

Ecografia del canale spinale nel neonato e nell'adulto

R. AZZONI¹, S. GEREVINI²

ULTRASONOGRAPHY OF THE VERTEBRAL CANAL
IN NEONATES AND ADULTS

The use of ultrasonography for studying congenital pathologies of the vertebral canal in neonates is an established diagnostic method; recently, ultrasound techniques have also been applied in the interoperative evaluation of certain acquired pathologies in adults. The authors describe how this technique is used in neonates and give an outline of normal echographic anatomy. The indications for diagnostic neonatal ultrasonography include occult dysraphism and a series of malformations known under the acronym VATER: vertebral defects, anal atresia, tracheoesophageal fistula, radial defects, renal anomalies. Various other malformations ultrasonography can detect are: myelocoele, myelomeningocele, lipoma, short terminal filum, terminal myelocystocele, lateral meningocele, hydromyelia, syringomyelia and so forth. The identification and classification of these malformations have important implications for the treatment and prognosis of neurologic function. Also in delivery-related pathologies (lesions, hematoma) and iatrogenic lesions (laceration of the *dura mater* and the leptomeninges during lumbar puncture), prompt diagnosis plays a vital role. Ultrasound screening of subjects with strawberry nevi or hemangiomas or telangiectases, cutaneous dyschromia, hypertrichosis or focal hair tufts, lipoma, cutaneous sessile neoformations, skin depressions in the lumbosacral region is equally important. The use of ultrasound screening

¹*Clinica Ortopedica
Dipartimento di Scienze Medico-Chirurgiche
Facoltà di Medicina e Chirurgia
Università degli Studi di Milano
San Donato Milanese (MI)*
²*Servizio di Neuroradiologia
IRCCS Ospedale San Raffaele, Milano*

is also a valuable aid for examining the children of mothers with diabetes among whom there is a noted prevalence of spinal malformations. In adults, ultrasonography during the interoperative phase of echo-guided surgery may reduce the complications associated with surgical procedures or be employed as a standard method in at-risk patients. The literature reports numerous series confirming the value of ultrasonography as a rapid, precise, accurate, ubiquitous, economic, atraumatic and sensitive method. Ultrasound screening may constitute an initial step prior to computed tomography or magnetic nuclear resonance imaging studies in cases of abnormal findings or in presurgical treatment. When appropriately applied, ultrasonography in adults provides detailed diagnostic information and may be a useful aid in surgery.

Key words: Ultrasonography - Spine - Infant, newborn - Abnormalities, multiple.

Indirizzo per la richiesta di estratti: R. Azzoni, Clinica Ortopedica, Dipartimento di Scienze Medico-Chirurgiche, Università degli Studi di Milano, Via Morandi 30, 20095 San Donato Milanese (MI). E-mail: roberto.azzoni@unimi.it

L'ecografia viene applicata per lo studio dell'apparato scheletrico nei bambini ormai da una ventina d'anni. Grande impulso al suo impiego è stato dato dall'austriaco

Rehinaud Graf¹, noto per avere studiato e messo a punto un sistema di valutazione della displasia congenita dell'anca infantile, ormai conosciuto in tutto il mondo.

Più recente è stato l'impiego dell'ecografia per lo studio delle patologie del canale vertebrale di interesse, non esclusivamente ortopedico, ma soprattutto neurologico e neurochirurgico; impiego prevalentemente indirizzato allo studio di patologie dei neonati e degli infanti per motivi tecnici legati alla penetrazione delle onde ultrasoniche nelle vertebre non ancora ossificate.

Recenti studi hanno anche evidenziato la possibilità di utilizzo interventistico dell'ecografia in alcune patologie del midollo spinale nell'adulto.

La sensibilità dell'ecografia non è sovrapponibile a quella della risonanza, ma l'ecografia offre il vantaggio di poter essere condotta senza anestesia o sedazione, anche con apparecchio portatile al letto del paziente o in ambulatorio. Inoltre l'ecografia appare meno sensibile agli artefatti da movimenti del paziente, da movimento fisiologico del liquido cerebro-spinale e da pulsazioni arteriose, tutti fattori che, invece, influenzano la risonanza². In ogni caso, essendo un esame dinamico, è più gestibile di fronte a questi fattori di disturbo.

L'obiettivo di questo lavoro è la revisione della letteratura relativa all'impiego dell'ecografia per lo studio del contenuto del canale vertebrale sia normale sia patologico.

La letteratura presenta un discreto numero di lavori scientifici sull'argomento; i primi risalgono agli inizi degli anni '80³⁻⁴. La maggior parte degli Autori, dopo avere illustrato la metodica d'indagine ecografica, analizza i quadri ecografici di normalità del midollo spinale; diversi Autori puntualizzano i quadri ecografici del disrafismo occulto. Solo alcuni presentano un'analisi dettagliata dei quadri ecografici delle singole patologie del contenuto del canale spinale.

Sono riportati in letteratura anche studi di diagnosi ecografia prenatale in utero di malformazioni spinali.

Nell'impiego intraoperatorio nell'adulto, diversi Autori riportano del vantaggio dell'ecografia nella localizzazione, nella valuta-

zione delle dimensioni e dei rapporti di neoformazioni di varia origine e natura e dell'approccio chirurgico nei casi più complessi.

Tecnica di esecuzione dell'ecografia spinale nel neonato

La maggior parte degli Autori raccomanda l'utilizzo di apparecchi ecografici con sonde real-time lineari di frequenza tra i 7 e i 15 MHz, per ottenere la migliore risoluzione di immagine^{2, 5-8}; alcuni Autori utilizzano anche apparecchi con sonde convexe delle medesime frequenze⁵, riferendo la medesima risoluzione d'immagine; è indubbio che l'impiego delle sonde lineari elimina ogni distorsione d'immagine e consente un più preciso confronto con le corrispondenti immagini di risonanza⁹.

L'esame non necessita di alcuna sedazione del paziente pediatrico, deve essere condotto con soggetto prono e con leggera accentuazione della cifosi della colonna dorsale; tale posizione si ottiene flettendo anteriormente le ginocchia e portando le gambe del piccolo paziente a contatto con l'addome. Le scansioni ecografiche vengono effettuate in sezione sia trasversale sia longitudinale; la sonda ecografica è posizionata sulla linea mediana delle apofisi spinose⁹.

La sonda riesce a studiare il contenuto del canale vertebrale, in quanto l'incompleta ossificazione delle vertebre e la ricchezza di tessuto cartilagineo dei neonati consentono alle onde ultrasonore di oltrepassare la struttura vertebrale e penetrarvi evidenziando agevolmente il midollo spinale e la cauda equina, nonché il liquido cerebro-spinale; per questo motivo l'esame ecografico è attuabile esclusivamente nei neonati e nella prima infanzia; man mano che il bambino cresce, la possibilità di visualizzare il contenuto midollare decresce, ciò avviene già dal 3-4 mese e l'esame risulta difficoltoso dopo i 6 mesi². Nei soggetti in cui l'ossificazione inizia a creare ostacoli alla visione, si possono effettuare scansioni paramediane per eliminare i coni d'ombra delle parti ossificate ottenendo ancora delle immagini utili⁵.



Figure 1. — Scansione longitudinale di rachide lombare da L3 a S1 in un infante di 7 settimane, normale. (C) cauda equina; (F) liquido rachidiano e spazio subaracnoideo posteriore; (S) processi spinosi; (V) corpi vertebrali iperecogeni; (MD) pia e dura madre.

Nell'adulto, l'ecografia è utilizzata esclusivamente in sede perioperatoria; pertanto le scansioni che vengono effettuate escludono la parte ossea del rachide, sono, quindi, scansioni effettuate secondo necessità del chirurgo al fine di visualizzare le strutture anatomiche per le vie d'accesso o le patologie malformative o neoformative al fine di delimitarne i margini e valutarne i rapporti per una chirurgia guidata più precisa¹⁰.

Anatomia ecografica normale del canale spinale nel neonato

La scansione longitudinale deve prevedere di porre la sonda ecografica sul piano delle apofisi spinose in modo che il fascio di ultrasuoni possa penetrare tra una vertebra e l'altra e raggiungere così il contenuto del canale vertebrale.

Ciò è reso possibile, da un lato, dalla parziale presenza di tessuto osseo non ossificato che lascia passare gli ultrasuoni e, d'altro, dalla posizione del paziente in leggera flessione del rachide, che permette di visualizzare con una sola scansione più spazi intervertebrali, permettendo di studiare un tratto di rachide piuttosto ampio.

Per la visione trasversale occorre posizio-

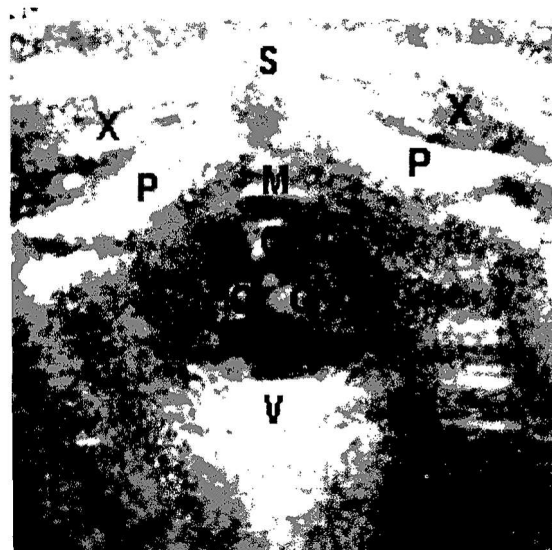


Figure 2. — Scansione ecografica trasversale a livello dello spazio intervertebrale di L3, in un infante normale di 3 mesi. Da postero-anteriore, sono evidenziabili: i muscoli paravertebrali (X), le strutture ossee della apofisi spinosa (S) e dei processi trasversi (P), la pia e la dura madre (MD), le strutture della cauda equina (C), e il corpo vertebrale (V); il liquido cerebro-spinale (F).

nare la sonda ecografica tra un processo spinoso e l'altro in modo da fare penetrare il fascio ultrasonoro tra due vertebre in uno spazio intervertebrale.

Le immagini vengono uniformate all'attuale visione ecografica: occorre, dunque, immaginare il neonato studiato in posizione prona; pertanto nelle immagini la parte posteriore è sempre rappresentata in alto e quella anteriore in basso nell'immagine; così come a destra vi è la parte caudale e a sinistra la cerniale.

Pertanto l'immagine ecografica di un rachide normale nel neonato evidenzia, in sezione longitudinale (Figura 1): le strutture ossee delle apofisi spinose che si presentano iperecogene (Figura 1S); esse sono un importante punto di repere per ottenere scansioni sulla linea mediana. Le apofisi spinose sono l'unica struttura ossea che con il suo cono d'ombra impedisce la visione del sottostante contenuto midollare; ma la mancata ossificazione dell'arco posteriore consente alle onde ultrasonore di attraversare le strutture sovrastanti ed evidenziare il contenuto midollare. I corpi vertebrali (Figura 1V) sono ben



Figure 3. — Scansione ecografica longitudinale di rachide dorso-lombare di neonato di 3 giorni: dislocazione dorsale del contenuto midollare da *telcheled cord* e dilatazione del canale spinale.

visibili e appaiono come strutture iperecogene sottostanti al contenuto midollare, interrotti dai coni d'ombra delle apofisi spinose, consentendo in tal modo di conoscere la sede delle scansioni. Inoltre, a ridosso dei corpi vertebrali, è riconoscibile, come stria iperecogena ben distinguibile dal soma vertebrale, la pia e la dura madre (Figura 1M). Il contenuto midollare si presenta come struttura iperecogena a fasci di echi orizzontali (Figura 1C), interrotti anch'essi dai coni d'ombra delle apofisi spinose, essa rappresenta il midollo spinale o rispettivamente la cauda equina, in relazione al livello di scansione; al suo interno è riconoscibile una stria ecogena che è il complesso centrale, sovrastante il quale è nuovamente riconoscibile la pia madre come stria iperecogena e la banda ipoecogena dello spazio subaracnoideo posteriore e il liquido cerebro-spinale (Figura 1F).

In sezione trasversale (Figura 2) l'aspetto ecografico del rachide normale è di due aree ipoecogene laterali costituite dalle masse muscolari paravertebrali (Figura 2X), due bande iperecogene oblique in sede laterale date dalle cartilagini degli archi vertebrali (Figura 2P). Il contenuto midollare è ecogeno con aree tondeggianti riferibili al midollo o alla cauda equina (Figura 2C), in sede anteriore e posteriore un'area ipoecogena riferibile allo spazio subaracnoideo e del liquido cerebro-spinale (Figura 2F), all'inter-

no del quale è presente una piccola area tondeggianti ecogena data dal *filum terminale*. Ventralmente e dorsalmente al contenuto midollare sono osservabili due immagini falciformi ecogene riferibili alla pia e alla dura madre (Figura 2M).

Una valutazione ecografica delle dimensioni del canale cependimale consente di evidenziare i casi con aumento patologico.

Infine, l'ecografia permette la visione dinamica del contenuto midollare, ciò consente di valutare, in particolare, la mobilità o meno delle radici ⁶.

Indicazioni allo studio ecografico del canale spinale

La conoscenza dello sviluppo embriologico e dell'anatomia normale del midollo vertebrale e delle sue varianti è essenziale per la diagnosi delle sue patologie congenite e acquisite.

A partire dal 17° giorno di gestazione, la placca neurale si ispessisce bilateralmente per formare la plica neurale. Nel corso del normale sviluppo, la plica neurale si chiude verso la linea mediana per formare il tubo neurale. La prematura separazione dell'ectoderma neurale dall'ectoderma cutaneo porta al disrafismo spinale ¹¹.

Il disrafismo spinale è definito come un'incompleta o assente fusione delle strutture mediane neurali, mesenchimali e cutanee e viene classificato in 3 categorie ⁵: la "spina bifida aperta", il "disrafismo occulto" e una serie di anomalie spinali caudali associate a varie malformazioni soprattutto dell'apparato genito-urinario, note come malformazioni del gruppo "VATER" dall'inglese *vertebral defects, anal atresia, tracheoesophageal fistula, radial defects, renal anomalies* ¹².

Oltre al disrafismo spinale, altre sono le malformazioni congenite spinali studiabili ecograficamente: mielocèle, mielomeningocèle, lipoma, *filum terminale* corto ¹³, mielocistocèle terminale, meningocele laterale, idromielia, siringomielia ecc. ¹⁴.

In particolare, l'ecografia consente di constatare l'eventuale mancata visibilità del cono midollare a livello delle vertebre D12-L1, segno

ecografico di suo posizionamento in sede non corretta, più distale come in caso di *filum terminale* corto (tethered cord) (Figura 3).

L'identificazione e la classificazione di queste malformazioni ha importanti implicazioni nel loro trattamento e nella prognosi delle funzioni neurologiche.

Anche nell'ambito delle patologie acquisite da trauma da parto^{15, 16} (lesioni, ematomi) e da lesioni iatrogene (lacerazioni della dura e delle leptomeningi in corso di puntura lombare) la diagnosi precoce riveste un ruolo fondamentale¹⁷.

Altra indicazione è lo screening in soggetti portatori di segni cutanei di sospette patologie spinali¹⁸⁻²⁰, come nevi rossastri o emangiomi o teleangectasie, discromie cutanee, ipettricosi o focali ciuffi di peli, lipoma, neoformazioni sessili cutanee, affossamenti cutanei in sede lombo-sacrale: vere e proprie fossette sacrali che devono essere percorse dallo specillo per evidenziare, quando possibile se a fondo cieco^{21, 22}.

È importante lo screening che coinvolge i figli di madri diabetiche in cui è nota una prevalenza di malformazioni spinali^{6, 23, 24}.

Sono riportati in letteratura anche studi di diagnosi ecografica prenatale in utero di malformazioni spinali, con buona visualizzazione dell'alterazione patologica, confermata, poi, alla nascita, con tecnica di risonanza^{2, 25-27}.

Differenti sono le indicazioni dell'ecografia nell'adulto. Non essendo la metodica utilizzabile come diagnostica ambulatoriale per i suddetti problemi tecnici di penetrazione delle onde ultrasoniche, l'ecografia è impiegata in sede intraoperatoria per una chirurgia ecoguidata che possa ridurre le complicanze legate alle procedure chirurgiche e come metodica standard nei casi ad alto rischio chirurgico¹⁰.

Revisione della letteratura

Dick *et al.*² hanno valutato l'impiego degli ultrasuoni nella diagnosi del disrafismo occulto e non, nei tumori del midollo spinale, nelle malformazioni vascolari e nelle lesioni in relazione ai traumi da parto. I difetti del siste-

ma nervoso centrale rappresentano circa il 10% di tutte le malformazioni congenite. Di queste il disrafismo è una delle malformazioni più comuni. Gli Autori utilizzano gli ultrasuoni per lo screening del disrafismo occulto nei neonati con associate altre sindromi come malformazioni anorettali e urogenitali, incluse le malformazioni del gruppo VATER, e nelle alterazioni cutanee sacrali. Il confronto è attuato con la RMN. Il 40% delle ecografie concordavano con la RMN; il 47% concordavano solo parzialmente e il 13% non concordavano. Gli Autori concludono il loro lavoro affermando che la concordanza tra gli ultrasuoni e la RMN è buona e raccomandano lo screening ecografico per il disrafismo occulto.

In un altro articolo, Dick *et al.*¹², confermando l'indicazione all'impiego diagnostico degli ultrasuoni nel disrafismo occulto e nei casi di patologie congenite che lo facciano sospettare, affermano anche la sovrapponibilità delle immagini eco con quelle di RMN; inoltre l'ecografia è più economica, veloce, semplice da eseguire in mani esperte. Pertanto l'ecografia resta, nonostante la RMN, l'esame di diagnostica per immagini di base nello screening delle patologie del canale spinale. Il suo valore diagnostico è ulteriormente aumentato con l'introduzione dell'ecografia 3D che consente ricostruzioni d'immagini di più facile interpretazione^{28, 29}.

Simanovsky *et al.*³⁰ riferiscono di un caso di diagnosi di grosso ematoma epidurale in un neonato nato da parto podalico. Gli Autori confermano l'ottima visualizzazione dell'ematoma, la sua esatta localizzazione ed estensione mediante studio ecografico. La RMN venne eseguita solo successivamente per dimostrare la natura emorragica della lesione.

Un lavoro pubblicato da HAYES Alert³¹ che riesamina la letteratura sull'argomento dal 1990 al 2004, conclude che gli ultrasuoni possono diagnosticare patologie spinali quali malattie del disco, lesioni del legamento longitudinale posteriore, difetti congeniti spinali, con una specificità e una sensibilità minore di quelle di RMN e TC, ma, comunque, con attendibili risultati diagnostici.

Unsinn *et al.*⁵ in un loro articolo fondamentale illustrano con una perfetta iconogra-

fia l'anatomia normale con le sue varianti più comuni: pressochè tutte le patologie congenite e acquisite del neonato: mielo e mielomeningocele, lipoma spinale, fistola cutanea dorsale, *telbered cord syndrome*, diastematomielia, mielocistocele terminale, meningocele laterale, sindrome della regressione caudale, idromielia e siringomielia, traumi del canale spinale e ematomi intraspinali, sindromi associate alla compressione del canale spinale, lesioni iatrogene. Essi concludono che gli ultrasuoni sono sicuramente una metodica affidabile nella valutazione del canale spinale di neonati e infanti. Le indicazioni sono lesioni cutanee sacrali, deformità della colonna vertebrale (scoliosi, malformazioni sacrali), disturbi neurologici (paresi, vescica neurologica, disfunzioni intestinali), sospetto di lesioni del midollo spinale da trauma da parto, sindromi con nota associazione di compressione midollare spinale. L'esecuzione precoce dell'ecografia consente un preciso esame del canale spinale e del suo contenuto; nei casi patologici sono consigliati ulteriori accertamenti, quali la RMN, prima dell'atto chirurgico.

In particolare, in presenza di lesioni cutanee sacrali, Robinson *et al.*²³, ritenendole specifiche per sospetto disrafismo occulto, hanno osservato che, su 183 ecografie, in soggetti con segni cutanei sacrali, 5 presentavano disrafismo e hanno concluso, contrariamente ad altri Autori, che gli ultrasuoni non possono essere utilizzati come esame di screening.

Al contrario, Allen *et al.*³² presentano uno loro studio prospettico evidenziando che 20 pazienti con nevi rossastri isolati a livello spinale, studiati prima con l'ecografia confrontata poi con la RMN, presentavano, in 15 casi, i nevi associati a disrafismo occulto, in 5 casi, associati a altri segni cutanei, in 4 casi la RMN e l'esplorazione chirurgica confermavano il disrafismo occulto. Gli Autori concludono che è necessario sottoporre a screening di diagnostica per immagini, sia ecografica sia di risonanza, i pazienti che presentano nevi isolati rossastri in sede spinale.

Anche Korsvik³³ afferma che gli ultrasuoni sono rapidi e sicuri nel confermare o escludere la presenza di malformazioni congenite del canale spinale e del suo contenuto.

Gassner *et al.*³⁴ e Rohrschneider *et al.*³⁵ concludono i loro articoli affermando che l'ecografia, ben condotta da esaminatori esperti, può ridurre l'impiego di TC e RMN o, comunque, può migliorare la valutazione diagnostica nei casi più complessi.

Hughes *et al.*³⁶ confermano la validità dell'ecografia e ne raccomandano l'impiego nello screening del disrafismo occulto. Infatti, su 85 ecografie consecutive, in 15 pazienti controllati con RMN, ben nel 47% dei casi i due esami concordavano e solo nel 13% erano discordanti.

Coley *et al.*⁷ concludono il loro lavoro affermando che l'ecografia, nonostante l'introduzione della RMN, resta una valida e potente metodica di diagnostica strumentale per immagini del canale spinale infantile; gli ultrasuoni, utilizzati appropriatamente, danno informazioni diagnostiche dettagliate e consentono di stabilire se sono necessarie altre indagini di approfondimento diagnostico.

Kiechl-Kohlendorfer *et al.*⁸ hanno studiato con ecografia il liquido cerebro-spinale dopo puntura lombare nei neonati, constatando che la perdita di liquido è frequente e che l'ecografia la mette in evidenza molto bene.

Diversi Autori propongono l'impiego dell'ecografia del canale spinale neonatale con indicazioni non solo diagnostiche di patologie congenite o acquisite, ma anche per manovre interventistiche.

Nei neonati e negli infanti Marhofer *et al.*³⁷ propongono l'ecografia come guida per l'anestesia epidurale, a livello sia lombare sia dorsale, riferendo di 32 loro casi con ottimi risultati in cui la scansione longitudinale paramediana ha permesso di visualizzare perfettamente lo spazio epidurale.

Coley *et al.*^{7, 38} propongono, invece, l'ecografia come guida in corso di puntura lombare sia nei neonati sia nei bambini piccoli. Il paziente è posto in decubito laterale e prono, la sonda ecografica lineare ad alta frequenza segue l'introduzione dell'ago spinale dalla cute sino all'inserzione nel sacco tectale.

Azzoni *et al.*⁶, oltre alle indicazioni espresse da altri Autori, propongono di utilizzare la

diagnostica ecografica quale screening del disrafismo occulto nei nati da madri diabetiche; ciò in considerazione della maggiore incidenza di malformazioni del canale spinale in questi soggetti rispetto alla popolazione normale ²¹.

Nell'adulto l'impiego intraoperatorio è di estrema utilità, come riferito da Regelsberger *et al.* ¹⁰; difatti questi Autori riferiscono di 78 casi di tumori intradurali esaminati intraoperatoriamente con ecografia, dopo laminectomia, prima dell'apertura della dura, con precisa identificazione dell'estensione cranio-caudale della neoplasia e distinzione tra tumori intra e extramidollari. Essi concludono affermando che l'ecografia è in grado di ridurre le complicanze legate alla chirurgia e potrebbe divenire una metodica intraoperatoria standard nella chirurgia spinale ad alto rischio.

Maiuri *et al.* ³⁹ riferiscono anch'essi di ecografia intraoperatoria in corso di laminectomia e dopo apertura della dura per lo studio di tumori intramidollari. Gli Autori riportano che, in tutti i pazienti studiati, l'esplorazione ecografica ha consentito l'esatta definizione dell'estensione della laminectomia, dell'apertura della dura e della mielotomia. Essi concludono il loro articolo affermando che l'ecografia può essere utilizzata di routine nella chirurgia spinale dei tumori per ridurre l'estensione della laminectomia e delle incisioni di dura e midollo.

Wang *et al.* ¹⁰ riportano di 21 casi di cisti aracnoidee in cui lo studio ecografico intraoperatorio ha consentito di avere informazioni circa lo shunt di 4 cisti con lo spazio subaracnoideo e in 7 pazienti è servito da guida per la plastica durale. Essi concludono affermando che l'ecografia è utile guida nel trattamento chirurgico delle cisti aracnoidee.

Ilara *et al.* ¹¹ riferiscono di un piccolo studio di ecografia endoscopica extradurale in 7 interventi per siringomielia e tumore spinale; le immagini ecografiche del midollo spinale, delle radici e delle lesioni furono particolarmente chiare ed esplicative, permettendo una precisa valutazione delle lesioni nel corso del posizionamento chirurgico del tubo di shunt.

Iacopino *et al.* ⁴² descrivono un caso di

diagnosi di fistola artero-venosa del midollo spinale mediante ecocolor Doppler. La fistola venne identificata prima dell'apertura della dura e ciò permise una chirurgia mini-invasiva. L'ecografia permise, dopo la legatura della vena, di controllare intraoperatoriamente il cambiamento di velocità del flusso nelle vene e arterie midollari. Gli Autori concludono affermando che l'ecocolor Doppler intraoperatorio offre un valido contributo nel trattamento delle fistole artero-venose.

In neurotraumatologia, Dorhmann e Rubin ¹⁸ riportano dell'impiego dell'ecografia intraoperatoria con valutazione della localizzazione e di guida nella rimozione di ematomi, di frammenti ossei di fratture, di corpi estranei e frammenti di disco.

Anche in caso di infezioni del midollo spinale l'ecografia consente, come per gli ematomi, la localizzazione di ascessi e il loro drenaggio ecoguidato ⁴¹.

Conclusioni

Un'ampia letteratura conferma che l'ecografia, anche per lo studio del canale spinale e delle sue patologie congenite e acquisite, è una metodica di diagnostica strumentale accurata, precisa, sensibile e, inoltre, economica, ubiquitaria e atraumatica per i pazienti pediatrici.

Le indicazioni al suo impiego coprono praticamente quasi tutte le patologie del canale spinale, consentendo una diagnosi rapida per un trattamento precoce e una corretta formulazione prognostica. Certamente l'esame è attendibile allorché eseguito da operatori esperti e qualificati (ma quale atto medico non lo è).

Può essere utilizzata anche quale esame di screening con eventuale successivo approfondimento diagnostico mediante TC o RMN nei casi riscontrati patologici o in previsione di trattamento chirurgico.

Il suo impiego consente, comunque, di ridurre il numero di esecuzioni di esami TC e RMN.

Nell'adulto le indicazioni di impiego intraoperatorio dell'ecografia sono estremamente varie, dai tumori alle cisti aracnoidee, alla

siringomielia, dagli ematomi epidurali agli ascessi, allo studio del canale spinale e del disco intervertebrale in corso di traumi. L'ecografia intraoperatoria, appropriatamente utilizzata, fornisce informazioni diagnostiche dettagliate e può essere di ausilio nella procedura chirurgica.

Riteniamo, in accordo con la letteratura, che l'ecografia debba e possa essere utilizzata maggiormente nella diagnostica precoce e nello screening delle patologie del canale spinale dei neonati e in molte patologie dell'adulto in sede chirurgica.

Riassunto

L'impiego dell'ecografia per lo studio delle patologie congenite del canale spinale nel neonato è metodica diagnostica nota da alcuni anni, recentemente gli ultrasuoni sono stati utilizzati anche per la valutazione intraoperatoria di alcune patologie acquisite nell'adulto. Viene descritta la tecnica di esecuzione dell'esame nel neonato e l'anatomia ecografica normale. Le indicazioni alla diagnostica ecografica nel neonato sono: il disrafismo occulto e una serie di malformazioni note come gruppo "VATER" dall'inglese *vertebral defects, anal atresia, tracheoesophageal fistula, radial defects, renal anomalies* e, inoltre, malformazioni quali mielocoele, mielomeningocele, lipoma, *filum terminale* corto, mielocistocele terminale, meningocele laterale, idromiela, siringomiela, ecc. L'identificazione e la classificazione di queste malformazioni ha importanti implicazioni nel loro trattamento e nella prognosi delle funzioni neurologiche. Anche nelle patologie acquisite da trauma da parto (lesioni, ematomi) e da lesioni iatrogene (lacerazioni della dura e delle leptomeningi in corso di puntura lombare) la diagnosi precoce riveste un ruolo fondamentale. Lo screening ecografico in soggetti portatori di segni cutanei come nevi rossastri o emangiomi o teleangectasie, discromie cutanee, ipertricosi o focali ciuffi di peli, lipoma, neoformazioni sessili cutanee, affossamenti cutanei in sede lombosacrale è fondamentale. È importante lo screening ecografico che coinvolge i figli di madri diabetiche in cui è nota una prevalenza di malformazioni spinali. Nell'adulto l'ecografia trova indicazione in sede intraoperatoria per una chirurgia ecoguidata che possa ridurre le complicanze legate alle procedure chirurgiche e come metodica standard nei casi ad alto rischio chirurgico. La letteratura riporta un'ampia casistica con conferma della validità dell'ecografia come metodica di diagnostica rapida, precisa, accurata, ubiquitaria, economica, atraumatica e sensibile. Può essere utilizzata anche quale esame di screening con eventuale successivo approfondimento dia-

gnostico mediante TC o RMN nei casi riscontrati patologici o in previsione di trattamento chirurgico. Nell'adulto l'ecografia intraoperatoria, appropriatamente utilizzata, fornisce informazioni diagnostiche dettagliate e può essere di ausilio nella procedura chirurgica.

Parole chiave: Ecografia - Canale spinale - Neonato - Malformazioni midollari - Midollo spinale.

Bibliografia

1. Graf R. New possibilities for the diagnosis of congenital hip joint dislocation by ultrasonography. *Arch Orthop Traum Surg* 1983;3:35-9.
2. Dick EA, Patel K, Owens CM, de Bruyn R. Spinal ultrasound in infants. *Br J Radiol* 2002;75:38-92.
3. Seeibe W, James HE, Leopold JR, Hilton SW. Occult spinal dysraphism in infants: screening with high-resolution real-time ultrasound. *Radiology* 1983;146:7-15.
4. Raghavendra BN, Epstein EJ, Pinto RS, Subramanyam BR, Greenberg J, Mitnik JS. The tethered spinal cord: diagnosis by high-resolution real-time ultrasound. *Radiology* 1983;149:123-8.
5. Unsinn KM, Geley T, Freund MC, Gassner I. US of the spinal cord in newborns: spectrum of normal findings, variants, congenital anomalies, and acquired diseases. *Radiographics* 2000;20:923-38.
6. Azzoni R, Gerevini S, Gabitza P. Spinal cord sonography in newborns: anatomy and diseases. *J Pediatr Orthop B* 2005;14:185-8.
7. Coley BD, Murakami JW, Koch BL, Shiels WE 2nd, Bates G, Hogan M. Diagnostic and interventional ultrasound of the pediatric spine. *Pediatr Radiol* 2001;31:775-85.
8. Kiechl-Kohlendorfer U, Unsinn KM, Schlenk B, Trawoger R, Gassner I. Cerebrospinal fluid leakage after lumbar puncture in neonates: incidence and sonographic appearance. *Am J Roentgenol* 2003;181:231-4.
9. Vocke AK, Ruhmann O, Lazovic D. [Standardized sonographic investigation of the lumbar spine] *Klin Padiatr* 1999;211:22-6. German.
10. Regelsberger J, Fritzsche E, Langer N, Westphal M. Intraoperative sonography of intra- and extramedullary tumors. *Ultrasound Med Biol* 2005;31:593-8.
11. Byrd SE, Darling GE, Mc Lone DG. Developmental disorders of the pediatric spine. *Radiol Clin North Am* 1991;29:711-52.
12. Dick EA, de Bruyn R. Ultrasound of the spinal cord in children: its role. *Eur Radiol* 2003;13:552-62.
13. Sahin F, Selcuki M, Ecin N, Zenchiroglu A, Unlu A, Yilmaz F *et al*. Level of *conus medullaris* in term and preterm neonates. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1997;77:67-69.
14. Konner C, Gassner I, Mayr U, Kreczy A. [Diagnosis of diastematomyelia by ultrasound] *Klin Padiatr* 1990;202:124-8. German.
15. Babyn PS, Chuang SH, Danemann A, Davidson GS. Sonographic evaluation of spinal cord birth trauma: pathologic correlation. *Am J Neuroradiol* 1988;9:765-8.
16. Fötter R, Soratin E, Schneider U, Ranner G, Fast C, Schöber P. Ultrasound diagnosis of birth-related spinal cord trauma: neonatal diagnosis and follow-up and correlation with MRI. *Pediatr Radiol* 1991;21:211-4.
17. Filippighi P, Clapuyt P, Debauche C, Claus D. Sonographic evaluation of traumatic spinal cord lesions in the newborn infant. *Pediatr Radiol* 1991;21:215-7.
18. Robinson AJ, Rimmer S. The value of ultrasonic exa-

- mination on the lumbar spine in infants with specific reference to cutaneous markers of occult dysraphism. *Clin Radiol* 2005;60:72-7.
19. Soonawala N, Overweg-Plandsoen WC, Brouwer PF. Early clinical signs and symptoms in occult spinal dysraphism: a retrospective case study of patients. *Clin Neurol Neurosurg* 1999;101:11-1.
 20. Gibson PJ, Britton DM, Hill IL, Hill CR. Lumbosacral skin markers and identification of occult spinal dysraphism in neonates. *Acta Paediatr* 1995;84:208-9.
 21. Kriss VM, Desai NS. Occult spinal dysraphism in neonates: assesment of high-risk cutaneous stigmata on sonography. *Am J Roentgenol* 1998;171:1687-92.
 22. Hermann TE, Oser RE, Shackelford GD. Intergluteal dorsal dermal sinuses. The role of neonatal spinal sonography. *Clin Paediatr* 1993;32:627-8.
 23. Robinson AJ. An audit of the value of ultrasonic examination of the lumbar spine in infants with specific reference to cutaneous markers of spinal malformations. London, UK: British Medical Ultrasound Society; 2000.
 24. Chang TL, Horal M, Jian SK, Wang F, Patel R, Locken MR. Oxidant regulation of gene expression and neural tube development: insights gained from diabetic pregnancy on molecular causes of neural tube defects. *Diabetologia* 2003;46:538-15.
 25. Sattar TS, Bannister CM, Russel SA, Rimmel S. Pre-natal diagnosis of occul spinal dysraphism by ultrasonography and post-natal evaluation by MR scannino. *Eur J Paediatr* 1998;157 Suppl 1:31-3.
 26. Babcock C. Ultrasound evaluation of prenatal and neonatal spina bifida. *Neurosurg Clin North Am* 1995;6:203-18.
 27. Achiron R, Lipitz S, Grisaru D, Ranan M, Barziv J, Berkenstadt M *et al*. Second-trimester ultrasonographic diagnosis of segmental vertebral abnormalities associated with neurological deficit - A possible new variant of occult spinal dysraphism. *Prenat Diagn* 1996;16:760-3.
 28. Merton GA, Bega G. Multiplanar 3-dimensional neonatal neurosonography: initial experiences and potential benefits. *J Diagn Med Sonogr* 2001;17:3-13.
 29. Johnson DD, Pretorius DH, Riccabona M, Budorick NE. Three-dimensional ultrasound of the fetal spine. *Obstet Gynecol* 1997;89:134-8.
 30. Simanovsky N, Stepensky P, Hiller N. The use of ultrasound for the diagnosis of spinal hemorrhage in a newborn. *Pediatr Neurol* 2004;31:295-7.
 31. HAYES AlertTM. Technology assesment brief. Ultrasonography for the diagnosis of spinal and paraspinal disorders. Vol. VII, n. 4. Lansdale, PA: HAYES, Inc.;©Winifred S. Hayes Inc.; 2004.
 32. Allen RM, Sandquist MA, Piatt JH Jr, Selden NR. Ultrasonography screening in infants with isolated spinal strawberry nevi. *J Neurosurg* 2003;98 (3 Suppl):217-50.
 33. Korsvik HE. Ultrasound assessment of congenital spinal anomalies presenting in infancy. *Semin Ultrasound CT MR* 1994;15:264-74.
 34. Gassner I, Unsinn KM, Geley T, Sinzig M. [Sonography of the central nervous system in prematures and newborns] *Radiologe* 2000;40:35-42. German.
 35. Rohrschneider WK, Forsting M, Darge K, Troger J. Diagnostic value of spinal US: comparative study with MR imaging in pediatric patients. *Radiology* 1996;200:383-8.
 36. Hughes JA, de Bruyn R, Patel K, Thompson D. Evaluation of spinal ultrasound in spinal dysrafism. *Clin Radiol* 2003;58:227-33.
 37. Marhofer P, Bosenberg A, Stizwohl C, Willschke H, Wanzel O, Kapral S. Pilot study of neuraxial imaging by ultrasound in infants and children. *Paediatr Anaesth* 2005;15:671-6.
 38. Coley DC, Shiels WE, Hogan MJ. Diagnostic and interventional ultrasonography in neonatal and infant lumbar pucture. *Pediatr Radiol* 2001;31:399-402.
 39. Maiuri F, Iaconetta G, Gallicchio B, Stelal L. Intraoperative sonography for spinal tumors. Correlations with MR findings and surgery. *J Neurosurg Sci* 2000;44:115-22.
 40. Wang MY, Levi AD, Green BA. Intradural spinal arachnoid cyst in adults. *Surg Neurol* 2003;60:49-55.
 41. Hara Y, Tamaky N, Nakamua M, Nagashima T, Yamashita H, Takaishi Y. A new technique for intraoperative visual monitoring during spinal surgery: angiofiber and endoscopic ultrasonography. *J Clin Neurosci* 2001;8:547-50.
 42. Iacopino DG, Conti A, Giusa M, Cardali S, Tomasello E. Assistance of intraoperative microvascular Doppler in the surgical obliteration of spinal dural arteriovenous fistola: cases description and technical considerations. *Acta Neurochir (Wien)* 2003;145:133-7.
 43. Dörflmann GJ, Rubin JM. Neurotraumatology: ultrasonic evaluation of the central nervous system. *Neurol Res* 1997;19:317-22.
 44. Post MJD, Quencer RM, Montalvo BM. Spinal infection: evaluation with MR imaging and intraoperative US. *Radiology* 1988;169:765-71.