

UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH



**Marek ŠOLTÉS, Jozef RADOŇAK**

# **PRAKTICKÉ CVIČENIA Z LAPAROSKOPICKEJ CHIRURGIE**

**VYSOKOŠKOLSKÉ UČEBNÉ TEXTY**

Košice 2017

UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH  
Lekárska fakulta  
I. CHIRURGICKÁ KLINIKA



**Marek ŠOLTÉS, Jozef RADOŇAK**

**PRAKTICKÉ CVIČENIA  
Z LAPAROSKOPICKEJ  
CHIRURGIE**

Publikácia bola vydaná s podporou grantu KEGA 013UPJŠ-4/2015 „*Inovatívne simulačné modalitty vo vysokoškolskej výučbe chirurgie*“

### **Praktické cvičenia z laparoskopickej chirurgie**

© 2017 Marek Šoltés, Jozef Radoňak

*Pracovisko autorov: I. chirurgická klinika Lekárskej fakulty UPJŠ v Košiciach a UNLP*

#### **Recenzenti:**

**doc. MUDr. Pavol Holéczy, CSc.**

*Vítkovická nemocnica a. s., Ostrava-Vítkovice*

**doc. MUDr. Jozef Belák, PhD.**

*II. chirurgická klinika Lekárskej fakulty UPJŠ v Košiciach a UNLP*

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

Za odbornú a jazykovú stránku vysokoškolského učebného textu zodpovedajú autori. Rukopis neprešiel redakčnou ani jazykovou úpravou.

Vysokoškolský učebný text Lekárskej fakulty UPJŠ v Košiciach.

ISBN 978-80-8152-567-4

## Obsah

<b>1. Princípy laparoskopической chirurgie – základné pojmy .....</b>	<b>6</b>
1.1 Základné charakteristiky laparoskopической chirurgie .....	6
1.2 Materiálno-technické zabezpečenie – laparoskopická veža, porty, inštrumenty .....	7
1.3 Možnosti simulácie v laparoskopической chirurgii .....	11
1.4 Praktické cvičenie – zapojenie laparoskopической veže, porty a nástroje, simulácia .....	13
1.5 Autodidaktický test 1 .....	14
<b>2. Vizuálna informácia v laparoskopической chirurgii .....</b>	<b>18</b>
2.1 Optický reťazec .....	18
2.2 Vlastnosti a kvalita obrazu .....	20
2.3 Praktické cvičenie – práca s kamerou .....	24
2.4 Autodidaktický test 2 .....	25
<b>3. Psychomotoricko-senzorické limitácie laparoskopической chirurgie .....</b>	<b>29</b>
3.1 Kognitívne limitácie .....	29
3.2 Psychomotorické limitácie .....	30
3.3 Praktické cvičenie – vizuálno-motorická koordinácia .....	33
3.4 Autodidaktický test 3 .....	34
<b>4. Ergonomické princípy v laparoskopической chirurgii I. ....</b>	<b>38</b>
4.1 Ergonómia vizualizácie operačného poľa .....	38
4.2 Ergonómia manipulácie v operačnom poli .....	39
4.3 Praktické cvičenie – bimanuálna koordinácia – presun objektov .....	41
4.4 Autodidaktický test 4 .....	42
<b>5. Ergonomické princípy v laparoskopической chirurgii II. ....</b>	<b>46</b>
5.1 Ergonomický postoj chirurga .....	46
5.2 Ergonómia prostredia operačnej sály .....	50
5.3 Praktické cvičenie - bimanuálna koordinácia - zrkadlový presun, translokácia objektov..	51

5.4 Autodidaktický test 5 .....	52
<b>6. Pneumoperitoneum I. ....</b>	<b>56</b>
6.1 Základné pojmy, výber plynu .....	56
6.2 Lokálne a celkové účinky kapnoperitonea na organizmus .....	56
6.3 Vplyv kapnoperitonea na kardiovaskulárny a respiračný systém .....	58
6.4 Praktické cvičenie – strihanie .....	61
6.5 Autodidaktický test 6 .....	62
<b>7. Pneumoperitoneum II. ....</b>	<b>66</b>
7.1 Vplyv kapnoperitonea na CNS, uropoetický, gastrointestinálny a imunitný systém .....	66
7.2 Vplyv kapnoperitonea na špecifické skupiny pacientov .....	66
7.3 Techniky vytvorenia kapnoperitonea .....	67
7.4 Praktické cvičenie – aplikácia endoslučky .....	71
7.5 Autodidaktický test 7 .....	72
<b>8. Zlyhanie elektronického vybavenia v laparoskopической chirurgii .....</b>	<b>76</b>
8.1 Definícia, klasifikácia, výskyt .....	77
8.2 Prevencia .....	79
8.3 Praktické cvičenie – svorkovanie .....	81
8.4 Autodidaktický test 8 .....	82
<b>9. Vysokoenergetické zdroje v laparoskopической chirurgii I. ....</b>	<b>86</b>
9.1 Tepelné poranenia v laparoskopической chirurgii .....	86
9.2 Zdroj svetla .....	87
9.3 Praktické cvičenie – monopolárna elektrokoagulácia .....	89
9.4 Autodidaktický test 9 .....	90
<b>10. Vysokoenergetické zdroje v laparoskopической chirurgii II. ....</b>	<b>94</b>
10.1 Monopolárna elektrokoagulácia .....	94
10.2 Praktické cvičenie – preparácia tkanív .....	98

10.3 Autodidaktický test 10 .....	99
<b>11. Vysokoenergetické zdroje v laparoskopickej chirurgii III. ....</b>	<b>103</b>
11.1 Bipolárna elektrokoagulácia .....	103
11.2 Ultrazvukový nôž (harmonický skalpel) .....	103
11.3 Impedanciou kontrolovaná bipolárna elektrokoagulácia .....	104
11.4 Praktické cvičenie – manipulácia s ihlou .....	106
11.5 Autodidaktický test 11 .....	107
<b>12. Intrakorporálne šitie a uzlenie v laparoskopickej chirurgii .....</b>	<b>111</b>
12.1 Ergonómia šitia a uzlenia .....	111
12.2 Inštrumenty a šijací materiál .....	111
12.3 Manipulácia so šijacím materiálom .....	112
12.4 Tvorba uzla .....	112
12.5 Praktické cvičenie – jednotlivý a pokračovací steh .....	114
12.6 Autodidaktický test 12 .....	115
Obrazová príloha .....	119
Výsledky autodidaktických testov .....	142

## 1. Princípy laparoskopической chirurgie – základné pojmy

### 1.1 Základné charakteristiky laparoskopической chirurgie

Označenie laparoskopie je odvodené od základov gréckych slov laparos a skopeó, ktorých spojenie sa dá voľne preložiť ako „pohľad do brucha“. Zatiaľ čo v klasickej chirurgii je na získanie priamej vizuálnej informácie z operačného poľa potrebná pomerne rozsiahla laparotómia, pri laparoskopických operáciách sa do brušnej dutiny zavádza optický systém – endoskop, ktorý umožňuje vizuálnu projekciu na monitor. Aby bolo možné hovoriť o laparoskopической operácii, musí endoskop preniknúť peritoneom – samotný operačný výkon potom môže prebiehať v brušnej dutine, ale aj mimo nej (napr. laparoskopická epinefektómia – operuje sa v retroperitoneu, prístup doň je však transperitoneálny). V opačnom prípade, keď sa využíva čisto extraperitoneálny prístup, je nutné voliť širší pojem endoskopická operácia (akýkoľvek výkon realizovaný pomocou endoskopu – napr. totálne extraperitoneálna hernioplastika slabínovej prietrže – TEP), prípadne označiť operáciu podľa priestoru, cez ktorý sa endoskop k operačnému poľu dostáva (napr. retroperitoneoskopická epinefektómia, mediastinoskopická tymektómia, torakoskopická resekcia pľúc, a pod.).

Z malých priemerov používaných laparoskopov a laparoskopických inštrumentov (zvyčajne 5-12 mm) vyplýva zásadná výhoda laparoskopической chirurgie, ktorou je minimalizácia operačného prístupu. Na rozdiel od jednej veľkej laparotómie, ako ju poznáme z otvorenej chirurgie, postačuje pri laparoskopických operáciách väčší počet malých incízií v rôznych lokalizáciách. To umožňuje minimalizovať:

- operačnú záťaž (traumu)
- riziko ranových komplikácií

Laparoskopické operačné výkony je preto možné charakterizovať ako miniinvazívne, pričom tento pojem sa vzťahuje výsostne na rozsah operačného prístupu – charakter a rozsah samotného operačného výkonu zostáva rovnaký ako pri klasickej operácii. Všeobecne používaný termín miniinvazívna chirurgia („minimally invasive surgery“), evokujúci dojem, že chirurg urobí počas operácie menej, by bolo preto vhodnejšie nahradiť pojmom chirurgia minimálneho prístupu („minimal access surgery“).

Laparoskopickú chirurgiu charakterizuje v porovnaní s klasickou vo všeobecnosti viacero výhod:

- lepšia vizualizácia operačného poľa v ťažko dostupných lokalizáciách
- zníženie výskytu ranových komplikácií (vrátane prietrží v jazve)
- menšia intenzita pooperačnej bolesti
- skoršia mobilizácia
- kratšia doba hospitalizácie
- rýchlejší návrat k bežnej fyzickej aktivite
- skrátená práceneschopnosť
- lepší kozmetický efekt

## **1.2 Materiálno-technické zabezpečenie – laparoskopická veža, porty, inštrumenty**

Materiálno-technické zabezpečenie nevyhnutné pre vykonávanie aj tých najzákladnejších laparoskopických operácií zahŕňa:

- laparoskopickú jednotku (vežu)
- laparoskopické porty a inštrumenty

Laparoskopickú vežu tvorí optický reťazec (kamera, optika, zdroj svetla, svetelný kábel, monitor), insuflátor, zariadenie na oplach a odsávanie a hemostatická jednotka (Obr. 1).

Optický reťazec slúži na snímanie, prenos a projekciu obrazu, pričom jeho jednotlivé zložky budú podrobnejšie charakterizované v kapitole 2.

Insuflátor je elektronický prístroj, ktorým sa insufluje plyn do brušnej dutiny za účelom vytvorenia a udržiavania pneumoperitonea. Prepojenie medzi insuflátorom a brušnou dutinou zabezpečuje insuflačná hadica, ktorá sa pripája na insuflačný ventil laparoskopického portu. Insuflátor je štandardne vybavený filtrom pevných častíc a voliteľne aj technológiou na ohrievanie a zvlhčovanie insuflovaného plynu. Zariadenie riadi mikroprocesor, ktorý umožňuje



presné nastavenie hodnoty požadovaného intraabdominálneho tlaku, ako aj maximálny prietok plynu. Na displeji prístroja je možné sledovať:

- aktuálny intraabdominálny tlak (mm/Hg)
- aktuálny prietok plynu (l/min)
- celkový objem insuflovaného plynu (l)
- zostatkový objem plynu v zásobníku (svetelná škála)

Keďže dostatočný manipulačný priestor v brušnej dutine je závislý na efektívnom pneumoperitoneu, je chápanie princípu práce insuflátora veľmi dôležité. Za normálnych okolností trvá insuflácia do dosiahnutia cieľového vnútrobrušného tlaku a následne sa tento tlak udržiava dofukovaním prípadných malých strát plynu cez porty pri výmene inštrumentov, t.j. vnútrobrušný tlak je stabilný pri prakticky nulovom prietoku. V prípade, že tomu tak nie je, umožňuje vyhodnotenie aktuálnej hodnoty vnútrobrušného tlaku vo vzťahu k prietoku insuflovaného plynu zvyčajne veľmi rýchlo identifikovať problém. V praxi nastávajú najmä nasledujúce situácie:

- vnútrobrušný tlak nad hranicou nastavenia – situácia je nebezpečná pre hemodynamickú stabilitu pacienta, signalizuje ju alarm. Príčinou je buď prekážka v insuflačnom okruhu (zalomená insuflačná hadica, zatvorený insuflačný ventil na porte), alebo zmenšenie priestorových podmienok v brušnej dutine (tlak na brušnú stenu zvonku, nedostatočná svalová relaxácia, nedostatočná hĺbka anestézie).
- vnútrobrušný tlak na hodnote nastavenia, avšak pretrváva prietok plynu – situácia nemá negatívny vplyv na priebeh operačného výkonu, avšak signalizuje netesnosť systému (netesnosť chlopní portov, pootvorený insuflačný ventil, únik plynu okolo portov), ktorá je kompenzovaná pretrvávajúcim prietokom plynu. Táto situácia vedie k ochladzovaniu organizmu pacienta (pokiaľ nie je insuflovaný plyn ohrievaný) a k vysušovaniu tkanív.
- vnútrobrušný tlak pod hranicou nastavenia – táto situácia nepredstavuje bezprostredné nebezpečenstvo pre pacienta, avšak neumožňuje dosiahnuť optimálne priestorové podmienky pre operačný výkon, buď v dôsledku závažnej netesnosti systému (odpojená insuflačná hadica, otvorené insuflačné ventily na portoch, absolútna netesnosť chlopní, vypadnutie/vytiahnutie portov), alebo absencie insuflovaného plynu, ktorú však signalizuje alarm (prázdny plynový zásobník)

Zariadenie na oplach a odsávanie – obmedzený prístup do brušnej dutiny si vyžaduje účinné zariadenie umožňujúce efektívny oplach a odsávanie. Využíva sa na odstraňovanie fyziologických (krv), či patologických tekutín (hnis, výpotok), prípadne plynov (dym vznikajúci

pri koagulácii tkanív) z operačného poľa. Funkcia oplachu a odsávania sa efektívne prepína priamo na rúčke koncového nástroja, čo pri adekvátnom výkone umožňuje veľmi rýchle sprehľadnenie operačného poľa.

Hemostatická jednotka – je nevyhnutnosťou umožňujúcou rýchle a efektívne zastavenie krvácania. Hemostatický účinok sa najčastejšie dosahuje na princípe:

- monopolárnej elektrokoagulácie
- bipolárnej elektrokoagulácie
- impedanciou kontrolovanej bipolárnej elektrokoagulácie
- ultrazvuku

Pri všetkých uvedených technológiách vzniká v konečnom dôsledku tepelná energia, ktorá môže byť príčinou termických poranení, a tým aj závažného iatrogénneho poškodenia zdravia pacienta. Aktívne časti hemostatických nástrojov musia byť vždy v zornom poli laparoskopu!

Laparoskopické porty umožňujú laparoskopickým nástrojom prístup do brušnej dutiny. Ich priemer definuje šírku inštrumentu, ktorý je možné použiť. Najčastejšie sa využívajú 6 a 11 mm porty – pre 5 a 10 mm nástroje. Môžu byť resterilizovateľné (kovové) alebo jednorazové (plastové). Laparoskopický port má tri časti:

- chlopňa – umožňuje hladký prechod nástroja do/z brušnej dutiny bez rizika straty pneumoperitonea; môže byť konštruovaná ako membránová alebo záklpková
- plášť – predstavuje časť bodca, ktorá je v bezprostrednom kontakte s brušnou stenou, povrch môže mať hladký, vrúbkovaný, prípadne so závitom; väčšinou je v ňom integrovaný aj insuflačný ventil
- bodec – vkladá sa do priesvitu plášťa a preráža brušnú stenu pri zakladaní portu, môže byť aktívny (s nožom) alebo pasívny (bez noža); typologicky môže mať hrot kónický, pyramidálny alebo tupý

V prípade, že je inštrument, ktorý má byť použitý tenší ako priesvit portu (dochádzalo by k úniku plynu a strate pneumoperitonea), môže sa na utesnenie použiť záklpková redukcia, alebo redukčný tubus.

Laparoskopické nástroje – majú špecifický dizajn, vzhľadom na potrebu práce vo vzdialenom operačnom poli. Z konštrukčného hľadiska ich možno klasifikovať na:

- jednorazové – určené na jedno použitie, vyrábané väčšinou z plastov, so snahou minimalizovať množstvo použitého materiálu a tým aj cenu, často vybavené veľmi neergonomickými rúčkami s minimálnou kontaktnou plochou

- resterilizovateľné – určené na viacnásobné použitie, väčšinou konštruované z kvalitných materiálov, v ergonomickom dizajne; najčastejšie vyrábané ako modulárne (rúčka, plášť, aktívne vnútro inštrumentu), v prípade potreby s možnosťou náhrady jednotlivých častí novými

Laparoskopické inštrumentárium môžeme podľa funkčného určenia rozdeliť do viacerých skupín:

- Veressova ihla – nástroj na punkciu brušnej dutiny za účelom vytvorenia pneumoperitonea, pripojiteľný k insuflačnej hadici, so špeciálnym pružinovým mechanizmom, ktorý by mal zabezpečiť prevenciu poranenia vnútrobrušných orgánov – pred použitím je vždy nutné overiť jeho funkčnosť! (Obr. 2)
- úchopové inštrumenty (graspéry) – používajú sa na uchopenie a držanie tkanív resp. orgánov a manipuláciu s nimi – vzhľadom k tomu sa najčastejšie kombinujú s kovovou neizolovanou rúčkou s možnosťou aretácie; vlastnosti aktívnej úchopovej časti (tvar, plocha, povrch) sú variabilné
- preparačné inštrumenty (dissektory) – ich hlavnou úlohou je preparácia tkanív, preto sa zvyčajne kombinujú s plastovými rúčkami bez aretácie; aktívna časť nástroja je variabilná (tvar, plocha, povrch)
- nožnice – slúžia na strihanie tkanív, sú rôzneho tvaru (rovné, oblé, zobákovité) a veľkosti (mikro, klasické, veľkoplošné); kombinujú sa s plastovými rúčkami bez aretácie; pri použití s elektrokoaguláciou dochádza k rýchlemu otupeniu, preto je vhodnejšie ich takýmto spôsobom nepoužívať – pokiaľ je aktivácia elektrokoagulácie nevyhnutná, vždy pri zatvorených brandžiah
- aplikátory svoriek (klipovače) – vo veľkostiach v závislosti od použitých svoriek, ktoré sú základnou mechanickou hemostatickou modalitou v laparoskopickej chirurgii – väčšinou 10 mm; automatické (so zásobníkom svoriek) alebo nabíjateľné
- odsávačky – integrujú funkciu odsávania a oplachu do jedného koncového nástroja, ovládanie ideálne ventilovým mechanizmom
- ihelce – celokovové resterilizovateľné nástroje, s koncovou časťou navrhnutou špeciálne pre manipuláciu s ihlou; s rúčkami pištoľového alebo ceruzkovitého typu (Obr. 3)
- elektrokoagulačné nástroje – hemostaticky aktívne inštrumenty pre využitie s mono alebo bipolárnou elektrokoagulačnou jednotkou, s izolovaným plášťom a plastovou rúčkou s príslušným konektorom pre elektrokoagulačný kábel; najčastejšie háčiky a lopatky rôzneho dizajnu, niekedy s integrovaným kanálom pre odsávanie/oplach

- retraktory – nástroje určené na vytváranie priestoru v operačnom poli prostredníctvom odtlačania okolitých orgánov a tkanív, najčastejšie 10 mm; ich lineárny tvar nevyhnutný pre zavedenie cez port sa následne v brušnej dutine zmení na priestorovo zložitejší útvar (vejár, slučku a pod.) – pozor na riziko poranení vnútrobrušných orgánov!
- špeciálne inštrumenty – nástroje so špecifickým účelom – transfasciálna ihla, biooptické kliešte, cholangiografické kliešte atď.

### 1.3 Možnosti simulácie v laparoskopickej chirurgii

Simulačné modalítity predstavujú v súčasnosti mimoriadne dôležitú súčasť vzdelávania a tréningu v laparoskopickej chirurgii, nakoľko umožňujú nácvik potrebných zručností skôr, ako sa chirurg dostane do kontaktu s reálnym operačným výkonom. Takýmto postupom sa minimalizujú možné nežiaduce dopady na zdravie pacienta. Simuláciou sa snažíme umelo vytvárať podmienky podobné operačnej realite tak, aby vyžadovali identické zručnosti ako skutočná operácia.

Aktuálne dostupné simulačné techniky zahŕňajú:

- mechanický trenažér
- simuláciu vo virtuálnej realite
- simuláciu v rozšírenej realite
- operácie na zvieratách
- operácie na ľudských kadáveroch

Mechanický trenažér je najstarším, najjednoduchším a najrozšírenejším typom simulátora. Charakterizuje ho priestor imitujúci brušnú dutinu – väčšinou „krabica“ s prístupovými portmi („box trainer“), spojená s optickým reťazcom (Obr. 4), do ktorej sa umiestňujú syntetické alebo biologické modely. Keďže sa používajú skutočné laparoskopické inštrumenty a zariadenia, celkový dojem z tréningu je veľmi realistický. Neodškriepiteľnou výhodou sú aj minimálne finančné náklady v porovnaní s inými simulačnými modalitami. Mechanický trenažér však neumožňuje objektívne hodnotenie kvality výkonu. To je možné len subjektívne – buď samotným školencom (úloha splnená/nesplnená) alebo nezávislým pozorovateľom.

Simulácia vo virtuálnej realite je založená na modernej technológii schopnej napodobniť realitu vo virtuálnom priestore (Obr. 5), pričom charakter, náročnosť a komplexnosť modelov sú prakticky nekonečné. Najväčšou výhodou je automatická a objektívna kvantifikácia kvality výkonu, ktorá v závislosti od zadania zahŕňa:

- čas nevyhnutný na splnenie úlohy

- rozsah jej splnenia (%)
- početnosť a druh chýb
- celkovú dráhu aktívnych častí inštrumentov
- linearitu trajektórie nástrojov
- porovnanie výkonu dominantnej a nedominantnej ruky
- vývoj výkonnosti v závislosti od počtu opakovaní („learning curve“)

Hlavnú nevýhodu predstavujú vysoké finančné náklady a obmedzená realistikosť tréningu, nakoľko hmatový vnem buď úplne chýba, alebo je len obmedzený, keďže sa nepoužívajú reálne modely ani laparoskopické inštrumenty.

Simulácia v rozšírenej realite svojou koncepciou kombinuje mechanickú simuláciu (reálne modely) so simuláciou vo virtuálnej realite (objektívizácia kvality výkonu). Napriek logike takéhoto spojenia, nie je zatiaľ veľmi rozšírená, a to najmä z dôvodu finančnej náročnosti.

Operácie na zvieratách umožňujú simuláciu operácie na živých tkanivách, v našich podmienkach najčastejšie na ošípaných v celkovej anestézii (Obr. 6). Používajú sa reálne laparoskopické nástroje a vybavenie, čo maximalizuje realistický dojem z tréningu. Problémom je odlišnosť anatomických pomerov, ako aj vysoká finančná a organizačná náročnosť (prísna legislatívna úprava použitia živých zvierat pre účely chirurgického tréningu).

Operácie na ľudských kadáveroch úspešne riešia problém anatomickej odlišnosti experimentálnych zvierat, pri absencii perfúzie operovaných tkanív. Tento typ simulácie sa zdá byť veľmi perspektívny pre nácvik pokročilých laparoskopických výkonov, so zložitou anatomickou orientáciou. Limitáciou sú finančné náklady, ako aj prísne etické, procedurálne a právne obmedzenia.

Vo všeobecnosti sa dá konštatovať, že všetky uvedené simulačné modalitty majú svoj význam vo výučbe a tréningu laparoskopickej chirurgie, pričom ideálna je ich kombinácia podľa charakteru, náročnosti a komplexnosti nacvičovaných zručností.

#### 1.4 Praktické cvičenie – zapojenie laparoskopickej veže, porty a nástroje, simulácia

**Cieľ:** Oboznámiť sa s princípmi technológií používaných v laparoskopickej chirurgii, laparoskopickým inštrumentáriumom, možnosťami vytvorenia kapnoperitonea a dostupnými simulačnými modalitami v tréningu laparoskopickej chirurgie

**Teoretické aktivity:** popis základných technologických zariadení a ich funkcie (kamera, zdroj svetla, optika, monitor, insuflátor)

popis laparoskopického inštrumentária (porty, druhy inštrumentov)

prehľad rôznych modalít simulácie (mechanický trenažér, virtuálna realita, rozšírená virtuálna realita) a dostupných modelov (syntetické, biologické, živé zvieratá, kadávery)

**Praktické aktivity:** identifikácia komponentov a nácvik zapojenia laparoskopickej veže

nastavenie insuflátora (tlak, prietok), chybové hlásenia (príliš vysoký/nízky vnútrobrušný tlak, nedostatok insuflovaného plynu)

bezpečné vytvorenia kapnoperitonea (Veressova ihla, port s vizuálnou kontrolou, otvorený prístup)

bezpečné zavedenie portov

správny úchop inštrumentov s rôznym dizajnom rúčky (aretačná, nearetačná)

ukážka nácviku na mechanickom simulátore a simulátore vo virtuálnej realite

**Pomôcky:** trenažér vo virtuálnej realite  
laparoskopická veža (kamera, optika, zdroj svetla, monitor, insuflátor)  
laparoskopické inštrumentárium (porty, nástroje, Veressova ihla)  
mechanický trenažér + model

**Princíp modelu:** imitácia brušnej steny (Obr. 7)

## 1.5 Autodidaktický test 1

1. Pri laparoskopických operáciách preniká chirurg endoskopom do:

- a) mediastína
- b) extraperitoneálneho priestoru
- c) brušnej dutiny
- d) hrudnej dutiny
- e) všetky možnosti sú správne

2. Medzi endoskopické operačné výkony patrí:

- a) retroperitoneoskopická epinefektómia
- b) extraperitoneálna hernioplastika TEP
- c) mediastinoskopická tymektómia
- d) torakoskopická resekcia pľúc
- e) všetky možnosti sú správne

3. Miniinvazívna chirurgia nie je charakteristická snahou o minimalizáciu:

- a) operačného výkonu
- b) operačného prístupu
- c) operačnej traumy
- d) veľkosti operačnej rany
- e) ničoho z uvedeného

4. Medzi hlavné výhody laparoskopickej chirurgie v porovnaní s klasickou nepatrí:

- a) lepší prehľad v ťažko dostupných anatomických lokalizáciách
- b) rýchlejšia rekonvalescencia
- c) zníženie počtu ranových komplikácií
- d) jednoduchší manažment peroperačných komplikácií
- e) lepší kozmetický efekt

5. Medzi základné zložky laparoskopickej veže nepatrí:

- a) optický reťazec

- b) hemostatická jednotka
- c) endoskopický ultrazvuk
- d) zariadenie na oplachovanie a odsávanie
- e) insuflátor

6. Medzi parametre, ktoré je zvyčajne možné dynamicky sledovať na displeji insuflátora nepatrí:

- a) celkový objem insuflovaného plynu
- b) teplota insuflovaného plynu
- c) aktuálny vnútrobrušný tlak
- d) stav náplne zásobníka plynu
- e) prietok insuflovaného plynu

7. O príliš nízkom intraabdominálnom tlaku (nižší ako nastavený na insuflátore) neplatí:

- a) môže byť spôsobený netesnosťou insuflačného systému
- b) je niekedy kompenzovateľný zvýšením prietoku plynu
- c) nemá vplyv na priestorové podmienky v brušnej dutine
- d) môže byť zapríčinený neprítomnosťou plynu v zásobníku
- e) vo väčšine prípadov nie je signalizovaný alarmom

8. Príčinou alarmu upozorňujúceho na príliš vysoký vnútrobrušný tlak nemôže byť:

- a) nedostatočná svalová relaxácia pacienta
- b) zatvorený insuflačný ventil
- c) hypertenzná kríza
- d) vonkajší tlak na brušnú stenu
- e) zalomenie insuflačnej hadice

9. Medzi fyzikálne princípy, ktoré môže využívať hemostatická jednotka laparoskopickej veže nepatrí:

- a) ultrazvuk
- b) bipolárna elektrokoagulácia
- c) monopolárna elektrokoagulácia



- d) elektromagnetické žiarenie
- e) impedanciou kontrolovaná bipolárna elektrokoagulácia

10. Jednorazové laparoskopické inštrumenty sú v porovnaní s resterilizovateľnými:

- a) kvalitnejšie
- b) menej ergonomické
- c) drahšie
- d) trvácnejšie
- e) robustnejšie

11. Najčastejšie využívané priemery resterilizovateľných laparoskopických portov sú:

- a) 6 a 11 mm
- b) 5 a 10 mm
- c) 5 a 11 mm
- d) 6 a 10 mm
- e) 6 a 12 mm

12. O mechanickom simulátore neplatí:

- a) je najdostupnejšou simulačnou modalitou
- b) poskytuje realistický dojem z tréningu
- c) využíva syntetické a biologické modely
- d) objektívne vyhodnocuje kvalitu tréningu
- e) umožňuje realistický hmatový vnem

13. O simulácii vo virtuálnej realite neplatí:

- a) je finančne veľmi náročná
- b) nevyužíva reálne modely
- c) objektívne vyhodnocuje kvalitu tréningu
- d) dokáže analyzovať zmeny výkonnosti počas tréningového procesu
- e) poskytuje realistický hmatový vnem

14. Simulácia na zvieracích modeloch a ľudských kadáveroch:

- a) nie je finančne náročná
- b) nie je legislatívne regulovaná
- c) je organizačne zložitá
- d) neumožňuje realistický tréning
- e) je veľmi rozšírená a ľahko dostupná

## 2. Vizuálna informácia v laparoskopickej chirurgii

### 2.1 Optický reťazec

Zatiaľ čo v klasickej chirurgii je obrazová informácia z operačného poľa priama, pri laparoskopickej operácii je operačný tím nútený pracovať so sprostredkovaným obrazom. Obrazová informácia z operačného poľa sa prenáša na monitor pomocou série zariadení, ktoré spolu vytvárajú optický reťazec. Funkciou optického reťazca je snímanie, prenos a projekcia obrazu v čo najaktuálnejšej a najvernejšej podobe. Optický reťazec tvorí kamera, optika, zdroj svetla, svetelný kábel a monitor.

Optimálna funkčnosť optického reťazca, ktorá zabezpečí najlepšiu možnú kvalitu obrazu je závislá na kompatibilite jeho jednotlivých zložiek. Táto kompatibilita je nevyhnutá nielen na technickej úrovni (pripojiteľnosť jednotlivých zložiek), ale aj v zmysle samotnej funkčnosti (technologická kompatibilita). Pre optimálne naplnenie týchto podmienok je zvyčajne nevyhnutné zabezpečiť konfiguráciu optického reťazca jedným dodávateľom.

Kamera sníma a prenáša obrazovú informáciu z operačného poľa. Kvalita obrazu primárne závisí od jej rozlíšenia. Pôvodne jednočipové kamery so štandardným rozlíšením v dnešnej dobe už prakticky vytlačili trojčipové modely s Full HD technológiou (1920x1080 pixelov), ktoré je potrebné v súčasnosti považovať za štandard. Aktuálne je už dostupná aj technológia 4K Ultra HD (horizontálne rozlíšenie 4000 pixelov). Problém dvojdimenzionálneho obrazu, ktorý predstavuje jednu zo základných limitácií laparoskopickej chirurgie sa snažia riešiť kamery s technológiou 3D zobrazenia.

Optika je definovaná ako optický systém pripojený ku kamere a zdroju svetla, ktorý bezprostredne sníma operačné pole. Používané optiky sa najčastejšie klasifikujú na základe ich priemeru (3-10 mm) a uhla skosenia. Priemer použitej optiky limituje kvalitu obrazu vplyvom na veľkosť zobrazovaného poľa a svetelné podmienky v ňom (čím tenšia optika, tým menší rozsah vizualizácie a horšie svetelné podmienky pri identickom zdroji svetla). Podľa uhla skosenia sú optiky definované ako priame (0°), šikmé (30°, 45°) a variabilné (nastaviteľný uhol skosenia 0-120°). Hlavnou výhodou šikmých optík je možnosť získať viac vizuálnych informácií z operačného poľa prostredníctvom zmeny uhla pohľadu – tzv. „pohľadom za roh“ (rotáciou optiky okolo osi kamery). Nevýhodou je určitá deformácia obrazu a strata intenzity osvetlenia

operačného poľa (možné kompenzovať silnejším svetelným zdrojom). Tieto fenomény sú priamo úmerné stupňu skosenia optiky, takže priama optika je charakterizovaná minimálnou svetelnou stratou a deformáciou obrazu, pri najmenšej a najmenej variabilnej zobraziteľnej ploche operačného poľa. Z uvedených dôvodov väčšina pracovísk v súčasnosti považuje za štandard 10 mm 30° optiku, ktorá predstavuje optimálny kompromis medzi výhodami priamych a šikmých optík.

Zdroj svetla generuje svetelnú energiu potrebnú pre osvetlenie operačného poľa. Podľa typu použitej technológie je možné svetelné zdroje klasifikovať na halogénové, xenónové a LED. Za momentálny štandard sa považujú xenónové svetelné zdroje. Xenónová žiarivka emituje extrémne intenzívne „studené“ svetlo, so spektrom podobným spektru denného svetla (6000 K), čo vytvára predpoklady pre realistické zobrazenie farieb. Xenónové žiarivky majú navyše dlhú životnosť (min 500-700 hodín), v najmodernejších zariadeniach podporenú aj optimalizáciou ich prevádzkového režimu digitálnym mikroprocesorom. Vzhľadom k tomu, že intenzita dosiahnuteľného svetelného toku často prevyšuje reálne potreby, je možné ju na zdrojoch svetla regulovať manuálne. To umožňuje predĺžiť reálnu životnosť zdroja svetla (nastavením na najnižšiu vyhovujúcu intenzitu), prípadne aj kompenzovať pohlcovanie svetla pri prekrvácanom operačnom poli, alebo svetelné straty pri prenose opotrebovaným optickým káblom (nastavením na najvyššiu intenzitu). Potrebu výmeny žiarivky zvyčajne v predstihu signalizuje kontrolka počítadla prevádzkových hodín.

Svetelný kábel umožňuje prenos svetla zo svetelného zdroja k optike. Adekvátne osvetlenie operačného poľa je jedným z rozhodujúcich parametrov ovplyvňujúcich kvalitu obrazu. Efektivitu prenosu determinuje najmä funkčný priesvit kábla, ktorý je závislý na jeho priemere (počet existujúcich optických vlákien) a stupni opotrebovania (počet funkčných optických vlákien). Keďže stupeň opotrebovania priamo súvisí s dĺžkou a intenzitou používania, je nutné stav svetelného kábla pravidelne kontrolovať. Suboptimálna funkčnosť svetelného kábla, ako najslabšieho prvku optického reťazca, je najčastejšou technologickou príčinou zníženej kvality obrazu.

Monitor slúži na bezprostrednú projekciu získaných obrazových informácií z operačného poľa. Vo všeobecnosti platí, že použitý monitor má mať rozlíšenie identické s rozlíšením kamery (funkčná kompatibilita). Pri monitore s nižším rozlíšením nebude využitý potenciál

kamery – kvalitu obrazu limituje rozlíšenie monitora (obraz by bol kvalitnejší pri vyššom rozlíšení monitora), naopak pri vyššom rozlíšení nebude obraz kvalitnejší – kvalitu obrazu limituje rozlíšenie kamery (obraz by bol kvalitnejší pri vyššom rozlíšení kamery). Za štandard sa v súčasnosti považujú veľkoplošné LCD monitory, s formátom obrazu 16:9 a Full HD rozlíšením. Keďže monitor sprostredkováva obrazovú informáciu pre všetkých členov operačného tímu bez rozdielu, je dôležitá jeho správna lokalizácia na operačnej sále. Z ergonomického hľadiska je optimálne, ak sa pozorovateľ (člen operačného tímu), operačné pole a monitor nachádzajú na jednej priamke (optická os). Kompromisné umiestnenie jediného monitora je možné využiť pri jednoduchších operačných výkonoch, pri ktorých operatér a asistent stoja vedľa seba. Pri komplexnejších operáciách realizovaných laparoskopicky, kedy sú členovia operačného tímu rozostavení po oboch stranách pacienta, sa použitie dvoch/viacerých monitorov stáva nevyhnutnosťou.

## 2.2 Vlastnosti a kvalita obrazu

Obrazová informácia v laparoskopickej chirurgii je v porovnaní s klasickou výrazne modifikovaná. Základnými charakteristikami laparoskopického obrazu sú:

- dvojdimenziálnosť
- obmedzené periférne videnie
- deformácia
- limitovaná kvalita
- zväčšenie

Dvojdimenziálnosť – s výnimkou 3D kamier, ktorých využívanie je v súčasnosti skôr výnimkou ako pravidlom, má sprostredkovaný obraz z operačného poľa iba dve dimenzie (šírku a výšku). Je zrejmé, že táto situácia nekorešponduje s trojdimenziálnou realitou v operačnom poli, pričom chýbajúci hĺbkový vnem je nutné kontinuálne kompenzovať mentálnou adaptáciou, ktorá je možná na základe vyhodnocovania efektivity pohybu inštrumentov. Uvedenú situáciu pociťuje ľudský organizmus ako neprirodzenú (obdoba slepoty na jedno oko), pričom jej kompenzácia predstavuje nezanedbateľnú psychickú záťaž.

Obmedzené periférne videnie – laparoskopický obraz poskytuje v danom čase len daný limitovaný výsek z operačného poľa, bez akejkolvek možnosti kontroly jeho okolia, čo je v príkrom rozpore s normálnou situáciou v klasickej chirurgii, a aj v bežnom živote. Navyše, obraz na monitore je viacnásobne zväčšený, čo ešte viac sústreďuje pozornosť operačného tímu na detaily v centre obrazu. V dôsledku uvedeného stúpa riziko vzniku komplikácií počas operačného výkonu, v zmysle poranení orgánov a tkanív mimo zorné pole, či na jeho periférii. Tieto nepriaznivé okolnosti je možné čiastočne kompenzovať používaním šikmých optík, ktoré poskytujú pri správnom ovládaní komplexnejšiu vizuálnu informáciu „pohľadom za roh“.

Deformácia obrazu je problémom šikmej optiky, keďže ortogonálne osi kamery a optiky nie sú v tomto prípade zhodné. Stupeň deformácie je priamo úmerný skoseniu, preto je výraznejší u 45° optík. Z praktického hľadiska nie je deformácia obrazu klinicky relevantným problémom, nakoľko je na tento fenomén operačný tím zvyknutý. V dôsledku deformácie však laparoskopický obraz nezodpovedá úplne realite, čo môže viesť k problémom so správnym vyhodnotením anatomickej situácie v operačnom poli.

Limitovaná kvalita obrazu je pre operačný tím mimoriadne frustrujúca a predstavuje veľmi častý a klinicky relevantný problém. Vo všeobecnosti je dôsledkom viacerých príčin, ktoré sú v zásade determinované:

- technickou špecifikáciou optického reťazca
- aktuálnym stavom jeho jednotlivých zložiek a ich usporiadaním
- situáciou v operačnom poli
- prácou kameramana

V zmysle technickej špecifikácie optického reťazca zohráva úlohu hlavne:

- rozlíšenie kamery
- výkon a typ svetelného zdroja
- priemer svetelného kábla
- skosenie optiky (priama, šikmá)

- veľkosť a rozlíšenie monitora

Aktuálny stav jednotlivých zložiek optického reťazca a ich usporiadanie má rešpektovať:

- technickú a technologickú (funkčnú) kompatibilitu
- umiestnenie monitora na optickej osi
- potrebu dokonale čistej optiky a zaostrenia obrazu
- nutnosť adekvátneho funkčného priesvitu svetelného kábla

Situácia v operačnom poli negatívne ovplyvňuje kvalitu obrazu najmä v prípade:

- krvácania (absorpcia svetla hemoglobínom)
- aplikácie niektorých hemostatických technológií („dymenie“, zahmlievanie optiky)
- znečistenia optiky priamym kontaktom s tkanivom (tukom, krvou)

Najčastejšími a súčasne najjednoduchšie ovplyviteľnými príčinami limitovanej kvality obrazu sú zahmlievanie a znečistenie optiky, ako aj neadekvátna práca kameramana. K zahmlievaniu optiky dochádza v dôsledku výrazného rozdielu medzi jej teplotou a teplotou okolia. Najbežnejšími príčinami sú:

- použitie optiky izbovej teploty
- ochladzovanie optiky počas operácie insufláciou CO<sub>2</sub> cez kamerový port
- ohrievanie okolia optiky teplom vznikajúcim pri použití hemostatických technológií

Efektívnou prevenciou zahmlievania optiky je:

- ohriatie na telesnú teplotu na začiatku operácie
- minimalizácia úniku CO<sub>2</sub> z brušnej dutiny a jeho insuflácia mimo kamerový port
- povytiahnutie optiky v prípade vzniku tepla v operačnom poli
- vypustenie väčšej časti CO<sub>2</sub> v prípade zadymenia

Snaha o očistenie/ohriatie zahmlenej optiky kontaktom s vnútrobrušnými orgánmi je nesprávna, nakoľko vedie k jej znečisteniu, čo vždy znamená výraznú časovú stratu!

Práca kameramana – je nutné si uvedomiť, že celý laparoskopický operačný tím je z hľadiska vizualizácie operačného poľa úplne závislý na výkone kameramana. Kameraman je kľúčovým elementom, pretože určuje obsah prenášanej vizuálnej informácie, ktorá je pre všetkých rovnaká. Skúsený kameraman tak môže obrazom navigovať menej skúseného operátora, zatiaľ čo neskúsený operáciu výrazne sťažíť aj najskúsenejšiemu chirurgovi. Kvalita výkonu kameramana je jednoznačne závislá na skúsenostiach a vyžaduje si primeraný tréning. Navigácia kamery je v laparoskopickej chirurgii považovaná za základnú chirurgickú zručnosť. Vo všeobecnosti platí, že práca kameramana je optimálna vtedy, keď ju operátor nevníma, t.j. nepociťuje potrebu do nej zasahovať. Ideálne je udržiavať obraz:

- ostrý a jasný
- stabilný a horizontálne vyvážený
- aktuálny (aktívny inštrument v strede vizualizovaného poľa)
- komplexný (všetky aktívne nástroje vo vizualizovanom poli)

Akákoľvek zmena kvality obrazu vedie k potrebe psychomotorickej kompenzácie, ktorá je pociťovaná ako nepríjemná a zaťažujúca. Dominantnou úlohou kameramana je preto udržiavať obraz čo najstabilnejší, so zachovanou horizontálou, pri použití šikmej optiky v optimálnom uhle pohľadu. V prípade potreby jeho zmeny je vhodné používať v komunikácii ako referenčný rámec ciferník hodín (napr. pohľad z čísla 9=pohľad zľava, z čísla 12=pohľad zhora atď.). Všetky zmeny polohy optiky sa musia vykonávať pomaly, plynule a pokojne, pohybom v smere „dnu“ (detail operačného poľa) a „von“ (väčší výsek operačného poľa), pri minimalizácii pohybov v horizontálnom a vertikálnom smere, ktoré robia situáciu vždy zmätočnou („tzv. naháňanie operátora“). Aktuálne aktívny nástroj sa má nachádzať vždy v strede obrazu, v prípade použitia vysokoenergetických hemokoagulačných zdrojov (napr. elektrokoagulácia, ultrazvukový nôž) musia byť aktívne časti inštrumentov kompletne vizualizované!



## 2.3 Praktické cvičenie – práca s kamerou

- Cieľ:** Oboznámenie sa s princípmi práce s 0° a 30° optikou, nácvik ich správneho ovládania a pochopenie výhod a nevýhod rôznych druhov optík
- Teoretické aktivity:** popis základných druhov optík – 0° a 30°, 5 a 10 mm  
vysvetlenie výhod a nevýhod 0° optiky  
ozrejmienie výhod a nevýhod 30° optiky
- Praktické aktivity:** nácvik zapojenia optického reťazca (kamera, optika, svetelný kábel)  
ukážka rizika termickej lézie odpojeným svetelným káblom  
ukážka limitácií 0° optiky  
ukážka limitácií 30° optiky  
praktický nácvik práce s 0° a 30° optikou na trenažéri vo virtuálnej realite – identifikácia objektov v rôznych častiach priestoru a ich zameranie na stred obrazu (5+5 opakovaní) (Obr. 8 a 9)  
praktický nácvik práce s 0° a 30° optikou na mechanickom trenažéri – identifikácia objektov v rôznych častiach priestoru a ich zameranie na stred obrazu (1+1 opakovanie) (Obr. 10 a 11)
- Pomôcky:** trenažér vo virtuálnej realite  
laparoskopická veža (kamera, optika, zdroj svetla, svetelný kábel, monitor)  
laparoskopické inštrumentárium (11 mm port)  
mechanický trenažér + model
- Princíp modelu:** umiestnenie viacerých objektov v členitom priestore tak, aby niektoré z nich boli identifikovateľné len pri použití 30° optiky

## 2.4 Autodidaktický test 2

1. Do optického reťazca nepatrí:

- a) kamera
- b) insuflátor
- c) optika
- d) zdroj svetla
- e) monitor

2. V súčasnosti by sa za štandardné technologické vybavenie laparoskopickej kamery malo považovať:

- a) 3D zobrazenie
- b) HD rozlíšenie
- c) SD rozlíšenie
- d) Ultra HD rozlíšenie
- e) Full HD rozlíšenie

3. Ktoré z tvrdení o optike nie je správne:

- a) 30° optika vykazuje najlepšiu vizualizáciu operačného poľa a najmenšie svetelné straty
- b) 45° optika deformuje obraz viac ako 30°
- c) priamu optiku (0°) charakterizujú najmenšie svetelné straty
- d) 30° optika má menšie nároky na intenzitu svetla ako 45°
- e) šikmé optiky poskytujú možnosť vizualizovať väčšiu oblasť operačného poľa

4. O zdroji svetla v optickom reťazci neplatí:

- a) môže byť halogénový, xenónový alebo LED
- b) intenzita svetla je nastaviteľná manuálne
- c) xenónové zdroje majú spektrum podobné dennému svetlu
- d) v súčasnosti sa za štandard považujú LED zdroje
- e) životnosť xenónových žiaroviek je dlhšia ako životnosť halogénových lúčových žiaroviek

5. Z hľadiska funkčnosti je najdôležitejším parametrom svetelného kábla:

- a) rok výroby
- b) dĺžka
- c) funkčný prievit
- d) priemer
- e) doba používania

6. Pokiaľ je príčinou zníženej kvality obrazu technologický problém (porucha funkcie niektorého z prvkov optického reťazca), jeho najpravdepodobnejšou lokalizáciou bude:

- a) kamera
- b) optika
- c) zdroj svetla
- d) svetelný kábel
- e) monitor

7. Pre optimálnu funkčnosť optického reťazca je nevyhnutná:

- a) Ultra HD kamera
- b) len technická kompatibilita jednotlivých zložiek
- c) xenónový zdroj svetla
- d) technická aj technologická kompatibilita jednotlivých zložiek
- e) Full HD monitor

8. Optimálny monitor pre trojčipovú Full HD kameru a xenónový zdroj svetla je:

- a) klasický monitor v SD rozlíšení
- b) plochý LCD monitor v 4K Ultra HD rozlíšení
- c) plochý LCD monitor v HD rozlíšení
- d) čo najväčší monitor bez ohľadu na rozlíšenie
- e) plochý LCD monitor vo Full HD rozlíšení

9. Optimálny monitor pre 4K Ultra HD kameru a xenónový zdroj svetla je:

- a) klasický monitor v SD rozlíšení
- b) plochý LCD monitor v 4K Ultra HD rozlíšení

- c) plochý LCD monitor v HD rozlíšení
- d) čo najväčší monitor bez ohľadu na rozlíšenie
- e) plochý LCD monitor vo Full HD rozlíšení

10. Dvojdimenziálnosť obrazu v laparoskopickej chirurgii znamená:

- a) jednoduchšiu orientáciu v operačnom poli
- b) obraz definovaný jeho skutočnou šírkou a hĺbkou
- c) absenciu hĺbkového vnemu
- d) vizuálnu informáciu iba o výške a hĺbke obrazu
- e) menšie nároky na senzorické schopnosti operátora

11. Obmedzené periférne videnie:

- a) nepredstavuje podstatnejší problém, vzhľadom na zväčšenie obrazu a lepší prehľad
- b) sa dá kompenzovať použitím priamej optiky
- c) nemôže byť ovplyvnené prácou kameramana
- d) nie je ovplyvnené typom použitej optiky
- e) zvyšuje riziko poranení orgánov/tkanív mimo bezprostredne vizualizované operačné pole

12. Najlepšou prevenciou zahmlievania optiky na začiatku operácie je:

- a) zahriatie na 60 °C
- b) očistenie kontaktom s tkanivom, najmä omentom
- c) ohriatie na telesnú teplotu
- d) zvýšenie prietoku CO<sub>2</sub> cez kamerový port
- e) očistenie kontaktom s vnútrobrušným orgánom, najmä pečťou

13. Pre prácu kameramana neplatí:

- a) detailnejší obraz zabezpečí vsunutie optiky hlbšie
- b) aktívny inštrument sa má nachádzať v strede obrazu
- c) obraz musí byť horizontálne vyvážený
- d) potrebnú zmenu polohy optiky treba vykonať čo najrýchlejšie
- e) komplexnejší obraz zabezpečí povytiahnutie optiky

14. Aktívny vysokoenergetický hemostatický inštrument:

- a) by mal byť vždy kompletne vizualizovaný
- b) nie je zdrojom tepelnej energie
- c) nemôže spôsobiť iatrogénne poškodenie pacienta
- d) je bezpečný, aj keď je zdrojom tepelnej energie
- e) môže spôsobiť iatrogénne poškodenie pacienta, hoci nie je zdrojom tepelnej energie

### 3. Psychomotoricko-senzorické limitácie laparoskopickej chirurgie

Laparoskopická chirurgia je v porovnaní s klasickou zaťažená psychomotoricko-senzorickými limitáciami. Tieto obmedzenia sú dnes už podrobne popísané a ich znalosť je nevyhnutná pre pochopenie rizík laparoskopických operačných výkonov. Operačný tím sa musí počas laparoskopickej operácie vyrovať s neprirodzenými pracovnými podmienkami, čo vedie k zvýšenej fyzickej a psychickej únave. Adaptácia na psychomotoricko-senzorické limitácie v laparoskopickej chirurgii si vyžaduje špeciálny tréning.

#### 3.1 Kognitívne limitácie

Kognitívne (senzorické) obmedzenia sú definované ako odchýlky od normálneho vnímania reality. Podľa charakteru vnemu môžu byť klasifikované na:

- vizuálne (vo vzťahu k vnímaniu obrazu)
- taktilné (vo vzťahu k hmatovému vnemu)

Vizuálne kognitívne limitácie zahŕňajú dvojdimenziálnosť obrazu, obmedzené periférne videnie, zväčšenie a deformáciu obrazu, ako aj jeho limitovanú kvalitu a sú podrobne rozobraté v časti 2.2 Vlastnosti a kvalita obrazu. Principiálnou vizuálnou kognitívnou limitáciou je strata hĺbkového vnemu v dvojdimenziálnom obraze, ktorej kompenzácia je mimoriadne náročná, predstavuje značnú mentálnu záťaž a vyžaduje si špeciálny tréning.

Taktilné kognitívne limitácie reprezentuje obmedzený hmatový vnem. Hmatový vnem vzniká kombináciou taktilného (dotykového) a kinestetického (proprioceptívneho) vnímania. Dotykovú komponentu zabezpečujú receptory v koži, ktoré umožňujú percipovať:

- tlak
- vibrácie
- štruktúru povrchu

Kinestetickú komponentu sprostredkovávajú proprioceptory lokalizované v:

- kĺboch
- šľachách
- svaloch

Pri laparoskopickej operácii sa ruky operátora nenachádzajú priamo v operačnom poli, takže hmatový vnem je len nepriamy, sprostredkovaný kontaktom s rúčkami nástrojov. Navyše, kvalitu taktilnej informácie do značnej miery ovplyvňujú aj vlastnosti použitých inštrumentov, a to najmä:

- materiál rúčky – rozdielne materiály (kov, plast) majú rozdielnu hmotnosť, poddajnosť, tepelnú vodivosť, štruktúru povrchu
- dizajn rúčky – dôležitý vplyv má jej veľkosť, tvarovanie, ako aj vlastnosti kontaktnej plochy
- dĺžka a priemer nástroja – ovplyvňujú nepriamo úmerne intenzitu hmatového vnemu zmenou flexibility resp. rigidity
- vlastnosti portov – v závislosti od priesvitu portu a druhu chlopne vznikajú v portoch pri pohybe nástrojov trecie sily

### 3.2 Psychomotorické limitácie

Psychomotorické limitácie v laparoskopickej chirurgii znamenajú odchýlky od normálnych pohybových stereotypov. Podľa charakteru príčiny ich možno klasifikovať na:

- oddelenie vizuálneho a mechanického koordinačného systému
- fenomén obmedzenej voľnosti pohybu inštrumentov
- faktor limitovanej efektivity inštrumentov

V klasickej chirurgii sa získava vizuálna informácia priamo z operačného poľa, v ktorom prebieha operačný výkon. Naopak, pri laparoskopickom prístupe je obraz prenášaný na monitor, t.j. mimo operačné pole. Táto situácia definuje pojem oddelenie vizuálneho a mechanického koordinačného systému. Práca v oddelených koordinačných systémoch je pre človeka neprirodzená, predstavuje zvýšenú mentálnu záťaž, zhoršuje pracovný výkon a zvyšuje chybovosť.

Štandardné laparoskopické nástroje sú rigidné a do operačného poľa sa dostávajú prostredníctvom portov – fixných bodov v brušnej stene, ktoré ďalej obmedzujú voľnosť ich pohybu. Limitovaná voľnosť pohybu inštrumentov je preto vysvetliteľná viacerými fenoménmi:

- strata 2 stupňov voľnosti pohybu
- pákový efekt
- pomerný efekt
- oblúkový efekt

- ohybový efekt

Strata 2 stupňov voľnosti pohybu – v súčasnosti sú štandardné laparoskopické nástroje rigidné, t.j. umožňujú pohyb nahor/nadol, doprava/doľava, dnu/von a rotáciu okolo vlastnej osi – teda 4 stupne voľnosti pohybu. Ľudská ruka disponuje navyše možnosťou angulácie v zápästí (doprava/doľava, nahor/nadol), čo predstavuje 6 stupňov voľnosti pohybu (Obr. 12).

Pákový efekt („fulcrum“ efekt) – prienik laparoskopického inštrumentu do brušnej dutiny cez fixný bod spôsobuje paradoxný kinetický pohyb, pri ktorom špička inštrumentu vykonáva presne opačný stranový pohyb ako jeho rúčka (pohyb rúčky doľava-posun špičky doprava, pohyb rúčky nadol-posun špičky nahor atď.). Takto stranovo prevrátený pohyb znemožňuje intuitívne ovládanie nástrojov. Pri adekvátnom tréningu je adaptácia na pákový efekt pomerne jednoduchá, rýchla a trvalá.

Pomerný efekt („scaling“ efekt) – pohyb rigidného nástroja okolo pevného bodu definuje sférickú kinematickú závislosť dráhy rúčky a špičky, vo vzťahu k pomeru dĺžky jeho extra a intrakorporálnej časti. Pri ideálnom pomere 1:1, ktorý je v realite len ťažko dosiahnuteľný, je dĺžka dráhy rúčky a špičky identická. Pokiaľ sa nachádza väčšia časť inštrumentu intrakorporálne, aj malé pohyby rúčky znamenajú veľké exkurzie špičky. Naopak, pri dlhšej časti nástroja extrakorporálne, aj veľké pohyby rúčky znamenajú len malé pohyby špičky. Pomerný efekt preto kompromituje presnosť a efektívnosť pohybu nástroja v brušnej dutine.

Oblúkový efekt („arc“ efekt) – ideálna dráha špičky nástroja pri stranovom pohybe z bodu A do bodu B by mala byť lineárna. Pohyb laparoskopického inštrumentu okolo fixného bodu však takúto situáciu prakticky vylučuje. Analogicky s ručičkou na hodinách, skutočný stranový pohyb je konvexný, so zakrivením okolo  $20^\circ$  – to znamená, že špička nástroja preniká hlbšie ako by mala. Táto situácia, v spojitosti s absenciou hĺbkového vnemu v dvojdimenzionálnom obraze je potenciálne veľmi nebezpečná. Skúsení chirurgovia preto pri zamýšľanom stranovom pohybe súčasne nástroj povytiahnu, čím sa dosahuje bezpečnejšia konkávna dráha špičky so zakrivením  $45^\circ$ .

Ohybový efekt („torque“ efekt) – teoreticky by mal laparoskopický inštrument prenikať do brušnej dutiny voľne, bodovo cez brušnú stenu. V skutočnosti však prechádza celou jej hrúbkou, navyše prostredníctvom rigidného portu. Pri takomto usporiadaní musí inštrument pri pohyboch do strán prekonávať ohybové sily, ktoré sú priamo úmerné hrúbke brušnej steny, čo do značnej miery obmedzuje jeho pohyblivosť.

Dizajn laparoskopických inštrumentov je odlišný od konštrukcie tých klasických, čo má za následok ich limitovanú efektívnosť:

- obmedzený prenos mechanickej energie – len jedna tretina sily aplikovanej na rúčku laparoskopického nástroja sa prenáša efektívne na jeho brandže, zatiaľ čo pri klasickom inštrumente je sila v oblasti koncovej časti trikrát vyššia ako v oblasti rúčky. Vzhľadom k tomu je na vyvinutie rovnakej sily v laparoskopickej chirurgii nutná 6 krát



väčšia práca. Tento stav zväzraňuje prípadné ergonomické nedostatky manipulačnej časti laparoskopických nástrojov (nevhodný tvar, veľkosť, materiál rúčky) a vedie k rýchlejšej únave operujúceho.

- limitovaná kontaktná plocha – výsledný efekt rovnakej úchopovej sily je nepriamo úmerný kontaktnej ploche – čím menšia je veľkosť brandží nástroja, tým väčšia je sila pôsobiaca na uchopené tkanivo/orgán, čo zvyšuje riziko kontúzneho poškodenia, prípadne perforácie

- časová náročnosť výmeny nástrojov – prístup laparoskopických inštrumentov do brušnej dutiny prostredníctvom portov predstavuje relatívne zložitý proces, ktorý významne predlžuje manipulačný čas v porovnaní s klasickou chirurgiou – tento stav predlžuje celkový operačný čas a môže spôsobovať poruchy koncentrácie

### 3.3 Praktické cvičenie – vizuálno-motorická koordinácia

- Cieľ:** Oboznámiť sa s psychomotoricko-senzorickými limitáciami laparoskopickej chirurgie, nacvičiť ovládanie laparoskopických inštrumentov dominantnou aj nedominantnou rukou s dôrazom na vizuálno-motorickú koordináciu – prácu v trojdimenzionálnom prostredí na základe dvojdimenzionálnej vizuálnej informácie
- Teoretické aktivity:** ozrejenie psychomotoricko-senzorických limitácií laparoskopickej chirurgie
- Praktické aktivity:** ukážka správnej manipulácie s laparoskopickými inštrumentmi
- praktický nácvik vizuálno-motorickej koordinácie (odhad hĺbky trojdimenzionálneho priestoru v dvojdimenzionálnom obraze) vo virtuálnej realite – zásah farebného objektu príslušne sfarbeným inštrumentom (10 opakovaní) (Obr. 13)
- praktický nácvik vizuálno-motorickej koordinácie na mechanickom trenažeri – vytvorenie definovaného obrazca bimanuálnou manipuláciou s gumičkou (štartovacia pozícia na Obr. 14, cieľová pozícia Obr. 15)
- Pomôcky:** trenažér vo virtuálnej realite  
laparoskopická veža (kamera, optika, zdroj svetla, monitor)  
laparoskopické inštrumentárium (porty – 1x11 mm, 2x6 mm, nástroje – 2x Kelly disektor)  
mechanický trenažér + model
- Princíp modelu:** nácvik odhadu hĺbky v dvojdimenzionálnom obraze potrebou jemnej a veľmi presnej manipulácie v trojdimenzionálnom operačnom poli

### 3.4 Autodidaktický test 3

1. Medzi vizuálne kognitívne limitácie v laparoskopickej chirurgii nepatrí:

- a) dvojdimenzionálnosť obrazu
- b) oddelenie vizuálneho a mechanického koordinačného systému
- c) obmedzená kvalita obrazu
- d) limitované periférne videnie
- e) zväčšenie a deformácia obrazu

2. O taktilnom vneme v laparoskopickej chirurgii neplatí:

- a) na jeho taktilnej zložke sa podieľajú receptory v svaloch, šľachách a kĺboch
- b) je obmedzený
- c) je nepriamy
- d) na jeho kinestetickú zložku sa podieľajú proprioceptory
- e) je sprostredkovaný rúčkami inštrumentov

3. Kvalitu hmatového vnemu sprostredkovanú laparoskopickým inštrumentom neovplyvňuje:

- a) dizajn rúčky
- b) dĺžka a priemer inštrumentu
- c) druh použitých portov
- d) materiál rúčky
- e) funkčný charakter koncovej časti inštrumentu (napr. grasper, disektor atď.)

4. Medzi fenomény obmedzenej voľnosti pohybu laparoskopických nástrojov nepatrí:

- a) pákový efekt
- b) strata 4 stupňov voľnosti pohybu
- c) ohybový efekt
- d) pomerný efekt
- e) oblúkový efekt

5. Koľko stupňov voľnosti pohybu majú laparoskopické nástroje?

- a) 2

- b) 3
- c) 4
- d) 5
- e) 6

6. Koľko stupňov voľnosti pohybu má ľudská ruka?

- a) 3
- b) 4
- c) 5
- d) 6
- e) 7

7. Koľko stupňov voľnosti pohybu chýba laparoskopickým nástrojom v porovnaní s ľudskou rukou?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) žiadny

8. Štandardnému laparoskopickému nástroju chýba v porovnaní s ľudskou rukou schopnosť:

- a) pohybu dnu a von
- b) pohybu doprava a doľava
- c) angulácie doprava a doľava, nahor a nadol
- d) pohybu nahor a nadol
- e) rotácie okolo vlastnej osi

9. Pákový efekt pohybu laparoskopických nástrojov znamená:

- a) dĺžka dráhy špičky je väčšinou iná ako dĺžka dráhy rúčky
- b) stranový pohyb špičky je presne opačný ako pohyb rúčky
- c) stranový pohyb špičky z bodu A do bodu B nie je prakticky nikdy lineárny
- d) pri pohybe nástroja pôsobíme proti ohybovým silám brušnej steny

e) dĺžka dráhy špičky je iná ako dĺžka dráhy rúčky

10. Pomerný efekt pohybu laparoskopických nástrojov, pri pomere dĺžky extra a intrakorporálnej časti 1:1, znamená:

- a) dĺžka dráhy špičky je rovnaká ako dĺžka dráhy rúčky
- b) stranový pohyb špičky je presne opačný ako pohyb rúčky
- c) stranový pohyb špičky z bodu A do bodu B nie je prakticky nikdy lineárny
- d) pri pohybe nástroja pôsobíme proti ohybovým silám brušnej steny
- e) dĺžka dráhy špičky je iná ako dĺžka dráhy rúčky

11. Pomerný efekt pohybu laparoskopických nástrojov, pri pomere dĺžky extra a intrakorporálnej časti 2:1, znamená:

- a) dĺžka dráhy špičky je rovnaká ako dĺžka dráhy rúčky
- b) stranový pohyb špičky je presne opačný ako pohyb rúčky
- c) stranový pohyb špičky z bodu A do bodu B nie je prakticky nikdy lineárny
- d) dĺžka dráhy špičky je podstatne kratšia ako dĺžka dráhy rúčky
- e) dĺžka dráhy špičky je podstatne dlhšia ako dĺžka dráhy rúčky

12. O limitovanej efektívite laparoskopických inštrumentov neplatí:

- a) kontaktná plocha je nepriamo úmerná kontúznemu efektu brandží
- b) ich výmena počas operácie trvá dlhšie
- c) z rúčky sa na špičku nástroja preniesie len približne 30 % sily
- d) ich ovládanie si vyžaduje viac práce
- e) majú 6x vyššiu efektívnosť prenosu mechanickej energie v porovnaní s klasickými

13. Oblúkový efekt pohybu laparoskopických nástrojov znamená:

- a) dĺžka dráhy špičky je väčšinou iná ako dĺžka dráhy rúčky
- b) stranový pohyb špičky je presne opačný ako pohyb rúčky
- c) stranový pohyb špičky z bodu A do bodu B nie je prakticky nikdy lineárny
- d) pri pohybe nástroja pôsobíme proti ohybovým silám brušnej steny
- e) dĺžka dráhy špičky je iná ako dĺžka dráhy rúčky

14. Ohybový efekt pohybu laparoskopických nástrojov znamená:

- a) dĺžka dráhy špičky je väčšinou iná ako dĺžka dráhy rúčky
- b) stranový pohyb špičky je presne opačný ako pohyb rúčky
- c) pri pohybe nástroja pôsobíme proti ohybovým silám brušnej steny
- d) stranový pohyb špičky z bodu A do bodu B nie je prakticky nikdy lineárny
- e) dĺžka dráhy špičky je iná ako dĺžka dráhy rúčky

#### 4. Ergonomické princípy v laparoskopickej chirurgii I.

Ergonómia sa zaoberá vytváraním takých pracovných podmienok, ktoré umožňujú dosiahnuť optimálny výkon, rešpektovaním anatomickej, fyziologickej a psychologickej variability jednotlivca. Ergonomické pracovné prostredie je komfortné a bezpečné. Práca v neergonomických podmienkach vedie k predčasnej únave a dlhodobé, opakované a jednostranné preťažovanie organizmu neraz spôsobí trvalé poškodenie zdravia.

##### 4.1 Ergonómia vizualizácie operačného poľa

Správna vizualizácia operačného poľa je v laparoskopickej chirurgii absolútnou nevyhnutnosťou, pretože celý operačný tím je na jej kvalite úplne závislý. Okrem parametrov už popísaných v časti 2.2 Vlastnosti a kvalita obrazu, je veľmi dôležitým faktorom aj poloha optiky. Podľa umiestnenia optiky vo vzťahu k operačným nástrojom rozoznávame polohu:

- v optickej osi
- mimo optickú os na dominantnej strane
- mimo optickú os na nedominantnej strane
- na prevrátenej optickej osi

Poloha optiky v optickej osi („on axis“) znamená, že optika sa nachádza medzi operujúcimi nástrojmi, viac či menej paralelne s nimi (v uhle  $+30^{\circ}$  –  $-30^{\circ}$ ) a smeruje kolmo na vizualizovaný cieľ. Takéto usporiadanie je ergonomicky ideálne.

Optika sa nachádza mimo optickú os na dominantnej strane („off-axis dominant hand“), ak nástroje a optika smerujú paralelne k vizualizovanému cieľu, sú voči sebe v o niečo tupšom uhle, avšak optika nie je umiestnená medzi nimi, ale bokom od nich, na dominantnej strane operátora (t.j. ak je operátor pravák, optika je situovaná napravo od operujúcich nástrojov). V prípade nutnosti operovania mimo optickú os, je táto možnosť ergonomickejšia (Obr. 16).

Optika mimo optickú os na nedominantnej strane („off-axis non-dominant hand“) – zrkadlové umiestnenie optiky v porovnaní s „off-axis dominant hand“, t.j. pre operátora praváka naľavo od nástrojov. Táto alternatíva je ergonomicky menej vhodná.

Ergonomicky úplne neprijateľná je poloha optiky na prevrátenej optickej osi, keď optika a operujúce nástroje smerujú k vizualizovanému cieľu v protismere. Operovanie v takomto usporiadaní je prakticky nemožné.

Prípadnú voľbu umiestnenia optiky mimo optickú os determinuje:

- osobnosť operátora
- anatomická situácia
- typ operácie
- charakter patologického nálezu
- existujúce rozmiestnenie portov (lokalizácia, použité priemery)

Všeobecne sa dá povedať, že zložité, prípadne dlhé operačné výkony sú viac zaťažené negatívnymi dopadmi neergonomickej polohy optiky, ktorá je príčinou frustrácie operačného tímu, predlžovania operačného času a zvýšeného výskytu komplikácií. Preto je v týchto situáciách vhodnejšie snažiť sa o preskupenie nástrojov tak, aby bolo možné operovať „v optickej osi“. V prípade jednoduchých operácií (diagnostická laparoskopia, laparoskopická adheziolýza, laparoskopická apendektómia), ak si to situácia vyžaduje, je operovanie mimo optickú os akceptovateľné. Rovnaký postoj je možné zaujať aj v prípade, že operovanie mimo optickú os je vynútené ako krátkodobá súčasť zložitejších výkonov, pričom by bolo preskupovanie do polohy na optickej osi časovo, či priestorovo (potreba ďalších portov) neefektívne.

Nemenej dôležitá sa javí problematika lokalizácie monitora/monitorov. Z hľadiska prevencie dlhodobého predklonu, záklonu, resp. rotácie v oblasti krčnej chrbtice by sa mal monitor nachádzať 10-25° pod úrovňou očí.

#### **4.2 Ergonómia manipulácie v operačnom poli**

Prístup nástrojov do operačného poľa je v laparoskopickej chirurgii primárne limitovaný:

- počtom
- lokalizáciou



- priemerom použitých portov

Nevhodná stratégia rozmiestnenia portov vedie k obmedzeniu pohyblivosti nástrojov v operačnom poli, a tým k zníženiu ich efektivity. Ideálne rozmiestnenie portov je podmienené mechanickými vzťahmi medzi optikou a nástrojmi, nástrojmi navzájom a nástrojmi a operačným poľom. Ich geometrickú definíciu predstavuje:

- azimutový uhol – je definovaný ako uhol medzi optikou a laparoskopickým inštrumentom; ideálne predstavuje polovicu manipulačného uhla ( $30^\circ$ ); určuje ho vzájomná poloha optického a pracovného portu, ako aj vzdialenosť operačného poľa
- manipulačný uhol – je určený uhlom, v ktorom sa stretávajú operujúce nástroje; ideálne  $60^\circ$ ; určuje ho vzájomná poloha pracovných portov, ako aj vzdialenosť operačného poľa
- elevačný uhol – je uhol medzi operujúcim nástrojom a horizontálou operačného poľa; ideálne  $45^\circ$ ; určuje ho umiestnenie pracovného portu, ako aj vzdialenosť operačného poľa a sklon operačného stola – pri operáciách s polohovaním pacienta je preto nevyhnutné myslieť na výslednú polohu pri plánovaní umiestnenia portov

Adekvátna expozícia operačného poľa – pre efektívnu prácu nástrojov v operačnom poli je nevyhnutné nielen ich správne rozmiestnenie, ale aj priestor. Ten sa v klasickej chirurgii dosahuje priamou retrakciou orgánov a tkanív. V laparoskopickej chirurgii je táto možnosť výrazne obmedzená relatívne malým počtom nástrojov limitovanej veľkosti. Riešením je polohovanie pacienta, čím sa využije pôsobenie gravitačnej sily. V tejto súvislosti je potrebné správne naplánovať prerušenie peritoneálnych závesov, prípadne adhézii, ktoré môžu expozícii operačného poľa napomáhať, prípadne ju znemožňovať.

### 4.3 Praktické cvičenie – bimanuálna koordinácia – presun objektov

**Cieľ:** Ozrejniť zásady správnej bimanuálnej koordinácie v laparoskopической chirurgii a nácvik efektívneho presunu objektov

**Teoretické aktivity:** vysvetlenie ergonomických princípov (optická os, optický, manipulačný a elevačný uhol) a limitácií (zväčšený sprostredkovaný dvojdimenzionálny obraz, limitovaný taktilný vnem, obmedzená voľnosť pohybu inštrumentov, stranovo prevrátený pohyb nástrojov, obmedzený periférny prehľad v operačnom poli)

popis rôznych druhov úchopových inštrumentov s dôrazom na špecifiká voľby ich použitia

ozrejmenie správnej techniky bimanuálnej manipulácie

**Praktické aktivity:** ukážky práce v rôznych optických, manipulačných a elevačných uhloch, mimo optickú os

praktický nácvik bimanuálneho presunu objektov vo virtuálnej realite – sprístupnenie objektu nedominantnou rukou a jeho úchop a presun do zbernej nádoby dominantnou rukou (5 opakovaní) (Obr. 17)

praktický nácvik bimanuálneho presunu objektov na mechanickom trenažéri – sprístupnenie endovrecka nedominantnou rukou a úchop a presun objektu do endovrecka dominantnou rukou (5 opakovaní) (Obr. 18)

**Pomôcky:** trenažér vo virtuálnej realite  
laparoskopická veža (kamera, optika, zdroj svetla, monitor)  
laparoskopické inštrumentárium (porty – 1x11 mm, 2x6 mm, nástroje – 1x Kelly disektor, 1x grasper)  
mechanický trenažér + model

**Princíp modelu:** endovrecko s objektmi rôznej veľkosti imitujúcimi žlčové kamene – nácvik bimanuálnej koordinácie presunom objektov do endovrecka

#### 4.4 Autodidaktický test 4

1. Z hľadiska polohy optiky je najergonomickejšie operovanie:

- a) v optickej osi
- b) mimo optickú os na dominantnej strane
- c) mimo optickú os na nedominantnej strane
- d) na prevrátenej optickej osi
- e) pokiaľ je operatér dostatočne skúsený, je to jedno

2. Ergonomicky ideálna je poloha optiky:

- a) pre praváka napravo od nástrojov
- b) pre ľaváka napravo od nástrojov
- c) oproti nástrojom
- d) medzi nástrojmi
- e) pokiaľ je operatér dostatočne skúsený, je to jedno

3. O operovanie mimo optickú os na dominantnej strane sa jedná ak:

- a) je optika medzi nástrojmi
- b) je optika napravo od nástrojov a operatér je pravák
- c) je optika oproti nástrojom
- d) je optika napravo od nástrojov a operatér je ľavák
- e) ak je optika vedľa nástrojov, na strane nezáleží a operatér (pravák) stojí napravo od nej

4. Označte správne poradie umiestnení optiky od najergonomickejšieho po najmenej ergonomické:

- a) na prevrátenej optickej osi, „on axis“, „off-axis dominant“, „off-axis non-dominant“
- b) „on axis“, na prevrátenej optickej osi, „off-axis dominant“, „off-axis non-dominant“
- c) „on axis“, „off-axis dominant“, na prevrátenej optickej osi, „off-axis non-dominant“
- d) „on axis“, „off-axis non-dominant“, „off-axis dominant“, na prevrátenej optickej osi
- e) „on axis“, „off-axis dominant“, „off-axis non-dominant“, na prevrátenej optickej osi

5. Mimo optickú os by sa podľa možnosti nemalo operovať – označte správne tvrdenie:

- a) operovať mimo optickú os by sa nemalo nikdy
- b) pri jednoduchých operáciách
- c) dlhodobo pri komplikovaných a/alebo dlhých operačných výkonoch
- d) ani krátkodobo, v rámci zložitejších operačných výkonov
- e) operovanie mimo optickú os je akceptovateľné vždy

6. Ergonomicky má byť monitor umiestnený:

- a) 5-10° pod úrovňou očí
- b) 10-25° pod úrovňou očí
- c) 5-15° nad úrovňou očí
- d) 10-25° nad úrovňou očí
- e) 5-25° pod úrovňou očí

7. Ideálny azimutový uhol má veľkosť:

- a) 25°
- b) 30°
- c) 35°
- d) 45°
- e) 60°

8. Ideálny elevačný uhol má veľkosť:

- a) 25°
- b) 30°
- c) 35°
- d) 45°
- e) 60°

9. Ideálny manipulačný uhol má veľkosť:

- a) 25°
- b) 30°
- c) 35°

d) 45°

e) 60°

10. Manipulačný uhol je uhol medzi:

a) dvoma operujúcimi nástrojmi

b) optikou a operujúcim nástrojom

c) nástrojom a horizontálou operačného poľa

d) optikou a horizontálou operačného poľa

e) nástrojom a vertikálou operačného poľa

11. Elevačný uhol je uhol medzi:

a) dvoma operujúcimi nástrojmi

b) optikou a operujúcim nástrojom

c) nástrojom a horizontálou operačného poľa

d) optikou a horizontálou operačného poľa

e) nástrojom a vertikálou operačného poľa

12. Azimutový uhol je uhol medzi:

a) dvoma operujúcimi nástrojmi

b) optikou a operujúcim nástrojom

c) nástrojom a horizontálou operačného poľa

d) optikou a horizontálou operačného poľa

e) nástrojom a vertikálou operačného poľa

13. Expozíciu operačného poľa v laparoskopickej chirurgii dosahujeme:

a) výlučne priamou retrakciou orgánov a tkanív

b) zvyšovaním vnútrobrušného tlaku nad hodnotu 15 mm/Hg

c) výlučne polohovaním pacienta

d) vzhľadom na kapnoperitoneum je expozícia dokonalá a nie sú potrebné ďalšie opatrenia

e) retrakciou orgánov a tkanív a polohovaním pacienta

14. Operovanie v neergonomických podmienkach nemá za následok:

- a) zvýšenú fyzickú únavu
- b) riziko väčšieho počtu peroperačných komplikácií
- c) frustráciu operátora
- d) skrátenie operačného času
- e) zvýšenú mentálnu únavu

## 5. Ergonomické princípy v laparoskopickej chirurgii II.

### 5.1 Ergonomický postoj chirurga

Psychomotoricko-senzorické limitácie laparoskopickej chirurgie a špecifický dizajn využívaných technológií a nástrojov predstavujú kvalitatívne nové pracovné podmienky, s nie ideálnymi ergonomickými parametrami. Neustály rast počtu laparoskopických operácií, spolu s ich zvyšujúcou sa komplexnosťou, vedú k dramatickému nárastu celkového času, počas ktorého sa musí chirurg na túto situáciu adaptovať.

Zásadným ergonomickým problémom je statický postoj, vynútený najmä:

- zvýšenou koncentráciou (adaptácia na psychomotoricko-senzorické limitácie)
- zvýšenou mentálnou záťažou (koordinácia oddelených vizuálnych a taktilných vnemov)

Statickú záťaž znáša muskuloskeletálny systém oveľa horšie ako dynamickú, pretože sa pri nej rýchlejšie rozvíja laktátová acidóza a hromadia sa škodlivé metabolity. Prevenciou týchto nežiaducich efektov je vedomá dynamizácia polohy počas operácie, ktorú je možné efektívne dosiahnuť:

- prirodzeným dýchaním
- uvedomelou svalovou relaxáciou
- periodickou zmenou postoja

Muskulo-skeletálne poškodenia vznikajúce na podklade dlhodobého statického postoja sú signalizované bolesťami, ktoré je možné podľa lokalizácie klasifikovať na:

- bolesti krku
- bolesti chrbta
- bolesti ramien
- bolesti predlaktí
- bolesti zápästí a rúk

- bolesti dolných končatín

Bolesti krku sú viazané na umiestnenie monitora, ktorý je v laparoskopickej chirurgii jediným zdrojom vizuálnej informácie. Umiestnenie obrazovky v úrovni očí, prípadne nad ňou, vedie k typickej polohe „bradou hore“ (hyperextenzia krku). Pokiaľ sa monitor nenachádza na osi operatér-operačné pole, nutne dochádza ku kompenzácii tejto polohy rotáciou krku. Podobne, nerešpektovanie stability horizontály kameramanom vedie ku kompenzácii lateroflexiou. Prolongovaná statická retroflexia kombinovaná s rotačným postavením a/alebo lateroflexiou sú príčinou stuhnutosti krčného svalstva a následných bolestí. Z hľadiska prevencie je nevyhnutné rešpektovať ergonomické umiestnenie monitora:

- obrazovka priamo, kolmo pred chirurgom (priamka operatér-operačné pole-monitor)
- monitor v adekvátnej výške (10-25° pod úrovňou očí)
- stabilita horizontály obrazu (úloha kameramana!)

Ideálne je, pokiaľ sú k dispozícii viaceré monitory na flexibilných ramenách, čo umožní zohľadniť:

- individuálnu výšku členov operačného tímu
- aktuálne rozostavenie operačnej skupiny

V opačnom prípade je nevyhnutné hľadať kompromisné riešenie tak, aby podľa možnosti vyhovovalo všetkým členom operačného tímu, minimálne však operatérovi a kameramanovi.

Bolesti chrbta sú väčším problémom v klasickej chirurgii, pretože počas laparoskopických operácií môže chirurg stáť vo vystretej pozícii. Napriek tomu môže dochádzať k svalovej nerovnováhe v oblasti chrbta z dôvodu:

- rotácie (monitor mimo os operatér-operačné pole)
- používania pedálov (ovládanie hemostatických zariadení)
- vysokého postavenia ramien (operačný stôl príliš vysoko)
- psychickej záťaže



Z hľadiska prevencie je preto dôležité:

- správne umiestniť monitor
- obmedziť využívanie pedálov, správne ich umiestniť
- správne nastaviť výšku operačného stola
- dynamizovať statickú polohu – vedome periodicky uvoľňovať svalstvo

Bolesti ramien sú bežnejšie ako v klasickej chirurgii, v dôsledku relatívne často vynútenej elevácie ramien z dôvodu:

- nevýhodnej lokalizácie portov
- nesprávnej výšky operačného stola
- potreby polohovania pacienta počas operácie

Za ideálnych podmienok by mali byť rúčky nástrojov približne 10 cm pod úrovňou lakťov operatéra. V takejto polohe, pri vhodnom rozmiestnení portov sú ramená v:

- 20° abdukcii
- 40° vnútornej rotácii
- 10° retroverzii,

pri 90-120° flexii a 0° rotácii v lakťoch. Na dosiahnutie tejto situácie je nevyhnutné:

- optimalizovať lokalizáciu portov
- upraviť výšku pacienta tak, aby boli rúčky nástrojov v správnej výške – buď úpravou nastavenia výšky operačného stola, alebo výškovej polohy operatéra (schody, pódia a pod.)
- korigovať výšku operačného stola v prípade zmien polohy pacienta (náklonu, rotácie)

Bolesti predlaktí vznikajú v dôsledku zníženej efektivity prenosu mechanickej energie nástrojmi, ovládanie ktorých si tým pádom vyžaduje až šesťnásobne väčšiu prácu, nezriedka

v náročných polohách spôsobených charakterom rúčok, či lokalizáciou portov. V prevencii sa uplatňuje najmä:

- správne rozmiestnenie portov
- používanie ergonomicky optimálnych rúčok
- kombinácia úchopových inštrumentov s aretačnou rúčkou
- obmedzenie operačných polôh s nevhodným postavením zápästí a laktôv

Bolesti zápästí a rúk sú nesporne najbežnejším a najzávažnejším problémom chirurgov operujúcich laparoskopicky. Medzi najbežnejšie klinické prejavy poškodenia zápästí a rúk patrí:

- neuropatická bolesť z kompresie nervov
- pomliaždenie mäkkých tkanív ruky a prstov
- syndróm karpálneho tunela
- únavový syndróm ruky

Etiopatogeneticky sa na uvedených poškodeniach podieľa:

- priamy tlak (ostré/vyčnievajúce časti rúčky, okraje oka pre prsty)
- ťahové pôsobenie na ligamentózny aparát zápästia a kompresia n. medianus
- extenzívna angulácia zápästia (flexia/extenzia, radiálna/ulnárna dukcia)

V prevencii bolestí zápästia a ruky je potrebné:

- používať rúčky primeranej veľkosti, s adekvátnou kontaktnou plochou, oblými kontúrami, z ľahkých materiálov
- úchopové nástroje kombinovať s rúčkami s aretáciou
- periodicky relaxovať predlaktie, zápästie a ruku počas operácie
- **nezasúvať prsty hlboko do oka rúčky!!!**

- správne rozmiestniť porty rešpektujúc rozostavenie operačného tímu, vzdialenosť od operačného poľa a manipulačné uhly
- venovať pozornosť varovným príznakom (bolesť, parestézie, slabosť) v oblasti zápästia a ruky, okamžite identifikovať a odstrániť ich príčiny

Bolesti dolných končatín vznikajú väčšinou ako výsledok prolongovaného státia, prípadne z napätia v kolenách v dôsledku dlhodobej rotácie trupu a dolných končatín, ako kompenzácie nesprávnej polohy monitora. Pre prevenciu je dôležité:

- správne umiestniť monitor
- periodicky prerušovať statické zaťaženie svalov a kĺbov uvedomelou zmenou postoja
- využívať špeciálne chirurgické stoličky/kreslá umožňujúce polohu v sede/polosede

## 5.2 Ergonómia prostredia operačnej sály

Parametre operačnej sály pre laparoskopické operačné výkony sú do určitej miery špecifické. Klinicky významné sú hlavne:

- intenzita osvetlenia – svetlo je buď úplne vypnuté, alebo významne stlmené – operácia teda prebieha v relatívnej tme, čo vedie k zrakovej únave
- priestorové limitácie – veľké množstvo používaných prístrojov a zariadení limituje priestorové podmienky, čo komplikuje pohyb na operačnej sále, ako aj prípadné potrebné zmeny rozostavenia operačného tímu, či technologického vybavenia
- hladina hlučnosti – akékoľvek akustické rušenie operačného tímu je vzhľadom na zvýšenú potrebu sústredenia sa počas laparoskopickej operácie vnímané mimoriadne negatívne
- efektivita komunikácie – obsluha veľkého počtu komplikovaných technológií počas samotného operačného výkonu vyžaduje efektívnu komunikáciu – suboptimálna komunikácia medzi jednotlivými zložkami operačného tímu pôsobí mimoriadne frustrujúco

### 5.3 Praktické cvičenie – bimanuálna koordinácia – zrkadlový presun a translokácia objektov

**Cieľ:** Zdokonaľiť/nacvičiť správnu techniku bimanuálnej manipulácie dominantnou aj nedominantnou rukou, prehĺbiť schopnosť vizuálno-motorickej koordinácie, ozrejmiť dôležitosť plánovania stratégie výkonu

**Teoretické aktivity:** zopakovanie správnej techniky bimanuálnej manipulácie

**Praktické aktivity:** nácvik zrkadlového bimanuálneho presunu objektov vo virtuálnej realite – úchop objektu nedominantnou rukou, jeho preloženie do dominantnej ruky a uloženie na nové miesto s následným zrkadlovým zopakovaním úlohy (5 opakovaní) (Obr. 19)

nácvik zrkadlového bimanuálneho presunu objektov na mechanickom trenažéri – úchop objektu nedominantnou rukou, jeho preloženie do dominantnej ruky a uloženie na nové miesto s následným zrkadlovým zopakovaním úlohy (5 opakovaní) (Obr. 20)

nácvik bimanuálnej translokácie objektov vo virtuálnej realite – translokácia objektu s vyznačenými farebnými poľami do novej polohy minimálnym počtom prechytení medzi inštrumentmi (10 opakovaní) (Obr. 21)

**Pomôcky:** trenažér vo virtuálnej realite  
laparoskopická veža (kamera, optika, zdroj svetla, monitor)  
laparoskopické inštrumentárium (porty – 1x11 mm, 2x6 mm, nástroje – 1x Kelly disektor, 1x grasper)  
mechanický trenažér + model

**Princíp modelu:** rôzne tvarované objekty vo variabilnej lokalizácii vyžadujúce prácu pri meniacich sa elevačných a manipulačných uhloch, tak dominantnou, ako aj nedominantnou rukou

## 5.5 Autodidaktický test 5

1. Zásadným problémom ergonómie postoja chirurga pri laparoskopickej operácii je:
  - a) obmedzenie priestorových podmienok na operačnej sále
  - b) statická záťaž muskuloskeletálneho systému
  - c) manipulačný a elevačný uhol
  - d) dynamické zaťaženie svalstva
  - e) rozmiestnenie operačného tímu
  
2. Vedomá dynamizácia postoja sa nedá dosiahnuť:
  - a) prirodzeným dýchaním
  - b) lepším sústredením
  - c) uvedomelou svalovou relaxáciou
  - d) periodickými zmenami postoja
  - e) krátkym prerušením operácie
  
3. Poškodenia muskuloskeletálneho systému v dôsledku statického postoja sa neprejavujú:
  - a) bolesťami krku
  - b) bolesťami dolných končatín
  - c) bolesťami horných končatín
  - d) bolesťami hlavy
  - e) bolesťami chrbta
  
4. K bolestiam krku vedie prolongovaná statická:
  - a) retroflexia krku
  - b) lateroflexia krku
  - c) rotácia krku
  - d) retroflexia, lateroflexia aj rotácia krku
  - e) retroflexia a rotácia krku
  
5. Najefektívnejšou prevenciou bolestí krku v dôsledku prolongovaného statického postoja je:
  - a) správne umiestnenie monitora

- b) pravidelná masáž krku
- c) relaxačné cvičenie
- d) dynamizácia postoja
- e) posilňovanie krčného svalstva

6. Pokiaľ je k dispozícii iba jeden monitor, je nutné umiestniť ho tak aby:

- a) všetci členovia operačného tímu mali rovnaké podmienky
- b) minimálne operatér mal čo najideálnejšie podmienky
- c) minimálne operatér a kameraman mali čo najideálnejšie podmienky
- d) minimálne kameraman mal čo najideálnejšie podmienky
- e) poloha monitora nie je dôležitá, skúsený operačný tím ju dokáže vykompenzovať

7. Bolesti chrbta nevznikajú v dôsledku:

- a) nesprávneho umiestnenia monitora
- b) častého používania pedálov
- c) príliš vysokého postavenia ramien
- d) psychickej záťaže
- e) vzpriameného postoja

8. Pre prevenciu bolestí chrbta nie je dôležité:

- a) správne umiestniť monitor
- b) správne umiestniť pedále
- c) nastaviť správne výšku operačného stola
- d) preferovať používanie pedálov
- e) stáť vzpriamene

9. Pri ideálnom ergonomickom postoji je flexia v lakťoch:

- a) 75°
- b) 85°
- c) 90-120°
- d) 100-130°
- e) 70-90°

10. Prílišnú eleváciu ramien je možné korigovať:

- a) len znížením polohy operačného stola
- b) len zvýšením polohy operačného stola
- c) len vyvýšením polohy operátéra (schody, pódia a pod.)
- d) zvýšením polohy operačného stola alebo vyvýšením polohy operátéra
- e) znížením polohy operačného stola alebo vyvýšením polohy operátéra

11. Bolesti predlaktí vznikajú v dôsledku – označte nesprávne tvrdenie:

- a) obmedzeného prenosu mechanickej energie laparoskopickými nástrojmi
- b) operovania v polohe s nevhodným postavením ramien
- c) používania ergonomicky nevyhovujúcich rúčok
- d) operovania v polohe s nevhodným postavením zápästí
- e) operovania v polohe s nevhodným postavením lakťov

12. Medzi typické klinické prejavy poškodenia zápästí a rúk pri laparoskopickej chirurgii nepatrí:

- a) neuropatická bolesť
- b) hyperkeratóza
- c) syndróm karpálneho tunela
- d) únavový syndróm ruky
- e) pomliaždenie mäkkých tkanív ruky a prstov

13. V prevencii poškodenia zápästí a rúk je potrebné – označte nesprávne tvrdenie:

- a) nezasúvať prsty hlboko do oka rúčky
- b) venovať pozornosť varovným príznakom (bolesť, parestézie, slabosť)
- c) periodicky relaxovať predlaktie, zápästie a ruku
- d) voliť rúčky primerané funkcii nástroja, s čo najvhodnejšou kontaktnou plochou
- e) používať zásadne plastové rúčky bez aretácie

14. Ako prevenciu bolestí dolných končatín je možné chápať – označte nesprávne tvrdenie:

- a) operovanie v polosedie
- b) správne umiestnenie monitora

- c) periodické zmeny postoja
- d) zvýšenú koncentráciu na operačný výkon
- e) operovanie v sede



## 6. Pneumoperitoneum I.

### 6.1 Základné pojmy, výber plynu

Pre dosiahnutie prehľadu v operačnom poli sa v laparoskopickej chirurgii v drvivej väčšine prípadov využíva insuflácia plynu do brušnej dutiny – pneumoperitoneum. Pri výbere vhodného plynu je nutné posudzovať jeho:

- účinky na ľudský organizmus (ovplyvnenie biologických funkcií, toxicita)
- prípadné interakcie s používanými zariadeniami (riziko vznietenia, ovplyvnenie obrazu)
- prevádzkové parametre (dostupnosť, cena)

Použitý plyn by mal preto ideálne byť:

- biologicky inertný
- netoxický
- nerozpustný v krvi, prípadne veľmi dobre rozpustný a rýchlo eliminovateľný
- nehorľavý resp. nevýbušný
- bezfarebný
- lacný

Uvedené podmienky najlepšie spĺňa hélium, no vzhľadom k jeho cene a limitovanej dostupnosti dominuje v klinickej praxi oxid uhličitý.

### 6.2 Lokálne a celkové účinky kapnoperitonea na organizmus

Insufláciou oxidu uhličitého do brušnej dutiny vzniká kapnoperitoneum. Koncentrácia CO<sub>2</sub>, ktorá je za normálnych okolností prísne regulovaná metabolickými a respiračnými mechanizmami, počas kapnoperitonea stúpa, pretože zvýšený intraabdominálny tlak zvyšuje fyzikálnu rozpustnosť CO<sub>2</sub> v krvi. Takto navodená prolongovaná hyperkapnia môže byť pre organizmus nebezpečná. Vzhľadom k uvedenému sa počas trvania kapnoperitonea kontinuálne monitoruje koncentrácia CO<sub>2</sub> vo vydychovanom vzduchu a prípadnú hyperkapniu rieši anesteziológ zvýšením minútovej ventilácie – zvýšením dychového objemu a/alebo dychovej frekvencie.

Kapnoperitoneum dynamicky a kumulatívne ovplyvňuje viaceré fyziologické procesy v organizme, pričom stupeň týchto zmien závisí na:

- rýchlosti zmeny intraabdominálneho tlaku

- absolútnej hodnote intraabdominálneho tlaku
- trvaní kapnoperitonea
- fyzikálnych vlastnostiach použitého CO<sub>2</sub> (teplota, vlhkosť)
- polohovaní operovaného
- komorbiditách pacienta

Medzi fyzikálne mechanizmy negatívneho pôsobenia kapnoperitonea je možné zaradiť:

- mechanický tlak/ťah
- vysušovanie
- ochladzovanie

Vzhľadom na obmedzenú elasticitu brušnej steny sa priestor v brušnej dutine so stúpajúcim intraabdominálnym tlakom zvyšuje len do úrovne 15 mm/Hg. Túto hodnotu je preto treba považovať za maximálnu. Keďže s rastúcim vnútrobrušným tlakom stúpa závažnosť negatívneho pôsobenia kapnoperitonea na organizmus, je vhodné využívať čo najnižší, ešte efektívny tlak. Pre väčšinu pacientov to predstavuje 12 mm/Hg, pre astenických operovaných 8-10 mm/Hg, menej ako 8 mm/Hg je vhodné nastaviť u detí, či kardiopulmonálne kompromitovaných, 15 mm/Hg len u chorobne obéznych. Príliš vysoký vnútrobrušný tlak okrem toho môže spôsobovať veľmi nepríjemné pooperačné bolesti svalového pôvodu.

Rýchlosť zmeny vnútrobrušného tlaku by mala byť pozvoľná (vytvára sa tak priestor pre lepšiu adaptáciu organizmu), pri vytváraní kapnoperitonea sa preto preferujú nižšie insuflačné rýchlosti. Efektívnu rýchlosť insuflácie limituje najužší prievit insuflačného okruhu – preto pri nastavení rovnakej rýchlosti bude pri použití Veressovej ihly relatívne nízka, zatiaľ čo pri insuflácii cez 11 mm port niekoľkonásobne vyššia.

Používaný oxid uhličitý sa v bežnej klinickej praxi neohrieva, ani nezvlhčuje. Súčasne je do brušnej dutiny vháňaný cez porty, ktorých prievit je čiastočne obturovaný optikou alebo inštrumentom, takže rýchlosť prúdenia dosahuje až 20 m/s. Tieto skutočnosti spôsobujú ochladzovanie brušnej dutiny a vysušovanie tkanív, ktoré vedie k poruchám viskozity a poškodzovaniu buniek peritonea. Následne vzniká lokálna a postupne globálna hypotermia sprevádzaná nešpecifickou zápalovou reakciou. Situáciu ďalej zhoršuje prípadná netesnosť systému, nakoľko s rastúcim objemom spotrebovaného plynu sa zvyšuje jeho hypotermický efekt (50 l/h spôsobí ochladenie o 0,3 °C).

Samotná hypotermia pod 36 °C:

- ovplyvňuje farmakokinetiku liekov
- komplikuje a predlžuje perioperačný anesteziologický manažment

- je pacientom percipovaná ako mimoriadne nepríjemná
- zvyšuje finančné náklady na liečbu

Vplyv kapnoperitonea sa prejavuje aj mimo samotnej brušnej dutiny (ovplyvnenie orgánových systémov), a to buď priamymi fyzikálno-chemicko-biologickými dejmi alebo nepriamo – aktiváciou kompenzačných mechanizmov. Výsledný efekt potom závisí aj od:

- základného ochorenia
- pridružených komorbidít
- funkčných rezerv orgánových systémov
- druhu a rozsahu operačného výkonu
- dlhodobej farmakoterapie

Pre minimalizáciu rizika negatívnych dôsledkov kapnoperitonea je v klinickej praxi vhodné:

- pracovať pri čo najnižšom efektívnom insuflačnom tlaku
- insuflovať a desuflovať pomaly
- zabezpečiť dokonalú a konštantnú svalovú relaxáciu pri dostatočne hlbokoj anestézii
- nepoužívať vysoké insuflačné rýchlosti
- pripájať insuflačnú hadicu na port s najväčším efektívnym priesvitom

Na základe aktuálne dostupných poznatkov je súčasne vhodné:

- ohrievať a zvlhčovať insuflovaný plyn
- pri dlhších výkonoch použiť externé ohrievacie zariadenia
- na konci operácie opláchnuť brušnú dutinu fyziologickým roztokom telesnej teploty

### **6.3 Vplyv kapnoperitonea na kardiovaskulárny a respiračný systém**

Znalosť mechanizmov účinku pôsobenia kapnoperitonea na jednotlivé orgánové systémy umožňuje minimalizovať jeho negatívne dopady a zachovať čo možno najideálnejší rovnovážny stav.

Kardiovaskulárny systém – v dôsledku stimulácie renín-aldosterón-angiotenzínového systému zvýšeným intraabdominálnym tlakom, vykazuje kardiovaskulárny systém nasledujúce zmeny (bez ohľadu na druh insuflovaného plynu):

- zníženie venózneho návratu
- zníženie kardiálneho pre-loadu
- zníženie srdcového výdaja
- zvýšenie pulzovej frekvencie
- zvýšenie stredného arteriálneho tlaku
- zvýšenie systémovej a pľúcnej rezistencie

Prípadné polohovanie pacienta do anti-Trendelenburgovej polohy a pľúcna ventilácia s pozitívnym end-expiračným tlakom zníženie venózneho návratu ešte viac zhoršujú. Uvedené zmeny sú klinicky irelevantné u pacientov skupiny ASA I-II. U chorých zo skupiny ASA III-IV sa odporúča:

- predoperačne doplniť cirkulujúci objem (infúzna terapia)
- aplikovať  $\beta$ -blokátory
- znížiť vnútrobrušný tlak ( $< 8$  mm/Hg)
- peroperačná intermitentná pneumatická kompresia dolných končatín (výkony  $> 2$  hodiny)

Respiračný systém – v dôsledku zvýšeného vnútrobrušného tlaku a kapnoperitonea dochádza v organizme počas laparoskopického operačného výkonu k:

- hyperkapnii
- respiračnej acidóze
- zníženiu pľúcnej poddajnosti
- ventilačno-perfúznemu nepomeru

Tieto zmeny sú výraznejšie v Trendelenburgovej polohe a priamo úmerné hodnote vnútrobrušného tlaku. Ich manažment spočíva v:

- monitoringu koncentrácie CO<sub>2</sub> vo vydychovanom vzduchu

- kontrolovanej hyperventilácii
- znížení intraabdominálneho tlaku (ak je to nevyhnutné)

U pacientov s normálnou funkciou respiračného systému je vplyv kapnoperitonea nevýznamný, pričom záťaž respiračného systému v pooperačnom období je podstatne nižšia ako po klasických operáciách.

## 6.4 Praktické cvičenie – strihanie

**Cieľ:** Nácvik techniky strihania v laparoskopickej chirurgii, prehĺbenie schopnosti vizuálno-motorickej a bimanuálnej koordinácie

**Teoretické aktivity:** prezentácia správnej taktiky a techniky strihania v laparoskopickej chirurgii

ozrejmienie dôležitosti princípu ťahu a protiťahu, za súčasného rešpektovania minimálne traumatizujúcej manipulácie s tkanivom

popis rôznych druhov nožníc s dôrazom na špecifické použitie

**Praktické aktivity:** praktický nácvik strihania vo virtuálnej realite – vystrihovanie kruhového obrazca rešpektujúc minimálne traumatizujúcu manipuláciu s tkanivom a princíp adekvátneho ťahu a protiťahu (10 opakovaní) (Obr. 22)

praktický nácvik strihania na mechanickom trenažeri – vystrihovanie kruhového obrazca rešpektujúc minimálne traumatizujúcu manipuláciu s tkanivom a princíp adekvátneho ťahu a protiťahu (5 opakovaní) (Obr. 23)

**Pomôcky:** trenažér vo virtuálnej realite  
laparoskopická veža (kamera, optika, zdroj svetla, monitor)  
laparoskopické inštrumentárium (porty – 1x11 mm, 2x6 mm, nástroje – 1x Kelly disektor, 1x nožnice)  
mechanický trenažér + model

**Princíp modelu:** obrazec definovaný dvoma rôzne veľkými kružnicami lokalizovanými na krepovom papieri upevnenom pod ťahom, vystrihnutie ktorého si vyžaduje prácu pri rôznych manipulačných a elevačných uhloch, ako aj minimálne traumatizujúcu manipuláciu

## 6.5 Autodidaktický test 6

1. Ideálny plyn na vytvorenie pneumoperitonea by mal byť – vyberte nesprávne tvrdenie:

- a) v krvi dobre rozpustný a ťažko eliminovateľný
- b) netoxický
- c) bezfarebný
- d) nehorľavý
- e) biologicky inertný

2. Na vytvorenie pneumoperitonea sa v laparoskopii najčastejšie používa:

- a) O<sub>2</sub>
- b) čistý vzduch
- c) hélium
- d) CO<sub>2</sub>
- e) vodík

3. Za maximálne prípustnú hodnotu vnútrobrušného tlaku počas laparoskopie sa považuje:

- a) 14 mm/Hg
- b) 20 mm/Hg
- c) 18 mm/Hg
- d) 12 mm/Hg
- e) 15 mm/Hg

4. Štandardná hodnota vnútrobrušného tlaku počas laparoskopie je pre väčšinu pacientov:

- a) menej ako 8 mm/Hg
- b) 8-10 mm/Hg
- c) 12 mm/Hg
- d) 15 mm/Hg
- e) viac ako 15 mm/Hg

5. Na ochladzovanie brušnej dutiny v dôsledku kapnoperitonea nemá vplyv:

- a) hodnota vnútrobrušného tlaku

- b) rýchlosť prúdenia plynu
- c) teplota plynu
- d) celkový spotrebovaný objem plynu
- e) priesvit insuflačného portu

6. Označte nesprávne tvrdenie o hypotermii pod 36 °C:

- a) pacient ju pociťuje ako nepríjemnú
- b) stabilizuje bunkové membrány
- c) komplikuje perioperačný anesteziologický manažment
- d) mení farmakokinetiku liekov
- e) zvyšuje náklady na liečbu

7. Pre minimalizáciu nežiaducich účinkov kapnoperitonea je nutné – označte nesprávne tvrdenie:

- a) voliť čo najnižší efektívny insuflačný tlak
- b) dbať na dokonalú a konštantnú svalovú relaxáciu
- c) insuflovať a desuflovať pozvoľne
- d) insuflačnú hadicu pripojiť na port s čo najmenším efektívnym priesvitom
- e) nepoužívať vysoké insuflačné rýchlosti

8. Vplyvom kapnoperitonea na kardiovaskulárny systém nedochádza k:

- a) zníženiu venózneho návratu
- b) zvýšeniu srdcového výdaja
- c) zníženiu kardiálneho pre-loadu
- d) zvýšeniu pulzovej frekvencie
- e) zvýšeniu systémovej a pľúcnej rezistencie

9. U pacientov zo skupiny ASA III-IV sa pri laparoskopických operáciách odporúča – označte nesprávne tvrdenie:

- a) predoperačne doplniť cirkulujúci objem
- b) ako insuflačný plyn použiť hélium
- c) aplikovať  $\beta$ -blokátory



- d) znížiť vnútrobrušný tlak (< 8 mm/Hg)
- e) peroperačná intermitentná pneumatická kompresia dolných končatín (výkony >2 hodiny)

10. Kapnoperitoneum nespôsobuje:

- a) hyperkapniu
- b) ventilačno-perfúzny nepomer
- c) útlm respiračného centra
- d) respiračnú acidózu
- e) zníženie pľúcnej poddajnosti

11. Manažment hyperkapnie počas laparoskopической operácie zvyčajne nazahŕňa:

- a) monitoring CO<sub>2</sub> v exspirovanom vzduchu
- b) riadenú hyperventiláciu
- c) zvýšenie minútového ventilačného objemu
- d) invazívne meranie krvných plynov v arteriálnej krvi
- e) zvýšenie dychového objemu a/alebo dychovej frekvencie

12. Vplyv kapnoperitonea na kardiovaskulárny systém je klinicky nezávažný u:

- a) pacientov skupiny ASA I-II
- b) všetkých pacientov
- c) pacientov s čerstvým infarktom myokardu
- d) pacientov skupiny ASA III-IV
- e) pacientov v hemoragickom šoku

13. Najvhodnejšou alternatívou pneumoperitonea pre pacientov skupiny ASA III-IV z hľadiska jeho účinkov na kardiovaskulárny systém je:

- a) výlučne CO<sub>2</sub> pri tlaku 12 mm/Hg
- b) výlučne hélium pri tlaku 12 mm/Hg
- c) výlučne CO<sub>2</sub> pri tlaku menej ako 8 mm/Hg
- d) výlučne hélium pri tlaku menej ako 8 mm/Hg
- e) CO<sub>2</sub> alebo hélium pri tlaku menej ako 8 mm/Hg

14. U detí sa za optimálny vnútrobrušný tlak počas laparoskopickkej operácie považuje:

- a) 12 mm/Hg
- b) 8-10 mm/Hg
- c) 14 mm/Hg
- d) 15 mm/Hg
- e) menej ako 8 mm/Hg

## 7. Pneumoperitoneum II.

### 7.1 Vplyv kapnoperitonea na CNS, uropoetický, gastrointestinálny a imunitný systém

Obličkové funkcie – samotné zvýšenie vnútrobrušného tlaku má za následok hypoperfúziu obličiek a obmedzenie glomerulárnej filtrácie. Deje sa tak jednak priamou kompresiou parenchýmu, tepien a žíl, ako aj aktiváciou renín-aldosterón-angiotenzínového systému. Zmeny sú priamo úmerné výške intraabdominálneho tlaku.

Gastrointestinálny trakt – priama mechanická kompresia kapilár zhoršuje mikrocirkuláciu v splanchnickej oblasti. Pri tlaku nad 15 mm/Hg dochádza k redukcii prietoku v a. mesenterica superior a v. portae až o 25 %, pričom zníženie perfúzie jednotlivých oblastí je rôzne: parietálne peritoneum o 60 %, žalúdok o 54 %, jejunum o 32 %, duodenum o 11 %, hrubé črevo o 4 %. Pri prudších zmenách tlaku hrozí poškodenie v zmysle ischemicko-reperfúzných zmien. Uvedené fenomény sú priamo úmerné výške intraabdominálneho tlaku a nie sú klinicky významné u pacientov skupiny ASA I-II, resp. pri tlakoch 12-14 mm/Hg.

Imunitný systém – je dokázané, že stresová odpoveď a depresia imunitného systému, pravdepodobne v súvislosti s minimalizáciou operačnej traumy, je po laparoskopických operáciách menej výrazná. V súčasnosti neexistujú údaje, ktoré by naznačovali, že samotné charakteristiky kapnoperitonea mali priamy vplyv na imunitnú odpoveď.

Intrakraniálny tlak sa zvyšuje priamo úmerne s intraabdominálnym tlakom, čo ďalej negatívne ovplyvňuje poloha pacienta dole hlavou – zvyšuje sa prietok krvi mozgom a klesá absorpcia mozgovo-miechového moku. Tieto efekty miznú okamžite po desuflácii. Klinická významnosť týchto zmien nebola zatiaľ preukázaná.

### 7.2 Vplyv kapnoperitonea na špecifické skupiny pacientov

Špeciálnu pozornosť si vyžadujú vplyvy kapnoperitonea na určité skupiny chorých, ktorých charakteristiky boli v minulosti relatívnou, či absolútnou kontraindikáciou k laparoskopii:

- tehotenstvo
- peritonitída
- onkologickí pacienti – riziko nádorového rozsevu

- abdominálna trauma

Tehotenstvo už v dnešnej dobe nie je absolútnou kontraindikáciou kapnoperitonea. Vzhľadom na riziko fetálnej acidózy je úzkostlivý monitoring koncentrácie CO<sub>2</sub> vo vydychovanom vzduchu so súčasnou kontrolovanou hyperventiláciou imperatívom. Najvhodnejším obdobím pre laparoskopickú operáciu je II. trimester tehotenstva.

Peritonitída – pokiaľ je pacient hemodynamicky stabilný, nepredstavuje difúzna peritonitída absolútnu kontraindikáciu kapnoperitonea. Obavy z rizika zvýšenej bakteriémie a endotoxinémie v dôsledku bakteriálnej translokácie praktické skúsenosti nepotvrdili. V súčasnosti sa laparoskopický prístup využíva v riešení zápalových ochorení v brušnej dutine úplne bežne, so všetkými výhodami miniinvazívneho prístupu.

Riziko nádorového rozsevu – pôvodné obavy z rizika rozsevu primárneho nádoru pôsobením kapnoperitonea sa nepotvrdili. Laparoskopické onkochirurgické výkony v súčasnosti, v prípade dodržania správnej operačnej taktiky a techniky, vykazujú minimálne rovnaké výsledky ako klasické, s potenciálne lepším prežívaním určitých skupín chorých, pri lepšej kvalite života.

Abdominálna trauma nepredstavuje kontraindikáciu kapnoperitonea za predpokladu, že pacient je hemodynamicky stabilný. V súčasnosti nie sú presne definované možné vplyvy kapnoperitonea na pacientov s tupými a penetrujúcimi poraneniami brucha.

### **7.3 Techniky vytvorenia kapnoperitonea**

Bezpečné vytvorenie kapnoperitonea je primárnym predpokladom úspešnej laparoskopической operácie. Z hľadiska operačnej taktiky rozlišujeme tri možné prístupy:

- zatvorený (Veressova ihla)
- otvorený
- hybridný (špeciálne porty s vizualizáciou)

Zatvorený spôsob vytvorenia kapnoperitonea znamená punkciu brušnej dutiny pomocou špeciálnej ihly s pružinovým mechanizmom (Veressova ihla), ktorý zabezpečuje jej retrakciu do ochranného pláštia ihneď po prerazení peritonea a následné zavedenie prvého portu

pomocou bodca. Oboje sa vykonáva bez kontroly zraku, t.j. naslepo. Z uvedeného vyplýva základný problém zatvoreného prístupu, ktorým je riziko poranenia vnútrobrušných orgánov (špecifické komplikácie „z prístupu“). Hoci sa nevyskytujú často, neraz priamo ohrozujú život operovaného buď závažnosťou (lézia aorty, dolnej dutej žily, bedrových ciev), alebo komplikáciami z nerozpoznania (perforácia čreva s následnou peritonitídou). V záujme minimalizácie rizika komplikácií je nutné dodržiavať správnu techniku:

- kontrola pružinového mechanizmu Veressovej ihly (Obr. 2)
- prístup v periumbilikálnej oblasti (fúzia fascie a peritonea)
- alternatívny prístup v Palmerovom bode – 3 cm pod ľavým rebrovým oblúkom v MCL čiare
- fixácia a nadvihnutie fascie (držacie stehy)
- smer punkcie kolmo na brušnú stenu
- primeraný kontinuálny tlak, len pohybom v zápästí, za prísnej kontroly hĺbky zavedenia (zvuková kontrola zasunutia ihly do plášťa – počuť kliknutie – „click“ test)
- realizácia bezpečnostných testov – aspiračný, preplachový (Obr. 24), „drop“ test (Obr. 25)
- zavedenie portu dominantnou rukou
- smerovanie mimo priebeh veľkých ciev (aorta, dolná dutá žila, bedrové cievy)
- obmedzenie hĺbky preniknutia portu limitáciou voľnosti pohybu dominantnej ruky
- overenie správnej hĺbky zavedenia portu založením optiky
- pripojenie insuflačnej hadice
- vizuálna kontrola oblasti pod zavedeným portom (detekcia možných poranení)
- vizuálna kontrola prvého portu (po zavedení ostatných a premiestnení optiky)

Výhody zatvoreného spôsobu zahŕňajú:

- jednoduchosť a rýchlosť
- minimalizáciu veľkosti operačnej rany
- pozvoľnú insufláciu (priesvit Veressovej ihly limituje prietok plynu)

Zatvorený prístup je limitovaný u pacientov:

- po predchádzajúcich operáciách v oblasti umbilika
- s umbilikálnou herniou
- s črevnou nepriechodnosťou
- s aneuryzmou brušnej aorty
- v III. trimestri gravidity

Otvorený spôsob vytvorenia kapnoperitonea je technicky identický s laparotómiou. Po postupnej incízii všetkých vrstiev brušnej steny sa získava priamy prístup do brušnej dutiny pod kontrolou zraku. Následne sa cez vložený port bez bodca insufluje kapnoperitoneum.

Výhodami otvoreného prístupu sú:

- univerzálnosť (nemá kontraindikácie)
- vylúčenie rizika poranenia veľkých ciev
- minimalizácia rizika prehliadnutia poranenia vnútrobrušných orgánov

Nevýhody zahŕňajú:

- potrebu väčšej kožnej incízie (najmä u obéznych)
- dlhší čas prieniku do brušnej dutiny
- rýchlu insufláciu (veľký priesvit portu)
- neraz prílišnú voľnosť portu (dislokácia, únik plynu)

Hybridný spôsob využíva špeciálne optické porty s možnosťou vizualizácie postupného prenikania jednotlivými vrstvami brušnej steny. Môžu sa aplikovať po (eliminácia komplikácií pri zavádzaní prvého portu) alebo pred vytvorením kapnoperitonea (obdoba otvoreného postupu). Značnou nevýhodou je vysoká cena špeciálnych portov.

Všetky uvedené spôsoby vytvorenia kapnoperitonea sú štandardizované a bezpečné. Výber konkrétneho postupu určujú:

- prípadné kontraindikácie na strane pacienta
- dostupnosť materiálneho vybavenia
- zvyklosti pracoviska
- skúsenosti operátora
- odporúčania odborných spoločností

#### 7.4 Praktické cvičenie – aplikácia endoslučky

**Cieľ:** Nácvik techniky aplikácie endoslučky v laparoskopickej chirurgii; prehĺbenie schopnosti vizuálno-motorickej a bimanuálnej koordinácie

**Teoretické aktivity:** prezentácia správnej taktiky a techniky použitia endoslučky  
zdôraznenie dôležitosti princípov vizualizácie a identifikácie prerušovateľných štruktúr, ťahu a protitahu a minimalizácie traumatizujúcej manipulácie s tkanivami

**Praktické aktivity:** nácvik aplikácie endoslučky na mechanickom trénažeri – naloženie endoslučky na definované miesto medzi čiarami a jej bezpečné zatiahnutie (10 opakovaní) (Obr. 26)

nácvik uviazania Roederovho sklzného uzla

**Pomôcky:** trénažer vo virtuálnej realite  
laparoskopická veža (kamera, optika, zdroj svetla, monitor)  
laparoskopické inštrumentárium (porty – 2x11 mm, 1x6 mm, nástroje – 1x črevný grasper, redukčný tubus 11/6 mm)  
endoslučka, monofilamentný šijací materiál 2/0  
mechanický trénažer + model

**Princíp modelu:** fixovaná nafúknutá gumová rukavica s predznačenými oblasťami pre aplikáciu endoslučky (Obr. 26)



## 7.5 Autodidaktický test 7

1. Glomerulárna filtrácia počas laparoskopickej operácie:

- a) klesá, priamo úmerne s hodnotou intraabdominálneho tlaku
- b) zostáva nezmenená
- c) stúpa, priamo úmerne s hodnotou intraabdominálneho tlaku
- d) klesá, nepriamo úmerne s hodnotou intraabdominálneho tlaku
- e) stúpa, nepriamo úmerne s hodnotou intraabdominálneho tlaku

2. Perfúzia splachnickej oblasti počas laparoskopickej operácie:

- a) zlepšuje sa, priamo úmerne s hodnotou intraabdominálneho tlaku
- b) zhoršuje sa, nepriamo úmerne s hodnotou intraabdominálneho tlaku
- c) zlepšuje sa, nepriamo úmerne s hodnotou intraabdominálneho tlaku
- d) zhoršuje sa, priamo úmerne s hodnotou intraabdominálneho tlaku
- e) zostáva nezmenená

3. Hypoperfúzia splachnickej oblasti je počas laparoskopickej operácie klinicky významná:

- a) u pacientov skupiny ASA I
- b) u pacientov skupiny ASA III, pri vnútrobrušnom tlaku 15 mm/Hg
- c) u pacientov skupiny ASA II, pri vnútrobrušnom tlaku 12 mm/Hg
- d) u pacientov skupiny ASA II, pri vnútrobrušnom tlaku 14 mm/Hg
- e) u pacientov skupiny ASA III, pri vnútrobrušnom tlaku 8 mm/Hg

4. Ktoré tvrdenie najlepšie vystihuje vplyv kapnoperitonea na imunitný systém?

- a) imunitná odpoveď je silnejšia
- b) imunitná odpoveď je slabšia, ale iba u onkologicky chorých
- c) imunitná odpoveď je silnejšia, ale iba u onkologicky chorých
- d) imunitná odpoveď je slabšia
- e) neexistuje žiadny dokázateľný priamy vplyv

5. Ku klinicky významným zmenám intrakraniálneho tlaku v dôsledku kapnoperitonea:

- a) dochádza u pacientov skupiny ASA I

- b) dochádza u pacientov skupiny ASA IV
- c) pravdepodobne nedochádza u žiadnej skupiny pacientov
- d) dochádza u pacientov skupiny ASA II
- e) dochádza u pacientov skupiny ASA III

6. Vyberte nepravdivé tvrdenie o kapnoperitoneu v gravidite:

- a) nie je absolútne kontraindikované
- b) nemôže byť príčinou potratu
- c) môže spôsobiť acidózu plodu
- d) vyžaduje si úzkostlivý monitoring CO<sub>2</sub> vo vydychovanom vzduchu
- e) najbezpečnejšie je v II. trimestri gravidity

7. Kapnoperitoneum pri peritonitíde:

- a) nie je bezpečné
- b) neindikuje sa bežne
- c) je absolútne kontraindikované
- d) nesmie sa indikovať u hemodynamicky nestabilných pacientov
- e) významne zhoršuje endotoxémiu a bakteriémiu

8. Kapnoperitoneum u onkologických pacientov:

- a) nie je kontraindikované
- b) spôsobuje peritoneálny rozsev nádorového ochorenia
- c) zvyšuje riziko tvorby vzdialených metastáz
- d) je absolútne kontraindikované
- e) podporuje rast už existujúcich metastáz

9. Medzi štandardné spôsoby vytvorenia kapnoperitonea nepatrí:

- a) technika priameho zavedenia prvého portu
- b) zatvorený spôsob pomocou Veressovej ihly
- c) otvorený spôsob
- d) hybridná technika použitím špeciálneho optického portu za priamej vizualizácie

10. Medzi bezpečnostné testy pri použití Veressovej ihly nepatrí:

- a) kontrola pružinového mechanizmu
- b) „click“ test
- c) aspiračný a preplachový test
- d) „drop“ test
- e) insuflačný test

11. O zavádzaní prvého portu naslepo neplatí:

- a) je dôležité zavádzať ho dominantnou rukou
- b) má sa zavádzať vždy až po vytvorení kapnoperitonea
- c) zavádza sa vždy kolmo na brušnú stenu, smerom k chrbtici
- d) pred napojením insuflačnej hadice je nutné overiť správnu hĺbku zavedenia založením optiky
- e) po zavedení je potrebná vizuálna kontrola oblasti pod založeným portom aj samotného portu

12. Zatvorený spôsob vytvorenia kapnoperitonea nie je vhodný – vyberte nesprávne tvrdenie:

- a) v III. trimestri gravidity
- b) po predchádzajúcej klasickej apendektómii
- c) v prípade umbilikálnej hernie
- d) u pacientov s aneuryzmou brušnej aorty
- e) po predchádzajúcej plastike umbilikálnej hernie

13. K nevýhodám otvoreného spôsobu vytvorenia kapnoperitonea nepatrí:

- a) rýchlejšia insuflácia
- b) dlhšie trvanie prieniku do brušnej dutiny
- c) často prílišná voľnosť prvého portu
- d) potreba väčšej incízie
- e) riziko poranenia veľkých ciev

14. Voľbu spôsobu vytvorenia kapnoperitonea neovplyvňujú/e:

- a) kontraindikácie jednotlivých spôsobov na strane pacienta

- b) absencia potrebného materiálneho vybavenia
- c) zvyklosti pracoviska
- d) typ operačného výkonu
- e) skúsenosti operatéra

## 8. Zlyhanie elektronického vybavenia v laparoskopической chirurgii

Rozvoj laparoskopической chirurgie je bytostne závislý na vývoji moderných technológií. V súčasnosti je na operačnej sále veľký počet elektronických prístrojov, prevádzka ktorých si vyžaduje nielen chirurgické, ale aj špecifické technické vedomosti. Okrem základného vybavenia (kamera, monitor, zdroj svetla, insuflátor, zariadenie na oplach a odsávanie, hemostatická jednotka) sa dnes v klinickej praxi používa počas komplexných operačných výkonov celé spektrum doplnkových technológií:

- RTG rameno (C-rameno)
- endoskopická ultrasonografia
- endoskopické prístroje
  - gastroskop
  - duodenoskop
  - kolonoskop
  - choledochoskop
  - ureteroskop
  - cystoskop
  - hysteroskop
- kryoterapeutický generátor
- rádiovfrekvenčný generátor

Minimalizáciu operačného prístupu kompenzuje maximalizácia využitia prístrojového vybavenia. Dnešný chirurg je preto konfrontovaný s kvalitatívne novým problémom, ktorý predstavuje interakcia medzi technológiou a ľudským faktorom. Moderné technologické vybavenie je síce konštrukčne spoľahlivé a bezpečné, no pomerne často zlyháva, čo môže zapríčiniť až poškodenia zdravia pacienta. Napriek aktuálnosti uvedenej problematiky nie je

manipulácia s elektronickým vybavením a riešenie problémov s jeho nesprávnou funkciou momentálne náplňou vzdelávania lekárov, ani ostatného zdravotníckeho personálu.

### 8.1 Definícia, klasifikácia a výskyt

Zlyhanie elektronického vybavenia je možné definovať ako stav, keď v čase jeho potreby počas operačného výkonu nefunguje vôbec, prípadne je jeho funkčnosť obmedzená alebo nesprávna. Z hľadiska príčin je možné zlyhania klasifikovať na:

- nesprávne umiestnenie (45 %)
- neadekvátnu funkčnosť (55 %)

Nesprávne umiestnenie prístrojov znamená, že prístroj buď chýba úplne, alebo je na nesprávnom mieste. Je zrejmé, že tento typ zlyhania je spôsobený ľudským faktorom, a je preto veľmi jednoducho odstrániteľný.

Neadekvátna funkčnosť môže mať rôzne príčiny:

- nesprávne pripojenie (18 %)
- nesprávne nastavenie (6 %)
- porucha (11 %)
- neznáme príčiny (20 %)

Je zaujímavé, že neznáme príčiny neadekvátnej funkčnosti sú percentuálne najpočetnejšie. Jedná sa najmä o situácie, keď zdanlivá porucha „spontánne“ vymizne po reaktivácii, či reštarte zariadenia. Príčinou sú pravdepodobne doposiaľ neznáme interakcie medzi jednotlivými technológiami na operačnej sále, pretože aj tie sa navzájom ovplyvňujú (napr. elektromagnetickým žiarením).

Súčasne si treba uvedomiť, že nesprávne pripojenie a nastavenie prístrojov a zariadení predstavuje spolu až 24 % zlyhaní. Podobne ako pri nesprávnom umiestnení, sú tieto problémy spôsobené obsluhujúcim personálom, a teda ľahko odstrániteľné. Skutočné poruchy elektronického vybavenia sa na celkovom počte jeho zlyhaní podieľajú len 11 %. Viac ako dvom tretinám zlyhaní (69 %) sa dá predísť (nesprávne umiestnenie, pripojenie a nastavenie).

Frekvencia výskytu zlyhaní elektronického vybavenia je prekvapujúco častá. Podľa údajov z pozorovacích štúdií, sa vyskytujú aj pri jednoduchých operačných výkonoch ako laparoskopická cholecystektómia, či diagnostická laparoscopia, a to v rozsahu 30 – 58 %. Súčasne dochádza k ich viacnásobnému výskytu – 1-6 krát za výkon.

Z hľadiska klinických dopadov každé zlyhanie predlžuje operačný čas v priemere o 1,5 – 5,6 minúty a narúša koncentráciu operačného tímu. Štúdia COLOR dokonca referuje zlyhanie elektronického vybavenia ako príčinu konverzie laparoskopickej resekcie hrubého čreva v 1,2 % prípadov!

Vysvetlenie rozdielov vo výskyte zlyhaní elektronického vybavenia v pozorovacích a klinických štúdiách je nutné hľadať v ich klinickej významnosti. Podľa relevantnosti vo vzťahu k osudu pacienta je možná klasifikácia na:

- incidenty
- nežiaduce udalosti

Incident je predmetom záujmu pozorovacích (observačných) štúdií a má niekoľko charakteristík:

- je zdanlivo nepodstatný
- jednoducho odstrániteľný
- relatívne častý
- bez následkov pre pacienta
- podceňovaný a nereferovaný
- predlžuje operačný čas
- narušuje koncentráciu operačného tímu
- predstavuje potenciálne nebezpečenstvo

Incidenty sa v závislosti na vyvolávajúcim faktore klasifikujú na:

- aktívne zlyhania (nebezpečné konanie ľudského faktora)

- neznalosť
- nedbalosť
- latentné zlyhania (systémové riziká)
  - konštrukčné nedostatky prístrojov a zariadení
  - vzájomné interakcie použitých technológií
  - neadekvátny manažment prevádzky

Nežiaduca udalosť je predmetom záujmu klinických štúdií, nakoľko jej dôsledkom je iatrogénne poškodenie pacienta. Charakterizujú ju nasledujúce parametre:

- je výsledkom sekvencie niekoľkých incidentov na danom mieste v daný čas
- vyskytuje sa relatívne zriedkavo
- má nežiaduce dopady na pacienta
- prevenciou sú viacúrovňové obranné mechanizmy

## 8.2 Prevencia

Je zřejmé, že pre efektívnu prevenciu nežiaducich udalostí je nevyhnutný monitoring a prevencia incidentov. Ochranné mechanizmy zvyšujúce technologickú bezpečnosť na operačnej sále zahŕňajú:

- bezpečnostné opatrenia v samotnom dizajne vybavenia
- organizáciu operačnej sály, tak priestorovú, ako aj manažérsku
- protokolárnu prevádzku prístrojov a zariadení („check-listy“)
- adekvátne vyškolený personál

Dizajn prístrojov a zariadení je definovaný výrobcom, takže pre operačný tím predstavuje latentné riziko. Vo všeobecnosti by mal byť bezpečnostný profil nastavený tak, aby bolo zariadenie bezpečné aj pri neadekvátnom nastavení/použití, t.j. aby neumožňovalo vznik



nežiaducich udalostí ani v prípade aktívneho zlyhania obsluhy (napr. nemožnosť nastaviť vnútrobrušný tlak na insuflátore nad hodnotu 15 mm/Hg).

Organizácia operačnej sály má rozmer priestorový a manažérsky. Z priestorového hľadiska rozlišujeme vozíkovo usporiadanú (prístroje a zariadenia na mobilných stojanoch) a integrovanú operačnú sálu (mobilné ramená upevnené k stropu). Hoci integrácia operačnej sály predstavuje technologicky najmodernejšiu koncepciu, z hľadiska rizika zlyhania elektronického vybavenia nie je v porovnaní s vozíkovo usporiadanou bezpečnejšia (aplikácia ešte väčšieho množstva technológií, ľudský faktor v ovládaní systému). Z manažérského hľadiska je dôležité dbať na pravidelný technický audit vybavenia a technologický „back-up“ – disponovanie záložnými prístrojmi pre prípad poruchy.

Protokolárna prevádzka znamená používanie „check-listov“ – štandardizovaných zoznamov úloh, ktoré je nevyhnutné realizovať pred spustením prístroja alebo zariadenia, pričom sa vykonáva záznam o ich splnení. Kvalitný protokol efektívne zabezpečuje:

- synchronizáciu úloh obsluhujúceho personálu
- optimalizáciu pracovného procesu
- zvýšenie povedomia o bezpečnostných rizikách
- viacnásobnú kontrolu
- podklad na identifikáciu príčin prípadného zlyhania (odhaľovanie latentných systémových rizík)

Klinické pozorovania potvrdili, že zavedenie protokolov efektívne znižuje výskyt zlyhaní elektronického vybavenia o 40-53 %, práve elimináciou zlyhaní ľudského faktora (maximálny potenciál zníženia 69 %). Klasická papierová aj elektronická podoba „check-listov“ je rovnako efektívna.

Adekvátne vyškolenie personálu na všetkých úrovniach je rozhodujúcim predpokladom pre bezproblémové používanie akéhokoľvek elektronického vybavenia. V tejto súvislosti je potrebné venovať náležitú pozornosť otázkam tímovej spolupráce a krízovej komunikácie.

### 8.3 Praktické cvičenie – svorkovanie

- Cieľ:** Nácvik správnej taktiky a techniky aplikácie svoriek v laparoskopической chirurgii; prehĺbenie schopnosti vizuálno-motorickej a bimanuálnej koordinácie
- Teoretické aktivity:** prehľad rôznych druhov svorkovačov, s dôrazom na mechanizmus uzatvárania svorky, ich výhody a nevýhody, špecifiká použitia  
ozrejmienie správnej taktiky a techniky svorkovania  
zdôraznenie dôležitosti princípov vizualizácie a identifikácie prerušovaných štruktúr, ťahu a protiťahu, ako aj minimalizácie traumatizujúcej manipulácie s tkanivami
- Praktické aktivity:** nácvik svorkovania vo virtuálnej realite I. – úchop krvácejúcej cievy nedominantnou rukou, jej adekvátne napnutie a následné zasvorkovanie dominantnou rukou v časovom limite (5 opakovaní) (Obr. 27) – jednoduchá komplexná úloha  
nácvik svorkovania vo virtuálnej realite II. – úchop žlčníka v oblasti Hartmannovej vydutiny, adekvátne expozícia ductus cysticus a a. cystica primeraným ťahom a ich zasvorkovanie (5 opakovaní) (obr. 28) – zložitá komplexná úloha (procedurálna)  
nácvik svorkovania na mechanickom trenažéri na gumičkovom modeli – sprístupnenie svorkovanej gumičky nedominantnou rukou a jej následné bezpečné zasvorkovanie dominantnou rukou pri súčasnom dodržaní pravidiel techniky svorkovania – jednoduchá komplexná úloha (10 opakovaní) (Obr. 29)
- Pomôcky:** trenažér vo virtuálnej realite  
laparoskopická veža (kamera, optika, zdroj svetla, monitor)  
laparoskopické inštrumentárium (porty – 2x11 mm, 1x6 mm, nástroje – 1x Kelly disektor, 1x svorkovač, svorky)  
mechanický trenažér + model
- Princíp modelu:** tri horizontálne prebiehajúce, rovnobežne umiestnené gumičky, pričom každá z nich imituje dve paralelne prebiehajúce štruktúry, z ktorých je potrebné zasvorkovať iba jednu (Obr. 29)

## 8.4 Autodidaktický test 8

1. Medzi doplnkové technologické vybavenie používané pri laparoskopických operáciách nepatrí:

- a) kolonoskop
- b) insuflátor
- c) endoskopická ultrasonografia
- d) ureteroskop
- e) RTG rameno

2. Medzi ochranné mechanizmy zvyšujúce bezpečnosť na operačnej sále nepatrí:

- a) adekvátne vyškolený personál
- b) protokolárna prevádzka prístrojov a zariadení
- c) nekritické presvedčenie o spoľahlivosti moderných technológií
- d) priestorová a manažérska organizácia operačnej sály
- e) bezpečnostný dizajn prístrojov a zariadení

3. Na zlyhaniach elektronického vybavenia sa jeho nesprávne umiestnenie podieľa:

- a) viac ako polovicou prípadov
- b) 45 %
- c) 30 %
- d) 55 %
- e) polovicou prípadov

4. Na zlyhaniach elektronického vybavenia sa jeho neadekvátne funkčnosť podieľa:

- a) 55 %
- b) 45 %
- c) menej ako polovicou prípadov
- d) 35 %
- e) polovicou prípadov

5. O neadekvátnej funkčnosti elektronického vybavenia neplatí:

- a) príčinou môže byť chybné pripojenie
- b) môže ju spôsobovať nesprávne nastavenie
- c) vzniká aj v dôsledku poruchy prístrojov a zariadení
- d) jej príčiny môžu byť neznáme
- e) elektronické vybavenie nezlyháva prakticky nikdy

6. Najčastejšou príčinou neadekvátnej funkčnosti elektronického vybavenia je:

- a) chybné pripojenie
- b) nesprávna lokalizácia
- c) porucha
- d) neznáma príčina
- e) nesprávne nastavenie

7. Skutočný výskyt zlyhaní elektronického vybavenia z dôvodu jeho poruchy je:

- a) 33 %
- b) 11 %
- c) 20 %
- d) 45 %
- e) 55 %

8. Zlyhania elektronického vybavenia zapríčinené ľudským faktorom (nesprávne umiestnenie, pripojenie, nastavenie) tvoria:

- a) 45 %
- b) 69 %
- c) 55 %
- d) 33 %
- e) 20 %

9. O zlyhaní elektronického vybavenia neplatí:

- a) počas operácie sa zvyčajne vyskytne viacnásobne
- b) predlžuje operačný čas

- c) vyskytuje sa aj pri najjednoduchších výkonoch
- d) narúša koncentráciu operačného tímu
- e) vyskytuje sa iba pri zložitých operačných výkonoch

10. O incidente, v zmysle zlyhania elektronického vybavenia, neplatí:

- a) neovplyvňuje operačný tím
- b) nemá negatívne dopady na pacienta
- c) vyskytuje sa relatívne často
- d) dá sa jednoducho vyriešiť
- e) predstavuje potenciálne nebezpečenstvo

11. O nežiaducej udalosti, v zmysle zlyhania elektronického vybavenia, neplatí:

- a) je spravidla sekvenciou niekoľkých incidentov
- b) má nežiaduce dopady na pacienta
- c) zvyčajne nevedie k iatrogénnemu poškodeniu
- d) v jej prevencii sa uplatňujú viacúrovňové obranné mechanizmy
- e) vyskytuje sa relatívne zriedkavo

12. O bezpečnostnom dizajne elektronického vybavenia neplatí:

- a) závisí od výrobcu
- b) zaručuje absolútnu bezpečnosť
- c) predstavuje latentné systémové riziko
- d) ideálne by nemal umožňovať nebezpečné konanie obsluhy
- e) pre operačný tím je často do značnej miery neznámy

13. Z hľadiska organizácie operačnej sály pre riziko zlyhania elektronického vybavenia neplatí:

- a) integrovaná operačná sála je rovnako efektívna ako vozíkovo usporiadaná
- b) technologický „back-up“ eliminuje riziko konverzie z dôvodu poruchy prístrojov a zariadení
- c) pravidelný technický audit vybavenia je nevyhnutnosťou
- d) organizácia operačnej sály predstavuje latentné systémové riziko

- e) integrovaná operačná sála je zaťažená menším množstvom zlyhaní elektronického vybavenia

14. O protokolárnej prevádzke operačnej sály z hľadiska zlyhaní elektronického vybavenia neplatí:

- a) „check-listy“ významne znižujú ich výskyt
- b) protokoly sú rovnako efektívne v papierovej aj elektronickej podobe
- c) protokolárna prevádzka zabezpečuje viacnásobnú kontrolu
- d) „check-listy“ nenapomáhajú identifikovať príčiny prípadného zlyhania
- e) protokoly optimalizujú pracovný proces

## 9. Vysokoenergetické zdroje v laparoskopической chirurgii I.

Jedným zo základných rizík v laparoskopической chirurgii sú vysokoenergetické prístroje a zariadenia. Medzi technologické vybavenie, ktoré sa zaraďuje do tejto skupiny patrí:

- zdroj svetla
- hemostatické zariadenia
  - monopolárna elektrokoagulácia
  - bipolárna elektrokoagulácia
  - ultrazvukový nôž
  - impedanciou kontrolovaná bipolárna elektrokoagulácia

Je zrejmé, že aspoň niektoré z uvedených technológií sú v súčasnosti neoddeliteľnou súčasťou každej laparoskopической operácie. Expozícia operovaných týmto rizikám je preto stopercentná – neexistuje pacient, ktorý by nebol v ohrození.

### 9.1 Tepelné poranenia v laparoskopической chirurgii

Klinická aplikácia vysokoenergetických zdrojov so sebou prináša kardinálny problém, ktorým je tvorba veľkého množstva tepla. Nežiaducim výsledkom jeho pôsobenia na tkanivá/orgány môže byť vznik tepelného poranenia (termickej lézie). Termická lézia je vždy dokázateľne iatrogénna, čo predstavuje nezanedbateľný medicínsko-právny problém.

Už pri zahriatí tkaniva nad 60° sa začína na bunkovej úrovni proces denaturácie bielkovín. Tieto zmeny pritom nie sú makroskopicky vôbec viditeľné. Pri vyšších teplotách dochádza súčasne k trombóze kapilár, čo spôsobuje lokálnu ischemizáciu tkaniva. Kombinácia priameho poškodenia denaturáciou a ischemie danej oblasti môže viesť až ku koagulačnej nekróze.

Klinický obraz determinuje:

- lokalizácia
- rozsah
- hĺbka nekrózy

Koagulačná nekróza má za následok okamžité prederavenie orgánu len veľmi zriedka. Zvyčajne dochádza k perforácii s časovým odstupom niekoľkých dní (4.-7. pooperačný deň), t.j. v čase, keď je už operovaný spravidla v domácom liečení. Príznaky sú veľmi dramatické, vznikajú náhle a ohrozujú život pacienta rozvojom ohraničenej/difúznej peritonitídy. Z hľadiska terapeutického postupu je nutné pri ošetrovaní miesta termickej lézie pamätať na skutočnosť, že poškodenie je na mikroskopickú úroveň vždy rozsiahlejšie ako sa javí makroskopicky.

Napriek neustálemu zdokonaľovaniu bezpečnostného profilu vysokoenergetických zariadení zatiaľ neexistujú mechanizmy, ktoré by dokázali úplne vylúčiť riziko tepelného poranenia. Skutočná incidencia termických lézií nie je známa nakoľko:

- väčšina z nich nemá žiadne zjavné klinické prejavy (napr. popálenie povrchu pečene)
- pri perforačných príhodách je vzhľadom na časový odstup zložitá s istotou identifikovať termickú léziu ako príčinu
- vzhľadom na závažnosť iatrogénneho poškodenia pacienta sú závažné lézie zriedkavo referované

Napriek literárnym údajom, ktoré naznačujú veľmi zriedkavý výskyt termických lézií, anonymné prieskumy ukázali, že minimálne 18 % chirurgov má osobnú skúsenosť s klinicky závažným tepelným poranením. Z uvedeného je zrejmé, že skutočný výskyt termických lézií je výrazne podhodnotený.

## 9.2 Zdroj svetla

Produkcii svetla v jeho zdroji sprevádza tvorba nezanedbateľného množstva tepelnej energie, ktorá sa prenáša svetelným káblom ďalej na optiku. Je šokujúce, že maximálna teplota na konci svetelného kábla dosahuje v závislosti na stave žiarivky od 126,3 °C (používaná), do 221,9 °C (nová). Mechanizmy, ktoré sa podieľajú na vzniku tepelného poranenia zahŕňajú:

- priame tepelné pôsobenie
  - pri priamom kontakte s tkanivom
  - bez priameho kontaktu s tkanivom



- nepriame tepelné pôsobenie

K priamemu tepelnému pôsobeniu na tkanivo priamym kontaktom s ním dochádza pri náhodnom odpojení svetelného kábla počas operácie, prípadne ak sa zdroj svetla zapne ešte pred pripojením svetelného kábla k optike. Rozsah a hĺbka koagulačnej nekrózy závisí priamo úmerne na výške teploty a dĺžke expozície, s plateau po 90 sekundách (dochádza k absolútnej termickej deštrukcii tkaniva). Priame tepelné poškodenie však môže vznikáť aj bez priameho kontaktu s tkanivom, pričom je zaujímavé, že tepelný efekt je ešte vyšší ako pri priamom kontakte. Maximálne teploty na konci svetelného kábla sa v experimente dosahovali pri vzdialenosti 3 mm od tkaniva (154,9 °C pre použitú, resp. 268,6 °C pre novú žiarivku). Tepelné pôsobenie na úrovni 100 °C pretrváva ešte aj vo vzdialenosti 1 cm od tkaniva. Z uvedeného je zrejmé, že odpojený svetelný kábel (od optiky) pri zapnutom zdroji svetla veľmi pravdepodobne spôsobí popálenie pacienta resp. operačného tímu.

Tepelná energia sa prostredníctvom svetelného kábla prenáša ďalej na optiku. Je veľmi prekvapujúce, že aj teplota na konci optiky (laparoskopu) dosahuje nebezpečné hodnoty 60-100 °C (sú vyššie pri zapojení funkčne nekompatibilných káblov, svetelných zdrojov a optík – od rôznych dodávateľov). V experimente dochádza pri priamom kontakte tenkého čreva s optikou ku koagulačnej nekróze už po 5 sekundovej expozícii, mikroskopické zmeny na bunkovej úrovni sú pritom dokázateľné ešte skôr. Z hľadiska prevencie je preto nevyhnutné zamedziť priamemu kontaktu laparoskopu s vnútrobrušnými orgánmi. V literatúre bola popísaná perforácia tenkého čreva v dôsledku koagulačnej nekrózy, ktorá vznikla pri niekoľkominútovom ponechaní optiky v brušnej dutine pri strate kapnoperitonea z dôvodu poruchy insuflátora.

K nepriamemu tepelnému pôsobeniu na tkanivá dochádza horením rúškovacieho materiálu. Ten sa vznieti pri jeho kontakte s odpojeným svetelným káblom v intervale 1-6 sekúnd a ohrozuje popálením pacienta aj operačný tím.

### 9.3 Praktické cvičenie – monopolárna elektrokoagulácia

- Cieľ:** Oboznámiť sa s princípmi používania monopolárnej elektrokoagulácie v laparoskopickej chirurgii, jej rizikami; nacvičiť správnu taktiku a techniku jej bezpečnej aplikácie; prehĺbiť schopnosť vizuálno-motorickej a bimanuálnej koordinácie
- Teoretické aktivity:** popis základných princípov monopolárnej elektrokoagulácie  
prezentácia najbežnejších elektrokoagulačných inštrumentov  
ozrejenie správnej taktiky a techniky použitia elektrokoagulácie  
zdôraznenie dôležitosti princípov vizualizácie a identifikácie prerušovaných štruktúr, ťahu a protitahu a minimálne traumatizujúcej manipulácie s tkanivami
- Praktické aktivity:** praktický nácvik použitia monopolárnej elektrokoagulácie vo virtuálnej realite – bimanuálna úloha – sprístupnenie a vizualizácia prerušovanej štruktúry a jej následné prepálenie (10 opakovaní) (obr. 30)  
praktický nácvik použitia monopolárnej elektrokoagulácie – postupné vertikálne prerušovanie kože izolovaného kuracieho chrbta – 1 opakovanie (Obr. 31)
- Pomôcky:** trenažér vo virtuálnej realite  
laparoskopická veža (kamera, optika, zdroj svetla, elektrokoagulácia, monitor)  
laparoskopické inštrumentárium (porty – 1x11 mm, 2x6 mm, nástroje – 1x Kelly dissektor, koagulačný háčik)  
mechanický trenažér + model
- Princíp modelu:** izolovaný kurací chrbát – realistické tkanivo umožňujúce nácvik práce s monopolárnou elektrokoaguláciou, pri súčasnej potrebe jemnej a presnej manipulácie s tkanivom

## 9.4 Autodidaktický test 9

1. Medzi vysokoenergetické zdroje v laparoskopickej chirurgii nepatrí:

- a) zdroj svetla
- b) monopolárna elektrokoagulácia
- c) ultrazvukový nôž
- d) kamera
- e) impedanciou kontrolovaná bipolárna elektrokoagulácia

2. Vysokoenergetickými zdrojmi je potenciálne ohrozených:

- a) 30 % pacientov
- b) 10 % pacientov
- c) 100 % pacientov
- d) 50 % pacientov
- e) 70 % pacientov

3. Denaturácia bielkovín začína na bunkovej úrovni pri teplote:

- a) 50°
- b) 60°
- c) 40°
- d) 80°
- e) 70°

4. Nekróza, ktorá vzniká pri termickej lézii je:

- a) kolikvačná
- b) kazeózna
- c) fibrinoidná
- d) hemoragická
- e) koagulačná

5. K perforácii dutého orgánu z dôvodu koagulačnej nekrózy dochádza najčastejšie:

- a) okamžite

- b) 7.-10. pooperačný deň
- c) 4.-7. pooperačný deň
- d) 2.-3. pooperačný deň
- e) prakticky nikdy

6. O klinickom obraze termickej lézie v dôsledku koagulačnej nekrózy neplatí:

- a) závisí od hĺbky nekrózy
- b) klinické príznaky vznikajú okamžite
- c) závisí od lokalizácie postihnutia
- d) spočiatku nebýva dramatický
- e) závisí od rozsahu nekrózy

7. O výskyte termických lézií neplatí:

- a) osobnú skúsenosť s klinicky závažnou léziou má takmer každý druhý chirurg
- b) je podhodnotený, pretože väčšina nemá žiadne klinické prejavy
- c) je podhodnotený, pretože závažné lézie sú zriedkavo referované (iatrogénne poškodenie)
- d) je podhodnotený, keďže jednoznačná identifikácia termickej lézie ako príčiny perforácie je zložitá
- e) skutočná incidencia nie je známa

8. Maximálna teplota na konci svetelného kábla môže pri novej žiarivke dosahovať:

- a) 60°
- b) 80°
- c) 100°
- d) 150°
- e) viac ako 200 °C

9. Maximálna teplota na konci svetelného kábla môže pri použitej žiarivke dosahovať:

- a) 60 °C
- b) 80 °C
- c) 100 °C

- d) 110 °
- e) viac ako 120 °C

10. O priamom tepelnom pôsobení odpojeného svetelného kábla na tkanivo neplatí:

- a) tepelný efekt je najvyšší pri priamom kontakte s tkanivom
- b) rozsah nekrózy závisí na teplote
- c) tepelný efekt je najsilnejší vo vzdialenosti 3 mm od tkaniva
- d) rozsah nekrózy závisí od dĺžky expozície
- e) tepelný efekt na úrovni 100 °C je ešte aj vo vzdialenosti 1 cm od tkaniva

11. Vyberte nesprávne tvrdenie o riziku popálenia svetelným káblom:

- a) vzniká pri zapnutí zdroja svetla skôr, ako je svetelný kábel pripojený k optike
- b) je významné pre pacienta aj pre operačný tím
- c) riziko popálenia svetelným káblom neexistuje
- d) vzniká pri náhodnom odpojení svetelného kábla od optiky počas operácie
- e) môže k nemu dôjsť aj bez priameho kontaktu s tkanivom

12. O laparoskope (optike) v súvislosti s rizikom termického poškodenia neplatí:

- a) optika nesmie byť v priamom kontakte s vnútrobrušnými orgánmi
- b) prolongovaný kontakt tenkého čreva s optikou môže viesť ku koagulačnej nekróze
- c) nemôže byť príčinou termického poškodenia
- d) teplota na konci optiky dosahuje 60-100 °C
- e) teplota na konci optiky rastie pri použití komponentov optického reťazca od rôznych dodávateľov (parciálna funkčná kompatibilita)

13. Odpojený svetelný kábel v kontakte s rúškovacím materiálom spôsobí jeho horenie za:

- a) okamžite
- b) 1-6 sekúnd
- c) 10 sekúnd
- d) 15 sekúnd
- e) nespôsobí horenie

14. O zdroji svetla neplatí:

- a) patrí medzi vysokoenergetické zariadenia
- b) zapnúť sa môže hocikedy
- c) zapnúť by sa mal až vtedy, keď je svetelný kábel pripojený k optike
- d) produkuje svetelnú aj tepelnú energiu
- e) je zložkou optického reťazca

## 10. Vysokoenergetické zdroje v laparoskopickej chirurgii II.

Moderné hemostatické technológie boli hybnou silou búrlivého rozvoja laparoskopickej chirurgie, nakoľko umožnili veľmi efektívnu kontrolu krvácania. Vzhľadom k uvedenému, predstavujú podobne ako zdroj svetla, základné technologické vybavenie, bez ktorého sa nezaobíde prakticky žiadny laparoskopický operačný výkon. Spoločným menovateľom hemostatických zariadení je tvorba veľkého množstva tepla, ktoré môže byť príčinou termického poškodenia okolitých tkanív a orgánov.

### 10.1 Monopolárna elektrokoagulácia

Monopolárna elektrokoagulácia je v rebríčku hemostatických modalít označiteľná za:

- najdlhšie existujúcu
- najdostupnejšiu
- najčastejšie využívanú
- neekonomickjšiu

Pracuje na princípe prechodu vysokofrekvenčného elektrického prúdu tkanivami, čo vedie k ich ohriatiu a následnej koagulácii. Presný výpočet intenzity ohriatia tkaniva v kontakte s aktívnou elektródou vyjadruje vzorec:

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

(I – elektrický prúd, r – kontaktná plocha elektródy, R – rezistencia tkaniva, t – čas expozície)

Z uvedeného vyplýva, že celková tepelná zmena je:

- priamo úmerná druhej mocnine intenzity prúdu
- priamo úmerná rezistencii tkaniva
- priamo úmerná dĺžke aplikácie
- nepriamo úmerná štvrtnej mocnine plochy aktívnej elektródy

Snahou operátora by malo byť dosiahnutie efektívnej hemostázy počas prerušovania tkaniva, pri čo najnižšej tepelnej zmene. Takýto postup minimalizuje riziko kolaterálneho termického poškodenia, pre ktoré sú rozhodujúcimi veličinami intenzita prúdu a dĺžka aktivácie. Z bezpečnostného hľadiska je preto najvhodnejšie používať krátke aplikácie (ak treba opakované), pri nastavení generátora na nízky výkon.

Prílišné prehriatie koagulovaného tkaniva je možné odhadnúť aj vizuálne:

- hnedé sfarbenie tkaniva – teploty okolo 200 °C
- čierne príškvary – teploty okolo 400 °C
- blízkosť kovového materiálu (svorky, staplerové línie) – 1 000 °C

Zvýšenie efektivity monopolárnej elektrokoagulácie, pri danej intenzite a dĺžke expozície, je možné použitím elektród s malou kontaktnou plochou (tenké – napr. háčik, okraj lopatky) a udržiavaním adekvátneho ťahu a protiťahu na prerušovanom tkanive.

Z hľadiska mechanizmu vzniku tepelných poranení pri sa pri používaní monopolárnej elektrokoagulácie uplatňuje:

- zlyhanie ľudského faktora
  - priame poškodenie
  - šírenie tepelnej energie do okolia
- latentné riziko – stav a usporiadanie používaných portov a nástrojov
  - poškodená izolácia
  - priame vedenie
  - kapacitačné vedenie
  - indukčné vedenie

Priame poškodenie vzniká aktiváciou elektródy na nevhodnom mieste pričom patogeneticky sa uplatňuje:



- aktivácia omylom
- kontakt s iným, ako zamýšľaným cieľovým tkanivom
- aktivácia v kontakte (dotykom) alebo v blízkosti vodičov (elektrickým oblúkom) v operačnom poli (kovové svorky, staplerové línie)

Šírenie tepelnej energie do okolia je priamo úmerné celkovému ohriatiu tkaniva (viď vyššie). Súčasne je treba brať do úvahy fakt, že skoagulované tkanivo sa stáva elektricky nevodivým (stúpa jeho rezistencia), čo priamo úmerne zvyšuje tepelný efekt. Šírenie termickej energie preto pri nesprávnom používaní monopolárnej elektrokoagulácie dosahuje vzdialenosť až 1-1,5 cm od aktívnej elektródy; obzvlášť výrazné je pozdlž tubulárnych štruktúr (cievy, žilčové cesty).

Poškodená izolácia elektrokoagulačne aktívnych nástrojov predstavuje najčastejšiu príčinu tepelných poranení v laparoskopickej chirurgii. Môže byť spôsobená:

- výrobnou chybou
- mechanickým poškodením
- roztavením izolačnej vrstvy v dôsledku kapacitácie pri otvorenom okruhu (aktivácia elektródy bez kontaktu s tkanivom, pri vysokovoltážnom nastavení generátora)
- opakovanou sterilizáciou

K poškodeniu izolácie môže dôjsť na rôznych úrovniach plášťa inštrumentu:

- mimo brušnú dutinu – hrozí popálenie operátora
- v rozsahu portu – pri kovových portoch dochádza pri aktivácii nástroja k záškľbom pacienta (kontrakcia svalov brušnej steny)
- v oblasti medzi koncom portu a vizualizovanou časťou nástroja – lézia mimo zorné pole – najnebezpečnejšia situácia!
- vo vizualizovanej časti inštrumentu – lézia v zornom poli

Priame vedenie znamená prenos prúdu z aktívnej elektródy na optiku (prípadne iný kovový neizolovaný inštrument). V situácii, keď je použitý plastový port, ktorý bráni odvedeniu blúdivých prúdov do brušnej steny, dôjde k termickému poškodeniu vnútrobrušných orgánov na rozhraní optiky/neizolovaného inštrumentu a konca portu – t.j. mimo zorné pole!

Kapacitačné vedenie je dôsledkom kapacitácie – tá vzniká, ak sú dva vodiče oddelené nevodičom, t.j.:

- izolovaný elektrokoagulačný nástroj je zavedený cez kovový port – vznikajúci prúd je odvádzaný do brušnej steny, bez negatívnych dôsledkov pre pacienta
- port je odizolovaný od brušnej steny – vznikajúci prúd sa prenáša na vnútrobrušné orgány v oblasti kontaktnej plochy s kovovým komponentom zostavy – mimo zorné pole! Uvedená situácia môže nastať v prípade ak je:

- vodivý port utesnený plastovou objímkou (izolovaný od kože)
- do plastového portu zasunutá kovová redukcia (redukčný tubus/port)
- je použitý elektrokoagulačný nástroj v pracovnom kanáli laparoskopu a optický port odizolovaný od kože (plastový alebo kovový s plastovou objímkou)

Indukčné vedenie – pri pridlhom elektrokoagulačnom kábli, ktorý je stočený a fixovaný na jednom mieste (Obr. 32), vzniká podobný efekt ako v cievke – hrozí plošné popálenie kože pacienta – úplne mimo operačné pole.

## 10.2 Praktické cvičenie – preparácia tkanív

**Cieľ:** Oboznámiť sa a nacvičiť správnu taktiku a techniku preparácie tkanív v laparoskopической chirurgii, prehĺbiť schopnosť vizuálno-motorickej a bimanuálnej koordinácie, ako aj techniku svorkovania a bezpečného použitia elektrokoagulácie

**Teoretické aktivity:** ozrejenie správnej taktiky a techniky preparácie tkanív

zdôraznenie dôležitosti princípov vizualizácie a identifikácie prerušovaných štruktúr, ťahu a protiťahu a minimálne traumatizujúcej manipulácie s tkanivami

**Praktické aktivity:** praktický nácvik preparácie tkanív vo virtuálnej realite – preparácia d. a a. cystica v Calotovom trojuholníku pomocou Kelly dissektora a elektrokoagulácie, s dôrazom na bezpečnú aplikáciu monopolárnej elektrokoagulácie (5 opakovaní) (Obr. 33) – zložitá komplexná úloha

praktický nácvik preparácie tkanív vo virtuálnej realite – preparácia žlčníka z lôžka pomocou monopolárneho elektrokoagulačného háčika s dôrazom na bezpečnú aplikáciu monopolárnej elektrokoagulácie (5 opakovaní) (Obr. 34) – zložitá komplexná úloha

praktický nácvik preparácie tkanív na mechanickom trenažeri – incízia kože a podkožia kuracieho krídla pomocou monopolárnej elektrokoagulácie, preparácia a identifikácia cievnych štruktúr, ich bezpečné zasvorkovanie a prerušenie (1 opakovanie) (Obr. 35-38)

**Pomôcky:** trenažér vo virtuálnej realite  
laparoskopická veža (kamera, optika, zdroj svetla, monitor)  
laparoskopické inštrumentárium (porty – 2x11 mm, 1x6 mm, nástroje – 2x Kelly disektor, nožnice, svorkovač, svorky, záklopková redukcia 11/6 mm)  
mechanický trenažér + model

**Princíp modelu:** izolované kuracie krídlo – realistické tkanivo umožňujúce nácvik preparácie cievnych štruktúr, ich zasvorkovanie a prerušenie, pri súčasnej potrebe jemnej a presnej manipulácie s tkanivom

### 10.3 Autodidaktický test 10

1. Vysokoenergetické hemostatické zdroje sú charakteristické:

- a) mimoriadnou bezpečnosťou
- b) zriedkavým využitím
- c) produkciou veľkého množstva tepla
- d) prakticky nulovým rizikom termického poranenia
- e) limitovanou kontrolou krvácania

2. Zmenu teploty tkaniva pri použití monopolárnej elektrokoagulácie, kde  $I$  = elektrický prúd,  $r$  = kontaktná plocha elektródy,  $R$  = rezistencia tkaniva,  $t$  = čas expozície, správne vystihuje závislosť:

- a) zmena teploty =  $(I / r^4) R t$
- b) zmena teploty =  $(I^2 / r) R t$
- c) zmena teploty =  $(I^2 / r^4) R t$
- d) zmena teploty =  $(I / r^3) R t$
- e) zmena teploty =  $(I^2 / r^2) R t$

3. Celková zmena teploty tkaniva pri použití monopolárnej elektrokoagulácie je nepriamo úmerná:

- a) intenzite prúdu
- b) štvrtej mocnine plochy aktívnej elektródy
- c) dĺžke aplikácie
- d) rezistencii tkaniva
- e) druhej mocnine plochy aktívnej elektródy

4. Celková zmena teploty tkaniva pri použití monopolárnej elektrokoagulácie je priamo úmerná:

- a) druhej mocnine dĺžky aplikácie
- b) štvrtej mocnine plochy aktívnej elektródy
- c) druhej mocnine rezistencie tkaniva
- d) tretej mocnine intenzity prúdu

e) dĺžke aplikácie

5. O monopolárnej elektrokoagulácii, ako o hemostatickej modalite neplatí:

- a) je najbezpečnejšia
- b) je najstaršia
- c) je najdostupnejšia
- d) je najlacnejšia
- e) je najbežnejšie používaná

6. Pre bezpečné používanie monopolárnej elektrokoagulácie je najdôležitejšie:

- a) používať krátke aktívacie pri čo najvyššom výkone
- b) používať krátke aktívacie pri čo najnižšom výkone
- c) vždy nastaviť generátor na čo najvyšší výkon, bez ohľadu na dĺžku aktívacie
- d) používať dlhé aktívacie pri čo najvyššom výkone
- e) používať dlhé aktívacie pri čo najnižšom výkone

7. Pri použití monopolárnej elektrokoagulácie znamená hnedé sfarbenie tkaniva teplotu:

- a) okolo 200 °C
- b) menej ako 60 °C
- c) približne 100 °C
- d) asi 150 °C
- e) okolo 400 °C

8. Pri použití monopolárnej elektrokoagulácie znamená vznik čierneho príškvaru teplotu:

- a) asi 200 °C
- b) okolo 400 °C
- c) približne 100 °C
- d) asi 150 °C
- e) okolo 1 000 °C

9. Pri použití monopolárnej elektrokoagulácie v blízkosti kovového materiálu sa dosahuje teplota:

- a) okolo 100 °C
- b) približne 200 °C
- c) až 1 000 °C
- d) asi 400 C °
- e) okolo 600 °C

10. Latentné riziko pre vznik termických lézií pri používaní monopolárnej elektrokoagulácie nepredstavuje:

- a) priame šírenie tepla do okolia
- b) kapacitačné vedenie
- c) priame vedenie
- d) indukčné vedenie
- e) poškodená izolácia nástrojov

11. Šírenie tepla do okolia pri použití monopolárnej elektrokoagulácie môže dosahovať vzdialenosť:

- a) 1 - 1,5 cm
- b) 1 - 1,5 mm
- c) menej ako 1 mm
- d) 5 - 10 mm
- e) 1,5 - 2,5 mm

12. Poškodenie izolácie elektrokoagulačných nástrojov nevzniká v dôsledku:

- a) opakovanej sterilizácie
- b) výrobných chyby
- c) roztopením kapacitáciou pri zatvorenom okruhu
- d) roztavením kapacitáciou pri otvorenom okruhu
- e) mechanickým poškodením

13. V prípade poškodenia izolačnej vrstvy elektrokoagulačného nástroja je z hľadiska rizika termického poranenia jeho najnebezpečnejšia lokalizácia v oblasti:

- a) mimo brušnú dutinu
- b) medzi koncom portu a vizualizovanou časťou nástroja
- c) v rozsahu portu
- d) vo vizualizovanej časti nástroja
- e) v každej lokalizácii je rovnako nebezpečná

14. O kapacitačnom vedení neplatí:

- a) riziko termickej lézie vzniká pri kombinácii kovového portu s plastovou objímkou
- b) termická lézia vzniká mimo zorné pole
- c) riziko termickej lézie vzniká, ak je do plastového portu zasunutý kovový redukčný tubus
- d) riziko termickej lézie vzniká pri použití elektrokoagulačných inštrumentov cez kovové porty
- e) predstavuje riziko z kategórie latentných systémových rizík vo vzťahu k použitému inštrumentáriu a jeho usporiadaniu

## 11. Vysokoenergetické zdroje v laparoskopickej chirurgii III.

### 11.1 Bipolárna elektrokoagulácia

Zatiaľ čo pri monopolárnej elektrokoagulácii prechádza elektrický prúd telom pacienta smerom k zbernej elektróde, bipolárna ho koncentruje medzi dve aktívne elektródy v tesnom kontakte. To spôsobuje, že na obdobný efekt je v bipolárnom móde potrebné oveľa menšie množstvo energie, s proporcionálne menšou tvorbou tepla. Vzhľadom k uvedenému je bipolárna elektrokoagulácia z hľadiska rizika tepelných poranení bezpečnejšia. Súčasne je potrebné zdôrazniť, že aj pri bipolárnej elektrokoagulácii dochádza ku kolaterálnemu šíreniu tepelnej energie, a to až do vzdialenosti 5 mm od aktívnych elektród. Tento fenomén je spôsobený najmä vyšším stupňom koagulácie tkaniva v porovnaní s monopolárnym módom, a tým aj s jeho zvýšenou rezistenciou.

### 11.2 Ultrazvukový nôž (harmonický skalpel)

Patrí medzi najmodernejšie hemostatické technológie. Využitím ultrazvukovej energie umožňuje uzatváranie ciev malého až stredného kalibru. Ultrazvukový nôž možno súčasne charakterizovať ako potenciálne najväčšieho producenta tepelnej energie. Dôvodom je fakt, že absolútne množstvo aplikovanej energie je kontrolované operátorom – t.j. výsostne subjektívne.

Maximálna dosiahnuteľná teplota aktívnych častí nástroja pritom závisí na:

- intenzite nastavenia generátora (stupeň nastavenia 1-5)
- dĺžke aktivácie
- hrúbke prerušovaného tkaniva (nepriamo úmerne)

Počas experimentálnej aktivácie ultrazvukového noža na 13 sekúnd, pri nastavení generátora na maximálny výkon (stupeň 5), dosahuje maximálna teplota aktívnej časti nástroja pri starších typoch generátorov až 294 °C. Táto situácia vedie k ohrevu tkanív nad 60 °C až do vzdialenosti 2,5 cm, pričom teplota vo vzdialenosti 1 cm je takmer 140 °C. Teplota aktívnej časti ultrazvukového noža dokonca naďalej stúpa ešte aj po ukončení aktivácie, pričom ochladenie na bezpečných 60 °C trvá 18-45 sekúnd. Akékoľvek termické poškodenia orgánov a tkanív v dôsledku použitia ultrazvukového noža pritom nie sú vizuálne detegovateľné!



Pre bezpečné používanie ultrazvukového noža je nevyhnutné:

- nepoužívať ultrazvukový nôž ako úchopový inštrument
- generátor nastavovať maximálne na stupeň 3
- dobu aktivácie limitovať na 5 sekúnd a menej
- uvedomovať si riziká s ním spojené

Z hľadiska bezpečnosti je významným pokrokom fakt, že posledná generácia ultrazvukových nožov už limituje maximálnu dosiahnutú teplotu koncovej časti inštrumentu a súčasne informuje alarmom o jej dosiahnutí.

### **11.3 Impedanciou kontrolovaná bipolárna elektrokoagulácia**

Predstavuje z hľadiska bezpečnosti v súčasnosti najdokonalejšiu hemostatickú technológiu. Využíva minimálne množstvo energie potrebné pre efektívnu hemostázu, nakoľko jej produkcia je kontrolovaná priamo zariadením, podľa zmien v impedancii prerušovaného tkaniva. Maximálna dosiahnuteľná teplota preto nepresahuje 105 °C a kolaterálne šírenie tepelnej energie do okolia je menšie ako 5 mm. Histologické zmeny v zmysle koagulačnej nekrózy sú prítomné len do vzdialenosti 1,5 mm. Istou nevýhodou je čas potrebný na ochladenie nástroja pod 60 °C, ktorý predstavuje 9-19 sekúnd (nepoužívať ako úchopový inštrument). Pri využití impedanciou kontrolovanej bipolárnej elektrokoagulácie v laparoskopickej chirurgii dochádza k oslabeniu hemostatickej efektivity koncového inštrumentu po 25-30 aktiváciách (mal by sa vymeniť).

Na záver je nevyhnutné zdôrazniť, že akákoľvek hemostatická modalita je zaťažená šírením tepelnej energie do okolia, s následným rizikom vzniku termických poškodení. Vzhľadom k tomu je z hľadiska ich prevencie potrebné:

- postupovať obozretne v okolí rizikových anatomických štruktúr (žlčové cesty, močovod, veľké cievy, semenovod)
- limitovať aktiváciu v blízkosti kovových materiálov (staplerové línie, kovové svorky)
- nepoužívať energeticky aktívne inštrumenty ako úchopové nástroje

- udržiavať aktívnu časť inštrumentov vždy v zornom poli
- ovládať aktiváciu hemostatických zariadení výhradne operátorom
- používať nastavenia generátorov na nižší výkon, využívajúc kratšie aplikácie

## 11.4 Praktické cvičenie – manipulácia s ihlou

**Cieľ:** Nácvik techniky intrakorporálnej manipulácie s ihlou, prehĺbenie schopnosti vizuálno-motorickej a bimanuálnej koordinácie

**Teoretické aktivity:** vysvetlenie spôsobov úchopu ihly a manipulácie s ňou s dôrazom na bezpečnosť

vysvetlenie princípov dopravenia ihly a šijacieho materiálu do/z brušnej dutiny

**Praktické aktivity:** nácvik bezpečného dopravenia ihly a šijacieho materiálu do/z brušnej dutiny pomocou redukčného tubusu

nácvik rôznych spôsobov úchopu ihly a manipulácie s ňou s dôrazom na bezpečnosť

prevliekanie ihly cez kovové očká v presne definovanom poradí a pod rôznym uhlom (10 opakovaní) (Obr. 39)

**Pomôcky:** laparoskopická veža (kamera, optika, zdroj svetla, monitor)  
laparoskopické inštrumentárium (porty – 2x11 mm, 1x6 mm, nástroje – 2x ihelec, redukčný tubus, nožnice, šijací materiál)  
mechanický trenážér + model

**Princíp modelu:** postupnosť tvorená 10 očkami vo variabilnej lokalizácii a rôznej orientácii vo vzťahu k horizontále

## 11.5 Autodidaktický test 11

1. O bipolárnej elektrokoagulácii neplatí:

- a) používa dve aktívne elektródy
- b) tkanivo koaguluje efektívnejšie ako monopolárna
- c) tvorí sa pri nej menej tepla
- d) z hľadiska rizika termických poškodení je bezpečnejšia ako monopolárna
- e) nedochádza pri nej k šíreniu tepla do okolia

2. Pri použití bipolárnej elektrokoagulácie dochádza ku kolaterálnemu šíreniu tepelnej energie do vzdialenosti:

- a) ku kolaterálnemu šíreniu tepla nedochádza
- b) do 5 mm
- c) do 1 mm
- d) do 3 mm
- e) do 10 mm

3. Pri použití bipolárnej elektrokoagulácie môže termická lézia vzniknúť:

- a) priamym šírením tepelnej energie do okolia
- b) priamym vedením
- c) kapacitačným vedením
- d) všetkými uvedenými mechanizmami
- e) termická lézia nevzniká

4. Tepelná energia vznikajúca pri použití ultrazvukového noža je:

- a) priamo úmerná hrúbke tkaniva
- b) nepriamo úmerná dĺžke aplikácie
- c) kontrolovaná subjektívne
- d) nepriamo úmerná intenzite
- e) nezávislá od dĺžky aplikácie a intenzity nastavenia generátora

5. Tepelná energia vznikajúca pri použití ultrazvukového noža nezávisí na:

- a) dĺžke aplikácie
- b) rozhodnutí operátora
- c) kapacitácii
- d) hrúbke tkaniva
- e) intenzite nastavenia generátora

6. Najväčšie množstvo celkovej tepelnej energie môže potenciálne vznikáť pri použití:

- a) monopolárnej elektrokoagulácie
- b) ultrazvukového noža staršej generácie
- c) bipolárnej elektrokoagulácie
- d) svetelného zdroja a svetelného kábla od rôznych dodávateľov
- e) impedanciou kontrolovanej bipolárnej elektrokoagulácie

7. Termické poškodenia tkanív ultrazvukovým nožom:

- a) nemajú makroskopické prejavy
- b) sfarbujú tkanivo do hnedá
- c) tvoria čierne príškvary
- d) spôsobujú belavé nekrózy
- e) nemožno redukovať žiadnymi bezpečnostnými opatreniami

8. Pre čo najbezpečnejšie používanie ultrazvukového noža neplatí:

- a) samotná konštrukcia ultrazvukového noža vylučuje jeho nebezpečné používanie
- b) generátor by mal byť nastavený na stupeň 3 a menej
- c) dĺžka aktivácie by nemala presiahnuť 5 sekúnd
- d) operátor by si mal uvedomovať riziká používanej technológie
- e) ultrazvukový nôž by sa nemal používať ako úchopový nástroj

9. Ochladzovanie koncovej časti inštrumentu ultrazvukového noža pod 60 °C trvá:

- a) 5-16 sekúnd
- b) 20-30 sekúnd
- c) 18-45 sekúnd

- d) 1-3 sekundy
- e) 2-3 minúty

10. Z hľadiska potenciálneho rizika vzniku termických poškodení ja za najbezpečnejšiu technológiu možné považovať:

- a) monopolárnu elektrokoaguláciu
- b) bipolárnu elektrokoaguláciu
- c) ultrazvukový nôž
- d) impedanciou kontrolovanú bipolárnu elektrokoaguláciu
- e) všetky uvedené sú rovnako bezpečné

11. Ktorá z hemostatických modalít je charakteristická objektívnou kontrolou množstva energie nevyhnutnej pre efektívnu hemostázu?

- a) žiadna
- b) monopolárna elektrokoagulácia
- c) bipolárna elektrokoagulácia
- d) ultrazvukový nôž
- e) impedanciou kontrolovaná bipolárna elektrokoagulácia

12. Histologické zmeny okolitého tkaniva z dôvodu ohriatia, pri použití impedanciou kontrolovanej bipolárnej elektrokoagulácie, sú pozorovateľné do vzdialenosti:

- a) 5 mm
- b) 1,5 mm
- c) 1 cm
- d) 1,5 cm
- e) 2,5 cm

13. Aktivácia vysokoenergetických hemostatických zariadení by mala byť ovládaná:

- a) inštrumentárkou
- b) 1. asistentom
- c) operatérom
- d) medicínskym technikom

e) špeciálnym asistentom pre ovládanie hemostatických zariadení

14. Hlavným teoretickým problémom použitia impedanciou kontrolovanej bipolárnej elektrokoagulácie v laparoskopической chirurgii je:

- a) produkcia objektívne nekontrolovateľného množstva energie
- b) degradácia hemostatickej efektivity inštrumentu po 25-30 aktiváciách
- c) významné šírenie tepelnej energie do okolia
- d) vysoká teplota koncovej časti inštrumentu
- e) významné riziko termických poranení tkanív a orgánov

## 12. Intrakorporálne šitie a uzlenie v laparoskopickej chirurgii

### 12.1 Ergonómia šitia a uzlenia

Intrakorporálne šitie a uzlenie predstavuje nesmierne komplexný proces, náročný na psychomotoricko-senzorickú a bimanuálnu koordináciu. Napriek tomu patrí k základným technickým zručnostiam, ktoré nevyhnutne musí zvládnuť každý chirurg. Pre optimálnu výkonnosť je nutné rešpektovať všetky zásady ergonómie v laparoskopickej chirurgii, so špeciálnym dôrazom na manipulačný uhol (správne situovať porty), typ rúčky používaných ihelcov (ceruzkovité – maximálna voľnosť pohybu) a správnu techniku tvorby uzla.

### 12.2 Inštrumenty a šijací materiál

Ihla – z dôvodu limitovaného priesvitu laparoskopických portov je veľkosť použiteľnej ihly limitovaná. Využívané sú:

- konvenčné ihly (veľkosť maximálne 22-24 mm) – najčastejšie
- špeciálne „ski“ ihly (v tvare lyže) – výhodné v ťažko dostupných oblastiach
- rovné ihly

Charakteristiky vlákna – z hľadiska typu vlákna šijacieho materiálu sa preferuje splietané, nakoľko má menšiu tvarovú pamäť, lepšie sa s ním manipuluje a je stabilnejšie v uzle (monofilamentné vlákna sú príliš rigidné, s tendenciou k rozvázovaniu). Čo sa týka dĺžky vlákna, je nutné si uvedomiť, že zväčšením laparoskopického obrazu viac ako štvornásobne dochádza pri dlhom vlákne k neprehľadnej situácii v operačnom poli – vo všeobecnosti sa preto pre jednotlivý steh volí vlákno cca 10 cm dlhé, pre pokračovací steh maximálne 20 cm.

Ihelce – hoci s vláknom a ihlou sa dá manipulovať akýmkoľvek úchopovým nástrojom, optimálne je na túto činnosť využívať ihelce, ktoré sú na to konštrukčne prispôbené. V opačnom prípade hrozí:

- poškodenie brandží úchopového inštrumentu
- poškodenie vlákna (vrátane jeho pretrhnutia)
- zapadnutie vlákna do uzatváracieho mechanizmu brandží úchopového nástroja



### 12.3 Manipulácia so šijacím materiálom

Na bezpečné dopravenie ihly a šijacieho materiálu do/z brušnej dutiny, je pri použití portov so záklopkovou chlopňou potrebný redukčný tubus. Vlákno sa uchopí približne 1 cm za uškom ihly, tá sa vtiahne do tubusu a bezpečne sa zavedie do brušnej dutiny, resp. sa z nej odstráni (Obr. 40-42).

Keďže ostrý hrot ihly predstavuje potenciálne veľké riziko (v prípade, že je ihla fixovaná v ihelci), je vhodnejšie pri manipulácii so šijacím materiálom v brušnej dutine používať ťah za vlákno. V prípade držania za ihlu je nevyhnutné, aby bola neustále v zornom poli a plne pod kontrolou.

Úchop ihly sa riadi rovnakými pravidlami ako v klasickej chirurgii – ihlu fixujeme v ihelci približne v 1/3 jej dĺžky pod uškom, v strede brandží a kolmo na dlhú os ihelca. Na samotný úchop ihly sa môže využiť:

- zdvihnutie zo serózou krytého orgánu „tlakovým“ manévrom (zatlačenie pootvoreného ihelca s ihlou nadol, pri súčasnom zatváraní brandží)
- technika balansujúcej baletky (úchop vo vzduchu a správne nasmerovanie ťahom za vlákno)
- prechytenie z druhého ihelca

Penetrácia tkanivom – vzhľadom na limitovanú plochu brandží ihelcov je dôležité dbať na čo najjemnejšiu manipuláciu s tkanivom. Vzdialenosť vpichu sa volí 3-5 mm od okraja približovaných tkanív (pozor na zväčšenie obrazu), vykonáva sa pod pravým uhlom, s následným supinačným pohybom kopírujúcim zakrivenie ihly.

Extrakcia ihly z brušnej dutiny musí prebiehať vždy za prísnej vizuálnej kontroly. Strata ihly v brušnej dutine predstavuje vždy veľmi závažný problém.

### 12.4 Tvorba uzla

Pre pochopenie taktiky tvorby uzla je nevyhnutné definovať pojmy:

- dominantný ihelec – ihelec v dominantnej ruke (pre praváka pravý)

- nedominantný ihelec – ihelec v nedominantnej ruke
- aktívny ihelec – ihelec, ktorý je v danom čase v pohybe
- pasívny ihelec – ihelec, ktorý sa v danom čase nepohybuje

V procese tvorby uzla sa využíva zrkadlové navíjanie slučiek na obe strany, takže aj dominantný ihelec sa v určitej fáze stáva pasívnym, a naopak nedominantný aktívnym.

Vytvorenie prvého polkruhu – po penetrácii tkanivom prechytíme vlákno do dominantného ihelca, čím sa vytvorí polkruh v tvare písmena C. Do takto vytvoreného polkruhu smeruje z vonkajšej strany zhora nedominantný ihelec, ktorý je pasívny. Následne dominantný, aktívny ihelec, navíja dva náviny vlákna na nedominantný pasívny ihelec a takto vytvorený poluzol sa zatiahne (doťahovať je nutné vždy za vlákno, v približne rovnakej vzdialenosti od uzla na oboch stranách).

Vytvorenie druhého polkruhu – následne vykonáme zrkadlový postup – chytíme koniec vlákna do nedominantného, dovtedy pasívneho ihelca, čím sa vytvorí polkruh v tvare D (opačné C). Do takto vytvoreného polkruhu smeruje z vonkajšej strany zhora dominantný ihelec, ktorý je teraz pasívny. Nedominantný, teraz už aktívny ihelec navinie jeden návin vlákna okolo dominantného, t.č. pasívneho ihelca a uzol sa zatiahne. Takto vytvorený uzol je stabilný, čo je pre jeho kvalitu rozhodujúce.

## 12.5 Praktické cvičenie – jednoduchý a pokračovací steh

**Cieľ:** Pochopenie správnej techniky intrakorporálneho šitia a uzlenia, nácvik intrakorporálneho jednotlivého a pokračovacieho stehu; prehĺbenie schopnosti manipulácie s ihlou a vizuálno-motorickej a bimanuálnej koordinácie

**Teoretické aktivity:** vysvetlenie správnej techniky intrakorporálnej tvorby uzla  
ozrejenie správnej techniky intrakorporálneho šitia jednotlivým a pokračovacím stehom

**Praktické aktivity:** nácvik jednotlivého stehu na syntetickom modeli – vpich v mieste označenom bodkou, fixovanie ihly nedominantným ihelcom, jej prechytenie do dominantného, výpich v mieste označenom bodkou, fixovanie nedominantným ihelcom, tvorba chirurgického uzla metódou C a obráteného C (10 opakovaní) (Obr. 43)

nácvik jednotlivých (5 opakovaní) a pokračovacích stehov (5 opakovaní) na biologickom modeli (Obr. 31)

**Pomôcky:** laparoskopická veža (kamera, optika, zdroj svetla, monitor)  
laparoskopické inštrumentárium (porty – 2x11 mm, 1x6 mm, nástroje – 2x ihelec, redukčný tubus, nožnice, šijací materiál)  
mechanický trenažér + modely

**Princíp modelu:** syntetický model – fixovaná tubulizovaná časť gumovej rukavice s preformovaným otvorom a bodmi označujúcimi miesto vpichu a výpichu ihly pre jednoduchý intrakorporálny steh

biologický model – izolovaný kurací chrbát – realistické tkanivo umožňujúce nácvik správnej manipulácie s ním, vertikálna incízia kože a podkožia na nácvik jednotlivého a pokračovacieho stehu

## 12.5 Autodidaktický test 12

1. Z hľadiska ergonómie intrakorporálneho šitia a uzlenia v laparoskopickej chirurgii je najmenej dôležité:

- a) dodržať optimálny manipulačný uhol
- b) správne situovať porty
- c) používať ihelce s ceruzkovitou rúčkou
- d) operovať v optickej osi
- e) poznať a rešpektovať správnu techniku tvorby uzla

2. Pri intrakorporálnom šití a uzlení sa používajú ihly:

- a) len konvenčné, ľubovoľnej veľkosti
- b) len špeciálne „ski“ ihly
- c) len rovné ihly
- d) konvenčné ihly ľubovoľnej veľkosti, rovné aj „ski“ ihly
- e) konvenčné ihly limitovanej veľkosti, rovné aj „ski“ ihly

3. Pri intrakorporálnom šití a uzlení sa preferuje:

- a) splietané vlákno
- b) monofilamentné vlákno
- c) neexistuje preferencia z hľadiska typu vlákna
- d) vstrebateľné vlákno
- e) nevstrebateľné vlákno

4. Optimálna dĺžka vlákna pri jednotlivom intrakorporálnom stehu by mala byť približne:

- a) 7 cm
- b) 10 cm
- c) 15 cm
- d) 20 cm
- e) 25 cm

5. Optimálna dĺžka vlákna pri pokračovacom intrakorporálnom stehu by mala byť približne:

- a) 10 cm
- b) 15 cm
- c) 20 cm
- d) 25 cm
- e) 30 cm

6. Pokiaľ sa namiesto ihelca používa na manipuláciu s ihlou a šijacím materiálom úchopový inštrument hrozí – označte nesprávne tvrdenie:

- a) pretrhnutie vlákna
- b) poškodenie vlákna
- c) poškodenie brandží úchopového inštrumentu
- d) zapadnutie vlákna do uzatváracieho mechanizmu brandží úchopového nástroja
- e) poškodenie ihly

7. O fixácii ihly v ihelci pri jej úchope neplatí:

- a) fixuje sa v 1/2 dĺžky pod hrotom
- b) fixuje sa v 1/3 dĺžky pod uškom
- c) mala by sa nachádzať kolmo na dlhú os ihelca
- d) fixuje sa približne v strede brandží ihelca
- e) ak je fixovaná, musí byť neustále v zornom poli a pod kontrolou

8. Na úchop ihly sa nevyužíva:

- a) zdvihnutie z omenta
- b) prechytenie z druhého ihelca
- c) zdvihnutie zo serózou krytého orgánu
- d) technika „balansujúcej baletky“
- e) zdvihnutie z povrchu žalúdka

9. Pri penetrácii ihly tkanivom nie je správne:

- a) vpich lokalizovať približne 3-5 mm od okraja tkaniva
- b) smerovať ihlu kolmo na tkanivo

- c) sledovať pohybom zakrivenie ihly
- d) dostatočne jemne manipulovať s približovaným tkanivom
- e) vpich lokalizovať približne 1-3 mm od okraja tkaniva

10. Ako dominantný ihelec označujeme:

- a) aktívny ihelec
- b) ihelec v pravej alebo ľavej ruke, v zhode s dominantnou rukou operátora
- c) ihelec v ľavej ruke
- d) pasívny ihelec
- e) ihelec v pravej ruke

11. Ako aktívny ihelec označujeme:

- a) ihelec v pravej ruke (operatér ľavák)
- b) ihelec v ľavej ruke (operatér pravák)
- c) ihelec, ktorý v danom okamihu vykonáva pohyb
- d) ihelec, ktorý v danom okamihu nevykonáva pohyb
- e) dominantný ihelec

12. O procese tvorby uzla – vytváraní prvého polkruhu – neplatí:

- a) prvý polkruh má tvar písmena C
- b) prvý polkruh má tvar písmena D
- c) aktívny je dominantný ihelec
- d) pasívny ihelec smeruje do polkruhu z laterálnej strany zhora
- e) vytvárajú sa dva náviny vlákna

13. O procese tvorby uzla – druhého polkruhu – neplatí:

- a) druhý polkruh má tvar písmena C
- b) druhý polkruh má tvar písmena D
- c) aktívny je nedominantný ihelec
- d) pasívny ihelec smeruje do polkruhu z laterálnej strany zhora
- e) vytvára sa jeden návin vlákna

14. Rozhodujícím parametrom uzla je:

- a) počet návinov vlákna na jednu a druhú stranu
- b) jeho lokalizácia
- c) rýchlosť konštrukcie
- d) jeho druh
- e) stabilita

## Obrazová příloha

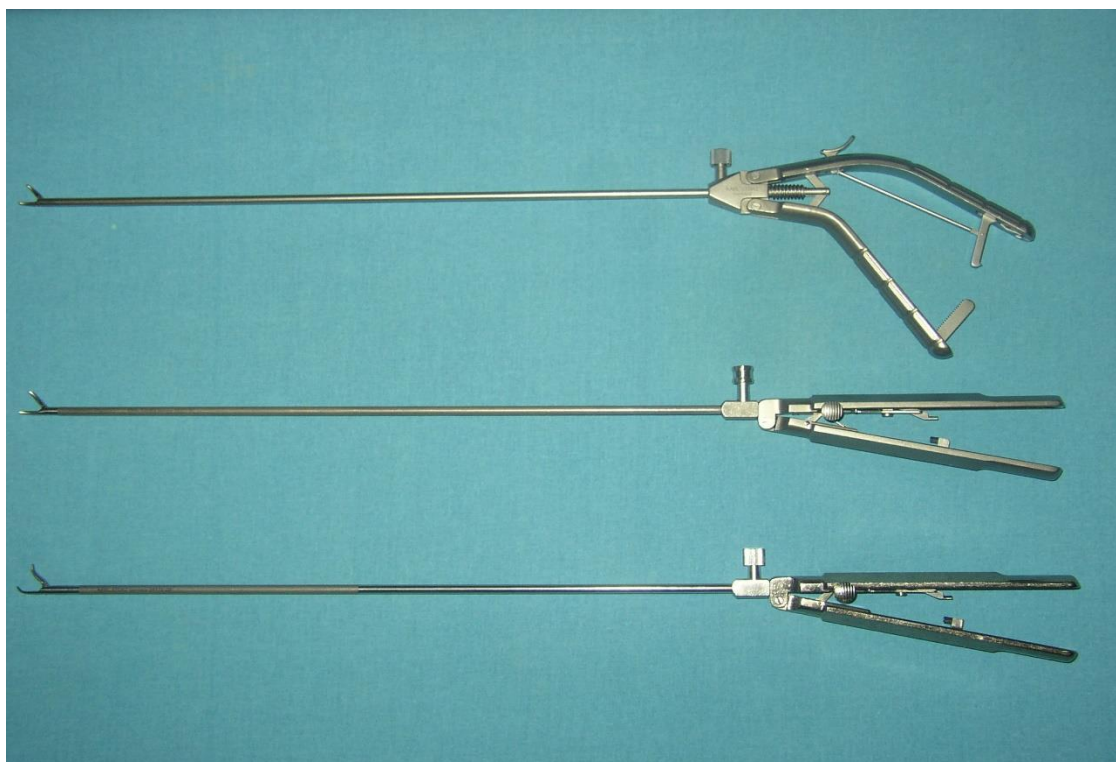


Obr. 1 Laparoskopická veža

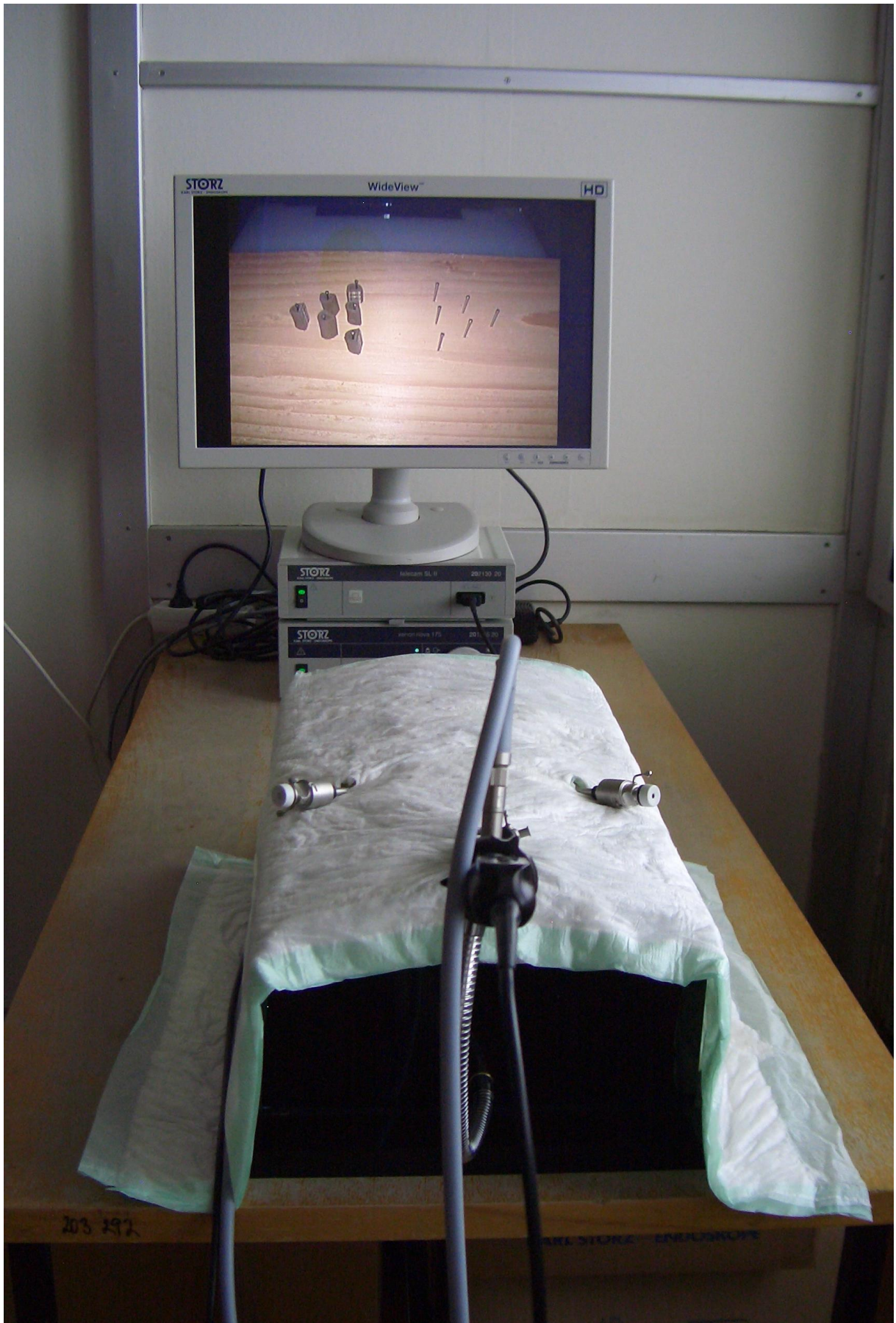




Obr. 2 Test funkčnosti Veressovej ihly



Obr. 3 Rôzne typy laparoskopických ihelcov



Obr. 4 Mechanický treňačér



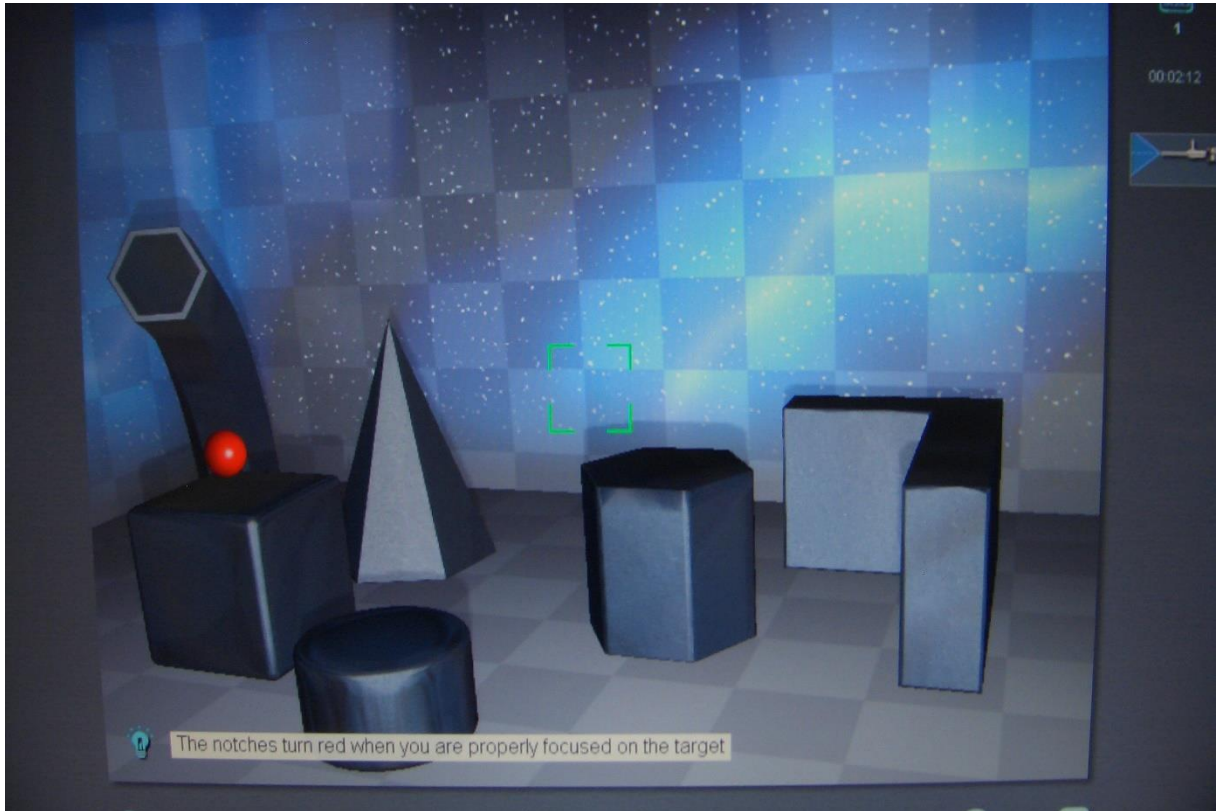
Obr. 5 Trenažér vo virtuálnej realite



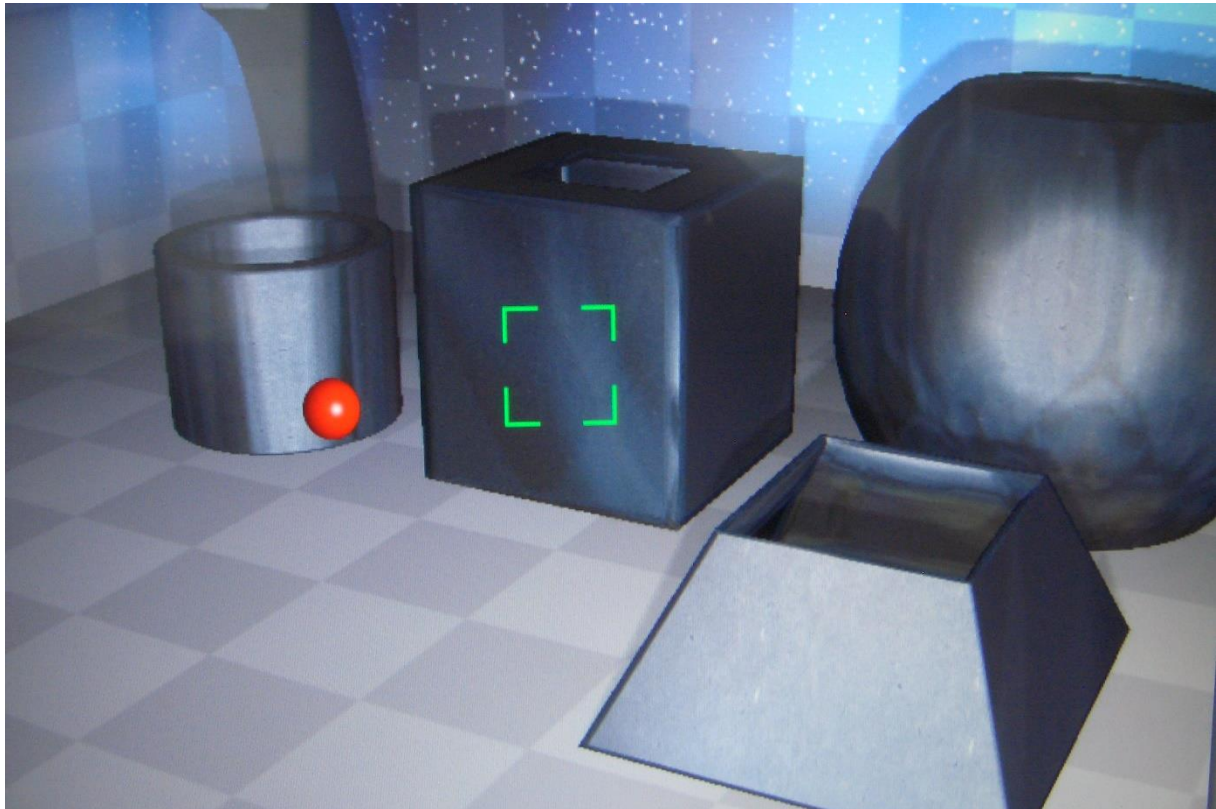
Obr. 6 Tímový nácvik na živých zvieratách



Obr. 7 Model imitujúci brušnú stenu



Obr. 8 Nácvik práce s  $0^\circ$  optikou vo virtuálnej realite – identifikácia a zameranie objektu



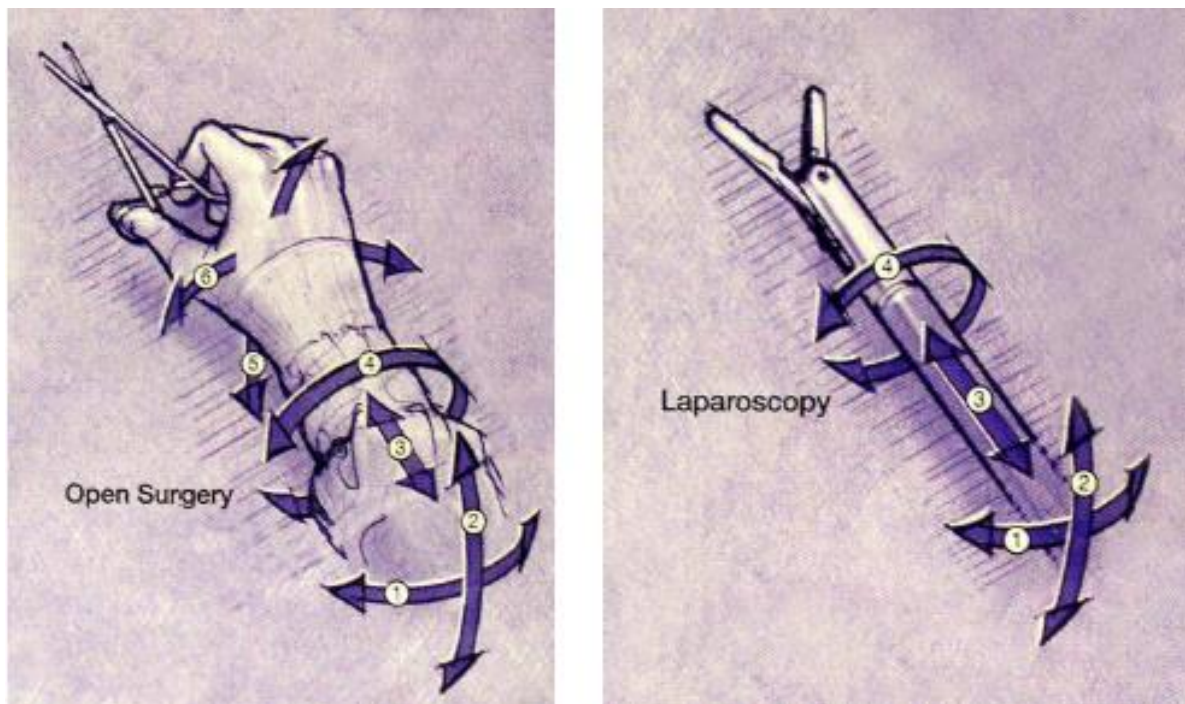
Obr. 9 Nácvik práce s  $30^\circ$  optikou vo virtuálnej realite – identifikácia a zameranie objektu



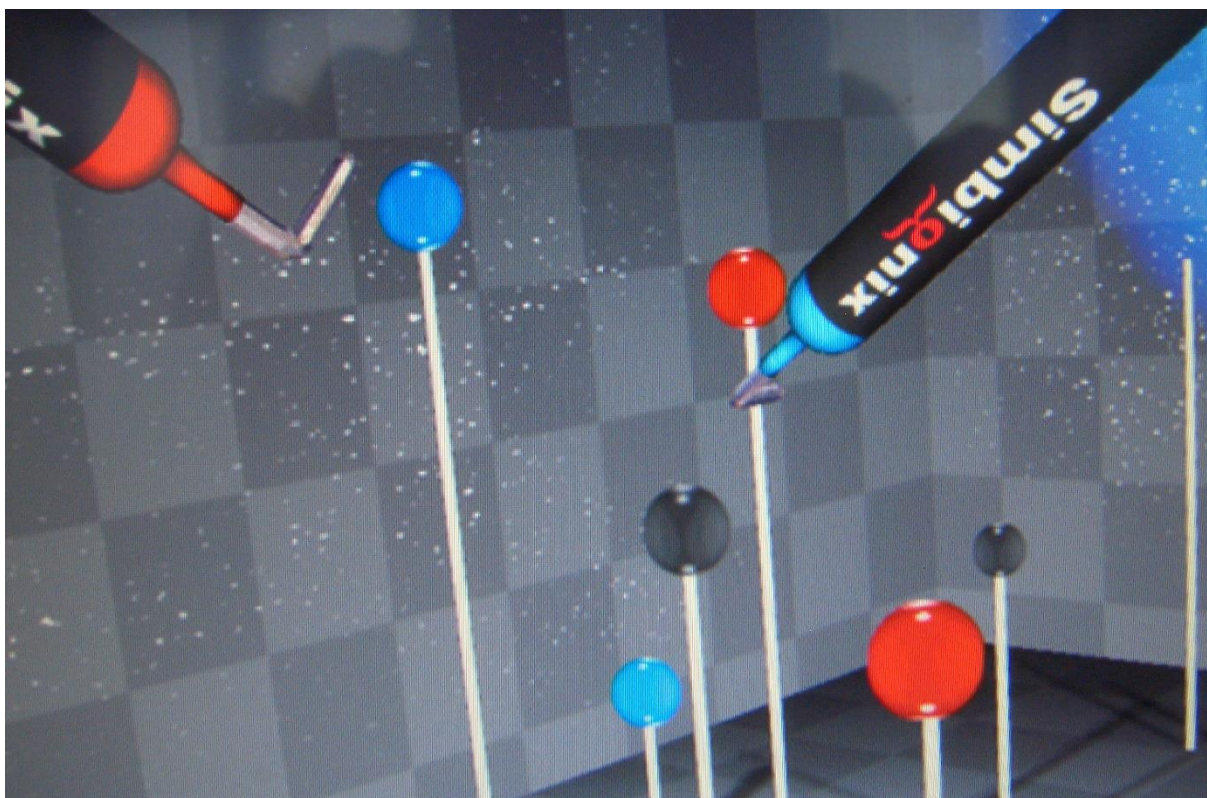
Obr. 10 Mechanický model – objekty v členitom priestore –  $0^\circ$  optika



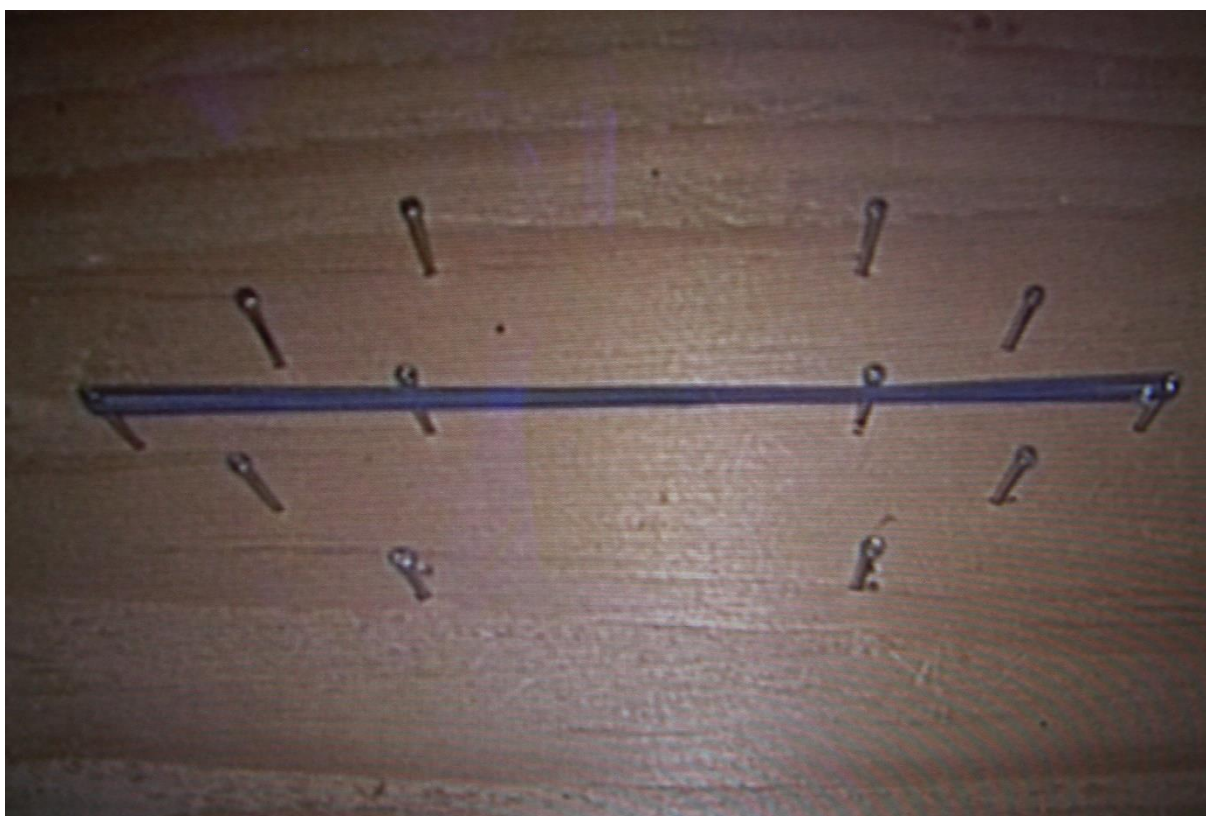
Obr. 11 Mechanický model – objekty v členitom priestore -  $30^\circ$  optika



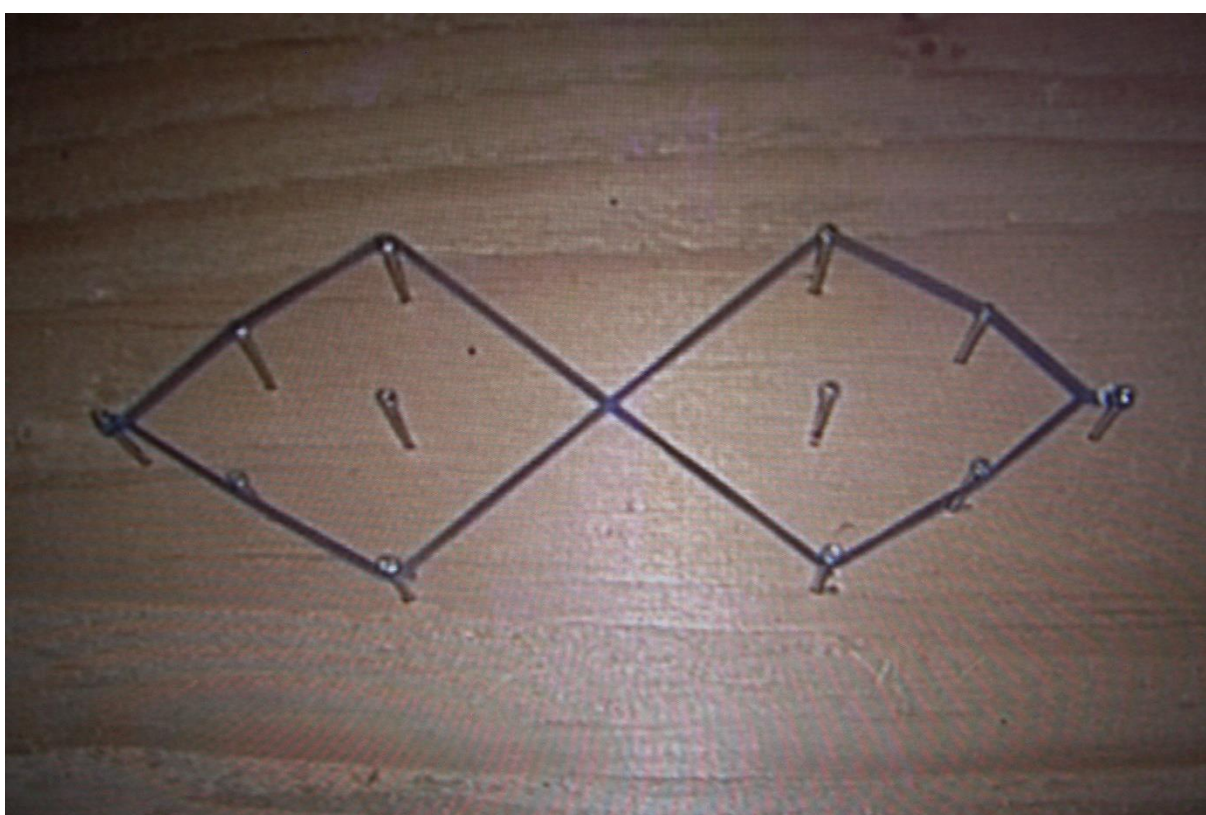
Obr. 12 Porovnanie voľnosti pohybu ľudskej ruky a laparoskopického nástroja



Obr. 13 Návčik vizuálno-motorickej koordinácie vo virtuálnej realite

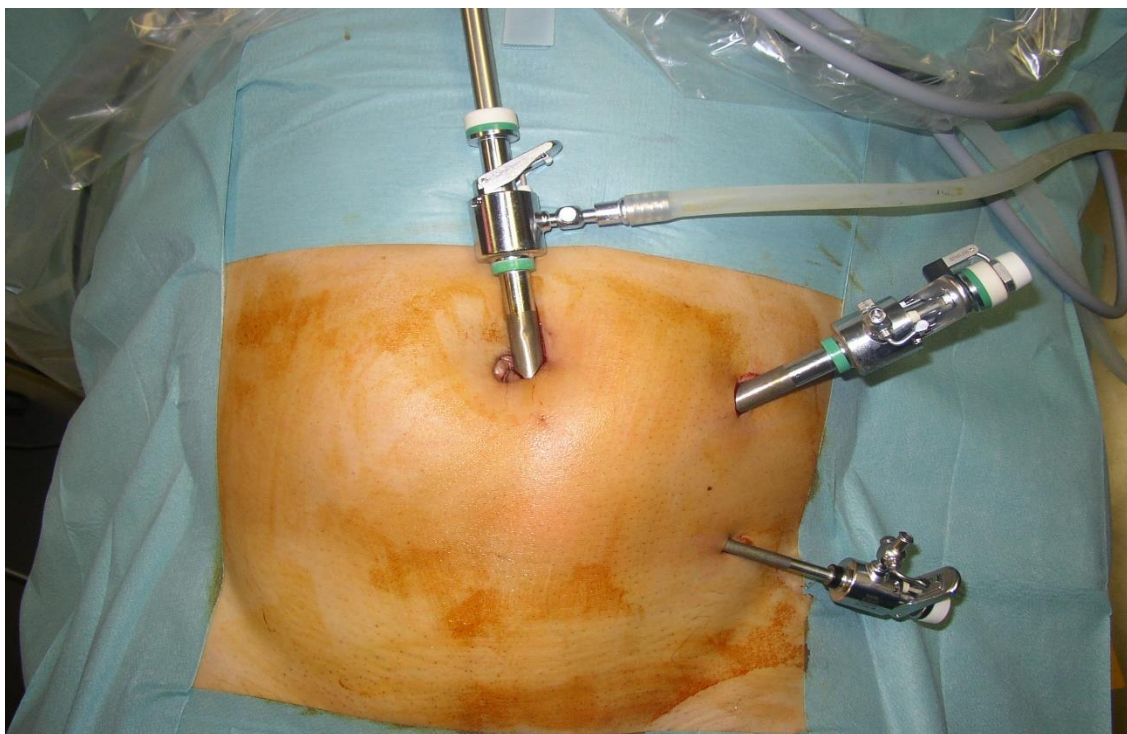


Obr. 14 Štartovacia pozícia pre nácvik vizuálno-motorickej koordinácie na mechanickom trenažéri

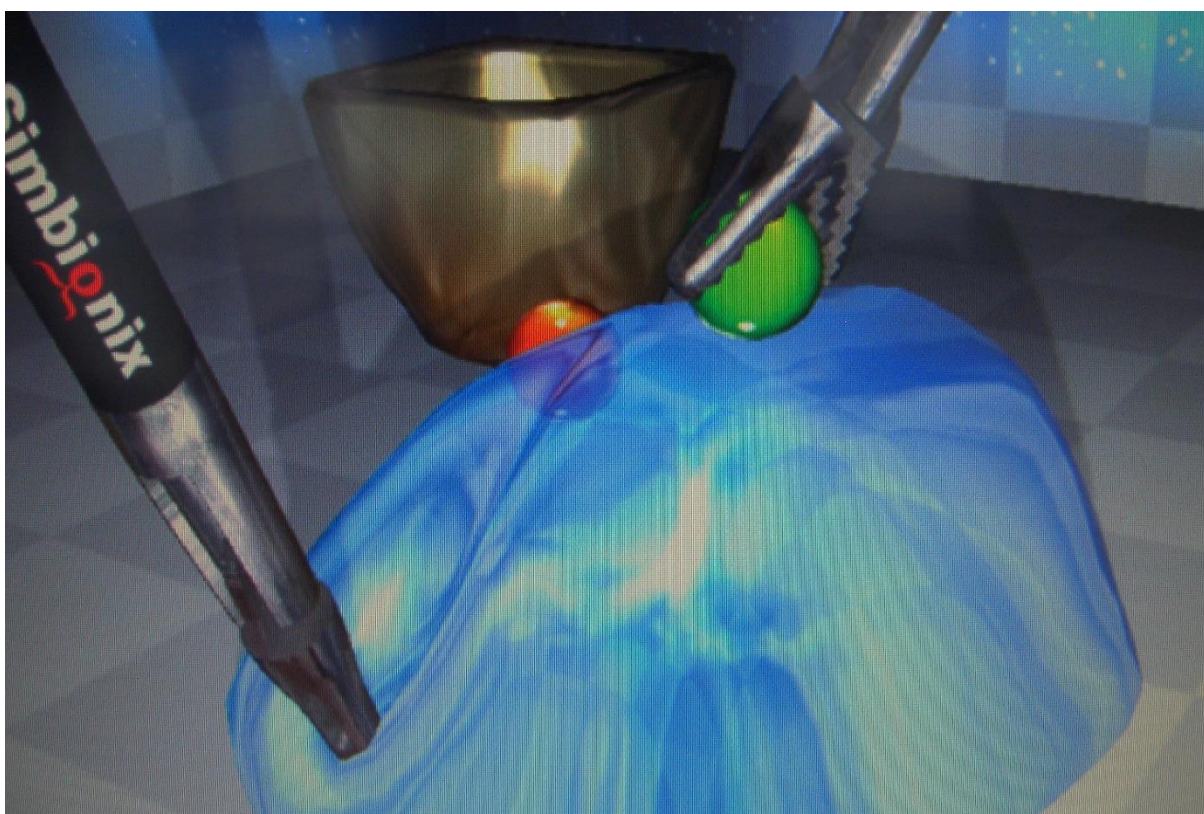


Obr. 15 Cieľová pozícia pre nácvik vizuálno-motorickej koordinácie na mechanickom trenažéri

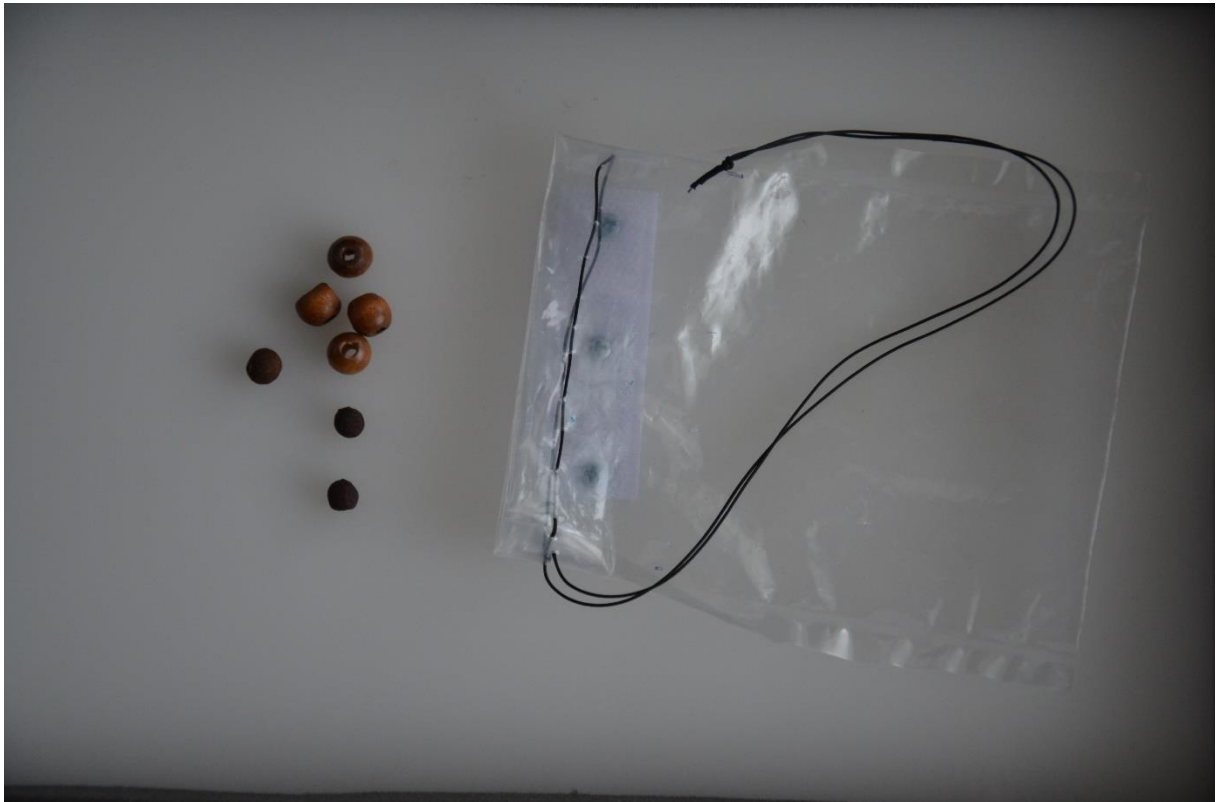




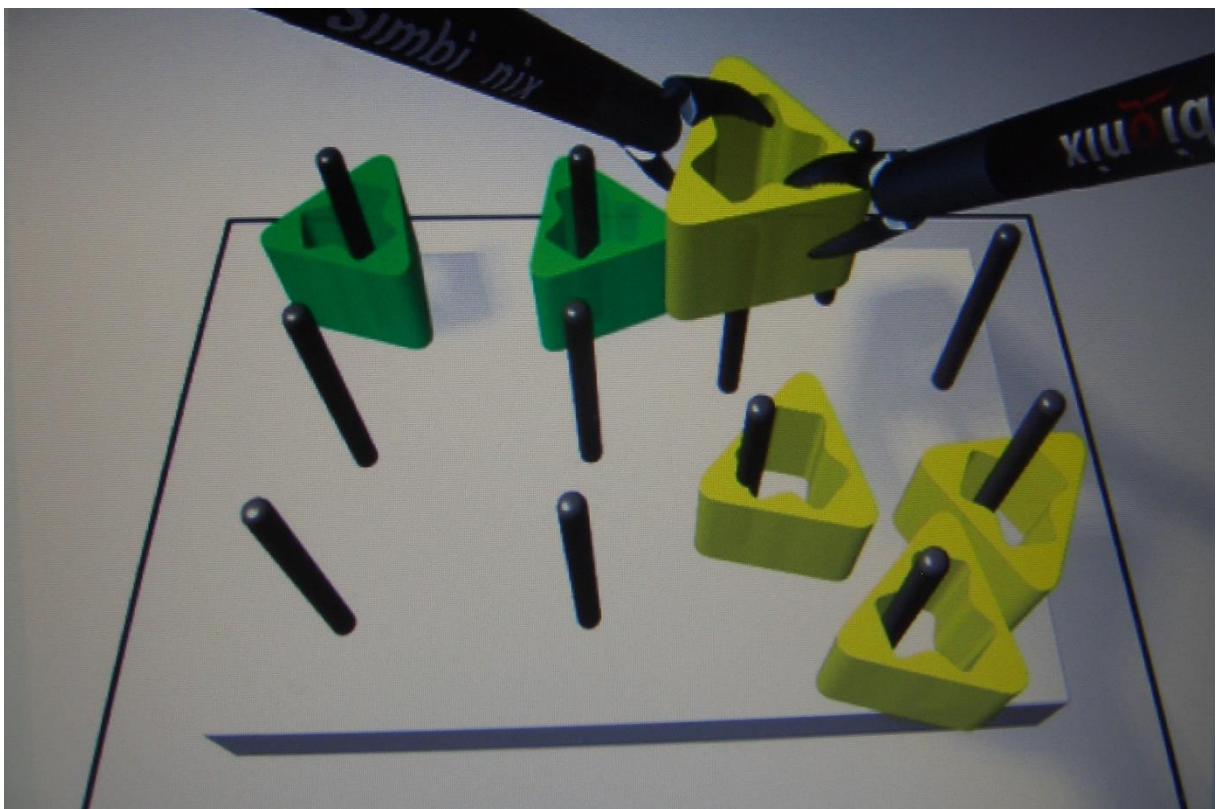
Obr. 16 Operovanie mimo optickú os na dominantnej strane



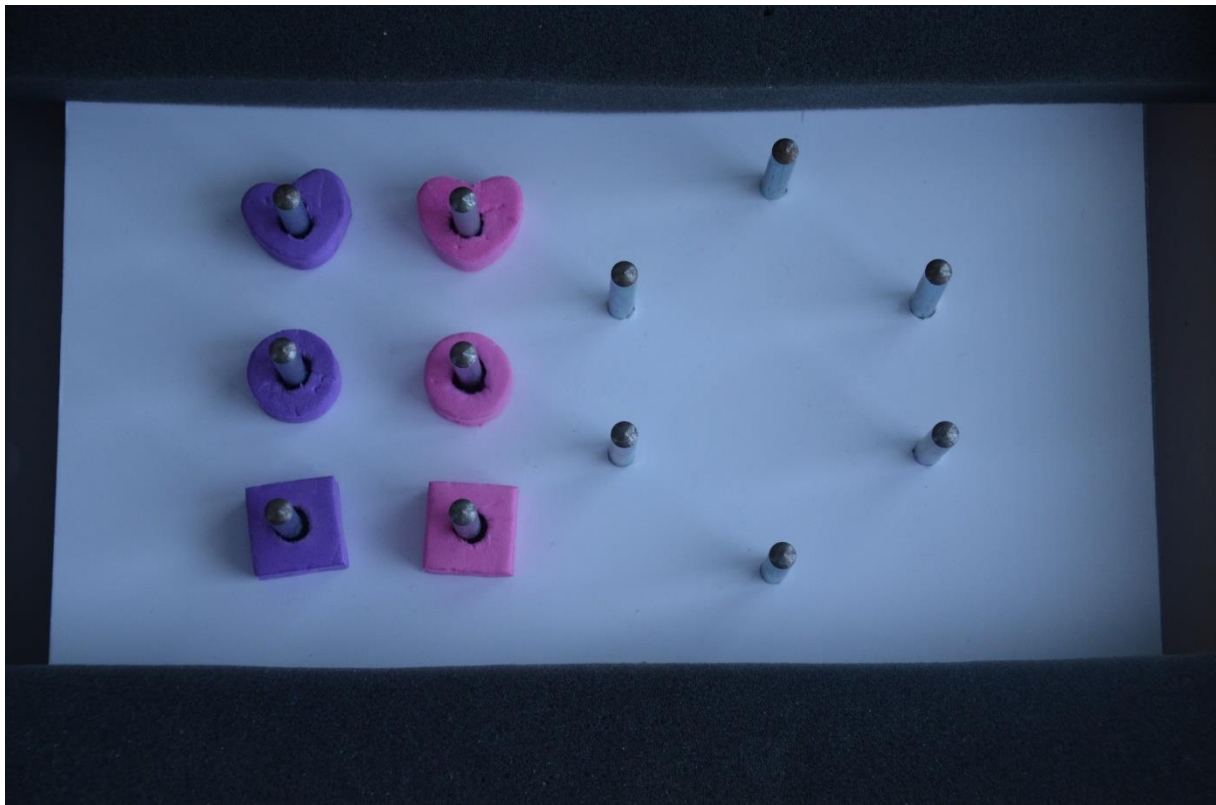
Obr. 17 Návčik bimanuálneho presunu objektov vo virtuálnej realite



Obr. 18 Návčik bimanuálneho presunu objektov na mechanickom trenažéri



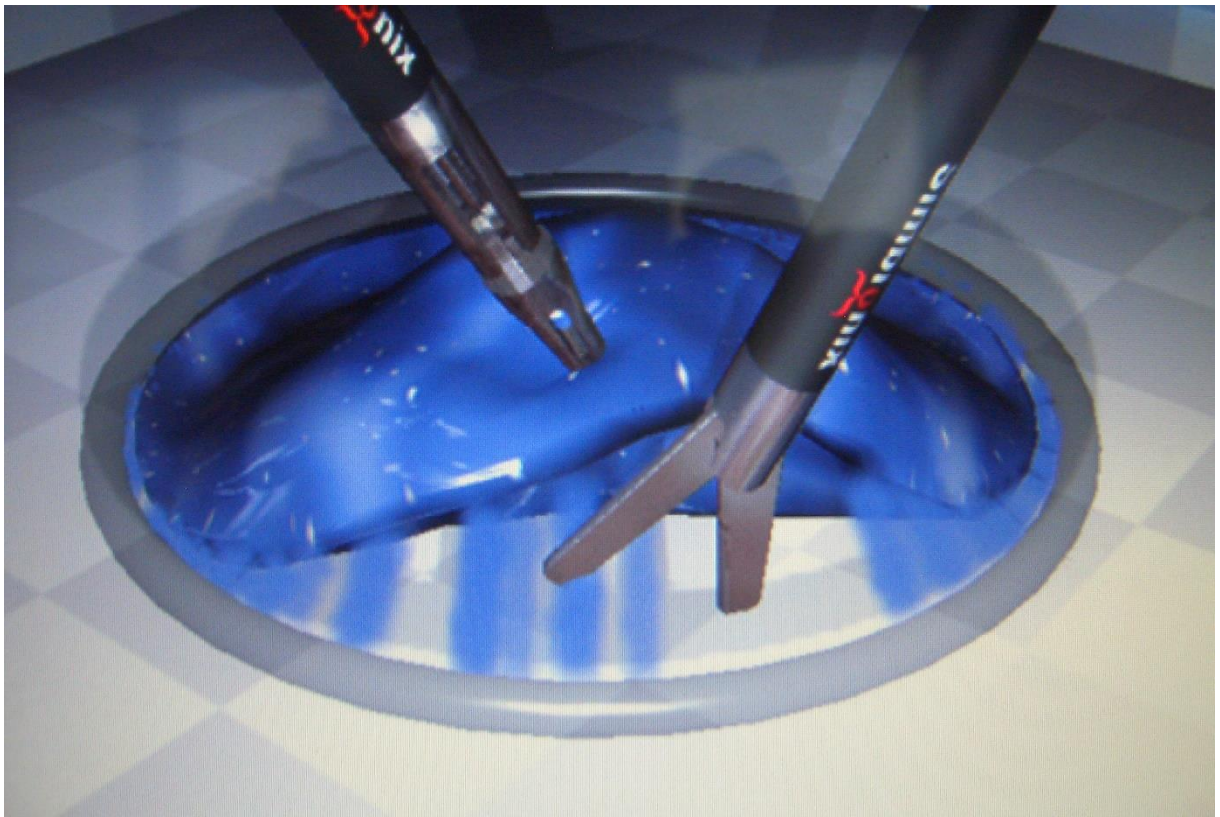
Obr. 19 Návčik bimanuálneho presunu objektov vo virtuálnej realite



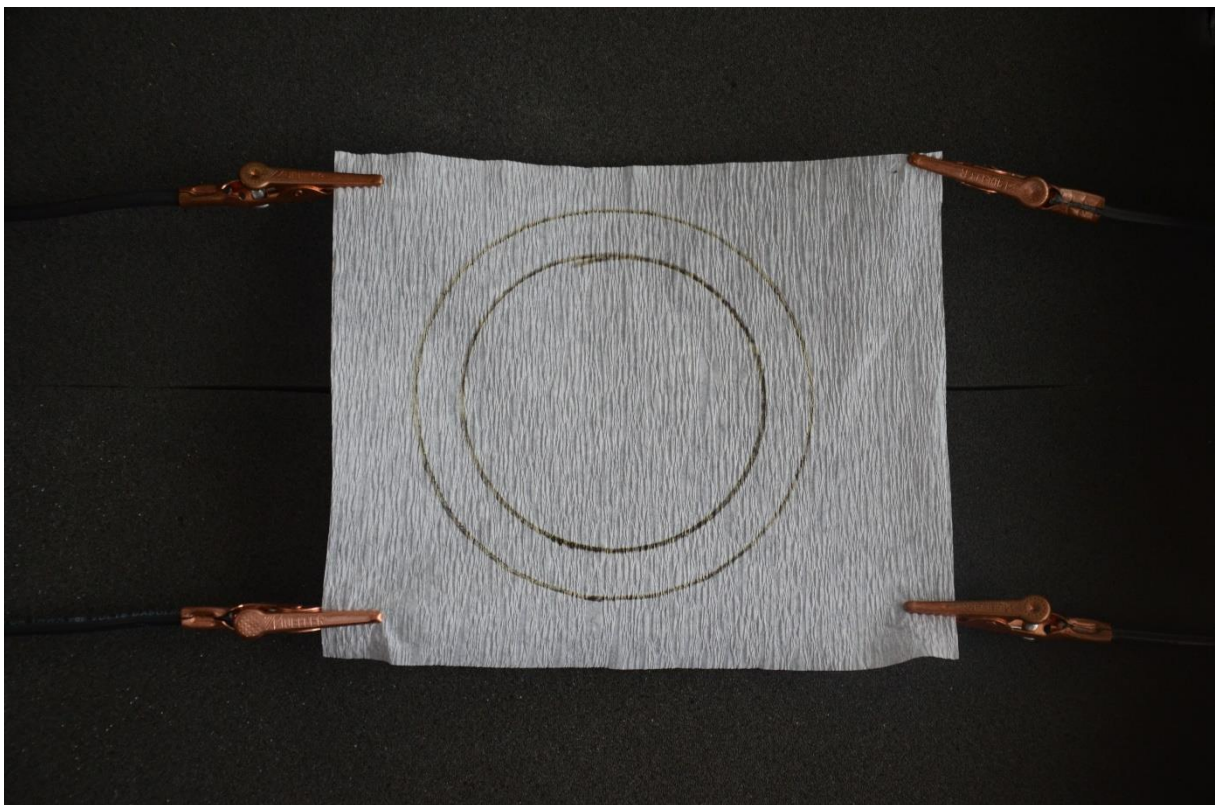
Obr. 20 Nácvik zrkadlového presunu objektov na mechanickom trenažeri



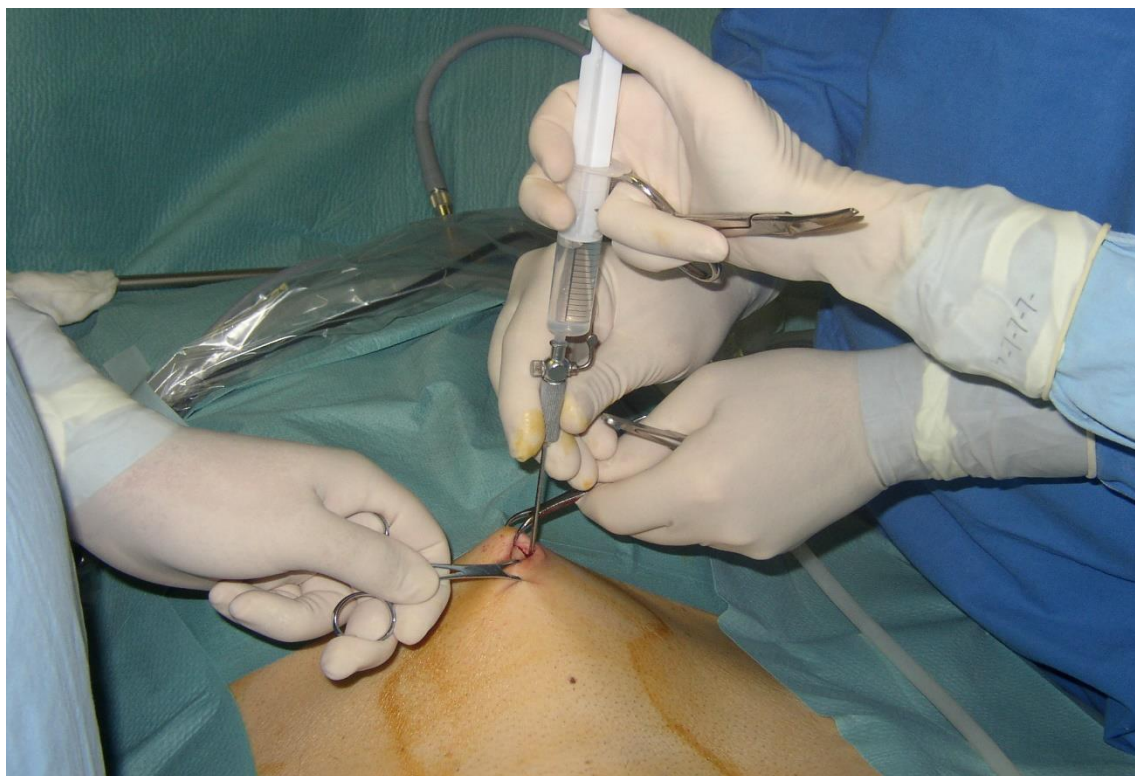
Obr. 21 Nácvik bimanuálnej translokácie objektov vo virtuálnej realite



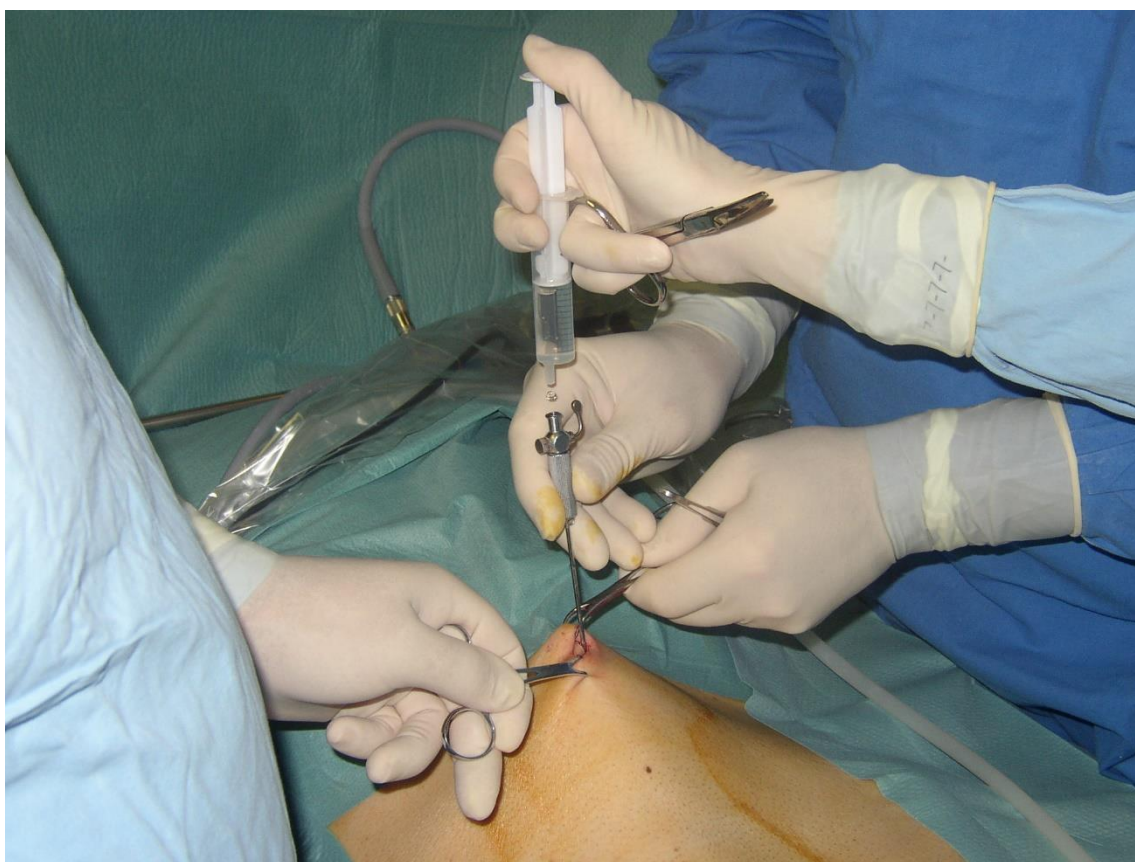
Obr. 22 Návčik strihania obrazca vo virtuálnej realite



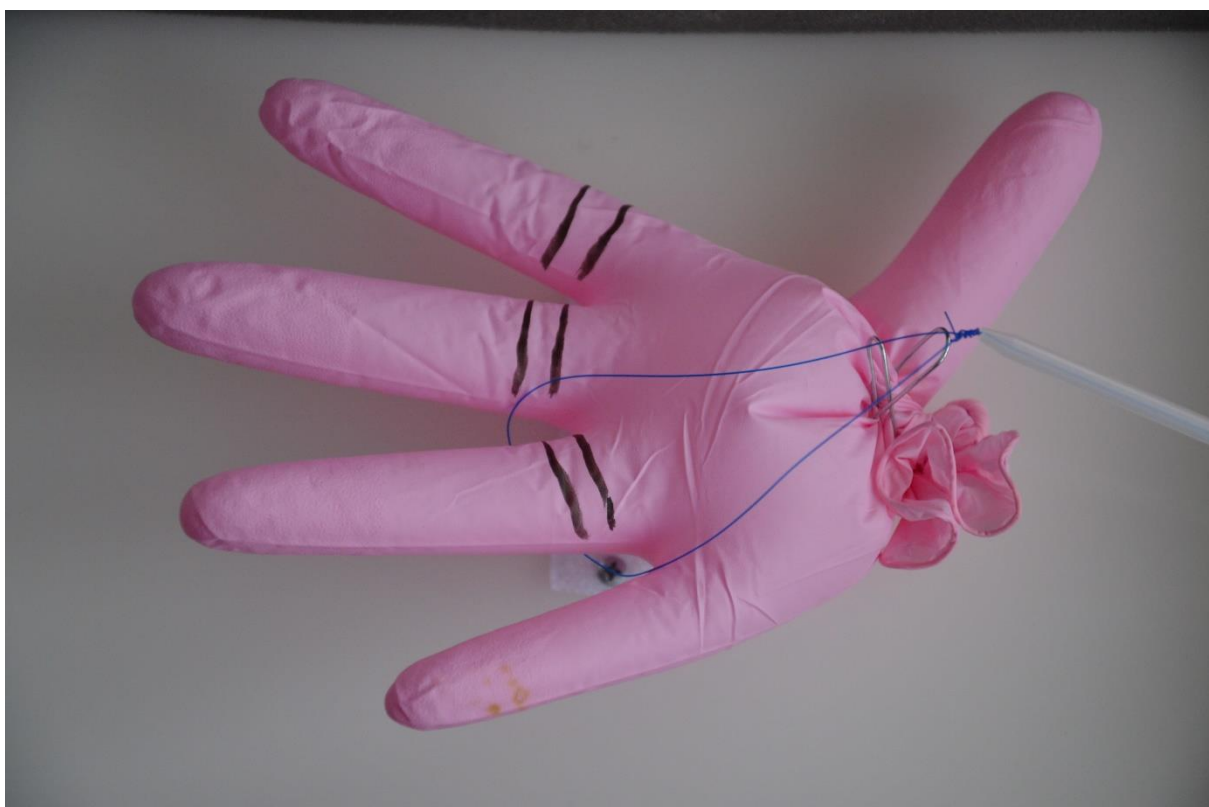
Obr. 23 Návčik strihania obrazca na mechanickom тренаžéri



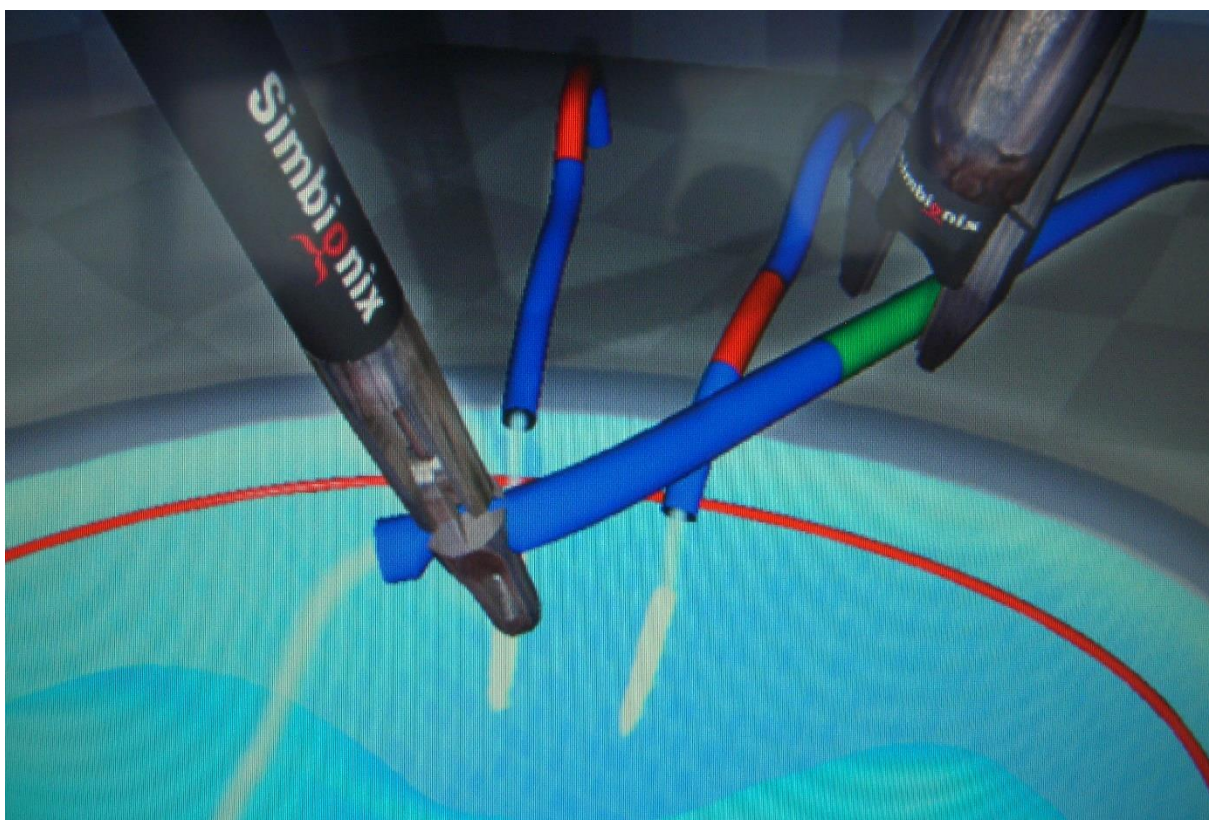
Obr. 24 Aspirácia a preplach



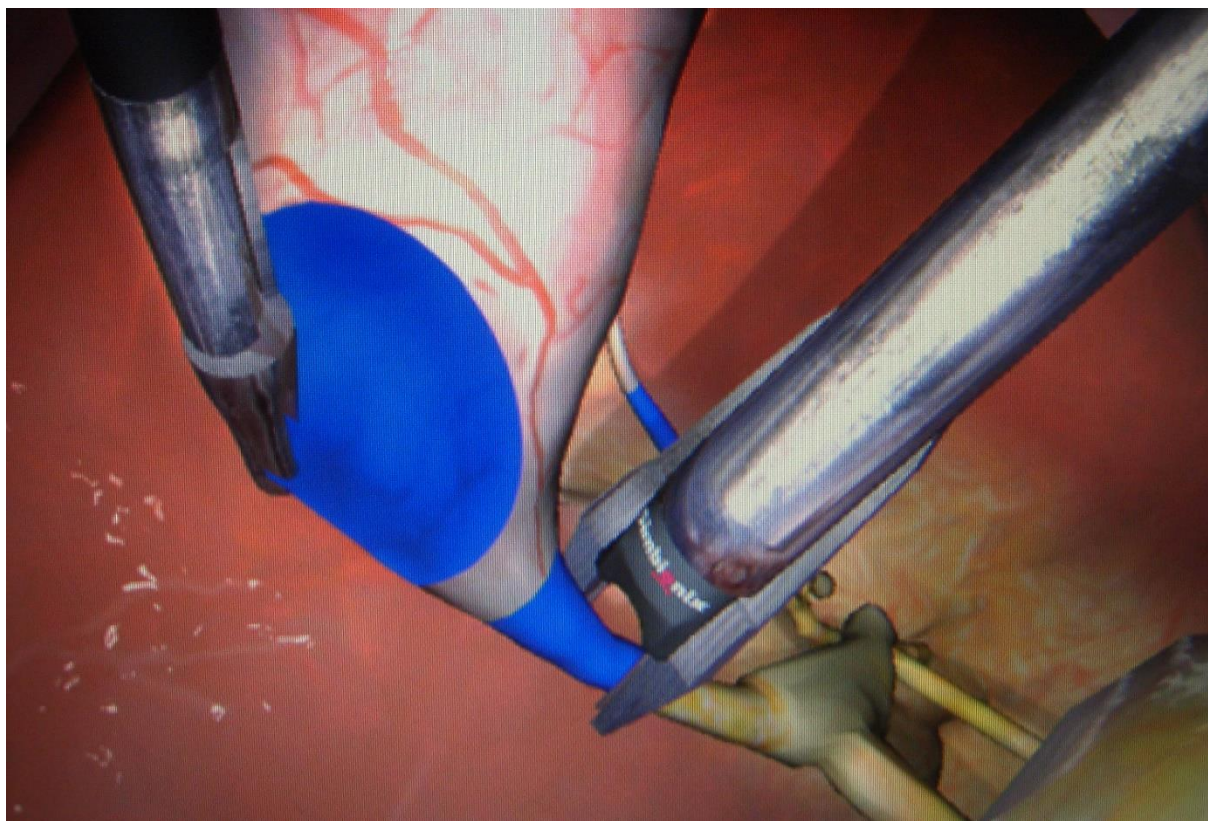
Obr. 25 „Drop“ test



Obr. 26 Návnik aplikácie endoslučky na mechanickom trénažeri



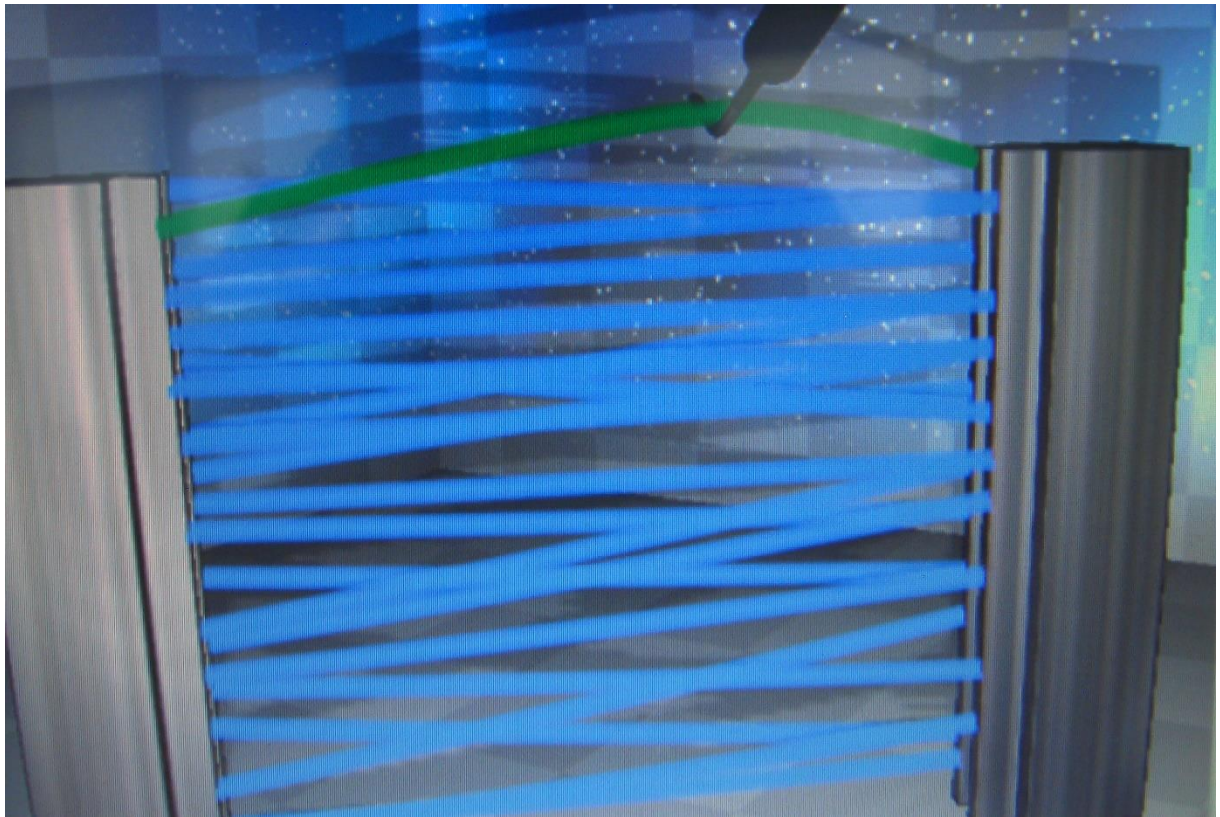
Obr. 27 Návnik svorkovania vo virtuálnej realite – jednoduchá komplexná úloha (modelová)



Obr. 28 Návčik svorkovania vo virtuálnej realite II. – zložitá komplexná úloha (procedurálna)



Obr. 29 Návčik svorkovania na mechanickom trénažéri



Obr. 30 Nácvik použitia monopolárnej elektrokoagulácie vo virtuálnej realite

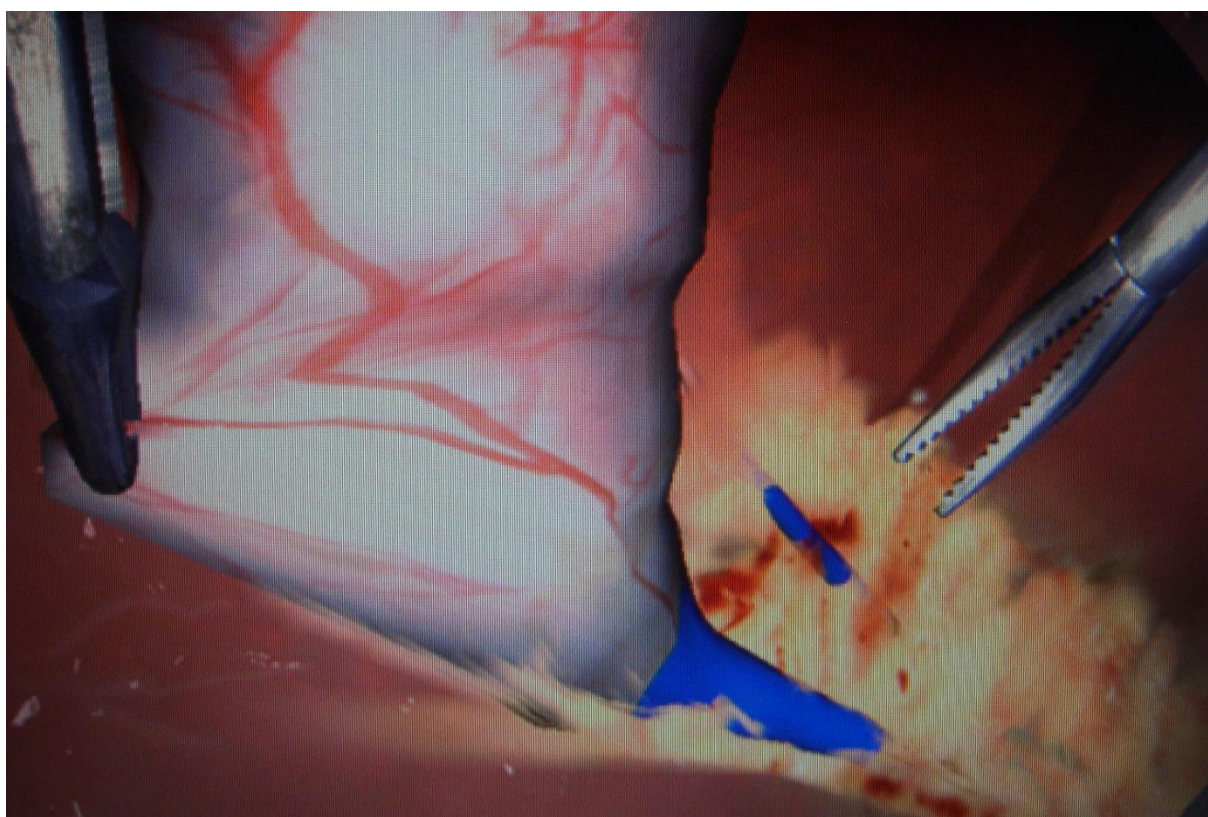


Obr. 31 Biologický model pre nácvik práce s monopolárnou elektrokoaguláciou

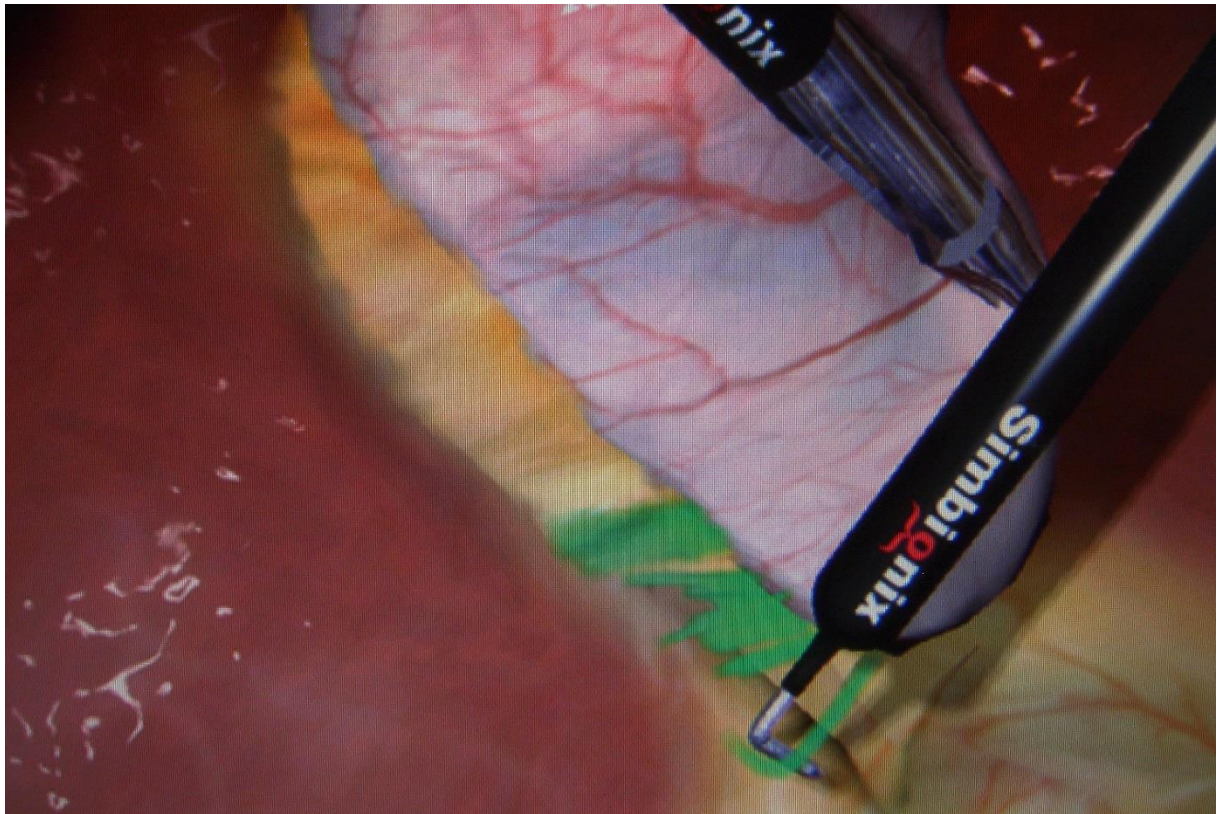




Obr. 32 Indukčné vedenie



Obr. 33 Návčik preparácie tkanív vo virtuálnej realite – Calotov trojuholník



Obr. 34 Návčik preparácie tkanív vo virtuálnej realite – lôžko žlčníka



Obr. 35 Návčik preparácie na biologickom modeli



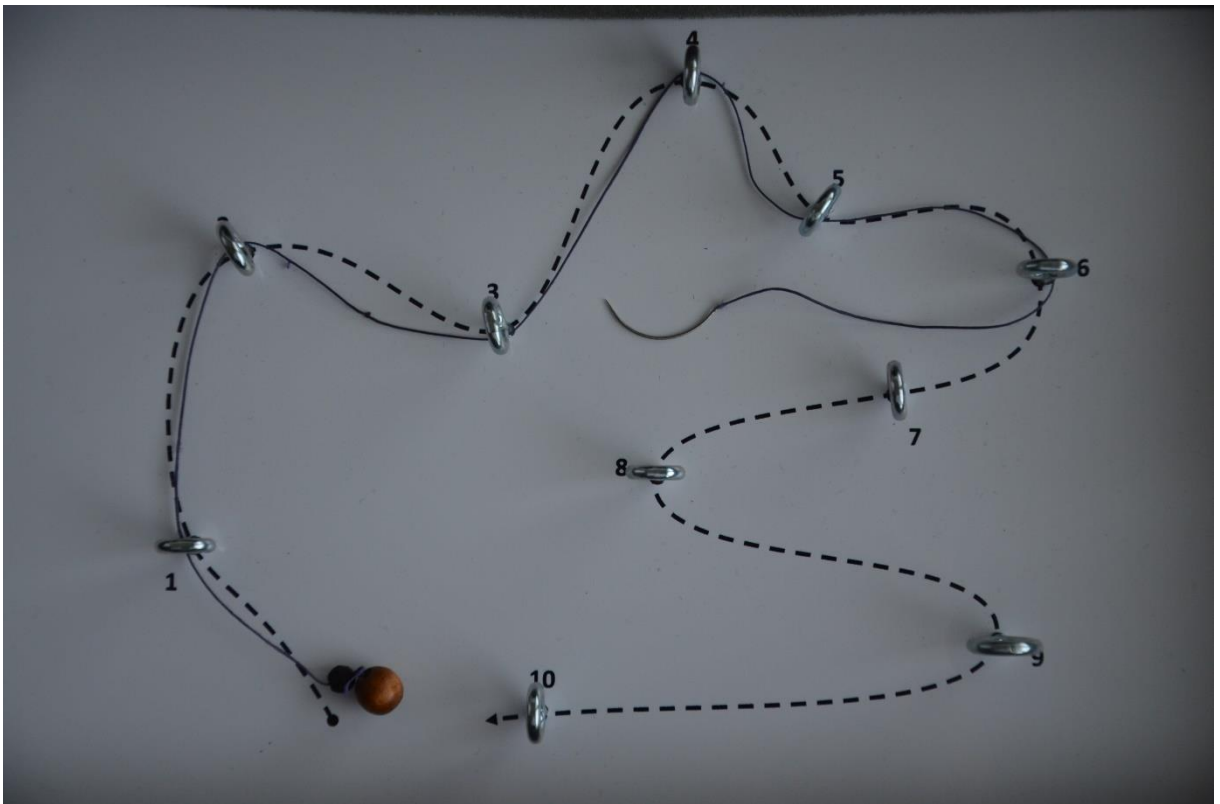
Obr. 36 Nácvič preparácie na biologickom modeli – svorkovanie ciev



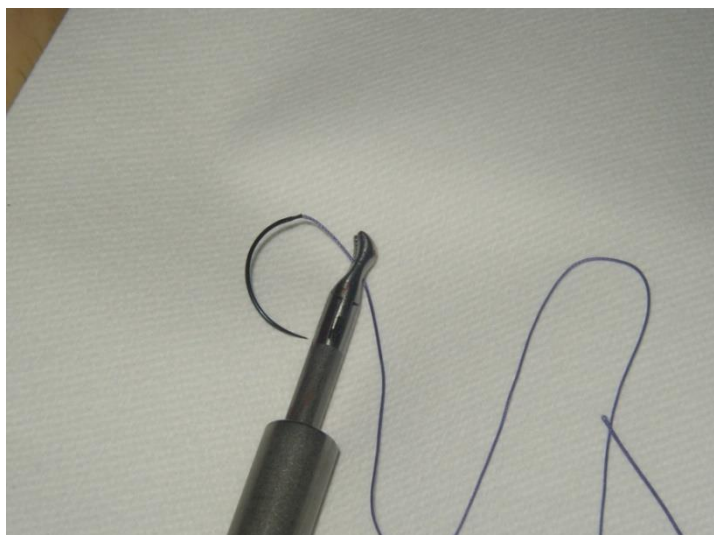
Obr. 37 Nácvič preparácie na biologickom modeli – naloženie svorky



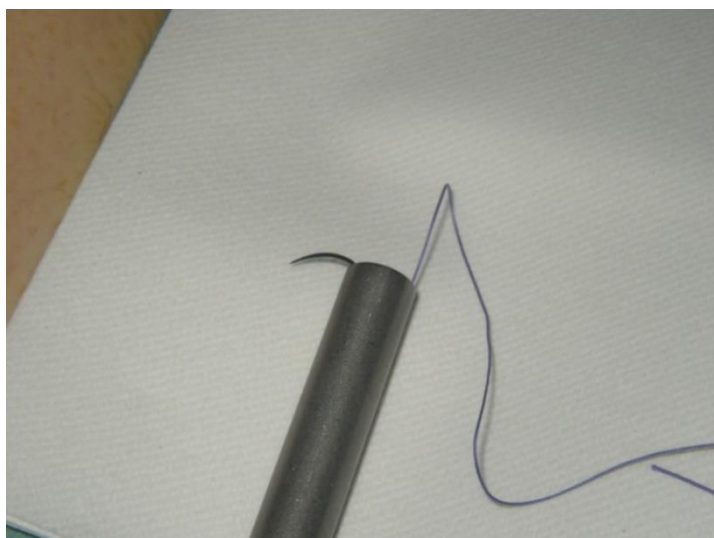
Obr. 38 NÁCVIK preparácie na biologickom modeli – naložená svorka



Obr. 39 NÁCVIK manipulácie s ihlou na mechanickom trenažéri



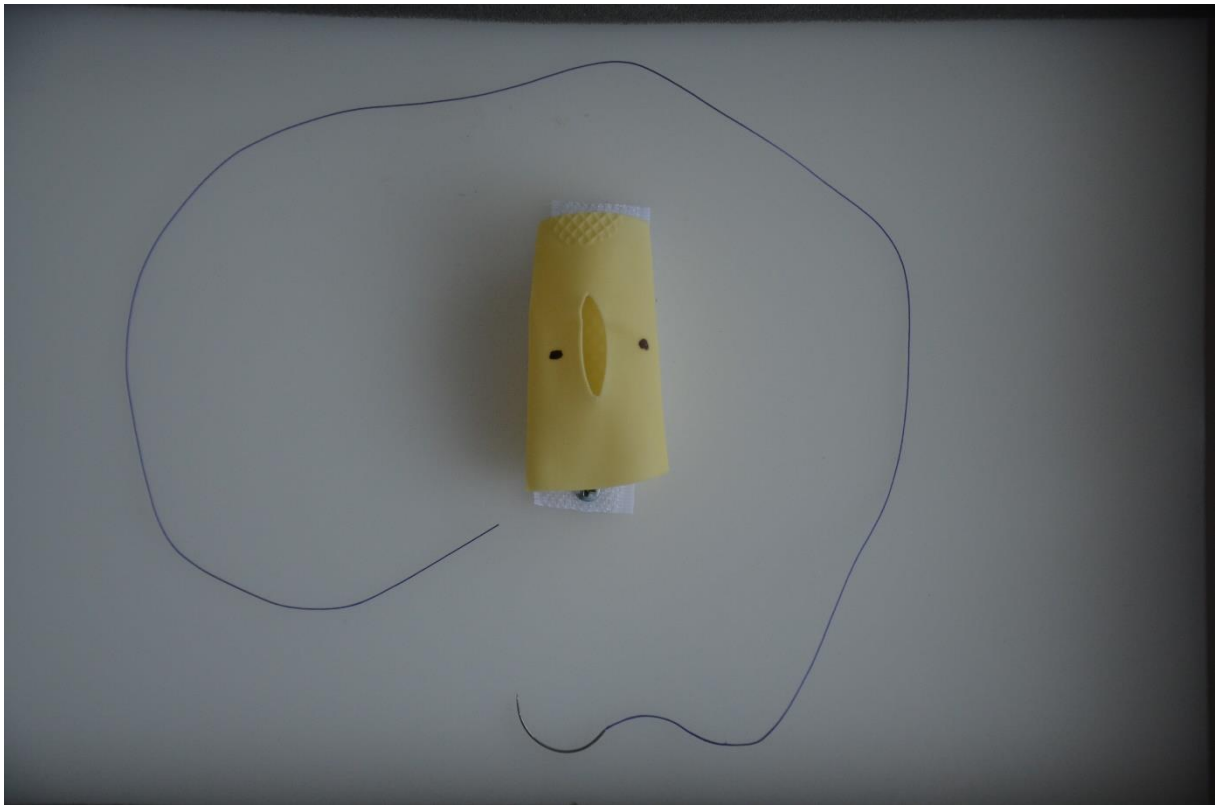
Obr. 40 Uchopenie vlákna približne 1 cm za uškom ihly



Obr. 41 Vtiahnutie ihly do redukčného tubusu



Obr. 42 Ihla chránená redukčným tubusom



Obr. 43 Návnik intrakorporálneho šitia a uzlenia na syntetickom modeli

## Výsledky autodidaktických testů

**Test 1:** 1. c, 2. e, 3. a, 4. d, 5. c, 6. b, 7. c, 8. c, 9. d, 10. b, 11. a, 12. d, 13. e, 14. c

**Test 2:** 1. b, 2. e, 3. a, 4. d, 5. c, 6. d, 7. d, 8. e, 9. b, 10. c, 11. e, 12. c, 13. d, 14. a

**Test 3:** 1. b, 2. a, 3. e, 4. b, 5. c, 6. d, 7. b, 8. c, 9. b, 10. a, 11. d, 12. e, 13. c, 14. c

**Test 4:** 1. a, 2. d, 3. b, 4. e, 5. c, 6. b, 7. b, 8. d, 9. e, 10. a, 11. c, 12. b, 13. e, 14. d

**Test 5:** 1. b, 2. b, 3. d, 4. d, 5. a, 6. c, 7. e, 8. d, 9. c, 10. e, 11. b, 12. b, 13. e, 14. d

**Test 6:** 1. a, 2. d, 3. e, 4. c, 5. a, 6. b, 7. d, 8. b, 9. b, 10. c, 11. d, 12. a, 13. e, 14. e

**Test 7:** 1. a, 2. d, 3. b, 4. e, 5. c, 6. b, 7. d, 8. a, 9. a, 10. e, 11. c, 12. b, 13. e, 14. d

**Test 8:** 1. b, 2. c, 3. b, 4. a, 5. e, 6. d, 7. b, 8. b, 9. e, 10. a, 11. c, 12. b, 13. e, 14. d

**Test 9:** 1. d, 2. c, 3. b, 4. e, 5. c, 6. b, 7. a, 8. e, 9. e, 10. a, 11. c, 12. c, 13. b, 14. b

**Test 10:** 1. c, 2. c, 3. b, 4. e, 5. a, 6. b, 7. a, 8. b, 9. c, 10. a, 11. a, 12. c, 13. b, 14. d

**Test 11:** 1. e, 2. b, 3. a, 4. c, 5. c, 6. b, 7. a, 8. a, 9. c, 10. d, 11. e, 12. b, 13. c, 14. b

**Test 12:** 1. d, 2. e, 3. a, 4. b, 5. c, 6. e, 7. a, 8. a, 9. e, 10. b, 11. c, 12. b, 13. a, 14. e





## **Praktické cvičenia z laparoskopickkej chirurgie**

**Autori:** doc. MUDr. Marek Šoltés, PhD., prof. MUDr. Jozef Radoňak, CSc., MPH

Vydavateľ: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

Odborné poradenstvo: Univerzitná knižnica UPJŠ v Košiciach

<http://www.upjs.sk/pracoviska/univerzitna-kniznica>

Rok vydania: 2017

Náklad: 100

Rozsah strán: 144

Rozsah: 6 AH

Vydanie: prvé

Tlač: EQUILIBRIA, s. r. o.

ISBN 978-80-8152-567-4

ISBN 978-80-8152-567-4



9 788081 525674