

## Ultrazvuk v regionální anestézii

D. Mach

ARO Nové Město na Moravě, Belfast City Hospital, Belfast, UK

### Úvod

Regionální anestézie se stává skutečnou anestézií, jen pokud podáme správné množství správného lokálního anestetika na správné místo. Jestliže se nedostavuje očekávaný výsledek, potom většinou selháváme v podání na „správné místo“. Klíčem k úspěchu je tudíž ve většině případů dokonalá lokalizace našeho cíle. Techniky umožňující orientaci anesteziologa v tkáni mají svoji bohatou historii. Ještě nám zůstává v paměti heslo „bez parestézie není anestézie“. Bez parestézie však není ani pooperační dysestézie. „Click fenomén“ je stále užitečnou pomůckou u axilárních a femorálních technik. Aspirace arteriální krve jako „dobré“ znamení při transarteriální axilární blokádě má z pochopitelných důvodů již jen historický význam. Významným pokrokem v lokalizaci periferních nervů se stala neurostimulace, která má však svá rizika a omezení. Dostupnost nových zobrazovacích technik na operačních sálech posunuje provádění periferních blokad do nového světa. Je však třeba jednoznačně deklarovat, že vzor technickým možnostem, které nám umožňují správné zacílení (neurostimulace, zobrazovací techniky), bude vždy práce úspěšného regionálního anesteziologa založena na dokonalé znalosti anatomických poměrů dané oblasti.

### Fyzikální principy

**Zvuk** je z fyzikálního hlediska podélné mechanické vlnění, které lidské ucho vnímá v rozsahu frekvencí 20 – 20 000 Hz. **Ultrazvukem** je označován zvuk s frekvencí nad horní hranicí slyšitelnosti, tedy na 20 kHz. V diagnostice se používá ultrazvuku s frekvencí řádově v jednotkách MHz.

**Mechanické vlnění** je takové vlnění, jehož nositelem jsou sami částice prostředí (na rozdíl od elektromagnetického

vlnění – světla). Mechanické vlnění se šíří pouze v hmotném prostředí (ne ve vakuu), ale není spojeno s přenosem hmoty, její částice pouze kmitají kolem rovnovážné polohy. Vlněním se však přenáší energie. **Podélné mechanické vlnění** je takové vlnění, jehož částice kmitají kolem rovnovážné polohy v tomtéž směru, v jakém se i celé vlnění šíří. Zvuk (samozřejmě i UZ) je tedy periodickým zředováním zahušťováním

prostředí, kterým se šíří. K periodickému zředění a zahuštění dojde u ultrazvuku 5 MHz pětimilionkrát za sekundu.

Ultrazvukové vlnění se při svém šíření:

**Odráží** (na rozhraní dvou prostředí a to tím intenzivněji, čím je hustota obou prostředí rozdílnější)

### Rozptyluje

**Ohýbá** (na rozhraní dvou prostředí, nedopadá-li na toto rozhraní kolmo)

**Absorbuje** (postupně ztrácí energii – změna na tepelnou energii prostředí)

Odraz a rozptyl tvoří základ zobrazení diagnostické ultrasonografie.

Jak již bylo řečeno, ultrazvuk potřebuje ke svému šíření hmotné prostředí. Rychlost jeho šíření přitom závisí na hustotě daného prostředí, jinými slovy na tom, jak relativně vzdálené jsou mezi sebou jeho jednotlivé částice, a tedy jak rychle jsou si schopny mezi sebou předávat svůj periodický kmitavý pohyb. Nejrychleji se proto šíří ultrazvuk v prostředí s vysokou hustotou (kostní tkáň). Nejpomaleji se pak bude šířit v látkách s hustotou malou (plyny). Vztah hustoty prostředí a rychlosti šíření zvuku popisuje **akustická impedance** (označuje jakýsi odpor kladený zvuku při šíření). Je tím vyšší, čím je větší hustota a rychlost šíření (v hustých látkách mají částice méně prostoru zahušťovat a zředovat prostředí). Nejmenší impedanci mají naopak látky plynné. Právě rozdíly v akustické impedanci tkání umožňují vznik intenzivních odrazů ultrazvukového vlnění (dvourozměrného obrazu na monitoru UZ přístroje). V roce 1842 popsal rakouský matematik a fyzik Johann Christian Doppler fyzikální jev, které jsme každodenně svědky aniž si jej uvědomujeme. Přibližuje-li se zdroj zvuku o konstantní frekvenci k pozorovateli, vnímá pozorovatel výšku tónu (frekvenci) vyšší než je skutečná. Naopak vzdaluje-li se zdroj zvuku od pozorovatele, vnímá pozorovatel tón s frekvencí nižší než je skutečná. Rozdílová frekvence je úměrná rychlosti pohybu zdroje. V diagnostické ultrasonografii je tohoto jevu hojně využíváno k identifikaci krevních toků.

### Technické vybavení

**Ultrazvukové sondy** jsou emitory ultrazvukového vlnění a současně i přijímači vlnění odraženého.

Z pracovní doby sondy připadá 1% času na emisi, 99% na příjem odrazů. Dle tvarů dělíme sondy na

Lineární (linear array) – využívané v RA nejčastěji

Konvexní (curved array)

Každá sonda je charakterizována svojí pracovní frekvencí. Ta má zásadní vliv na to co, jak a jak hluboko

vidíme. **Čím vyšší je pracovní frekvence, tím větší je rozlišovací schopnost ale nižší prostupnost**

**tkáněmi (nevyšetříme hlubší struktury)**. V regionální anestézii horní končetiny se používají

lineární sondy s vysokou pracovní frekvencí (10 MHz i vyšší). Při blokadách sedacího nervu lze využít i sondy konvexní s pracovní frekvencí kolem 7,5 MHz.

**Ultrazvukové přístroje** jsou k dispozici od malých přenosných po velké mnoha funkční drahé přístroje.

Cena je pochopitelně vždy kompromisem s výstupem, který nám přístroj poskytuje. K regionální anestézii lze využít obou typů. Za užitečnou součást vybavení považujeme barevný Doppler k identifikaci velkých cév (především pro výuku a pro méně zkušené anesteziology). Přístroje nabízejí různá přednastavení, ovládání jasů obrazu, hloubky vyšetření, zoom a další. U dražších se setkáváme s velmi příjemným harmonickým zobrazením či „compound imaging“, které mohou dále zkvalitnit obraz. Detailní nastavení a popis přístrojů je mimo obsah tohoto sdělení.

**Potenciální výhody ultrazvukem naváděných bloků**

- Přímá vizualizace nervů a okolních struktur
- Přímá vizualizace toku lokálního anestetika
- Snížení rizika intraneurálního a intravaskulárního podání lokálního anestetika
- Odstranění bolestivých kontrakcí při stimulaci
- Redukce množství lokálního anestetika (přímým pozorováním jeho distribuce kolem nervu)
- Rychlejší nástup a delší trvání bloku a zlepšení jeho kvality

### **Sonografický obraz nervů**

Z pohledu sonografisty je velmi nepříjemným faktem, že nerv může být ve svém průběhu jak hypoechogenní (tmavá struktura) tak hyperechogenní (světlá struktura). Jeho obraz se mění v závislosti na velikosti nervu, UZ frekvenci a úhlu UZ dopadajícího na nerv. Většina UZ obrazů nervů představují příčné řezy – v tomto případě se nám nerv jeví jako oválná, čočkovitá či trojúhelníková struktura s hypoechogenním centrem a hyperechogenním okolím. Není to však absolutně platné pravidlo.

### **Praktický postup**

#### 1. Nastavení přístroje

Většina přístrojů má takzvaný presetting – továrně přednastavený režim pro jednotlivé vyšetřované oblasti (zde zpravidla zvolíme povrchové „small parts“ či měkké tkáně...). Nastavení hloubky (depth setting) – nastavujeme hloubku, v které očekáváme objekt našeho pozorování. V této hloubce potom bude obraz nejostřejší. Nastavení zoom – jeho využití je srovnatelné s digitálním zoomem u fotoaparátu (je vždy na úkor ostrosti obrazu). Gain je plynulé zesvětlování obrazu (a obráceně). Další parametry jako harmonické zobrazení, compound imaging jsou k dispozici u dražších přístrojů. Z dalších běžně přítomných funkcí přístroje anesteziolog nejčastěji využije dopplerovské zobrazení a ukládání zmrazeného obrazu (SAVE, FREEZE).

#### 2. UZ orientace v oblasti

V oblasti blokády se nejdříve orientujeme podle jasných anatomických struktur. Struktury na obrazovce nahoře jsou ve skutečnosti při povrchu, níže zobrazené jsou hlouběji. Nejjednodušší je zachytit průběh cév (pokud si nejsme jisti, tak pomocí barevného dopplera). Tlakem na sondu odlišíme žílu (je kompresibilní) a tepnu. Pulsace mohou být přeneseně patrné i na žíle. Šlachy (na předloktí) odlišíme od nervů tím, že se ve svém průběhu „rozpuští“ ve svalu. Sondu orientujeme tak, aby struktury vpravo na pacientovi (z našeho pohledu) byly vpravo na obrazovce.

#### 3. Práce se sondou a jehlou

Využíváme třech základních pohybů sondou – podélný posun (podél průběhu nervu) – kývavý pohyb sondy (změna úhlu sondy ke kůži) může zlepšit obraz nastavením UZ kolmo k nervu – rotační pohyb sondy (jako hodinové ručičky) umožňuje nastavení paralelního průběhu UZ s jehlou. K periferním nervovým blokádám se využívá punkce jehlou z volné ruky (bez zaměřovacího nástavce). Výběr jehly- čím silnější (18G), tím lépe je sonograficky viditelná. Tenčí jehly používáme u povrchových bloků (axilární, interskalenický). V tréninku se často používají stimulační jehly a jejich poloha se po zavedení ověří stimulací. Jehlu zpravidla zavádíme v paralelním směru – UZ sledujeme celý průběh jehly. Spíše pro zkušené je technika sledování jehly procházející kolmo na UZ svazek. Sterilita ultrazvukové sondy je zajištěna sterilním povlakem na sondu (často stačí rukavice) nebo předchozí dokonalou desinfekcí sondy.

#### 4. Vlastní provedení blokády

Po vizualizaci nervu či pleteně jej pohybem sondy přesuneme ke kraji obrazovky a vedle sondy v paralelním směru zavádíme za stálého sledování punkční jehlu až k cílenému nervu. Podáním malého množství lokálního anestetika sledujeme jeho distribuci. To by mělo obtékat nerv, který se nám v ultrazvukovém obraze začne jasně vykreslovat. Nesmí se měnit tvar a průměr nervu – známka intraneurálního podání. Ztrácí-li se lokální anestetikum v lumen okolní cévy bez známek okolní distribuce, dochází k intravaskulárnímu podání. Podání anestetika můžeme ukončit ve chvíli, kdy došlo obtečení celého obvodu nervu. Tímto lze velmi výrazně snížit dávku lokálního anestetika.

### **Jednotlivé blokády**

Detailní popis jednotlivých technik je náplní workshopů. Proto se zde budu věnovat je krátkým poznámkám a především nejdůležitějším odkazům.

#### **Interskalenický blok**

Ultrazvuková navigace může být užitečná především u zhoršených anatomických poměrů. Využíváme pracovní frekvenci sondy až 12 MHz, krátkou a relativně tenkou jehlu zaváděnou z laterálního směru.

#### **Reference:**

Chan VW: Applying ultrasound imaging to interscalene brachial plexus block. Reg Anesth.Pain Med. 2003; 28: 340-3

- Demondion X, Herbinet P, Boutry N, Fontaine C, Francke JP, Cotten A: Sonographic mapping of the normal brachial plexus. AJNR Am.J.Neuroradiol. 2003; 24: 1303-9
- Jan VG, Tielens L, Gielen M: Ultrasound-guided interscalene brachial plexus block in a child with femur fibula ulna syndrome. Paediatr.Anaesth. 2006; 16: 330-2
- Martinoli C, Bianchi S, Santacroce E, Pugliese F, Graif M, Derchi LE: Brachial plexus sonography: a technique for assessing the root level. AJR Am.J.Roentgenol. 2002; 179: 699-702
- Perlas A, Chan VW, Simons M: Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation: a volunteer study. Anesthesiology 2003; 99: 429-35
- Sheppard DG, Iyer RB, Fenstermacher MJ: Brachial plexus: demonstration at US. Radiology 1998; 208: 402-6
- Soeding PE, Sha S, Royse CE, Marks P, Hoy G, Royse AG: A randomized trial of ultrasound-guided brachial plexus anaesthesia in upper limb surgery. Anaesth.Intensive Care 2005; 33: 719-25
- Yang WT, Chui PT, Metreweli C: Anatomy of the normal brachial plexus revealed by sonography and the

role of sonographic guidance in anesthesia of the brachial plexus. AJR Am.J.Roentgenol. 1998; 171: 1631-6

### **Supraklavikulární blok**

Opět využijeme lineární sondu s vysokou pracovní frekvencí. Nervy nacházíme v místě, kde z laterální strany přistupují k a. subclavia. Jehlu zavádíme opět v paralelním směru z laterální strany.

#### **Reference:**

- Apan A, Baydar S, Yilmaz S, Uz A, Tekdemir I, Guney S, Elhan A: Surface landmarks of brachial plexus: ultrasound and magnetic resonance imaging for supraclavicular approach with anatomical correlation. Eur.J.Ultrasound 2001; 13: 191-6
- Chan VW, Perlas A, Rawson R, Odukoya O: Ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. Anesth Analg 2003; 97: 1514-7
- Demondion X, Herbinet P, Boutry N, Fontaine C, Francke JP, Cotten A: Sonographic mapping of the normal brachial plexus. AJNR Am.J.Neuroradiol. 2003; 24: 1303-9
- Martinoli C, Bianchi S, Santacroce E, Pugliese F, Graif M, Derchi LE: Brachial plexus sonography: a technique for assessing the root level. AJR Am.J.Roentgenol. 2002; 179: 699-702
- Kapral S, Krafft P, Eibenberger K, Fitzgerald R, Gosch M, Weinstabl C: Ultrasound-guided supraclavicular approach for regional anesthesia of the brachial plexus. Anesth. Analg. 1994; 78: 507-13
- Perlas A, Chan VW, Simons M: Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation: a volunteer study. Anesthesiology 2003; 99: 429-35
- Sheppard DG, Iyer RB, Fenstermacher MJ: Brachial plexus: demonstration at US. Radiology 1998; 208: 402-6
- Williams SR, Chouinard P, Arcand G, Harris P, Ruel M, Boudreault D, Girard F: Ultrasound guidance speeds execution and improves the quality of supraclavicular block. Anesth Analg 2003; 97: 1518-23
- Yang WT, Chui PT, Metreweli C: Anatomy of the normal brachial plexus revealed by sonography and the role of sonographic guidance in anesthesia of the brachial plexus. AJR Am.J.Roentgenol. 1998; 171: 1631-6

### **Infraklavikulární blok**

Zde nacházíme brachiální plexus poměrně hluboko. Lze využít 7,5 MHz sondu. Hlavním orientačním bodem je a. subclavia, kolem které se obtáčí brachiální plexus jako laterální, mediální a zadní fascií. Lokální anestetikum lze podat rozděleně mediálně a laterálně od tepny.

#### **Reference:**

- Arcand G, Williams SR, Chouinard P, Boudreault D, Harris P, Ruel M, Girard F: Ultrasound-guided infraclavicular versus supraclavicular block. Anesth Analg 2005; 101: 886-90
- Bigeleisen P, Wilson M: A comparison of two techniques for ultrasound guided infraclavicular block. Br.J. Anaesth. 2006; 96: 502-7
- Brull R, McCartney CJ, Chan VW: A novel approach to infraclavicular brachial plexus block: the ultrasound experience. Anesth. Analg. 2004; 99: 950-1
- Demondion X, Herbinet P, Boutry N, Fontaine C, Francke JP, Cotten A: Sonographic mapping of the normal brachial plexus. AJNR Am.J.Neuroradiol. 2003; 24: 1303-9
- Greher M, Retzl G, Niel P, Kamolz L, Marhofer P, Kapral S: Ultrasonographic assessment of topographic anatomy in volunteers suggests a modification of the infraclavicular vertical brachial plexus block. Br.J. Anaesth. 2002; 88: 632-6
- Marhofer P: Vertical infraclavicular brachial plexus block in children: a preliminary study. Paediatr. Anaesth. 2005; 15: 530-1
- Marhofer P, Sitzwohl C, Greher M, Kapral S: Ultrasound guidance for infraclavicular brachial plexus anaesthesia in children. Anaesthesia 2004; 59: 642-6
- Nadig M, Ekatothramis G, Borgeat A: Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block. Br.J. Anaesth. 2003; 90: 107-8
- Ootaki C, Hayashi H, Amano M: Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block: an alternative technique to anatomical landmark-guided approaches. Reg Anesth. Pain Med. 2000; 25: 600-4
- Perlas A, Chan VW, Simons M: Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation: a volunteer study. Anesthesiology 2003; 99: 429-35
- Porter JM, McCartney CJ, Chan VW: Needle placement and injection posterior to the axillary artery may predict successful infraclavicular brachial plexus block: a report of three cases. Can.J. Anaesth. 2005; 52: 69-73
- Sandhu NS, Sidhu DS, Capan LM: The cost comparison of infraclavicular brachial plexus block by nerve stimulator and ultrasound guidance. Anesth Analg 2004; 98: 267-8
- Sandhu NS, Maharlouei B, Patel B, Erkulwater E, Medabalmi P: Simultaneous bilateral infraclavicular brachial plexus blocks with low-dose lidocaine using ultrasound guidance. Anesthesiology 2006; 104: 199-201
- Sandhu NS, Capan LM: Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block. Br.J. Anaesth. 2002; 89: 254-9

### **Axilární blok**

Patří k jednodušším technikám. Lineární sondou s vysokou frekvencí najdeme v okolí tepny hlavní tři nervy a při podávání lokálního anestetika k hlavnímu nervu (z pohledu našeho anestetického záměru) sledujeme distribuci i k nervům dalším. Někdy je vhodné mírně posunout jehlu k dalšímu nervu. Zcela samostatně je třeba anestetizovat n. musculocutaneus. Ten má zpravidla čochovitý průřez patrný v m. coracobrachialis.

## Reference:

- Demondion X, Herbinet P, Boutry N, Fontaine C, Francke JP, Cotten A: Sonographic mapping of the normal brachial plexus. *AJNR Am.J.Neuroradiol.* 2003; 24: 1303-9
- Gray AT, Schafhalter-Zoppoth I: "Bayonet artifact" during ultrasound-guided transarterial axillary block. *Anesthesiology* 2005; 102: 1291-2
- Guzeldemir ME, Ustunsoz B: Ultrasonographic guidance in placing a catheter for continuous axillary brachial plexus block. *Anesth.Analg.* 1995; 81: 882-3
- Liu FC, Lee LI, Liou JT, Hui YL, Lui PW: Ultrasound-guided axillary brachial plexus block in patients with chronic renal failure: report of sixteen cases. *Chang Gung.Med.J* 2005; 28: 180-5
- Liu FC, Liou JT, Tsai YF, Li AH, Day YY, Hui YL, Lui PW: Efficacy of ultrasound-guided axillary brachial plexus block: a comparative study with nerve stimulator-guided method. *Chang Gung.Med.J* 2005; 28: 396-402
- Perlas A, Chan VW, Simons M: Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation: a volunteer study. *Anesthesiology* 2003; 99: 429-35
- Retzl G, Kapral S, Greher M, Mauritz W: Ultrasonographic findings of the axillary part of the brachial plexus. *Anesth.Analg.* 2001; 92: 1271-5
- Schwemmer U, Markus CK, Greim CA, Brederlau J, Roewer N: Ultrasound-guided anaesthesia of the axillary brachial plexus: efficacy of multiple injection approach. *Ultraschall Med.* 2005; 26: 114-9
- Soeding PE, Sha S, Royse CE, Marks P, Hoy G, Royse AG: A randomized trial of ultrasound-guided brachial plexus anaesthesia in upper limb surgery. *Anaesth.Intensive Care* 2005; 33: 719-25

## Blokády předloktí

Velmi elegantně lze sledovat celý průběh n. medianus a n. ulnaris. Radiální nerv nacházíme v kubitě v místě, kde se dělí na hlubokou a povrchovou větev. Místo blokády je jen na fantazii a kreativitě anesteziologa.

## Reference:

- Beekman R, Visser LH: High-resolution sonography of the peripheral nervous system -- a review of the literature. *Eur.J.Neurol.* 2004; 11: 305-14
- Gray AT, Schafhalter-Zoppoth I: Ultrasound guidance for ulnar nerve block in the forearm. *Reg Anesth Pain Med* 2003; 28: 335-9
- Heinemeyer O, Reimers CD: Ultrasound of radial, ulnar, median, and sciatic nerves in healthy subjects and patients with hereditary motor and sensory neuropathies. *Ultrasound Med Biol.* 1999; 25: 481-5
- Perlas A, VWS Chan, Simons M: Brachial Plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation: a volunteer study. *Anesthesiology* 2003; 99: 429-435
- Schafhalter-Zoppoth I, Gray AT: The musculocutaneous nerve: ultrasound appearance for peripheral nerve block. *Reg Anesth Pain Med.* 2005; 30: 385-90
- Schafhalter-Zoppoth I, Gray AT: Ultrasound-guided ulnar nerve block in the presence of a superficial ulnar artery. *Reg Anesth.Pain Med.* 2004; 29: 297-8
- Spence BC, Sites BD, Beach ML: Ultrasound-guided musculocutaneous nerve block: a description of a novel technique. *Reg Anesth Pain Med.* 2005; 30: 198-201

## Femorální blok

- Gruber H, Peer S, Kovacs P, Marth R, Bodner G: The ultrasonographic appearance of the femoral nerve and cases of iatrogenic impairment. *J Ultrasound Med* 2003; 22: 163-72
- Marhofer P, Schrogendorfer K, Koinig H, Kapral S, Weinstabl C, Nikolaus M: Ultrasonographic guidance improves sensory block and onset time of three-in-one blocks. *Anesth Analg* 1997; 85:854-857
- Marhofer P, Schrogendorfer K, Wallner T, Koinig H, Mayer N, Kapral S: Ultrasonographic guidance reduces the amount of local anesthetic for 3-in-1 blocks. *Reg Anesth Pain Med* 1998; 23: 584-8
- Schafhalter-Zoppoth I, Zeitz ID, Gray AT: Inadvertent femoral nerve impalement and intraneural injection visualized by ultrasound. *Anesth Analg* 2004; 99: 627-8

## Popliteální blok

- Gray AT, Huczko EL, Schafhalter-Zoppoth I: Lateral popliteal nerve block with ultrasound guidance. *Reg Anesth.Pain Med.* 2004; 29: 507-9
- McCartney CJ, Brauner I, Chan VW: Ultrasound guidance for a lateral approach to the sciatic nerve in the popliteal fossa. *Anaesthesia* 2004; 59: 1023-5
- Minville V, Zetlaoui PJ, Fessenmeyer C, Benhamou D: Ultrasound guidance for difficult lateral popliteal catheter insertion in a patient with peripheral vascular disease. *Reg Anesth Pain Med* 2004; 29: 368-70
- Rivas FE, Sala-Blanch X, Bargallo X, Sadurni M, Puente A, De Andres J: [Ultrasound-guided posterior approach to block the sciatic nerve at the popliteal fossa]. *Rev.Esp.Anesthesiol.Reanim.* 2004; 51: 604-7
- Schafhalter-Zoppoth I, Younger SJ, Collins AB, Gray AT: The "seesaw" sign: improved sonographic identification of the sciatic nerve. *Anesthesiology* 2004; 101: 808-9
- Sinha A, Chan VW: Ultrasound imaging for popliteal sciatic nerve block. *Reg Anesth Pain Med* 2004; 29: 130-4
- Sites BD, Gallagher JD, Tomek I, Cheung Y, Beach ML: The use of magnetic resonance imaging to evaluate the accuracy of a handheld ultrasound machine in localizing the sciatic nerve in the popliteal fossa. *Reg Anesth.Pain Med.* 2004; 29: 413-6
- Sites BD, Gallagher J, Sparks M: Ultrasound-guided popliteal block demonstrates an atypical motor response to nerve stimulation in 2 patients with diabetes mellitus. *Reg Anesth Pain Med* 2003; 28: 479-82