

# Ér-kanülálások biztonságának fokozása ultrahang segítségével

Doktori értekezés

**Dr. Reusz Géza**

Semmelweis Egyetem  
Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola



Konzulens: Dr. Csomós Ákos Ph.D., egyetemi docens

Hivatalos bírálók: Dr. Szijártó Attila Ph.D., egyetemi adjunktus  
Dr. Almási Róbert Ph.D., egyetemi adjunktus  
Dr. Máthé Zoltán, Ph.D., egyetemi docens

Szigorlati bizottság elnöke: Dr. Harsányi László Ph.D., egyetemi tanár  
Szigorlati bizottság tagjai: Dr. Doros Attila Ph.D., egyetemi docens  
Dr. Végh Tamás Ph.D., egyetemi adjunktus

Budapest  
2014.

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>1.</b>	<b>Rövidítések jegyzéke</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Bevezetés</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Célkitűzések</b>	<b>11</b>
<b>4.</b>	<b>Módszerek</b>	<b>12</b>
4.1.	Elméleti rész: a kanülálásokhoz használt tűk ultrahangos képének elemzése.	12
4.2.	Klinikai vizsgálatok	13
4.2.1.	Ultrahang-vezérelt arteria radialis kanülálás – egy új kanülálási technika obszervációs vizsgálata	13
4.2.2.	Ultrahang-vezérelt beavatkozások bevezetése a klinikai gyakorlatban egy megyei kórház aneszteziológiai-intenzív terápiás osztályán	14
4.2.3.	Ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosítás korigálatlan koagulopátiában	15
4.3.	Statisztikai számítások	16
4.4.	Ábrák	16
<b>5.</b>	<b>Eredmények</b>	<b>17</b>
5.1.	A kanülálásokhoz használt tűk ultrahangos ábrázolása és az ezt zavaró műtermékek	17
5.1.1.	A fém tűk ultrahangos megjelenítése és a tű-hegy pozíciója	17
5.1.2.	Reverberációs műtermékek	21
5.1.3.	„Beam width” és „Side lobe” műtermékek	23
5.2.	Klinikai vizsgálatok	25
5.2.1.	Ultrahang-vezérelt arteria radialis kanülálás – egy új kanülálási technika obszervációs vizsgálata	25
5.2.2.	Ultrahang-vezérelt beavatkozások bevezetése a klinikai gyakorlatban	28

5.2.3. Ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosítás korrigálatlan koagulopátiában	31
<b>6. Megbeszélés</b>	<b>35</b>
6.1. A tű ultrahangos ábrázolása és a tű-hegy pozíciója	35
6.2. Tűvel kapcsolatos ultrahangos műtermékek	40
6.3. Ultrahang-vezérelt arteria radialis kanülálás – a tű-hegy jel követésén alapuló új kanülálási technika obszervációs vizsgálata	46
6.4. Ultrahang-vezérelt beavatkozások bevezetése a klinikai gyakorlatban	52
6.5. Ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosítás korrigálatlan koagulopátiában	57
<b>7. Következtetések</b>	<b>61</b>
<b>8. Összefoglalás</b>	<b>62</b>
<b>9. Irodalomjegyzék</b>	<b>64</b>
<b>10. Saját publikációk jegyzéke</b>	<b>77</b>
<b>11. Köszönetnyilvánítás</b>	<b>79</b>
<b>12. Függelék</b>	<b>80</b>

**1. RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE**

AA	Arteria axillaris
AB	Arteria brachialis
AF	Arteria femoralis
APTI	Aktivált parciális tromboplasztin idő
AR	Arteria radialis
BMI	Testtömeg-index (=Body Mass Index)
CI	Konfidencia intervallum (=Confidence Interval)
CVC	centrális véna kanül
G	Gauge
G/l	Giga/liter
HTX	Hemothorax
INR	International Normalized Ratio
IP	In-plane
IQR	Interquartilis range
LMWH	Alacsony molekulásúlyú heparin (=Low Molecular Weight Heparin)
MHz	Megahertz
mko	mindkét oldalon
mp	másodperc
NS	nem szignifikáns
OOP	Out-of-plane
perif.	perifériás
PiCCO	Pulse indicator continuous cardiac output
PTFE	Polytetraflouroethylene
PTX	Pneumothorax
SD	Standard deviáció
Thr	Trombocitaszám
UH	Ultrahang
VF	Vena femoralis
VJE	Vena jugularis externa
VJI	Vena jugularis interna
VS	Vena subclavia

## 2. BEVEZETÉS

Különbféle erek kanülálása az aneszteziológusok egyik legfontosabb, mindennapos feladata. A perifériás és centrális vénabiztosítás, továbbá az artéria kanülálás évtizedek óta a leggyakoribb invazív beavatkozások közé tartoznak az aneszteziológiai és intenzív terápiás gyakorlatban. A felszíni tájékozódási pontok alapján, „vakon” végzett kanülbehelyezés, bár rutin beavatkozásnak számít, alkalmanként nehéznek vagy kivitelezhetetlennek bizonyulhat, és súlyos szövődményekhez vezethet.

Egy 2003-ban, még az ultrahangos technikák széleskörű elterjedése előtt közölt irodalmi összefoglalás az addig ismert obszervációs vagy prospektív randomizált vizsgálatok alapján 6-20%-os gyakorisággal tudósított centrális vénás kanül bevezetésével összefüggő mechanikai szövődményekről. A szövődménygyakoriságot befolyásolta a lokalizáció, a betegpopuláció és az operatőr gyakorlata is (1). A leggyakoribb komplikáció a véletlen artériapunkció volt, amit a vena femoralis (VF) kanülálások 9-15%-ánál észleltek, de gyakran társult vena jugularis interna (VJI – 6,3-9,4%) és vena subclavia (VS – 3,1-4,9%) katéterezéshez is. Bár – amennyiben időben, a Seldinger dróton keresztül történő tágítás és kanülbevezetés előtt felismerik – az artéria punkciója legtöbbször ártalmatlan, klinikailag jelentős haematoma alakult ki a VF kanülálások 4%-ában, valamint a VJI és VS kanülálások 1-2%-ában. A VS kanülálások 1,5-3,1%-ában észlelték pneumothorax, 0,4-0,6%-ában haemothorax kialakulását; ismert, hogy pneumothorax VJI kanülálásakor is jelentkezhet, akár hasonló gyakorisággal (2). Plexus brachialis károsodás alakulhat ki a subclavia szúrások akár 2,9%-ában, és sérülhet a nervus phrenicus vagy a ductus thoracicus is (3,4). Alkalmanként életveszélyes szövődmények, például aorta dissectio, szívtamponád, carotis dissectio, stroke, trachea kompressziót okozó nyaki vérömleny, retroperitonealis haematoma léphetnek fel, illetve fatális komplikációk fordulhatnak elő mindhárom lokalizációban (5-8).

A szövődmények előfordulása arányos a kanülbehelyezési kísérletek számával; ha a centrális kanül bevezetéséhez három vagy több kísérletre volt szükség, a

szövődmények gyakorisága hatszorosára nőtt (1). Gyakorlatlan operatőr, egyes alkati adottságok (pl. obesitas, cachexia, deformált mellkas), korábbi kanülálások miatt trombotizált érrendszer, sürgősségi helyzet, társbetegségek (pl. emfizéma, koagulopátia) tovább fokozzák a szövődmények kockázatát (9). A rizikófaktorok egy része befolyásolható, így pl. rutin gyakorlat a koagulopátia korrekciója a kanülálás előtt. Ez azonban drága, és főleg sürgős esetekben, gyakran nem kivitelezhető. Koagulopátiás betegeknél elméleti megfontolások alapján javasolt a vena jugularis externa (VJE) használatát is centrális vénabiztosításhoz, azonban – még ha a véna kanülálása sikeres is – a katéter centrális helyzetbe vezetése a VJE felől anatómiai okok miatt gyakran lehetetlen (10,11).

Más tanulmányok szerint a hagyományos technikával végzett centrális vénabiztosítás akár az esetek 10-25%-ban sikertelen lehet, gyermekeknél volt olyan vizsgálat, amelyben a sikertelen kanülálások aránya 39% volt (12-13)! A sikeres esetek nagy részében is több mint egy kísérletre kerül sor; azon felül, hogy az eredménytelen punkciók a szövődmények számát fokozzák, idővesztéshez is vezetnek, hátráltatva az adekvát monitorozás és terápia elindítását.

Ugyanez igaz az artéria-katéterezésre is: prospektív randomizált vizsgálatokban az arteria radialis (AR) kanült felnőttekben csupán 34-50%-ban, gyermekekben 14-20%-ban sikerült első kísérletre behelyezni a hagyományos módszerrel (14-17). Az ér punkcióját követő sikertelen kanülbevezetés gyakran lokális haematoma-hoz, az ér spazmusához vezet, ami tovább nehezíti az újabb kísérleteket. Az AR kanülálása legtöbbször szövődménymentes, a kanülbevezetéssel közvetlenül összefüggő súlyos komplikációk (pszeudoaneurizma, perifériás neuropátia) nagyon ritkák (18,19). Bár a kéz súlyos, maradandó iszkémiás károsodása szintén ritka (az AR kanülok 0,1%-ánál észlelték), a kanülbehelyezések 57%-ánál fordult elő átmeneti vasospasmus, és 20% gyakorisággal tapasztaltak átmeneti, artéria trombózis okozta oclusio-t a kanül eltávolításakor; a traumatikus kanülálás a trombózis és spazmus egyik rizikófaktora (20). Természetesen éber betegek számára valamennyi nehéz, traumatikus kanülbevezetés kellemetlen, és zavaróak lehetnek az „enyhe” szövődmények is. Haematoma az AR katéterezések 14%-ában fordult elő (18). Sikertelen AR kanülálás

esetén alternatíva lehet az arteria brachialis (AB), arteria axillaris (AA) vagy az arteria femoralis (AF) katéterezése. A klinikailag jelentős szövődmények ezekben a lokalizációkban is ritkák, de megnő egyes súlyos komplikációk kockázata: végtag iszkémia (AB, AA, AF – valamennyi végartéria), cerebralis embolia (AA, AB), perifériás neuropátia (AB, AA), retroperitonealis haematoma (AF), bélperforáció (AF) alakulhat ki, illetve magasabb az infekcióveszély is (18,19).

Nem szabad elfelejteni, hogy bizonyos esetekben (pl. obes betegeknel, onkológiai betegekben, shock esetén) még az egyébként rutin perifériás vénabiztosítás is nehéz, sőt kivitelezhetetlen lehet. Perifériás vénakanül VJE-ba helyezése jelentette hagyományosan az egyik lehetőséget, ami azonban az esetek felében kivitelezhetetlen (21). A VJE sebészi kanülálása a véna maradandó károsodását okozza, a centrális vénabiztosítás pedig veszélyei miatt nem ideális alternatíva.

Az ultrahang-diagnosztika az 1970-es években terjedt el a klinikai gyakorlatban, és hamarosan elkezdtek alkalmazni egyes beavatkozások kontrollálásához is (9). Ultrahang segítségével a mélyben fekvő, szabad szemmel láthatatlan és nem tapintható erek is vizualizálhatók, ami teoretikusan fokozhatja az ér-kanülálások sikerarányát és biztonságosságát. Az ultrahang használatát indokolhatják a gyakori anatómiai variációk is: ismert például, hogy a VJI a korábban típusosnak gondolt (arteria carotis-tól laterális) lefutásban csak 6%-ban fordul elő, a betegek nagy részében részben vagy teljesen az artéria felett található. A betegek több mint felében az átfedés mértéke legalább 75%, sőt előfordul az arteria carotis-tól mediális lefutás is, bizonytalanná téve a pusztán felszíni tájékozódási pontok (jelen esetben carotis pulzáció) alapján végzett beavatkozást (12, 22). Azon kívül, hogy az ultrahang segítséget ad az ér pontos lokalizációjához, felismerhetők a kanülálást akadályozó patológiás elváltozások, pl. érfal-rendellenességek, trombózis jelenléte is.

Az 1970-es évek második felében írták le először ultrahang használatát ér kanülálásához (23,24). Eleinte az úgynevezett „statikus” (újabb definíció szerint „ultrahang-asszisztált”) technikákkal próbálkoztak, amikor az ér ultrahang segítségével történő felkeresése után maga a kanülbehelyezés már hagyományos módon történik

(25). Az erek felkereséséhez kezdetben egyszerű Doppler készüléket, később kétdimenziós ultrahangképet (B mód) használtak, szűrés előtt az ér lefutását általában bejelölték a bőrön. Az ultrahang-asszisztált technika fokozta a VJI kanülálás sikerarányát, más alkalmazásokban azonban nem sikerült igazolni előnyét a hagyományos módszerhez képest (26-28).

Hamar felmerült az igény az ér-kanülálások „dinamikus”, valós idejű kontrollálására is. Az 1980-as és 1990-es években, a korabeli technikai lehetőségek mellett legtöbbször Doppler technikával próbálkoztak, a beavatkozást a tühöz szerkesztett, vagy attól független egyszerű Doppler készülékkel követték (29,30). Több prospektív randomizált vizsgálat is kedvező eredményekről számolt be a VJI és a VS kanülálásakor (31-34). Más vizsgálatokban azonban nem találtak előrelépést a hagyományos technikához képest (35,36). A Doppler-vezérelt kanülálás a számos vizsgálat ellenére soha nem terjedt el széleskörűen, részben a technika körülményessége, részben a bizonytalan eredmények miatt. Később, az ultrahangtechnika fejlődése és a kétdimenziós vizsgálófejek (B-mód) elterjedése elavulttá tette a Doppler készülékeket. A 2002-es angol (National Institute for Clinical Excellence, NICE) guideline az addigi vizsgálatok áttekintése alapján a Doppler-vezérlést már nem ajánlotta a beavatkozások kontrollálásához (37).

Az ér-kanülálások kétdimenziós ultrahangképpel történő, valós idejű (új terminológiával és a továbbiakban „ultrahang-vezérelt”) kontrollját több mint 25 éve alkalmazzák (25). Már az 1980-as évek második felében leírták mind az „in-plane” (IP, a tű mozgása az ultrahang síkjában történik), mind az „out-of-plane” (OOP, a tű az ultrahang kétdimenziós síkján kívül halad a cél felé) technikákat, amik a mai napig az ultrahang-vezérelt beavatkozások két fő típusát képezik (38-40). Az 1990-es években több kis-közepes méretű prospektív randomizált vizsgálat, illetve metaanalízis egybehangzóan igazolta, hogy az ultrahang-vezérlés fokozza az ér-kanülálások sikerarányát és biztonságosságát (41-50). A 2001-es amerikai ajánlás a nehéz esetekhez, a 2002-es angol guideline a VJI esetében már rutinszerű alkalmazásra is ajánlotta az ultrahang-vezérlés használatát (37,51).



Az ismert előnyök ellenére az ultrahangos kontroll rutinszerű használata sokáig váratott magára, csak az elmúlt pár évben terjedt el széles körben. A késlekedésnek elsősorban technikai okai voltak: a 15-20 évvel ezelőtti ultrahangkészülékek még robusztus, nehéz berendezések voltak, betegágy melletti használatuk körülményes volt. A számítástechnika fejlődésének, a miniatürizációnak köszönhetően a készülékek mérete a közelmúltban folyamatosan csökkent, ezzel párhuzamosan a képminőség rengeteget javult, és a gépek ára is csökkent. 10-15 éve kerültek kereskedelmi forgalomba olyan laptop méretű, jó minőségű ultrahangok, amik könnyen a betegágyhoz tolhatók, megfizethetők, és így az akut ellátás, illetve az invazív beavatkozások helyszíneire (intenzív osztály, sürgősségi osztály, műtő) telepíthetők.

Az ultrahangkészülékek elterjedése, a beavatkozások ultrahangos kontrolljának rutinszerű alkalmazása természetesen maga után vonta a tapasztalat növekedését is. Így az ezredforduló óta végzett további vizsgálatok egyértelműen igazolták az ultrahang-vezérlés létjogosultságát a VJI esetében (51-59). Jó eredményekről számoltak be egyéb centrális vénakanulálásoknál (VC, VF) is (3, 60-62). Artéria kanuláláshoz és perifériás vénabiztosításhoz (nehéz esetekben) is elkezdtek ultrahang-vezérlést használni és azt többnyire hatékonyabbnak találták a vakon végzett kísérleteknél (14-17, 63-70). Így a 2011-es ajánlások már valamennyi ér-kanuláláshoz javasolták az ultrahangos technikát (9,25).

Néhány nagy betegszámú, egycentrumos vizsgálatban az átlaghoz képest is kiemelkedő eredményekről számoltak be. 450 VJI kanulálás mellett 100%-os sikerarányt (kontroll csoport: 94,4 %), 1,1 %-os carotis punkció gyakoriságot (kontroll: 10,6%) észleltek súlyos szövődmények nélkül (kontroll csoport: pneumothorax: 2,4%, hemothorax: 1,7%) (55). 200 VS kanulálás mellett a sikerarány 100% (kontroll: 87,5%), az artéria punkció gyakorisága 0,5% (kontroll: 5,4%) volt, szintén súlyos szövődmény nélkül (kontroll csoport PTX: 4,9%, HTX: 4,4%, plexus brachialis sérülés: 2,9%, nervus phrenicus sérülés: 1,5%) (3). Onkológiai betegekben obszervációs vizsgálatokban az ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosítást véralvadási zavar jelenléte mellett is biztonságosnak találták (71-73).

Ugyanakkor az is nyilvánvalóvá vált, hogy az ultrahang használata önmagában nem garancia a jó eredményekre és a szövődmények elkerülésére. Egy vizsgálatban (élethű fantomot használva) pl. azt észlelték, hogy aneszteziológus rezidensek 64%-a keresztülszúrta a jugularis internát anélkül, hogy ezt észlelte volna, sőt a behelyezett kanülök 20%-a a véna helyett az artériába került (74). Kiserek kanülálásakor különböző vizsgálatokban igen eltérő eredményekről számoltak be: pl. a perifériás vénakanülálás sikeraránya 63% és 97% között volt, az arteria radialis-t első kísérletre 14% és 87% között sikerült kanülálni (14,17,65,75).

Obszervációs vizsgálatokban kimutatták, és logikus is, hogy a beavatkozás sikere függ a választott ér átmérőjétől és mélységétől (76,77). Értelemszerűen minél nagyobb egy ér, annál könnyebb a kanülbehelyezés, az „ideális” elhelyezkedés pedig a bőr alatt 0,3-1,5 cm-re van – az egészen felületes képleteket az ultrahangfej könnyen összenyomja, a mélyben fekvők pedig részben a romló képminőség, részben a meredek szúrási szög miatt nehezebben kanülálhatók (77-79). A gyakorlatban a felületes és nagy kaliberű VJI ultrahang-vezérelt kanülálása legtöbbször egyszerű, ezzel szemben a mélyben haladó nagyvénák (VS, VF) és a kiserek (perifériás véna, AR) kanülálása nehezebb és haladó ultrahangos technikának számít.

A fenti, beteg- és beavatkozás-függő faktorokon kívül azonban egyéb tényezők is befolyásolják a kanülbehelyezések sikerét. Az ultrahang-vezérelt beavatkozások akkor biztonságosak, ha az operatőr folyamatosan követni képes a tű *hegyének* haladását a szövetekben a beavatkozás alatt. A technika fejlődésének: a javuló képminőségnek és a tű jobb vizualizációjának (főleg meredek szúrási szög mellett) köszönhetően a korábban nehéznek tartott alkalmazásokban is könnyebbé vált az ultrahangos kontroll az utóbbi években, de fontos kiemelni, hogy sok múlik az operatőrön: jelentősége lehet a választott technikának, illetve, mint minden manuális tevékenységnél, rengeteget számít az operatőr gyakorlata. Nem nélkülözhetők az ultrahangos technikával kapcsolatos elméleti ismeretek sem: technikai faktorok befolyásolják a képminőséget, a tű észlelését pedig műtermékek zavarják, ezért ezek ismerete elengedhetetlen.

Fentiekből következik, hogy kritikus a tű hegyének pontos azonosítása a beavatkozás alatt. Nem egyértelmű jelenleg, hogy a különböző alkalmazásokban ezt melyik ultrahangos technika teszi legjobban lehetővé. Mivel az ultrahang-vezérelt beavatkozások csak megfelelő gyakorlat mellett biztonságosak, kritikus a betanulási fázis, és nincs arra vonatkozóan irodalmi adat, hogy az oktatásnak milyen módon kell történnie. Továbbá, bár nagy betegszámú vizsgálatokban, gyakorlott operatórok esetén elhanyagolható volt a szövődmények száma, nem ismert, hogy az ultrahang – megfelelő módon használva – szükségtelenné teszi-e azokat a biztonsági szabályokat (pl. a koagulopátia korrekcióját centrális vénaszűrés előtt), amiket a vakon végzett beavatkozásoknál évtizedek óta betartunk a mechanikai szövődmények csökkentése érdekében.

### 3. CÉLKITŰZÉSEK

Vizsgálataink célja annak igazolása volt, hogy az ultrahang megfelelő használata javítja az ér-kanülálások sikerarányát, ezáltal fokozva a betegellátás biztonságát. Kutatásaink során az alábbi feladatokat határoztuk meg:

1. Az ér-kanülálásokhoz használt tűk ultrahangos megjelenésének részletes elemzése. A tű hegyének felkeresése, és pontos azonosítása a képeken különböző körülmények között. A tű-hegy azonosítását, illetve a tű mozgatásának ultrahangos követését nehezítő műtermékek felismerése.

2. A tű-hegy pontos ultrahangos vizualizációjának ismeretében az „in-plane” ultrahang-vezérelt szűrési technika módosítása. A módosított in-plane kanülálási technika klinikai gyakorlatban történő alkalmazása és obszervációs vizsgálat keretében az eredmények elemzése, a technika használhatóságának megítélése.

3. Ultrahang-vezérelt ér-kanülálások körültekintő bevezetése egy megyei kórház aneszteziológiai - intenzív terápiás osztályán; a beavatkozások fontosabb adatainak nyilvántartása, az eredmények, szövődmények folyamatos követése auditálással. Az ultrahangos technika biztonságosságának értékelése a betanulási fázisban.

4. Az ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosítás biztonságosságának vizsgálata korrigálatlan véralvadási zavar mellett.

## 4. MÓDSZEREK

Tanulmányunk két részből állt: egy elméleti és egy klinikai részből.

### 4.1. Elméleti rész: a kanülálásokhoz használt tűk ultrahangos képének elemzése

Ultrahang-vezérelt beavatkozások alatt és után nagyszámú, tűket ábrázoló ultrahang-képet elemeztünk. Különös figyelmet fordítottunk a tű-hegy pozíciójára, illetve ennek megítélését nehezítő műtermékek jelentkezésére a beavatkozás során. A képeket az ultrahang-készülék memóriájával eltároltuk, majd digitális formában számítógépre átmentettük. Észlelt eltérés, műtermék esetén az ultrahang-képet képszerkesztő szoftverekkel (Adobe Photoshop CS4, Adobe Systems Inc és GIMP 2.8) utólag is módosítottuk. Ennek során elsősorban a kontraszt/fényerő értékeket változtattuk a műtermékek kiemelése céljából.

A képeken látható, a tű valós pozíciójának meghatározását zavaró ultrahangos műtermékeket azonosítottuk, és az általunk észlelt eltéréseket a szakirodalomban korábban már ismertetett, ultrahang-vezérelt beavatkozások során észlelt műtermékekkel összehasonlítottuk. Az általunk azonosított, de korábban irodalmi hivatkozásokban tűkkel még nem összefüggésbe hozott műtermékeket az ultrahangtechnika alapjául szolgáló fizikai ismeretek, és az általános ultrahang-diagnosztikában leírt műtermékek ismert keletkezési mechanizmusa alapján értelmeztük.

In vivo megfigyeléseinket in vitro vizsgálatokkal egészítettük ki. Ezek során kerestük a tűkl környezetében kialakuló műtermékek megjelenését befolyásoló tényezőket. A műtermékek keletkezési mechanizmusát magyarázó elméleti feltételezéseinket egyszerű kísérletekkel igazoltuk, melyek során az ultrahangos kép változását értékeltük a tűk környezetétől, típusától, átmérőjétől, mélységétől, dőlésszögétől, illetve a bemetszés orientációjától függően. Az in vitro vizsgálatokhoz élethű (csirkemell) és mesterséges fantomokat, továbbá vízfürdőt használtunk.

Vizsgálataink során 22-16G perifériás vénakanüloket, 20G artériás kanült, centrális véna kanül vezetőtűjét és Seldinger drótot, továbbá 22-18 G injekciós tűket használtunk. LOGIQ Book XP Pro, Vivid e (GE Medical Systems Co., Ltd.), M5 (Shenzen Mindray Bio-Medical Electronics Co., LTD.), M-Turbo és Edge (SonoSite Inc.) ultrahang-készülékeket és 10-12 MHz lineáris ultrahangfejeket használtunk.

Az általunk felismert, illetve már korábban leírt, túvel kapcsolatos műtermékeket összegeztük és kerestük a klinikai gyakorlattal való kapcsolatukat.

## 4.2. Klinikai vizsgálatok

### 4.2.1. Ultrahang-vezérelt arteria radialis kanülálás – egy új kanülálási technika obszervációs vizsgálata

Az elméleti vizsgálatoknak köszönhetően sikerült pontosan azonosítani a tű hegyét az ultrahangos képeken a beavatkozások alatt (lásd *Eredmények: 1.1. A fém tűk ultrahangos megjelenítése és a tű-hegy pozíciója*). Ez lehetővé tette egy új ultrahang-vezérlési technika kialakítását, ami elsősorban kis kaliberű erek (arteria radialis, perifériás véna) kanülálásakor növelheti a sikerarányt, ahol a tű precíz mozgatása szükséges. A tű hegyét a beavatkozás alatt precízen és folyamatosan az ultrahangos kép síkjában vezetjük, az érbe való belépés direkt vizuális kontroll mellett történik. Kanül-a-tűn típusú kanülok használatakor (pl. perifériás vénakanül, „Flow-switch” artéria kanül) az ér punkcióját követően a tű hegyét direkt ultrahangos kontroll mellett még néhány mm-rel feljebb toljuk az érben, hogy a műanyag kanül is intravaszkuláris pozícióba kerüljön, és bevezetése zökkenőmentes legyen; az előrehaladás közben ügyelünk arra, hogy a tű hegye végig a lumenben maradjon. A technikát kritikus állapotú betegekben végzett arteria radialis kanülálásoknál vizsgáltuk egy obszervációs vizsgálat keretében. A vizsgálathoz Intézeti Kutatás-etikai Bizottsági engedélyt kértünk és kaptunk (engedély száma: IKEB/UDARC/2012/2).

A kanülálásokat öt, az ultrahang-vezérelt beavatkozásokban legalább közepes gyakorlattal rendelkező orvos végezte 6 hónapon keresztül (2012. július 1 – 2012. december 31.) az egri Markhot Ferenc Kórház Központi Intenzív Osztályán. A vizsgálatban részt vevő kollégák a vizsgálat indulását megelőzően 85-200 ultrahang-vezérelt beavatkozást végeztek, ezek között 12-60 artéria kanülálást. Valamennyi, a fenti orvosok által végzett ultrahang-vezérelt artéria kanülálási kísérletet beválogattuk a vizsgálatba. Minden esetben feljegyeztük a kanülálás kimenetelét (sikeres/sikertelen) és a kanül pozícióját. A nem sürgős esetekben részletes méréseket is végeztünk, feljegyeztük a kanülálás sikerességét potenciálisan befolyásoló tényezőket (artériás vérnyomás, vazopresszorok jelenléte, koagulopátia, testtömeg-index, artéria átmérője és mélysége, lokális ér-rendellenességek), és vizsgáltuk a beavatkozás és az egyes kísérletek kimenetelét. Így mértük a kanülálási időt, amit a bőr punkciójától a kanül sikeres bevezetéséig (Seldinger technika alkalmazásakor a Seldinger-drót kihúzásáig, „Flow switch” kanül használatakor a csap elzárásáig) számítottunk. Feljegyeztük a kísérletek számát, a felhasznált kanülok típusát és számát (lásd *Függelék*). Első választásként az arteria radialis csukló feletti szakaszát kanüláltuk, alternatív lehetőség volt az arteria radialis alkar középső harmadában futó szakasza vagy az arteria brachialis a könyökhajlat felett. Új kísérletként definiáltuk a bőr új punkcióját kanülbevezetés céljából, amit a kanül korlátlan számú bőr alatti mozgatása követhetett. A vizsgálat időtartama alatt 20G kanül-a-tún típusú (Flow switch, Beckton Dickinson Critical Care Systems Pte Ltd., Singapore) és 20G Seldingeres (Arrow International Inc., Reading, PA) artéria kanülok voltak elérhetőek. A sterilitást az ultrahang-fejre húzott steril fóliával és steril ultrahang-zselé használatával biztosítottuk.

#### 4.2.2. Ultrahang-vezérelt beavatkozások bevezetése a klinikai gyakorlatban egy megyei kórház aneszteziológiai-intenzív terápiás osztályán

2011. februárban vezettük be az ultrahangot a klinikai gyakorlatban a Markhot Ferenc Kórház Központi Aneszteziológiai és Intenzív Betegellátó Osztályán. Az általunk használt ultrahangkészülék (LOGIQ Book XP Pro, GE Medical Systems Co., Ltd., Wuxi, China) egy laptop méretű, általános diagnosztikai célokra készült, tehát nem

kifejezetten aneszteziológiai ultrahang volt. A készülék a Radiológiai Osztály tulajdona volt, de 2011. február óta az Intenzív Osztályon állomásozott. Az ultrahang-vezérelt beavatkozások nagy részét az Intenzív Osztályon kezelt betegeknél, illetve műtéti előkészítésként végeztük, de alkalmanként a kórház egyéb osztályai számára is, amikor - legtöbbször sikertelen vénabiztosítás miatt - a segítségünket kérték. A sterilitás érdekében egyszer használatos, a kórház által készített sterilizált védőfóliát és steril ultrahang-zselét használtunk.

A technika bevezetésének idején még csak egyetlen orvosnak volt gyakorlata az ultrahang-vezérelt ér-kanülulációkban. Ezért a bevezetés első egy-két éve nemcsak az egyes kollégák szempontjából, de intézeti szinten is betanulási fázisnak volt tekinthető. A kollégák képzése az első pillanattól kezdve szisztematikusan történt. Elméleti oktatást követően a tú ultrahang alatt történő mozgathatóság elsajátításához „in vitro” gyakorlati lehetőségeket szerveztünk, majd ezt követően került sor az első „éles” beavatkozásokra felügyelettel. Önálló beavatkozásokra csak akkor került sor, amikor az operátor már biztonságosan alkalmazta az új technikát.

Valamennyi beavatkozás fontosabb adatait (beavatkozás típusa, dátum, operátor, sikeresség, szövődmények) egy naplóban vezettük, és rendszeresen értékeltük az adatokat retrospektív módon, beavatkozási típusokra lebontva. Az ezredik beavatkozás elvégzése után egy részletes auditot végeztünk, amelynek célja az új módszer sikerességének és biztonságosságának ellenőrzése volt.

#### 4.2.3. Ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosítás korrigálatlan koagulopátiában

Egy külön vizsgálat keretében összegyűjtöttük azokat az intenzív osztályon végzett ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosításokat, amiket koagulopátiás betegekben végeztünk 2011. február és 2013. január között (Kutatás-ethikai engedély száma: IKEB/UVCV/2012/2). Ehhez a retrospektív vizsgálatához az ultrahangos adatbázisunkon kívül a laboratóriumi és képalkotó vizsgálatok kigyűjtéséhez felhasználtuk a kórházi elektronikus (MEDWORKS) és papír-alapú betegnyilvántartást



is, koagulopátia jelenlétére és a szúrás követő 24 órán belül dokumentált szövődményekre voltunk kíváncsiak. Koagulopátiának tekintettük az 1,5 feletti INR értéket és APTI rátát, a 100 G/l alatti trombocitaszámot, illetve az antikoaguláns (12 órán belül adott LMWH) vagy clopidogrel hatást a kanülálás időpontjában. Súlyos koagulopátiának véleményeztük a 2,0 feletti INR és APTI értéket, az 50 G/l alatti trombocitaszámot, illetve a terápiás antikoagulálást. Szövődményként értékeltünk bármilyen, mellkas röntgenfelvételen leírásra került vagy a kórlapban, dekurusban dokumentált, kanülbevezetéssel összefüggésbe hozható mechanikai szövődményt, így bármilyen vérzést (pl. szúracsatornából szivárgó vérzés, haematoma, haemothorax), pneumothorax kialakulását, vagy bármilyen szerv, képlet sérülését, károsodását.

A fenti vizsgálatok és az ultrahang klinikai bevezetésében összegyűlt tapasztalat szintén az értekezés részét képezik.

#### 4.3. Statisztikai számítások

Deskriptív statisztikai számítások során mean és standard deviáció, vagy medián és 25-75% interquartilis tartomány értékeket kalkuláltunk. Binomiális eloszlások konfidencia intervallum (CI) meghatározásához Wilson tesztet használtunk és 95%CI értékeket közöltünk. Aránypárok összehasonlításához chi-négyzet tesztet alkalmaztunk és  $p < 0,05$  értéket tekintettünk szignifikáns eltérésnek.

A számításokat Stata 8.2 szoftverrel (StataCorp, Texas, USA) végeztük. Az adatokat mean  $\pm$  standard deviáció, vagy medián (IQR) formájában adtuk meg.

#### 4.4. Ábrák

Az értekezésben szereplő valamennyi ábra saját anyagunk része.

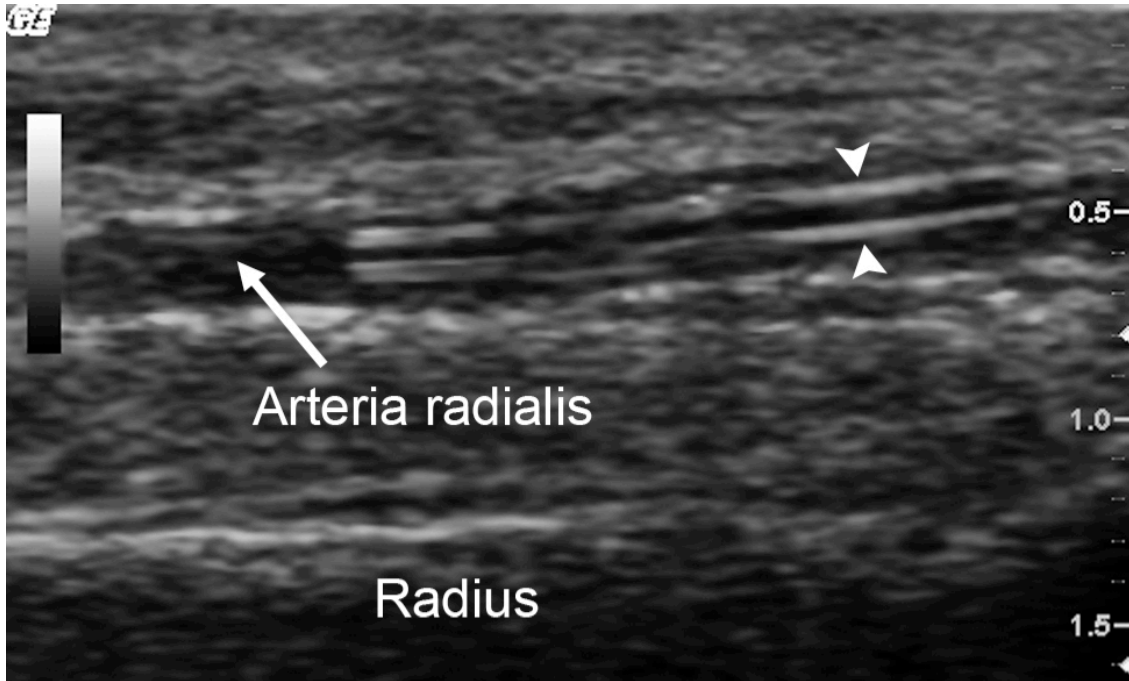
## 5. EREDMÉNYEK

### 5.1. A kanülálásokhoz használt tűk ultrahangos ábrázolása és az ezt zavaró műtermékek

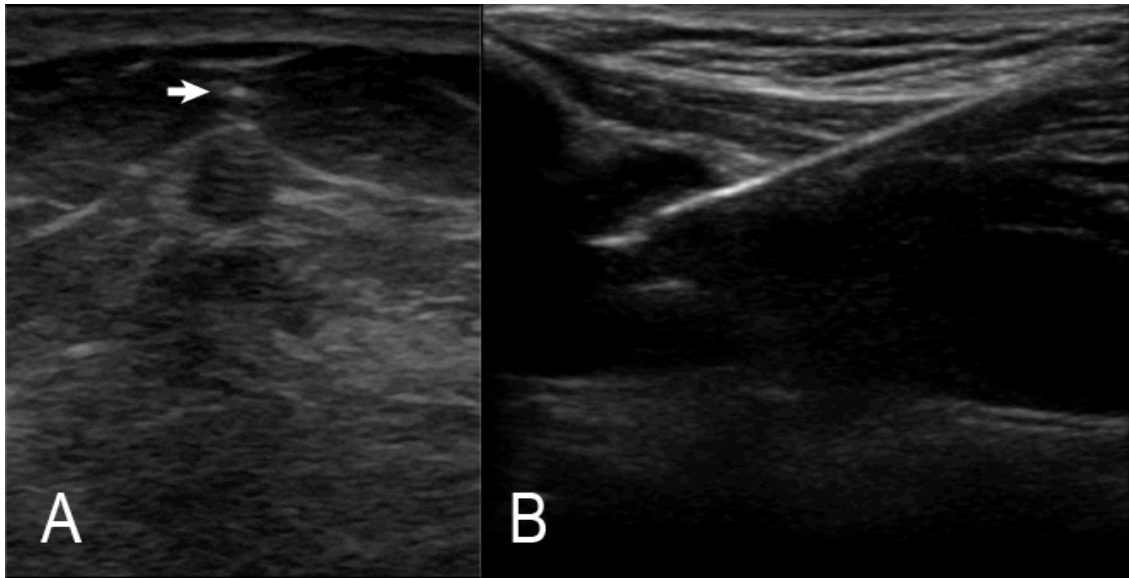
#### 5.1.1. A fém tűk ultrahangos megjelenítése és a tű-hegy pozíciója

Kimutattuk, hogy a modern ultrahangkészülékek felbontása az ér-kanülálások kontrolljához használt, 10 MHz körüli frekvencián működő vizsgálófejekkel elméletileg képes ábrázolni a tűk lumenes szerkezetét (keresztmetszetben: kör, hosszmetsetben: első és hátsó fal, közepén lumen). Az ultrahang axiális felbontása közelítőleg a hullámhosszal egyenlő, amit könnyű meghatározni a szövetekben mért haladási sebesség és a frekvencia hányadosaként ( $1540\text{m/s} / 10\text{MHz} \sim 0,15 \text{ mm}$ ). Összehasonlításként: a kanülálásokhoz használt tűk átmérője 1-2 mm körül van (20G tű: 0,9 mm, 16G tű: 1,6 mm). A behelyezett *műanyag* kanülök lumenes szerkezete jól látszik az ultrahangos képen (1. ábra). Ezzel szemben a *fém* tű tipikus esetben egy hyperechogén foltként (keresztmetszet) vagy vonalként (hosszmetset) ábrázolódik, és a lumen nem azonosítható (2. ábra). A műanyag kanülök és a fém tűk eltérő ultrahangos megjelenítésének magyarázatára vonatkozóan nincs az irodalomban adat. Megfigyeléseink alapján az eltérő megjelenés oka a tű első fala alatt kialakuló hangárnyék, ami a tű lumenét és hátsó falát elfedi.

Ismert, hogy két különböző közeg találkozási felületén az ultrahang egy része visszaverődik; a szövetek találkozásánál kialakuló, és a transzducer felé visszaverődő echo-k képezik az ultrahangos képalkotás alapját. Egy adott felületről annál több ultrahang verődik vissza, minél nagyobb a különbség a két közeg akusztikus impedanciája között. A testünk különböző lágyrészeinek akusztikus impedanciája egymáshoz közeli érték. A határfelületekről tipikusan az ultrahang 1%-a reflektálódik, ami a képalkotásnál hasznosul, és a felületen keresztülhatoló ultrahang segítségével a mélyebben fekvő szövetek is ábrázolhatók.



**1. ábra. Műanyag artéria kanül ultrahangos képe.** A kanül mindkét fala (nyílhegyek) és közöttük a lumen is jól ábrázolódik.



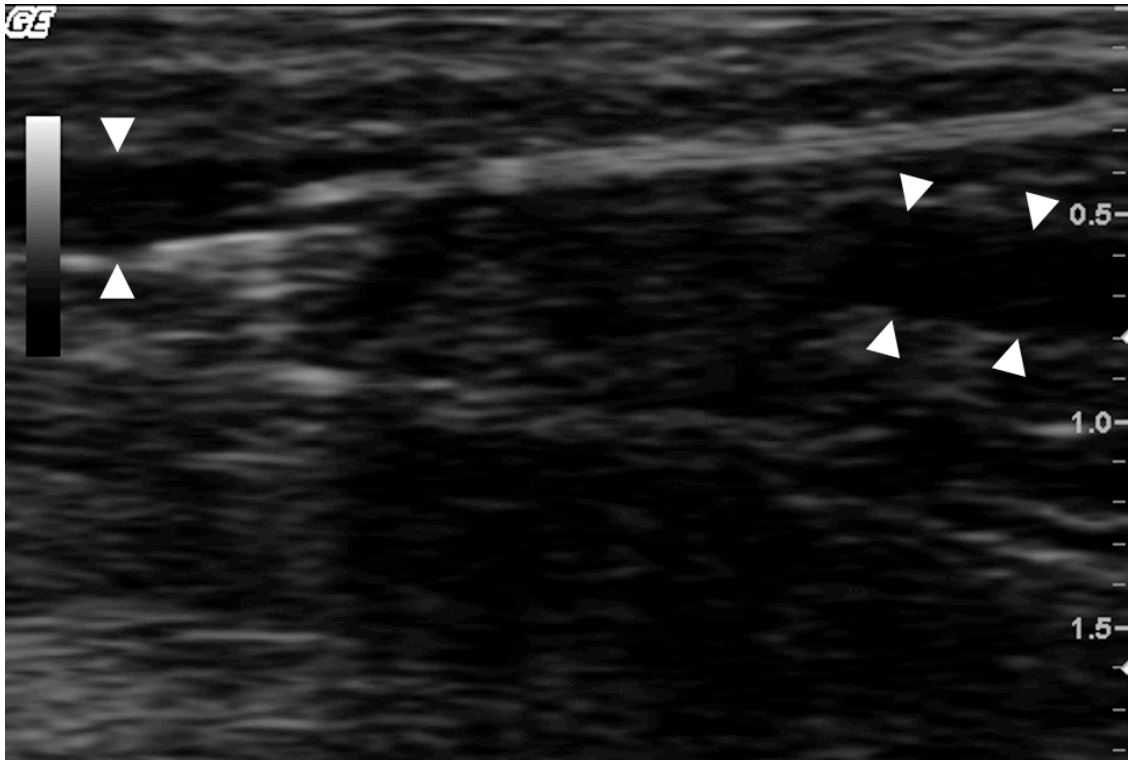
**2. ábra. Fém tű ultrahangos képe.** A: keresztmetszet (a tűt nyíl jelöli). B: hosszmetzet. A tű lumene nem azonosítható.

A lágyszövetektől jelentősen eltérő akusztikus impedanciájú közegek (pl. csont, levegő) felszínéről ezzel szemben az ultrahang jelentős része reflektálódik, ami megakadályozza a mélyebben fekvő testtájékok vizsgálatát (hangárnyék). Ez az ismert jelenség elképzelésünk szerint a tű határfelületénél is megfigyelhető, aminek oka a fémanyag és a lágyszövetek jelentősen különböző akusztikus impedanciája. A műanyagok akusztikus impedanciája ezzel szemben közel áll a lágyszövetekéhez, ezért az ultrahang sokkal kisebb mértékben reflektálódik, és nem alakul ki hangárnyék (1. táblázat). Következésképpen a műanyag kanülök szerkezetét az ultrahang képes pontosan visszaadni, azonban a fém tűk ultrahangos megjelenítését a tű első fala alatti hangárnyék szinte mindig torzítja.

**1. táblázat. Különböző szövetek és anyagok akusztikus impedanciája (80,81).**

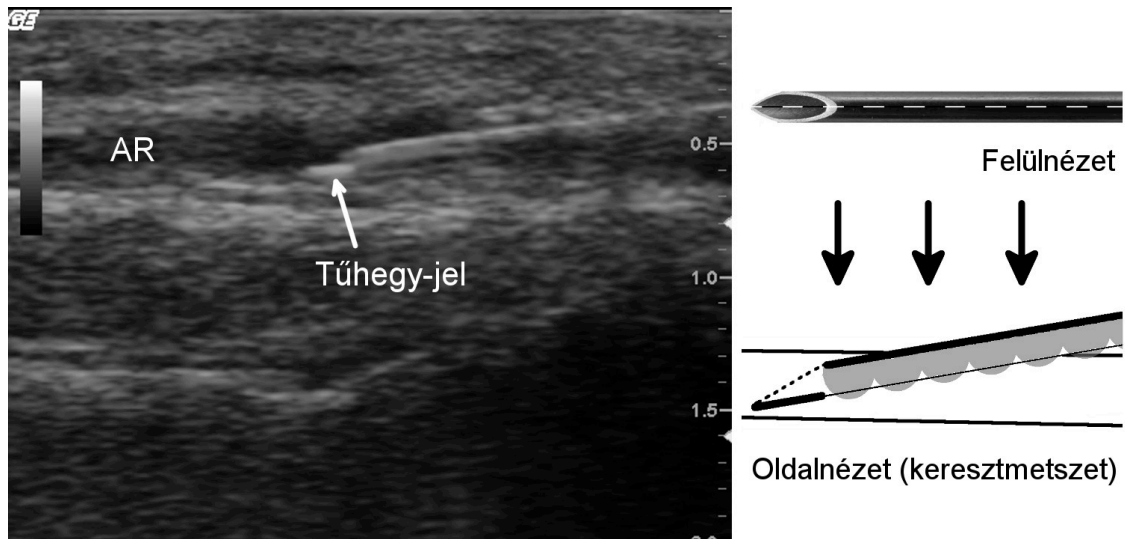
	<i>Akusztikus impedancia (Rayl)</i>
Levegő	0.0004
Zsír	1.34
Vér	1.65
Izom	1.71
Teflon (PTFE)	2.97
Csont	7.8
Rozsdamentes acél	45.7

Vastag tűk hangárnyéka alkalmanként az egész képet deformálja, eltakarhatja a kanülálandó eret is (3. ábra). Gyakran azonban a hangárnyék rejtve marad, mivel – főleg kis kaliberű tűk esetén – a tű okozta hangárnyék rövid, és így az ultrahangos képet nem torzítja el szignifikánsan. Azonban a tű első falának hangárnyéka szinte mindig elrejtja a tű valós dimenzióit, eltakarja a lument és a hátsó falat.



**3. ábra. Perifériás véna kanülálás.** A tű hangárnyéka deformálja a képet, a tű alatt a véna eltűnik. A látható vénaszakaszokat nyílhegyek jelölik.

Elméletünk helyességét igazolja egy látszólag jelentéktelen, rövid, echodens csík, amit tűhegy-jelnek (angol nyelvű közleményekben „bevel line”-nak) neveztünk el. A tűhegy-jel in-plane ultrahangos technika alkalmazásakor rendszeresen látható a képen a tű-vonal disztális végénél. Megfigyeléseink szerint a tűhegy-jel szinte mindig ábrázolódik, ha a tű hegye pontosan az ultrahang síkjában van, és a tű bemetszése felfelé néz. Igazoltuk, hogy nem műtermék, hanem a tű fizikai része: a bemetszésnél a tű első fala hamarabb véget ér, ezért annak hangárnyékából előtűnik a hátsó fal disztális vége (4. ábra). Az elmélet helyességét egyszerű kísérlettel igazoltuk: ha a tűt 180 fokkal elfordítjuk, a bemetszés lefelé és a tű hegye felülre kerül, ezért a tűhegy-jel eltűnik, és a hosszú tűvonal vége ezzel a szakasszal meghosszabbodik.

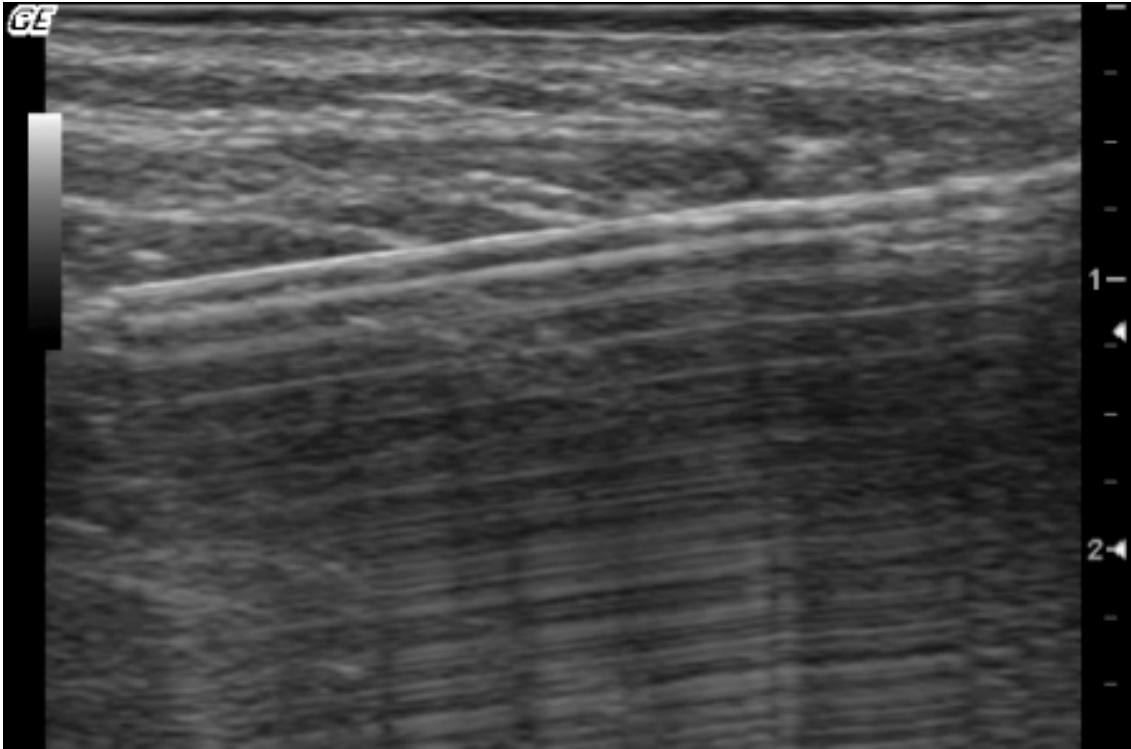


**4. ábra. A tűhegy-jel és magyarázata. (Arteria radialis kanülálás.)**

A tűhegy-jel helyes értelmezése két szempontból is jelentőséggel bír az ultrahang-vezérelt beavatkozások során. Egyrészt, a bemetszés hossza nem elhanyagolható (pl. 16G kanül esetében: 4-5mm), különösen, amikor kis kaliberű ereket kanülálunk. Fontos tudni, hogy a tű hegye nem a hosszú tű-vonal, hanem a tűhegy-jel disztális végén van. Másrészt, a tűhegy-jel a tű-hegy pozíciójának közvetlen vizuális megerősítése: a tű hegye akkor van a síkban, amikor a tű-hegy jel legjobban látható. A tűhegy-jel képernyőn tartásával a tű hegye végig precízen követhető a beavatkozás alatt.

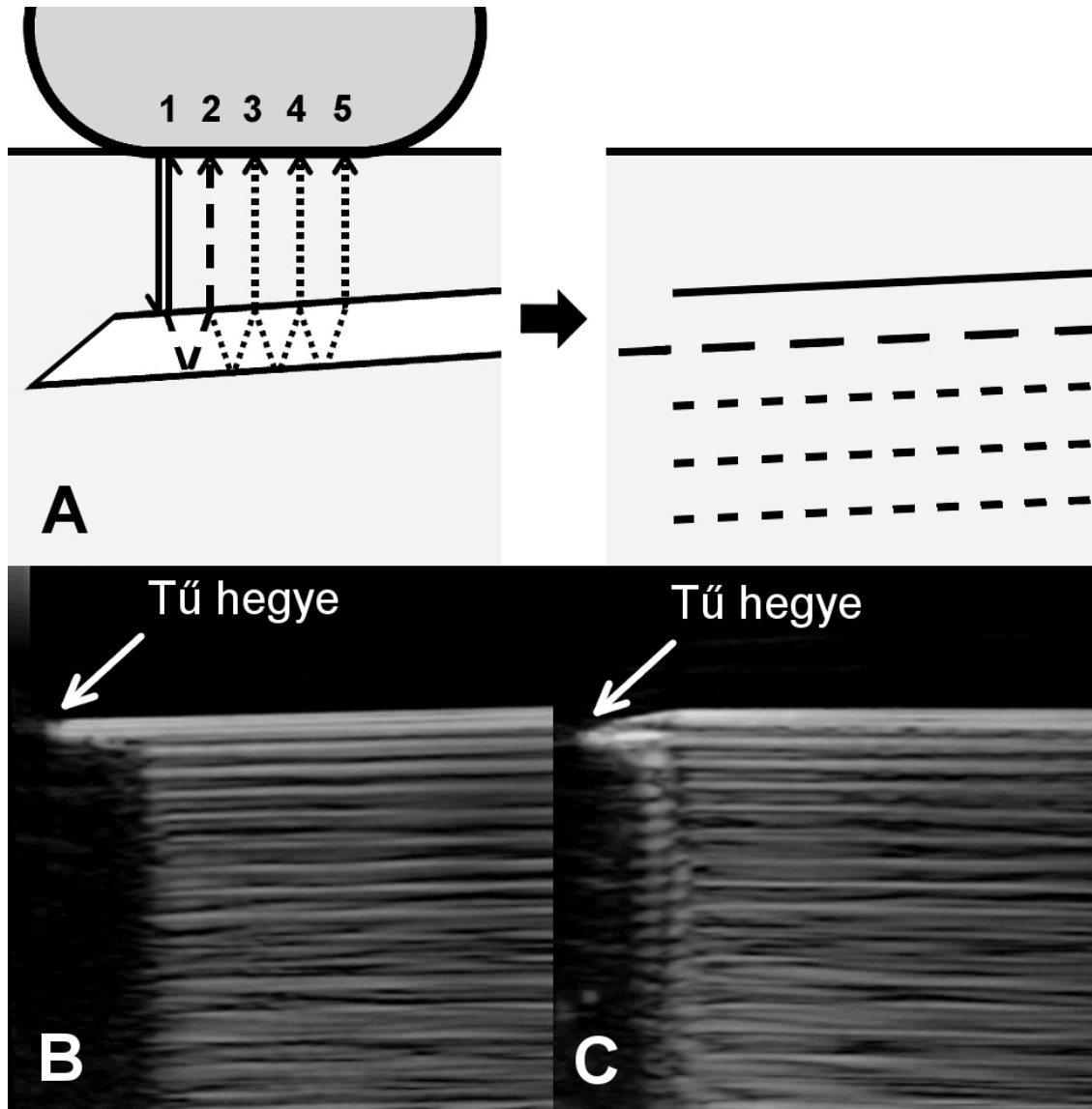
#### 5.1.2. Reverberációs műtermékek

Ismert, hogy két párhuzamos, sima felszín között az ultrahang bizonyos körülmények között reverberál, azaz a két felszín között ide-oda mozog, ezért a képen egymással párhuzamos vonalak jelennek meg. Alkalmanként a tű (és a Seldinger-drót) alatt is megfigyelhető reverberációs műtermék mind a keresztmetszeti, mind a hosszszelvényi képen. Ez esetenként az egész képet torzítja, elfedi a tű alatti képleteket, és elrejtja a tű hegyének pozícióját (5. ábra).



**5. ábra. Tű okozta reverberációs műtermék.** Vena jugularis interna kanülálás; a műtermék az eret teljesen eltakarja.

Igazoltuk, hogy reverberációs műtermékek jelentkezésekor a számos, párhuzamos vonal közül az első kettő felel meg a tű falainak, a tű lumene értelemszerűen az első két hyperechogén vonal közötti terület. A többi vonal már reverberációs műtermék, és mint ilyen, nincs mögötte valós tartalom, ezért a tű helyzetének meghatározásánál nem kell figyelembe venni (6.A ábra). Mivel a reverberáció feltétele két párhuzamos felület jelenléte, értelemszerűen nincs reverberáció a bemetszés alatt, ahol a tű egyik fala véget ér. A tű hegye vagy az első, vagy a második vonal disztális végénél van, attól függően, hogy a bemetszés lefelé vagy felfelé néz (6.B-C ábra).



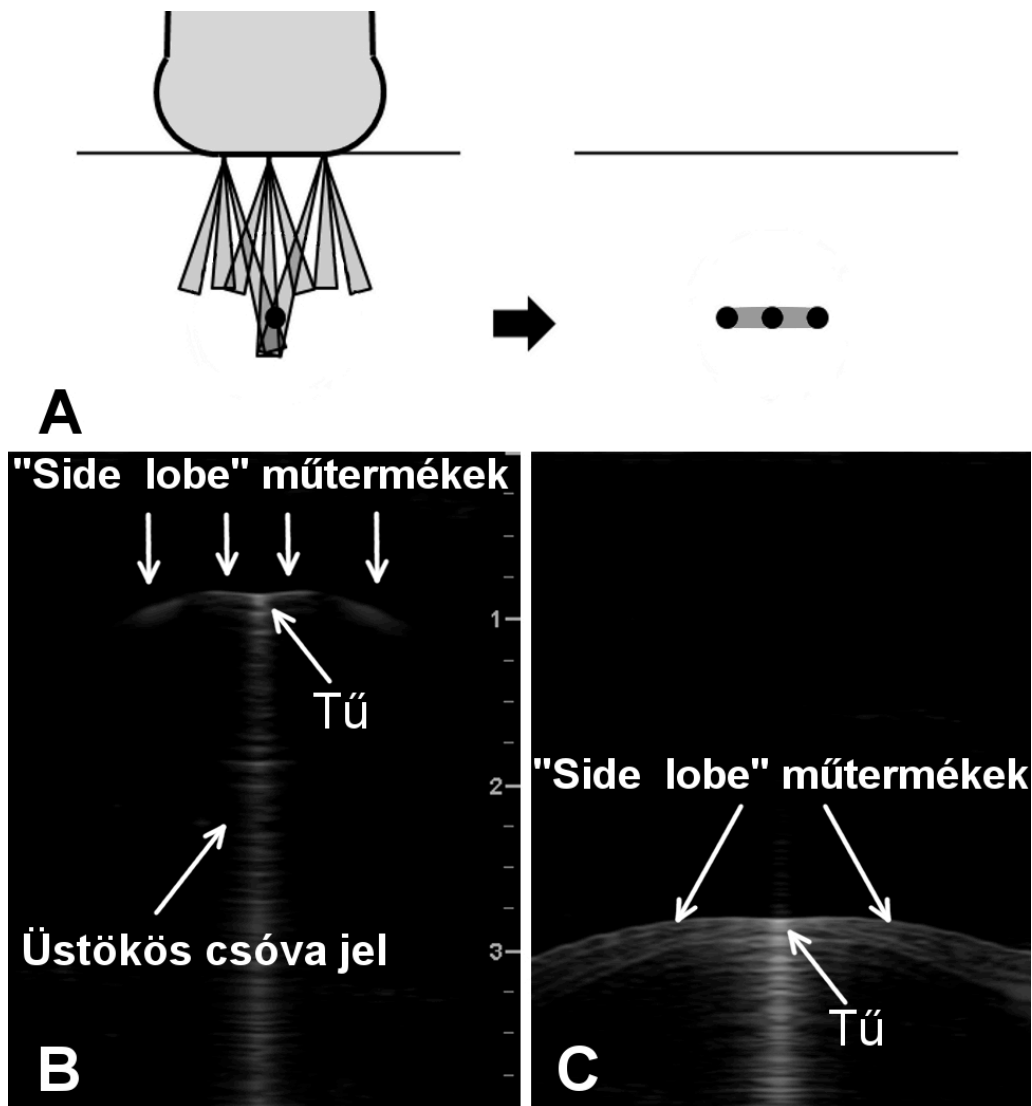
**6. ábra. Reverberációs műtermék magyarázata (A) és a tű hegyének pozíciója vízfürdőben (B-C). 6.B: A bemetszés lefelé néz. 6.C: a bemetszés felfelé néz.**

### 5.1.3. „Beam width” és „Side lobe” műtermékek

Bár ideális esetben (lineáris ultrahangfej esetén) az elemi Piezo kristályok által gerjesztett ultrahang egyenes vonalban halad lefelé a transzdúcer alatt, és csak a kristály alatti területről hordoz információt, valójában ez az ideális helyzet nem létezik. A hang „nyaláb” a mélység növekedésével kiszélesedik, és a szomszédos kristályok receptor területe átfedi egymást. Ezen felül a fő hang „nyaláb” (vagy „lebeny”) mellett



melléknyalábok is generálódnak, amik szintén a szomszédos területekről hordoznak információt. Erősen reflektáló tárgyak, így a fém tű is, nemcsak a felettük elhelyezkedő, hanem a szomszédos kristályokat is aktiválják, ezért az ultrahangos képen a látszólagos laterális kiterjedésük a valóságosnál nagyobb lehet. Ez jól látszik vízfürdőben készült képeken, ahol a szövetek az ultrahang energiáját nem attenuálják (7. ábra). A mélység növekedésével a kristályok közötti átfedés nő, ezért a műtermék kiterjedése is nő.



7. ábra. Side lobe műtermék magyarázata (A). Tű okozta side lobe műtermékek vízfürdőben (B,C). A mélység növelésével a műtermék kifejezettebbé válik. (A tű alatt üstökös csóva jel látható, magyarázatát lásd *Megbeszélés: Tűkkel kapcsolatos ultrahangos műtermékek* alatt).

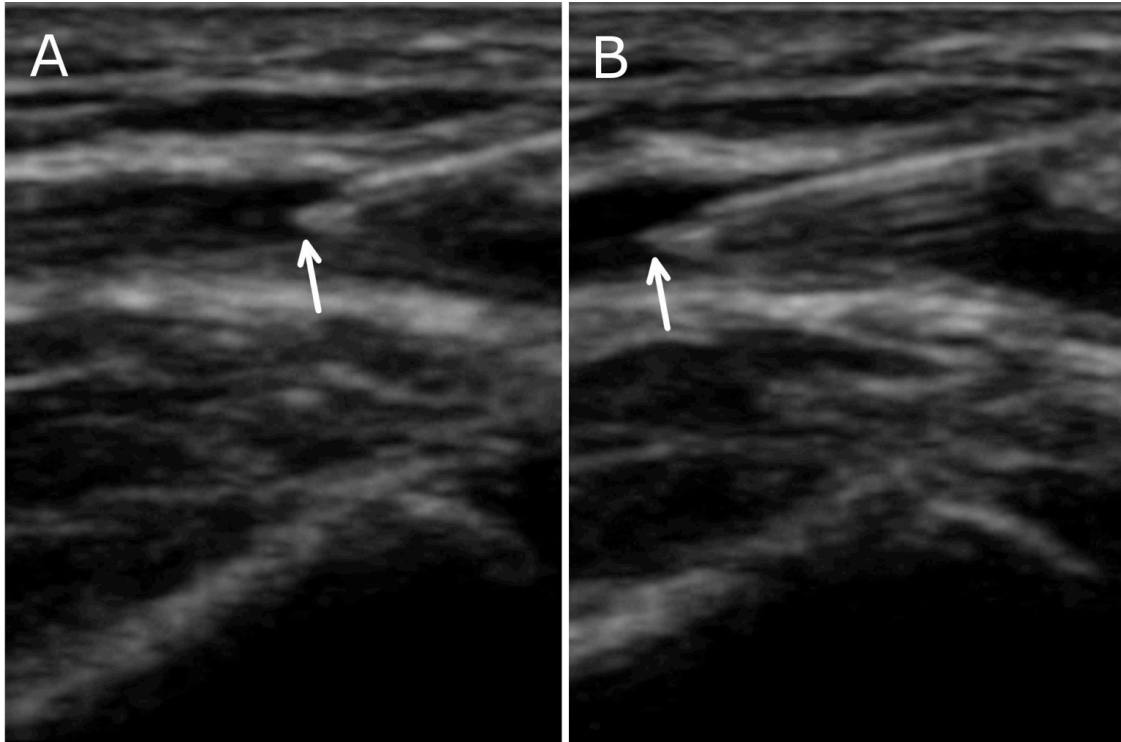
Ez a műtermék magyarázhatja azt a gyakori helyzetet, amikor a tű hegyének látszólagos intravaszkuláris elhelyezkedése ellenére sem sikerül vért aspirálni a tűn keresztül. Valójában ilyenkor a tű hegye még az ér előtt, vagy mellette (az ultrahang síkja mellett) található. A tű-hegy jel követésekor szintén hasonló okok miatt figyelembe kell venni, hogy annak észlelése nem feltétlenül jelenti azt, hogy a tű hegye *pontosan* az ultrahang síkjában helyezkedik el, a valós pozíció néhány mm-rel az ultrahang síkja mellett is lehet. Általában a tű hegye akkor van pontosan a síkban, amikor a tűhegy-jel a legjobban látszik (legvilágosabb) a képernyőn.

## 5.2. Klinikai vizsgálatok

### 5.2.1. Ultrahang-vezérelt arteria radialis kanülálás – egy új kanülálási technika obszervációs vizsgálata

2012. július 1. és december 31. között a vizsgálatban részt vevő orvosok összesen 66 esetben kíséreltek meg artéria kanült bevezetni ultrahang-vezérléssel az egrri Markhot Ferenc Kórház Központi Intenzív Osztályán az általam kialakított, módosított in-plane technikával (8. ábra). Az ultrahangkészülék elérhetősége esetén kizárólag az ultrahangos technikát használtuk.

Mind a 66 kanülbehelyezés sikeres volt (sikerarány: 100%, 95%CI: 94,5-100%). 58 kanült helyeztünk be az arteria radialisba (53 esetben a csuklónál, míg 5 esetben az alkar középső harmadában), 8 esetben pedig az arteria brachialist kanüláltuk. 65 esetben 20G kanül-a-tűn típusú (Flow-switch, Beckton Dickinson Critical Care Systems Pte Ltd., Singapore), 1 esetben Seldinger (Arrow International Inc., Reading, PA) kanült használtunk.



**8. ábra. Arteria radialis kanülálás módosított in-plane technikával.** Kanül-a-tűn típusú (Flow-switch) artéria kanül. A tű mozgatása közben a tűhegy-jelet folyamatosan figyeljük és a képernyőn (= az ultrahang síkjában) tartjuk. A: a vezető tű hegye (nyíl) belép az artériába. B: ezt követően direkt vizuális kontroll mellett a tűt még néhány mm-rel előrébb toljuk az érben a műanyag kanül lumenbe vezetése céljából.

Részletes méréseket 37 kanülálásnál végeztünk. Az artéria átlagos átmérőjét és mélységét a három kanülálási pozícióban (csukló, alkar középső harmada, felkar könyökhajlat felett) a 2. táblázat tartalmazza. Kanülálási nehézségre a betegek 70,3 %-ánál lehetett számítani valamilyen ok miatt, 40,5 %-ban több mint egy rizikótényező állt fenn (3. táblázat). A részletes adatok alapján a kanülbehelyezések 75,7 %-a már első kísérletre sikeres volt, további 21,6 %-a pedig második kísérletre, kettőnél több kísérletre csak 1 alkalommal (2,7%-ban) került sor (4. táblázat). Az átlagos kanülálási idő 92 sec (medián; IQR: 27-142), illetve 113,5 sec (mean; SD: 113,0) volt. A tűhegy-jelet az összes kísérlet 83%-ában volt látható, a sikeres kanülálási kísérletek esetében szignifikánsan gyakrabban ( $p=0,002$ ).

**2. táblázat. Az artéria átmérője és bőrtől mért átlagos mélysége (mean ± SD) a három kanülálási pozícióban.**

	<i>Átmérő, mm</i>	<i>Mélység, mm</i>
Arteria radialis (csukló)		
Jobb	2.39 ± 0.55	4.74 ± 1.60
Bal	2.23 ± 0.60	4.92 ± 2.22
Arteria radialis (alkar)		
Jobb	2.76 ± 0.65	9.09 ± 2.80
Bal	2.70 ± 0.65	8.87 ± 3.30
Arteria brachialis		
Jobb	4.49 ± 0.82	10.45 ± 3.44
Bal	4.41 ± 0.76	10.05 ± 3.41

**3. táblázat. A kanülálást potenciálisan nehezítő tényezők (n= 37). AR= arteria radialis mko= mindkét oldalon BMI= testtömeg-index**

	n
Shock	7
Obesitas (BMI>35)	8
Gyenge/hiányzó AR pulzáció mko	8
Koagulopátia	5
Megelőző AR kanülálás mko	3
Lokális gyulladás/oedema mko	2
Mozgó beteg	1
AR átmérője < 2 mm mko	9
UH-val észlelt ér-anomália mko	5

**4. táblázat. Eredmények összefoglalása.** AR= arteria radialis mp = másodperc  
\*p=0,002

	<i>n=37</i>
Kanülált artéria	
AR (csukló)	31 (83.8%)
AR (alkar)	4 (10.8%)
Arteria brachialis	2 (5.4%)
Kísérletek száma	
1	28 (75.7%)
2	8 (21.6%)
3	1 (2.7%)
Kísérletek száma (mean)	1,27 ± 0,51
Kísérletek száma (medián)	1 (1-1)
Felhasznált kanülok száma (mean)	39/37 = 1,05
Kanülálási idő, mp (mean)	113,5 ± 113,0
Kanülálási idő, mp (median)	92 (27-142)
Túhegy-jel látható	
Sikeres kísérletek	34/37 (91.2%)
Sikertelen kísérletek	5/10 (50.0%)*

5.2.2. Ultrahang-vezérelt beavatkozások bevezetése a klinikai gyakorlatban

A Markhot Ferenc Kórház Központi Aneszteziológiai és Intenzív Betegellátó Osztályán valamivel kevesebb, mint két év alatt végeztük el az első 1000, valós idejű ultrahang-vezérlés mellett történő beavatkozást, 2011. február 2. és 2013. január 13. között. A beavatkozások túlnyomó részét centrális véna kanülálás (n=364), artéria kanülálás (n=307), perifériás vénabiztosítás (n=75) és felső végtagi plexus érzéstelenítés (n=227) tette ki (5. táblázat).

**5. táblázat. Az osztályunkon végzett első 1000 ultrahang-vezérelt beavatkozás megoszlása**

<i>Beavatkozás</i>	<i>Esetszám</i>	<i>Szövődmények</i>
Centrális véna kanül	364	Sikertelen: 8 (2,2%)
Jugularis interna	317	Artéria punkció: 2 (0,5%)
Subclavia	41	PTX/HTX: 0
Egyéb	6	
Artéria kanül	307	Sikertelen: 4 (1,3%)
A. radialis	261	
A. brachialis	41	
A. femoralis	5	
Perifériás véna	75	Sikertelen: 3 (4%) Artéria punkció: 1 (1,3%)
Felső végtagi plexus érzéstelenítés	227	Sikertelen: 5 (2,2%) Artéria punkció: 1 (0,4%) PTX/HTX: 0 Lokál anesztetikum toxicitás: 0
Mellkaspunkció	18	PTX: 2 (11,1%)
Egyéb beavatkozás	9	

A centrális vénabiztosítás nagy részét (n=317, 87%) jugularis interna kanülálás jelentette, de a második évben már egyre többször került sor subclavia kanülálásra is (subclavia kanülálások / jugularis interna kanülálások aránya 2011. február - 2012. január: 1,3%, 2012. február – 2013. január: 21,9%). 5 esetben kanüláltunk vena femoralist dializáló kanül bevezetéshez, 1 esetben a centrális vénás kanült egyéb azonosítható vénák hiányában atípusosan, egy tágult nyaki kollaterális vénán keresztül helyeztük be. Az ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosítás 97,8%-ban volt sikeres (95%CI: 95,7-98,9%); 5 alkalommal sikertelen punkció, 3 esetben drót elakadása miatt nem volt eredményes a kanülbehelyezési kísérlet. Szövődményként 2 esetben (0,5%) észleltünk véletlen artéria (carotis) punkciót; egyéb, beavatkozással kapcsolatos

mechanikai szövődmény nem volt. Egy esetben, egy kritikus állapotú betegnél a kanülálás alatt keringésleállítás következett be, sikeres reanimáció történt.

Artéria kanüláláshoz 307 esetben használtunk ultrahangot. Az összesen 261 arteria radialis kanülálási kísérletből 249 volt sikeres (95,4%). Arteria brachialist 41 alkalommal kanüláltunk: sikertelen arteria radialis kanülálást követően 8 esetben, első kísérletként (többnyire azonosíthatatlan, vagy nagyon kis kaliberű arteria radialisok esetén) 33 esetben. Az arteria brachialis kanülálás sikeraránya 100% volt. 5 alkalommal kanüláltunk arteria femoralist, ez valamennyi esetben PiCCO katétert jelentett, és minden alkalommal sikeres volt. A kanülálások nagy része az intenzív osztályon történt, 2,3%-ban (n=7) Seldinger technikát (beleszámítva a PiCCO kanülöket), 97,7%-ban (n=300) kanül-a-tűn típusú artéria kanült (Flow-switch, Beckton Dickinson) használtunk. Összesen 295 artéria kanült helyeztünk be ultrahangos kontrollal, és csak 4 esetben (1,3%, 95%CI: 0,5-3,4%) nem sikerült a kanülbehelyezés egyik artériába sem. Szövődményt nem észleltünk.

Perifériás vénabiztosításhoz 75 alkalommal használtunk ultrahang-vezérlést, minden esetben rossz perifériás vénákkal rendelkező, hagyományos technikával kanülálhatatlan vagy nehezen kanülálható betegeknél. 3 esetben volt sikertelen a vénabiztosítás (sikerarány: 96%, 95%CI: 88,9-98,6%). Egy alkalommal véletlen artéria punkció történt.

Felső végtagi ultrahang-vezérelt regionális anesztéziát 227 alkalommal végeztünk. 1 esetben kombinált általános és regionális anesztéziához, 2 alkalommal fájdalomcsillapításhoz (plexus kanül behelyezéshez) használtunk ultrahangot, valamennyi többi esetben a cél teljes műtéti anesztézia volt. Egy kivétellel kizárólag supraclavicularis (89,4%, kéz- és karműtétekhez) és interscalenicus (10,1%, vállműtétekhez) idegblokkokat szúrtunk. Összesen 5 sikertelen felső végtagi blokk volt (sikerarány: 97,8%, 95%CI: 94,9-99,1%). Egy esetben észleltünk artéria (subclavia) punkciót, egyéb szövődmény nem jelentkezett.

Mellkaspunkció elvégzéséhez 18 esetben dokumentáltuk ultrahang használatát; a punkció valamennyi esetben sikeres volt. 2 alkalommal (11,1%, 95%CI: 3,1-32,8%) alakult ki pneumothorax a beavatkozás szövődményeként; 1 esetben a légmell spontán felszívódott, 1 esetben került sor mellkasi drain behelyezésére.

A beavatkozásokat összesen 19 orvos (15 saját osztályunkról, 4 külső) végezte; az osztályunkon ebben az időszakban akár rövid ideig is dolgozó orvosok közül csak 7 nem használt ultrahangot egy alkalommal sem. A beavatkozások száma minden orvos esetében folyamatosan emelkedett, gyakorlottnak (több mint 100 beavatkozás) a második év végén 5 orvos volt már tekinthető. 2012. december hónapban a 19 munkanapból 18-ban, a 31 ügyeletből 24-ben volt elérhető osztályunkon az ultrahangos technikában gyakorlott orvos.

### 5.2.3. Ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosítás korrigálatlan koagulopátiában

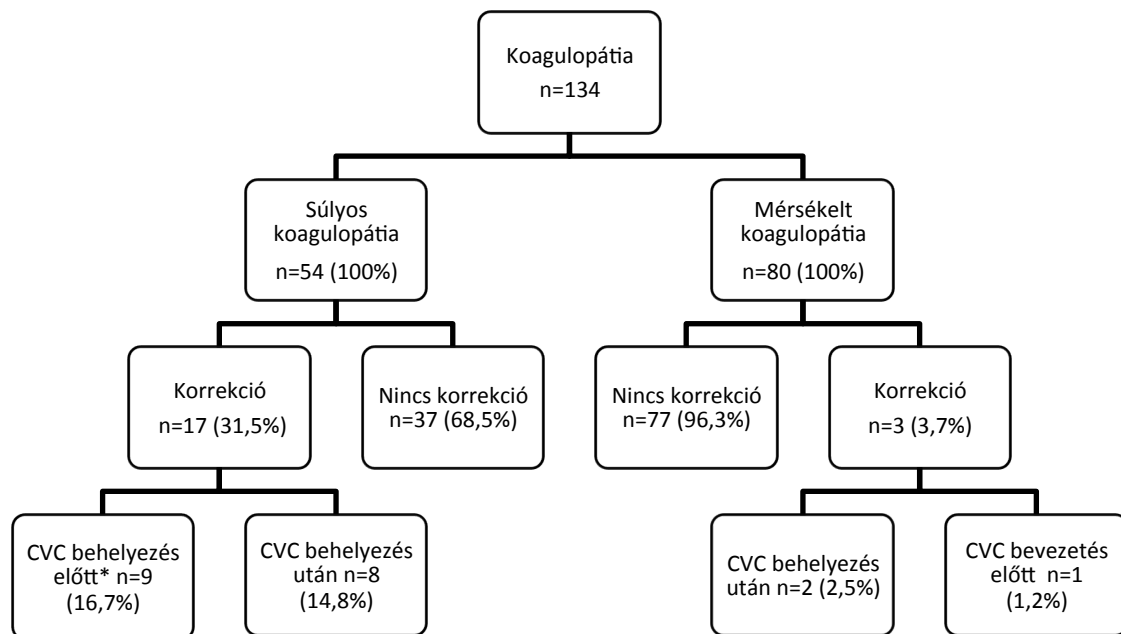
A vizsgált időszakban összesen 310 ultrahang-vezérelt centrális véna kanülálás történt a Markhot Ferenc Kórház Központi Intenzív Osztályán kezelt betegeknél. A kanülálás időpontjában 134 esetben (43,2%) azonosítottunk véralvadási zavart. A koagulopátia 80 esetben mérsékelt, 54 esetben súlyos volt és gyakran társult szepszishez (6. táblázat).

A centrális vénabiztosítás napján a 134 koagulopátiás beteg közül 20 esetben (14,9%) történt alvadási zavar korrekció (súlyos koagulopátia: 17/54 – 31,5%, enyhe koagulopátia: 3/80 – 3,7%). A korrekcióra 10 esetben a centrális vénabiztosítás után került sor, valamennyi esetben a kanülálástól független okokból kifolyólag, többnyire sürgős műtét miatt. Így a kanülálás időpontjában összesen 124 betegnek volt korrigálatlan alvadási zavara (súlyos: 45, enyhe: 79) (9. ábra).



**6. táblázat. Centrális vénabiztosításhoz társuló demográfiai adatok.** NS= nem szignifikáns CVC= centrális véna kanül

	Összes CVC (n=310)	Koagulopátia jelen van (n=134)	Nincs koagulopátia (n=176)	p
Szepszis	132 (42,6%)	69 (51,5%)	65 (36,9%)	0.006
Vazopresszor	134 (43,2%)	75 (56,0%)	59 (33,5%)	<0.001
Gépi lélegeztetés	183 (59,0%)	84 (62,7%)	99 (56,2%)	0.25 (NS)
Diagnosztikus kategória				0.71 (NS)
Belgyógyászati	191 (61,6%)	81 (60,4%)	110 (62,5%)	
Sebészi	119 (38,4%)	53 (39,6%)	66 (37,5%)	



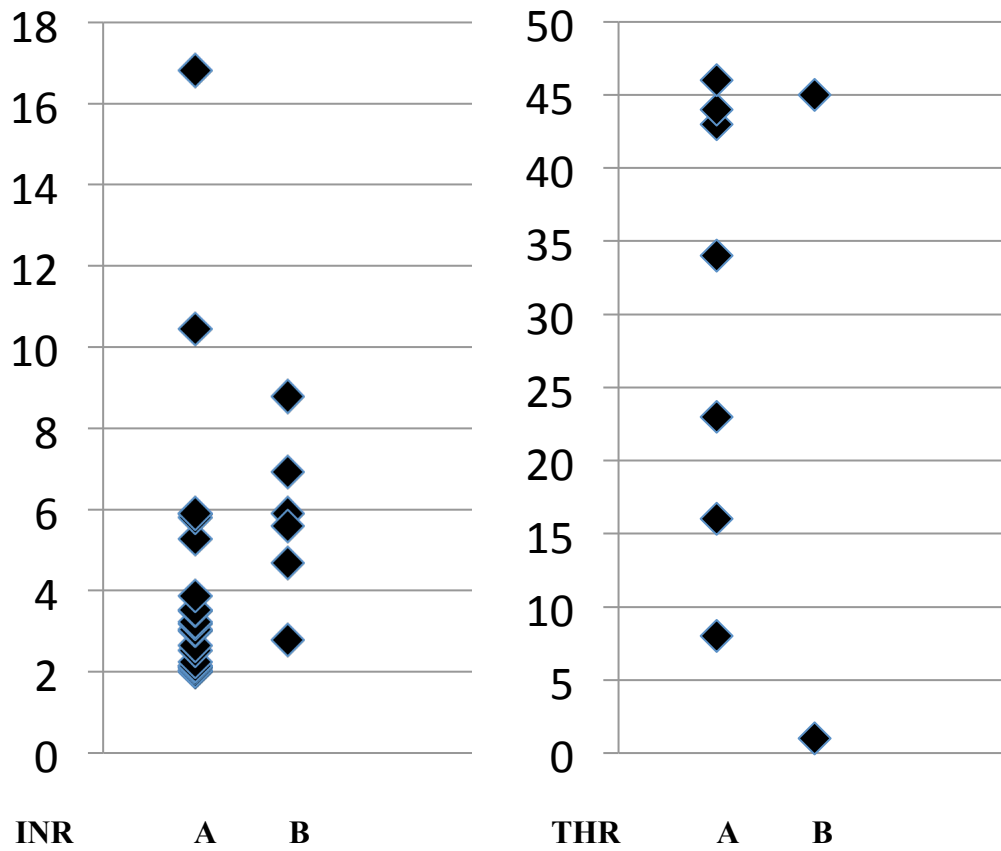
**9. ábra. Alvadási zavar korrekciója a centrális vénabiztosítás napján.** \*= vagy pontos időpont nem ismert

Összesen 10 alkalommal korrigáltuk a véralvadási zavart a kanülálás előtt, 9 esetben súlyos, 1 alkalommal enyhe koagulopátia fennállása mellett. 4 esetben műtét, 1 alkalommal akut vérzés miatt történt a korrekció, kifejezetten a centrális vénabiztosítás érdekében végzett, „profilaktikus” korrekcióra 5 esetben került sor (7. táblázat). A korrekció a koagulopátia mértékével nem mutatott direkt összefüggést (10. ábra).

Centrális vénabiztosítással összefüggésbe hozható vérzéses szövődményt nem észleltünk (vérzéses szövődmény incidenciája: 0%, 95%CI korrigálatlan koagulopátiában: 0-3,0%, korrigálatlan súlyos koagulopátiában: 0-7,7%). A koagulopátiás csoportban egyéb mechanikai szövődmény sem jelentkezett. Az összes kanülbevezetést figyelembe véve véletlen artéria punkció 2 esetben került dokumentálásra (2/310 = 0,6%, 95%CI: 0,1-2,3%), egyéb mechanikai szövődmény nem volt.

**7. táblázat. Alvadási zavar korrekció a centrális vénabiztosítás napján súlyos koagulopátia miatt.** CVC= centrális véna kanül \*= vagy pontos időpont nem ismert  
\*\*= 3 esetben akut vérzés miatt műtétet is végeztek

	<i>Súlyos koagulopátia (n=54)</i>	
	Korrekció: CVC szűrés előtt* (n=9)	Korrekció: CVC szűrés után (n=8)
Műtéthez vagy egyéb invazív beavatkozáshoz	3	7
Aktív vérzés miatt	1	4**
Profilaktikusan	5	-
CVC okozta szövődmény miatt	-	-



**10. ábra. INR és thrombocyta értékek súlyos véralvadási zavarban a kanülálás előtt.** A oszlop: korrekció nem történt. B oszlop: korrekció történt. INR: International Normalized Ratio THR: trombocitaszám (G/l)

## 6. MEGBESZÉLÉS

Az utóbbi években az ultrahangtechnika egyre nagyobb szerepet játszik a mindennapos aneszteziológiai és intenzív terápiás gyakorlatban. Számos vizsgálat igazolta az ultrahang használatának előnyét a sürgősségi betegellátásban és az intenzív osztályon végzett invazív beavatkozásoknál, a szövődmények száma pedig töredékére csökkenthető. Mivel viszonylag új módszerről van szó, a pontos indikációk még nem minden alkalmazásban alakultak ki, a különböző operátorok által alkalmazott technikák részletei sokszor lényegesen eltérnek egymástól. Világossá vált az is, hogy az operátor gyakorlata és a használt technika lényegesen befolyásolja az eredményeket, és a nem megfelelő kontroll mellett, gyakorlatlan személyek által végzett beavatkozások akár a betegbiztonságot is veszélyeztethetik (74).

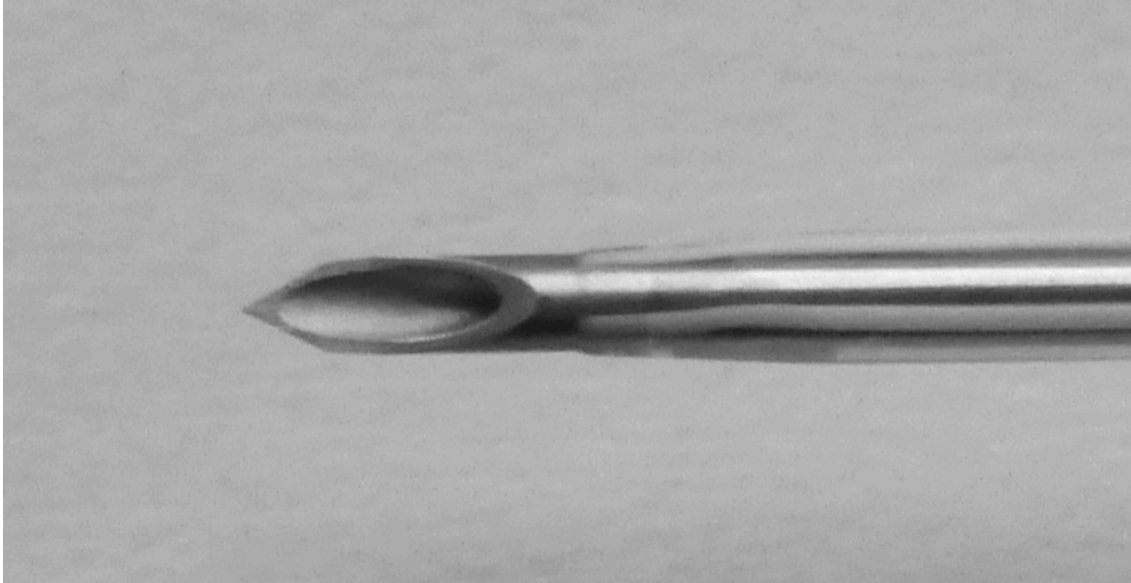
### 6.1. A tű ultrahangos ábrázolása és a tű-hegy pozíciója

Az ultrahang-vezérelt beavatkozások, így az ér-kanülálások is akkor biztonságosak, ha az operátor képes magabiztosan tájékozódni az ultrahangos képen, továbbá követni tudja a tű haladását a beavatkozás teljes ideje alatt. Az ér-kanülálásokkal kapcsolatos mechanikai szövődmények túlnyomó része vitális szervek véletlen, észrevétlen punkciójával kapcsolatos, ezért különösen fontos a punkciós tű hegyének azonosítása a monitoron, és folyamatos követése a beavatkozás alatt.

A fém tű tipikusan egy hyperechogén foltként (out-of-plane technika) vagy egy echodens vonalként (in-plane technika) mutatkozik az ultrahang készülék képernyőjén (2. ábra). Out-of-plane technika alkalmazásakor a tű hegye az ultrahangfej dinamikus mozgatásával azonosítható, körülbelül abban a pontban található, ahol a tű felett disztál felé haladva a tűnek megfelelő folt utoljára látható. In-plane technikánál ideális esetben, a tű és az ultrahang síkjának tökéletes együttállásakor, nagyjából a tűnek megfelelő hyperechogén csík disztális végénél található a tű hegye.

A tű azonban a valóságban nem kétdimenziós kiterjedésű, hanem lényegében egy kisméretű cső, aminek közepe üreges (lumen), a disztális végén pedig egy bemetszés található. A bemetszés lehet rövid („tompá” tűk, pl. perifériás idegblokkhoz használt tűk), lehet hosszú („éles” tűk, pl. hypodermális injekciós tűk), illetve a tű hegye lehet speciális szerkezetű (pl. „pencil point” spinális tűk, Tuohy epidutális tűk). Az érkanülálásokhoz használt kanülök vezetőtüi a szúrás és az érpunkció megkönnyebbítése érdekében „élesek”, a bemetszés szöge tipikusan 15-20°, a bemetszés hossza a tű méretétől függően 2-5 mm körül van. Ez a hossz nem minden esetben elhanyagolható, hiszen tudjuk pl., hogy az arteria radialis átlagos átmérője csupán 2,5-3 mm, és sokszor ennél lényegesen kisebb (82).

Jól ismert, hogy az artéria kanülálás sokszor sikertelen annak ellenére, hogy a tű hegyét sikerül az artériába juttatni, amit a vér megjelenése is igazol. Sikeres artériapunkció ellenére a Seldinger-drót bevezetése több okból kifolyólag is meghiúsulhat. Előfordul, hogy csak a tű legdisztálisabb része került az ér lumenébe, ezért a drót felvezetésekor az a tűt az érből kitolja; máskor a tűt a drót bevezetésekor észrevétlenül, akár minimális mértékben mélyebbre toljuk, ezért a tű hegye részben vagy egészben az ér mögé kerül és a drót is az ér mögé jut; az érfal egyenetlensége is megnehezítheti a drót felvezetését. Kanül-a-tűn típusú érkanülök használatakor (pl. „Flow switch” artéria kanül, perifériás iv. kanülök – pl. „Braunüle”) még nehezebb dolgunk van, hiszen a műanyag kanül vége a bemetszés felett, azaz a tű hegyétől több mm-re proximálisan végződik, ezért a megbízható kanülbevezetés érdekében a tűt az érbejutást követően még kissé tovább kell tolni (11. ábra). A tű hegyének ér lumenében tartása előretolás közben sokszor nehéz, és ez a fő oka annak, hogy mind a perifériás vénakanülálás, mind az artéria kanülálás nagy gyakorlatot igénylő, sokszor kifejezetten nehéz beavatkozás. A „hagyományos” artéria kanülálást klinikai vizsgálatokban csak 14-50%-ban találták sikeresnek első kísérletre, a betegpopulációtól, az alkalmazott technikától és az operatőr gyakorlatától függően (14-17). Perifériás vénakanüláláskor főleg a nagyobb kaliberű (16-14G) tűk használatakor kell nehézségre számítani a fent részletezett okok miatt.

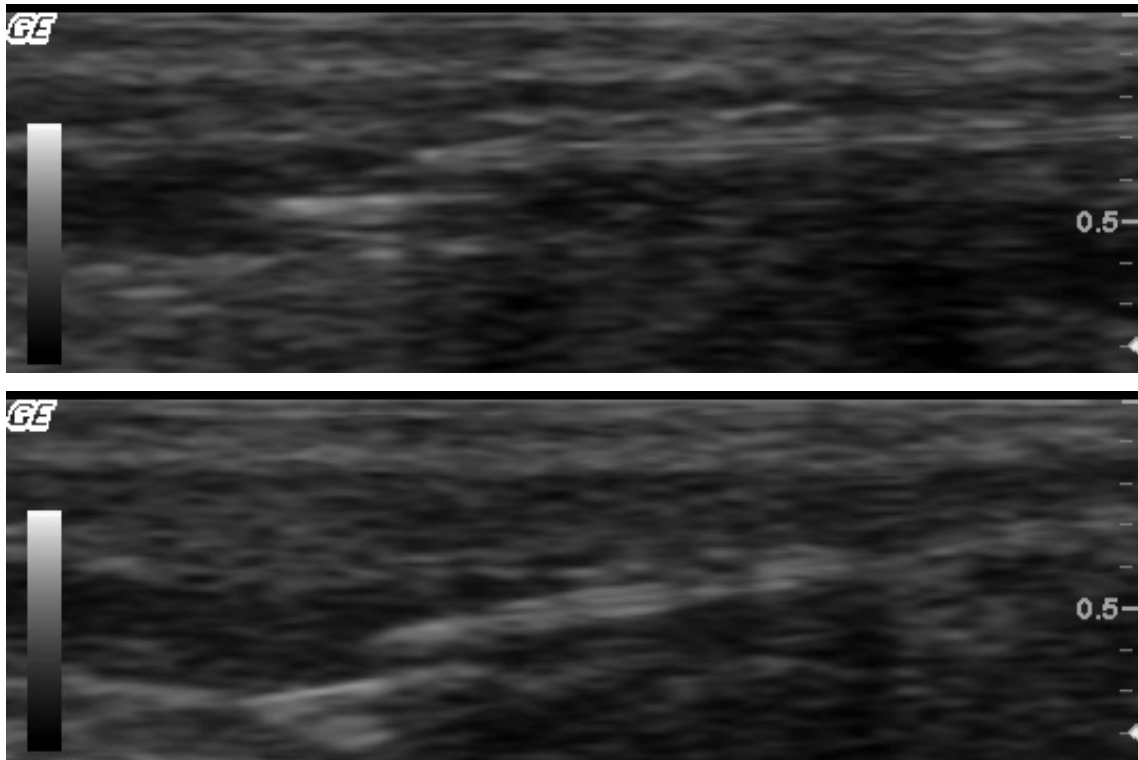


**11. ábra. A tű bemetszése és hegye nagyítva.** A műanyag kanül vége a bemetszés felett, a tű hegyétől kb. 0,5 cm-re található (16G „Braunüle” perifériás vénakanül).

Az ultrahangos kép sajnos nem adja vissza a tű valós, háromdimenziós kiterjedését. Hogy miért nem, azt előttünk – tudomásunk szerint – senki nem próbálta magyarázni. Feltételezzük, hogy a klinikusok intuitív módon azt gondolták, hogy mivel a tű egy apró tárgy, az ultrahang nem képes visszaadni annak apró részleteit. Mi azonban kimutattuk, hogy a klinikai gyakorlatban használt ultrahangkészülékek felbontóképessége elméletileg lehetővé teszi a tű valós szerkezetének ábrázolását: így pl. egy 10 MHz-es ultrahangfej felbontóképességének határa 0,15 mm, ami jóval kisebb, mint az ér-kanülálásoknál használt tűk és kanülok átmérője (79). Érdekes módon ennek megfelelően, a fém tűkkel ellentétben, a műanyag kanülok szerkezete általában jól azonosítható.

A figyelmünk középpontjába egy rövid, hyperechogén csík került, ami in-plane technikával végzett ér-kanülálások során rendszeresen ábrázolódik a kanülvezető tű „kétdimenziós” képe előtt és kissé alatt, de csak akkor, amikor a tű bemetszése felfelé néz. Bár korábban mások is megfigyelték, vagy ábrán megörökítették ezt az általunk „tűhegy jel”-nek („bevel line”) nevezett csíkot, annak nem tulajdonítottak jelentőséget, nem figyeltek fel rá, műtermékeknek tartották, vagy a tű hegyének irregularitása miatti „szórás”-sal magyarázták (74, 83).

Megfigyeltem, hogy a tűhegy-jel fizikailag létezik: pl. a tű hegyét az érbe vezetve és lefelé billentve a tűhegy-jel az eret lefelé nyomja (12. ábra).



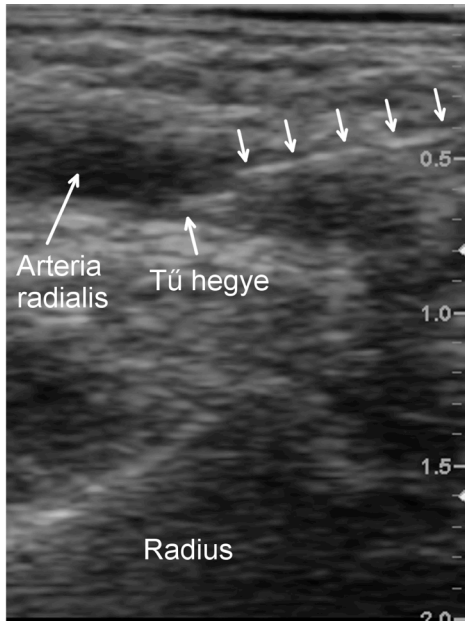
**12. ábra. Perifériás vénabiztosítás.** A felső képen a tű hegyénél jól azonosítható a tűhegy-jel a lumen közepén. (A kanül okozta hangárnyék a véna nagy részét eltakarja). A tű hegyét lefelé billentve az a vénát lefelé tolja. A hosszú, fő tűvonal vége a lumen közepén van és az érfallal csak a tűhegy-jel érintkezik (alsó kép).

A tűhegy-jel elhelyezkedése és mérete megfelel a bemetszés dimenzióinak, és hossza arányos a kanül vastagságával (azaz a bemetszés hosszával). Csak akkor észlelhető, amikor a tű hegye pontosan az ultrahang síkjában van, viszont ha aktívan keressük, akkor az in-plane technikával végzett kanülálások többségében látható; saját vizsgálatunkban az ultrahang-vezérelt arteria radialis kanülálási kísérletek 83%-ában volt detektálható. A tű előrehaladása közben a tűhegy-jel következetesen a hosszú, fő tűvonalal együtt mozog.

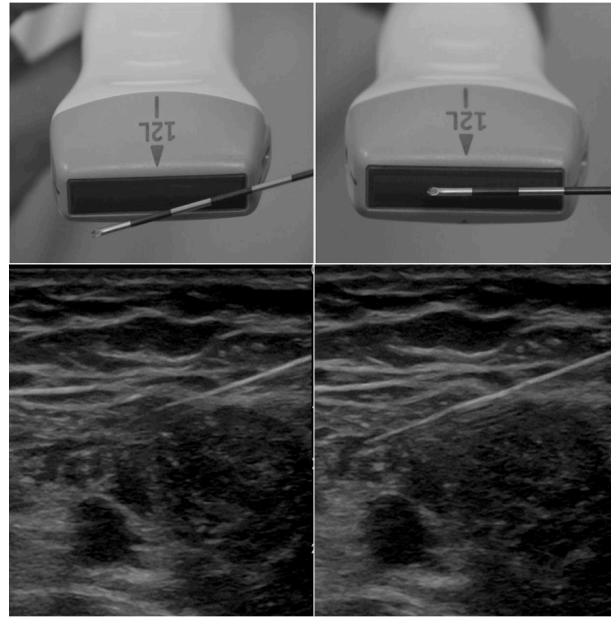
A fenti megfigyeléseket egyféleképpen lehet megmagyarázni: a tűhegy-jel fizikális megfelelője a tű hátsó (alsó) falának disztális vége (4. ábra). Elképzelésünk szerint az erős ultrahang-reflexió miatt a tű fémanyaga alatt hangárnyék alakult ki, ami a tű valós dimenzióit elfedi. Az in-plane ultrahangos képen látható tű-vonal valójában csak a tű első (felső) fala, a hangárnyék a lument és a hátsó falat eltakarja (84). Valójában vastag tűk esetében a hangárnyék sokszor az egész képet torzítja, eltakarja pl. a kanülált eret is (3, 12. ábra). Kisebb kaliberű tűk alatt a hangárnyék nem mindig szembetűnő, de a tű valós kiterjedése legtöbbször ilyenkor is rejtve marad. Azonban, amikor a tű bemetszése felfelé néz, a bemetszésnél az ultrahang számára „láthatóvá” válik a tű hátsó falának disztális vége, ami a képernyőn a tűhegy-jelet adja. Az elméletünket alátámasztja, hogy a tű 180 fokos elforgatásakor, amikor a bemetszés lefelé néz, a tűhegy-jel eltűnik és a hosszú tűvonal vége ezzel a szakasszal meghosszabbodik (84).

A tűhegy-jel a tű hegyének direkt vizuális megfelelője; a tű hegye egészen pontosan a tűhegy-jel disztális végénél található, aminek kis kaliberű erek kanülálásakor jelentősége van (13. ábra). A kanülálás során, a tű mozgatása közben a tűhegy-jel folyamatos követésével, képernyőn tartásával a tű hegye is biztonsággal az ultrahang síkjában tartható. Ezáltal elkerülhető az in-plane kanülálási technika leggyakoribb hibája, a tű hegyének „elvesztése” a beavatkozás alatt a tű és az ultrahang síkjainak parciális együttállása miatt (14. ábra). A tűhegy-jel követése, illetve az ezen alapuló kanülálási technika ezért a tű precíz mozgatását teszi lehetővé.





**13. ábra.** A tű hegyének pozíciója az ultrahangos képen. A tű hegye a tű-hegy jel disztális végénél van, jelen esetben csaknem eléri az artéria alsó falát.



**14. ábra.** A tű részleges együttállása az ultrahang síkjával. A bal oldali ultrahangos képen a tű hegyének látszólagos pozíciója eltér a valós lokalizációtól (jobb oldali kép).

## 6.2. Tűvel kapcsolatos ultrahangos műtermékek

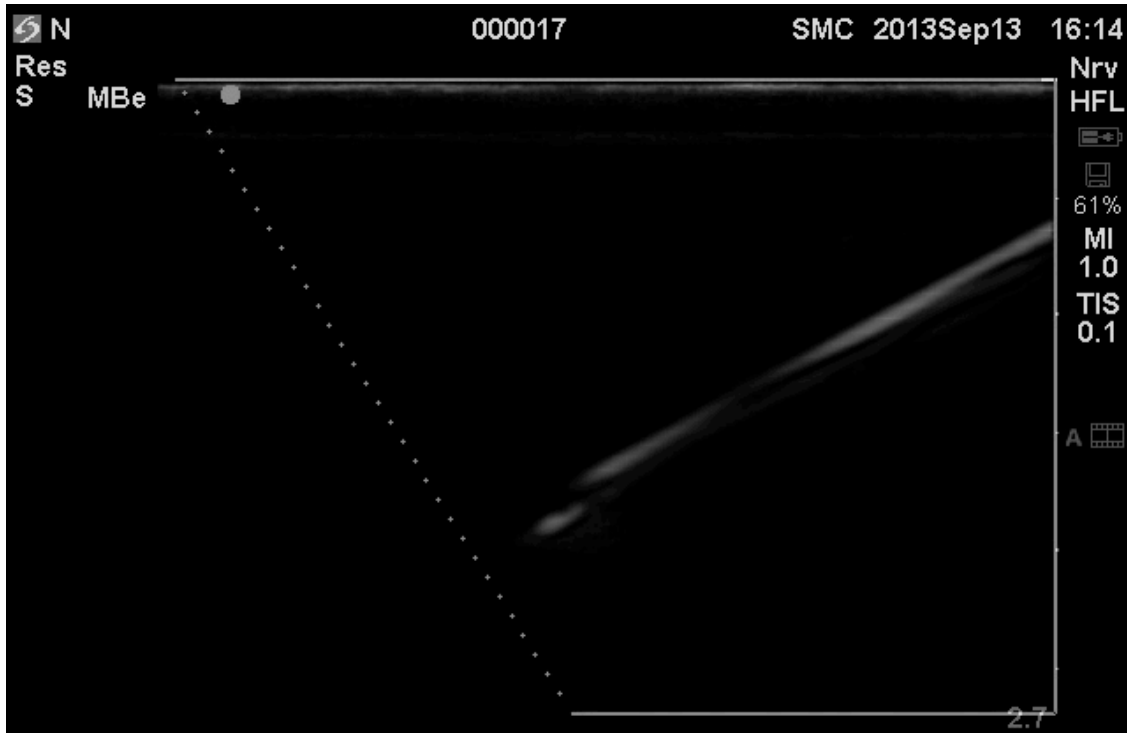
A tűk ultrahang-készülék képernyőjén való megjelenését számos műtermék zavarhatja. Ezek egy részét már korábban leírták, így megfigyelték reverberáció, „side lobe” műtermék, illetve bajonett jel kialakulását a tű környezetében (85-88). Vizsgálataink elsősorban a tű *hegyének*, illetve a tű-hegy pozíciójának meghatározását zavaró műtermékekre irányultak.

Gyakran előfordul, hogy a tű hegye a valóságban nem pontosan ott található, ahol az ultrahang képernyőjén látszik; az eltérés általában nem sok, néhány mm, de ez elég lehet ahhoz, hogy megzavarja az operátort (86). Tapasztalataink szerint ez igaz a tűhegy-jelre is: előfordul, hogy a tű-hegy jel intravaszkuláris pozíciója ellenére sem sikerül a tűn keresztül vért aspirálni. Ennek oka a „side lobe” és „beam width”

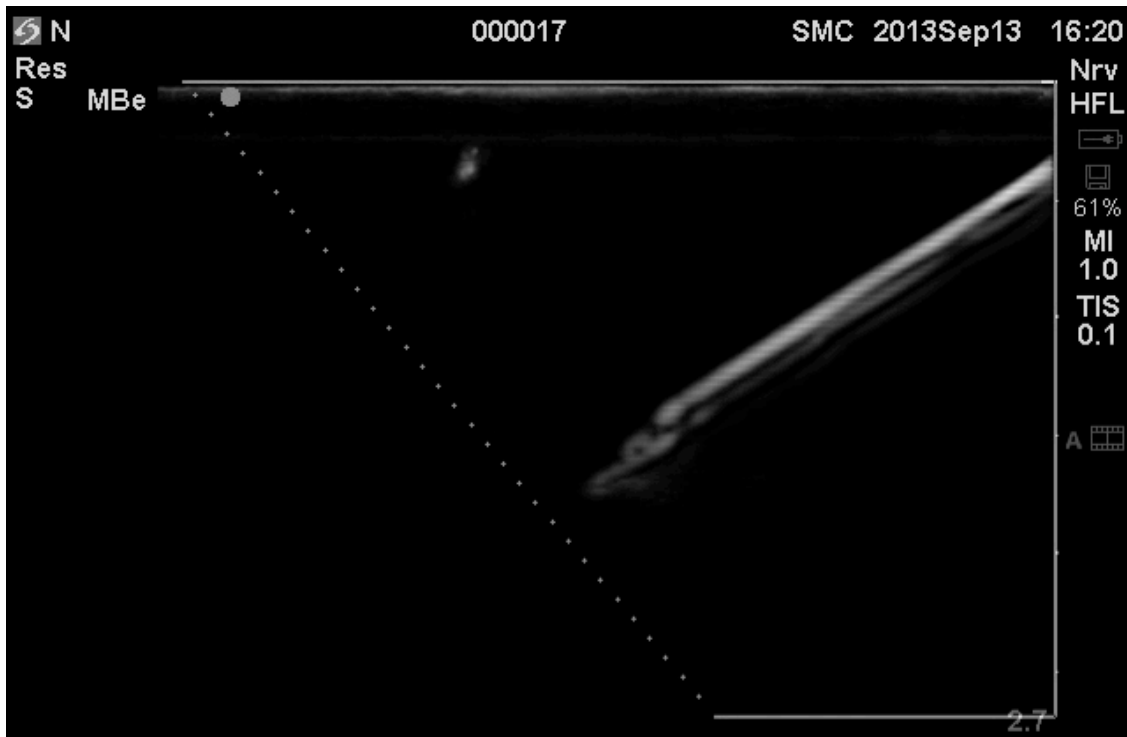
műtermékek jelentkezése, melyek az erősen ultrahang-reflektáló fémanyag miatt a tű hegyét nemcsak a valós pozícióban, hanem annak a tágabb környezetében is mutatják (7. ábra). Bár úgy tűnik, hogy a tű hegye az ér lumenében van, a valóságban néhány mm-rel laterálisan, az éren kívül helyezkedik el ilyenkor. A mélység növekedésével ezek a műtermékek kifejezettebbé válnak. A „beam width” műtermékek csökkentése érdekében (is) fontos az ultrahang fókuszpontját a kanulálódó ér mélységéhez állítani (79). Tapasztalataink szerint a tű hegye akkor van pontosan az ultrahang síkjában, amikor a tűhegy-jel *legjobban* látszik; a síkból kikerülve egy darabig még halványabban ugyan, de észlelhető lehet. Ezért fontos a tűhegy-jel erősségének (világosságának) a figyelése is. Bár ez az instrukció talán bonyolultnak tűnik, kis gyakorlat után a tűhegy-jel, azaz a tű hegyének helyes értelmezése egyértelművé és automatikussá válik.

A tű, illetve tű-hegy pozíciójának meghatározását gyakran nehezítik reverberációs műtermékek (5, 6. ábra). Ezt korábban is megfigyelték már, de nem fordítottak figyelmet a tű-hegy pontos helyzetére a reverberációs vonalak között; a szöveggörnyezet alapján valószínűleg automatikusan az első (legfelső) vonal végénél feltételezték a tű hegyét (85). A mi vizsgálataink alapján azonban a sok, párhuzamos vonal közül nemcsak az első, hanem a második echo is valós, ez is a tűről (annak hátsó faláról) származik, és csak a harmadik vonaltól jelentkezik maga a műtermék (6. ábra).

Érdekes, hogy ritkán a tűnek mindkét fala ábrázolódik az ultrahang képernyőjén, reverberációs műtermék jelentkezése nélkül. Ilyenkor az első fal erős ultrahang-reflexiója és árnyékoló hatása miatt a hátsó falnak megfelelő vonal általában gyengébb (15. ábra). A fent idézett, reverberációs műterméket ismertető review cikkben egy hasonló ábrán a tű alsó falát pl. tévesen reverberációnak tartották, ami a tű átmérőjét nagyobbak mutatja (85). Ezzel szemben a mi vizsgálataink szerint éppen ez a ritka helyzet ábrázolja helyesen a tű dimenzióit. A legtöbbször azonban, amennyiben a tű alsó fala látható, megjelenik legalább 1-2 reverberációs vonal is, ami valóban zavarja a tű ábrázolását (16. ábra).

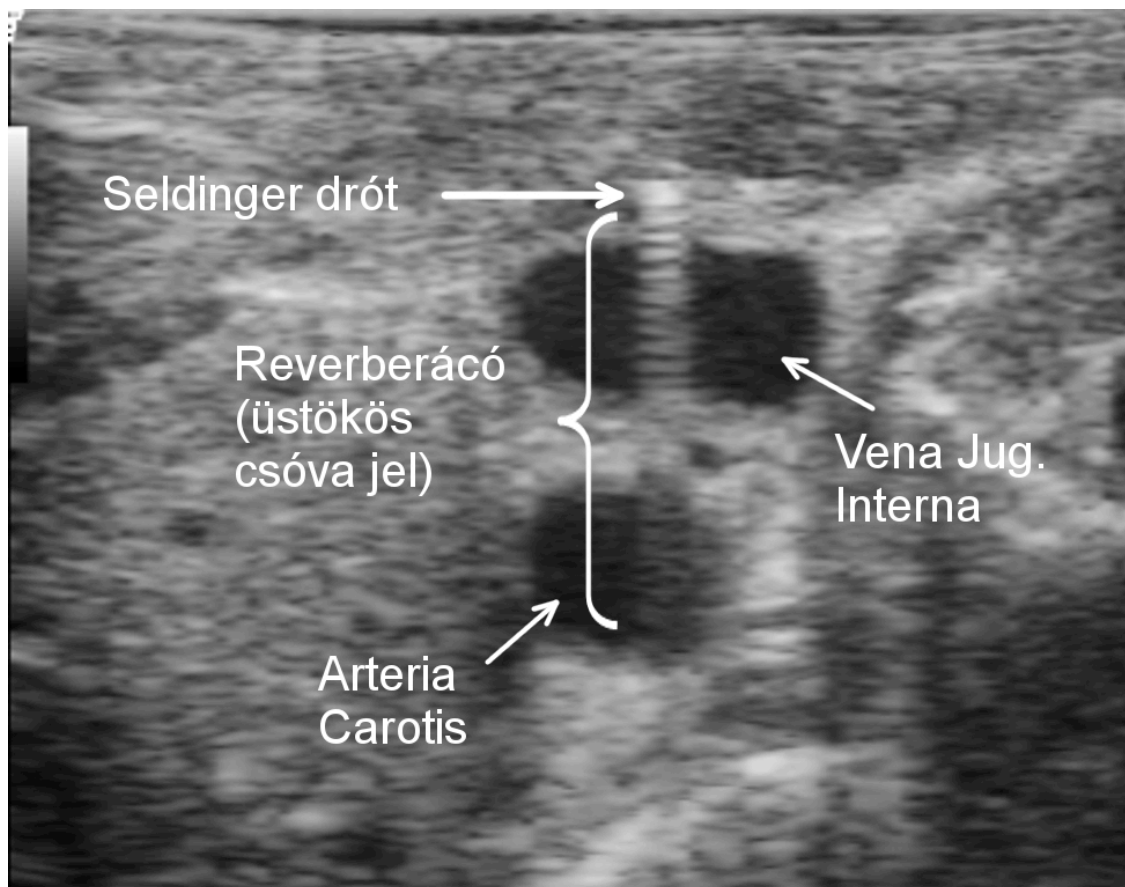


**15. ábra. Injekciós tű vízfürdőben.** A tű első és hátsó fala is látható. A hátsó fal lényegesen gyengébb echo-t ad, kivéve a disztális végét a tű bemetszésénél (tűhegy-jel).



**16. ábra. Injekciós tű vízfürdőben.** Nagyobb erősítés (gain) mellett a tű alatt egy reverberációs vonal is megjelenik, ami a tű vastagságát a valóságnál nagyobbak mutatja.

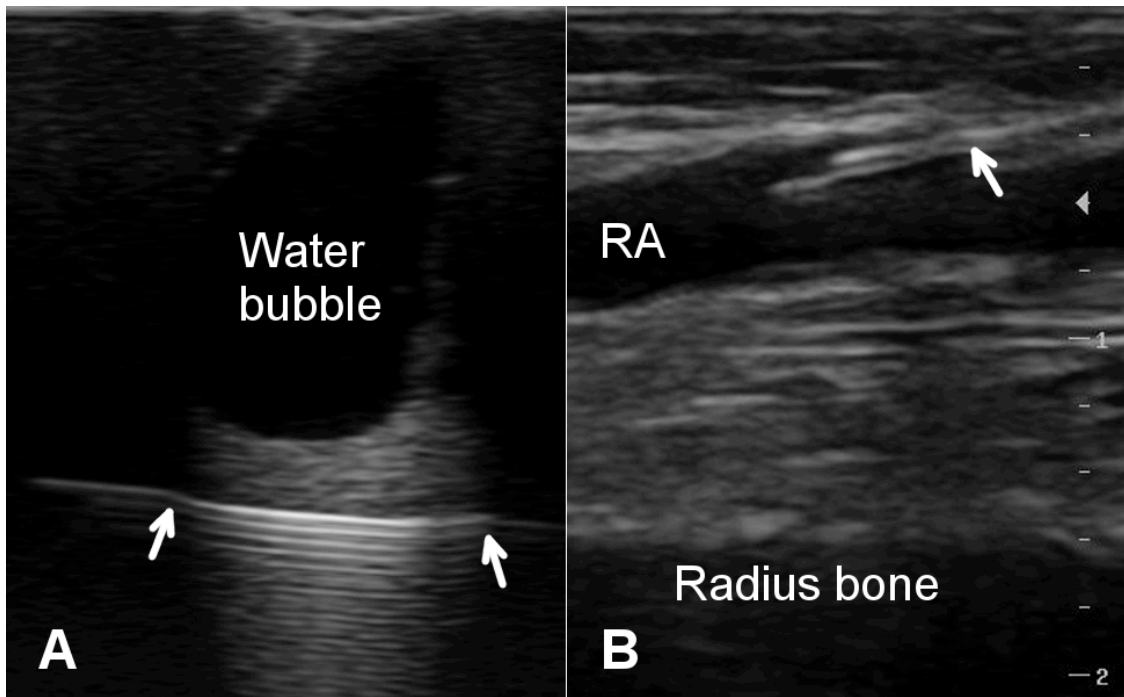
Reverberációs műterméket láthatunk a tű vagy (gyakrabban) a Seldinger-drót alatt a keresztmetszeti képen is („üstökös csóva jel”); természetesen a párhuzamos csíkok csak a tű alatt figyelhetők meg és az egész képet ezért nem degradálják. Fontos tudni, hogy az objektum a műtermék felső végében található, maga a reverberációs „csóva” csak műtermék (17. ábra) (89).



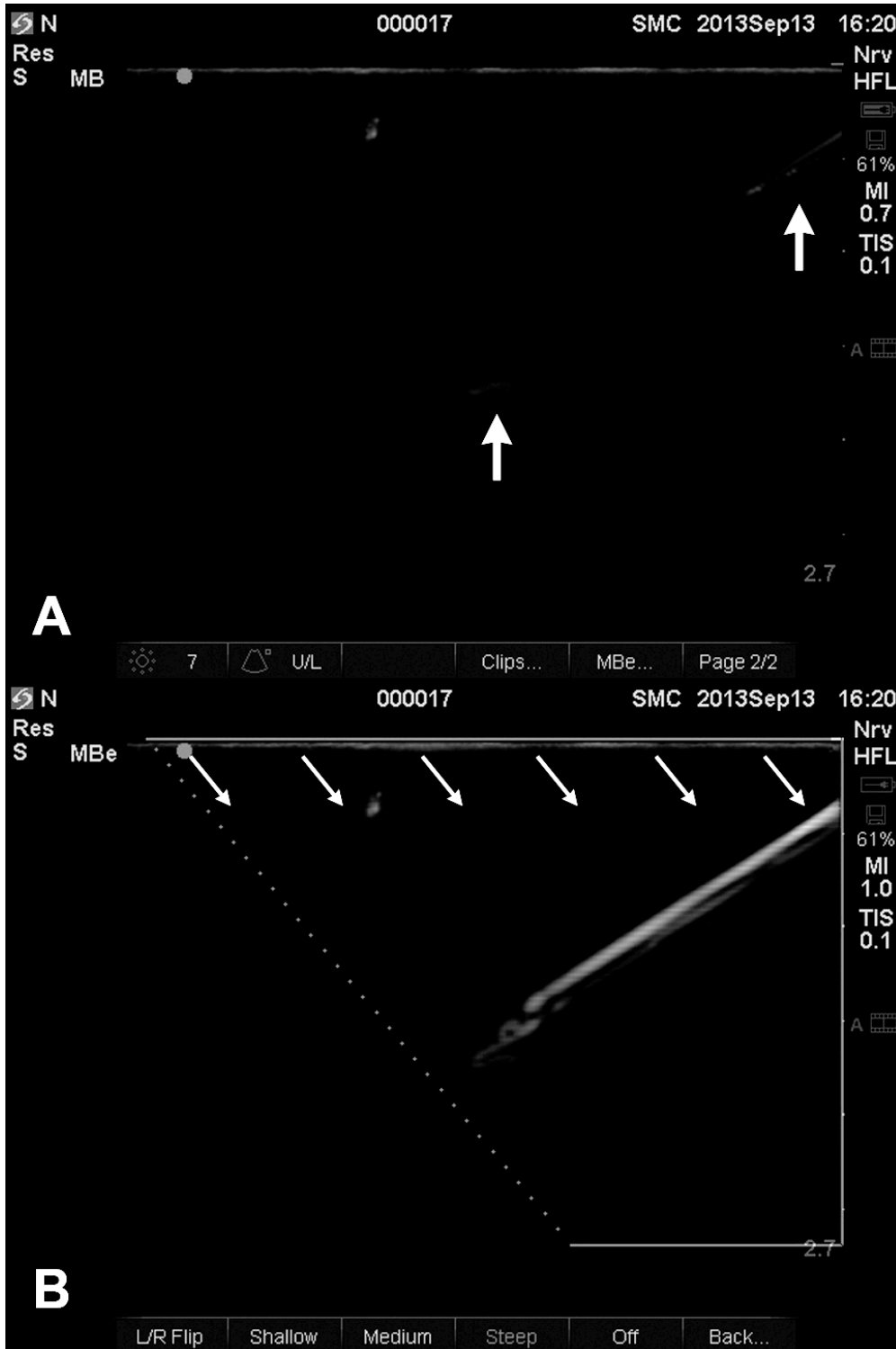
**17. ábra. Üstökös csóva jel Seldinger drót alatt.**

A tű és a tű-hegy pozíciójának azonosítását nehezíthetik egyéb, már korábban leírásra került műtermékek is, ezért a teljes képhez hozzátartoznak, és ismeretük fontos. A „Bajonett jel” a tű látszólagos elgörbülése, aminek oka az ultrahang kissé eltérő haladási sebessége különböző szövetekben (18. ábra) (87, 88). Fontos műtermék a tű „eltűnése” meredek szűrési szögnel: a tű az ultrahangot „eltükrözi” a transzducertól,

azaz a reflektált echo-k nem jutnak vissza az ultrahangfejhez, ezért az a képernyőn alig, vagy egyáltalán nem ábrázolódik (19. ábra). Ferde ultrahang-iránnyal a tű meredek szög mellett is láthatóvá tehető; a kereskedelmi forgalomban már elérhető olyan ultrahangkészülék, ami képes kiemelni a tűt az ultrahangos képen a képminőség romlása nélkül (79).



**18. ábra. Bajonett-jel fantomban, vízbuborék alatt (A) és artéria kanülálás közben (B).**



**19. ábra Tű-vizualizáló szoftver kikapcsolva (A) és bekapcsolva (B).** Injekciós tű vízfürdőben, Sonosite Edge ultrahang készülék (SonoSite Inc, Bothell, WA, USA). A felső képen meredek szűrési szög mellett a tű alig látszik annak ellenére, hogy az ultrahang síkjában van (nyilak). Az alsó képen a tű megjelenítését ferde ultrahang-irány teszi lehetővé (nyilak).

### 6.3. Ultrahang-vezérelt arteria radialis kanülálás – a tű-hegy jel követésén alapuló új kanülálási technika obszervációs vizsgálata

A vizsgálataink során azonosított műtermékek elsősorban akkor nehezítik az ér-kanülálást, amikor az ér lumene kicsi, ezért a kanül bevezetéséhez a tű precíz mozgatása szükséges. Míg az ultrahang-vezérléssel legtöbbször kanülált ér, a vena jugularis interna átmérője akár 2 cm is lehet, az arteria radialis átmérője sokszor 2 mm alatt van; saját vizsgálatunkban a legkisebb, sikeresen kanülált artéria átmérője 1,4 mm volt. Értelemszerűen ebben az esetben minimális hiba is elég lehet a tű hegyének azonosításánál, hogy a kanülálás meghiúsuljon. Ugyanez érvényes a perifériás vénák kanülálására is (90).

Az ultrahangos technika szempontjából ezért érdemes elkülöníteni egymástól a „kisereket”, melyek átmérője mm-es nagyságrendű, a cm-es méretű „nagyerektől”. A kiserek közé sorolhatók általánosságban a perifériás artériák és vénák, a nagyerek közé pedig a centrális vénák. A végtagok proximális helyzetű artériái és vénái (arteria brachialis, vena basilica és cephalica, arteria és vena femoralis) mintegy átmenetet alkotnak (2. táblázat). Megjegyzendő, hogy alkalmanként a perifériás vénák is lehetnek cm körüli átmérőjűek, de a centrális vénák is lehetnek akár mm-es nagyságrendűek, főleg hypovolaemiában, erőltetett belégzésben, előző kanülálások után. Továbbiakban „kiserek” alatt egyszerűsítve az arteria radialist és a perifériás vénákat értjük.

Egyes esetekben egyértelműen vannak előnyei az ultrahang használatának a kiserek kanülálásánál. Így pl. előző arteria radialis kanülálások után, alternatív megoldásként kanülálható ultrahangos segítséggel az artéria az alkar középső harmadában, ahol az ér mélysége miatt már többnyire nem érezhető pulzáció, ezért a palpációs módszer nem kivitelezhető. Ráadásul ebben a pozícióban a kanül egyenes szakaszon fut, nincsenek ízületek a közelben, ezért az elmozdulás, kicsúszás veszélye kicsi, az artériás nyomásgörbe stabil (63). Rossz, elhasznált perifériás vénák miatti „nehéz” vénabiztosításnál az ultrahang-vezérelt perifériás vénabiztosítás kiválthat

egyéb, több szövődménnyel járó alternatív megoldásokat, pl. centrális véna vagy vena jugularis externa kanülálását (21, 90).

A kiserek kanülálását vizsgáló tanulmányokban rutin esetekben az ultrahang-vezérelt technikát nem találták egyértelműen és egybehangzóan hatékonyabbnak a hagyományos, palpációs módszernél. Bár egy metaanalízis az ultrahang-vezérelt arteria radialis kanülálást sikeresebbnek találta a hagyományos technikánál, a metaanalízisbe beválogatott, összesen négy prospektív, randomizált vizsgálat közül az egyik kifejezetten alacsony sikerarányról számolt be mind a hagyományos, mind az ultrahangos csoportban (siker első kísérletre: 13,9 illetve 13,8%) (17, 64). Ezzel szemben egy másik vizsgálatban 87%-os sikerarányról számoltak be első kísérletre az ultrahangos technikával (hagyományos módszer: 50%); a további két study eredményei e két véglet között voltak (14-16). A vizsgálatok különböztek egymástól a betegcsoportban (gyerek vagy felnőtt), a kanül típusában („kanül-a-tűn” típusú vagy Seldingeres), az ultrahangos technikában (in-plane vagy out-of-plane), illetve igen eltérő volt az operatórok ultrahangos tapasztalata. A négy vizsgálatot ezért nem lehet objektívan összehasonlítani, a tanulság talán az, hogy a technikai részletek nagy hatással vannak a kimenetelre.

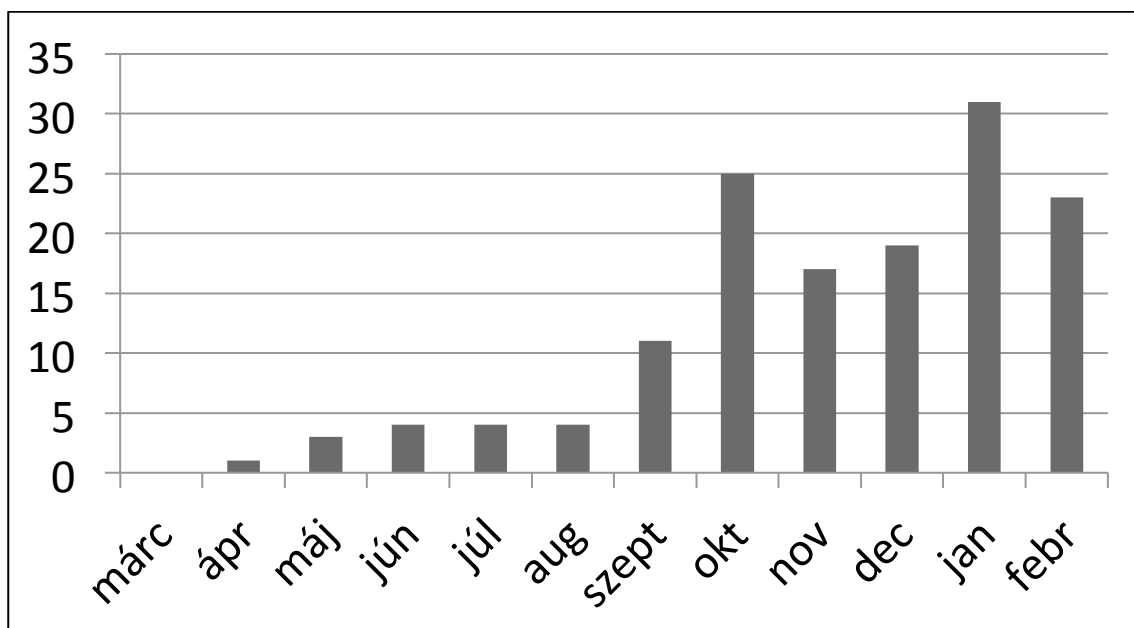
Az ultrahang-vezérelt perifériás vénabiztosítás kimenetele szintén igen eltérő volt a különböző vizsgálatokban. A sikerarány 63% és 97% között volt, az átlagos kanülálási idő 34 másodperctől 60 percig (!) terjedt (65-70). Bár több vizsgálatban is hatékonynak találták az ultrahang-vezérelt vénabiztosítást, az ultrahang használatának előnyét nem mindig sikerült igazolni, sőt volt olyan vizsgálat, ahol csupán a kanülálási kísérlet idejét nyújtotta meg a sikerarány növelése nélkül (67). Bár Seldingeres kanül perifériás vénabiztosításhoz is elérhető, a vizsgálatok többségében hagyományos, kanül-a-tűn típusú vénakanült (pl „Braunüle”) használtak.

A vizsgálatok nagy részében a technikailag könnyebb out-of-plane technikát alkalmazták, az in-plane technika jóval kevésbé volt népszerű, és egy study-ban az in-plane technikát az out-of-plane technikával összehasonlítva rosszabb eredményekről számoltak be (91). Azonban ismert, hogy az out-of-plane technikával nehéz követni a tű



haladását a beavatkozás alatt; egy vizsgálatban az érpunkció időpontjában csak 23%-ban látták a tű hegyét (ezzel szemben in-plane technika alkalmazásakor 62%-ban) (92). Ez megmagyarázhatja a kedvezőtlen eredményeket a study-k egy részében.

A tűhegy-jel értelmezése magával hozta osztályunkon a fent (*Módszerek: 2.1. Ultrahang-vezérelt arteria radialis kanülálás – egy új kanülálási technika obszervációs vizsgálata*, ill. 8. ábra) részletezett kanülálási technika kialakítását és elterjedését. A technika magas sikerarányt biztosított, ezért népszerűvé vált, és az ultrahangos beavatkozások iránt érdeklődő kollégák rutinszerűen kezdték el alkalmazni elsősorban az Intenzív Osztályon, ahol a hagyományos, palpációs módszerrel végzett artéria kanülálás különböző okok miatt gyakran nehézségekbe ütközik. Néhány hónapon belül jelentősen megemelkedett az ultrahang-vezérelt artéria kanülálások száma, és a technika a napi rutin része lett Egerben a kiserek kanülálásakor (20. ábra).



**20. ábra.** Ultrahang-vezérelt artéria kanülálások havi esetszáma osztályunkon 2011. március – 2012. február között.

Artéria kanüláláson kívül perifériás vénabiztosításra is elkezdtek használni a technikát nehéz esetekben. A sikerarány az operatórok nagy részének kezdeti rutintalansága ellenére is magas volt: egy év alatt, 2012. február végéig 183 alkalommal kíséreltünk meg kanült behelyezni az ismertetett módszerrel (artéria kanülálás: 143, perifériás véna kanülálás: 40), a kísérletek közül csak 6 artéria radialis kanülálás volt sikertelen, de ezek közül is 5 ízben második választásként sikerült behelyezni a kanült az arteria brachialisba.

A módszer alkalmazhatóságának objektív megítélésére egy obszervációs vizsgálatot végeztünk. A vizsgálat helyszíne az Intenzív Osztály volt, ahol a betegpopuláció jellege miatt a hagyományos technikával gyakori volt a kanülbevezetési nehézség. A vizsgálatban valamennyi kolléga részt vett, aki a vizsgálat idején már rendszeresen használt ultrahangot invazív beavatkozások kontrollálásához. A vizsgálat célja az volt, hogy az ultrahangos technikánk rutinszerű alkalmazhatóságát ítéljük meg, ezért a részt vevő operatórok a vizsgálat tartama alatt valamennyi betegnél ultrahang-vezérléssel kísérelték meg a kanülbevezetést. A vizsgálat a módszer általános alkalmazhatóságára irányult, nem kifejezetten az ultrahang-vezérelt és hagyományos arteria radialis kanülálás összehasonlítására, ezért kontroll csoportot nem terveztünk. Azért vizsgáltunk artéria kanülálást, mert ezt nagy számban végezzük osztályunkon, de az eredményeket más kiserek (elsősorban perifériás vénák) kanülálására is értelmezhetőnek gondoljuk, mivel az alkalmazott technika ugyanaz. Az eredményeket egyéb, különböző ultrahangos technikákkal végzett vizsgálatok eredményeivel tudtuk összehasonlítani.

Vizsgálatunkban 100% sikerarányt sikerült elérni, és az esetek háromnegyedében már az első kísérletre sikerült a kanülbevezetés. A 66 kanülbevezetés során csupán két alkalommal kellett 2 kanült felbontani, a kanülálások túlnyomó többségében egy kanült használtunk fel. Ezeket az eredményeket annak fényében kell értelmezni, hogy az intenzíves betegpopulációnkban a kanülálások 70%-ában azonosítottunk valamilyen nehezítő körülményt. Továbbá, egy kivétellel „kanül-a-tűn” típusú artéria kanült (Flow-switch) használtunk, amivel a Seldingeres technikához képest a kanülbevezetés a korábban részletezett okok miatt technikailag nehezebb. A

kanülök többségét (87,9%) sikerült az arteria radialisba helyezni csukló (80,3%) vagy alkar (7,6%) pozícióban, a betegek kb. tizedénél kellett csak a brachialis artériát kanulálni, általában nem hozzáférhető, trombotizált vagy nagyon kis kaliberű arteria radialisok jelenlétekor és/vagy sürgősségi helyzetekben.

Eredményeinket más vizsgálatokkal összehasonlítva azt találtuk, hogy az összes, ultrahang-vezérelt artéria vagy perifériás véna kanulálást vizsgáló study közül csak két vizsgálatban értek el jobb sikerarányt (87%, illetve 85%) első kísérletre (8. táblázat). Az egyik vizsgálatban ultrahang-vezérelt és palpációs technikával történő artéria kanulálásokat hasonlítottak össze sürgősségi osztályon (14). Megjegyzendő, hogy az instabil betegeket, továbbá a korábban már kanulált vagy sikertelen kanulálási kísérleten átesett betegeket kizárták a vizsgálatból, továbbá kizárólag Seldingeres artéria kanült használtak. Ennek ellenére a saját vizsgálatunkkal összehasonlítva az eredmények (sikerarány első kísérletre) nem különböznek szignifikánsan ( $p=0,23$ ). A másik vizsgálatban gyerekekben hasonlították össze az ultrahangos és hagyományos technikát perifériás vénabiztosítás során (68). Bár ultrahanggal 85% sikert értek el első kísérletre, a teljes sikerarány ennél alig magasabb (90%) volt. A mienkhez közeli sikerarányokról néhány további közleményben is tudósítottak, de meg kell jegyezni, hogy a vizsgálatok túlnyomó része stabil betegeken, elektív műtétek során történt. A magas sikerarány önmagában nem minden esetben igazolja egy ultrahangos technika alkalmazhatóságát, így például volt olyan vizsgálat, ahol a magas (96%) sikerarány átlagosan 60 perc kanulálási idővel érték el, ami a napi gyakorlatban nehezen kivitelezhető (67).

**8. táblázat. Kiserek ultrahang-vezérelt kanulálása: prospektív randomizált vizsgálatok eredményei.** Sürgősségi= Sürgősségi Osztály HDU= High Dependency Unit (14-17, 21, 65-68, 91, 93-100).

<i>Vizsgálat</i>	<i>Ér</i>	<i>Helyszín</i>	<i>Sikerarány</i>	<i>Sikerarány első kísérletre</i>
Levin, 2003	arteria radialis	Műtő	88%	62%
Constantino, 2005	perifériás véna	Sürgősségi	97%	46%
Schwemmer, 2006	arteria radialis	Műtő	100%	67%

Shiver, 2006	arteria radialis	Sürgősségi	100%	83%
Rose, 2008	perifériás véna	Önkéntesek	72/75%	56/65%
Resnick, 2008	perifériás véna	Sürgősségi	73%	
Stein, 2008	perifériás véna	Sürgősségi	96%	
Ganesh, 2009	artéria radialis	Műtő		14%
Doniger, 2009	perifériás véna	Sürgősségi	80%	
Mahler, 2010	perifériás véna	Sürgősségi	95/85%	
Constantino, 2010	perifériás véna	Sürgősségi	84%	
Elia, 2012	perifériás véna	HDU	86/84%	
Benkhadra, 2012	perifériás véna	Műtő	90%	85%
Berk, 2013	arteria radialis	Műtő		51/76%
Ueda, 2013	arteria radialis	Műtő	65%	33%
Ishii, 2013	arteria radialis	Műtő	94,6%	76,3%
Nelson, 2014	perifériás véna	Sürgősségi	48/82%	

Saját vizsgálatunkban a kanülálási idő a kanülbehelyezések többségében 1-2 perc között volt, ennyi idő alatt a kanülbevezetés megbízhatóan sikerült, lényegesen hosszabb ideig csak a kanülálások elenyésző részében tartott a beavatkozás. Ezzel szemben a hagyományos technika az általános tapasztalatok szerint problémamentes esetben valamivel gyorsabb, a „nehéz” kanülálások viszont beláthatatlan ideig is eltarthatnak és előfordul, hogy sikertelenek; a kanülálás nehézsége sokszor nem tudható előre, ezért a hagyományos technika kimenetele bizonytalanabb. A kanülálási idő eltérését a saját ultrahangos technikánk és a palpációs módszer között prospektív, randomizált vizsgálattal lehetne pontosabban meghatározni. Véleményünk szerint a másfél perc körüli kanülálási idő az esetek nagy többségében a betegellátást nem hátráltatja; nagyon sürgős helyzetekben (pl. újraélesztés alatt) alternatíva lehet az általában nagyobb, ezért könnyebben és gyorsabban kanülálható arteria brachialis használata. Mi magunk is ezt az elvet alkalmaztuk, de a sürgősségre való tekintettel ezekben az esetekben méréseket nem végeztünk.

A tűhegy-jel a kanülálási kísérletek 83%-ában észleltük, tehát a tűhegy-jel követésén alapuló technikánk az esetek nagy részében használható. Megjegyzendő, hogy a tűhegy-jel észlelése mellett 91%-ban, amikor nem észleltük, akkor viszont csak 50%-ban volt sikeres a kísérlet, az eltérés szignifikáns volt.

Fontos, hogy a vizsgálatunk valamennyi, osztályunkon ultrahangot rendszeresen használó kolléga részvételével, valamennyi artéria kanülálásra szoruló beteg beválogatásával történt, ezért az eredményeinket reálisnak, a technikát rutinszerűen alkalmazhatónak gondoljuk (és használjuk is rutinszerűen a gyakorlatban). Potenciális előnyeit a hagyományos, illetve egyéb ultrahangos (pl. out-of-plane) technikákhoz képest további prospektív, randomizált vizsgálatokkal lehetne igazolni.

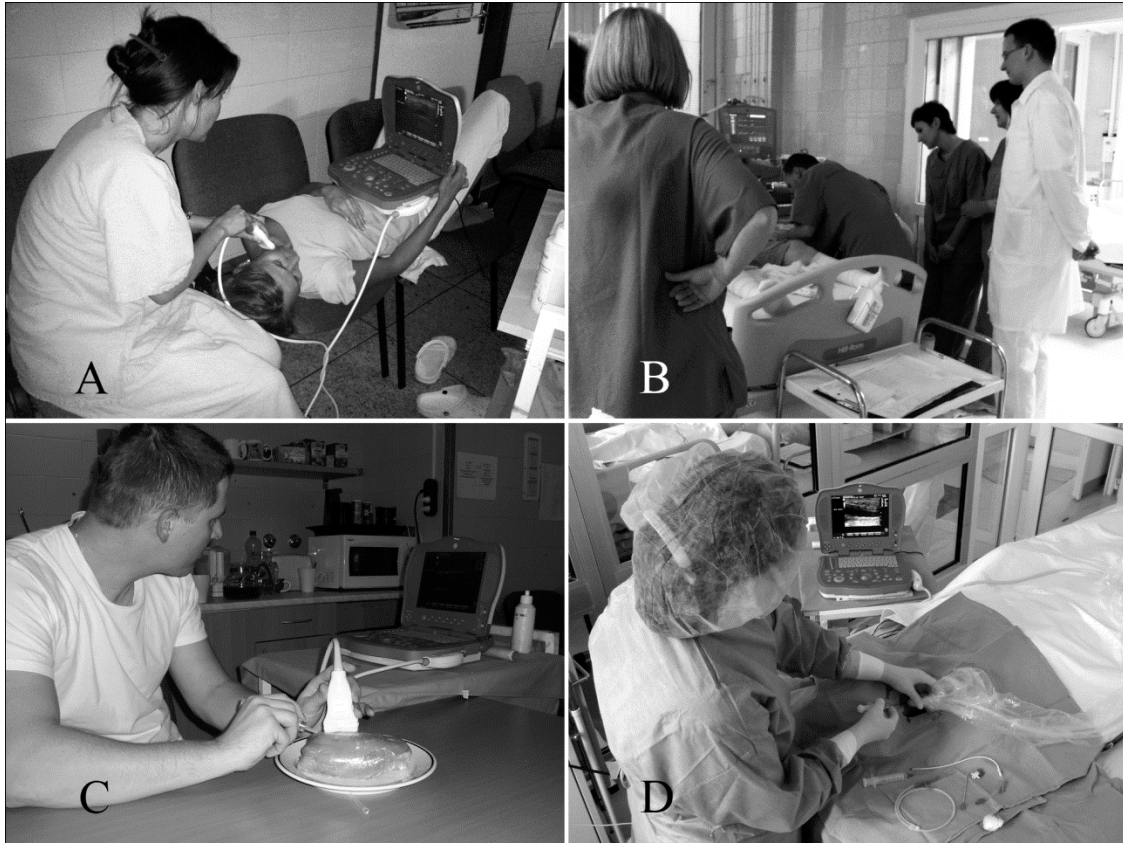
#### 6.4. Ultrahang-vezérelt beavatkozások bevezetése a klinikai gyakorlatban

Bár az ultrahang-vezérlés előnyeit számos vizsgálat alátámasztja, a vizsgálatok nagy része (így fent ismertetett saját vizsgálatunk is) a beavatkozások egy konkrét típusára, speciális betegcsoportra terjed ki, és az operatőrök az adott beavatkozásban legtöbbször már több-kevesebb rutinnal rendelkeznek. Nehezebb értékelni az ultrahang használatának előnyeit / hátrányait szélesebb körben, pl. egy adott osztályon végzett valamennyi beavatkozás tekintetében, amikor az operatőrök egymástól igen eltérő tapasztalattal rendelkeznek. Mint minden új módszer esetében, kritikus lehet a betanulási fázis. Az elméleti ismeretek megszerzésén túl nagy gyakorlat szükséges az ultrahangos képeken való eligazodáshoz, továbbá a punkciós tűk és kanülok látótérbe hozásához. A gyakorlat megszerzése lassú, fokozatos folyamat, a nem megfelelő technika sikertelenséghez, szövődményekhez vezethet (74). Különösen kritikus, amikor egy olyan osztályon kerül bevezetésre az ultrahangos technika, ahol egyik orvosnak sem, vagy csak az orvosok kis részének van benne gyakorlata.

A saját anyagunk azt mutatja, hogy a technikai nehézségek ellenére a betanulási fázisban is kimagasló sikerarány és alacsony szövődményráta érhető el. Úgy gondoljuk, hogy ezek az eredmények több tényező együttes fennállásának köszönhetőek.

Először is, abban a szerencsés helyzetben voltunk, hogy az ultrahangos technika bevezetésekor volt osztályunkon a módszerben járatos orvos. Induláskor ez egyetlen orvost jelentett, akinek a tapasztalata közepesnek volt mondható (kb. 50 megelőző ultrahang-vezérelt beavatkozás, elsősorban centrális vénabiztosítás és regionális anesztézia). Bár ez osztály-szinten talán nem tűnik számottevőnek, mégis nagyon fontos volt, hiszen ennek köszönhetően egyik kollégánknak sem kellett önállóan, felügyelet nélkül végezni az első, legkritikusabb beavatkozásait.

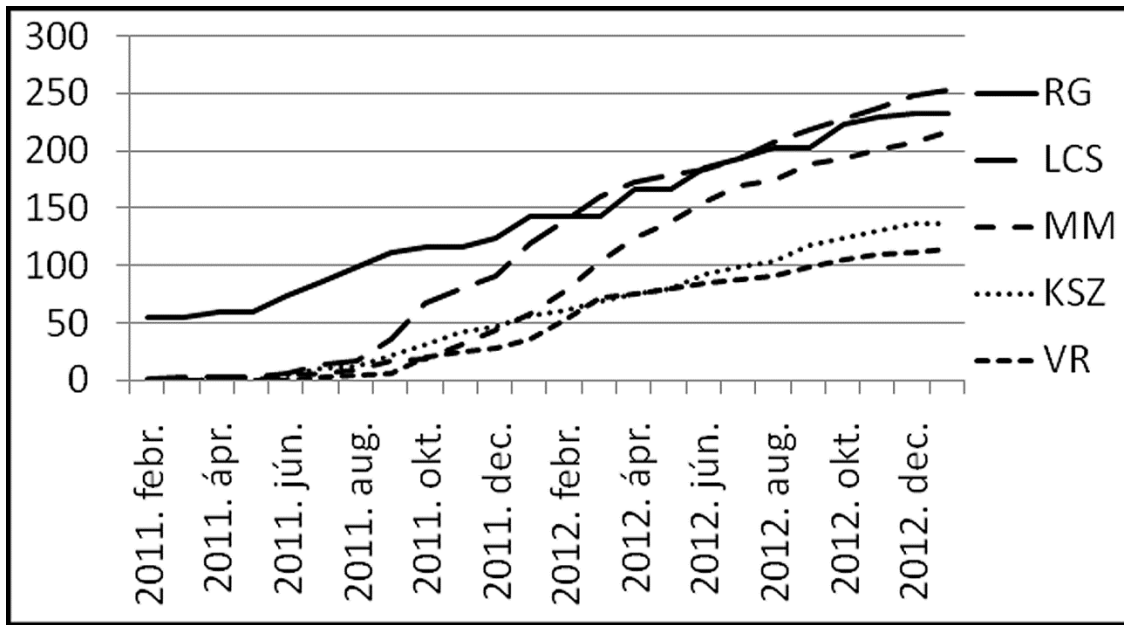
Fontosnak tartjuk, hogy a kollégák képzése az első pillanattól kezdve szisztematikusan történt. Ennek része volt elméleti oktatás, műszerismertetés, tanfolyamokon való részvétel, majd a legszükségesebb elméleti ismeretek megszerzését követően kezdődött a gyakorlati képzés. Ennek során sikerült betartani a fokozatosság elvét (21. ábra). Kezdetben a gyakorlás csupán az ultrahangos tájékozódásra szorítkozott, illetve a már gyakorlottak beavatkozásainak megfigyelésére. A túltrahang alatt történő mozgatásának elsajátításához „in vitro” gyakorlási lehetőségeket szerveztünk, majd ezt követően került sor az első „éles” beavatkozásokra; mindenki egyszerűbb technikákkal (legtöbbször jugularis interna kanülálás) kezdett, majd fokozatosan következtek a nehezebb, illetve veszélyesebb beavatkozások (pl. plexus érzéstelenítés, vena subclavia kanülálás).



**21. ábra. Az ultrahangos technika gyakorlati oktatása.** A. Ultrahangos tájékozódás saját magunkon / egymáson. B. Mások beavatkozásainak figyelése. C. In vitro gyakorlás csirkemellen. D. Első „éles” beavatkozások felügyelettel.

A kollégák bevonása és tanítása a nagy érdeklődés ellenére sem véletlenszerűen, „aki kapja marja” alapon történt, hanem előre elhatározott terv szerint. Kezdetben egyetlen, majd további 1-2 „kezdő” orvos tanulta meg az ultrahangos technikát. (A „kezdő” csak az ultrahangos technikára vonatkozik, valamennyien tapasztalt szakorvosok voltak.) Mivel a beavatkozások túlnyomó részét eleinte ez a néhány kolléga végezte, ők hamar elérték azt az esetszámot, ami már biztosította, hogy önállóan is biztonságosan dolgozzanak (22. ábra). Ettől fogva az ultrahangos technika már nem egyetlen személyhez volt kötve, a rendszerbe újonnan beléptek is alkalmassá váltak a még tapasztalatlanok beavatkozásainak felügyeletére és gyakorlati oktatására. Ez a láncreakció-szerű ismeretátadás tette lehetővé, hogy viszonylag rövid idő (kb. fél-egy év) alatt az invazív beavatkozások nagy részénél legyen elérhető ultrahangos szakember

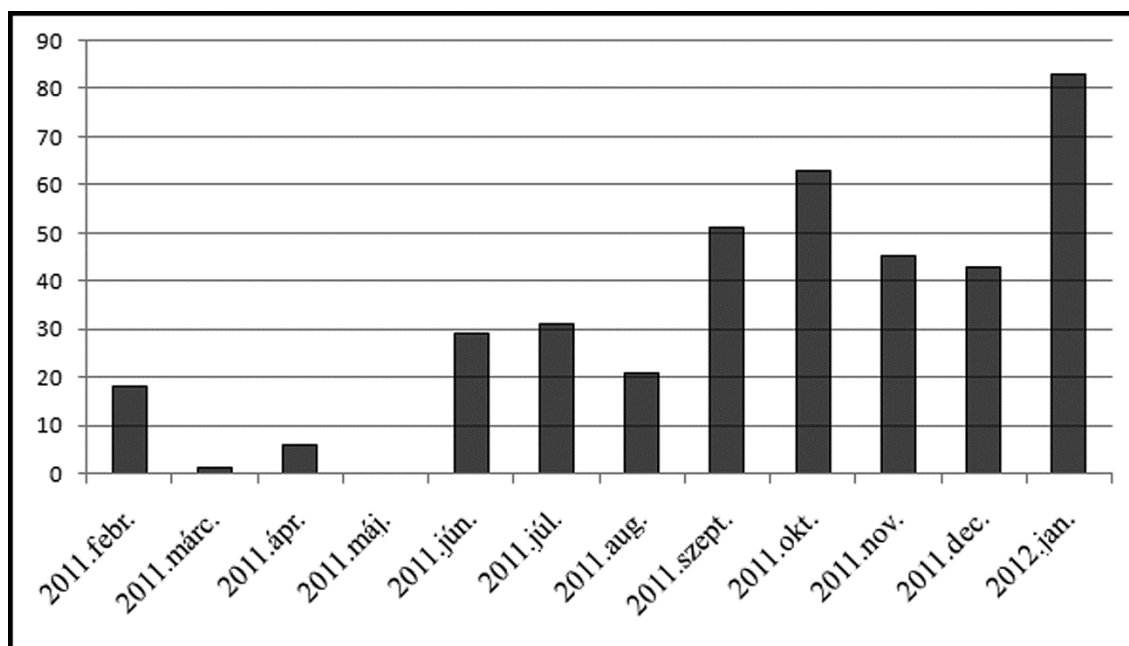
az osztályon. A maximális havi esetszámot 12 hónap alatt értük el, ezután a beavatkozások számát már nem gyakorlott személy jelenléte, hanem sajnálatosan az ultrahang készülék elérhetősége limitálta.



**22. ábra. Az öt legrutinósabb orvos esetszámainak növekedése hónapról hónapra az ultrahang bevezetésének első két évében.**

Valószínűleg a fentieknek köszönhető, hogy az első pillanattól kezdve magas sikerarányt és alacsony szövődmenyrátát értünk el. A tapasztalat növekedésének csupán két kézzelfogható jele volt: 1. A technikailag nehéz subclavia kanülálások arányának fokozatos növekedése az egyszerűbb juguláris kanülálás rovására. 2. Az esetszám hónapról hónapra történő emelkedése az első évben (23. ábra). Már a technika bevezetésekor is számos esetben használtuk ki az ultrahang-vezérlés előnyeit nehezen kanülálható, vagy nagy rizikójú (pl. súlyos véralvadási zavarban szenvedő) betegek beavatkozásainál (101).





**23. ábra. Az ultrahang-vezérelt beavatkozások havi esetszámai a betanulás első évében.**

Osztályunkon kezdetektől fogva az „in-plane” technikát favorizáljuk, a beavatkozások túlnyomó részét így végeztük. Bár ez a módszer technikailag nehéz, elsajátításához sok gyakorlás szükséges, előnye, hogy a tű útja teljes hosszában, a beavatkozás teljes ideje alatt követhető, ami gyakorlott kézben a tű precíz mozgását teszi lehetővé. Egy friss, a téma szakértői által készített guideline is ezt a módszert ajánlja, ami a választásunk helyességét alátámasztja (25). Mi magunk a betanulási fázis ellenére a legfontosabb alkalmazásokban ezzel a technikával 96-98,7% közötti sikerarányt és 0-1,3% közötti szövődménygyakoriságot tudtunk elérni.

Az egyetlen beavatkozás, amelynél nem tudtuk igazolni az ultrahangos kontroll egyértelmű előnyét, a mellkaspunkció volt. Ismert, hogy hagyományos mellkaspunkció szövődményeként akár 20-39%-os gyakorisággal is jelentkezhet PTX; ezt egy obszervációs vizsgálatban ultrahang használatával 1,3%-ra csökkentették (17-18). Az általunk észlelt PTX ráta ennél magasabb (2/18, 11%), azonban a kis esetszám miatt a szövődményrátaból messzemenő következtetéseket nem lehet levonni (95%CI: 3,1-32,8%). Az összes többi beavatkozással ellentétben mellkaspunkció során (a bordák

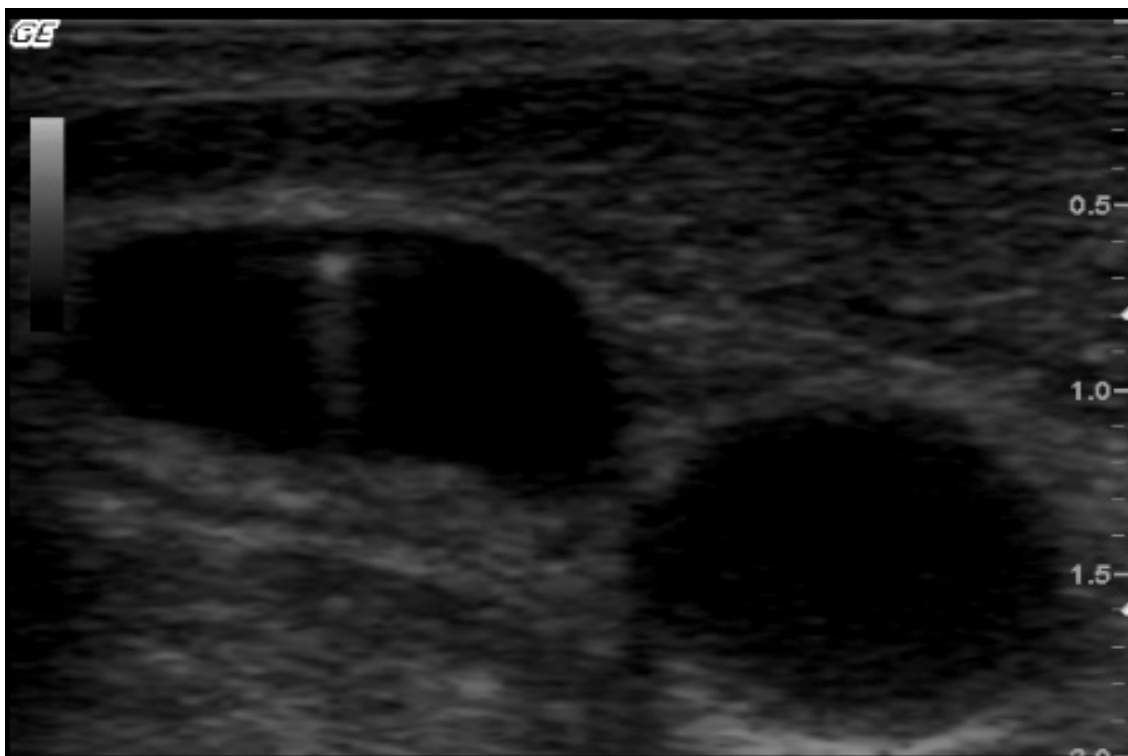
takarása miatt) nem alkalmaztunk folyamatos ultrahangos kontrollt, csupán a punkció helyének meghatározásához használtunk ultrahangot, esetleg intermittálóan ellenőriztük a tüdők expandálását. Ultrahang-vezérelt mellkaspunkcióban – az egyéb beavatkozásokkal ellentétben – az osztály orvosai közül korábban senkinek nem volt gyakorlata. Az összesen két PTX közül egy esetben technikai hiba okozta a szövődményt, a punkciós tűn keresztül jutott be kevés levegő a mellüregbe, a punkció egyébként minden esetben sikeres volt. Fontosnak tartom kiemelni, hogy az osztályunkon végzett összes beavatkozás háromnegyede ér-kanülálás volt, és ezeket nagy hatékonysággal, szövődménymentesen sikerült elvégezni (5. táblázat).

Tapasztalatainkat azért tartjuk fontosnak átadni, mert új technika lévén az ultrahang-vezérelt beavatkozások terjedését Magyarországon még sok munkahelyen nehezíti a módszerben járatos orvosok kis száma. Eredményeink azt bizonyítják, hogy megfelelő körültekintéssel az ultrahangos technika egy adott munkahelyen már a bevezetés fázisában is jelentősen növeli a betegbiztonságot.

#### 6.5. Ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosítás korrigálatlan koagulopátiában

A centrális vénabiztosítással kapcsolatos vérzéses szövődmények az enyhe, szűrőcsatornából szivárgó vérzéstől vagy jelentéktelen hematomától az életet veszélyeztető, vagy akár fatális aortarupturáig, pericardialis tamponádig terjednek. A vérzés oka legtöbbször a véna többszöri punkciója vagy a kísérő artéria punkciója. A legnagyobb veszélyt az jelenti, ha az artéria punkciója észrevétlen marad, és a Seldinger dróton keresztül a véna helyett az artériát tágítjuk és kanüláljuk meg; a vastag tágító okozta nyíláson keresztül komoly vérzés indulhat meg, rosszabb esetben az artériafal bereped, a disszekció akár a pericardiumig is terjedhet (7,8). Bár a súlyos szövődmények ritkák, vérzészavar jelenléte jelentősen fokozza a vérzés kockázatát, ezért rutin gyakorlat a vérzészavar korrekciója centrális vénabiztosítás előtt. A thrombocytá, illetve alvadási faktor koncentrációjának transzfúzióval azonban meg vannak a maga veszélyei, drága, és sürgős helyzetekben gyakran nem kivitelezhető.

Logikus, és igazolt tény, hogy a sikertelen kanülálási kísérletek fokozzák a szövődmények kockázatát (1). Az ultrahang-vezérlés jelentősen növeli a kanülbevezetés arányát már első kísérletre, ezáltal a véletlen artériapunkció gyakorisága töredékére szorítható (3, 55). Mi magunk 2 év alatt végzett 364 centrális véna kanülálás során csak 2 esetben (0,5%) észleltünk artériapunkciót (5. táblázat). Ráadásul a Seldinger drót pozícióját még a tágítás előtt ellenőrizni tudjuk, így elkerülhető az artéria véletlen tágítása/kanülálása még esetleges észrevétlen artériapunkció esetén is (24. ábra).



**24. ábra. Seldinger drót a vena jugularis internában centrális véna kanülálás közben. Az ér biztonsággal megtágítható.**

Fent ismertetett vizsgálatunkban igazoltuk, hogy az ultrahang-vezérelt érkanülálások megfelelő oktatás és felügyelet mellett nagy számban, egymástól igen különböző gyakorlattal rendelkező operátorok által végzett beavatkozás mellett is biztonságosak a klinikai gyakorlatban, még a betanulási időszakban is. Felmerül ezért a kérdés, hogy a szövődményráta jelentős, igazolt csökkenése mellett is szükség van-e a véralvadási zavarok rutinszerű korrekciójára centrális vénabiztosítás előtt. Három,

onkológiai betegekben végzett tanulmány több száz beavatkozás alapján alátámasztja az ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosítás biztonságosságát korrigálatlan koagulopátiában (71-73). Intenzív osztályon ugyanakkor hasonló vizsgálatot még nem végeztek.

Intenzív Osztályunkon nagy számban végeztünk centrális vénabiztosítást korrigálatlan véralvadási zavar mellett. Szövődményt egyetlen esetben sem észleltünk. Konfidencia intervallum számítás alapján nagy valószínűséggel mondható, hogy az Osztályunkon alkalmazott technika és kanülálási elvek betartása mellett a vérzéses szövődmények kockázata enyhe/mérsékelt véralvadási zavar jelenlétében minimális. Véleményünk szerint vizsgálatunk alapján ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosítás előtt a véralvadási zavar rutinszerű korrekciója szükségtelen.

Nem egyértelmű a helyzet *súlyos* véralvadási zavar jelenléte esetén. Jelen vizsgálatban a szűrés időpontjában a legmagasabb INR érték 16,81, a legalacsonyabb thrombocytá szám 8 G/l volt. Azonban, bár szövődményünk nem volt, az alacsony esetszám miatt egyértelmű konklúzió a vizsgálatunk alapján nem mondható ki. Nem ismert továbbra sem, hogy van-e olyan kritikus véralvadási paraméter, ami mellett már jelentősen megnő a kockázat, ezért a kockázat/haszon figyelembevételével ultrahang-vezérlés alkalmazása esetén is ajánlatos a korrekció. A vérzéses szövődmények, és különösen a súlyos vérzéses szövődmények ritka előfordulása miatt a kérdést csak nagy betegszámú prospektív vizsgálatokkal lehetne végleg lezárni. A téma fontosságát az adja, hogy intenzív osztályokon rendkívül gyakori a vérzészavar (saját anyagunkban 40% felett volt jelen).

Fontosnak tartjuk kiemelni, hogy az ismertetett eredmények eléréséhez több, általunk alkalmazott kanülálási elv betartása szükséges. Véralvadási zavar fennállása esetén különösen fontos, hogy a beavatkozást az ultrahangos technikában nagy gyakorlattal rendelkező személy végezze vagy felügyelje. Koagulopátia esetén a könnyen komprimálható vena jugularis interna kanülálását preferáljuk a vena subclavia-val vagy vena femoralis-al szemben. Nagyon fontos a vena azonosítása és kísérő artériától való elkülönítése az ultrahangos képen: a vena általában oválisabb, nem

pulzál, könnyen komprimálható, color Doppler-el vizsgálva az áramlás iránya a szív felé halad. Mi magunk szinte kizárólag in-plane technikát használunk, ennek során kritikus a tű hegyének folyamatos, korrekt azonosítása a tű mozgatása során. A Seldinger drót pozícióját rutinszerűen ellenőrizzük a tágítás előtt.

## 7. KÖVETKEZTETÉSEK

1. Az erősen echoreflektáló fémanyag hangárnyéka miatt ultrahang-vezérelt beavatkozások során a tű valós szerkezete rejtve marad. A tű vizualizációját egyéb műtermékek is gyakran zavarják. A tű hegye ezek ismeretében azonban az ultrahangos képen pontosan azonosítható és szúrás közben végig követhető, aminek elsősorban kiserek kanülálásakor lehet jelentősége, amikor a tű precíz mozgására van szükség.

2. A tűhegy-jel folyamatos fókuszban tartásán és a tű hegyének pontos azonosításán alapuló módosított in-plane technikával magas sikerarányt sikerült elérni arteria radialis kanülálásakor, a nehéz esetek magas aránya ellenére. A technika jó hatékonysággal használható minden olyan esetben, amikor a célpont kis mérete miatt a tű precíz mozgása szükséges, elsősorban kis kaliberű erek kanülálásához.

3. Bár a szövödmények a legtöbb manuális beavatkozásnál a tanulási fázisban a leggyakoribbak, megfelelő elméleti és gyakorlati oktatás után, folyamatos kontroll mellett, a fokozatosság elvét betartva a tanulás során is kimagasló sikerarány és alacsony szövödménygyakoriság érhető el nagy számban, és sok orvos által végzett ultrahang-vezérelt beavatkozások során is. A fenti előfeltételek teljesülése esetén az ultrahang-vezérlés már a kezdeti fázisban is fokozza a betegbiztonságot osztály-szinten is.

4. Jó technikával, gyakorlott operatőr részvételével vagy felügyeletével végzett ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosítás előtt az enyhe/mérsékelt koagulopátia rutinszerű korrekciója szükségtelen, és a beavatkozás akár súlyos vérzészavar mellett is biztonságos lehet.

## 8. ÖSSZEFOGLALÁS

Bevezetés. Ultrahang-vezérléssel növelhető az ér-kanülálások sikeraránya, a technikai részletek azonban befolyásolják az eredményeket és a nem megfelelő módon végzett beavatkozások a betegbiztonságot veszélyeztethetik.

Módszerek. Nagyszámú, tűket ábrázoló ultrahang-kép elemzését végeztük el, különös figyelmet fordítva a tű hegyének azonosítását nehezítő műtermékek felismerésére. Egy új kanülálási technikát dolgoztunk ki, aminek használhatóságát arteria radialis kanülálások során értékeltük az egri Markhot Ferenc Kórház Központi Intenzív Osztályán. Az értekezés része egy, az ultrahang osztályunkon történő bevezetésének sikerét értékelő audit és egy retrospektív vizsgálat is, amelyben véralvadási zavar mellett végzett ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosítás biztonságosságát elemeztük.

Eredmények. Leírtuk a „tűhegy-jel”-et, amiről igazoltuk, hogy a tű fizikai része. Új kanülálási technikánkkal 100% (95%CI: 94,5-100%) sikerarányt értünk el artéria kanülálások során. Osztályunkon 2011. február és 2013. január között került sor az első 1000, ultrahang-vezérelt beavatkozásra. Súlyos szövődményt nem észleltünk, az enyhe szövődmények gyakorisága 0-1,3% között volt. A vizsgált időszakban Intenzív Osztályunkon 124 betegnek volt vérzészavara a centrális vénabiztosítás időpontjában. Vérzéses szövődmény nem jelentkezett (szövődménygyakoriság: 0%, 95%CI: 0-3,0%, súlyos vérzészavar mellett 95%CI: 0-7,7%).

Következtetések. Az ultrahangos képalkotás során a tű valós szerkezete rejtve marad. A tűhegy-jel folyamatos fókuszban tartásán alapuló kanülálási technikánk jó hatékonysággal használható olyan beavatkozásoknál is, amikor a célpont kis mérete miatt a tű precíz mozgatása szükséges. Megfelelő képzés mellett az ultrahang már a betanulási fázisban is fokozza a betegbiztonságot. Ultrahang-vezérelt centrális vénabiztosítás előtt a véralvadási zavar rutinszerű korrekciója szükségtelen lehet.

## **INCREASING SAFETY OF VASCULAR ACCESS WITH ULTRASOUND GUIDANCE**

Introduction. Ultrasound guidance increases success rates for vascular access procedures, however, technical details influence outcomes and inadequately performed procedures may jeopardise patient safety.

Methods. We analyzed a large number of ultrasound images showing needles specifically looking for artifacts that impair needle tip visibility. We developed a new cannulation technique that we evaluated in an observational study of radial artery catheterization in our Intensive Care Unit in Markhot Ferenc Hospital, Eger (Hungary). The dissertation also includes an audit of introduction of ultrasound techniques into clinical practice in our department, as well as a retrospective study in which we evaluated the safety of ultrasound-guided central venous catheterization in patients with coagulopathy.

Results. We described the “bevel line” and proved that this is a direct ultrasonic sign of the needle tip. With our new cannulation technique we achieved 100% success rate (95%CI: 94.5-100%) for radial artery cannulation. During the first 1000 ultrasound-guided procedures in our department (between February 2011 and January 2013) there were no serious complications, minor complications were observed at rates of 0-1.3%. In the study period, 124 patients had coagulopathy at the time of vascular access. There were no haemorrhagic complications (complication rate: 0%, 95%CI: 0-3.0%, for serious coagulopathy 95%CI: 0-7.7%).

Conclusions. The real dimensions of the needle are hidden during ultrasound imaging. Our modified in-plane cannulation technique, based on continuous tracking of the bevel line, can be used efficiently even when the small size of the target demands precise needle manipulation. Provided adequate teaching is given, ultrasound guidance increases patient safety already at the early phase of the learning curve. Routine correction of coagulopathy prior to ultrasound-guided central venous catheterization may be unnecessary.



## 9. IRODALOMJEGYZÉK

1. McGee DC, Gould MK. (2003) Preventing complications of central venous catheterization. *N Engl J Med*, 348: 1123-1133.
2. Ruesch S, Walder B, Tramèr MR. (2002) Complications of central venous catheters: internal jugular versus subclavian access – a systematic review. *Crit Care Med*, 30: 454-460.
3. Fragou M, Gravvanis A, Dimitriou V, Papalois A, Kouraklis G, Karabinis A, Saranteas T, Poularas J, Papanikolaou J, Davlourous P, Labropoulos N, Karakitsos D. (2011) Real-time ultrasound-guided subclavian vein cannulation versus the landmark method in critical care patients: a prospective randomized study. *Crit Care Med*, 39: 1607-1612.
4. Teichgraber UK, Nibbe L, Gebauer B, Wagner HJ. (2003) Inadvertent puncture of the thoracic duct during attempted central venous catheter placement. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 26: 569-571.
5. Parsons AJ, Alfa J. (2009) Carotid dissection: a complication of internal jugular vein cannulation with the use of ultrasound. *Anesth Analg*, 109: 135-136.
6. Udy A, Senthuran S, Lipman J. (2009) Airway obstruction due to a pre-vertebral haematoma following difficult central line insertion – implications for ultrasound guidance and review of the literature. *Anaesth Intensive Care*, 37: 309-313.
7. Shrikhande GV, Khan SZ, Meltzer AJ, Gallagher K, Morrissey NJ. (2011) Endovascular management of type B aortic dissection after attempted central venous catheterization. *Ann Vasc Surg*, 25: 979.e13-15.

8. Haaverstad R, Latto PN, Vitale N. (2007) Right subclavian catheter perforation of the aorta due to an incorrect external landmark-guided insertion technique. *CJEM*, 9: 43-45.
9. Troianos CA, Hartman GS, Glas KE, Skubas NJ, Eberhardt RT, Walker JD, Reeves ST; Councils on Intraoperative Echocardiography and Vascular Ultrasound of the American Society of Echocardiography; Society of Cardiovascular Anesthesiologists. (2012) Special articles: guidelines for performing ultrasound guided vascular cannulation: recommendations of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *Anesth Analg*, 114: 46-72.
10. Celinko SA, Seneff MG. Central venous catheters. In: Irwin RS, Rippe JM (szerk), Irwin and Rippe's Intensive Care Medicine, 6th Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2007: 19-37.
11. Byth PL. (1985) Evaluation of the technique of central venous catheterisation via the external jugular vein using the J-wire. *Anaesth Intensive Care*, 13: 131-133.
12. Maecken T, Grau T. (2007) Ultrasound imaging in vascular access. *Crit Care Med*, 35 (Suppl 5): S178-185.
13. Eisen LA, Narasimhan M, Berger JS, Mayo PH, Rosen MJ, Schneider RF. (2006) Mechanical complications of central venous catheters. *J Intensive Care Med*, 21: 40-46.
14. Shiver S, Blaivas M, Lyon M. (2006) A Prospective comparison of ultrasound-guided and blindly placed radial arterial catheters. *Acad Emerg Med*, 13: 1275-1279.
15. Levin PD, Sheinin O, Gozal Y. (2003) Use of ultrasound guidance in the insertion of radial artery catheters. *Crit Care Med*, 31: 481-484.
16. Schwemmer U, Arzet HA, Trautner H, Rauch S, Roewer N, Greim CA. Ultrasound-guided arterial cannulation in infants improves success rate. (2006) *Eur J Anaesthesiol*, 23: 476-480.

17. Ganesh A, Kaye R, Cahill AM, Stern W, Pachikara R, Gallagher PR, Watcha M. (2009) Evaluation of ultrasound-guided radial artery cannulation in children. *Pediatr Crit Care Med*, 10: 45-48.
18. Scheer BV, Perel A, Pfeiffer UJ. (2002) Clinical review: Complications and risk factors of peripheral arterial catheters used for haemodynamic monitoring in anaesthesia and intensive care medicine. *Critical Care*, 6: 198-204.
19. Celinki SA, Seneff MG. Arterial line placement and care. In: Irwin RS, Rippe JM (szerk), *Irwin and Rippe's Intensive Care Medicine*, 6th Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2007: 38-47.
20. Brzezinski M, Luisetti T, London MJ. (2009) Radial artery cannulation: a comprehensive review of recent anatomic and physiologic investigations. *Anesth Analg*, 109: 1763-1781.
21. Costantino TG, Kirtz JF, Satz WA. (2010) Ultrasound-guided peripheral venous access vs. the external jugular vein as the initial approach to the patient with difficult vascular access. *J Emerg Med*, 39: 462-467.
22. Troianos CA, Kuwik RJ, Pasqual JR, Lim AJ, Odasso DP. (1996) Internal jugular vein and carotid artery anatomic relation as determined by ultrasonography. *Anesthesiology*, 85: 43-48.
23. Nagabhushan S, Colella JJ Jr, Wagner R. (1976) Use of Doppler ultrasound in performing percutaneous cannulation of the radial artery. *Crit Care Med*, 4: 327.
24. Ullman JI, Stoelting RK. (1978) Internal jugular vein location with the ultrasound Doppler blood flow detector. *Anesth Analg*, 57: 118.

25. Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, Blaivas M, Augoustides JG, Elbarbary M, Pirotte T, Karakitsos D, Ledonne J, Doniger S, Scoppettuolo G, Feller-Kopman D, Schummer W, Biffi R, Desruennes E, Melniker LA, Verghese ST. (2012) International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access. *Intensive Care Med*, 38: 1105-1117.
26. Legler D, Nugent M. (1984) Doppler localization of the internal jugular vein facilitates central venous cannulation. *Anesthesiology*, 60: 481-482.
27. Mansfield PF, Hohn DC, Fornage BD, Gregurich MA, Ota DM. (1994) Complications and failures of subclavian-vein catheterization. *N Engl J Med*, 331: 1735-1738.
28. Tada T, Amagasa S, Horikawa H. (2003) Absence of efficacy of ultrasonic two-way Doppler flow detector in routine percutaneous arterial cannulation. *J Anesth*, 17: 206–207.
29. Morray JP, Brandford HG, Barnes LF, Oh SM, Furman EB. (1984) Doppler-assisted radial artery cannulation in infants and children. *Anesth Analg*, 63: 346-348.
30. Fukutome T, Tanigawa K, Fukunaga AF. (1987) Subclavian venipuncture: a new device using a Doppler probe. *Anesth Analg*, 66: 1338-1339.
31. Gratz I, Afshar M, Kidwell P, Weiman DS, Shariff HM. (1994) Doppler-guided cannulation of the internal jugular vein: a prospective, randomized trial. *J Clin Monit*, 10: 185-188.
32. Gilbert TB, Seneff MG, Becker RB. (1995) Facilitation of internal jugular venous cannulation using an audio-guided Doppler ultrasound vascular access device: results from a prospective, dual-center, randomized, crossover clinical study. *Crit Care Med*, 23: 60-65.

33. Branger B, Dauzat M, Zabadani B, Vécina F, Lefranc JY. Pulsed Doppler sonography for the guidance of vein puncture: a prospective study. (1995) *Artif Organs*, 19: 933-938.
34. Lefranc JY, Cuvillon P, Benezet JF, Dauzat M, Peray P, Saissi G, de La Coussaye JE, Eledjam JJ. (1998) Pulsed Doppler ultrasonography guidance for catheterization of the subclavian vein: a randomized study. *Anesthesiology*, 88: 1195-1201.
35. Vucevic M, Tehan B, Gamlin F, Berridge JC, Boylan M. (1994) The SMART needle. A new Doppler ultrasound-guided vascular access needle. *Anaesthesia*, 49: 889-891.
36. Bold RJ, Winchester DJ, Madary AR, Gregurich MA, Mansfield PF. (1998) Prospective, randomized trial of Doppler-assisted subclavian vein catheterization. *Arch Surg*, 133: 1089-1093.
37. National Institute for Clinical Excellence. Guidance on the use of ultrasound locating devices for placing central venous catheters. Technology Appraisal Guidance No. 49, September 2002. <http://www.nice.org.uk/nicemedia/live/11474/32461/32461.pdf> (Accessed 18 April 2012)
38. Yonei A, Nonoue T, Sari A. (1986) Real-time ultrasonic guidance for percutaneous puncture of the internal jugular vein. *Anesthesiology*, 64: 830-831.
39. Bond DM, Champion LK, Nolan R. (1989) Real-time ultrasound imaging aids jugular venipuncture. *Anesth Analg*, 68: 700-701.
40. Denys BG, Uretsky BF, Reddy PS, Ruffner RJ, Sandhu JS, Breishlatt WM. (1991) An ultrasound method for safe and rapid central venous access. *N Engl J Med*, 324: 566.

41. Mallory DL, McGee WT, Shawker TH, Brenner M, Bailey KR, Evans RG, Parker MM, Farmer JC, Parillo JE. (1990) Ultrasound guidance improves the success rate of internal jugular vein cannulation. A prospective, randomized trial. *Chest*, 98: 157-160.
42. Troianos CA, Jobes DR, Ellison N. (1991) Ultrasound-guided cannulation of the internal jugular vein. A prospective, randomized study. *Anesth Analg*, 72: 823-826.
43. Soyer P, Lacheheb D, Levesque M. (1993) High-resolution sonographic guidance for transjugular liver biopsy. *Abdom Imaging*, 18: 360-362.
44. Gualtieri E, Deppe SA, Sipperly ME, Thompson DR. (1995) Subclavian venous catheterization: greater success rate for less experienced operators using ultrasound guidance. *Crit Care Med*, 23: 692-697.
45. Hilty WM, Hudson PA, Levitt MA, Hall JB. (1997) Real-time ultrasound-guided femoral vein catheterization during cardiopulmonary resuscitation. *Ann Emerg Med*, 29: 331-336.
46. Slama M, Novara A, Safavian A, Ossart M, Safar M, Fagon JY. (1997) Improvement of internal jugular vein cannulation using an ultrasound-guided technique. *Intensive Care Med*, 23: 916-919.
47. Teichgräber UK, Benter T, Gebel M, Manns MP. (1997) A sonographically guided technique for central venous access. *Am J Roentgenol*, 169: 731-733.
48. Verghese ST, McGill WA, Patel RI, Sell JE, Midgley FM, Ruttimann UE. (1999) Ultrasound-guided internal jugular venous cannulation in infants: a prospective comparison with the traditional palpation method. *Anesthesiology*, 91: 71-77.
49. Randolph AG, Cook DJ, Gonzales CA, Pribble CG. (1996) Ultrasound guidance for placement of central venous catheters: a meta-analysis of the literature. *Crit Care Med*, 24: 2053-2058.

50. Nadig C, Leidig M, Schmiedeke T, Höffken B. (1998) The use of ultrasound for the placement of dialysis catheters. *Nephrol Dial Transplant* 13: 978-981.

51. Rothschild JM. Ultrasound guidance of central vein catheterization. In: Making healthcare safer: a critical analysis of patient safety practices. AHRQ Evidence report / Technology assessment No. 43, July 2001. <http://www.ahrq.gov/clinic/ptsafety/pdf/chap21.pdf> (Accessed 18 April 2012)

51. Milling TJ, Rose J, Briggs WM, Birkhahn R, Gaeta TJ, Bove JJ, Melniker LA. (2005) Randomized, controlled clinical trial of point-of-care limited ultrasonography assistance of central venous cannulation: The Third Sonography Outcomes Assessment Program (SOAP-3) Trial. *Crit Care Med*, 33: 1764 –1769.

52. Sulek CA, Blas ML, Lobato EB. (2000) A randomized study of left versus right internal jugular vein cannulation in adults. *J Clin Anesth*, 12: 142-145.

53. Verghese ST, McGill WA, Patel RI, Sell JE, Midgley FM, Ruttimann UE. (2000) Comparison of three techniques for internal jugular vein cannulation in infants. *Paediatr Anaesth*, 10: 505-511.

54. Bansal R, Agarwal SK, Tiwari SC, Dash SC. (2005) A prospective randomized study to compare ultrasound-guided double lumen internal jugular catheter insertion as a temporary hemodialysis access. *Ren Fail*, 27: 561-564.

55. Karakitsos D, Labropoulos N, De Groot E, Patrianakos AP, Kouraklis G, Poularas J, Samonis G, Tsoutsos DA, Konstadoulakis MM, Karabinis A. (2006) Real-time ultrasound-guided catheterisation of the internal jugular vein: a prospective comparison with the landmark technique in critical care patients. *Crit Care*, 10: R162

56. Leung J, Duffy M, Finckh A. (2006) Real-time ultrasonographically-guided internal jugular vein catheterization in the emergency department increases success rates and reduces complications: a randomized, prospective study. *Ann Emerg Med*, 48: 540-547.
57. Hosokawa K, Shime N, Kato Y, Hashimoto S. (2007) A randomized trial of ultrasound image-based skin surface marking versus real-time ultrasound guided internal jugular vein catheterization in infants. *Anesthesiology*, 107: 720–724
58. Koroglu M, Demir M, Koroglu BK, Sezer MT, Akhan O, Yildiz H, Yavuz L, Baykal B, Oyar O. (2006) Percutaneous placement of central venous catheters: comparing the anatomical landmark technique for central venous catheterization through the internal jugular vein in emergent hemodialysis patients. *Acta Radiol*, 47: 43-47.
59. Bruzoni M, Slater BJ, Wall J, St Peter SD, Dutta S. (2013) A prospective randomized trial of ultrasound-vs landmark-guided central venous access in the pediatric population. *J Am Coll Surg*, 216: 939-943.
60. Prabhu MV, Juneja D, Gopal PB, Sathyanarayanan M, Subhramanyam S, Gandhe S, Nayak KS. (2010) Ultrasound-guided femoral dialysis access placement: A single-center randomized trial. *Clin J Am Soc Nephrol*, 5: 235–239.
61. Iwashima S, Ishikawa T, Ohzeki T. (2008) Ultrasound-guided versus landmark-guided femoral vein access in pediatric cardiac catheterization. *Pediatr Cardiol* 29: 339-342.
62. Aouad MT, Kanazi GE, Abdallah FW, Moukaddem FH, Turbay MJ, Obeid MY, Siddik-Sayyid SM. (2010) Femoral vein cannulation performed by residents: a comparison between ultrasound-guided and landmark technique in infants and children undergoing cardiac surgery. *Anesth Analg*, 111: 724-728.



63. Gratrix AP, Atkinson JD, Bodenham AR. (2009) Cannulation of the impalpable section of radial artery: preliminary clinical and ultrasound observations. *Eur J Anaesthesiol*, 26: 887-889.
64. Shiloh AL, Savel RH, Paulin LM, Eisen LA. (2011) Ultrasound-guided catheterization of the radial artery: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Chest*, 139: 524-529.
65. Costantino TG, Parikh AK, Satz WA, Fojtik JP. (2005) Ultrasonography-guided peripheral intravenous access versus traditional approaches in patients with difficult intravenous access. *Ann Emerg Med*, 46: 456-461.
66. Doniger SJ, Ishimine P, Fox JC, Kanegaye JT. (2009) Randomized controlled trial of ultrasound-guided peripheral intravenous catheter placement versus traditional techniques in difficult-access pediatric patients. *Pediatr Emerg Care*, 25: 154-159.
67. Stein J, George B, River G, Hebig A, McDermott D. (2009) Ultrasonographically guided peripheral intravenous cannulation in emergency department patients with difficult intravenous access: a randomized trial. *Ann Emerg Med*, 54: 33-40.
68. Benkhadra M, Collignon M, Fournel I, Ouevrard C, Rollin P, Perrin M, Volot F, Girard C. (2012) Ultrasound guidance allows faster peripheral IV cannulation in children under 3 years of age with difficult venous access: a prospective randomized study. *Paediatr Anaesth*, 22: 449-454.
69. Samoya SW. (2010) Real-time ultrasound-guided peripheral vascular access in pediatric patients. *Anesth Analg*, 111: 823-825.
70. Triffterer L, Marhofer P, Willschke H, Machata AM, Reichel G, Benkoe T, Kettner SC. (2012) Ultrasound-guided cannulation of the great saphenous vein at the ankle in infants. *Br J Anaesth*, 108: 290-294.

71. Cavanna L, Civardi G, Vallisa D, Di Nunzio C, Cappucciati L, Bertè R, Cordani MR, Lazzaro A, Cremona G, Biasini C, Muroli M, Mordenti P, Gorgni S, Zaffignani E, Ambroggi M, Bidin L, Palladino MA, Rodinò C, Tibaldi L. (2010) Ultrasound-guided central venous catheterization in cancer patients improves the success rate of cannulation and reduces mechanical complications: A prospective observational study of 1,978 consecutive catheterizations. *World J Surg Onc*, 8: 91.
72. Tercan F, Ozkan U, Oguzkurt L. (2008) US-guided placement of central vein catheters in patients with disorders of hemostasis. *Eur J Radiol*, 65: 253-256.
73. Vigna PD, Monfardini L, Bonomo G, Curigliano G, Agazzi A, Bellomi M, Orsi F. (2009) Coagulation disorders in patients with cancer: nontunneled central venous catheter placement with US guidance – A single-institution retrospective analysis. *Radiology*, 253: 249-252.
74. Blaivas M, Adhikari S. (2009) An unseen danger: frequency of posterior vessel wall penetration by needles during attempts to place internal jugular vein central catheters using ultrasound guidance. *Crit Care Med*, 37: 2345-2349.
75. Chinnock B, Thornton S, Hendey GW. (2007) Predictors of success in nurse-performed ultrasound-guided cannulation. *J Emerg Med*, 33: 401-405.
76. Panebianco NL, Fredette JM, Szyld D, Sagalyn EB, Pines JM, Dean AJ. (2009) What you see (sonographically) is what you get: vein and patient characteristics associated with successful ultrasound-guided peripheral intravenous placement in patients with difficult access. *Acad Emerg Med*, 16: 1298-1303.
77. Witting MD, Schenkel SM, Lawner BJ, Euerle BD. (2010) Effects of vein width and depth on ultrasound-guided peripheral intravenous success rates. *J Emerg Med*, 39: 70-75.

78. Reusz G, Jakab L, Langer Cs, Varga R, Kovács Sz, Sárkány P. (2011) Műtermékek az ultrahangos képalkotásban. *Aneszt Int Terápia*, 41: 175-181.
79. Reusz G, Sarkany P, Gal J, Csomos A. (2014) Needle-related ultrasound artifacts and their importance in anaesthetic practice. *Brit J Anaesth*, 112: 794-802.
80. Echo reflection and scattering. Available from <http://www.usra.ca/echoreflexion.php> (Accessed 10 Sept 2014)
81. US data for solids. Available from [http://traktorja.org/files/sonar/passive\\_materials/acoustic\\_impedance\\_of\\_some\\_solids.htm](http://traktorja.org/files/sonar/passive_materials/acoustic_impedance_of_some_solids.htm) (Accessed 10 Sept 2014)
82. Brzezinski M, Luisetti T, London MJ. (2009) Radial artery cannulation: a comprehensive review of recent anatomic and physiologic investigations. *Anesth Analg*, 109: 1763-1781.
83. Souzdanitski D, Lerman I, Halaszynski TM. How to improve needle visibility. In: Narouse SN (szerk.): *Atlas of ultrasound-guided procedures in interventional pain management*. Springer Science+Business Media, LLC, New York, USA, 2011: 35-75.
84. Reusz G, Langer Cs, Jakab L, Morvay Z. (2012) Ultrasound-guided vascular access: the importance of the needle bevel. *Can J Anesth*, 59: 499-500.
85. Sites BD, Brull R, Chan VW, Spence BC, Gallagher J, Beach ML, Sites VR, Abbas S, Hartman GS. (2007) Artifacts and pitfall errors associated with ultrasound-guided regional anesthesia. Part II: A pictorial approach to understanding and avoidance. *Reg Anesth Pain Med*, 32: 419-433.
86. Koyyalamudi VB, Laduzenski S, Boezaart AP, Deitte L. (2010) Illusory intravascular needle placement: an unusual ultrasound artifact. *Reg Anesth Pain Med*, 35: 319-320.

87. Fornage BD. (1995) Sonographically guided core-needle biopsy of breast masses: the “bayonet artifact.” *Am J Roentgenol*, 164: 1022-1023.
88. Gray AT, Schafhalter-Zoppoth I. “Bayonet artifact” during ultrasound-guided transarterial axillary block. (2005) *Anesthesiology*, 102: 1291-1292.
89. Ziskin, MC, Thickman DI, Goldenberg NJ, Lapayowker MS, Becker JM. (1982) The comet tail artifact. *J Ultrasound Med*, 1: 1–7.
90. Reusz G, Csomós Á. (2013) Ultrahangvezérelt perifériás vénabiztosítás. *Orv Hetil*, 154: 187-190.
91. Mahler SA, Wang H, Lester C, Skinner J, Arnold TC, Conrad SA. (2011) Short- vs long-axis approach to ultrasound-guided peripheral intravenous access: a prospective randomized randomized study. *Am J Emerg Med*, 29: 1194-1197.
92. Stone MB, Moon C, Sutijono D, Blaivas M. (2010) Needle tip visualization during ultrasound-guided vascular access: short-axis vs long-axis approach. *Am J Emerg Med*, 28: 343-347.
93. Rose JS, Norbutas CM. (2008) A randomized controlled trial comparing one-operator versus two-operator technique in ultrasound-guided basilic vein cannulation. *J Emerg Med*, 35: 431-435.
94. Resnick JR, Cydulka RK, Donato J, Jones RA, Werner SL. (2008) Success of ultrasound-guided peripheral intravenous access with skin marking. *Acad Emerg Med*, 15: 723-730.
95. Elia F, Ferrari G, Molino P, Converso M, De Filippi G, Milan A, Aprà F. (2012) Standard-length catheters vs long catheters in ultrasound-guided peripheral vein cannulation. *Am J Emerg Med*, 30: 712-716

96. Berk D, Gurkan Y, Kus A, Ulugol H, Solak M, Toker K. (2013) Ultrasound-guided radial arterial cannulation: long axis/in-plane versus short axis/out-of-plane approaches? *J Clin Monit Comput*, 27: 319-324.
97. Ueda K, Puangsuwan S, Hove MA, Bayman EO. (2013) Ultrasound visual image-guided vs Doppler auditory-assisted radial artery cannulation in infants and small children by non-expert anaesthesiologists: a randomized prospective study. *Br J Anaesth*, 110: 281-286.
98. Ishii S, Shime N, Shibasaki M, Sawa T. (2013) Ultrasound-guided radial artery catheterization in infants and small children. *Pediatr Crit Care Med*, 14: 471-473.
99. Nelson D, Jeanmonod R, Jeanmonod D. (2014) Randomized trial of tourniquet vs blood pressure cuff for target vein dilation in ultrasound-guided peripheral intravenous access. *Am J Emerg Med*, 32: 761-764.
100. Gu WJ, Tie HT, Liu JC, Zeng XT. (2014) Efficacy of ultrasound-guided radial artery catheterization: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit Care*, 18: R93.
101. Langer Cs, Reusz G, Varga R, Kovács Sz, Egervári G, Sárkány P. (2011) Ultrahang-vezérelt atípusos vénakanülálások trombotizált vénákkal rendelkező hemodializált beteg intenzív kezelése során. *Aneszt Int Terápia*, 41: 182-186.

## 10. SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

Az értekezést megalapozó közlemények jegyzéke:

1. **Reusz G**, Jakab L, Langer Cs, Varga R, Kovács Sz, Sárkány P. (2011) Műtermékek az ultrahangos képalkotásban. Aneszt Int Terápia, 41: 175-181.

2. Langer Cs, **Reusz G**, Varga R, Kovács Sz, Egervári G, Sárkány P. (2011) Ultrahang-vezérelt atípusos vénakanülálások trombotizált vénákkal rendelkező hemodializált beteg intenzíves kezelése során Aneszt Int Terápia, 41: 182-186.

3. **Reusz G**, Langer C, Jakab L, Morvay Z. (2012) Ultrasound-guided vascular access: the importance of the needle bevel. Can J Anesth, 59: 499-500.

Impakt faktor: 2,127

4. **Reusz G**, Csomós Á. (2013) Ultrahangvezérelt perifériás vénabiztosítás. Orv Hetil, 154: 187-190.

5. **Reusz G**, Langer Cs, Müller M, Kovács Sz, Varga R, Sárkány P, Csomós Á. (2013) Az első 1000 ultrahang-vezérelt beavatkozás tapasztalatai osztályunkon. Aneszt Int Terápia, 43: 66-71.

6. **Reusz G**, Sarkany P, Gal J, Csomos A. (2014) Needle-related ultrasound artifacts and their importance in anaesthetic practice. Brit J Anaesth, 112: 794-802.

Impakt faktor: 4,237

**Impakt faktor összesen: 6,364**

Egyéb közlemények jegyzéke:

7. **Reusz G**, Lámer Z, Székely I, Bodnár J, Vincze K, Ökrös I. (2007) Korai percutan tracheostomia sebészeti intenzív osztályon. *Aneszt Int Terápia*, 36: 16-22.
8. Erdős G, **Reusz G**. (2008) Nehézségek Cook tubuscserélő katéter használata során *Aneszt Int Terápia*, 38: 90-93.
9. **Reusz G**, Ökrös I. (2010) Vesepótló kezelések hatékonysága akut veseelégtelenségben. *Aneszt Int Terápia*, 40: 39-47.
10. Horváth A, **Reusz G**, Gál J, Csomós Á. (2012) A betegbiztonság javításának lehetőségei nagy sebészeti műtétek perioperatív szakában. *Orv Hetil*, 153: 1447–1455.

## 11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton fejezem ki köszönetemet mindazoknak, akik mellettem kitartva segítségükkel, bátorításukkal, támogatásukkal elősegítették a munkámat.

Köszönöm témavezetőmnek, Dr. Csomós Ákos egyetemi docensnek, hogy elvállalta felkészítésemet a Ph.D. védésre, rengeteg időt és energiát fektetett a Ph.D. munka gondozásába, és hasznos tanácsaival, ötleteivel alapvetően hozzájárult az elért eredményekhez.

Köszönöm munkahelyi vezetőimnek, Dr. Sárkány Péter és Dr. Müller Mária osztályvezető főorvosoknak a támogatást és azt, hogy biztosították számomra a klinikai vizsgálatok hátterét, illetve azt a szabadságot, ami a kutatás eredményes lebonyolításához szükséges volt.

Köszönöm munkatársaim támogatását, közülük is kiemelve Dr. Hevessy Tibor, Dr. Jakab Lajos, Dr. Kovács Szilvia, Dr. Langer Csilla, Dr. Müller Mária, Dr. Varga Rita kollégáimat, akik aktívan részt vettek a vizsgálatokban. Nélkülük a munkám nem készülhetett volna el. Különösen hálás vagyok Dr. Langer Csilla főorvosnőnek, aki a kezdetektől bátorított, és akitől rengeteg segítséget kaptam.

Hálás vagyok a North Devon District Hospital orvosainak, akik az ultrahangos technika alapjait önzetlenül megtanították nekem.

Továbbá köszönöm barátaimnak, és különösen családomnak, hogy végig mellettem álltak és szeretettel támogattak a munka éveim alatt.



## 12. FÜGGELÉK

A függelék tartalmazza az *Ultrahang-vezérelt artéria radialis kanülálás – egy új kanülálási technika obszervációs vizsgálata* című vizsgálatunkhoz használt vizsgálati adatlapot.



Siker : I / N    Kísérletek száma:    Art. punkciók száma:    Felh. kanülök száma:

Kanülálási idő:                    sec

Hematóma: I / N    Egyéb szövődmények:

*Ha első kísérlet nem csuklónál történt, ennek oka:*

*Sikertelenség esetén:* kanül behelyezési kísérlet történt-e más helyen / módon: I / N

Siker: I / N    Kanül helye:                    Technika: UH-os / vakon