

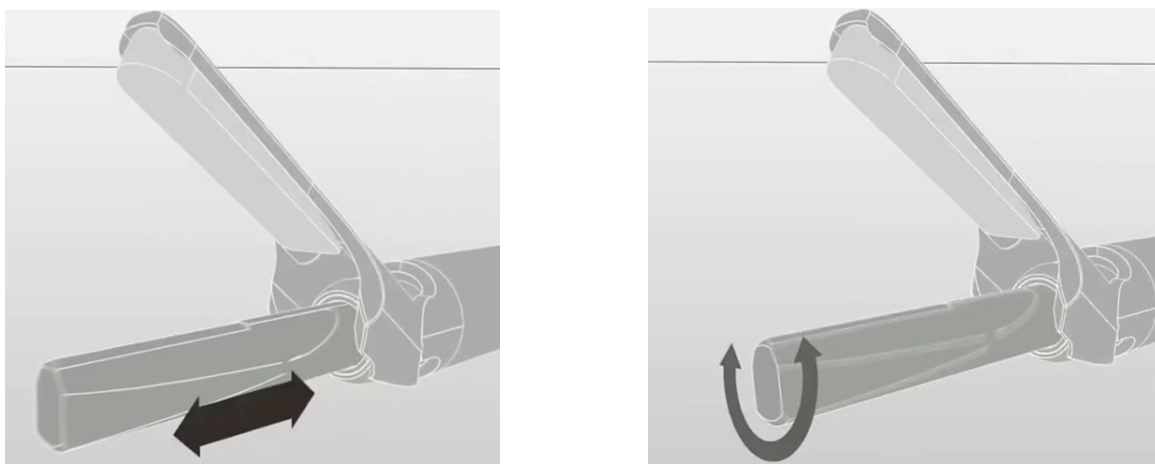
Ultrazvukové nástroje pro řez a koagulaci používané v laparoskopii

Základem každé operace v chirurgických oborech je disekce tkáně a řez. Základem úspěšné operativy je zejména odpovídající úroveň koagulace cév/tkání, protože tato rozhoduje o čistotě a přehledu operačního pole, z toho vyplývající rychlosti výkonu, operátérova komfortu během výkonu a také minimalizace pozdějších krvácivých komplikací. Tyto požadavky jsou identické v otevřené i laparoskopické operativě, nicméně při laparoskopii (nebo roboticky-asistované operativě) jsou nároky na kvalitu mírně zvýšený vzhledem k omezenějšímu rozsahu pohybu. Tradičními technologiemi používanými v minulosti v otevřené operativě, které přešly i do laparoskopie a robotické chirurgie je používání elektrického proudu s nebo bez použití nůžek v závislosti na použití bipolárního nebo monopolárního nastavení nebo podle typu nastavení přístroje (čistý řez, fulgurace, koagulace) nebo použití svorek (kovových či plastových), šicího materiálu, hemostatického materiálu včetně tkáňových lepidel. Každá metodika má své výhody a nevýhody. V případě použití elektrochirurgie jde právě o fakt, že pacientem prochází elektrický okruh (monopolární nastavení) a existuje riziko poranění okolních tkání nebo jde o poněkud zdlouhavý postup, pokud je potřeba stále střídat bipolární koagulaci se střiham nůžkami. Nezanedbatelné také je, že dochází ke generování poměrně vysokých teplot a jejich případnému šíření do okolí. V případě šicích a hemostatických materiálů nebo materiálů svorek hovoří v neprospěch jednak relativní zdlouhavost práce v důsledku nutnosti střídání nástrojů, ale v řadě případů i cena.

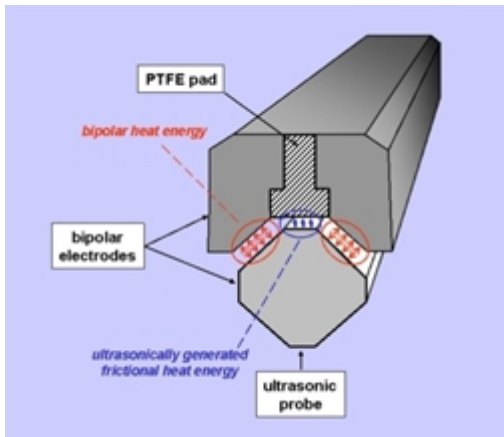
Novější alternativou je možnost používat ultrazvukové nástroje, které umožňují v rámci jedné aktivity provést

koagulaci tkáně a současně tkáň přerušit. Princip „skalpelu“ založeném na ultrazvuku (UBS = ultrasound based scalpel) je založen na mechanických vibracích s frekvencí ultrazvuku až 55,5 kHz. Jednotlivé nástroje se liší frekvencí vibrací od 25 do 55,5 kHz a také amplitudou a směrem vibračního pohybu. Většina UBS má vibrační pohyb předozadní s amplitudou (obrázek 1) obvykle do 100 mikrometru (Harmonic ACE®/ACE+® (HA/HA+), Thunderbeat® (TB), Sonocision™ (SC), Sonicbeat (SB), SonoSurg X (SSX), lze se setkat i předchozí generací Sonosurg (SS)). Existuje ale také nástroj s příčnými torzními vibracemi – lze přirovnat k pohybu kyvadla (obrázek 1) (představitelem je pouze nástroj Lotus® (LT)). Jediný nástroj pak dále kombinuje ultrazvukovou a bipolární energii (obrázek 2) – tímto je TB.

Obrázek 1 Demonstrace typu pohybu vibrující aktivní branže – vlevo podélný, vpravo torzní. Zdroj <http://www.lotusultrasonicscalpel.net/technology/> (upraveno).



Obrázek 2 Schéma branží u kombinovaného nástroje Thunderbeat®. Obrázek pochází z (1).



Vibracemi dochází k mechanickému přerušování vodíkových vazeb a generování třecího tepla, které společně denaturují bílkoviny tkáně. Tím dochází k uzavírání cév a mechanické vibrace také napomáhají přerušování tkáně. Takto generované teploty stoupají pomaleji, nicméně mohou dosáhnout i relativně vysokých hodnot (1), byť je obecně deklarováno, že práce s UBS je bezpečnější v blízkosti vitálních struktur. To je však dosahováno především nižším laterálním šířením tepla do okolí (2, 3). V případě větších cév je ovšem nutná delší aplikace, která je pak spojená s vyšší teplotou, sekundární tepelnou koagulací a také tvorbou hemostatického koagula. Také tvorby „kouře“ je u ultrazvukových nástrojů poněkud jiná, protože sice jde o desikace tkáně, ale „kouř“ je tvořen především vodními parami, na rozdíl od „pálení“ u elektrochirurgických nástrojů.

Proti běžnými elektrochirurgickým nástrojům jsou pro UBS uváděny následující výhody:

1. Obvykle nižší maximální teploty s pomalejším nárůstem teploty
2. To umožňuje pohybovat se blíže důležitých struktur (např. velké cévy)
3. Žádný elektrický proud procházející pacientem
4. Minimální „uhelnatění“ pracovního konce nástroje (za předpokladu odpovídajícího způsobu použití) a menší tvorba kouře.
5. Nižší potřeba výměny nástrojů umožňující rychlejší

operativu.

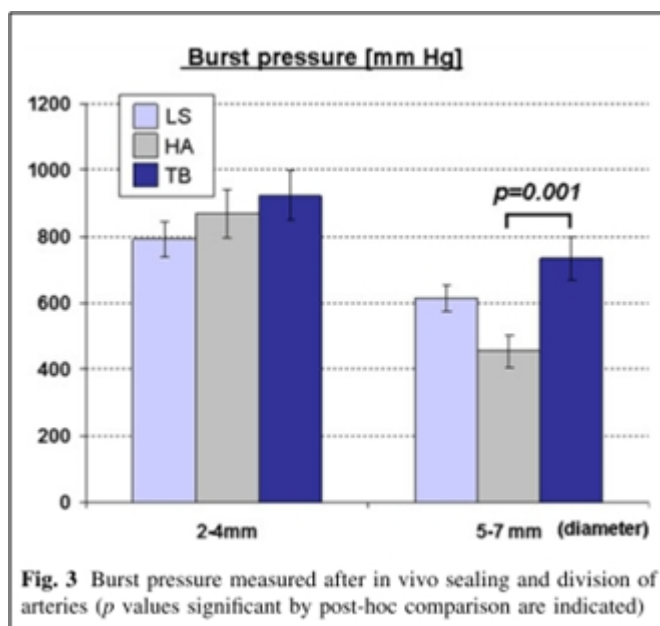
6. Simultánní koagulace a řez, taktéž zrychlující průběh výkonu.

Nicméně v řadě případů nemusí být realita zcela ideální a k deklarovaným vlastnostem je třeba přistupovat s obezřetností. V následujících částech textu se pokusím jednotlivé vlastnosti zhodnotit blíže.

Teploty při práci s nástroji

V literatuře lze také nalézt srovnání některých ultrazvukových nástrojů. Tyto práce přinášejí zajímavé pohledy. Seehofer et al. v roce 2011 publikovali práci srovnávající bipolární nástroj LS s nástroji ultrazvukovými HA a Thunderbeat při generování teploty a síly uzavíraných cév (1). Většina ultrazvukových nástrojů deklaruje odpovídající uzavírání cév až do průměru 5 mm, určitou výjimku tvoří Thunderbeat, kde je deklarováno, že to může být až do 7 mm průměru. Obrázek 3 ukazuje graf převzatý z publikace autorů, ve kterém srovnání tlak při kterém dojde k otevření cévy („burst pressure“) po koagulaci na prasečím in vivo modelu. Z grafu je patrné pro cévy průměru 2-4 milimetry není v tomto tlaku rozdíl, nicméně u cév průměru 5-7 milimetrů je TB nejspolehlivější. V tomto kontextu je potřeba ale uvést dvě podstatné informace. Především jde o fakt, že nástroj TB pracuje s kombinací energií – současně dochází k aplikaci mechanických vibrací, ale také bipolární koagulace. To je nejspíše příčinou mírně lepšího výsledku. Na druhou stranu je ale nutné si povšimnout, že uvolňovací tlaky i u „nejhoršího výsledku“ jsou nad 400 mmHg, což značně převyšuje hodnoty krevního tlaku za obvyklých okolností. Je tedy k diskusi, zda je uvedený rozdíl významný i v reálných nelaboratorních podmínkách. Podobně srovnatelný výsledků při hodnocení uzavíracích schopností a spolehlivosti koagulace bylo dosaženo v práci Nobleho a kol. (4), kteří srovnávali nástroj LT, HA a LS a také Tsirlina a kol. při srovnání nástrojů SC a HA (5).

Obrázek 3 Srovnání koagulačního efektu nástrojů Ligasure™, Harmonic ACE® a Thunderbeat® na cévy. Obrázek převzat z (1).



Z toho vyplývá, že UBS dosahují odpovídajících hodnot pro uzávěr cév minimálně srovnatelných s hodnotami pokročilých bipolárních nástrojů (např. jako jsou Ligasure®, Enseal®). Nástroj TB je statisticky lepší u cév většího rozměru 5-7 mm (1).

Stejná práce Seehofer a kol. hodnotila maximální teploty vznikající při práci. Srovnání je uvedeno v obrázku 4, kde je dobře patrné, že LS dosahuje teplot nepřesahujících 100°C, zatímco HA a zejména TB se pohybovali až kolem hodnoty 200°C, případně více u TB (1). Výhodou LS a jemu podobnému nástroji Enseal® (ES) je použití adaptivních technologií hodnotících průběh koagulace, měřením některých parametrů, čímž lze vzestup teplot do nebezpečných hodnot omezit (mimo rozsah této kapitoly). V případě nástroj SC jsou pracovní teploty branží srovnatelné s HA (5). Novější nástroje jako je např. HA+, který disponuje adaptivní technologií, nebyly z tohoto pohledu v literatuře hodnoceny, byť lze očekávat, že by pracovní teploty mohly být nižší.

Obrázek 4 Srovnání maximálních teplot branží vznikajících při práci s nástroji Ligasure™, Harmonic ACE® a Thunderbeat® a

doby do poklesu teploty. Převzato z (1).

	LS	HA	TB
(a) Thermosensor			
Maximum temperature ^b (°C) (95% CI)	86 ± 2 ^c (81–91)	192 ± 7 (175–208)	172 ± 7 (158–187)
Time to decline to 60 °C (s) (95 % CI)	34 ± 3 ^c (29–40)	54 ± 3 (48–60)	60 ± 3 (53–66)
(b) Thermocamera			
Maximum temperature ^d (°C) (95 % CI)	85 ± 3 ^c (80–90)	209 ± 7 (196–223)	229 ± 9 (209–241)
Time to decline to 60 °C (s) (95 % CI)	8 ± 1 ^e (6–10)	33 ± 1 (31–35)	34 ± 1 (32–36)
(c) Histological damage of small bowel (distance = 5 mm) (n)	0/8	0/8	0/8

Jako u každého nástroje a technologie nejvíce je vše závislé na operátorovi, proto práci UBS lze velmi dobře kontrolovat pomocí síly stisku branží, jejich polohováním vůči vitálním tkáním či strukturám, tahem za tkáň, polohování pracovní části nástroje, délkou aktivace nástroje. Většinu ultrazvukových nástrojů lze používat také k základní manipulaci s tkání (držení, retrakce, tupá disekce apod.), byť je nutno mít na zřeteli, že nejde o nástroj k tomuto primárně určený. Ovšem zkušenost získaná v průběhu práce s těmito nástroji je umožňuje velmi efektivně používat i takto.

Šíření tepla do okolí

Lateralizace tepelné energie nebo průchod do hloubky tkáně je velmi důležitým parametrem, který skutečně rozhoduje o bezpečnosti okolních struktur. Hodnocení je sice obtížné, ale měření v laboratorních podmínkách lze rozdíly pozorovat. Laterální šíření tepla při srovnání monopolární energie, adaptivní bipolární (LS) a dvou nastavení nástroje HA prokázalo, že největší potenciál v poškození tkáně má použití monopolárního nástroje (lateralizace průměrně 215,8 μm), nejmenší pak HA (90,4 μm) při nastavení na stupeň 3. HA na stupeň 5 a LS dosáhly výsledku 127,5 μm a 144,2 μm, které byly ale bez statistického rozdílu ($p = 0,39$) (obrázek 5) (3). Při srovnání HA a SC nebyly zaznamenány významné rozdíly (5).

Nabízí spekulace, zda jsou tyto rozdíly významné klinicky vzhledem ke vzdálenostem řádu mikrometrů. Nepřímo na to odpovídá srovnání nástrojů LS a Ultracision (UC) (označení

generace předcházející nástroji HA) s monopórní a konvenční bipolární koagulací při ošetřování žaludečních cév na králičím modelu, které prokázalo, že perforace žaludeční stěny jsou významně častější u monopórní i konvenční bipolární koagulace proti LS a UC (6).

Při srovnání nástroj HA, LS, ES a bipolárního Gyrus PK (GPK) bylo nejmenší postranní šíření energie pozorováno při použití HA ve srovnání s ostatními nástroji (7). Srovnání LS, LT a HA na ex vivo modelu mezenterálních cév prokázalo největší hloubku tepelného poškození nástroje LS ($3,37 \pm 1,44$ mm), proti LT ($2,18 \pm 0,99$ mm) a HA ($1,95 \pm 0,92$ mm) (4).

Obrázek 5 Grafické znázornění rozdílů v laterálním šíření tepla do tkáně v mikrometrech. Zdroj (5).

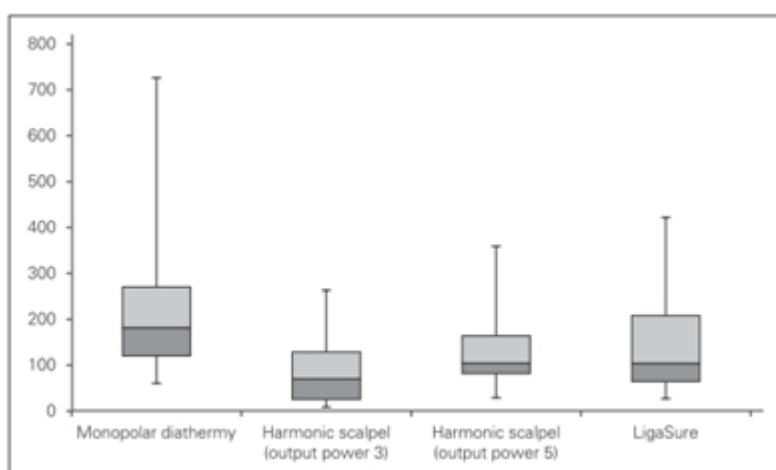


Fig. 2: Mean (and standard deviation) thermal tissue damage in micrometres by instrument type.

Při srovnání hloubky termického poškození tkáně nástrojů HA a HA+ dosahuje hloubka termického poškození 2,19 vs. 1,69 mm ($p < 0,001$) (8). Jako zajímavost lze uvést i práci hodnotící účinnost práce a teploty na in vivo modelu (cévy a játra) mezi novým a opakovaně použitým nástrojem HA. Tato práce Lestera et al. prokázala, že dosahované teploty, tkáňové šíření a rychlost práce nejsou mezi uvedenými nástroji odlišné (9).

Uhelnatění a tvorba kouře

I tento parametr byl sledován a nejmenší tvorba rušivého kouře byla pozorována u nástroje SS před SC a HA (10). Ve srovnání

nástroje HA s bipolárními jednotkami LS, ES a GPK byla nejnižší tvorba kouře při práci s HA (9). Novější varianty UBS (např. HA+), které disponují kontrolou aktivity (adaptivní technologie) se zdají být v tomto parametru ještě lepší. Při hodnocení nástroje HA a jeho novější varianty HA+ disponující adaptivní technologií, HA+ dosahoval ještě o něco lepších výsledků (tj. méně kouře) i při rychlejší práci (nebo možná díky rychlejší práci = přerušení tkáně a následná deaktivace nástroje s menší tvorbou kouře) (8).

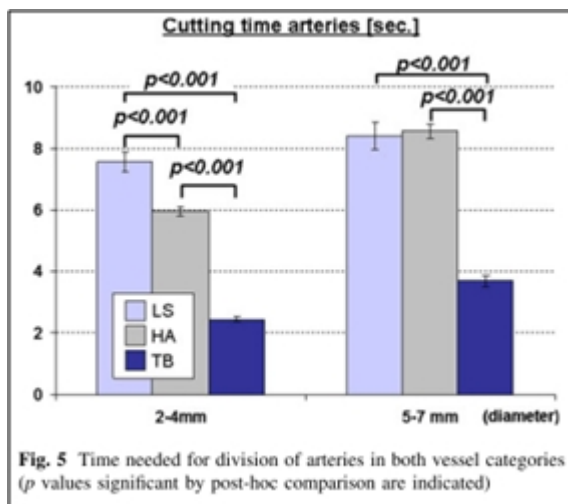
Uhelnatění (karbonizace) je obvykle výsledkem vysokých teplot na branži nástroje, z tohoto pohledu je pochopitelné, že největší problém bude mít nástroj monopolární, následovaný čistě bipolárním nástrojem bez adaptivní technologie. Mezi UBS lze na základě obrázku 3 usuzovat, že největší sklon ke karbonizaci bude mít TB proti ostatním. Nicméně, výrobci zcela uniformně doporučují čištění čelistí UBS v průběhu výkonu ponořením do fyziologického roztoku s krátkou aktivací. Jako podstatná se jeví zejména doba použití aktivovaného nástroje, přičemž delší = vyšší teploty a větší sklon ke karbonizaci. Proto je technika práce s UBS důležitá obdobně jako vlastní přítomnost moderní technologie.

Rychlost práce a univerzálnost

Rychlost operace nejvíce závisí na operátorovi, nicméně použitá technologie jistě přispívá k celkové pohodě během výkonu. Bylo prokázáno, že UBS jsou při práci rychlejší ve srovnání s běžnou elektrochirurgií – srovnání TB a standardní elektrochirurgie (11). To je dosaženo jednak minimalizací výměn nástrojů (koagulace – nůžky – disekce – koagulace atd.), protože UBS umožňují také manipulaci s tkání – držení i disekci. Aktivní fixní branže mohou být přímé nebo mírně zahnuté a také mohou mít různý tvar na příčném průřezu, nicméně vždy jde o relativně tenký profil poskytující možnost aktivní disekční práce. Dokladem rychlejší práce pokročilých UBS je také obrázek 6 srovnávající LS, HA a TB. V praxi vše hodně závisí na typu tkáně a zejména zručnosti a zkušenosti

operátora.

Obrázek 6 Rychlost přerušení experimentální tkáně jednotlivými nástroji. Zdroj (1).



Z pohledu univerzálnosti bylo podobně řazeno hodnocení TB, HA a nástrojů bipolární s adaptivní technologií (v uvedeném pořadí dle výhodnosti) při práci na animálním modelu (2). V případě přímého srovnání dvou generací jednoho nástroje – staršího HA a HA+ disponující adaptivní technologií byla rychlejší práce s HA+ (8). Při srovnání nástrojů SC a HA bylo dosaženo rychlejšího přerušování mezenterálních cév na animálním modelu při práci se SC, i když v případě doby nutné k bezpečnému uzavření nebyl pozorován žádný rozdíl (4).

Vždy je nutné pamatovat na osobu operujícího. Přesto lze konstatovat, že UBS poskytují ve srovnání s konvenční monopolární/bipolární technologií pracovní výhodu z pohledu rychlosti a versatility. použití. Z uvedeného přehledu je také zřejmé, že UBS mají určité výhody z pohledu rychlosti práce i proti bipolárním nástrojům s adaptivní technologií a dále, že novější modely UBS (TB, HA+ nebo SC) zajišťují komfort ještě výrazněji.

Jako každá skupina mají i tyto nástroje samozřejmě nějaké nevýhody.

– Vždy je nutné pořídit odpovídající generátor, což

s sebou přináší cenové zatížení (výjimkou je pouze jedno bezdrátové zařízení)

– Naprostá většina nástrojů typu UBS (nebo jejich podstatné části) je určena k jednorázovému použití a jejich cena může být nezanedbatelnou položkou.

Přehled dostupných řešení

Harmonic ACE® (Ethicon Surgical Care, součást Johnson & Johnson, USA)

Stále se jedná o jedno z velmi často používaných řešení. Je charakteristické velmi ergonomickou rukojetí, dvěma spínači (řez a koagulace). Nástroj je primárně určen k jednorázovému použití. Aktivní branže je mírně zahnutá. V současnosti je nahrazován modernějším typem Harmonic ACE+.

<http://gb.ethicon.com/healthcare-professionals/products/energy-devices/harmonic-ace#!description-and-specs>

Obrázek 7 Nástroj Harmonic ACE®.

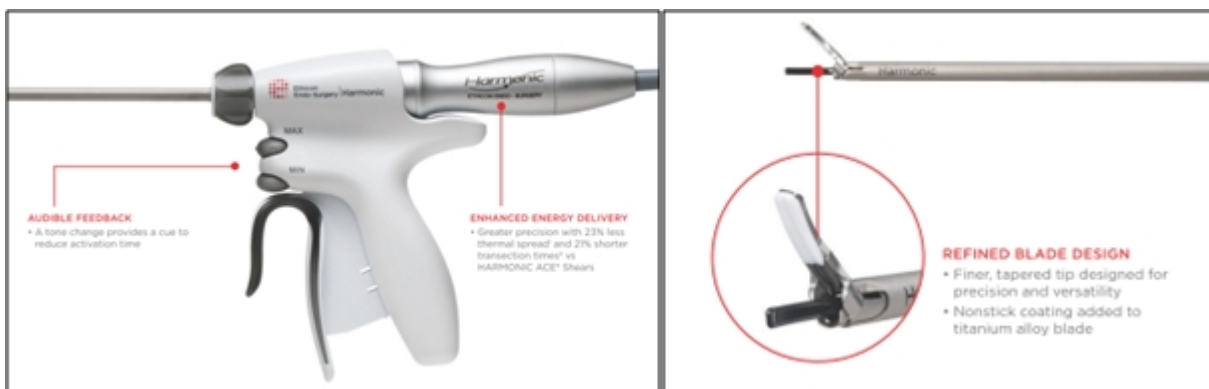


Harmonic ACE®+ (Ethicon Surgical Care, součást Johnson & Johnson, USA)

Jde o modernější verzi nástroje, která je vybavena adaptivní technologií. Tato vede k rychlejšímu řezu a obecně práci s nástrojem. Technologie také chrání nástroj před nadměrným opotřebením a vysokými teplotami. Aktivní branže má stejný tvar, ale má jinou povrchovou úpravu z titanové slitiny a je jemnější. Celkový design, resp. ergonomie zůstávají stejné.

<http://www.ethicon.com/sites/default/files/HARMONIC-ACE-Plus-Brochure.pdf>

Obrázek 8 Nástroj Harmonic ACE®+.



Harmonic ACE®+7 (Ethicon Surgical Care, součást Johnson & Johnson, USA)

Od předchozí verze se liší vylepšenými hemostatickými vlastnostmi, které by měli umožňovat uzavírání cév až do průměru 7 mm (proti max. 5 mm u předchozích verzí). Pro tento účel je nástroj na rukojeti umístěn spínač pro pokročilou hemostázu. Jde o řešení, které bude nově dostupné.

<http://www.ethicon.com/healthcare-professionals/products/advanced-energy/harmonic/harmonic-ace-plus-seven>

Obrázek 9 Brzy dostupný nástroj Harmonic ACE®+7.



Thunderbeat® (Olympus Europa SE & CO. KG, SRN)

Tento nástroj je kombinací ultrazvukové a bipolární energie.

Disponuje také adaptivními ochrannými mechanismy k ochraně nástroje. Lze jej používat v kombinovaném módu („CUT“) nebo pouze bipolárně („SEAL“). Rukojeť je dostupná ve 3 variantách, přičemž varianta vyobrazená je nejvíce ergonomická. Aktivní branže je mírně zahnutá, neaktivní branže má pokročilou tvarovou úpravu (WIPER jaw) pro lepší úchop tkáně. Tento nástroj je určen k uzávěru cév až do průměru 7 mm.

http://www.olympus.cz/medical/en/medical_systems/products_services/product_details/product_details_30592.jsp

Obrázek 10 Nástroj Thunderbeat®.

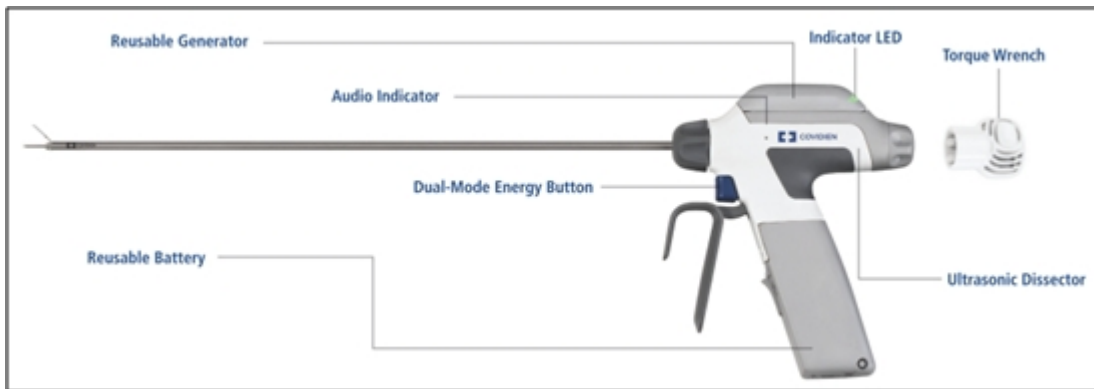


Sonocision™ (Sonocision Cordless Ultrasonic Dissection Device) (Covidien, USA)

Od ostatních nástrojů typu UBS se odlišuje především tím, že je napájeno bateriově a proto zcela bezdrátové. Díky tomu je práce s nástrojem pohodlná bez překážejících kabelů. Proti jiným řešením má také výhodu, že některé části (baterii a generátor) lze použít až 100 krát, pracovní část je pro jednorázové použití. Liší se také rovnou a jemnější aktivní branží.

<http://surgical.covidien.com/products/ultrasonic-dissection>

Obrázek 11 Bezdrátová nástroj Sonocision

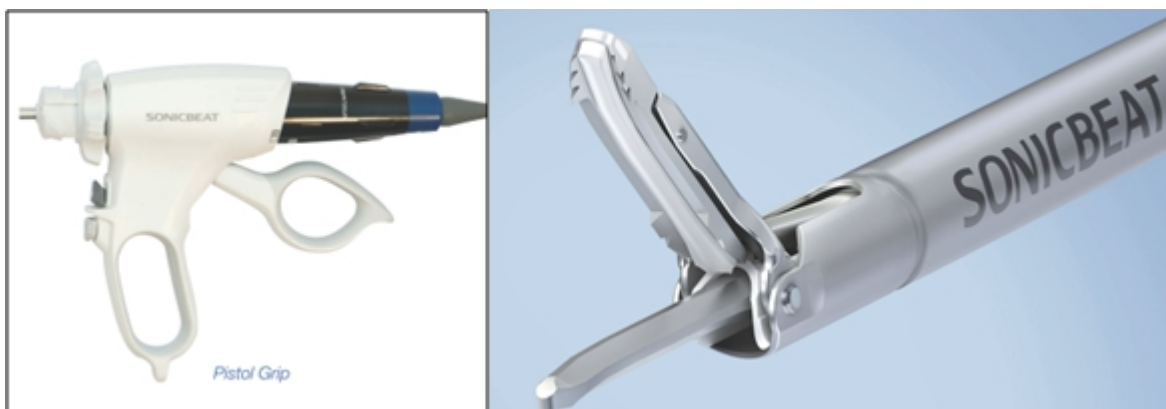


Sonicbeat (Olympus Europa SE & CO. KG, SRN)

Tvarově (branže, jejich tvar, rukojeť) je nástroj velmi podobný nástroji Thunderbeat, ale pracuje pouze s ultrazvukovou energií, nicméně využívá stejný generátor. Proti Thunderbeatu je práce mírně pomalejší, ale cenově se jedná o dostupnější řešení. Je určen k jednorázovému použití. Rukojeť je také dostupná ve 3 variantách, stejně jako u Thunderbatu. Je určen pro cévy až do průměru 5 mm.

http://www.olympus-europa.com/medical/en/medical_systems/products_services/product_details/product_details_62784.jsp

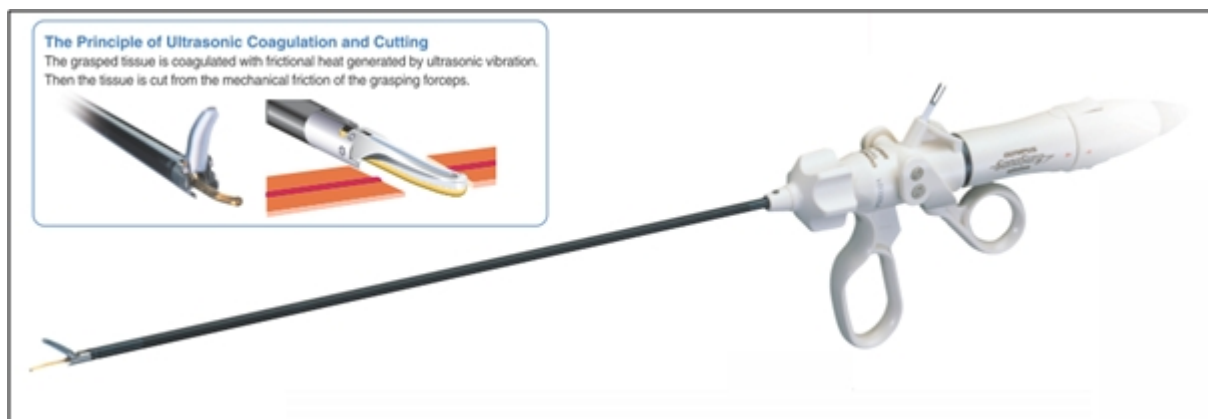
Obrázek 12 Nástroj Sonicbeat.



Sonosurg (Olympus Europa SE & CO. KG, SRN)

Na rozdíl od jiných nástrojů je tento určen primárně k opakovanému použití. Aktivní branže může být rovná nebo mírně zahnutá. I když je na některých trzích stále dostupný, je nahrazován modernějším Sonosurg X.

Obrázek 13 Nástroj Sonosurg. Zdroj www.olympus.com



Sonosurg X (Olympus Europa SE & CO. KG, SRN)

Jde o modernější variantu nástroje k opakovanému použití. Aktivní branže je taktéž v rovné nebo mírně zahnuté variantě. Proti předchozí generaci je aktivní branže jemnější a mírně jinak tvarovaná. Nástroj je vybaven určitou adaptivní ochranou.

http://www.olympus-europa.com/medical/en/medical_systems/products_services/product_details/product_details_10121.jsp

Obrázek 14 Nástroj Sonosurg X, detail pracovní části.



Lotus (SRA Development, Velká Británie)

Na rozdíl od ostatních typů UBS má mírně odlišný princip. Tento je založen na torzním pohybu aktivní přímé branže, která se pohybuje jako kyvadlo do stran. Výrobce tento typ pohybu udává jako lepší pro kvalitu (uzávěr cév i řez tkáně) práce. Je určen k jednorázovému použití.

<http://www.lotusultrasonicscalpel.com/products/dissecting-shears/>

Obrázek 15 Nástroj Lotus s torzním pohybem aktivní branže (princip obrázek 1).



Princip činnosti systému Lotus lze vidět i na následujícím <http://www.youtube.com/watch?v=jrVkoH9dupk>

Upozornění: Výše uvedený text má za cíl seznámit čtenáře s dostupnými technologiemi, nicméně nejedná se o návod či pracovní postup. Před použitím každého zdravotnického prostředku se seznáme s jeho vlastnostmi, bezpečným způsobem použití, indikacích a kontraindikacích a vždy dbejte na pacientovu bezpečnost. V případě dotazů kontaktujte zástupce společnosti dodávající jednotlivé tyty řešení.

Literatura

1. Seehofer D, Mogl M, Boas-Knoop S, Unger J, Schirmeier A, Chopra S, et al. Safety and efficacy of new integrated bipolar and ultrasonic scissors compared to conventional laparoscopic 5-mm sealing and cutting instruments. *Surgical endoscopy*. 2012;26(9):2541-9.
2. Milsom J, Trencheva K, Monette S, Pavoov R, Shukla P, Ma J, et al. Evaluation of the safety, efficacy, and versatility of a new surgical energy device (THUNDERBEAT) in comparison with Harmonic ACE, LigaSure V, and EnSeal devices in a porcine model. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2012;22(4):378-86.

3. Druzijanic N, Pogorelic Z, Perko Z, Mrklic I, Tomic S. Comparison of lateral thermal damage of the human peritoneum using monopolar diathermy, Harmonic scalpel and LigaSure. *Can J Surg.* 2012;55(5):317-21.
4. Noble EJ, Smart NJ, Challand C, Sleigh K, Oriolowo A, Hosie KB. Experimental comparison of mesenteric vessel sealing and thermal damage between one bipolar and two ultrasonic shears devices. *Br J Surg.* 2011;98(6):797-800.
5. Tsirlane VB, Lau KN, Swan RZ, Montero PN, Sindram D, Martinie JB, et al. Evaluation of an innovative, cordless ultrasonic dissector. *Surg Innov.* 2013;20(5):524-9.
6. Diamantis T, Kontos M, Arvelakis A, Syroukis S, Koronarchis D, Papalois A, et al. Comparison of monopolar electrocoagulation, bipolar electrocoagulation, Ultracision, and Ligasure. *Surg Today.* 2006;36(10):908-13.
7. Lamberton GR, Hsi RS, Jin DH, Lindler TU, Jellison FC, Baldwin DD. Prospective comparison of four laparoscopic vessel ligation devices. *J Endourol.* 2008;22(10):2307-12.
8. Broughton D, Welling AL, Monroe EH, Pirozzi K, Schulte JB, Clymer JW. Tissue effects in vessel sealing and transection from an ultrasonic device with more intelligent control of energy delivery. *Medical devices (Auckland, NZ).* 2013;6:151-4.
9. Lester BR, Miller K, Boers A, Harris DC, Gamble WG. Comparison of in vivo clinical performance and shaft temperature and in vitro tissue temperature and transection times between new and reprocessed harmonic scalpels. *Surgical laparoscopy, endoscopy & percutaneous techniques.* 2010;20(5):e150-9.
10. Kim FJ, Sehrt D, Pompeo A, Molina WR. Comparison of surgical plume among laparoscopic ultrasonic dissectors

using a real-time digital quantitative technology. Surg Endosc. 2012;26(12):3408-12.

11. Fagotti A, Vizzielli G, Fanfani F, Gallotta V, Rossitto C, Costantini B, et al. Randomized study comparing use of THUNDERBEAT technology vs standard electrosurgery during laparoscopic radical hysterectomy and pelvic lymphadenectomy for gynecologic cancer. J Minim Invasive Gynecol. 2014;21(3):447-53.

MUDr. Petr Macek

Urologická klinika VFN a 1. LF UK v Praze

petr.macek@vfn.cz