

El nervi troclear

Estudi anatòmic, clínic i quirúrgic dels parells cranials

Premi Gemma Rosell i Romero 2010

Escrit per

J. Rincon-Torroella, A. Benet, M. de Notaris
i A. Prats-Galino

Centre de Recerca: Laboratori de Neuroanatomia Quirúrgica,
Facultat de Medicina, Universitat de Barcelona.

Una petita lesió en alguna de les estructures que conformen el sistema nerviós central es pot traduir en una alteració o deficiència que acompanyarà la persona afectada al llarg de la vida. La neurocirurgia és l'especialitat quirúrgica que confronta directament el coneixement i l'habilitat del cirurgià amb el sistema nerviós i la patologia que l'afecta. És fonamental per a la pràctica de la neurocirurgia conèixer l'anatomia, la funcionalitat i les implicacions clíniques de cadascuna de les estructures nervioses i vasculars que conformen el camp quirúrgic. Aquest article forma part d'un conjunt d'estudis elaborats per l'equip d'investigació del Laboratori de Neuroanatomia Quirúrgica (LSNA) de la Facultat de Medicina de la Universitat de Barcelona, amb la col·laboració d'equips de l'Hospital Clínic i de la Università degli Studi di Napoli Federico II, que tenen per objectiu l'anàlisi exhaustiva dels nervis cranials.

Els nervis cranials són parells i simètrics. Emergeixen de la base de l'encèfal i travessen la base del crani per innervar majorment la regió del cap i del coll. Cada parell cranial fa funcions específiques, motores, sensibles i/o vegetatives. Dels dotze parells cranials, el nervi troclear, juntament amb els nervis oculomotor i abducent, s'encarreguen dels moviments oculars. El nervi troclear és el quart parell cranial i té la funció és innervar el múscul oblic superior, que permet principalment moure el globus ocular cap a la part inferior de l'òrbita. El nervi troclear té el diàmetre més petit i el recorregut intracranial més llarg de tots, i això fa que sigui molt susceptible a patir lesions per estirament i/o compressió. Mentre que tots els altres nervis cranials emergeixen des de la regió ventral del tronc de l'encèfal, el nervi troclear ho fa des de la regió dorsal: dona la volta al tronc de l'encèfal i travessa les tres fosses cranials fins a entrar a l'òrbita ocular. Per això, pot ser lesionat durant la gran major part dels abordatges que s'utilitzen en neurocirurgia (fig. 1).

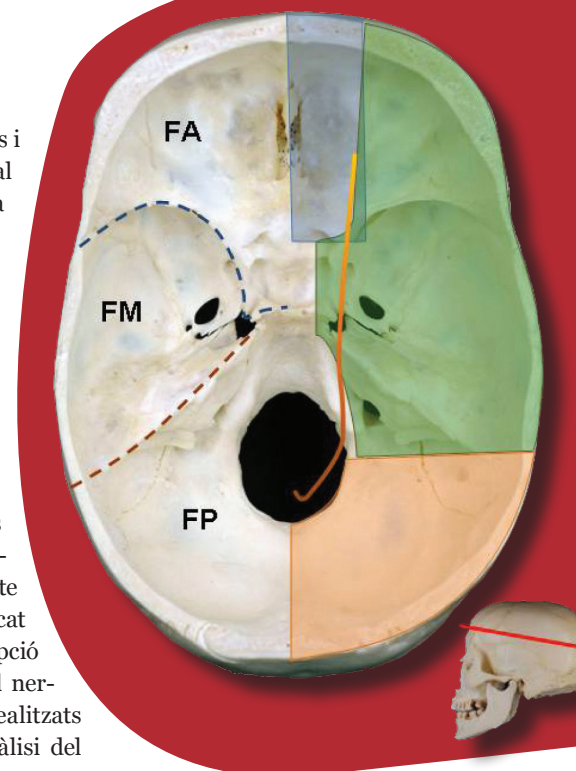
Els tumors, les malformacions vasculars i les hemorràgies deformen les estructures anatòmiques i les seves relacions. Un coneixement exhaustiu de la regió on es troba la lesió a abordar, facilita la intervenció i evita seqüeles postquirúrgiques. L'estudi de la neuroanatomia quirúrgica permet comprendre i integrar com es disposen i es relacionen

les diferents estructures vasculars i nervioses que conformen l'encèfal i la medul·la des de la perspectiva d'un abordatge neuroquirúrgic.

Una comprensió detallada de l'anatomia quirúrgica i les relacions estructurals del nervi troclear al llarg del seu recorregut és essencial per dur a terme d'una manera segura abordatges a l'òrbita, la fossa cranial mitjana i la posterior. Diversos estudis han analitzat les regions anatòmiques relacionades amb el trajecte del nervi troclear, l'han classificat en porcions o han fet una descripció detallada d'un dels segments del nervi. Tot i això, cap dels estudis realitzats prèviament no comprèn una anàlisi del recorregut complet del nervi i de les seves relacions anatòmiques.

L'objectiu d'aquest estudi és la descripció exhaustiva del curs complet del nervi troclear, des de l'origen al tronc de l'encèfal fins a l'òrbita ocular. Des del punt de vista dels diferents abordatges quirúrgics en els quals aquest nervi es troba implicat, se n'estudien les característiques pròpies, la vascularització i les relacions anatòmiques, juntament amb els aspectes clínics i quirúrgics que s'hi relacionen. Conseqüentment, es proposa una classificació del nervi en diferents segments, tot integrant cadascun dels seus aspectes anatòmics, clínics i quirúrgics.

Per dur a terme el present estudi s'han realitzat, al LSNA, simulacions *ex vivo* d'abordatges neuroquirúrgics transcranials i endoscòpics endonasals específics, en deu espècimens cadavèrics. Aquests han estat tractats amb una solució d'embalsamament que permet mantenir l'elasticitat i la resistència dels teixits. S'ha injectat làtex vermell i blau a les artèries i venes per poder reconèixer-les. Per fer les mesures dels diferents segments s'ha obtingut una tomografia axial computeritzada (TAC) de cadascun dels espècimens i s'ha utilitzat un sistema de neuronavegació intraoperatori (fig. 2).



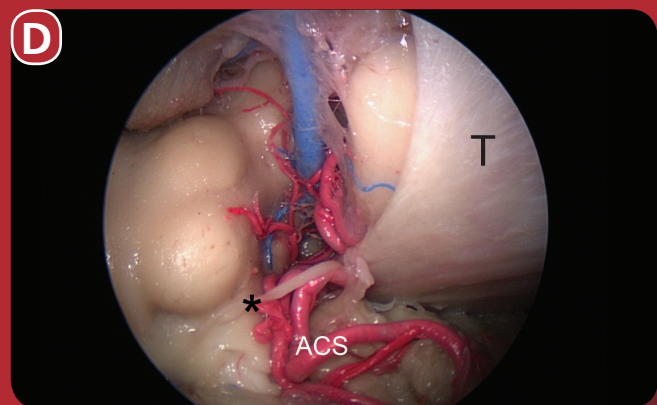
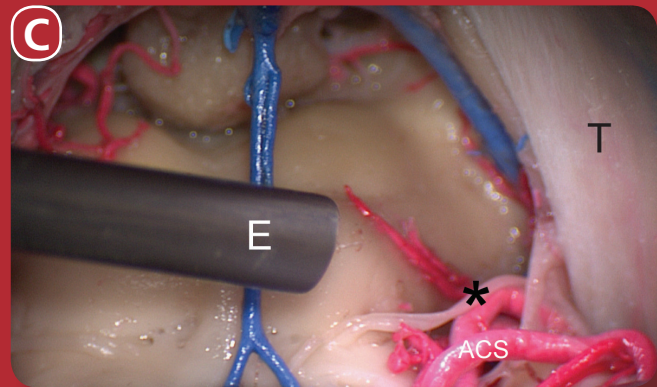
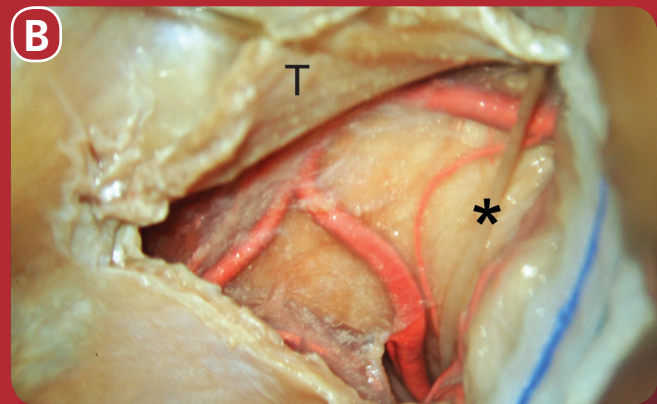
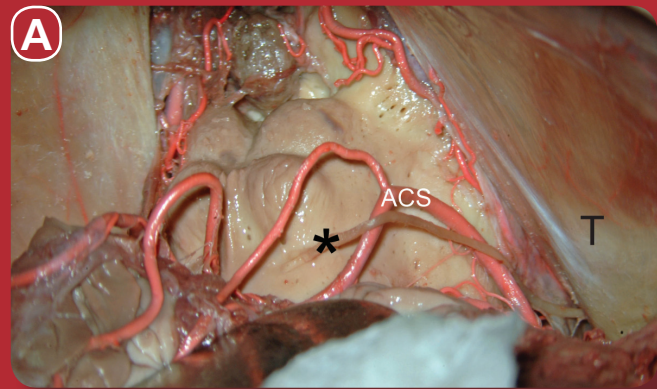
◀ **Figura 1.** Superfície interna d'un crani-visió superior de la base de crani. La línia vermella indica el pla de secció. La línia de color taronja representa el recorregut complet del nervi troclear des de l'origen al tronc de l'encèfal fins a la finalització a l'òrbita. A la part esquerra de la base del crani les línies de punts marquen la separació de les tres fosses cranials. A la part dreta, es representen les regions a les quals es pot accedir des dels diferents abordatges neuroquirúrgics. En taronja, la regió d'accés dels abordatges supracerebel·losos infratentorials o suboccipitals. En verd, la dels abordatges subtemporals, frontals, temporals, orbitals i zigomàtics, o presigmoide transpetrós. En blau, la dels abordatges endoscòpics endonasals. Es pot observar que el nervi troclear travessa les tres fosses cranials i pot ser exposat mitjançant aquests abordatges.
Legenda: FA: fossa anterior; FM: fossa mitjana; FP: fossa posterior.

Els resultats obtinguts a partir d'aquest estudi s'exposen a continuació. El nervi troclear s'ha dividit en cinc segments: cisternal, *tentorial*, cavernós, fissural i orbitari. D'aquests, els tres primers són intracranials, i els altres dos abandonen la cavitat cranial per introduir-se a l'òrbita ocular.

La combinació de diferents tècniques d'abordatge neuroquirúrgic ha estat essencial per obtenir una visió tridimensional comprensiva i completa del recorregut del nervi. Es va utilitzar la clàssica ruta transcranial abordada amb microscopi neuroquirúrgic com a tècnica estàndard per estudiar cadascun dels segments del

▶ **Figura 2.** Material i mètodes emprats. A: Procés d'embalsamament. B: Components del neuronavegador. Aquest funciona com un sistema de posicionament i guia: a la pantalla es pot veure la reconstrucció 3D i les imatges de la TAC de l'espècimen, alhora que s'indica el punt on s'està disseccionant, a temps real. C: Visor òptic del microscopi neuroquirúrgic, per mitjà del qual el cirurgià visualitza el camp quirúrgic. D: Instrumentalització per fer abordatges endoscòpics. L'endoscopi consta d'una òptica acoblada a una càmera d'alta definició i una font de llum. A diferència del microscopi, permet navegar entre les estructures vasculonervioses profundes i visualitzar-les de prop.





nervi. Aquesta visió s'ha complementat amb la visió endoscòpica del mateix abordatge —tècnica microneuroquirúrgica assistida per endoscopi. Els abordatges endoscòpics endonasals han permès estudiar l'anatomia del nervi des d'una altra perspectiva (inferior i medial) i des d'un abordatge menys invasiu que la ruta transcranial.

Segment cisternal

El nervi troclear té el seu origen aparent a la regió posterior del tronc de l'encèfal. Surt per sota dels col·licles inferiors i cursa lliurement realitzant una trajectòria corba a través de dues cisternes aracnoïdals fins a inserir-se en l'estructura de duramàter anomenada *tentori*. Aquest segment comprèn la porció del nervi que circula per la fossa posterior i la transició a la fossa mitjana (fig. 3). Segons les cisternes aracnoïdals que recorre, el segment cisternal es pot descriure que és format per dues divisions: la divisió *quadrigeminal* quan circula per la cisterna *quadrigeminal* i la divisió *ambiens* quan circula per la cisterna del mateix nom. Les estructures principals amb què es relaciona el nervi al llarg d'aquest segment es poden classificar segons aquestes dues divisions. En el tram de la divisió *quadrigeminal*, el nervi troclear es relaciona amb l'artèria cerebel·losa superior, l'hemisferi del cerebel i l'artèria col·licular. En el tram de la divisió *ambiens*, es relaciona amb les artèries cerebel·losa superior, cerebral posterior i col·licular, amb la vena de Rosenthal, el mesencèfal i la superfície inferior del marge lliure del tentori.

Segment tentorial

Aquest segment comprèn la porció del nervi que circula per l'interior de l'estructura dural, el tentori. El nervi s'introdueix entre les dues capes de duramàter que formen el tentori i cursa envoltada per aquestes fins a arribar al si cavernós. La rigidesa i la consistència de la duramàter i l'adhesió re-

◀ **Figura 3.** Imatges microquirúrgiques i endoscòpiques del segment cisternal del nervi troclear obtingudes mitjançant la simulació d'abordatges neuroquirúrgics. A: Visió microscòpica de la fossa posterior des d'un abordatge infratentorial supracerebel·lós. El cerebel s'ha traccionat suaument amb una espàtula. El nervi troclear emergeix de la part posterior del tronc de l'encèfal i segueix una trajectòria corba fins a inserir-se al *tentori*. Es pot observar l'estreta relació que hi ha entre el nervi troclear i l'artèria cerebel·losa superior. Fruit de la proximitat entre aquestes estructures, l'artèria pot comprimir el nervi i provocar alteracions de la funció que realitza. B: Visió microquirúrgica de la transició fossa posterior-mitjana des d'un abordatge subtemporal. S'ha seccionat i elevat el *tentori*. S'exposa el segment en el qual el nervi troclear travessa les cisternes aracnoïdals i s'insereix al *tentori*. Durant aquesta maniobra, si s'eleva massa la duramàter, o la incisió es fa inadequadament, el nervi troclear pot ser fàcilment lesionat. C: Representació de la introducció de l'endoscopi al camp quirúrgic en la tècnica de microscòpia assistida per endoscopia. D: Visió endoscòpica de la fossa posterior. A diferència de la visió microscòpica, es poden observar amb més detall les relacions d'aquest nervi amb diferents estructures arterials i venoses, i com el nervi s'insereix a l'estructura dural del *tentori*.

Llegenda:
* Nervi troclear; T *tentori*; ACS artèria cerebel·losa superior, i E endoscopi.

sistent a les estructures òssies de la base del crani fan que aquest sigui un punt de fixació amb un especial interès clínic i quirúrgic del nervi.

Segment cavernós

Aquest segment s'estén des de l'entrada del nervi troclear al si cavernós fins a la fissura orbitària superior. L'entrada al si cavernós, una estructura venosa situada a banda i banda de la glàndula hipòfisi, és el segon punt de fixació del nervi troclear. Està protegida per parets durs que, alhora, contenen estructures nervioses i vasculars tan importants com els nervis oculomotor, troclear i trigemin. A l'interior del si cavernós podem trobar el nervi abducent i l'artèria caròtide interna, mentre que a la part superior trobem el nervi òptic. Aquest segment del nervi es troba en relació amb aquestes estructures (fig. 4).

Segment fissural

Aquest segment és definit pel curs del nervi troclear a través de la fissura orbitària superior, una escletxa òssia que comunica la cavitat intracranial amb l'òrbita, on s'insereixen la major part dels músculs encarregats dels moviments del globus ocular. Aquest segment es relaciona amb els nervis frontal i lacrimal i la vena oftàlmica.

Segment orbitari

Aquest segment comprèn el curs del nervi troclear per l'interior de l'òrbita. El nervi recorre

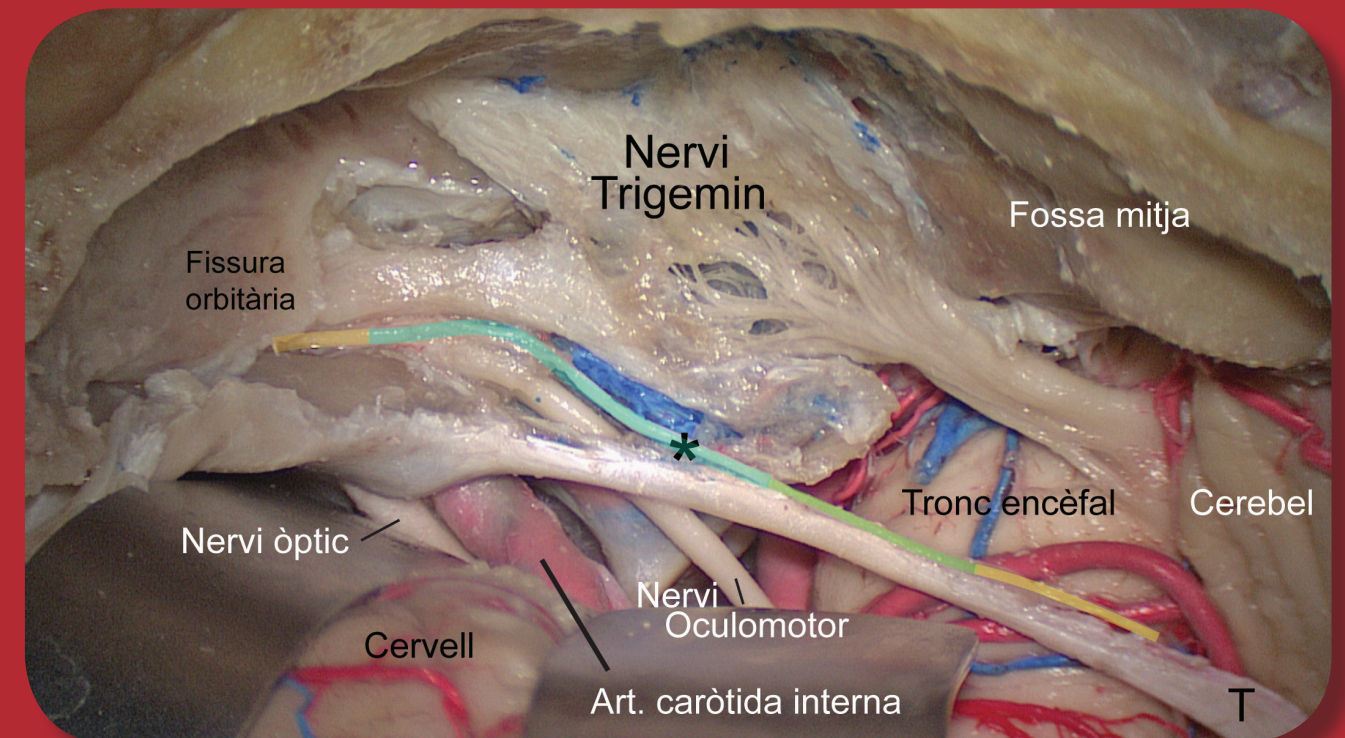
aquest trajecte entre el greix periorbitari i la periorbital —una fàscia que envolta les estructures orbitàries i les separa de l'os. El nervi troclear finalitza el recorregut fusionant-se amb les fibres del múscul oblic superior, el qual innerva.

En el present estudi s'ha observat que cadascun d'aquests segments rep una vascularització pròpia provinent de branques distals de l'artèria cerebel·losa superior, la caròtide interna o l'artèria oftàlmica.

L'estudi precís i detallat del curs complet del nervi troclear i el disseny d'un model anatòmic orientat clínicament i quirúrgic permet proposar una classificació que complementa les descripcions anatòmiques prèvies d'aquest nervi.

L'anàlisi del segment cisternal difereix de les descripcions anatòmiques prèvies ja que s'entén que cal la separació del segment entre una divisió *quadrigeminal* i una *d'ambiens*. Aquesta divisió es troba justificada anatòmicament, clínicament i quirúrgica. Des del punt de vista anatòmic, aquest segment cursa per dos compartiments diferents: les cisternes *quadrigeminal* i *ambiens*. D'acord amb estudis previs, aquestes estan separades per una fina membrana aracnoide, que el nervi travessa o a la qual s'adhereix.

▼ **Figura 4.** Visió microscòpica d'un abordatge a la fossa mitjana. Per obtenir aquesta visió i assegurar la maniobrabilitat s'ha traccionat el cervell amb una espàtula. S'ha extret la part lateral del *tentori* i la cobertura dural del si cavernós per exposar el recorregut del nervi troclear i les seves relacions anatòmiques, des que s'insereix al *tentori* fins que entra a l'òrbita per la fissura orbitària superior. S'han acolorit els diferents segments del nervi troclear. En groc, el segment cisternal; en verd, el *tentorial*; en blau, el cavernós i, en taronja, el fissural. És important observar la relació d'aquest nervi amb estructures tan vitals com la caròtide interna i els nervis òptic, trigemin i oculomotor, i com aquestes estructures emergeixen de l'encèfal per travessar l'os de la base del crani. Un tumor en aquesta regió sovint provoca símptomes per compressió d'aquestes estructures.
Llegenda:
* Nervi troclear, i T *tentori*.





▲ **Figura 5.** Alteració dels moviments oculars com a resultat d'una lesió al nervi troclear dret. A: Mirada de la pacient abans de la lesió. B: Mirada de la pacient després de la lesió, responsable que la pacient pateixi diplopia —visió doble— o hagi de torçar el cap perquè els ulls es puguin alinear. Una lesió al nervi troclear pot alterar de manera irreversible la qualitat de vida de les persones que la pateixen.

Des del punt de vista anàtic, el segment cisternal es pot exposar fàcilment extraient els fragments d'aracnoide que l'envolten, sense haver de realitzar la dissecció de la duramàter. Ara bé, per exposar quirúrgicament el segment cisternal cal dur a terme diferents abordatges segons interressi intervenir les regions de la divisió *quadrigeminal* o *ambiens*. La tècnica microscòpica assistida per endoscopi i l'endoscòpia endonasal han estat crucials en l'estudi d'aquest segment (fig. 3c i 3d).

Un cop el nervi troclear abandona les cisternes i s'introdueix al *tentori*, les característiques anàtiques de la regió, la importància clínic i la tècnica quirúrgica utilitzada per abordar-lo canvien completament. Conseqüentment, ha de ser considerat un segment diferent: el *tentorial*. A diferència del cisternal, per exposar el segment *tentorial* sense lesionar el nervi cal seccionar amb extrema precaució la resistent duramàter *tentorial* que l'abraça. Per la seva banda, els segments cavernós, fissural i orbitari poden ser exposats tant a través d'abordatges microscòpics transcranials clàssics com d'abordatges endoscòpics endonasals.

Des de la perspectiva dels abordatges endoscòpics endonasals s'ha pogut accedir a una gran part del recorregut del nervi troclear i estudiar les relacions anàtiques d'aquest amb els nervis oculomotor, abducent i frontal.

En gran part dels abordatges neuroquirúrgics a la fossa mitjana i posterior, la identificació del nervi troclear és necessària per no danyar-lo. Per fer-ho correctament i sense lesionar el nervi s'ha de conèixer quin n'és el recorregut i quines són les maniobres que poden posar-lo en perill. La secció i/o elevació del *tentori* és una estratègia molt utilitzada en neurocirurgia per guanyar

accés a les fosses mitjana i posterior i al tronc de l'encèfal (fig. 3b). Les característiques anàtiques del nervi troclear el fan molt vulnerable a les maniobres d'estirament i compressió. Inicialment recorre les cisternes *quadrigeminal* i *ambiens* totalment lliure i després s'introdueix al *tentori* i es troba fortament fixat a la base del crani per aquesta estructura dural. A més, en els abordatges que requereixen la dissecció *tentorial* s'ha de prestar una atenció extrema al punt en què el nervi troclear passa de segment cisternal a *tentorial* per evitar la iatrogènia.

La dissecció de la paret lateral del si cavernós, la fressada de les estructures òssies que formen la fissura orbitària superior o la realització de la craniotomia en els abordatges en els ossos frontals, temporals i zigomàtics, són maniobres d'ús comú en neurocirurgia. La realització incorrecta i/o la falta de coneixement tridimensional del nervi troclear i les estructures que s'hi relacionen poden comportar freqüentment una lesió iatrogènica d'aquest nervi.

Tots els segments del nervi són irrigats per vasos extremament petits. L'electrocoagulació o la lesió d'aquestes petites artèries durant l'acte quirúrgic, sobretot de les branques distals de l'artèria cerebel·losa superior, poden comportar isquèmia i pèrdua de funcionalitat del nervi.

Des de la perspectiva clínic, el nervi troclear sol ser afectat per tres causes principals: traumatismes cranials, patologies vasculares o tumors. Aquests poden comprimir, tensar i seccionar el nervi, o comprometre'n la vascularització. Respecte a les patologies pròpies del nervi, cal destacar que la paràlisi aïllada del nervi troclear és la neuropatia més freqüent que afecta la motilitat ocular en els joves, i s'ha demostrat una incidència elevada en l'aparició de schwannomes del seg-

ment cisternal del nervi en pacients que pateixen neurofibromatosi. Altres lesions que comprometen el segment cisternal són els tumors de fossa posterior i mitjana o la compressió vascular per branques de l'artèria cerebel·losa superior, que poden causar isquèmia i pèrdua de funcionalitat del nervi (fig. 3a). Així com el segment *tentorial* es pot veure involucrat en meningiomes de fossa mitjana, el segment cavernós es veu afectat amb més freqüència per alteracions vasculares, patologia de la caròtide interna o les seves branques i tumors vinculats amb la paret lateral del si cavernós. Finalment, el segment orbitari es pot veure compromès en tumors intraorbitaris, alteracions vasculares i en fractures de base de crani que involucrin l'ala menor de l'esfenoides.

Així doncs, s'ha proposat una classificació del nervi troclear orientada anàticament, clínicament i quirúrgica com a resultat de l'estudi exhaustiu del seu recorregut complet. L'ús de les tècniques microneuroquirúrgica, endoscòpica i microscòpia assistida per endoscopi han resultat essencials per comprendre cada segment i el recorregut complet del nervi. Com a conclusió, es recomana que el neurocirurgià tingui un coneixement precís del recorregut del nervi troclear fent abordatges a la regió supracerebel·losa de la fossa posterior, la fossa mitjana i l'òrbita per evitar lesionar accidentalment el nervi i causar seqüeles postquirúrgiques que limitin la qualitat de vida dels pacients (fig. 5). I

Referències bibliogràfiques

- AMMIRATI, M. [et al.] (2002). «The microsurgical anatomy of the cisternal segment of the trochlear nerve, as seen through different neurosurgical operative windows». *Acta Neurochir (Wien)*, núm. 144, p.1323-1327.
- BISARIA, K. K. (1988). «Cavernous portion of the trochlear nerve with special reference to its site of entrance». *J. Anat.*, núm. 159, p. 29-35.
- BISARIA K. K., [et al.] (1990). «The superficial origin of the trochlear nerve with special reference to its vascular relations». *J. Anat.*, núm. 170, p.199-201.
- CHOI, B. S. [et al.] (2010). «High-Resolution 3D MR Imaging of the Trochlear Nerve». *AJNR Am. J. Neuroradiol.*
- ELMALEM, V. I. [et al.] (2009). «Clinical course and prognosis of trochlear nerve schwannomas». *Ophthalmology*, núm. 116, p. 2011-2016.
- IACONETTA, G. [et al.] (2007). «The abducens nerve: microanatomic and endoscopic study». *Neurosurgery*, núm. 61, p. 7-14. [Discussió 14]
- IACONETTA, G. [et al.] (2010). «The oculomotor nerve: microanatomical and endoscopic study». *Neurosurgery*, núm. 66, p. 593-601. [Discussió 601]
- LU, J. i ZHU, X. L. (2007). «Cranial arachnoid membranes: some aspects of microsurgical anatomy». *Clin. Anat.*, núm. 20, p. 502-511.
- MARINKOVIC, S. [et al.] (1996). «The neurovascular relationships and the blood supply of the trochlear nerve: surgical anatomy of its cisternal segment». *Neurosurgery*, núm. 38, p.161-169.
- MATSUI, T. [et al.] (2002). «Presigmoid transpetrosal approach for the treatment of a large trochlear nerve schwannoma-case report». *Neurol. Med. Chir.*, núm. 42, p. 31-35.
- OHBA, S. [et al.] (2006). «Trochlear nerve schwannoma with intratumoral hemorrhage: case report». *Neurosurgery*, núm. 58, p. E791. [Discussió E791]
- TANRIOVER, N. [et al.] (2009). «Middle fossa approach: microsurgical anatomy and surgical technique from the neurosurgical perspective». *Surg. Neurol.*, núm. 71, p. 586-596. [Discussió 596]
- VESHCHIEV, I. i SPEKTOR, S. (2002). «Trochlear nerve neuroma manifested with intractable atypical facial pain: case report». *Neurosurgery*, núm. 50, p. 889-891. [Discussió 891-882]

Jordina Rincon Torroella

(Blanes, 1988)



Jordina Rincon Torroella és estudiant de medicina de la Facultat de Medicina de la Universitat de Barcelona a l'Hospital Clínic. Des del segon any de carrera és alumna interna al Departament d'Anatomia Humana i Embriologia de la mateixa Facultat on ha pogut aprofundir la seva formació teòrica i pràctica en anatomia del sistema nerviós i anatomia neuroquirúrgica. Ha col·laborat amb el Laboratori de Neuroanatomia Quirúrgica en l'elaboració de diferents pòsters i articles d'àmbit internacional sobre abordatges a la base de crani, neurootologia i neurocirurgia funcional. Actualment estudia el 5è curs de medicina i combina l'estudi universitari amb l'activitat científica. El seu objectiu immediat és iniciar la Residència en Neurocirurgia al finalitzar la llicenciatura. El passat mes d'abril va ser guardonada amb el primer premi de la VI convocatòria de Premis de Recerca per a Estudiants Gemma Rosell i Romero amb la presentació del treball «The trochlear nerve: micro-anatomic and endoscopic study».