



available at www.sciencedirect.com



journal homepage: www.elsevier.com/locate/jus



Introduzione nella pratica clinica del cateterismo venoso centrale ecoguidato: una guida per realizzare un percorso di apprendimento con economici modelli artigianali

Introducing ultrasound-guided vein catheterization into clinical practice: A step-by-step guide for organizing a hands-on training program with inexpensive handmade models

S. Di Domenico *, M. Licausi, E. Porcile, F. Piaggio, B. Troilo, M. Centanaro, U. Valente

Dipartimento di Chirurgia Generale e Trapianti d'Organo, Ospedale Universitario San Martino, Genova, Italia

*Indirizzo per corrispondenza. Dipartimento di Chirurgia Generale e Trapianti d'Organo, Ospedale Universitario San Martino, Largo Rosanna Benzi 10, 16132 Genova, Italia

Tel: +39 010 555 3108

E-mail: didomenico.stefano@gmail.com.

Sommario *Introduzione:* Il cateterismo venoso centrale (CVC) riveste un ruolo fondamentale nella gestione del paziente ospedalizzato. La tecnica eco-guidata è la metodica che assicura una più elevata percentuale di successo e permette un più sicuro e rapido posizionamento di CVC rispetto alla tecnica tradizionale. Tuttavia la diffusione di tale metodica è ostacolata dall'assenza di uno specifico training durante i corsi di specializzazione in anestesia e chirurgia.

Al fine di introdurre la tecnica eco-guidata, abbiamo organizzato un training producendo ed utilizzando modelli in agar.

Metodi: Sono stati costruiti tre differenti modelli utilizzando contenitori per alimenti, segmenti di laccio emostatico e di tubo in silicone, e gelatina a base di agar.

Uso del cateterismo venoso centrale nella pratica clinica

Risultati: Un training specifico per la puntura ecoguidata è stato effettuato utilizzando i modelli prodotti. Il training ha consentito una rapida acquisizione delle basi tecniche per effettuare il posizionamento di CVC ecoguidato. Il costo medio di ogni modello è risultato inferiore a 5 euro.

Discussione: I modelli prodotti in agar si sono rivelati un utile strumento per acquisire la coordinazione di base necessaria per la puntura ecoguidata. Il loro basso costo ne può permettere una ampia diffusione e può incentivare la realizzazione di nuovi percorsi educativi al fine di introdurre tale tecnica nella pratica clinica.

Parole chiave: Cateterismo venoso centrale; Ecografia; Modelli artigianali; Corsi

Abstract *Introduction:* Central vein catheterization (CVC) plays a central role in hospital patient management. Compared with the use of traditional anatomical landmarks, ultrasound-guidance is associated with higher CVC success rates, fewer complications, and more rapid central venous access. The use of US-guided CVC in clinical practice has not become widespread, largely because anesthesiology and general surgery residents receive limited training in this technique. To increase the use of US-guided CVC in our surgical department, we organized a hands-on training program based on the use of handmade models.

Methods: Three different models were constructed using plastic food-storage containers, segments of rubber tourniquet and silastic tubing (to simulate vessels), and agar gelatin.

Results: The hands-on training course allowed progressive acquisition of the basic hand-eye coordination skills necessary for performing US-guided venipuncture. The overall cost for each model was less than €5.00.

Discussion: The models described in this report are useful tools for teaching US-guided CVC. Thanks to their low cost, they can be widely used to facilitate the introduction of this technique in clinical practice.

Key words: Central vein catheterization; Ultrasound; In-house Models; Training

Introduzione

Il cateterismo venoso centrale gioca un ruolo importante nella gestione del paziente in svariate condizioni cliniche: è largamente usato per il monitoraggio emodinamico e per la somministrazione centrale di fluidi e farmaci. La guida per il CVC è tradizionalmente basata su reperti esterni anatomici, ma questo approccio è associato a complicanze che vanno dal 5% al 10% [1-3] e possono raggiungere il 40% se l'operatore è inesperto [4]. Oltre all'esperienza del medico e alle caratteristiche del paziente, un altro fattore determinante il successo e il tasso di complicanze è rappresentato dalla tecnica di cateterizzazione. In casi difficili sono frequentemente necessarie diverse punture per localizzare il vaso e ciò determina un incremento delle complicanze, quali puntura di un'arteria, ematoma, pneumotorace, emotorace, tamponamento cardiaco, danni ai nervi periferici e morte [5,6].

La guida degli ultrasuoni offre chiari benefici rispetto al metodo dei reperti anatomici. Il medico riesce a vedere i vasi, a valutarne la pervietà e a pungerli grazie ad una visione diretta di essi. Il risultato è in prima battuta un più alto tasso di successo, basse percentuali di

fallimento tecnico, poche complicanze e un accesso più veloce [7,8]. Il continuo miglioramento degli ecografi portatili di costo accessibile ha messo gli ultrasuoni nelle mani di atri specialisti oltre che dei radiologi.

Il cateterismo venoso centrale ecoguidato nella pratica clinica non si è diffuso molto soprattutto a causa dall'assenza di uno specifico training durante i corsi di specializzazione in anestesia e chirurgia. Al fine di introdurre la tecnica ecoguidata nel nostro reparto, abbiamo organizzato un training producendo ed utilizzando modelli a basso costo.

Materiali e metodi

Materiali di base

Abbiamo ideato tre modelli che possono essere usati per il training dei medici sul cateterismo venoso ecoguidato. Per la simulazione di vasi di grandi dimensioni si è fatto uso di segmenti di laccio emostatico con diametro esterno di 9 mm e lume interno di 7 mm. Segmenti di tubo in silicone (diametro esterno 6 mm e lume 2.5 mm) sono stati utilizzati per simulare i vasi di piccolo calibro (Fig. 1). La gelatina è stata preparata con 100 grammi di agar standard disciolto in 4 litri di acqua. La soluzione è stata portata lentamente al punto di ebollizione, agitata per 1 minuto e trasferita nei contenitori.

Modello A

Il modello A è stato ideato per rappresentare due paia di vasi di diverso diametro sotto una superficie piatta (Fig. 2a). Consta di un contenitore rettangolare di plastica (1 litro), due segmenti di laccio emostatico, due segmenti di tubo in silicone, due comuni cartoncini, 8 spilli e nastro adesivo trasparente in plastica (Fig. 2b). Quattro spille sono state infilate in ognuno dei due cartoncini, ad uguale distanza l'una dall'altra (Fig. 2c) e i segmenti di tubo usati per la simulazione sono stati attaccati agli spilli (Fig. 2d). I vasi in sospensione sono stati posizionati nel contenitore di plastica e i cartoncini fissati con il nastro adesivo. La posizione finale dei "vasi" è stata aggiustata spostando in alto o in basso gli spilli (Fig. 2e). Il contenitore è stato successivamente riempito con gelatina (Fig. 2f) e riposto in frigorifero (4°C) per tutta la notte. Una volta solidificata, i cartoncini e gli spilli sono stati rimossi facilmente (Fig. 2g), e il modello dal contenitore in plastica (Fig. 2h).

Modello B

Il modello B è caratterizzato dalla presenza di grossi vasi sotto una superficie curva (Fig. 3a).

Come per la costruzione del modello A, due segmenti di laccio emostatico sono stati sospesi tramite spilli ad un cartoncino (Fig. 3b). ne è stato costruito un secondo identico e i due pannelli sono stati posizionati l'uno contro l'altro in un brocca di plastica di 2 litri (Fig. 3c, 3d). La brocca è stata riempita con una gelatina, posta poi a solidificare in frigorifero (Fig. 3e). Il blocco di gelatina è stato successivamente rimosso dalla brocca e i due cartoncini separati (Fig. 3f) e rimossi insieme agli spilli (Fig. 3g). Si sono ottenute così due identiche copie del modello B (Fig. 3h).

Modello C

La caratteristica distintiva del modello C è un tubo in silicone ripiegato a formare un loop sotto una superficie curva (Fig. 4a). Un tratto di tubo in silicone è stato fissato ad un cartoncino con tre spilli (Fig. 4b). Due pannelli identici di questo tipo sono stati accoppiati l'uno contro l'altro ed inseriti in una brocca di plastica, come per il Modello B (Fig. 4c, 4d). La gelatina è stata poi versata nel contenitore (Fig. 4e). Quando solidificata, le due metà sono state divise e i pannelli di cartone rimossi (Fig. 4f, 4g). Le due estremità del tubo in silicone protrudono al di fuori del modello in gelatina (Fig. 4h).

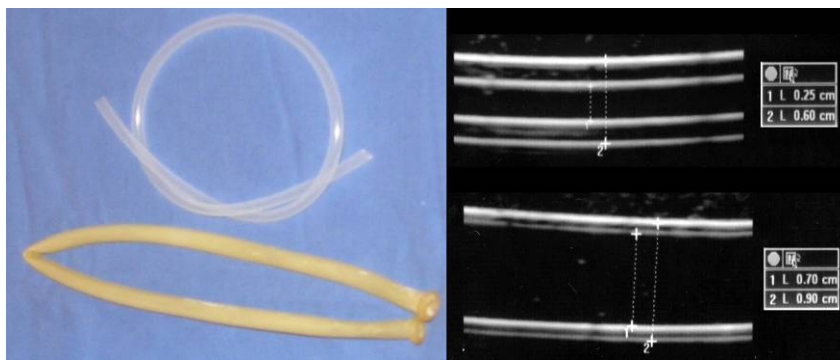


Fig. 1. A sinistra: un tubo in silicone (in alto) e un comune laccio emostatico (in basso) sono stati utilizzati per simulare i vasi. A destra: Aspetto ecografico e misura dei diametri dei vasi di simulazione all'interno dei modelli in agar.

Uso del cateterismo venoso centrale nella pratica clinica

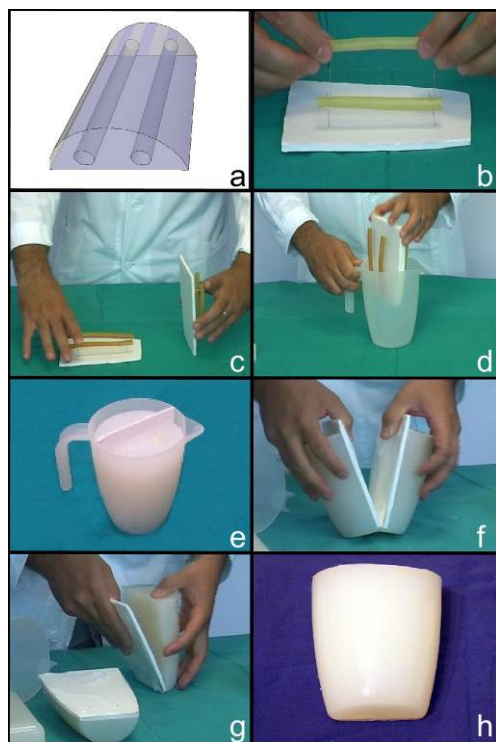
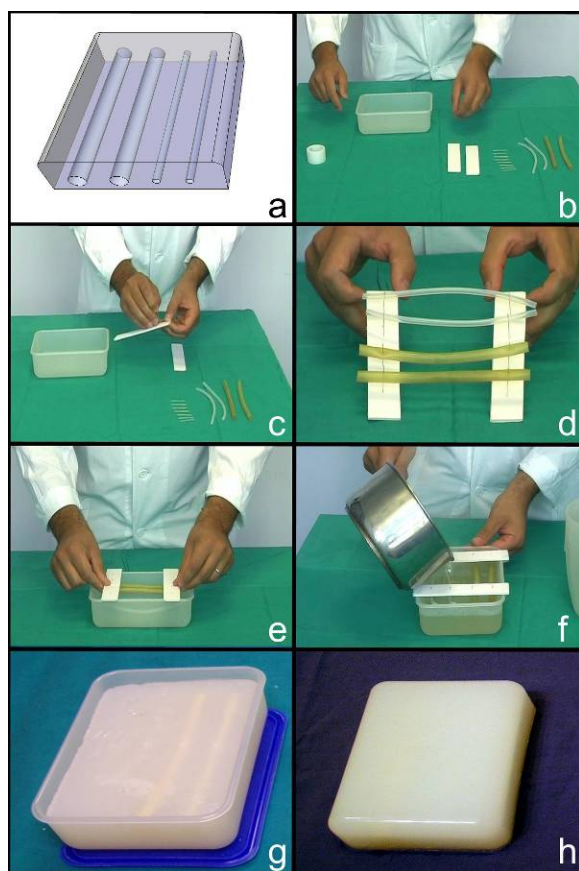


Fig. 2. Creazione del Modello A: rappresentazione schematica del modello (a) e materiali utilizzati per la sua realizzazione (b). Degli spilli sono stati infilati nei cartoncini (c) e usati per la sospensione del laccio emostatico e del tubo in silicone (d). La posizione finale dei "vasi" all'interno del modello è controllata muovendo gli spilli (e). L'agar liquido è successivamente versato nel contenitore (f) e messo a solidificare per una notte in frigorifero (g). Aspetto finale del modello (h).

Fig. 3. Creazione del modello B: rappresentazione schematica del modello (a). Segmenti di laccio emostatico sono tenuti in sospensione tramite spilli su due identici pannelli in cartone (b). I pannelli sono posizionati l'uno contro l'altro ed inseriti in un contenitore di plastica a forma di brocca della capacità di 2 litri (c,d). La brocca è riempita con gelatina liquida e posta in frigorifero (e). La gelatina solidificata è successivamente rimossa dal contenitore e le due metà separate (f). I cartoncini e gli spilli sono rimossi con facilità (g). Si ottengono così due copie del modello B (h).

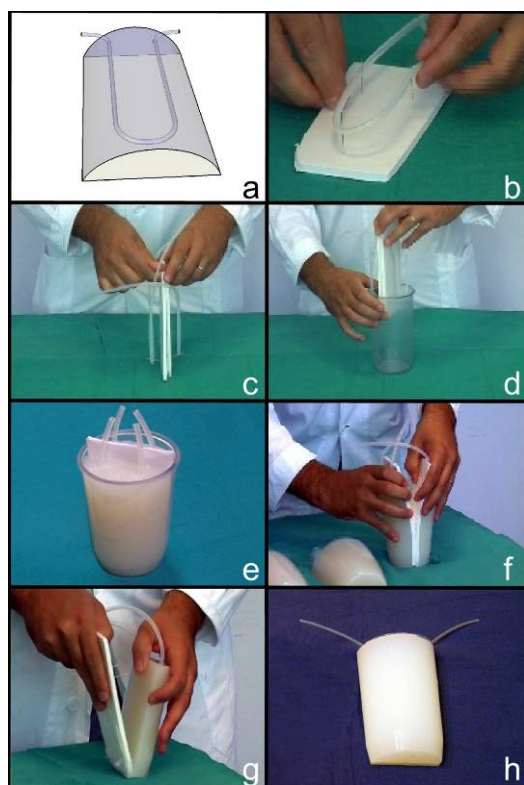


Fig. 4. Creazione del modello B: rappresentazione schematica del modello (a). Tubi in silicone ripiegati a formare dei loop vengono fissati a pannelli in cartone con degli spilli (b) e i due pannelli sono posizionati l'uno contro l'altro in un contenitore di plastica di un litro, come nel modello B (c,d). La gelatina viene versata nel recipiente (e). Le due metà del modello vengono separate e i pannelli rimossi (f,g). Aspetto finale del modello C con le estremità del tubo in silicone protrudenti al di fuori del modello in gelatina (h).

Training

Il training ha inizio con una lezione di 30 minuti sui concetti generali dell'ecografia, sull'interpretazione dell'immagine vasale e sulla tecnica della puntura ecoguidata. Per le sessioni pratiche abbiamo utilizzato un ecografo portatile con un trasduttore lineare (8-10 MHz) (LOGIQTM Book XP, GE Medical System, Milwaukee, Wisconsin, U.S.A.). Per prolungare l'aspettativa di vita dei modelli, abbiamo usato un ago 18 Gauge spinale con uno stiletto centrale che rendeva minima la persistenza della traccia dell'ago all'interno della gelatina dopo ogni puntura.

Al completamento del corso, ogni partecipante è stato supervisionato da parte dei docenti durante la sua prima cateterizzazione venosa ecoguidata su pazienti ospedalizzati nel nostro reparto.

Tutti i pazienti hanno firmato il consenso informato e lo stesso protocollo del corso è stato approvato dal Comitato etico per la ricerca scientifica del nostro istituto.

Risultati

Abbiamo ideato tre diversi modelli in agar con caratteristiche specifiche che ci hanno permesso di organizzare un corso pratico sul cateterismo venoso ecoguidato di complessità crescente.

Il modello A rappresenta una condizione caratterizzata dalla presenza di grandi vasi sotto una superficie piatta. È stato utile per introdurre le basi della puntura venosa ecoguidata. Il corsista ha visualizzato i vasi simulati sia in scansioni assiali che longitudinali, la tecnica di cateterizzazione venosa ecoguidata è stata prima esposta e poi dimostrata. Si è sottolineata l'importanza di seguire la progressione della punta dell'ago durante la procedura (Fig. 5). I

Uso del cateterismo venoso centrale nella pratica clinica

vasi sono stati localizzati su un piano di scansione trasversale. Non appena il vaso è stato individuato al centro del monitor, si introduce l'ago perpendicolarmente alla porzione centrale della sonda con angolo di entrata variabile in rapporto alla superficie del modello. E' stata valutata la posizione della punta dell'ago muovendolo avanti e indietro e il controllo della direzione e della profondità lo si è ottenuto muovendo la sonda nella direzione della progressione dell'ago. Il posizionamento dell'ago è considerato corretto quando la punta è visualizzata chiaramente nel lume dei tubi (Fig. 6).

Non appena i partecipanti hanno acquistato padronanza della tecnica di puntura dei grandi vasi, si è introdotta la tecnica di puntura dei piccoli vasi con il modello A (Fig. 7). Il modello B è stato successivamente usato per insegnare ai corsisti la puntura di un grande vaso sotto una superficie curva. La sessione pratica continua con l'introduzione di tecniche che richiedono sempre maggior abilità. Le particolarità del modello C ci hanno permesso di introdurre un concetto più avanzato: la valutazione del flusso sanguigno. Una boccetta di soluzione fisiologica è stata collegata ad una estremità del loop ed un contenitore vuoto è stato collegato all'estremità opposta del loop.

Il liquido può così fluire attraverso il tubo e può essere visualizzato con modalità color-Doppler (Fig. 8). La posizione corretta dell'ago nel lume potrebbe essere verificata anche dalla visualizzazione del gocciolio del liquido dall'ago dopo la rimozione dello stiletto centrale ed il clampaggio dell'estremità distale del loop (Fig. 9).

Gli esercizi descritti sono stati effettuati da tutti i partecipanti al corso pratico. Il tasso di successo delle prime punture è cresciuto costantemente con l'acquisizione da parte dei partecipanti delle tecniche via via più avanzate (Fig. 10). Sono stati prodotti cinque modelli. Tra una sessione e l'altra sono stati conservati a 4°C e utilizzati più volte da 20 corsisti per tre settimane consecutive senza alcun danno irreversibile. Il costo totale per tutti i modelli è stato approssimativamente di €24.00 (€20.00 per l'agar, €4.00 per i materiali riutilizzabili).

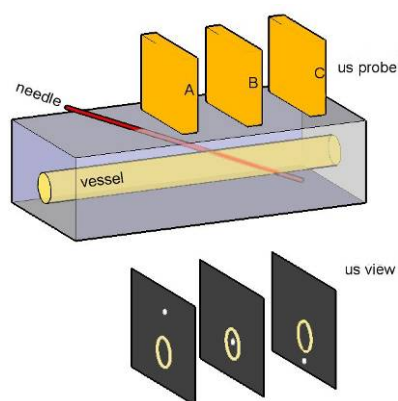


Fig. 5. Si dimostrano I concetti di base del posizionamento dell'ago.

Schema in alto: la progressione dell'ago lungo il modello è mostrato in tre diverse posizioni (a,b e c) in relazione al vaso. Schema in basso: Scansioni ecografiche trasverse dell'ago (spot bianco) e del vaso (cerchio grigio). Per determinare la posizione della punta dell'ago, l'operatore muove il trasduttore consensualmente alla progressione dell'ago dal punto A al punto B. se la sonda rimane nel punto A, mentre l'ago avanza verso B o C, la scansione ecografica non mostrerà la posizione della punta dell'ago.

Uso del cateterismo venoso centrale nella pratica clinica

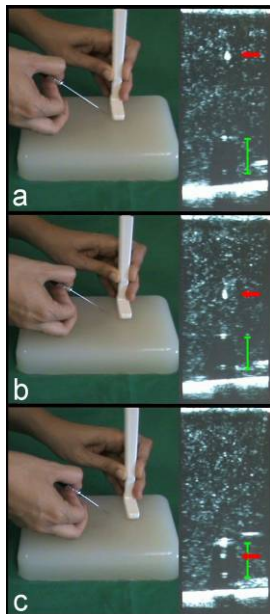


Fig. 6. Dimostrazione della puntura venosa ecoguidata. Le immagini sulla sinistra ci forniscono una visione esterna; quelle sulla destra sono immagini ecografiche della punta dell'ago (freccia rossa) e del vaso (barretta verde). Il vaso è centrato sul monitor e l'ago viene introdotto perpendicolarmente alla porzione centrale del trasduttore (a). La punta dell'ago appare come uno spot bianco nell'immagine ecografica. L'ago viene fatto progredire (b) fino a quando non raggiunge il lume del vaso (c). Il trasduttore si muove nella stessa direzione dell'ago.



Fig. 7. Una anestesista fa pratica sul modello A. Alla sua destra si vede il modello C connesso alla soluzione fisiologica.

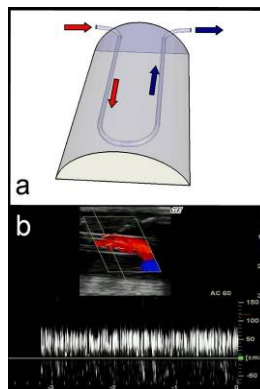


Fig. 8. Il flusso di soluzione fisiologica attraverso il loop del tubo del modello C simula un flusso sanguigno bidirezionale (a) che può essere visualizzato al color-Doppler (b).

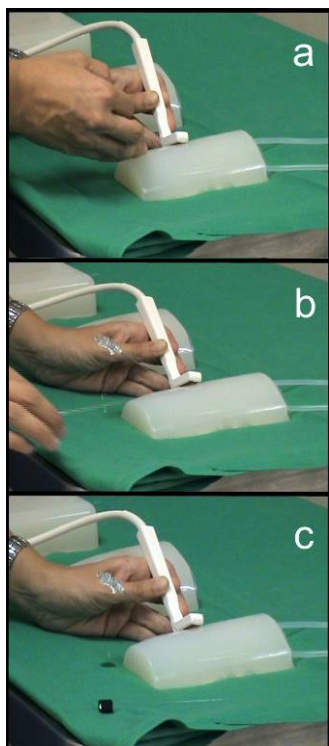


Fig. 9. Durante la puntura del vaso nel modello C (a) la corretta posizione dell'ago nel lume può essere verificata rimuovendo lo stiletto (b). Se la punta è nel lume del vaso, il sangue simulato (fisiologica) fuoriesce attraverso l'asse dell'ago (c).

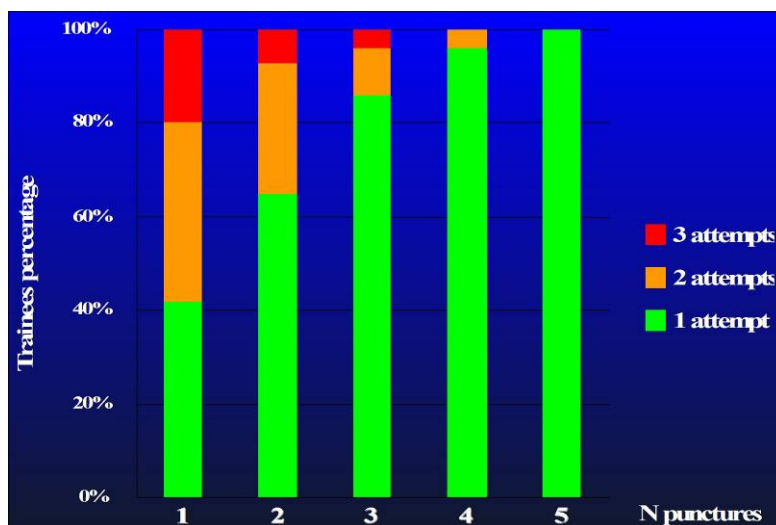


Fig. 10. La percentuale di corsisti che hanno ottenuto il corretto posizionamento dell'ago al primo tentativo cresce costantemente con la ripetizione delle punture, mostrando una veloce acquisizione delle basi della puntura venosa ecoguidata.

Discussione

La tecnica ecoguidata è l'approccio più sicuro e veloce al cateterismo venoso centrale, come dimostrato da diversi autori [9-12]. Per questa ragione sia l'Agency for Healthcare Research and Quality negli Stati Uniti e che l'Istituto nazionale dell'Eccellenza clinica nel Regno Unito raccomandano l'utilizzo di questa metodica [13,14]. Nonostante i suoi ovvi vantaggi, il cateterismo venoso ecoguidato non è largamente usato nella pratica clinica, in parte perché i programmi di anestesia e chirurgia generale non prevedono uno specifico training per questa tecnica [15].

La tecnica ecoguidata richiede un accurato controllo dei movimenti della mano senza una visione diretta, uno specifico skill (coordinazione mano-occhio) che può essere acquisito e mantenuto soltanto con la pratica. Capacità di interpretazione delle immagini e specifiche abilità psicomotorie sono inoltre essenziali. Si possono acquisire con letture, dimostrazioni e pratica sotto la supervisione di ecografisti esperti [16]. È opportuno e ragionevole preparare i medici con simulazioni pratiche; in questo modo si proteggono i pazienti dagli alti tassi di complicanze associate all'inesperienza.

Uso del cateterismo venoso centrale nella pratica clinica

Sono disponibili modelli commerciali e fantocci che possono essere utilizzati per preparare i medici, ma il loro utilizzo è limitato dall'alto costo. La produzione "domestica" di modelli a base di agar rappresenta una soluzione alternativa e diverse esperienze con questo approccio (per diversi scopi e con modelli differenti) sono documentate in letteratura [17-19].

Allo scopo di rendere la nostra esperienza ripetibile, abbiamo prodotto i nostri modelli con materiali facilmente accessibili: contenitori in plastica per cibo, presenti in ogni cucina; polvere di agar, che può essere acquistata nella maggior parte delle erboristerie o su Internet; e lacci emostatici e tubi in silicone, che si trovano in centri di rifornimento medico e ferramenta e sono inoltre disponibili in ogni ospedale.

Per la simulazione di un tessuto la gelatina di agar ha mostrato una soddisfacente penetrazione agli ultrasuoni ed i vasi e l'ago possono essere individuati con chiarezza nel modello. La gelatina solidificata è opaca, così i vasi non sono visibili dall'esterno. Ha una trama stabile che permette un facile passaggio dell'ago. La penetrazione dell'ago nella parete dei "vasi" si visualizza come una deformazione del contorno del vaso e può inoltre essere sentita dall'operatore.

Il nostro protocollo ha permesso ai corsisti di acquisire gradualmente la coordinazione mano-occhio necessaria per effettuare una puntura ecoguidata di un vaso. I partecipanti all'inizio hanno imparato a pungere vasi di diverso calibro sotto una superficie piatta ed in seguito i vasi sotto una superficie ricurva. Sebbene le basi sulla puntura ecoguidata sono state apprese velocemente, l'applicazione di questi skills nella pratica clinica non è semplice. Per questa ragione i corsisti hanno ricevuto ore supplementari di supervisione durante i loro primi cateterismi venosi su pazienti [16].

Nella nostra esperienza preliminare con questo protocollo di training, l'utilizzo complessivo di cateterismo ecoguidato si è accresciuto marcatamente nella nostra unità (dal 2% al 23% di tutti i CVCs) durante il primo mese dopo il corso [20].

Per concludere, i modelli a base di agar sono strumenti utili per insegnare ai medici le basi del cateterismo venoso ecoguidato. La nostra esperienza mostra che le sessioni pratiche sono semplici da organizzare. La pratica su questi modelli prima del cateterismo venoso ecoguidato su pazienti può avere potenziali benefici e può aiutare ad introdurre questa tecnica. I modelli a base di agar sono semplici da preparare e possono essere fatti in forma differenti per simulare situazioni cliniche di crescente difficoltà. Il loro costo (meno di €5.00 per modello) è molto più basso di quello dei sistemi commerciali di training, rendendoli così ideali per l'utilizzo in ospedali con limitate risorse. Rappresentano un modo semplice ed economico per introdurre il training nel cateterismo venoso ecoguidato nei programmi di anestesia e chirurgia generale.

Conflitti d'interesse: gli autori non hanno alcun conflitto d'interesse.

Bibliografia

- [1] Domino KB, Bowdle TA, Posner KL, et al. Injuries and liability related to central vascular catheters: a closed claims analysis. *Anesthesiology* 2004;100:1411-8.
- [2] Sznajder JJ, Zveibil FR, Bittermann H, et al. Central vein catheterization. Failure and complication rates by three percutaneous approaches. *Arch Intern Med* 1986;146:259-61.

- [3] Bernard RW, Stahl WM, Chase RM. Subclavian vein catheterizations: a prospective study. *Ann Surg* 1971;173:191-200.
- [4] Taylor RW, Palagiri AV. Central venous catheterization. *Crit Care Med* 2007;35:1390-6.
- [5] Conz PA, Dissegna D, Rodighiero MP, et al. Cannulation of the internal jugular vein: comparison of the classic Seldinger technique and an ultrasound guided method. *J Nephrol* 1997;10:311-3.
- [6] Hind D, Calvert N, McWilliams R, et al. Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: meta-analysis. *BMJ* 2003;327:361-8.
- [7] Troianos CA, Jobes DR, Ellison N. Ultrasound-guided cannulation of the internal jugular vein. A prospective, randomized study. *Anesthesia and Analgesia* 1991;72:823-6.
- [8] Milling TJ, Rose J, Briggs WM, et al. 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* 2005;33:1764-9.
- [9] Augoustides JG, Horak J, Ochroch AE, et al. A randomized controlled clinical trial of real time needle-guided ultrasound for internal jugular venous cannulation in a large university anesthesia department. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2005;19:310-5.
- [10] Karakitsos D, Labropoulos N, De Groot E, et al. A Real-time ultrasound-guided catheterization of the internal jugular vein: a prospective comparison with the landmark technique in critical care patients. *Crit Care* 2006;10:R162.
- [11] Leung J, Duffy M, Finckh A. 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*. 2006 Nov;48:540-7.
- [12] Ansal R, Agarwal SK, Tiwari SC, Dash SC. A prospective randomized study to compare ultrasound-guided with non ultrasound-guided double lumen internal jugular catheter insertion as a temporary hemodialysis access. *Ren Fail* 2005;27:561-4.
- [13] Aking health safer: a critical analysis of patient safety practices. 2001. Available at <http://www.ahrq.gov/clinic/ptsafety>.
- [14] Howard. A survey measuring the impact of NICE guidance 49. The use of ultrasound locating devices for placing central venous catheters. Abacus International Survey, July 2004. Available at <http://www.nice.org.uk>
- [15] Girard TD, Schectman JM. Ultrasound guidance during central venous catheterization: a survey of use by house staff physicians. *J Crit Care*. 2005;20:224-9.
- [16] Feller-Kopman D. Ultrasound-guided internal jugular access: a proposed standardized approach and implications for training and practice. *Chest* 2007;132:302-9.
- [17] Nicholson RA, Crofton M. Training phantom for ultrasound guided biopsy. *Br J Radiol* 1997;70:192-4.
- [18] Sisney GA, Hunt KA. A low-cost gelatin phantom for learning sonographically guided interventional breast radiology techniques. *AJR Am J Roentgenol* 1998;171(1):65-6.
- [19] Sorbi D, Vazquez-Sequeiros E, Wiersema MJ. A simple phantom for learning EUS-guided FNA. *Gastrointest Endosc* 2003;57:580-3.
- [20] Di Domenico S, Santori G, Porcile E, Licausi M, Centanaro M, Valente U. Inexpensive homemade models for ultrasound-guided vein cannulation training. *J Clin Anesth* 2007;19:491-6.