholecystectomy – a prospective observational study. In *Nepal Med Coll J*. 2010, vol. 12, no. 2, p. 69-71.
18. Schwentner, C., Todenhöfer, T., Seibold, J. et al. Cost effective laparoendoscopic single-site surgery with a reusable platform. In *JLSLS*. 2013, vol. 17, no. 2, p. 285-291.
19. Stylopoulos, N., Gazelle, GS., Rattner, DW. A cost-utility analysis of treatment options for inguinal hernia in 1,513,008 adult patients. In *Surg Endosc*. 2003, vol. 17, no. 2, p. 180-189.
20. Tebala, GD. Three-port laparoscopic cholecystectomy by harmonic dissection without cystic duct and artery clipping. In *Am J Surg*. 2006, vol. 191, no. 5, p. 718-720.
21. Tiwari, MM., Reynoso, JF., High, R. et al. Safety, efficacy and cost-effectiveness of common laparoscopic procedures. In *Surg Endosc*. 2011, vol. 25, no. 4, p. 1127-1135.

11. Vzdelávanie a tréning v laparoskopickej chirurgii

Búrľivý rozvoj laparoskopických a v širšom ponímaní aj endoskopických diagnostických a liečebných modalít so sebou prináša univerzálnu potrebu nácviku špecifických zručností nevyhnutných pre úspešné zvládnutie týchto postupov. Okrem brušnej chirurgie sú dnes bežnou súčasťou:

- gynekológie
- urológie
- hrudníkovej chirurgie
- cievnej chirurgie
- neurochirurgie
- ortopédie
- traumatológie
- ORL
- gastroenterológie

Nevyhnutnosť práce so sprostredkovanou dvojdimenzionálnou obrazovou informáciou o trojrozmernej skutočnosti, limitovaný taktilný vnem či zrkadlový pohyb inštrumentov sú len niektoré z psychomotoricko-senzorických limitácií, s ktorými sa musí chirurg v praxi vyrovnávať.

Technicky dokonalé zvládnutie každého nového operačného postupu si vyžaduje získanie určitých skúseností a toto obdobie „učenia sa“ je zaťažené:

- dlhším operačným časom
- vyšším výskytom komplikácií
- horšími výsledkami liečby

Vzťah medzi týmito negatívnymi indikátormi a rýchlosťou nadobudnutia profesionality graficky vyjadruje „krivka nadobúdania profesionality“ – „proficiency gain curve“ (alebo častejšie „krivka učenia sa“ – „learning curve“). Uvedomovanie si existencie tohto fenoménu a jeho rizík je základným predpokladom správneho prístupu k vzdelávaniu a tréningu v laparoskopickej chirurgii, ktorý by za ideálnych podmienok mal byť:

- postupný
- kvalifikovaný
- kvantifikovaný
- efektívny

V tejto súvislosti je vhodné zadať aj pojem skúsenosť, ktorá môže byť:

- individuálna – skúsenosť daného jednotlivca; má priamy vplyv na výkon konkrétnej operácie
- inštitucionálna – skúsenosť daného pracoviska; má nepriamy vplyv na výkon konkrétnej operácie, je veľmi dôležitá v procese získavania individuálnych skúseností a manažmente komplikácií.

Limitovaná individuálna skúsenosť nemôže byť z etického ani medicínsko-právneho hľadiska ospravedlnením neštandardných výsledkov chirurgickej liečby. Z uvedeného vyplýva, že súčasné moderné vzdelávanie v chirurgii sa odkláňa od klasickej koncepcie na osi majster-učeň k využitiu simulačných modalít tak, aby chirurg nadobudol určitú úroveň kompetentnosti ešte skôr ako začne vykonávať operácie na ľuďoch.

Pojem chirurgickej kompetentnosti je komplexný a zahŕňa:

- technické zručnosti – základné manuálne schopnosti (navigácia kamery, manipulácia s tkanivom, preparácia, strihanie, ligatúra, svorkovanie, hemostáza, šitie a uzlenie, aplikácia staplerov), ktoré vo svojej podstate definujú kvalitu operačnej techniky
- chirurgické myslenie – komplex vedomostí a skúseností umožňujúci správne rozhodovanie, ktoré vo svojej podstate definuje operačnú taktiku
- kognitívne a komunikačné schopnosti – súbor netechnických zručností dôležitý pre efektívny manažment operačného výkonu
- analytický prístup – schopnosť využívať nadobudnutné vedomosti a skúsenosti v kombinácii s informáciami o aktuálnej situácii – dôležitý pre diagnostiku, diferenciálnu diagnostiku a prevenciu komplikácií

Súčasný metódy simulácie umožňujú nadobúdať chirurgickú kompetenciu tak, aby boli rešpektované individuálne potreby daného chirurga, bez akéhokoľvek rizika pre zdravie pacienta. V súčasnosti dostupné simulačné modalita zahŕňajú:

- mechanický tréner – najjednoduchší typ simulácie, v podstate akákoľvek „krabica“ imitujúca brušnú dutinu v spojení s laparoskopickou jednotkou (obr. 8); veľmi vhodná modalita pre nácvik základných technických zručností. Pre samotný tréning sa využívajú rôzne syntetické alebo biologické modely. Základnou výhodou mechanického trénera je veľmi realistický vnem z tréningu (používajú sa reálne laparoskopické nástroje a vybavenie) pri minimálnych finančných nákladoch. Nevýhodou je absencia automatickej kvantifikácie kvality výkonu, nakoľko hodnotenie prebieha viacmenej na subjektívnej úrovni v binárnom móde – úloha splnená alebo nesplnená.
- tréner vo virtuálnej realite – veľmi zložitá technológia, založená na simulácii reality vo virtuálnom priestore, bez alebo s hmatovým vnemom (efektívnejšie). Najväčšou výhodou je automatická kvantifikácia kvality výkonu – sledovaním, zaznamenávaním a vyhodnocovaním viacerých parametrov podľa typu zadania:
 - čas potrebný na vykonanie úlohy
 - rozsah jej splnenia
 - počet chýb
 - druh chýb
 - celková trajektória špičiek inštrumentov
 - presnosť pohybu špičiek inštrumentov
 - rozdiely vo výkonnosti dominantnej a nedominantnej ruky
 - história výkonnosti v závislosti od počtu opakovaní

Ďalšou výhodou je praktickosť takejto simulácie, nakoľko počet, charakter, náročnosť a komplexnosť simulovaných úloh je prakticky neobmedzená (od základných zručností až po komplikované operačné výkony), ako aj jej prítlačnosť pre študentov. Nevýhodou zostáva limitovaný realistický vnem (nepracuje sa s reálnymi laparoskopickými nástrojmi a vybavením) a vysoká finančná náročnosť.

- trenažér v rozšírenej virtuálnej realite – sa snaží kombinovať výhody mechanickej simulácie (reálne modely) so simuláciou vo virtuálnej realite (kvantifikácia kvality výkonu). Aj keď takáto koncepcia sa zdá byť logická, nenašla zatiaľ širšie uplatnenie, nakoľko okrem očakávanej kombinácie výhod sa sumujú aj nevýhody oboch druhov simulácie.
- operácie na zvieratách – predstavujú klasický model simulácie, ktorý je v súčasnosti na ústupe najmä z dôvodu veľmi vysokej finančnej náročnosti a relatívne prísnych právnych predpisov regulujúcich použitie zvierat pre účely chirurgického tréningu. Nespornou výhodou je možnosť operovať na živom tkanive za použitia skutočného laparoskopického vybavenia, takže simulácia sa v maximálnej možnej miere približuje reálnym podmienkam v humánnej operatíve, s výnimkou anatomických pomerov, ktoré sú u experimentálneho zvieratá prirodzene odlišné (obr. 9).
- operácie na kadáveroch – odstraňujú problém anatomickej odlišnosti za cenu straty fyziologických funkcií živého tkaniva. Podobne ako operácie na zvieratách sa riadia prísnyimi etickými, procedurálnymi a právnymi normami, takže dostupnosť takejto formy tréningu je limitovaná. Napriek tomu predstavujú v súčasnosti veľmi módnu a perspektívnu simuláciu modalitu.

Napriek faktu, že všetky spomínané simulačné modalities dokázateľne vedú po absolvovaní tréningu k zlepšeniu úrovne technických zručností a celkovej výkonnosti, citlivou otázkou stále zostáva ich transferabilita do reálneho prostredia operačnej sály. V tejto súvislosti je dôležitý pojem validity simulačných modalít a jej jednotlivých zložiek:

- dojmová validity („face validity“) – vyjadruje subjektívny pocit, že simulovaná modalita naozaj simuluje to, čo simulovať má – pozitívne ovplyvňuje záujem školencov o tréning
- obsahová validity („content validity“) – vyjadruje rozsah v akom simulovaná modalita naozaj obsahovo pokrýva cieľové kompetencie (schopnosti a zručnosti) – t.j. porovnateľnosť obsahu vykonávaných úloh s kompetenciami, ktoré sa majú nacvičiť – pozitívne ovplyvňuje nácvik reálnych kompetencií

- konštrukčná validita („construct validity“) – vyjadruje mieru, v ktorej konkrétny test reflektuje konkrétnu hodnotenú veličinu – t.j. či hodnotenie výkonnosti naozaj hodnotí hodnotenú výkonnosť – pozitívne ovplyvňuje kvalitu spätnej väzby pre školiteľov a školencov
- prediktívna validita („predictive validity“) – vyjadruje mieru, v ktorej výkonnosť v danej simulovanej úlohe dokáže byť prediktorom budúcej výkonnosti v reálnych podmienkach operačného výkonu – t.j. vyjadruje mieru transferability nacvičovaných kompetencií

Vo všeobecnosti platí, že najefektívnejší je tréning vo formáte kombinácie rôznych druhov simulácie. Z hľadiska praktickej aplikability vzdelávania je však dôležitá otázka časovej a finančnej náročnosti takéhoto tréningu. Efektívny model, rešpektujúci potrebu postupného a kvantifikovaného vzdelávania, musí mať preto logicky dve fázy:

- nadobudnutie všeobecných základných technických zručností – základné kurzy laparoskopической chirurgie orientované na jej všeobecné princípy a nácvik základných technických zručností kombinovanou simuláciou – mechanický trenažér + virtuálna realita ev. rozšírená virtuálna realita
- nadobudnutie kompetencie pre určitý typ operačného výkonu – špecializované kurzy laparoskopической chirurgie orientované na danú operáciu/ ochorenie/orgánový systém; nácvik celých operačných výkonov kombinovanou simuláciou – virtuálna realita + operácie na zvieratách ev. kadáveroch, vrátane rozvoja chirurgického myslenia, kognitívnych, komunikačných a analytických schopností.

Je zjavné, že vzhľadom ku komplexnosti laparoskopической chirurgie nie je možné vzdelávanie obmedziť výlučne na simulačné modalitty. Nespochybniteľnú úlohu si samozrejme zachováva aj nadobúdanie skúseností v klasickom formáte vzdelávania na operačnej sále, pod dozorom skúseného školiteľa, pri zachovaní logického sledu:

- asistencia pri operačných výkonoch
- vykonávanie operačných výkonov pod dohľadom školiteľa
- samostatné operovanie
- pôsobenie vo funkcii školiteľa

Zhrnutie

Špecifiká laparoskopической chirurgie si v záujme maximálnej možnej ochrany zdravia pacienta vyžadujú dobre definovaný systém vzdelávania, optimálne akreditovaný na európskej úrovni. Postupné, kvalifikované, kvantifikované a efektívne vzdelávanie má v globálnom pohľade niekoľko stupňov:

- získanie základných zručností – teoretická príprava formou samoštúdia, nácvik základných technických zručností tréningom v simulovaných podmienkach (mechanický trenažér + simulácia vo virtuálnej/rozšírenej virtuálnej realite), asistencia pri operačných výkonoch
- nadobúdanie chirurgickej kompetentnosti – teoretická príprava samoštúdiom a diskusiou so školiteľmi, nácvik špecifických operačných výkonov tréningom v simulovaných podmienkach (simulácia vo virtuálnej realite + operácie na zvieratách/kadáveroch), vrátane rozvoja chirurgického myslenia, kognitívnych, komunikačných a analytických schopností, operovanie pod dohľadom školiteľa
- nadobudnutie chirurgickej kompetentnosti – samostatné operovanie, globálny monitoring výsledkov liečby a manažmentu komplikácií, formovanie alternatívnych postojov na základe vlastných skúseností a ich konfrontácie so skúsenosťami iných
- transfer kompetentnosti – pôsobenie vo funkcii školiteľa

Literatúra

1. Brinkman, WM., Tjiam, IM., Buzink, SN. Assessment of basic laparoscopic skills on virtual reality simulator or box trainer. In Surg Endosc. 2013, vol. 27, no. 10, p. 3584-3590.
2. Buckley, CE., Kavanagh, DO., Traynor, O. et al. Is the skillset obtained in surgical simulation transferable to the operating theatre. In Am J Surg. 2013, vol. Oct 2. [Epub ahead of print]
3. Cole, SJ., Mackenzie, H., Ha, J. et al. Randomized controlled trial on the effect of coaching in simulated laparoscopic training. In Surg Endosc. 2013, Nov 7. [Epub ahead of print]
4. Dawe, SR., Windsor, JA., Broeders, JA. et al. A Systematic Review of Surgical Skills Transfer After Simulation-Based Training: Laparoscopic Cho-

- lecystectomy and Endoscopy. In *Ann Surg.* 2013, Oct 4. [Epub ahead of print]
5. de Montbrun, SL., Macrae, H. Simulation in surgical education. In *Clin Colon Rectal Surg.* 2012, vol. 25, no. 3, p. 156-165.
 6. Dion, Y., Gailard, F. Visual integration of data and basic motor skills under laparoscopy. In *Surg Endosc.* 1997, vol. 11, no. 10, p. 995-1000.
 7. Duarte, RJ., Cury, J., Oliveira, LC. Establishing the minimal number of virtual reality simulator training sessions necessary to develop basic laparoscopic skills competence: evaluation of the learning curve. In *Int Braz J Urol.* 2013, vol. 39, no. 5, p. 712-719.
 8. Fonseca, AL., Evans, LV., Gusberg, RJ. Open surgical simulation in residency training: a review of its status and a case for its incorporation. In *J Surg Educ.* 2013, vol. 70, no. 1, p. 129-137.
 9. Galiñanes, EL., Shirshenkan, JR., Doty, J. et al. Standardized laparoscopic simulation positively affects a student's surgical experience. *J Surg Educ.* 2013, vol. 70, no. 4, p. 508-513.
 10. Gallagher, AG., Ritter, EM., Champion, H. et al. Virtual reality simulation for the operating room: proficiency-based training as a paradigm shift in surgical skills training. In *Ann Surg.* 2005, vol. 241, no. 2, p. 364-372.
 11. Gettan, MT., Kondraske, GV., Traxer, O. et al. Assessment of basic human performance resources predicts operative performance of laparoscopic surgery. In *J Am Coll Surg.* 2003, vol. 197, no. 3, p. 489-496.
 12. Gravante, G., Venditti, D. A systematic review on low-cost box models to achieve basic and advanced laparoscopic skills during modern surgical training. In *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2013, vol. 23, no. 2, p. 109-120.
 13. Gettman, MT., Pereira, CW., Lipsky, K. et al. Use of high fidelity operating room simulation to assess and teach communication, teamwork and laparoscopic skills: initial experience. *J Urol.* 2009, vol. 181, no. 3, p. 1289-1296.
 14. Gurusamy, KS., Aggarwal, R., Palanivelu, L. et al. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. In *Cochrane Database Syst Rev.* 2009, Jan 21;(1):CD006575. doi: 10.1002/14651858.CD006575.pub2.
 15. Hiltander, A., Liljergen, E., Rhodin, PH. et al. The transfer of basic skills learned in a laparoscopic simulator to the operating room. In *Surg Endosc.* 2002, vol. 16, no. 9, p. 1324-1328.

16. Hogle, NJ., Chang, L., Strong, VE. et al. Validation of laparoscopic surgical skills training outside the operating room: a long road. In *Surg Endosc.* 2009, vol. 23, no. 7, p. 1476-1482.
17. Champion, JK., Hunter, J., Trus, T. et al. Teaching basic video skills as an aid in laparoscopic suturing. In *Surg Endosc.* 1996, vol. 10, no. 1, p. 23-25.
18. Kundhal, PS., Grantcharov, TP. Psychomotor performance measured in a virtual environment correlates with technical skills in the operating room. In *Surg Endosc.* 2009, vol. 23, no. 3, p. 645-649.
19. Marlow, N., Altree, M., Babidge, W. et al. Laparoscopic skills acquisition: a study of simulation and traditional training. In *ANZ J Surg.* 2013, Jun 19. doi: 10.1111/ans.12282. [Epub ahead of print]
20. Menezes, CA., Birch, DW., Vizhul, A. A deficiency in knowledge of basic principles of laparoscopy among attendees of an advanced laparoscopic surgery course. *J Surg Educ.* 2011, vol. 68, no. 1, p. 3-5.
21. Nagendran, M., Gurusamy, KS., Aggarwal, R. et al. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. In *Cochrane Database Syst Rev.* 2013, Aug 27;8:CD006575. doi: 10.1002/14651858.CD006575.pub3.
22. Larsen, CR., Oestergaard, J., Ottesen, BS. et al. The efficacy of virtual reality simulation training in laparoscopy: a systematic review of randomized trials. In *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2012, vol. 91, no. 9, p. 1015-1028.
23. Lendvay, TS., Brand, TC., White, L. et al. Virtual reality robotic surgery warm-up improves task performance in a dry laboratory environment: a prospective randomized controlled study. *J Am Coll Surg.* 2013, vol. 216, no. 6, p. 1181-1192.
24. Madan, AK., Frantzides, CT., Tebbit, C. et al. Participants' opinions of laparoscopic training devices after a basic laparoscopic training course. In *Am J Surg.* 2005, vol. 189, no. 6, p. 758-761.
25. Nagendran, M., Gurusamy, KS., Aggarwal, R. et al. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. In *Cochrane Database Syst Rev.* 2013, Aug 27;8:CD006575. doi: 10.1002/14651858.CD006575.pub3.
26. Paschold, M., Huber, T., Zeißig, SR., et al. Tailored instructor feedback leads to more effective virtual-reality laparoscopic training. In *Surg Endosc.* 2013 Nov 2. [Epub ahead of print]
27. Peters, JH., Fried, GM., Swanstrom, LL. et al. Development and validation of a comprehensive program of education and assessment of the basic

- fundamentals of laparoscopic surgery. In *Surgery*. 2004, vol. 135, no. 1, p. 21-27.
28. Sharma, M., Horgan, A. Comparison of fresh-frozen cadaver and high-fidelity virtual reality simulator as methods of laparoscopic training. In *World J Surg*. 2012, vol. 36, no. 8, p. 1732-1737.
 29. Stefanidis, D., Acker, C., Heniford, BT. Proficiency-based laparoscopic simulator training leads to improved operating room skill that is resistant to decay. In *Surg Innov*. 2008, vol. 15, no. 1, p. 69-73.
 30. Stefanidis, D., Scerbo, MW., Montero, PN. et al. Simulator training to automaticity leads to improved skill transfer compared with traditional proficiency-based training: a randomized controlled trial. In *Ann Surg*. 2012, vol. 255, no. 1, p. :30-37.
 31. Stelzer, MK., Abdel, MP., Sloan, MP. et al. Dry lab practice leads to improved laparoscopic performance in the operating room. In *J Surg Res*. 2009, vol. 154, no. 1, p. 163-166.
 32. Sturm, LP., Windsor, JA., Cosman, PH. et al. A systematic review of skills transfer after surgical simulation training. In *Ann Surg*. 2008, vol. 248, no. 2, p. 166-179.
 33. Torkington, J., Smith, SG., Rees, B. et al. The role of the basic surgical skills course in the acquisition and retention of laparoscopic skill. In *Surg Endosc*. 2001, vol. 15, no. 10, p. 1071-1075.
 34. Undre, S., Koutantji, M., Sevdalis, N. et al. Multidisciplinary crisis simulations: the way forward for training surgical teams. In *World J Surg*. 2007, vol. 31, no. 9, p. 1843-1853.
 35. von Websky, MW., Raptis, DA., Vitz, M. et al. Access to a simulator is not enough: the benefits of virtual reality training based on peer-group-derived benchmarks--a randomized controlled trial. In *World J Surg*. 2013, vol. 37, no. 11, p. 2534-2541.
 36. Willaert, W., Van De Putte, D., Van Renterghem, K. et al. Training models in laparoscopy: a systematic review comparing their effectiveness in learning surgical skills. In *Acta Chir Belg*. 2013, vol. 113, no. 2, p. 77-95.
 37. Zendejas, B., Brydges, R., Hamstra, SJ. et al. State of the evidence on simulation-based training for laparoscopic surgery: a systematic review. In *Ann Surg*. 2013, vol. 257, no. 4, p. 586-593.

Obrazová příloha



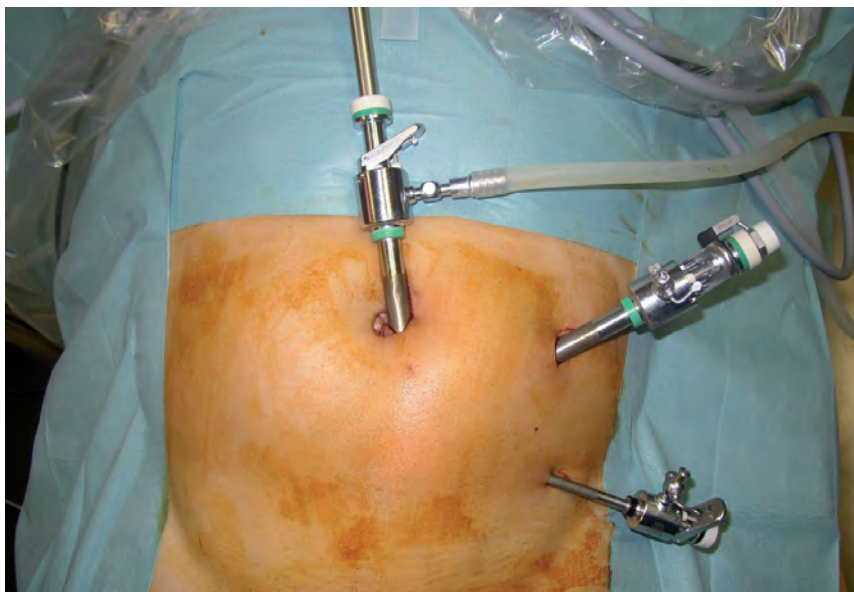
Obr. 1 Pohľad na Full HD 3D laparoskopickú vežu



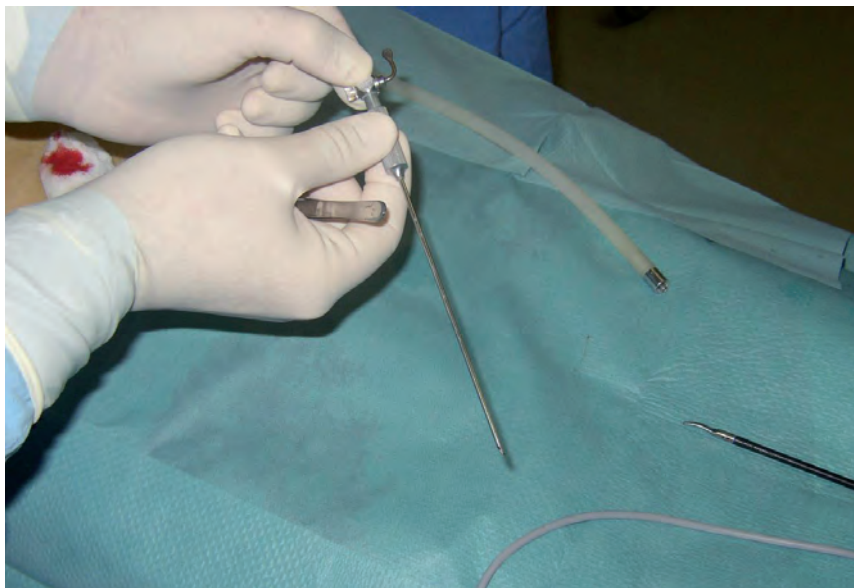
Obr. 2 Technológia snímania „chip-on-the-tip“



Obr. 3 Rôzne druhy tvarov brandží a rúčok ihelcov



Obr. 4 Operovanie mimo optickú os na dominantnej strane (pre praváka)



Obr. 5 Test funkčnosti Veressovej ihly



Obr. 6 Aspirácia a preplach



Obr. 7 „Drop“ test



Obr. 8 Tréning na mechanických trenažéroch



Obr. 9 Tímový tréning na zvieratách

Základné princípy laparoskopickej chirurgie

Monografia

Autori: MUDr. Marek Šoltés, PhD., prof. MUDr. Jozef Radoňák, CSc., 2013

Publikácia bola vydaná s podporou grantu KEGA 017UPJŠ-4/2011

„*Virtuálna realita vo vysokoškolskom vzdelávaní*“ – pilotný vzdelávací program v laparoskopickej chirurgii zameraný na rozvoj psychomotoricko-senzorických stereotypov.

Vydavateľ: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

Odborné poradenstvo: Univerzitná knižnica UPJŠ v Košiciach <http://www.upjs.sk/pracoviska/univerzitna-kniznica>

Rok vydania: 2013

Náklad: 150 ks

Rozsah strán: 120

Rozsah: 5,45 AH

Vydanie: prvé

Tlač: EQUILIBRIA, s. r. o.

ISBN 978-80-8152-074-7 (tlačená verzia publikácie)

ISBN 978-80-8152-075-4 (e-publikácia)



ISBN 978-80-8152-074-7



9 788081 520747