

GHIDAREA ULTRASONOGRAFICĂ ÎN MANAGEMENTUL DURERII LOMBARE (Revista literaturii)

Bodiu A.^{1,2}, doctor în științe medicale, conferențiar universitar, director Clinica Neurochirurgie, Cușnir Inga¹, neurolog, secția Neurochirurgie, Eftodiev E.^{1,2}, doctor în științe medicale, conferențiar universitar, secția Neurochirurgie
¹Spitalul Clinic Republican,
²USMF „Nicolae Testemițanu”, Catedra Neurochirurgie
e-mail: bodiu.aurel@gmail.com, tel.: 079668800

Rezumat

Tratamentul injectabil joacă un rol major în terapia durerii lombare joase și a radiculopatiilor și tinde să devină parte integrantă din abordarea multidisciplinară a tratamentului și reabilitării pacienților cu durere. Injecțiile epidurale, pararadiculare și fațetare la nivelul coloanei vertebrale lombare sunt efectuate preferențial prin ghidaj computer-tomografic sau fluoroscopic. În acest articol vom prezenta o tehnică alternativă de ghidaj ultrasonografic pentru a descrie sonoanatomia relevantă pentru terapia infiltrativă în tratamentul durerii lombare.

Cuvinte-cheie: durere lombară, tratament invaziv, ghidaj ultrasonografic, terapie infiltrativă

Summary. Ultrasound guidance in the management of back . Review

Injection therapies play a major role in the treatment of low back pain and radiculopathy and are becoming integral parts of a multidisciplinary approach in treatment and rehabilitation of patients with pain. Epidural, pararadicular and facet-joint injections in the lumbar spine are preferentially performed with computed tomography or fluoroscopy-guidance. In this review we present an alternative ultrasound-guided technique, to describe the relevant sonoanatomy for the treatment of low back pain with injection therapy.

Key words: low back pain, invasive treatment, ultrasound-guided technique, injection therapy

Резюме. Лечение боли в спине под ультразвуковым контролем. Обзор литературы.

Лечение блокадами играет важную роль в терапии боли в спине и радикулопатии и стремится стать неотъемлемой частью мультидисциплинарного подхода к лечению и реабилитации пациентов с болью. Эпидуральная, парарадикулярная и фасет-суставная блокада поясничного отдела позвоночника выполняются преимущественно с помощью компьютерной томографии или флуороскопии. В этой статье мы представляем альтернативное технику под ультразвуковым контролем для описания соответствующей sonoанатомии для инфилтративной терапии в лечении боли в пояснице.

Ключевые слова: поясничная боль, инвазивное лечение, ультразвуковой мониторинг, инфилтративная терапия

Introducere

Durerea lombară reprezintă un simptom, cauza căruia este complexă, implicând afectarea musculară, articulară, vertebrală și/sau a structurilor spinale și a nervilor periferici. Durerea lombară ocupă locul doi după motivele de adresare la medic pentru o boală cronică, este a cincea cauză de spitalizare și al treilea cel mai frecvent motiv pentru o intervenție chirurgicală, impactul socio-economic fiind unul major [1]. Durerea lombară și radiculopatiile sunt maladii foarte frecvente la adult, astfel majoritatea vor experimenta cel puțin o dată în viața lor durere de spate și odată cu înaintarea în vârstă un număr mai mare de pacienți cu astfel de simptome sunt consultați de către medicii de familie și specialiștii în tratamentul durerii [2-5].

Durerile lombare apar pe motivul afectării degenerative ale articulațiilor zigapofizare sau fațetare

aproximativ în 30% cazuri [6-8]. Aceste articulații sunt inervate de ramurile mediale ale rădăcinilor posterioare ale măduvei spinării din nivelul implicat și cele cu un nivel mai sus [9]. Durerea din aceste articulații este de obicei localizată în regiunea lombară și poate iradia în regiunea fesieră sau regiunea proximală a membrilor inferioare. Suprasolicitarea articulațiilor fațetare prin extensia oblică poate reproduce simptomele. Istoricul și examenul fizic nu sunt mijloacele cele mai sigure de diagnosticare a durerii mediate de articulațiile fațetare.

Tratamentul injectabil joacă un rol major în terapia durerii lombare și a radiculopatiilor și tinde să devină parte integrantă din abordarea multidisciplinară a tratamentului și reabilitării pacienților cu durere. Indicațiile acceptate pentru terapia infiltrativă a rădăcinilor lombare sunt herniile de disc intraforaminale

și laterale, sindromul de chirurgie nereușită a spatelui (failed back surgery syndrome) și iritarea nervoasă cronică prin alterarea osoasă inoperabilă. Indicațiile pentru infiltrațiile articulațiilor fațetare sunt sindromul de fațetă articulară rezultat din dereglarea acută a funcției articulațiilor fațetare în microtraumatisme, instabilitate vertebrală, osteoartrita și hiperplazia articulațiilor [10].

Ghidajul imagistic în tratamentul infiltrativ al durerii lombare a crescut precizia injectărilor. Ultrasonografia este limitată în capacitatea de vizualizare prin substanța osoasă, din care motiv injecțiile pararadiculare și ale articulațiilor fațetare ale coloanei lombare sunt efectuate de preferință sub ghidaj computer tomografic sau fluoroscopic. Cu toate acestea ultrasunetul are mai multe avantaje. Nervii periferici pot fi vizualizați prin ultrasunet, dar nu prin fluoroscopie. Ultrasunetul poate fi utilizat pentru a facilita plasarea acului în locul infiltrației și poate fi combinat cu fluoroscopia la utilizarea contrastului. Acest lucru poate îmbunătăți viteza, siguranța și acuratețea unei proceduri evitând expunerea radiației.

Numeroase studii au demonstrat corectitudinea procedurilor ghidate ultrasonografic la nivelul coloanei vertebrale lombare [9-11]. Infiltrațiile epidurale caudale sunt indicate pentru durerea radiculară cauzată de stenoza canalului lombar sau herniile de disc intervertebral. Se preferă abordarea caudală din cauza riscului mai mic de infiltrație intratecală și puncție accidentală [12-14]. Infiltrațiile caudale sunt de obicei realizate cu ghidare fluoroscopică, însă ultrasonografia oferă o mare alternativă fluoroscopiei.

Rolul ecografiei în infiltrațiile la nivelul canalului rahidian a fost subapreciat din cauza eficacității relative a tehnicii ghidate și parțial din cauza dificultăților de vizualizare prin fereastra ecografică îngustă produsă de particularitățile anatomice osoase ale coloanei vertebrale. Vizualizarea ultrasonografică a structurilor localizate în interiorul canalului vertebral osos la adulți este posibilă numai prin intermediul spațiilor interlaminare dintre vertebrele adiacente. Cu toate acestea, imaginea ecografică apărută în acest mod stă la baza utilității ultrasunetelor în infiltrațiile epidurale, deoarece dacă spațiul interlaminar permite trecerea undelor sonore în canalul vertebral, același spațiu va permite trecerea acului în spațiul epidural sau intratecal [9-11].

Particularități tehnice ale ultrasonografiei coloanei lombare

În primul rând, practicantul trebuie să fie într-o poziție ergonomică și confortabilă pentru a efectua infiltrațiile. Pacientul trebuie să stea confortabil. Intervențiile ultrasunet-ghidate la nivelul coloanei vertebrale lombare sunt efectuate, pacientul fiind în

poziție culcată, decubit lateral sau așezat. Riscurile, beneficiile și alternativele tuturor procedurilor ar trebui să fie discutate cu pacientul și familia lor și de a obține consimțământul informat. Riscurile comune tuturor preparatelor injectabile includ hemoragia, infecția, intensificarea durerii, reacțiile alergice, leziuni ale nervilor, tendoanelor sau ruptura de ligamente. Riscuri specifice injectării corticosteroizilor includ atrofia locală sau depigmentare a pielii, creșterea tensiunii arteriale sau a glicemiei, modificări ale dispoziției, insomnie, erupții cutanate, dar acestea sunt rare la dozele cele mai frecvent utilizate.

Este necesar de selectat tipul potrivit de aparat de ultrasonografie și de transductor. Transductoarele de înaltă frecvență cu matrice liniară (de obicei, 10 MHz +) au o rezoluție mai mare și au permis ca ultrasonografia musculo-scheletală (MSK-US) să fie posibilă. Pentru regiunea lombară a coloanei vertebrale este necesar un dispozitiv de ultrasunet standard folosind un transductor curbat sau liniar de 17-6 MHz sau alternativ de 5-1 MHz, în funcție de masa corporală a pacientului. Întreaga procedură se face în condiții sterile. Setarea adâncimii inițiale de 7-8 cm este adecvată pentru majoritatea pacienților, dar profunzimea, focusarea, setările aparatului de ultrasunet trebuie ajustate în timpul procesului de scanare pentru a produce o imagine optimă. Modul Doppler poate fi folosit pentru a identifica fluxul sanguin. Este util în identificarea vaselor sanguine, dar poate fi de asemenea utilizat pentru a detecta mișcările acului sau a cantității mici de medicament injectat, îmbunătățind localizarea acului. ColorDoppler-ul prezintă direcția fluxului, PowerDoppler-ul este mult mai sensibil la mișcarea fluxului [10, 47].

Sonoanatomia regiunii lombare a coloanei vertebrale

Anatomia omului este descrisă în cele trei planuri de bază: sagital, transversal și coronal. Similar, există trei orientări de bază ale sondei și fascicului de ultrasunet: *paramedian sagital (PS)*, atunci când fasciculul este orientat în plan sagital al coloanei vertebrale lateral cu planul sagital median; *paramedian sagital oblic (oblic PS)*, similar cu planul PS cu excepția faptului că fasciculul este acum înclinat și care vizează spre plan sagital median; *transversal*, în cazul în care fasciculul este orientată paralel cu planul transversal sau planul orizontal. Termenii „transversal” și „axial” sunt sinonime când se referă la planurile imagistice. [15].

Recunoașterea paternului sonografic este esențial în interpretarea sonoanatomiei coloanei vertebrale, deoarece profunzimea și spațiul eco limitat împiedică de multe ori vizualizarea clară a structurilor anatomice relevante. Suprafețele osoase apar ca structuri

liniare cu umbre acustice dense hiperecogene, sub care se ascund structurile mai profunde. Țesutul conjunctiv, cum ar fi ligamentele și membranele fasciale, de asemenea, sunt hiperecogene, însă impedanța acustică a lor este mai mică decât cea a osului, deci structurile mai profunde decât ele pot fi vizualizate. Țesutul adipos și fluid au impedanță acustică foarte scăzută și sunt hipoecoice.

Ki Jinn Chin et al. descriu 5 moduri de vizualizare ultrasonografică a regiunii lombare: *vizualizare parasagitală (PS) a proceselor transversale, vizualizare PS a proceselor articulare, vizualizare PS oblică, vizualizare transversală a procesului spinos și vizualizare transversală interlaminară* [15]. Acestea facilitează atât procesul de recunoaștere a structurilor cât și performanța generală a blocadelor ultrasunet-ghidate la nivelul canalului rahidian.

Infiltrațiile ultrasunet-ghidate pot avea avantaje asupra tehnicilor tradiționale de efectuare a anesteziei regionale. Practicienii au raportat mai puține leziuni vasculare, succes mai frecvent și o doză redusă de anestezic local [16]. Infiltrația epidurală de corticosteroizi a fost folosită ca o metodă de tratament nonchirurgical acceptat în gestionarea durerii de spate cronice. Abordarea transforaminală ghidată fluoroscopic rămâne calea cea mai precisă și eficientă de administrare a corticosteroizilor în spațiul epidural, deoarece confirmă localizarea corectă a acului și că medicamentul este injectat în mod corespunzător în spațiul epidural, dar prezintă pericol de radiație a pacientului și a intervenționistului și nu poate fi practicat zilnic [17].

În ultimii ani, ultrasonografia a fost utilizată pe scară largă pentru blocade regionale și evaluarea anatomiei sistemului nervos. Detalii anatomice ale hiatului sacral, cornua sacrală bilaterală, apexul hiatului sacral, pereții anteriori și posteriori ai canalului sacral și ligamentul sacrococcigian pot fi detectate în mod clar sub ghidajul de ultrasunete [18-20]. Hiatalul sacral este cel mai important reper osos pentru efectuarea infiltrațiilor epidurale caudale și rata de succes depinde de plasarea corectă a acului în canalul sacral și de variațiile anatomice a hiatului sacral [19]. Anatomia hiatului sacral a fost cercetată în mai multe studii și bazată pe măsurările radiologice sau cadaverice, unele puncte au fost propuse pentru a crește rata de siguranță și de succes a injecțiilor caudale [21]. Numeroase studii demonstrează aplicarea ultrasonografiei ca o modalitate sigură și rapidă de a localiza hiatalul sacral și pentru a ghida plasarea acului în infiltrațiile epidurale caudale. Ultrasunetul poate oferi imagini clare ale hiatului sacral și poate detecta variațiile anatomice ale osului sacru, acestea făcând dificilă sau imposibilă injecția epidurală [19, 22-24].

Dificultatea tehnică a blocadei la nivelul canalului rahidian ghidată ultrasonografic poate fi apreciată cu ajutorul a doi parametri: numărul de injecții necesare pentru a avea succes și timpul necesar pentru efectuarea procedurii. Dintre cele două prima se consideră să fie mai importantă, deoarece manipulațiile multiple cu acul se pot asocia cu complicații, cum ar fi puncție accidentală durală, puncție vasculară [25]. Literatura de specialitate indică faptul că utilizarea tehnicii ultrasunet-ghidate reduce la jumătate numărul de injecții necesare la nivelul canalului rahidian sau a crescut în mod semnificativ succesul primului pasaj [26-28].

În studiul publicat de Mahshid Nikooseresht et al. infiltrațiile epidurale la 2 dintre cei 10 pacienți examinați nu au reușit, deoarece hiatalul sacral nu a putut fi identificat prin ultrasonografie. La acești pacienți s-a aplicat alternativ ghidajul fluoroscopic care a fost la fel fără succes. Radiografia ulterioară a osului sacru la acești pacienți a arătat că hiatalul sacral a fost anatomic închis [16]. Astfel, imaginile obținute prin ghidarea ultrasonografică a sugerat ca ultrasunetul poate fi utilizat ca un instrument eficient pentru evaluarea variațiilor anatomice ale hiatului sacral. Observarea avansării acului în canalul sacral, turbulența fluidului injectat și proba aspirației negativă pot fi utilizate ca indicatori de succes ai infiltrațiilor epidurale ghidate imagistic.

Vizualizarea structurilor profunde poate fi dificilă la anumite categorii de pacienți. La pacienții obezi, structurile sunt mai puțin distincte, din cauza atenuării ecourilor la parcurgerea undelor de ultrasunet prin stratul mai mare de țesut adipos [29]. Cu toate acestea, progresele în tehnologia imagistică precum îmbunătățirea imaginii prin tehnica combinată și tehnica prin țesut armonic poate compensa calitatea imaginii, iar studii recente susțin fezabilitatea ultrasonografiei la populația obeză [30-32]. La pacienții vârstnici îngustarea spațiului interspinos și spațiile interlaminare cauzate de osificarea ligamentelor interspinoase și hipertrofia articulațiilor fațetare pot cauza dificultăți de vizualizare. Procesele spinoase proeminente la pacienții astenici de asemenea pot împiedica contactul cu pielea și cu sonda ultrasonografică. La acești pacienți, obținerea imaginii transversale a canalului vertebral poate fi dificilă sau imposibilă și selectarea metodei PS oblice poate fi o mai bună alegere. La acești pacienți contactul poate fi îmbunătățit prin utilizarea unei sonde cu un volum mai mic [33].

Ghidarea ultrasonografică a infiltrațiilor plexului lombar

Plexurile lombar (L2-L4) și lombo-sacral (L4-L5-S1) sunt responsabile de inervația membrilor inferioare și sunt deseori reperate pentru tratamentul

durerii lombare prin infiltrații ghidate ultrasonografic. Plexul lombar este localizat între straturile anterioare și posterioare ale mușchiului psoas mare. Mușchiul psoas mare aderă la corpurile vertebrale, discurile intervertebrale și procesele transversale ale vertebrelor T12-L5. Plexul lombar poate fi abordat ultrasonografic între stratul anterior și posterior al mușchiului psoas mare [34-36]. Infiltrațiile plexului lombar sunt în mod tradițional realizate folosind repere anatomice, însă acești markeri pot varia în rândul pacienților [34-37]. Literatura de specialitate descrie tehnici alternative de infiltrații a plexului lombar și lombo-sacral. Cele mai efective tehnici sunt Tehnica Shamrock [37] și Tehnica ultrasonografică Trident [38].

Unica tehnică cu vizualizare sonografică directă a plexului lombar este tehnica Shamrock care identifică un patern caracteristic - „semnul trident” în formă de trifoi unde procesul transversal al vertebrei lombare L4 ar fi pețiolul înconjurat de trei frunze – mușchiul psoas mare, mușchiul patrat lombar și mușchiul erector spinae. Medial și posterior de mușchiul psoas mare este vizibil plexul lombar cu o structură hiperecogenă sonografică distinctă față de mușchi. Această tehnică de blocare a plexului lombar ghidată ultrasonografică a fost efectuată cu succes și în combinație cu infiltrația nervului sciatic [37]. Kirchmair și colegii deasemenea au descris recent sonoanatomia relevantă pentru infiltrațiile plexului lombar. Deși ei nu au putut vizualiza plexul lombar au fost capabili să ghideze exact acul pentru infiltrații cu ajutorul ultrasunetului (la cadavre) în regiunea posterioară a mușchiului psoas, unde se află rădăcinile plexului lombar [39-40]. Astfel, comparativ cu metodele tradiționale de abordare a plexului lombar, ghidarea ultrasonografică are avantaje deoarece anatomia regională este clar delimitată, se identifică avansarea acului și poate fi observat în timp real distribuția medicamentului.

Tehnici noi de infiltrație a plexului lombar și sacral ultrasunet-ghidate sunt descrise de către Bendtsen TF și colegii [41]. Ei au descris în detalii deplasarea sondei ultrasonografice spre repere anatomice distincte pentru o mai ușoară patrundere a acului infiltrativ cât mai aproape de rădăcinile plexului lombo-sacral. Acestea sunt tehnica prin Deplasare suprasacrală paralelă (SupraSacral Parallel Shift (SSPS)) care produce blocarea trunchiului lombo-sacral dintr-o singură injecție și tehnica ultrasonografică de Deplasare parasacrală paralelă (ParaSacral Parallel Shift (PSPS)) care identifică plexul sacral exact în locul unde părăsește pelvisul prin gaura sciatică mare, sub mușchiul piriform [42].

Tehnici ultrasunet-ghidate în infiltrațiile articulațiilor fațetare

Articulațiile fațetare sau zigapofizare sunt consi-

derate a fi surse frecvente de durere cronică lombară [44]. Durerea localizată la nivel lombar poate iradia spre structurile adiacente - fese și regiunile proximale ale extremităților inferioare. Articulațiile fațetare sunt înervate de ramurile mediale derivate din rădăcinile posterioare ale nervului spinal de la același segment sau de la un nivel mai sus, astfel infiltrațiile cu anestetic local ale acestor nervi au fost propuse pentru scopuri de diagnostic și de prognostic. Deoarece infiltrațiile fațetare sunt adesea necesare pentru a identifica durerea articulară simptomatică sau pentru excluderea originii articulare a durerii, procedura poate expune pacienții și personalul medical la doze considerabile de radiație. Ultrasonografia nu este asociată cu expunerea la radiație. Ghidajul ecografic a fost propus recent ca o posibilă alternativă fluoroscopiei pentru infiltrația ramurii nervoase mediale ale articulației fațetare. Studiile anatomice sugerează că odată cu înaintarea în vârstă, aceste articulații devin mai fragile și orientarea lor se schimbă din poziție coronală în poziție sagitală. Cele mai caudale articulații fațetare lombare L3-L4, L4-L5, L5-S1 sunt suprasolicitate în timpul flexiei laterale și anterioare a trunchiului, astfel fiind predispuse la inflamație, hipertrofie articulară și formarea de osteofite. Osteoartrita articulațiilor fațetare este la fel frecvent întâlnită în asocieri cu degenerarea discului intervertebral [45].

Galiano et al. [43] au propus tehnici de abordare ultrasonografică a articulațiilor fațetare vertebrale. Acest grup de cercetători au demonstrat acuratețea și corectitudinea infiltrațiilor fațetare ultrasunet-ghidate la toate nivelurile lombare, mai ales la nivelul L5-S1 care este cel mai frecvent afectat. Galiano a efectuat o abordare „in-plane” cu ajutorul ultrasunetului, în care acul a fost strict avansat în paralel cu axa lungă a transductorului, pentru a menține acul în planul ecoului. Această tehnică prevede monitorizarea în timp real a acului introdus de-a lungul întregii sale lungimi. Ei propun scanarea axială a coloanei vertebrale în regiunea necesară de examinat. Pentru a localiza diferite niveluri ale coloanei vertebrale sunt necesare obținerea sonogramelor posterioare sagitale astfel fiind identificat procesul spinos L5 și structurile adiacente (laminele arcului vertebral, articulațiile zigapofizeale, fațetele inferioare și superioare, procesele transversale și istmul vertebral). Ulterior pentru a identifica nervii spinali corespunzătoare nivelului este necesar ca sonda să fie rotită pentru a obține sonografe transversale [43].

Același grup de cercetători a demonstrat cu 2 ani mai târziu o corelație semnificativă între abordarea ultrasonografică și scanarea computer-tomografică a articulațiilor fațetare în regiunea lombară a coloanei vertebrale [46].

Concluzii

Articolul este o scurtă trecere în revistă a literaturii de specialitate cu privire la utilizarea tehnicii ultrasunet-ghidate în tratamentul durerii lombare. Infiltrațiile epidurale, pararadiculare și fațetare ghidate ultrasonografic sunt actual realizate în principal sub ghidaj computer tomografic sau fluoroscopic. Ultrasonografia este deja folosită cu succes pentru a ghida o varietate de proceduri infiltrative la diferite regiuni anatomice prezentând mai multe avantaje: vizualizarea directă a regiunii de interes, ghidarea în timp real a acului injectat, vizualizarea răspândirii medicamentului în locul injectat, evitarea leziunilor vaselor adiacente nervilor injectați. Prin urmare, ultrasonografia prezintă un risc minim de complicații, un potențial de reducere a dozei de medicament pentru infiltrațiile locale, scurtarea timpului de efectuare a procedurii și lipsa expunerii la radiații ionizante.

Bibliografie

- Kovacs F.M., Muriel A., Abriaira V. et al. The influence of fear avoidance beliefs on disability and quality of life is sparse in Spanish low back pain patients. *Spine* 2005;30:E676-82.
- Bogduk N. On the definitions and physiology of back pain, referred pain, and radicular pain. *Pain* 2009; 147: 17-19.
- Moore R.A., Straube S., Derry S., McQuay H.J. Chronic low back pain analgesic studies--a methodological minefield. *Pain* 2010; 149: 431-434.
- O'Neill S., Graven-Nielsen T., Manniche C., Arendt-Nielsen L. Ultrasound guided, painful electrical stimulation of lumbar facet joint structures: an experimental model of acute low back pain. *Pain* 2009; 144: 76-83.
- Schiltenswolf M., Schneider S. Activity and low back pain: a dubious correlation. *Pain* 2009; 143: 1-2.
- Boswell M.V., Colson J.D., Spillane W.F. Therapeutic facet joint interventions in chronic spinal pain: a systematic review of effectiveness and complications. *Pain Physician*. 2005;8:101-14.
- Manchikanti L. et al. Cervical medial branch blocks for chronic cervical facet joint pain: a randomized, double-blind, controlled trial with one-year follow-up. *Spine*. 2008;33:1813-20.
- Manchikanti L., Boswell M.V., Singh V., Pampati V., Damron K.S., Beyer C.D. Prevalence of facet joint pain in chronic spinal pain of cervical, thoracic, and lumbar regions. *BMC Musculoskelet Disord*. 2004;5:15.
- Boswell M.V., Shah R.V., Everett C.R. et al. Interventional techniques in the management of chronic spinal pain: evidence-based practice guidelines. *Pain Physician*. 2005;8:1-47.
- Alexander Loizides, Siegfried Peer, Michaela Plaikner, Verena Spiss, Klaus Galiano, Jochen Obernauer, Hannes Gruber. Ultrasound-guided injections in the lumbar spine. *Medical Ultrasonography* 2011, Vol. 13, no. 1, 54-58.
- Siegenthaler A., Mlekusch S., Trelle S. Accuracy of ultrasound- guided nerve blocks of the cervical zygapo-physal joints. *Anesthesiology*. 2012;117:347-52.
- Narouze S., Peng P.W. Ultrasound-guided interventional procedures in pain medicine: a review of anatomy, sonoanatomy, and procedures. Part II: axial structures. *Reg Anesth Pain Med*. 2010;35:386-96.
- Tsui B.C., Tarkkila P., Gupta S. et al. Confirmation of caudal needle placement using nerve stimulation. *Anesthesiology*. 1999;91:374-8.
- Botwin K.P., Gruber R.D., Bouchlas C.G. et al. Complications of fluoroscopically guided caudal epidural injections. *Am J Phys Med Rehabil*. 2001;80:416-24.
- Ki Jinn Chin et al. Ultrasonography of the Adult Thoracic and Lumbar Spine for Central Neuraxial Blockade. *Anesthesiology* 2011; 114:1459 - 85.
- Mahshid Nikooseresht et al. Ultrasound as a Screening Tool for Performing Caudal Epidural Injections. *Iran J Radiol*. 2014 May; 11(2): e13262.
- Yoon J.S., Sim K.H., Kim S.J., Kim W.S., Koh S.B., Kim B.J. The feasibility of color Doppler ultrasonography for caudal epidural steroid injection. *Pain*. 2005;118(1-2):210-4.
- Blanchais A., Le Goff B, Guillot P, Berthelot J.M., Glemarec J., Maugars Y. Feasibility and safety of ultrasound-guided caudal epidural glucocorticoid injections. *Joint Bone Spine*. 2010;77(5):440-4.
- Chen C.P., Wong A.M., Hsu C.C., Tsai W.C., Chang C.N., Lin S.C. et al. Ultra-sound as a screening tool for proceeding with caudal epidural injections. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(3):358-63.
- Najman I.E., Frederico T.N., Segurado A.V., Kimachi P.P. Caudal epi-dural anesthesia: an anesthetic technique exclusive for pediatric use? Is it possible to use it in adults? What is the role of the ultrasound in this context? *Rev Bras Anesthesiol*. 2011;61(1):95-109.
- Macchi V., Porzionato A., Morra A., Stecco C., De Caro R. Radiologic anatomy of the sacral canal. *Acta Neurochir Suppl*. 2011;108:5-8.
- Klocke R., Jenkinson T., Glew D. Sonographically guided caudal epidural steroid injections. *J Ultrasound Med*. 2003;22(11):1229-32.
- Chen C.P., Tang S.F., Hsu T.C., Tsai W.C., Liu H.P., Chen M.J. et al. Ultrasound guidance in caudal epidural needle placement. *Anesthesiology*. 2004;101(1):181-4.
- Raghunathan K., Schwartz D., Connelly N.R. Determining the accuracy of caudal needle placement in children: a comparison of the swoosh test and ultrasonography. *Paediatr Anaesth*. 2008;18(7):606-12.
- de Filho G.R., Gomes H.P., da Fonseca M.H., Hoffman J.C., Pederneiras S.G., Garcia J.H. Predictors of successful neuraxial block: A prospective study. *Eur J Anaesthesiol* 2002; 19:447-51.
- Auroy Y., Narchi P., Messiah A., Litt L., Rouvier B., Samii K. Serious complications related to regional anesthesia: Results of a prospective survey in France. *Anesthesiology* 1997; 87:479-86.
- Harrison D.A., Langham B.T. Spinal anaesthesia for urological surgery. A survey of failure rate, postdural

puncture head-ache and patient satisfaction. *Anaesthesia* 1992; 47:902–3.

28. Horlocker T.T., McGregor D.G., Matsushige D.K., Schroeder D.R., Besse J.A. A retrospective review of 4767 consecutive spinal anesthetics: Central nervous system complications. Perioperative Outcomes Group. *Anesth Analg* 1997; 84:578 – 84.

29. Saranteas T. Limitations in ultrasound imaging techniques in anesthesia: Obesity and muscle atrophy? *Anesth Analg* 2009; 109:993– 4.

30. Chin K.J., Perlas A., Singh M., Arzola C., Prasad A., Chan V., Brull R. An ultrasound-assisted approach facilitates spinal anesthesia for total joint arthroplasty. *Can J Anaesth* 2009; 56:643–50.

31. Balki M., Lee Y., Halpern S., Carvalho J.C. Ultrasound imaging of the lumbar spine in the transverse plane: The correlation between estimated and actual depth to the epidural space in obese parturients. *Anesth Analg* 2009; 108:1876 – 81.

32. Chin K.J., Perlas A., Chan V., Brown-Shreves D., Koshkin A., Vaishnav V. Ultrasound imaging facilitates spinal anesthesia in adults with difficult surface anatomical landmarks. *Anesthesiology* (in press).

33. Scapinelli R. Morphological and functional changes of the lumbar spinous processes in the elderly. *Surg Radiol Anat* 1989; 11:129 –33.

34. Birnbaum K., Prescher A., Hessler S., Heller K.D. The sensory innervation of the hip joint- an anatomical study. *Surg Radiol Anat* 1997;19(6):371-375.

35. Kampa R.J., Prasthofer A., Lawrence-Watt D.J., Pattison R.M. The internervous safe zone for incision of the capsule of the hip. A cadaver study. *J Bone Joint Surg Br* 2007;89(7):971-976.

36. Standring S. editor. Gray's anatomy - The Anatomical Basis of Clinical Practice. 39th ed. Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone; 2005.

37. Sauter A., Ullensvang K., Bendtsen T.F., Boerglum J. The “Shamrock Method” - a new and promising technique for ultrasound guided lumbar plexus blocks. *Br J Anaesth* 2013.

38. Karmakar M.K., Ho A.M., Li X., Kwok W.H., Tsang K., Ngan Kee W.D. Ultrasound-guided lumbar plexus block through the acoustic window of the lumbar ultrasound trident. *Br J Anaesth* 2008;100(4):533-537.

39. Kirchmair L., Entner T., Wissel J., Moriggl B., Kapral S., Mitterschiffthaler G. A study of the paravertebral anatomy for ultrasound-guided posterior lumbar plexus block. *Anesth Analg* 2001; 93: 477 – 81.

40. Kirchmair L., Entner T., Kapral S., Mitterschiffthaler G. Ultrasound guidance for the psoas compartment block: an imaging study. *Anesth Analg* 2002; 94: 706 – 10.

41. Bendtsen T.F., Søballe K., Petersen E.M., Moriggl B., Sauter A., Strid J. et al. Ultrasound Guided Single Injection Lumbosacral Plexus Blockade For Hip Surgery Anaesthesia. *Br J Anaesth* 2013.

42. Bendtsen T.F., Lönnqvist P.A., Jepsen K.V., Petersen M., Knudsen L., Børglum J. Preliminary results of a new ultrasound guided approach to block the sacral plexus: the parasacral parallel shift. *British journal of anaesthesia* 2011;107(2):278.

43. Galiano K., Obwegeser A.A., Bodner G. et al. Real-time sonographic imaging for periradicular injections in the lumbar spine: a sonographic anatomic study of a new technique. *J Ultrasound Med* 2005; 24: 33-38.

44. Sehgal N., Dunbar E.E., Shah R.V., Colson J. Systematic review of diagnostic utility of facet (zygapophysial) joint injections in chronic spinal pain: an update. *Pain Physician* 2007;10:213–28.

45. Laura Bertini et al. Ultrasound and facet blocks: A review, *European Journal of Pain Supplements* 3 (2009) 139–143.

46. Galiano K., Obwegeser A.A., Bale R., Harlander C., Schatzer R., Schocke M. et al. Ultrasound-guided and CT-navigation-assisted periradicular and facet joint injections in the lumbar and cervical spine: a new teaching tool to recognize the sonoanatomic pattern. *Reg Anesth Pain Med* 2007a;32(3):254–7.

47. David A. Spinner et al. Atlas of Ultrasound Guided Musculoskeletal Injections.