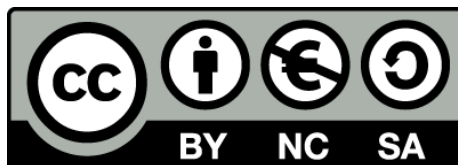


Estudi microanatòmic de segments neurocutanis de l'extremitat superior. Implicacions quirúrgiques

M. Rosa Morro Martí



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial – Compartir Igual 3.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – Compartir Igual 3.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0. Spain License.**



**ESTUDI MICROANATÒMIC DE
SEGMENTS NEURO CUTANIS DE
L'EXTREMITAT SUPERIOR.
IMPLICACIONS QUIRÚRGIQUES**

TESI DOCTORAL

M. ROSA MORRO MARTÍ

Directors: Prof. Manuel Llusà Pérez i Prof. Anna Carrera Burgaya

Barcelona 2013

Als meus pares i germà.
Als meus avis, que es van esforçar
perquè tinguéssim un futur millor.

A n'Albert.

Al Dr. Manuel Llusá i Dra. Anna
Carrera, directores d'aquesta tesi.

AGRAÏMENTS

No només aquesta tesi, sinó molts dels treballs que es fan en el nostre departament són fruit d'un treball en equip. Hi ha molta gent a qui he d'agrair l'ajuda i suport que sempre m'han prestat; no voldria deixar-me a ningú.

Primer i abans de tot, voldria ressaltar l'ajuda, suport i paciència dels meus dos directors, el **Prof. Manuel Llusá Pérez** i la **Prof. Anna Carrera Burgaya**. Des dels meus inicis en el Departament d'Anatomia com a alumna interna, m'han ensenyat a apreciar i estimar l'art de la dissecció i l'anatomia. El Dr. Llusá ha estat el meu mestre. M'ha ajudat a prendre les decisions més importants de la meva vida professional i m'ha recolzat en tot moment. Ha passat de ser el meu professor a ser el meu amic. La marxa de la Dra. Carrera a la Universitat de Girona ha fet que en els darrers anys la comunicació hagi estat més difícil però sé que si un dia la necessit, estarà allà. Moltes gràcies a tots dos.

Als companys del Departament d'Anatomia de la Universitat de Barcelona. En especial a na **Maite León**, per tenir la paciència de llegir i corregir cada una de les lletres d'aquesta tesi, a n'**Amer Mustafa**, per ajudar-me en moltes de les disseccions d'aquest treball i per donar-me suport en els moments difícils, que qualcun n'hi ha hagut i al **Prof. Alberto Prats**, per donar-me sempre ànims per seguir endavant a pesar de les dificultats i per les seves idees d'última hora i ajudar-me a dur-les a terme.

Finalment, també fer una menció especial a na **Dolors Fuster**, per processar totes les mostres histològiques.

Als **meus pares**, per inculcar-me des de ben petita l'estima per l'estudi i donar-me l'oportunitat de fer la carrera de medicina. Per recolzar-me en totes les meves decisions, estiguessin o no encertades i estiguessin o no d'acord. Esper que es vostros esforços hagin valgut la pena. Moltes gràcies per ser tant bons pares, no vos ho podré agrair mai prou.

A n'**Albert**, per estar al meu costat en tot moment i donar-me suport no només en la vessant personal sinó també en la vessant professional. Per entendre la meva professió, que implica molta dedicació i comprendre que he hagut de passar moltes hores escrivint aquesta tesi.

A n'en **Joan Josep**, per ajudar-me amb les dificultats tècniques i informàtiques. Però sobretot per donar-me suport i estar orgullós de mi, que encara que li costi expressar-ho, sé que ho està.

A n'**Alex Lluch**, per escoltar-me en els moments durs i ser un bon amic.

FINANCIACIÓ

Aquest treball ha comptat amb el suport econòmic de la beca d'Ajut per a Tesis Doctorals atorgada per la Societat Catalana de Cirurgia Ortopèdica i Traumatologia l'any 2013.

ÍNDIX

• Presentació	17
1- INTRODUCCIÓ	21
1.1- Nervi	23
1.1.1- Empelt nerviós	23
1.1.1.1- Empelt nerviós vascularitzat	35
1.1.2- Vascularització dels nervis	47
1.1.3- Nervis de l'extremitat superior d'ús com a empelt	59
1.1.3.1- Vascularització del nervi cubital	61
1.1.3.2- Vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral	65
1.1.3.3- Vascularització de la branca sensitiva del nervi radial	66
1.1.3.4- Vascularització del nervi cutani braquial i avantbraquial posterior	70
1.1.3.5- Vascularització dels nervis cutanis braquial i avantbraquial medial	70
1.2- Pell	73
1.2.1- Ús de la pell en cirurgia reconstructiva	73
1.2.1.1- Penjalls cutanis	76
1.2.2- Vascularització de la pell	89
1.2.3- Pell de l'extremitat superior d'ús com a penjall	101
1.2.3.1- Vascularització de la pell medial del braç	102

1.2.3.2- Vascularització de la pell lateral del braç	105
1.2.3.3- Vascularització de la pell lateral de l'avantbraç	110
1.2.3.4- Vascularització de la pell medial de l'avantbraç	114
1.3- Múscul	117
1.3.1- Transferència muscular vascularitzada	117
1.3.2- Vascularització dels músculs	119
1.3.3- Músculs de l'extremitat superior d'ús en transferències musculars	123
1.3.3.1- Vascularització del braquiorradial	123
2- HIPÒTESI DE TREBALL	129
3- OBJECTIUS	135
4- MATERIAL I MÈTODES	139
4.1- Injecció arterial	143
4.2- Dissecció	145
4.3- Estudi histològic	147
4.4- Seqüència de dissecció	149
4.4.1- Dissecció del penjall compost de nervi cubital i pell medial del braç	149
4.4.2- Dissecció del penjall compost de nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral de l'avantbraç.....	155
4.4.3- Dissecció del penjall compost de la branca sensitiva del nervi radial i la pell lateral de l'avantbraç	161
5- RESULTATS	165
5.1- Penjall compost de nervi cubital i pell medial del braç	167
5.1.1- Dissecció	167
5.1.1.1- Vascularització de la pell medial del braç	167

5.1.1.2- Vascularització del nervi cubital	169
5.1.1.3- Característiques de les artèries implicades	174
5.1.1.4- Comunicacions de les artèries implicades	175
5.1.1.5- Presència de venes concomitants	177
5.1.1.6- Possibilitat de realitzant penjalls cutanis sensibles	177
5.1.2- Histologia	179
5.2- Penjall compost de nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral de l'avantbraç	181
5.2.1- Dissecció	181
5.2.1.1- Vascularització de la pell lateral del braç i avantbraç	181
5.2.1.2- Vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral	184
5.2.1.3- Característiques del nervi cutani avantbraquial lateral	185
5.2.1.4- Característiques de les artèries implicades	188
5.2.1.5- Comunicacions de les artèries implicades	193
5.2.1.6- Presència de venes concomitants	194
5.2.1.7- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles	195
5.2.2- Histologia	197
5.3- Penjall compost de la branca sensitiva del nervi radial i la pell lateral de l'avantbraç	199
5.3.1- Dissecció	199
5.3.1.1- Vascularització de la pell lateral de l'avantbraç	199

5.3.1.2- Vascularització de la branca sensitiva del nervi radial	202
5.3.1.3- Vascularització del múscul braquiorradial	205
5.3.1.4- Innervació del múscul braquiorradial	208
5.3.1.5- Característiques del nervi radial	210
5.3.1.6- Característiques de les artèries implicades	211
5.3.1.7- Comunicacions de les artèries implicades	214
5.3.1.8- Presència de venes concomitants	215
5.3.1.9- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles	216
5.3.2- Histologia	219
6- DISCUSSIÓ	221
6.1- Penjall compost de nervi cubital i pell medial del braç	223
6.1.1- Dissecció	223
6.1.1.1- Vascularització del nervi cubital	223
6.1.1.2- Característiques de les artèries implicades	224
6.1.1.3- Presència de venes concomitants	225
6.1.1.4- Vascularització de la pell medial del braç	225
6.1.1.5- Comunicacions de les artèries implicades	227
6.1.1.6- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles	228
6.1.1.7- Possibilitat de realitzar penjalls compostos	228
6.1.2- Histologia	229
6.2- Penjall compost de nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral de l'avantbraç	231
6.2.1- Dissecció	231

6.2.1.1- Vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral	231
6.2.1.2- Característiques del nervi cutani avantbraquial lateral	232
6.2.1.3- Vascularització de la pell lateral del braç i avantbraç	233
6.2.1.4- Característiques de les artèries implicades	237
6.2.1.5- Comunicacions de les artèries implicades	240
6.2.1.6- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles	241
6.2.1.7- Presència de venes concomitants	242
6.2.1.8- Possibilitat de realitzar penjalls compostos	243
6.2.2- Histologia	245
6.3- Penjall compost de la branca sensitiva del nervi radial i la pell lateral de l'avantbraç	247
6.3.1- Dissecció	247
6.3.1.1- Vascularització de la branca sensitiva del nervi radial	247
6.3.1.2- Característiques de les artèries implicades	248
6.3.1.3- Presència de venes concomitants	249
6.3.1.4- Vascularització de la pell lateral de l'avantbraç	250
6.3.1.5- Comunicacions de les artèries implicades	252
6.3.1.6- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles	252
6.3.1.7- Vascularització del múscul braquiorradial	253
6.3.1.8- Possibilitat de realitzar penjalls compostos	254

6.3.1.9- Innervació del múscul braquiorradial	256
6.3.1.10- Característiques del nervi radial	257
6.3.2- Histologia	261
7- CONCLUSIONS	263
7.1- Dissecció del penjall compost de nervi cubital i pell medial del braç	265
7.2- Dissecció del penjall compost de nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral de l'avantbraç	267
7.3- Dissecció del penjall compost de la branca sensitiva del nervi radial i la pell lateral de l'avantbraç	269
8- BIBLIOGRAFIA	271
9- ANNEX:	295
9.1- Taules del penjall compost de nervi cubital i pell medial del braç	297
9.2- Taules del penjall compost de nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral de l'avantbraç	307
9.3- Taules del penjall compost de la branca sensitiva del nervi radial i la pell lateral de l'avantbraç	325

ÍNDEX D'ABREVIATURES

(ordenat alfabèticament)

A.	Artèria
ACCI	Artèria col·lateral cubital inferior
ACCM	Artèria col·lateral cubital mitja
ACCS	Artèria col·lateral cubital superior
ACR	Artèria col·lateral radial
A braq	Artèria braquial
A cub	Artèria cubital
AIP	Artèria interòssia posterior
A musc bíceps	Artèria muscular del bíceps braquial
A musc braquial	Artèria muscular del braquial
ARCP	Artèria recurrent cubital posterior
ARI	Artèria recurrent interòssia
ARR	Artèria recurrent radial
BR	Braquiorradial
Branq.	Branques
BSNR	Branca sensitiva del nervi radial
DE	Desviació estàndard
ECRB	<i>Extensor carpi radialis brevis</i> . Extensor radial curt del carp
ECRL	<i>Extensor carpi radialis longus</i> . Extensor radial llarg del carp
EMG	Electromiografia
FCU	<i>Flexor carpi ulnaris</i> . Flexor cubital del carp
FCR	<i>Flexor carpi radialis</i> . Flexor radial del carp
n.	Nervi
n. CAP	Nervi cutani avantbraquial posterior

L'anatomia, vista des de fora, pot semblar que és una matèria esgotada on ja està tot estudiat i descrit, on res ha canviat des dels temps dels primers anatomistes. Però res més lluny de la realitat. Amb el contacte diari amb aquesta disciplina un pot comprovar que l'anatomia és la base per a una bona pràctica mèdica i que, la seva importància radica en la seva aplicació clínica. Un ampli coneixement de l'anatomia és essencial per a poder fer una bona exploració física i la seva correcta interpretació, la comprensió de proves d'imatge o l'adequada execució de tècniques intervencionistes com són puncions, cateteritzacions i biòpsies.

Però sens dubte, on l'anatomia agafa un major protagonisme és en cirurgia on és imprescindible per a la adequada localització i identificació de les estructures, sense lesionar elements adjacents de forma innecessària. Aquesta anatomia clínica aplicada és la que obra la porta a un nou món de possibilitats d'investigació morfològica per a seguir innovant en les tècniques medicoquirúrgiques. Evidentment, el cos objecte d'estudi és el mateix que l'estudiat fa segles pels anatomistes clàssics, però l'enfocament clínic és el que posa de relleu detalls que passaven desapercebuts en la globalitat de tota la informació.

Des de que al 1889 Manchot publicà el seu llibre *Die Hautarterien des Menschlichen Korpens* (Les artèries del Cos) on feia una descripció exhaustiva de la circulació cutània i posteriorment Salmon al 1936 elaborà un mapa de la vascularització cutània i muscular de tot el cos publicat en el seu llibre *Artères de la peau* (Artèries de la pell) s'han fet molts estudis amb diverses tècniques per a demostrar la circulació i microcirculació cutània. Tots aquests conceptes anatòmics

han culminat amb el dissenys de multitud de penjalls cutanis, fasciocutanis, compostos, i en els darrers anys, amb la introducció de la microcirurgia, els penjalls de perforants que han representat una revolució en el món de la cirurgia reparadora, ja que permeten aconseguir teixits vascularitzats amb la mínima agressió de la vascularització de la zona donant.

La vascularització dels nervis ha estat molt ben estudiada des de fa segles, quan Isenflamm i Doerffler al 1768 van descriure l'existència de petites branques vasculars dins la beina nerviosa que van anomenar *vasa nervorum*. Però no va ser fins al 1976 quan Taylor i Ham van publicar el primer cas d'utilització d'un nervi vascularitzat com a empelt nerviós. Posteriorment s'han fet molts estudis per a intentar trobar altres nervis candidats a ser utilitzat com a empelt nerviós vascularitzat

Els avenços mèdics i tecnològics han permès acceptar reptes cada vegada més complicats. Un dels camps quirúrgics que s'ha pogut desenvolupar més amb la introducció del microscopi òptic ha estat la microcirurgia, sent possible la reparació nerviosa i la cobertura cutània amb penjalls lliures.

Des dels inicis de la nostra professió com a metge resident en cirurgia ortopèdica i traumatologia, i inclús com a estudiant, hem sentit especial interès per la cirurgia reparadora i reconstructiva, i en particular per la patologia del nervi perifèric i el seu tractament quirúrgic. Els coneixements anatòmics que vam poder adquirir durant el nostre període d'estudiant intern en el Departament d'Anatomia i Embriologia Humana i que hem pogut seguir desenvolupant posteriorment com a col·laboradors d'aquest departament, ens han despertat un especial interès per a l'estudi de l'anatomia vascular.

Combinant les nostres inquietuds clíniques i anatòmiques, ha sorgit aquest ***estudi microanatòmic de segments neurocutànis de l'extremitat superior amb implicacions quirúrgiques.***

1.INTRODUCCIÓ

1.1- Nervi

1.1.1- Empelt nerviós

1.1.1.1- Empelt nerviós vascularitzat

1.1.2- Vascularització dels nervis

1.1.3- Nervis de l'extremitat superior d'ús com a empelt

1.1.3.1- Vascularització del nervi cubital

1.1.3.2- Vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral

1.1.3.3- Vascularització de la branca sensitiva del nervi radial

1.1.3.4- Vascularització del nervi cutani braquial i avantbraquial posterior

1.1.3.5- Vascularització dels nervis cutanis braquial i avantbraquial medial

1.2- Pell

1.2.1- Ús de la pell en cirurgia reconstructiva

1.2.1.1- Penjalls cutanis

1.2.2- Vascularització de la pell

1.2.3- Pell de l'extremitat superior d'ús com a penjall

1.2.3.1- Vascularització de la pell medial del braç

1.2.3.2- Vascularització de la pell lateral del braç

1.2.3.3- Vascularització de la pell lateral de l'avantbraç

1.2.3.4- Vascularització de la pell medial de l'avantbraç

1.3- Múscul

1.3.1- Transferència muscular vascularitzada

1.3.2- Vascularització dels músculs

1.3.3- Músculs de l'extremitat superior d'ús en transferències musculars

1.3.3.1- Vascularització del braquiorradial

1.1 NERVI

1.1.1- EMPELT NERVIÓS

Malgrat els primers empelts nerviosos reportats daten del segle XIX, realitzats per *Phillipeaux et al.*¹⁴⁶ i *Albert*⁴, van caure temporalment en desús quan *Platt*¹⁴⁸ va descriure una sèrie de mals resultats al 1919 deguts a que la seva tècnica incorporava un recobriment fascial o venós al voltant del nervi que actualment se sap que obstrueix la revascularització de l'empelt.

Actualment es coneix que la resposta neural a un traumatisme té lloc a tres nivells cel·lulars diferents: al soma neuronal, al segment nerviós proximal i al segment nerviós distal denervat. El cos neuronal augmenta de volum durant els primers 10-20 dies, el nucli s'edematitza i migra a una posició excèntrica, augmenta la síntesi d'ARN que també migra a la perifèria i se segmenta en partícules més petites. Aquest augment de la síntesi d'ARN prepara la cèl·lula per a sobreviure a la lesió i la proveeix de les substàncies necessàries per al procés de regeneració. Quan la lesió es troba molt pròxima als soma neuronal en la medul·la espinal, la cèl·lula no és capaç de fer tot aquest procés i es mor. L'extrem proximal del nervi lesionat degenera proximalment fins al darrer nòdul de Ranvier previ a la secció. Els axons d'aquesta porció del nervi inicien la seva regeneració, que en cas de no trobar el medi adequat per l'elongació, queden englobats en teixit connectiu i cèl·lules de Schwann, formant així un neuroma. En l'extrem distal les cèl·lules de Schwann proliferen junt amb teixit connectiu. La beina de mielina degenera i els axons s'edematitzen i són fagocitats per fibroblastes.

El principal objectiu de restaurar la continuïtat entre els dos extrems nerviosos lesionats a través d'un empelt és proveir-los d'una funda per a la regeneració dels axons que no només els guïï des de l'extrem proximal al distal sinó que també ho faixi de la manera més semblant al patró d'innervació anatòmic. Per tant, l'empelt hauria de ser resistent a la deformació assegurant la unió dels extrems nerviosos durant la mobilització de l'extremitat; i subministrant el camí més favorable per a la regeneració axonal en termes de nombre d'axons, rapidesa de creixement i maduració. D'aquesta manera, l'empelt hauria d'afavorir la seva ràpida revascularització, i produir la mínima reacció inflamatòria possible. Així mateix, és important que el llit receptor de l'empelt el protegeixi i li aporti nutrició.

Multitud d'estudis (*Naffziger*¹³³, *Klemme*⁸⁶, *Holmes*⁷², *Björkesten*²⁵, *Seddon*¹⁷⁵, entre d'altres) i la pràctica clínica han demostrat que l'èxit d'un empelt depèn de la longitud del defecte, la naturalesa del llit on restarà l'empelt i l'estructura i qualitat del material del que estigui fet l'empelt.

Una vegada els axons han passat a través de tot l'empelt i arriben a l'extrem distal del nervi, els factors que influeixen en la qualitat i abast de la recuperació funcional final són els mateixos que els d'una sutura término-terminal convencional.

*Sunderland*¹⁸⁹ va classificar els empelts segons:

- La seva estructura:
 - ◆ Cables: es compon de diversos filaments que uneixen els dos extrems nerviosos, la suma dels diàmetres dels quals ha de ser igual al diàmetre del nervi lesionat.
 - ◆ Gruix total: un sol filament la secció del qual ha de tenir unes dimensions semblants a la del nervi lesionat. El seu principal desavantatge és que és

revascularitza més lentament que els cables.

- ◆ Tubular: es tracta d'una estructura cilíndrica on els extrems nerviosos es col·loquen dins i per on els axons han de créixer.
- El seu origen:
 - ◆ No biològic: quan el material que s'interposa entre els dos extrems nerviosos és sintètic. S'han fet estudis amb molts materials diferents, per exemple la sutura amb diverses passades de catgut, seda o niló; i la tubulització amb tubs de magnesi, caseïna conservada en formol, gelatina i agar i cautxú. Els tubs s'han utilitzat tant buits com plens de sèrum. Els resultats de tots aquests estudis han estat sempre negatius, pel que s'han exclòs d'entre les possibilitats terapèutiques de les lesions nervioses (*Assaky*⁹, *Auerbach*^{11,12}, *Spitzzy*¹⁸³, *Steinthal*¹⁸⁴, *Alexander*⁵ entre d'altres). Els únics defectes que es podrien reparar de forma satisfactòria a través d'una tècnica de tubulització són aquells que es poden suturar de forma directa.
 - ◆ Biològic: Dins aquest grup es poden diferenciar:
 - Empelts no neurals: Des de finals del segle XIX s'han fet múltiples estudis amb una gran diversitat de material, entre els quals es troben os descalcificat, artèries o venes fresques o formolades i fàscia lata (*Glück*⁶¹, *Kirk et al.*⁸⁵, *Nageotte*¹³⁴, *Eden*⁵⁴, *Huber*^{74,75}, *Platt*¹⁴⁸, *Stopford*¹⁸⁵, *Swan*¹⁹², *Weiss et al.*²¹⁵ entre d'altres). Es va veure que amb totes aquestes tècniques l'empelt inevitablement s'envolta de teixit connectiu i perd la seva estructura tubular, pel que s'han exclòs del ventall terapèutic actual.
 - Empelts neurals: el teixit nerviós perifèric que s'interposa pot tenir

diverses procedències:

- heteroempelt o xenoempelt: s'extreu d'un altre individu d'una espècie diferent. S'han fet molts estudis amb resultats decebedors en tots els casos, ja que l'heteroempelt reuneix pocs dels requeriments establerts per un empelt acceptable (*Glück*⁶¹, *Assaky*⁹, *Huber*^{74,75}, *Merzbacher*¹²⁵, *Duroux*⁵¹, *Nageotte*^{134,135}, *Eden*⁵³, *Guyon*^{65,66}, *Ramón y Cajal*¹⁵⁵, *Gutmann et al.*⁶⁴, entre d'altres). S'ha provat de fer amb el nervi en fresc, congelat o conservat amb alcohol o formol. Degut als seus mals resultats s'ha abandonat el seu ús en la clínica.

- homoempelt o al·loempelt: procedeix d'un altre individu de la mateixa espècie (*Merzbacher*¹²⁵, *Ingebrigsten*^{78,79}, *Huber*^{74,75}, *Bentley et al.*^{17,18}, *Gutmann et al.*⁶², *Davis et al.*⁴³ entre d'altres).

En els estudis experimentals que s'han fet fins ara amb homoempelts frescos s'ha observat una interrupció de l'aportament vascular, destrucció dels elements de l'empelt i una invasió massiva de limfòcits, provocada per una reacció immunològica de rebuig. Els assajos clínics que s'han dut a terme també han aportat els mateixos resultats descoratjadors (*Albert*⁴, *Atkinson*¹⁰, *Delagénière*⁴⁴, *Sanders*^{174,168}, *Lyons et al.*¹⁰⁷, entre d'altres). Si es trobés algun mètode de conservació que no malmetés el potencial biològic de l'empelt però disminuís la reacció immunològica possiblement els seus resultats podrien millorar. Una altra alternativa per intentar disminuir la

immunogenicitat dels al·loempelts seria aconseguir que les cèl·lules de Schwann fossin substituïdes per cèl·lules de Schwann autòlogues. De moment no s'ha trobat la manera de solucionar els problemes immunològics. De totes maneres, en els darrers anys ha tornat a agafar importància gràcies a les millores en les tècniques de conservació i en la medicació immunosupressora i als bons resultats clínics dels estudis de *Mackinnon*¹⁰⁹, *Brooks*³³ i *Cho*³⁹.

- autoempelt: procedent del mateix individu. Actualment és el que s'ha vist que aporta més beneficis. A partir d'ara, quan ens referim a empelt nerviós, es farà referència a l'autoempelt nerviós.

L'empelt nerviós es comporta com si fos el segment distal d'un nervi seccionat, presentant els mateixos canvis histològics, encara que s'han observat algunes diferències. La degeneració walleriana és un poc més lenta i conserva la seva estructura durant un període de fins a 200 dies (*Gutmann et al.*⁶⁴). Posteriorment les fibres nervioses es mielinitzen aproximadament al mateix ritme que les del segment distal. Hi ha molts estudis experimentals que documenten el ràpid creixement dels axons a través dels empelts nerviosos (*Bielschowsky et al.*²², *Nageotte*¹³⁴, *Huber*⁷⁶, *Bentley et al.*¹⁷, *Bunnell et al.*³⁵, *Sanders*^{167,168}, entre d'altres). També s'han realitzat molts assajos clínics que demostren els mateixos resultats satisfactoris en quant al creixement axonal a través d'un empelt nerviós que en una sutura término-terminal (*Delagénière*⁴⁴, *Bunnell et al.*³⁵, *Seddon*^{175,176}, *Barnes*¹³, *D'Aubigné*⁴², *Holmes*⁷² entre

d'altres), a pesar de que *Barnes*¹³ va documentar que encara que els empelts es reinnervin, la majoria dels nous axons no es remielinitzen correctament. Hi ha un consens general en reconèixer que la recuperació motora sempre és millor que la sensitiva, ja que aquesta només arriba a un nivell de protecció. D'aquesta manera, els empelts nerviosos tenen un lloc justificat en la cirurgia del nervi perifèric, encara que la decisió final entre realitzar una sutura directa a tensió i col·locar un empelt nerviós o fer una transferència tendinosa sempre és difícil.

S'han intentat utilitzar empelts nerviosos predegenerats amb l'objectiu d'intentar millorar la qualitat de l'empelt. Els suposats avantatges d'aquesta tècnica resideixen en (*Sunderland*¹⁸⁹):

- El nervi és seccionat, permetent la seva degeneració durant 8-15 dies, donant-li un medi millor per al creixement dels axons (*Tello*²⁰¹, *Ramón y Cajal*¹⁵⁵, *Duel*⁴⁹). Però els estudis experimentals evidencien que la velocitat de creixement axonal a través d'un empelt fresc i un predegenerat no presenta diferències estadísticament significatives (*Huber*^{74,75}, *Bentley et al.*¹⁷, *Bunnell et al.*³⁵, *Sanders et al.*¹⁶⁹).
- El nervi predegenerat és més rígid, fent que sigui més fàcil de manejar.
- La proliferació de les cèl·lules de Schwann a partir dels extrems nerviosos seccionats és màxim als 15-25 dies de la seva secció (*Abercromie et al.*¹). De totes maneres, se sap que el potencial de curació en el lloc de la sutura és tant efectiu immediatament després de la secció nerviosa com al cap d'uns dies o setmanes després.
- Suposant que les restes de fibres nervioses en procés de degeneració dins l'empelt són un obstacle per a la progressió dels nous axons en creixement,

el fet de deixar que els tubs neurals es buidin abans de ser transferits se suposa que ha de permetre un avanç més ràpid dels axons. Però en la literatura no s'ha trobat evidència d'aquest fet.

- Un nervi predegenerat presumptivament és més resistent al període avascular inicial posterior a la transferència ja que la degeneració walleriana, que exigeix un augment de l'aportament vascular degut a un augment dels requeriments metabòlics, ja s'ha produït (*Holmes*⁷², *Seddon*¹⁷⁶).

La idoneïtat d'un empelt nerviós es valora en funció de les següents qualitats, descrites per *Sunderland et al.*¹⁹¹ al 1947:

- **La supervivència de l'empelt:** Quan l'empelt s'extreu del seu lloc queda sense aportament vascular, per tant és essencial que pugui ser revascularitzat el més ràpid possible ja que una de les causes més importants de fall de l'empelt és la isquèmia i conseqüent necrosi. Els segments nerviosos transferits sobreviuen durant els dos primers dies; i només si l'aportament vascular es restaura abans del tercer dia, l'empelt segueix viu (*Weiss et al.*²¹⁵). Els empelts nerviosos es revascularitzen a través de vasos que li entren des dels extrems proximal i distal durant els 3-4 primers dies després de la seva transferència, i es fan prominents cap al cinquè dia. Al cinquè dia és també quan els vasos del llit receptor comencen a fer-se evidents, encara que no tenen una certa identitat fins al 6è-8è dia. I és a partir d'aquest moment que aquests vasos es converteixen en la font principal de vascularització de l'empelt (*Tarlov et al.*¹⁹⁵). En condicions ideals, l'empelt nerviós no

vascularitzat tarda tres setmanes en estar completament ben vascularitzat i establir anastomosis entre els vasos longitudinals i els regionals. Quan s'utilitza un empelt nerviós vascularitzat, en les 72 primeres hores el flux arterial és igual o inclús millor que el d'un nervi normal mentre que en un empelt no vascularitzat no existeix flux en aquest període inicial (*Lind*⁹⁷).

Els empelts no s'han de cobrir amb cap substància ja que impedeix la seva correcta revascularització (*Hoer*⁷¹, *Seddon*¹⁷⁴, *Davis et al.*⁴³, *Hiller*⁷⁰, *Brooks*³²).

En el fenomen de revascularització i supervivència de l'empelt hi influeix d'una forma important la longitud i gruix d'aquest. Així, en els empelts curts es restableix més ràpidament l'aportament vascular que en els més llargs. Els empelts nerviosos de gruix total són més propensos a la necrosi central que els empelts en cable. De totes maneres, s'ha vist que més que el gruix del propi empelt, el factor més determinant és el gruix dels fascicles i la relació entre la quantitat d'epineuri i teixit nerviós que componen l'empelt (*Sunderland*¹⁸⁹). Els empelts gruixats poden sobreviure si els fascicles són prims i els del centre no es troben separats de la superfície per massa teixit epineural. D'altra banda, existeix un risc més elevat d'isquèmia si les fibres nervioses es troben concentrades en un o pocs fascicles gruixats. El diàmetre crític dels fascicles no és conegut fins el moment, però el diàmetre dels fascicles dels nervis cutanis rarament són prou gruixats per no permetre la revascularització ràpida i efectiva de l'empelt (*Sunderland et al.*¹⁹¹).

- **L'entrada dels axons dins l'empelt i el seu pas a través d'aquest:** Els fascicles contenen l'endoneuri que dona el marc per on creixeran els axons. Els axons que perden l'endoneuri hauran de créixer en l'espai interfascicular.

L'entrada dels axons dins els fascicles depèn de l'efectivitat de la unió entre el nervi lesionat i l'empelt i de la relació entre els fascicles en els segments oposats del nervi lesionat i l'empelt. Els axons en creixement es dirigeixen als fascicles disponibles a l'empelt, i açò es facilita quan aquests estan densament empaquetats amb un mínim de teixit connectiu interfascicular.

- **La maduració funcional dels nous axons:** Els efectes indesitjables de l'encongiment dels tubs neurals que es poden trobar en un empelt nerviós predegenerat degut al període de denervació previ no es troben en els empelts frescos.
- **La restauració del patró d'innervació:** Depèn de l'efectivitat de la unió dels extrems de l'empelt amb el nervi lesionat en quant a la entrada adequada dels axons en procés de regeneració dins els tubs endoneurals; del patró fascicular del nervi lesionat; i del patró fascicular de l'empelt. El patró fascicular dels nervis perifèrics canvia al llarg del seu recorregut degut a les repetides divisions, fusions i migracions dels feixos nerviosos. A més a més, cada feix nerviós no ha de contenir necessàriament fibres de totes les branques. Per tant, els extrems nerviosos lesionats presenten patrons fasciculars diferents degut a la redistribució de fibres en el segment perdut. En un empelt per cables, les comunicacions interfasciculars es troben confinades a cada cable, mentre que a l'empelt de gruix total, es troben entre tots els fascicles de la totalitat de l'empelt. Per tant, dins un empelt cablejat, els axons només poden créixer dins un sol cable i quasi no es poden disseminar.

De tot el dit fins ara, es pot deduir que l'àrea de la secció de l'empelt nerviós ha de ser semblant o un poc superior a la secció del nervi lesionat. Quan s'utilitza un empelt nerviós de gruix total, el seu diàmetre s'ha de correspondre amb el del nervi lesionat. Si aquest és un tronc nerviós important, habitualment no hi ha cap nervi donant amb un diàmetre adequat, a no ser que es tracti d'una lesió combinada de diversos nervis i en aquest cas se'n sacrifica un d'ells per a ser pres com a empelt nerviós. En cas de la reparació amb empelt nerviós disposat en cables, obliga a l'obtenció d'un empelt llarg, que normalment s'obté d'un nervi cutani. Els nervis cutanis que s'han utilitzat com a empelts nerviosos són nervis sensitius de les extremitats i nervis intercostals. En aquests casos és important evitar un neuroma dolorós en l'extrem proximal del nervi donant, pel que el punt de secció no s'hauria de trobar mai subcutani, intentant deixar-lo sempre entre músculs¹²⁷.

Les principals característiques que ha de tenir un empelt nerviós cutani són, segons *Sunderland*¹⁸⁹:

- Disponibilitat d'una longitud suficient per permetre la construcció d'un empelt en cables de longitud i gruix suficient.
- Fascicles grans i densament empaquetats per tal de reduir l'espai interfascicular per on poden créixer els axons de forma no funcional.
- Tots els cables de la mateixa longitud que saltin tota l'extensió del defecte nerviós.
- El diàmetre de l'empelt ha de ser lleugerament superior al del nervi lesionat per compensar la possible retracció de l'empelt. Com més nombre de cables s'interposen, més espai perdut queda entre els fascicles per on es poden perdre els axons en creixement. Per tant, el nervi cutani donant hauria de ser

el més gruixat possible.

- Les fibres nervioses dels fascicles han de ser preferiblement de gran diàmetre.
- Nervi accessible i constant en l'anatomia, de manera que es pugui extreure de forma fàcil i ràpida.
- Idealment el nervi donant s'hauria de trobar en la mateixa zona anatòmica que el defecte a reparar.
- Cada cable ha de recórrer tot el defecte nerviós i, a ser possible, sense branques ja que aquestes disminueixen el diàmetre del nervi. En cas de que s'hagi d'utilitzar un segment amb branques, aquestes han d'arribar a l'extrem distal del nervi ja que contràriament els axons que creixin per les branques no acabaran arribant a l'extrem distal. Per evitar aquest fenomen s'ha suggerit col·locar l'empelt retrògradament, però per altra banda la col·locació anterògrada permet conservar el patró fascicular de l'empelt, que canvia de proximal a distal de mono a polifascicular, i que d'aquesta manera es pugui correspondre amb el patró fascicular del nervi lesionat.
- No s'ha d'agafar mai un empelt nerviós cutani adjacent a la zona denervada.
- El defecte sensitiu residual ha de ser mínim tant en extensió com en qualitat. Idealment ha d'afectar a una zona on la innervació cutània no sigui de vital importància.
- La cicatriu cutània per a l'obtenció de l'empelt no s'hauria de trobar en una zona de pressió ni de càrrega.

Tenint en compte aquestes característiques, el nervi donant ideal ha de tenir, segons *Sunderland*¹⁸⁹, un sistema de vascularització dominant constant que discorri

amb ell en la major part de la seva longitud, suficientment llarg perquè quan es disposi en cables pugui connectar tot el defecte nerviós sense tensió, amb una quantitat de teixit neural semblant al nervi que s'ha de reconstruir i que la seva obtenció sigui senzilla. Idealment s'hauria de trobar en el mateix pla que el defecte nerviós a reparar.

No hi ha cap nervi donant que compleixi tots els criteris pel que s'ha de triar el que més s'adapti a cada situació clínica en particular.

L'empelt nerviós no funciona només com a conductor dels axons, sinó que també aporta cèl·lules de Schwann vives. Una vegada és transferit al seu llit receptor, l'empelt nerviós s'ha de revascularitzar per tal de que aquestes cèl·lules puguin seguir viables. Abans de la revascularització completa, l'empelt ha hagut de patir un període d'isquèmia que pot ser perjudicial per les cèl·lules de Schwann (*Lux*¹⁰⁶).

La teoria que suporta l'ús d'un empelt nerviós vascularitzat és que aquest permet la transferència d'un nervi amb el seu aportament vascular, evitant d'aquesta manera el dany de les cèl·lules de Schwann. Aquest augment de la població de cèl·lules de Schwann acompanyat de l'augment de l'aportament vascular, pot permetre una regeneració axonnnal més ràpida i completa.

La ràpida revascularització d'un empelt nerviós pot disminuir la infiltració per fibroblastes i d'aquesta manera disminuir la fibrosi endoneural. A més, també pot aportar un medi òptim per a augmentar la regeneració axonal. De totes maneres, ningú ha comparat científicament la taxa de regeneració axonal en empelts vascularitzats i empelts no vascularitzats per determinar si aquestes teories són correctes, ja que aquests tipus d'estudi estan dificultats per dos factors: A) No hi ha cap evidència científica de que una lesió proximal comprometi el llit receptor, o que

defectes extensos es tractin millor amb empelts nerviosos vascularitzats. Avui en dia, l'única situació clínica en que està acceptada la utilització d'un empelt vascularitzat és un llit receptor totalment compromès on un empelt no vascularitzat definitivament no funcionaria. B) Encara que es vulgui utilitzar un empelt vascularitzat, les opcions són limitades, ja que només s'ha publicat l'anatomia vascular de sis nervis per ser utilitzats com a empelts nerviosos vascularitzats lliures.

1.1.1.1- EMPELT NERVIÓS VASCULARITZAT

Es considera un **empelt nerviós vascularitzat** aquell segment de nervi associat a una artèria i una vena que són anastomosats a l'artèria i vena receptores.

La primera publicació de la transferència d'un nervi amb el seu aportament vascular de forma pediculada data del 1947 feta per *Strange St Clair*^{186,187}. El primer report d'un empelt nerviós vascularitzat lliure és de *Taylor et al.*¹⁹⁸ al 1976, on van concloure que els resultats eren superiors comparats amb l'experiència clínica d'un empelt nerviós no vascularitzat. Al 1978, *Townsend et al.*²¹⁰ per tal d'augmentar el ventall de possible nervis donants vascularitzats, van introduir el concepte **d'empelt neurovenós arterialitzat**. *Fachinelli*⁵⁷ al 1981 va publicar per primera vegada l'ús del nervi sural vascularitzat però no va incloure els resultats clínics del cas. Per la seva banda *Bonney*²⁸ i *Merle*¹²⁴ van descriure la utilització del nervi cubital per a la reconstrucció del plexe braquial. *Merle*¹²⁴ va concloure que amb el temps suficient, els resultats de l'empelt nerviós no vascularitzat són equivalents als del nervi cubital vascularitzat. En canvi, *Bonney*²⁸ va trobar que l'empelt de nervi cubital vascularitzat és

superior.

L'empelt nerviós es revascularitza per dues vies: de forma centrípeta a través del creixement de vasos a partir dels teixits que l'envolten i per inosculació de vasos des dels extrems de l'empelt. Diversos estudis han reportat que sempre predomina un tipus de revascularització sobre l'altra (*Best et al.*²⁰). Si predomina la revascularització per inosculació, l'empelt rep un bon aportament sanguini i l'estat vascular del llit receptor adopta una menor importància; en aquesta situació, un empelt nerviós vascularitzat tindria pocs avantatges. Quan és la revascularització centrípeta la que és protagonista, l'estat vascular del llit receptor és de vital importància i en aquests casos és quan l'empelt nerviós vascularitzat és necessari (*Breidenbach*²⁹).

Independentment del mètode de revascularització hi ha evidència de que els empelts nerviosos no vascularitzats pateixen un període d'isquèmia d'aproximadament tres dies. A mesura que la longitud de l'empelt augmenta, la revascularització per inosculació va agafant protagonisme; en canvi, quan el llit receptor és molt fibrós és la revascularització centrípeta la important. Així, les indicacions per a la utilització d'un empelt nerviós vascularitzat són aquelles situacions clíniques en que és probable la isquèmia de l'empelt. En general, s'ha de considerar la interposició d'un empelt nerviós vascularitzat quan el defecte nerviós és major de 6 cm i el llit receptor ha patit una agressió important i per tant s'hi troba abundant teixit fibrós. A més a més, també es pot considerar l'ús de l'empelt nerviós vascularitzat en casos de lesions nervioses proximals, com són les lesions de plexe braquial, ja que l'empelt nerviós vascularitzat permet un creixement axonal més ràpid (*Breidenbach*²⁹).

De totes maneres, s'han publicat molts treballs que qüestionen les indicacions dels empelts nerviosos vascularitzats, ja que consideren que en un llit receptor ben

irrigat, la revascularització de l'empelt no vascularitzat és suficientment ràpida perquè no permeti la formació de fibrosi intraneural (*Wood*²¹⁷, *McCullough*¹¹⁸). Així, un empelt nerviós interposat en un bon llit receptor es revascularitzarà adequadament independentment de la longitud del defecte. D'aquí es pot extreure que en casos on el llit receptor no es trobi en unes condicions adequades d'irrigació, s'hi podria transformar amb la col·locació d'un penjall muscular lliure i posteriorment interposar un empelt nerviós no vascularitzat en el defecte nerviós.

En la literatura hi ha multitud d'estudis clínics dirigits a determinar la superioritat dels empelts nerviosos vascularitzats en relació als empelts no vascularitzats (*Pho*¹⁴⁷, *Koshima et al.*⁸⁷, *Kärcher et al.*⁸³, *Seckel*¹⁷³, *Shibata*¹⁸⁰, *Terzis*²⁰²). Per desgràcia, la majoria d'aquests assajos tenen problemes en el disseny experimental. Diversos autors han publicat resultats superiors amb empelts nerviosos vascularitzats amb les seves diferents modalitats, encara que molts tenen biaixos pel disseny de l'estudi que no permeten extreure conclusions. Entre els estudis publicats amb un disseny experimental correcte destaquen el de *Gu*⁶³ i *Rose*^{161,162} que van comparar empelts nerviosos no vascularitzats amb empelts nerviosos venosos arterialitzats i empelts nerviosos venosos arterialitzat per fístula, amb resultats favorables als dos darrers. *Doi*^{45,46,47} va fer diversos estudis dirigits a determinar quin és el millor tipus d'empelt nerviós. Aquests treballs mostren clarament que els resultats de l'empelt nerviós vascularitzat són estadísticament superiors que els de l'empelt no vascularitzat en quant a taxa de regeneració axonal, progressió de l'EMG i resultat final tant sensitiv com motor. Al 1988 *Mackinnon*¹¹⁰ va publicar els resultats d'un estudi histològic on també demostrava la superioritat dels empelts nerviosos

vascularitzats en termes de regeneració axonal.

*Taylor*¹⁹⁶ va classificar els nervis donants en 5 tipus segons la seva vascularització (Fig. 1.1):

- **Tipus A:** Paquet vasculonerviós compost per un nervi no ramificat que reb una irrigació segmentària a través d'un sol sistema arteriovenós que discorre paral·lel al nervi. Aquesta és la situació ideal per a la realització d'un empelt nerviós vascularitzat lliure. El nervi cubital i la branca sensitiva del nervi radial en són exemples.
- **Tipus B:** Paquet vasculonerviós compost per un nervi ramificat que rep una irrigació segmentària a través d'un sistema arteriovenós que discorre paral·lel al nervi. En cas de ser utilitzat com a empelt nerviós vascularitzat lliure, es recomana col·locar-lo girat per tal d'evitar la pèrdua d'axons per les branques. El nervi radial amb l'artèria braquial profunda i els nervis intercostals en són exemples.
- **Tipus C:** Nervi no ramificat vascularitzat per una sola artèria. Aquesta és una situació poc comú però favorable per a la realització d'empelts nerviosos vascularitzats lliures. Un exemple és el nervi medià quan està vascularitzat per l'artèria mediana.
- **Tipus D:** Nervi no ramificat que rep diferents vasos d'irrigació procedents de diferents artèries de diàmetres diversos. Aquesta és una situació freqüent, però dificulta la utilització del nervi com a empelt nerviós vascularitzat. El nervi ciàtic a la cuixa, el nervi sural i el nervi cutani avantbraquial medial són alguns exemples. El diàmetre dels vasos d'irrigació del nervi ciàtic normalment

permeten la microsutura per a ser utilitzat com a empelt nerviós vascularitzat lliure; en canvi, el diàmetre dels paquets vasculars dels nervis sural i cutani avantbraquial medial no solen permetre la microsutura i per tant no poden ser utilitzats com a empelts nerviosos vascularitzats lliures.

- **Tipus E:** Nervi ramificat amb un aportament vascular fragmentat. Aquesta és la situació més desfavorable per a la realització d'empelts nerviosos vascularitzats. El nervi safè a la cama i el nervi cutani avantbraquial posterior en són exemples.

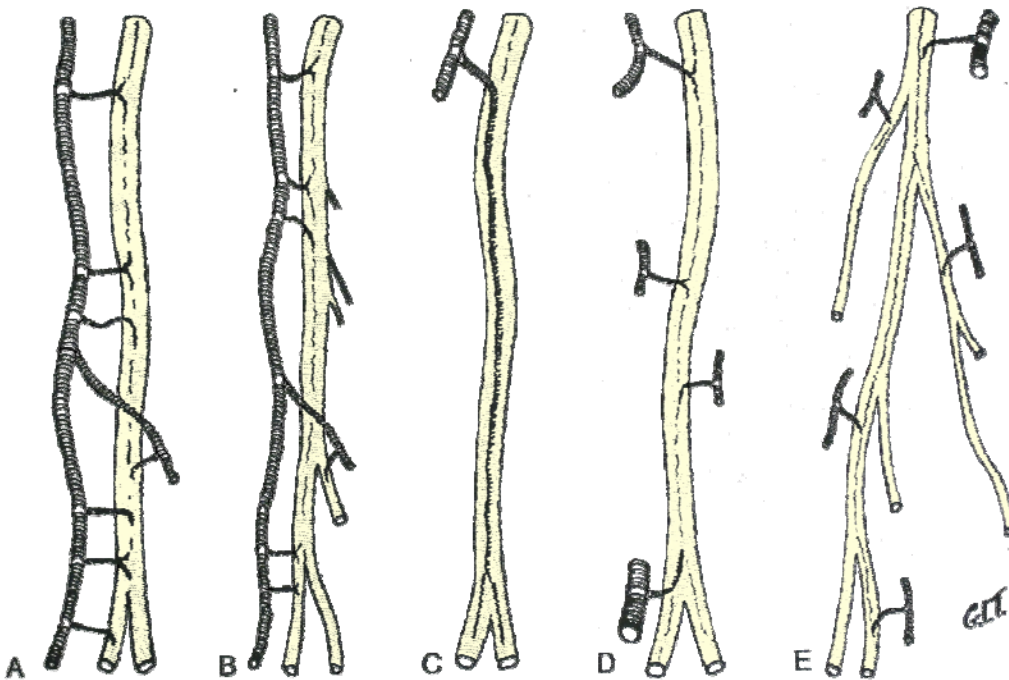


Fig. 1.1: Classificació dels nervis perifèrics segons el seu aportament vascular. Pres de Taylor GI. Free vascularized nerve transfer in the upper extremity. Hand Clinic 1999; 15(4): 673-95.

Atenent al patró del drenatge venós dels empelts nerviosos vascularitzats, Taylor¹⁹⁶ els va classificar en 4 tipus (Fig. 1.2):

- **Tipus A:** El *vena nervorum* drena directament a la vena concomitant de l'artèria. Exemples són la branca sensitiva del nervi radial i el nervi cubital en l'avantbraç.

- **Tipus B:** El drenatge venós és indirecte, a través d'una vena muscular adjacent. El nervi medià a l'avantbraç n'és un exemple.
- **Tipus C:** El drenatge venós es realitza a través d'un plexe venós periarterial, que connecta amb les venes concomitants de l'artèria. Alguns exemples són el nervi cubital a l'avantbraç i els nervis tibial anterior i posterior a la cama.
- **Tipus D:** El drenatge venós s'efectua per un plexe perivenós d'una vena cutània. Aquesta és la situació més favorable i accessible per les transferències neurovenoses arterialitzades. En aquests casos és important incloure un rodet de teixit connectiu al voltant del pedicle neurovenós per agafar la fina xarxa venosa que connecta el *vasa nervorum* a la vena corresponent. Alguns exemples són el nervi sural amb la vena safena menor i el nervi cutani avantbraquial lateral amb la vena cefàlica.

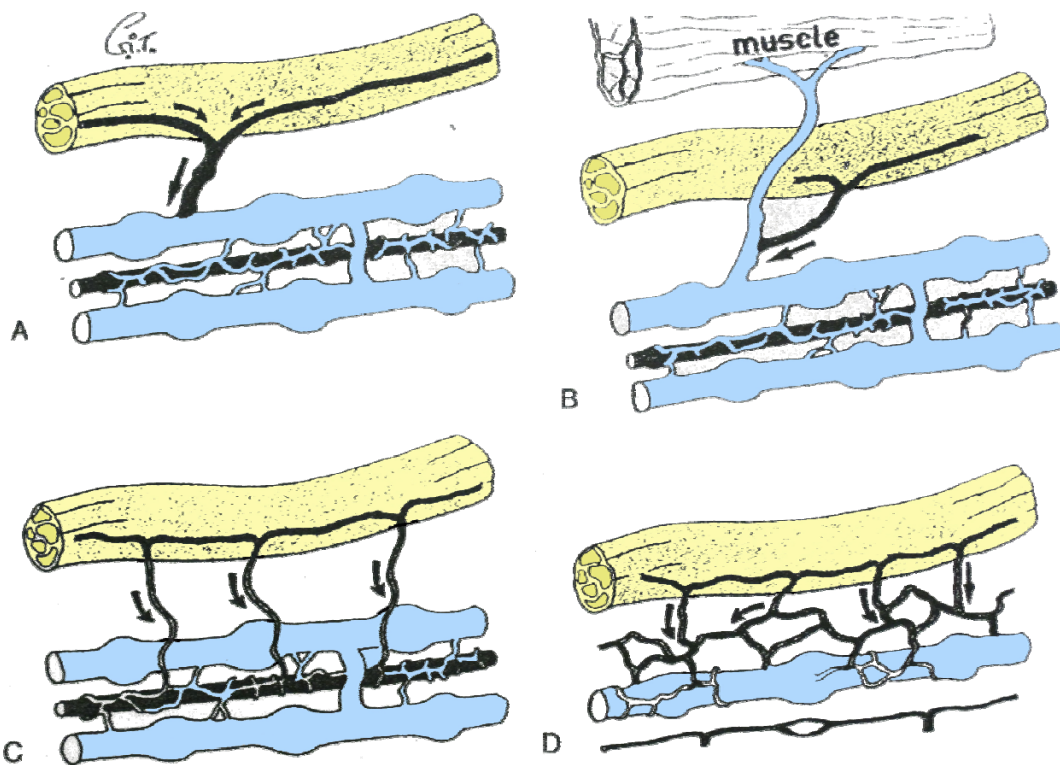


Fig. 1.2: Patrons de drenatge venós dels nervis perifèrics. Pres de Taylor GI. Free vascularized nerve transfer in the upper extremity. *Hand Clinic* 1999; 15(4): 673-95.

Els empelts nerviosos vascularitzats es classifiquen en 6 tipus segons les característiques de l'aportament vascular que reben (*Breidenbach*²⁹):

- **Empelt nerviós vascularitzat:** S'utilitza aquest terme de forma general per tots els tipus d'empelts nerviosos vascularitzats o fent referència específicament a un nervi transferit amb el seu patró de vascularització normal.
- **Empelt nerviós arterialitzat:** Nervi vascularitzat per una sola artèria, sense venes concomitants. El flux arterial entra dins l'artèria connectada al nervi i drena a l'artèria receptora. No s'estableix drenatge venós. (*Rose*¹⁶²).
- **Empelt nerviós arterialitzat per fístula:** Nervi vascularitzat per una sola artèria, sense venes concomitants on el flux arterial entra dins l'artèria connectada al nervi i drena a la vena receptora.
- **Empelt nerviós venós arterialitzat:** Nervi connectat a una sola vena, sense artèries. El flux arterial entra dins la vena col·locada de forma reversa, i posteriorment drena a l'artèria receptora. No s'estableix el retorn venós (*Townsend et al.*²¹⁰, *Gu*⁶³, *Rose*¹⁶²).
- **Empelt nerviós venós arterialitzat per fístula:** Nervi connectat a una sola vena, sense artèries. El flux arterial entra dins la vena col·locada de forma reversa, i posteriorment drena a la vena receptora.
- **Empelt nerviós vascularitzat per venes:** Nervi connectat a una sola vena, sense artèries. El flux venós entra dins la vena connectada al nervi, i posteriorment drena a la vena receptora. No s'estableix flux arterial (*Arakaki*⁸).

*Terzis et al.*²⁰² al 1987 van dur a terme un estudi anatòmic de la vascularització dels nervis que potencialment podien ser utilitzats com a empelts nerviosos

vascularitzats on van observar que hi ha dos tipus de vasos extrínsecs. Uns que emergeixen de perforants musculocutànies o vasos fascials que són de calibre més petit i entren al nervi de forma directa. L'altre tipus de vasos són aquells que discorren amb el nervi en part de la seva longitud, de major calibre, que ells anomenen *sistema dominant*. En aquest mateix estudi, van publicar una classificació dels nervis segons el seu aportament vascular dominant (Fig. 1.3):

- **Tipus I:** No es troba cap sistema dominant i reben el seu aportament vascular a través del sistema intrínsec o per vasos extrínsecs que s'originen en perforants musculocutànies entrant directament dins el nervi, sense acompanyar-lo. Aquests no poden ser utilitzats com a empelts nerviosos. Els nervis cutanis braquial i avantbraquial medials en són exemples.
- **Tipus II:** Hi ha un sistema dominant, que acompanya el nervi en tota o gran part de la seva longitud. Aquest és el tipus ideal per a ser utilitzats com a empelt nerviós vascularitzat. La porció de nervi que no rep irrigació del sistema dominant, té un aportament vascular de perforants musculocutànies, de vasos fascials i del sistema intrínsec. Dins aquest grup trobem la branca sensitiva del nervi radial i el nervi cutani avantbraquial lateral.
- **Tipus III:** Hi ha múltiples sistemes dominants. Aquests es poden transferir amb els diversos sistemes dominants, però açò implica diverses anastomosis. És més pràctic utilitzar-los basats en un sol sistema dominant, convertint-los d'aquesta manera en un tipus II. El nervi cubital es troba dins aquest grup.

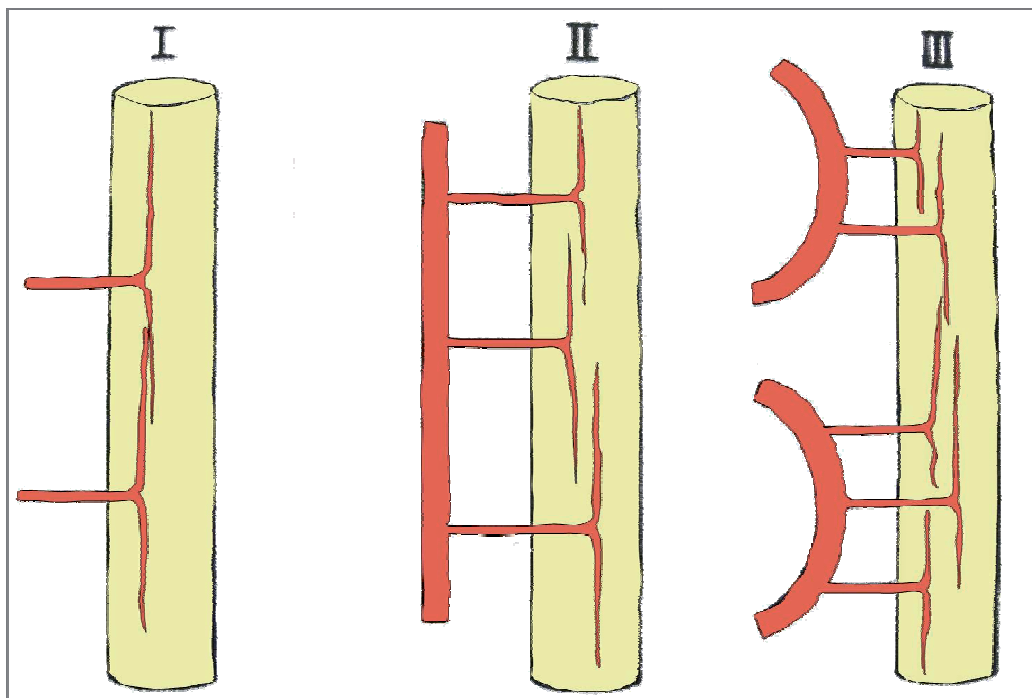


Fig. 1.3: Classificació de l'aportament vascular dels nervis perifèrics. Pres de Breidenbach WC, Terzis JK. The blood supply of vascularized nerve grafts. J. Reconstr Microsurg 1986; 3(1): 43-55.

Un problema tècnic que es troba a l'hora de transferir un empelt nerviós vascularitzat és la formació de cables, ja que aquesta maniobra pot acabar desvascularitzant l'empelt si no es prenen unes certes precaucions. Quan existeix un sistema vascular dominant que discorre al llarg de tota la longitud del nervi, la formació de cables és més senzilla. *Fachinelli*⁵⁷ al 1981 van proposar una tècnica per plegar l'empelt conservant la seva vascularització extrínseca (Fig. 1.4). El problema es presenta quan els vasos dominants no acompanyen el nervi en tota la seva longitud, ja que el segment lliure, sense vasos dominants, només rep aportament vascular del sistema intrínsec. Per plegar aquest segment d'empelt, s'ha de preservar el perineuri entre els diferents cables.

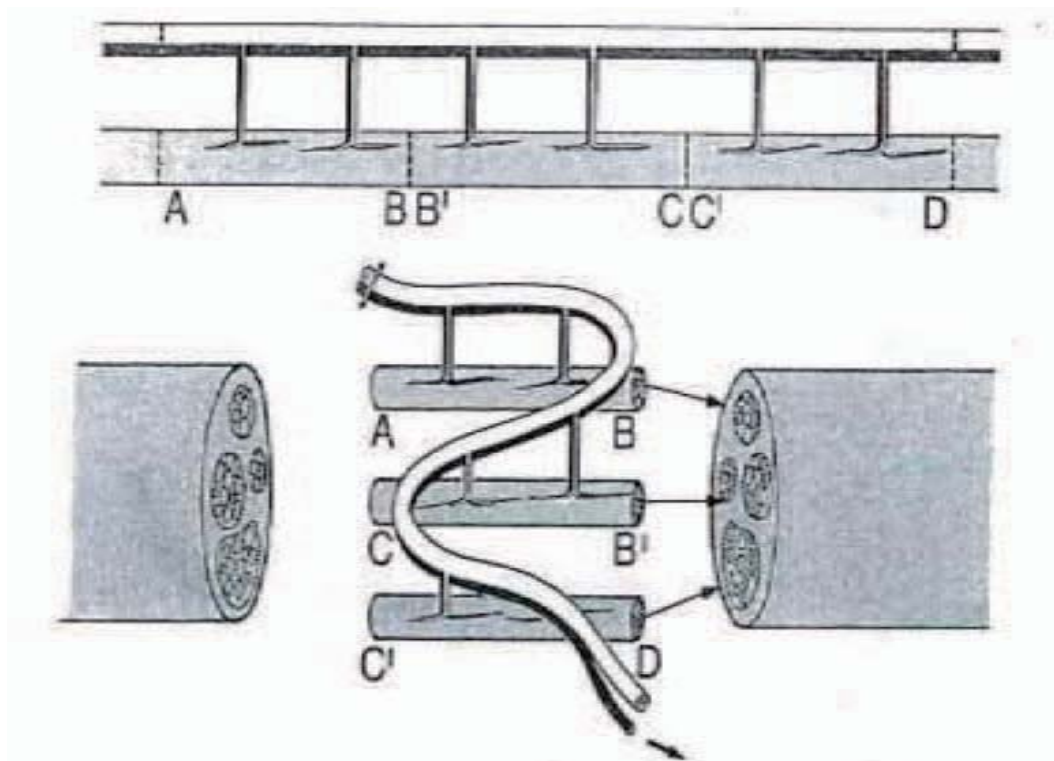


Fig. 1.4: Tècnica per a seccionar i plegar en cables un empelt nerviós vascularitzat amb un aportament vascular dominant. Pres de Breidenbach WC, Terzis JK. The blood supply of vascularized nerve grafts. J. Reconstr Micrusurg 1986; 3(1): 43-55.

S'han descrit sis potencials nervis donants per a ser utilitzats com a empelt vascularitzat: la branca sensitiva del nervi radial, que és fàcilment accessible i es pot associar a un penjall cutani basat en l'artèria radial, però és un empelt curt; el nervi cubital basat en l'artèria cubital (*Bonney*²⁸) o l'artèria col·lateral cubital superior (*Breidenbach et al.*³⁰), que també es pot associar a una petita illa cutània, però la seva disponibilitat es limita a lesions preganglionars baixes del plexe braquial; el nervi safè que és un excel·lent nervi donant per la longitud que ofereix i es pot associar a una illa cutània (*Breidenbach et al.*³⁰), però desafortunadament té una anatomia vascular molt variable que dificulta la seva extracció; el nervi sural que és la millor opció, basat tant en branques de l'artèria poplítia com de l'artèria peroneal, entre un 30 i 60% dels casos pot estar desproveït de pedicle (*Breidenbach et al.*³⁰; *Fachinelli*⁵⁷).

Així i tot, hi ha molts factors que juguen un paper important en la determinació del resultat final d'una reparació d'un nervi amb un empelt nerviós, a part del seu aportament vascular. L'edat del pacient, la longitud del defecte nerviós a reparar, el nivell de la lesió, si el nervi és sensitiu, motor o mixt i el temps transcorregut des de la lesió.

1.1.2- VASCULARITZACIÓ DELS NERVIS

La vascularització dels nervis ha estat molt ben estudiada des de fa segles. Una de les primeres publicacions que tenim sobre la vascularització dels nervis data de 1627 de *Van der Spieghel*²¹¹ on desmenteix el pensament de l'època d'Aristòtil que deia que els nervis rebien els nutrients d'una substància gelatinosa que els envoltava i exposa que els nervis s'han de nodrir dels vasos que es troben al seu voltant. Durant el segle XVIII hi van haver diversos autors com *Ruysch*¹⁶⁴, *Von Haller*²¹², *Schmidel*¹⁷² i *Boerhaaver*²⁷ que consideraven bàsic el coneixement de l'aportament vascular dels nervis per entendre diverses de les seves patologies.

No va ser fins al 1768 que *Isenflamm et al.*⁸¹ van publicar el primer treball centrat exclusivament en l'aportament vascular dels nervis, on, a través d'estudis d'injecció de cera de color, es demostrava l'existència de petites branques vasculars dins la beina nerviosa que van anomenar ***vasa nervorum***. Al 1878 *Ranvier*¹⁵⁶, amb l'ajuda del microscopi, va descriure l'existència de plexes vasculars intrínsecs dins els nervis que es ramificaven dins la beina endoneural i perineural. A més, va demostrar la disposició longitudinal dels vasos entre els quals existeixen múltiples anastomosis transversals.

Durant tota la primera meitat del segle XX, es van escriure molts articles fent referència a estudis tant experimentals com clínics posant de manifest la rellevància de la vascularització i l'aportament sanguini dels nervis, tant per la seva correcta funció com per una regeneració axonal satisfactòria després d'una lesió compressiva o de

solució de continuïtat. Entre aquests treballs, destaca el de *Hyrtl*⁷⁷ que va establir, en primer lloc, que cada nervi rep artèries nutrícies, les quals ell va descriure com petits vasos que discorren amb el nervi sense ramificar-se i posteriorment entren dins el nervi per formar finalment plexes capil·lars que acaben drenant a les venes corresponents. Cada una d'aquestes artèries, només irriga un sol nervi i es divideix en una branca ascendent i una descendent, que s'anastomosen amb les corresponents branques de les artèries nutrícies adjacents, formant d'aquesta manera un flux longitudinal continu² (Fig. 1.5).

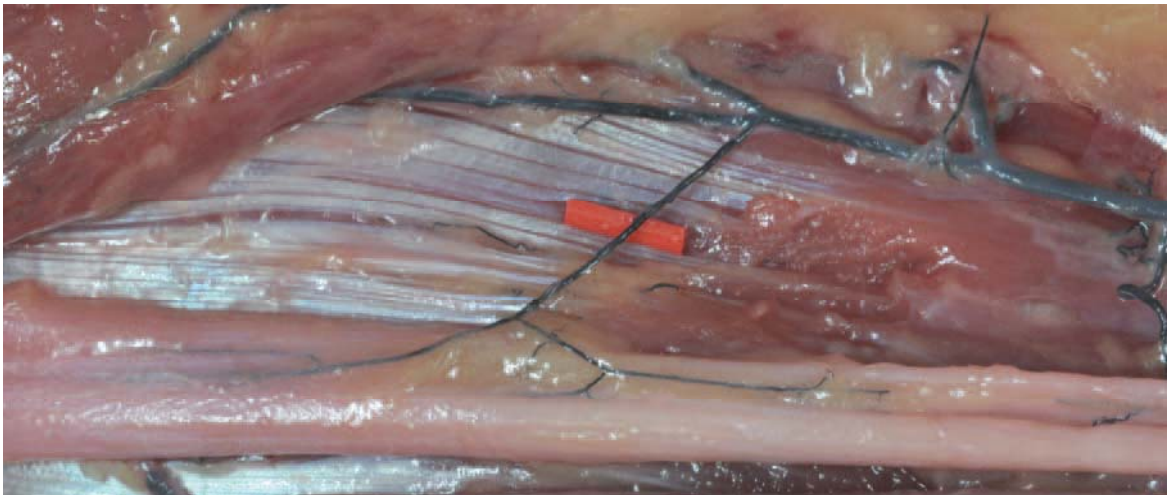


Fig 1.5: Dissecció de l'artèria nutrícia del nervi medià i una de les seves artèries (marcada amb un vessel-loop vermell) que hi penetra dins ramificant-se en una branca ascendent i una descendent.

Al 1897, *Tonkow*²⁰⁹ per una banda, i *Bartholdy*¹⁴ per una altra, van publicar els seus respectius treballs on arribaven a les mateixes conclusions. Segons els seus estudis, cada nervi rep una sèrie de vasos nutrícies que provenen de les artèries més properes a ell. De fet, el més habitual és que quan una artèria es creua amb un nervi que discorre tot sol, aquesta li ofereix aportament vascular en el punt on es creuen, a no ser que no es trobin en el mateix pla anatòmic. Ells constataven que l'origen de les artèries nutrícies dels nervis no és una determinada artèria de forma constant, de la

mateixa manera que el nombre de vasos nutrics per a un determinat nervi tampoc és constant, encara que normalment tendeixen a ser més freqüents a mesura que es troben més distals.

En la dècada dels 90 del segle XIX, *Quénu et al.*^{151,152,153} van descriure la vascularització dels nervis com un aportament ric i amb un origen, divisió i penetració dins el nervi molt regular, considerant que la irrigació mai procedeix d'una sola artèria sinó que sempre hi participen múltiples artèries. *Ramage*¹⁵⁴ al 1927 va publicar un estudi anatòmic sobre la vascularització dels nervis de l'extremitat superior realitzat en el Departament d'Anatomia de la Universitat de Manchester que conclouia que l'aportament vascular als nervis és inconstant, contradient d'aquesta manera a *Quénu et al.*^{151,152,153}.

*Blunt*²⁶ en una revisió exhaustiva de la vascularització dels nervis, va publicar que l'aportament vascular dels nervis perifèrics és segmentària i prové a través de diversos *vasa nervorum* independents. Aquest patró segmentari es troba emmascarat per una extensa xarxa anastomòtica epineural entre *vasa nervorum* adjacents i per plexes vasculars intrínsecs longitudinals.

El treball de Sir *Sydney Sunderland*¹⁸⁹ de 1968 va significar un important avenç en la comprensió de la topografia i morfologia del *vasa nervorum*. Aquest treball arribava a la conclusió que encara que la localització precisa del *vasa nervorum* és molt variable, qualsevol artèria que acompanyi el nervi al llarg del seu recorregut, pot emetre branques per a irrigar-lo. Aquestes artèries són raonablement constants donat que les relacions neurovasculars més importants ho són.

Les artèries que irriguen els nervis es poden dividir en artèries nutrícies i artèries concomitants (*Tonkow*²⁰⁹, *Bartholdy*¹⁴). L'**artèria nutrícia** és aquella que es destina exclusivament o predominantment a l'aportament vascular dels nervis; i l'**artèria concomitant** és la que discorre acompanyant un nervi però la seva funció principal és la vascularització de teixits adjacents. Avui en dia, el concepte d'artèria concomitant ha estat modificat i es considera aquell vas que acompanya el nervi al llarg d'una certa distància independentment de si contribueix a la seva vascularització o no (*Sunderland*¹⁸⁸). Aquest segon tipus és el que es troba junt als nervis cutanis superficials, que en realitat són artèries cutànies de llarg recorregut.

D'una manera anàloga a la classificació de les artèries cutànies *Sunderland*¹⁸⁸ divideix les artèries nutrícies dels nervis en artèries que provenen directament dels vasos principals de l'extremitat o d'alguna de les seves branques denominant-les **artèries directes**. Per altra banda, els vasos que es ramifiquen d'artèries destinades predominantment a l'aportament vascular d'estructures extraneurals les anomena **artèries indirectes** (Fig. 1.6). Aquestes darreres són molt més infreqüents.

Per la seva part, *Lundborg*¹⁰³ al 1975 va descriure la vascularització dels nervis diferenciant dos sistemes, un extrínsec i un intrínsec. El **sistema extrínsec** està compost per artèries i venes que acompanyen el nervi, sense incorporar-se dins l'epineuri. Aquest aportament vascular pot acompanyar el nervi en tota la seva longitud o només una part. Els **sistema intrínsec** es compon de plexes vasculars epineurals, perineurals i endoneurals que discorren longitudinalment dins el nervi.

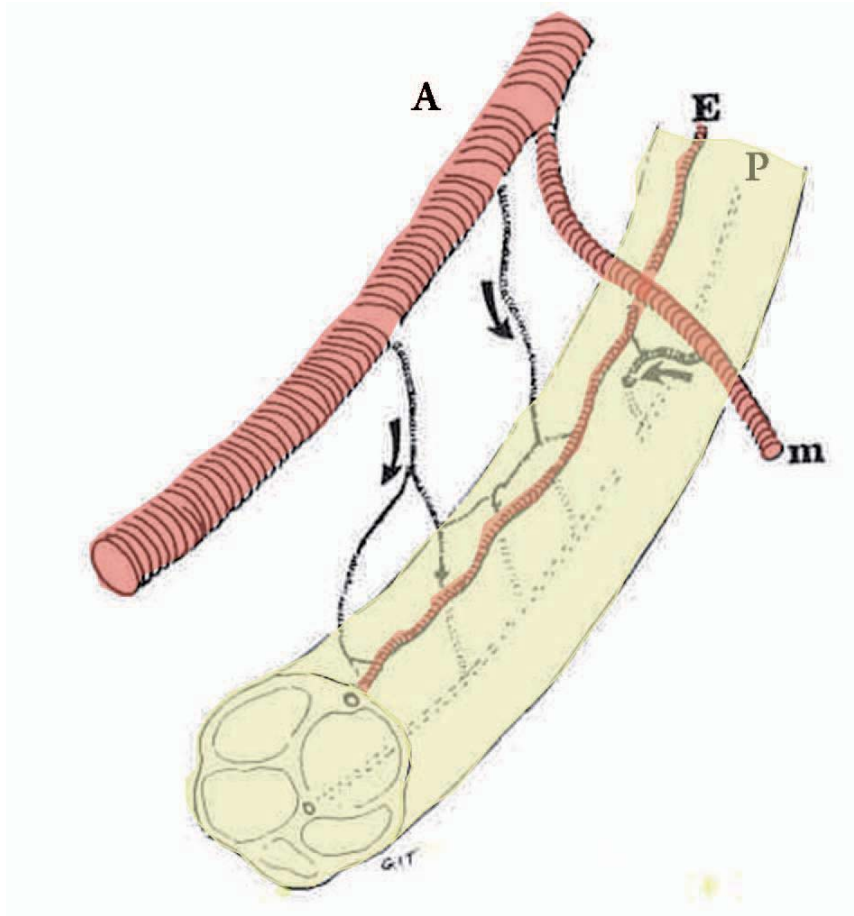


Fig. 1.6: Aportament vascular dels nervis. El *vasa nervorum* (fletxa) es desprèn directament d'una artèria de la zona (A) o indirectament d'una artèria muscular (m) per reforçar els vasos axials epi (E) i perineurals (P). Pres de Taylor GI, Ham FJ. Free vascularized nerve graft. A further experimental and clinical application of microvascular technique. *Plast Reconstr Surg* 1976; 57(4): 413-26.

En condicions normals, només part d'aquests vasos són evidents en un moment determinat. Un traumatisme pot produir la vasodilatació dels vasos col·lapsats. En la interfase entre els dos sistemes es troba el *vasa nervorum* que són els petits vasos que emergeixen del sistema extrínsec i s'introdueixen dins els nervis on es divideixen i s'anastomosen entre ells per formar el sistema intrínsec. Els dos sistemes són funcionalment independents, de manera que un nervi es pot aïllar del seu aportament extrínsec i sobreviure gràcies a la vascularització intrínseca (Fig. 1.7).

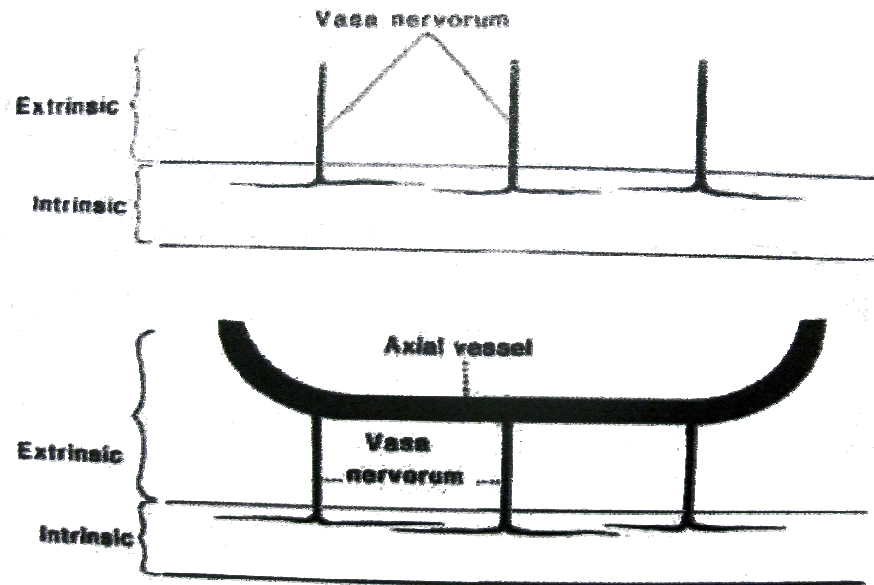


Fig. 1.7: Aportament vascular intrínsec i extrínsec dels nervis. Es troben dos tipus de vasos extrínsecs: els procedents de vasos fascials, musculocutanis o periòstics (esquema superior) i els procedents de vasos axials (esquema inferior). Pres de Breidenbach W.C, Terzis J.K. The blood supply of vascularised nerve grafts. J Reconstr Microsurg 1986; 3(1): 43-55.

Embriològicament, el sistema nerviós perifèric i el sistema vascular es desenvolupen paral·lelament de manera que els nervis reben el seu aportament vascular de forma segmentària dels vasos adjacents (*Taylor et al.*¹⁹⁸). A mesura que l'organogènesi progressa, la majoria del flux vascular a les extremitats es deriva a altres vasos però el patró d'irrigació dels nervis es manté; en el període postnatal no s'han observat canvis importants en el patró vascular dels nervis. En l'edat adulta, aquest patró de vascularització dels nervis és representat per vasos longitudinals que discorren axialment en la superfície dels nervis. Per cada nervi hi ha un grup relativament constant d'artèries que, per la seva disposició anatòmica, són més favorables a irrigar el nervi. Encara que el nombre i origen precis dels *vasa nervorum* varia dins un rang molt ampli, hi ha determinades regions on els nervis reben més vasos.

Cada nervi rep branques de les artèries adjacents; els vasos epineurals emeten branques que s'introdueixen dins el perineuri i finalment formen plexes capil·lars longitudinals continus al llarg de tot el nervi dins els fascicles. Els plexes intraneurals formen un sistema que es reforça amb l'aportament de les artèries nutrícies locals (*Duward*⁵²).

Per a l'estudi dels plexes intraneurals s'han fet molts estudis amb diverses tècniques d'injecció (*Adamkiewicz*³ i *Dunning et al.*⁵⁰), treballs de tinció amb bencidina (*Bergmann et al.*¹⁹) i estudis de neurografia (*Chaumet*³⁷, *Ramage*¹⁵⁴, *Buitink*³⁴ entre d'altres) que consisteixen en omplir el llit vascular dels nervis perifèrics amb una substància radioopaca i observar-la a través d'imatges radiològiques. Per un mètode o altre, s'ha pogut demostrar l'existència de plexes vasculars longitudinals al llarg dels nervis i anastomosis accessòries transverses².

Els vasos intraneurals, segons la seva estructura histològica s'ha vist que poden ser capil·lars, precapil·lars, arterioles i vèdules postcapil·lars (*Sunderland*¹⁸⁸). Els capil·lars es defineixen com vasos on l'endoteli és l'únic component de la paret vascular. Els precapil·lars o arterioles precapil·lars es componen d'una capa d'endoteli no recobert, i, externament una capa simple, prima i circular de fibres musculars llises. Les arterioles estan formades per tres capes ben diferenciades: internament l'endoteli recobert d'una membrana elàstica, la túnica mitja composta de fibres musculars llises, i la túnica adventícia feta d'una fina capa de teixit fibroelàstic. Els seus límits estan mal definits, en no poder-se delimitar una línia clara amb la resta de teixit connectiu que l'envolta. Les arterioles són els vasos de major calibre que s'han trobat en la secció transversal dels nervis. Finalment, les vèdules postcapil·lars, que drenen els capil·lars cap a la circulació venosa, tenen unes parets més primes que les corresponents

arterioles precapil·lars ja que la capa de múscul llis està absent. Els vasos epineurals proporcionen una xarxa anastomòtica rica al perineuri i endoneuri, on es troba un important solapament entre les diferents artèries que entren a diferents nivells (Sunderland¹⁸⁸) (Fig. 1.8). Els *vasa nervorum* després de desprendre's, directament de l'artèria d'origen o indirectament a través de branques musculars o cutànies, s'anastomosen entre elles i arriben al nervi a intervals irregulars entre teixit connectiu lax. Posteriorment dins el nervi, les artèries es divideixen en angle recte en dues branques, una ascendent i una descendent; que a la vegada s'anastomosen amb branques d'artèries nutrícies adjacents formant un segon sistema anastomòtic longitudinal. D'aquesta manera podem trobar dos sistemes arterials longitudinals majors, un de superficial en la superfície del nervi, i un de profund en l'epineuri interfascicular. Un tercer sistema, menys evident, és el que formen els capil·lars intrafasciculars de l'endoneuri (Sunderland¹⁹⁰) (Fig. 1.9 i 1.10).

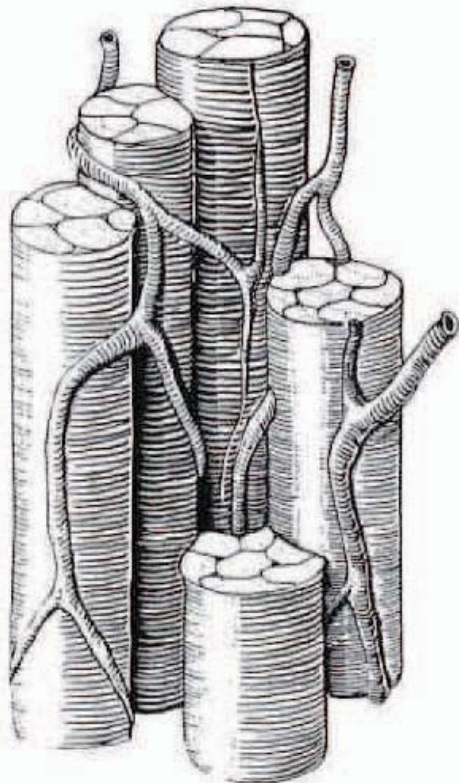


Fig. 1.8: Il·lustració de la ramificació de les artèries d'irrigació dels nervis que es produeix en el teixit interfascicular. Pres de Sunderland S. Nerve injuries and their repair. Edinburg: Churchill Livingstone; 1991.

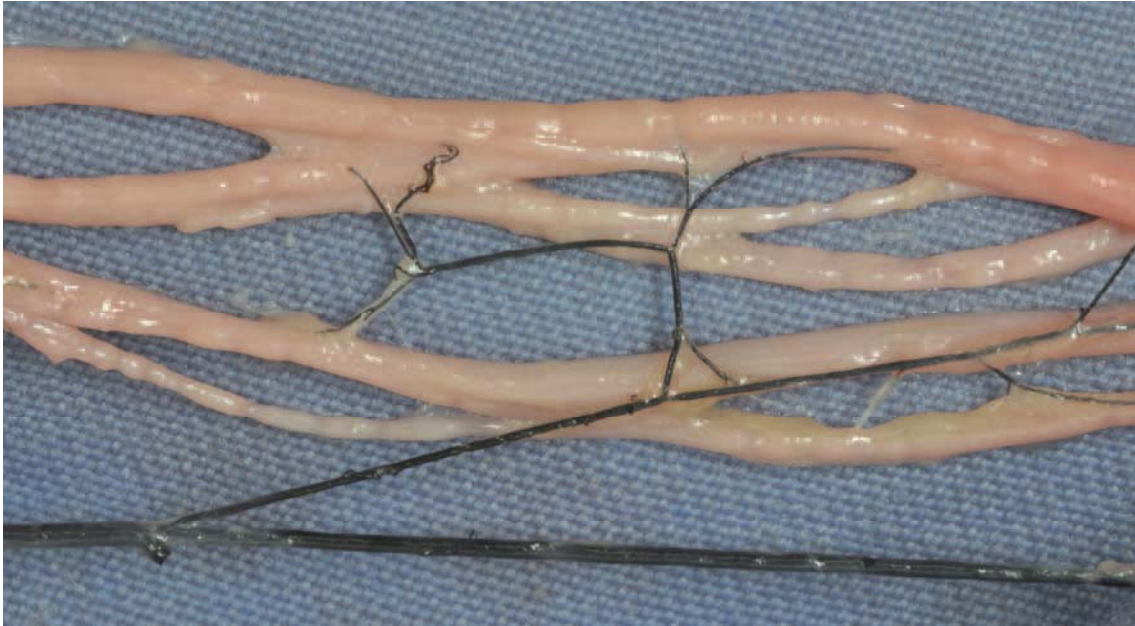


Fig.1.9 : Dissecció intraneural del nervi cubital on s'observa la ramificació de l'artèria extrínseca en una branca ascendent i una descendent.



Fig. 1.10: Transparentació amb la tècnica de Spalteholz del nervi cubital on es veuen les comunicacions i solapament de les artèries que entren a diferents nivells.

Els *vasa nervorum* no són artèries terminals per tal d'assegurar el correcte aportament vascular als nervis. D'aquesta manera, per a interrompre la vascularització d'un nervi, s'ha de lesionar més d'un vas nutrient (Quénu *et al.*¹⁵¹, Ramage¹⁵⁴). La lesió simultània de les artèries nutrícies i la xarxa anastomòtica longitudinal de l'epineuri provoca canvis isquèmics en el nervi. En aquestes situació, es desenvolupa ràpidament una circulació col·lateral.

La mida dels vasos és directament proporcional a la mida del nervi i indirectament proporcional al nombre de vasos que existeixin (*Tonkow*²⁰⁹, *Bartholdy*¹⁴, *Sunderland*¹⁸⁸). Les artèries que irriguen els nervis de l'avantbraç són més nombroses però més petites que al braç, on és més freqüent trobar un vas que discorre per la superfície dels nervis; per tant l'aportament vascular dels nervis del braç és millor que el de l'avantbraç (*Ramage*¹⁵⁴). Els nervis més gruixats no necessàriament reben vasos de major calibre que els nervis més prims. Però normalment, els vasos de major diàmetre es troben acompanyant als nervis més gruixats (*Sunderland*¹⁸⁸). De fet, s'ha vist que la disposició dels capil·lars intrafasciculars terminals és tal que el nombre de capil·lars per mil·límetre quadrat de fibra nerviosa és relativament constant.

Per el contrari, la mida dels vasos i la seva longitud són característiques independents (*Sunderland*¹⁸⁸). La longitud dels vasos sembla que ve determinada per la proximitat entre el seu vas d'origen i el nervi; com més a prop es troba el vas d'origen del nervi, més curts són els vasos nutrients, ja que aquests tenen tendència a agafar la ruta més curta, en línia el més recta possible, i per tant són rectes o lleugerament corbats.

Un dels avenços més importants en el coneixement de l'anatomia vascular del cos humà es va produir quan *Taylor et al.*¹⁹⁹ al 1987 van introduir el concepte d'**angiosoma**, referint-se a blocs tridimensionals de teixit irrigats per una determinada artèria. Les seves observacions van conduir a la hipòtesi de que els nervis perifèrics podrien estar vascularitzats de forma segmentària per artèries específiques.

Les artèries que discorren amb els nervis reben branques nervioses vegetatives simpàtiques d'aquests pel seu control vasomotor, l'estimulació de la qual produeix una

vasoconstricció, reduint el flux sanguini al nervi (*Lundborg*^{101,102}, *Appenzeller*⁷, *Selander*¹⁷⁷).

En general, l'estructura intraneural del retorn venós es correspon amb el patró arterial (Fig. 1.11). Les vènules, que són els vasos de major calibre que es troben en el nervi i sortint d'ell, i les arterioles no sempre viatgen juntes. De fet, habitualment, el nombre de vènules intrafasciculars excedeix lleugerament al nombre d'arterioles (*Sunderland*¹⁸⁸). Les artèries i venes normalment comparteixen els punts d'entrada i sortida (*Bichat*²¹). El nombre de vènules que deixen el nervi no sempre es correspon amb el nombre d'artèries que hi entren, de fet, no és infreqüent observar dues venes que surten del nervi, acompanyant a l'artèria entrant (*Sunderland*¹⁸⁸).

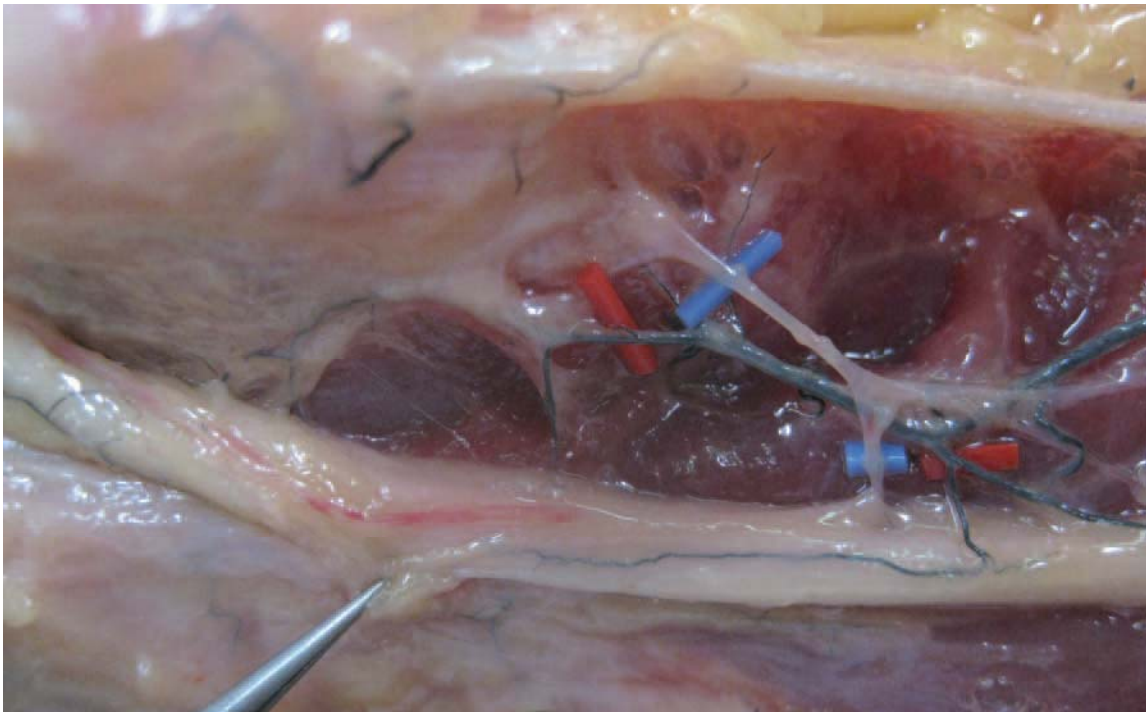


Fig. 1.11: Dissecció de la vascularització nerviosa on s'observa l'entrada de l'artèria d'irrigació nerviosa injectada en negre i marcada amb vessel-loops vermells i les venes concomitants marcades amb vessel-loops blaus.

En el sistema nerviós perifèric, igual que en el sistema nerviós central, també trobem una barrera hematonerviosa. Aquest tema ha estat estudiat per molts autors, com *Waksman*²¹³, *Olsson*^{139,140,141,142,143}, *Mellick et al.*¹²³, *Lundborg*^{101,103, 104,105}, *Rydevik et al.*¹⁶⁵ i *Bell et al.*^{15,16}. Els capil·lars endoneurals tenen les característiques estructurals i funcionals adequades per a formar la barrera hematonerviosa, semblant a la barrera hematoencefàlica dels sistema nerviós central. Les cèl·lules endotelials dels capil·lars endoneurals tenen unes unions especialment fortes que només permeten el pas de petites molècules, sent impermeables a macromolècules com les proteïnes. Aquestes propietats es perden en cas d'isquèmia, traumatisme o agents tòxics. Els vasos epineurals tenen unes característiques semblants a les descrites, però són manco resistents a les condicions desfavorables (*Sunderland*¹⁹⁰).

1.1.3- NERVIS DE L'EXTREMITAT SUPERIOR D'ÚS COM A EMPELT NERVIÓS

Des que als anys 70 del segle passat *Millesi*¹²⁶ va evidenciar morfològicament que en una sutura a tensió augmenta la fibrosi i que *Terzis*²⁰³ va proposar la col·locació d'un empelt nerviós, encara que el creixement axonal hagi de passar a través de dues sutures, és millor que una sola sutura dels dos extrems lesionats feta a tensió, s'han utilitzat diversos nervis donants. Degut que el rebuig dels homoempelts i heteroempelts encara no s'ha sabut controlar, ni mitjançant el tractament del nervi ni amb immunosupressió del pacient que no posi en risc la seva vida, de moment s'ha vist que només són útils els autoempelts. D'aquesta manera, el ventall de nervis donants queda molt limitat ja que el dèficit creat per la presa del nervi no pot ser major que el defecte que s'ha de reparar.

Quan es tracta d'empelts nerviosos vascularitzats els possibles nervis donants encara són manco ja que molts dels nervis utilitzats com a empelts nerviosos no vascularitzats, no tenen un pedicle vascular apropiat o suficientment constant com per ser usats vascularitzats. *Breidenbach et al.*³⁰ al 1986 van publicar un treball anatómic on havien estudiat 13 nervis en 25 cadàvers. Aquests nervis eren a l'extremitat superior la branca sensitiva del nervi radial, el nervi cubital, el nervi cutani braquial medial i els nervis cutani avantbraquial medial i lateral; a l'extremitat inferior el nervi sural, el tibial anterior, el peroneal superficial, el safè, els nervis cutani femoral posterior i lateral i les branques anteriors del nervi cutani femoral; i al tronc els nervis

intercostals. D'aquest estudi van concloure que només sis dels tretze potencials nervis donants tenien l'anatomia vascular i l'accés quirúrgic adequats per ser utilitzats clínicament com a empelts nerviosos vascularitzats. Aquests són en l'extremitat superior la branca sensitiva del nervi radial basada en l'artèria radial i el nervi cubital basat en l'artèria col·lateral cubital superior; i en l'extremitat inferior el nervi sural basat en l'artèria sural superficial, el nervi tibial anterior i el nervi peroneal superficial basats en l'artèria tibial anterior i el nervi safè basat en la branca safena de l'artèria descendent del genoll i en els vasos safens distal al genoll.

L'empelt nerviós vascularitzat ideal és aquell que té un llargada suficient, és accessible, conté suficient teixit neural i té un aportament vascular dominant fiable que discorre amb ell la majoria del seu recorregut. Per desgràcia, cap nervi compleix tots els criteris (*Breidenbach et al.*³⁰).

Nosaltres hem centrat el nostre treball a l'extremitat superior, i d'aquesta regió anatòmica, hem triat el nervi cubital, el nervi cutani braquial lateral inferior, el nervi cutani avantbraquial lateral i la branca sensitiva del nervi radial. Les indicacions d'ús del nervi cubital són molt poques i es limiten a lesions preganglionars baixes del plexe braquial associades a lesions postganglionars altes i casos de lesions nervioses en pacients amb amputacions de la mà. Els nervis cutanis tenen moltes més indicacions ja que la pèrdua funcional és molt menor. Hem exclòs de l'estudi els nervis cutani braquial i avantbraquial medials ja que no van acompanyats d'un pedicle vascular que els permeti ser agafats com a empelts nerviosos vascularitzats.

1.1.3.1- VASCULARITZACIÓ DEL NERVI CUBITAL

La vascularització del nervi cubital, lligada al seu ús com a empelt nerviós vascularitzat, ha estat estudiada específicament per diferents autors. Els diversos estudis realitzats coincideixen en indicar que aquest nervi té una vascularització a través de les diferents artèries que l'acompanyen al llarg del seu recorregut (*Sunderland*¹⁸⁸, *Künzel*⁸⁹, *Yamaguchi*²¹⁹, *Hattori*⁶⁹, *Hong et al.*⁷³). Així, es descriu que aquesta vascularització prové de:

- l'artèria col·lateral cubital superior, en el braç (vascularització dominant).
- les artèries col·lateral cubital superior, col·lateral cubital inferior i branca posterior de l'artèria recurrent cubital (artèria recurrent cubital posterior), en el colze.
- la branca posterior de l'artèria recurrent cubital i l'artèria cubital, en l'avantbraç.

Les descripcions globals d'aquestes artèries consultades en diversos textos d'anatomia (*Testut*²⁰⁴, *Gray*⁶², *Rouvière*¹⁶³, *Moore*¹³⁰, *Llusà*⁹⁹), ens proporcionen descripcions semblants. De totes maneres hi ha certes discrepàncies pel que fa a la formació concreta de les anastomosis que es donen entre elles i que constitueixen la part medial de la xarxa periarticular del colze. Globalment es refereixen de forma constant les anastomosis entre (Fig. 1.12):

- artèria col·lateral cubital superior i branca posterior de la recurrent cubital
- branca anterior de la col·lateral cubital inferior i branca anterior de la recurrent cubital

- branca posterior de la col·lateral cubital inferior i branca posterior de la recurrent cubital

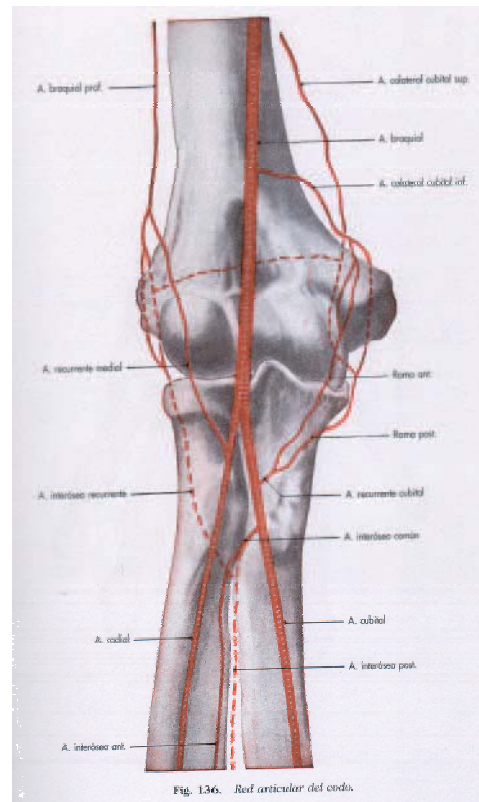


Fig. 1.12: Esquema de la xarxa vascular periarticular del coze. Pres de Rouvière H., Delmas A.: Anatomía Humana Descriptiva, Topográfica y Funcional.

En canvi, no tots els autors descriuen la comunicació entre artèria col·lateral cubital superior i artèria col·lateral cubital inferior. Entre aquestes artèries responsables de l'emissió de branques per a la vascularització del nervi cubital, diversos autors han indicat que l'**artèria col·lateral cubital superior**, amb les branques que emet en la regió del braç i colze, pot vascularitzar la totalitat del nervi cubital, des de l'aixel·la fins al canell (*Xu*²¹⁸, *Hattori*⁶⁹). A més, aquesta artèria junt amb la recurrent cubital posterior són les que, en la regió del colze, emeten els pedicles majors i més constants per al nervi (*Prevel*¹⁵⁰) (Fig. 1.13).



Fig. 1.13: Dissecció de les branques de vascularització marcades amb vessel-loops carabassa del nervi cubital encintat en groc.

La irrigació de la totalitat del nervi a través de l'entrada de pedicles localitzats només en un segment del nervi, s'explica per la formació de comunicacions vasculars a nivell extrínsec, per fora de l'epineuri, i a nivell intrínsec, dins l'epineuri (Fig. 1.14). S'ha demostrat que les artèries nutrients dels nervis formen canals anastomòtics en l'epineuri i penetren en l'interior, on constitueixen noves anastomosis i formen una artèria longitudinal contínua (*El-Barrany*⁵⁵). En el cas particular del nervi cubital, s'ha vist que existeix una major proporció de comunicacions vasculars en el sistema intrínsec (*Lim*⁹⁶).



Fig. 1.14: Transparentació amb la tècnica de Spalteholz del nervi cubital on es veuen les comunicacions vasculars intrínseques i extrínseques.

Per altra banda, s'ha descrit que el retorn venós del nervi cubital es dona per venes concomitants, paral·leles als pedicles arterials (*Künzel*⁸⁹, *Hattori*⁶⁹).

*Breidenbach*²⁹ va descriure la seva tècnica per a l'obtenció del nervi cubital com a empelt nerviós vascularitzat basat en l'artèria col·lateral cubital superior. Així es converteix un nervi tipus III de Terzis amb múltiples pedicles dominants, en un tipus II vascularitzat per un sol pedicle dominant. Abans de començar a obtenir l'empelt nerviós és imprescindible la verificació de la lesió preganglionar visualitzant l'avulsió de C8 i T1 o observant els orificis de conjunció buits. Inicialment localitza el nervi cubital en el túnel cubital on va acompanyat medialment per l'artèria col·lateral cubital, que s'acaba anastomosant amb branques de l'artèria recurrent cubital. Prosegueix la dissecció de proximal a distal fins a l'origen de l'artèria en l'artèria braquial. També inclou les venes que provenen d'un plexe format entre les venes braquials i la vena cefàlica i que s'uneixen al nervi lateralment, recorren amb ell entre 4 i 15 cm fins que es separen, però sempre passat el túnel cubital. Durant la dissecció també és important localitzar les perforants a la pell medial del braç en cas de que es vulgui associar una illa cutània. Acaba de dissecar tot el nervi fins al canell, on el secciona. D'aquesta manera aconsegeix una mitja de 55'7 cm d'empelt. El nervi es pot utilitzar tant pediculat com lliure. Posteriorment identifica els vasos, arterial i venós, receptors i realitza l'anastomosi. En cas de trombosi vascular, el nervi es convertiria en un empelt avascular, però degut al seu diàmetre és probable que patís una necrosi central.

El nervi cubital a l'avantbraç ha estat utilitzat com a empelt nerviós vascularitzat basat en l'artèria cubital per al tractament de lesions del plexe braquial. *Terzis*²⁰² al 1981 va agafar tot el nervi cubital basat en l'artèria col·lateral cubital

superior, evitant així el sacrifici d'una de les artèries principals de l'extremitat superior.

1.1.3.2- VASCULARITZACIÓ DEL NERVI CUTANI AVANTBRAQUIAL LATERAL

Segons l'estudi de *Sunderland et al.*¹⁹¹ de 1947 el nervi cutani avantbraquial lateral és de secció entre circular i oval amb un diàmetre entre 1 i 2 mm, on el teixit interfascicular no és tant compacte com en el nervi sural. La longitud d'empelt que es pot obtenir és d'entre 7 i 20 cm. Immediatament després de perforar la fàscia superficial avantbraquial, el nervi es divideix en dues branques, una anterior i una posterior.

La irrigació del nervi avantbraquial lateral no ha estat extensament estudiat ja que no s'ha utilitzat com a empelt nerviós vascularitzat (Fig. 1.15).



Fig. 1.15: Dissecció del nervi cutani avantbraquial lateral en l'avantbraç marcat amb vessel-loops grocs.

En l'estudi de *Terzis et al.*²⁰² de 1987 classifiquen aquest nervi com un tipus I o II. En el seu estudi anatòmic de vint espècimens, només sis tenien un pedicle dominant que permetés la seva utilització com a empelt nerviós vascularitzat, en quatre

disseccions no van trobar cap pedicle vascular i en nou casos el vas dominant només acompanyava al nervi un màxim de 4 cm. Per tant, el 70% dels espècimens no eren aptes per a la utilització d'aquest nervi com a empelt nerviós vascularitzat i per tant, van considerar-lo no adequat per aquest ús.

L'estudi de *Hong et al.*⁷³ de 2006 descriu el nervi musculocutani en el braç, on es troba en íntima relació amb el múscul bíceps braquial, i rep petits vasos que s'originen de les artèries nutrícies musculars. Més distalment i després de travessar la fàscia superficial per convertir-se en un nervi subcutani en el solc bicipital extern, es converteix en el nervi avantbraquial lateral, que es relaciona amb la vena cefàlica i rep aportament arterial de la xarxa arterial suprafascial procedents de l'artèria radial.

1.1.3.3- VASCULARITZACIÓ DE LA BRANCA SENSITIVA DEL NERVI RADIAL

*Sunderland et al.*¹⁹¹ al 1947 van trobar que la branca sensitiva del radial té una secció circular que es va transformant en oval a mesura que viatge distalment en l'avantbraç. El seu diàmetre es troba entre 1 i 2'5 mm. Conté poc teixit interfascicular amb els fascicles densament empaquetats, encara que no tant com el nervi sural. I la longitud que van poder extreure va ser d'entre 12 i 20 cm. El nervi, durant el seu recorregut subfascial, desprèn petites branques per l'artèria radial i ocasionalment per a la innervació motora de l'extensor carpi radialis brevis just després de la seva divisió del tronc comú del nervi radial. És un nervi que està subjecte a molt poques variacions anatòmiques, encara que en alguna ocasió s'ha publicat la seva absència. La pèrdua sensitiva secundària a la presa del nervi no és important.

La vascularització del nervi radial (Fig. 1.16), donat que ha estat utilitzat com a empelt nerviós vascularitzat, ha estat extensament estudiat per diversos autors.

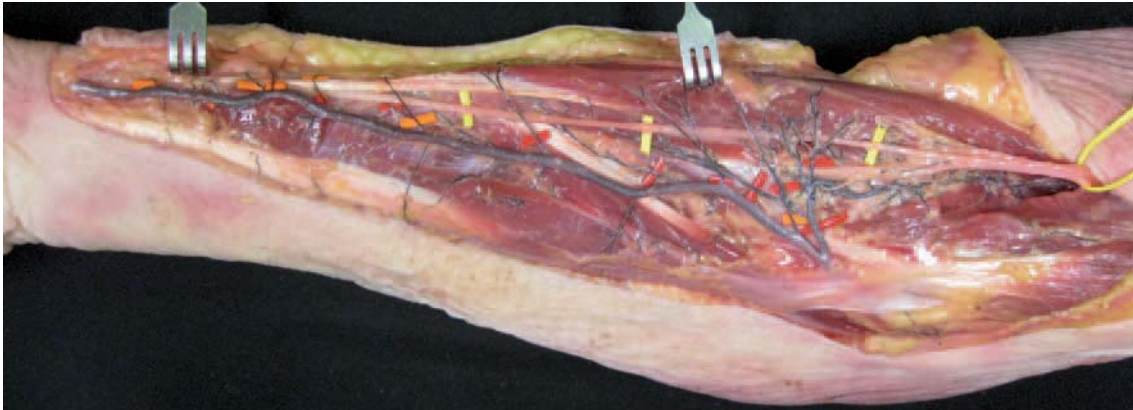


Fig. 1.16: Dissecció del nervi radial encintat en groc en el colze on es veu la divisió en la branca motora i la branca sensitiva (vessel-loops grocs). També s'han marcat les perforants a la pell lateral de l'avantbraç i els vasos d'irrigació del braquiorradial amb vessel-loops vermells i les artèries de vascularització de la branca sensitiva del nervi radial amb vessel-loops grocs.

*Cormack et al.*⁴¹ al 1994 van apuntar que l'aportament vascular de la branca sensitiva del nervi radial prové de l'artèria radial, que emet petites branques d'irrigació al llarg de tot el recorregut d'aquest nervi. A vegades fins i tot es pot trobar una artèria d'un calibre significatiu que discorre paral·lela al nervi per la seva vora medial, seguint un patró de vascularització tipus II de *Terzis* i *Breidenbach* i que per tant el fa adequat per a ser utilitzat com a empelt nerviós vascularitzat.

*Hong et al.*⁷³ en el seu estudi de 2006, descriu que inicialment, la branca sensitiva del nervi radial, es troba en íntima relació amb l'artèria radial a nivell del colze i de la que rep diversos vasos curts. A mesura que aquestes dues estructures es van separant, el nervi rep una pedicle vascular procedent de la mateixa artèria radial, que l'acompanya distalment fins a la mà.

*Taylor et al.*¹⁹⁸ van publicar al 1976 el primer cas d'empelt nerviós vascularitzat, que el van realitzar amb la branca sensitiva del nervi radial en una pacient de 26 anys

amb una pèrdua de substància del nervi medià de 24 cm, associada a lesió de la branca sensitiva del radial i lesió vascular radial i cubital. L'empelt nerviós es va obtenir de l'avantbraç contralateral i l'artèria radial es va utilitzar per a fer un by-pass de l'artèria radial i d'aquesta manera revascularitzar la mà. Ells descriuen una correcta progressió del signe de Tinel de 26 cm en sis mesos amb una bona recuperació motora, per tant, la velocitat de creixement va ser major d'1mm/dia. El resultat sensitiu no el reporten ja que en el moment de la publicació encara no s'havia produït.

En aquesta mateixa publicació, *Taylor et al.*¹⁹⁸ reporten un estudi anatòmic de deu espècimens frescos per a determinar la idoneïtat de diversos nervis com a empelt nerviós vascularitzat. Van incloure el nervi radial, el nervi cutani avantbraquial medial, nervis intercostals, el nervi tibial anterior i el nervi sural. Després de determinar que la branca sensitiva del nervi radial era el més adequat per a ser utilitzat com a empelt vascularitzat van aprofundir en el seu estudi i van concloure que es poden obtenir entre 17 i 28 cm de nervi sense branques, encara que amb dissecció intraneural proximal es poden aconseguir fins a 4 cm addicionals. El seu diàmetre proximal és entre 1'5 i 2'5 mm i distal entre 2'5 i 3'5 mm, amb els fascicles densament empaquetats en 2 o 3 fascicles. Van trobar una vascularització constant a través d'entre 1 i 4 vasos procedents directament de l'artèria radial o indirectament d'artèries musculars, que entren dins el nervi en el seu terç mig. En el cas de que només es trobi una artèria, aquesta és de gran calibre. El drenatge venós el descriuen paral·lel al sistema arterial. Es pot obtenir un pedicle d'entre 2 i 5 cm.

*Shafi et al.*¹⁷⁹ al 2010 van reportar la tècnica quirúrgica per a l'obtenció d'un empelt vascularitzat de la branca sensitiva del nervi radial. Segons aquests autors, les indicacions per a la utilització d'aquest nervi com a empelt nerviós vascularitzat és la

paràlisi de C5 a C7, on el nervi cubital és funcional i s'hauria de preservar. Les paràlisis braquials completes, en que no hi ha cap altra opció d'empelt nerviós vascularitzat, també pot ser una indicació per a la presa de la branca sensitiva del nervi radial com a empelt vascularitzat. Quan es fa una transferència d'un nervi contralateral en cirurgia del plexe braquial, el nervi cubital és la primera opció, però quan aquest és insuficient, la utilització de la branca sensitiva del nervi radial està indicada. La darrera indicació inclou lesions del nervi cubital o medià a l'avantbraç, ja que el nervi receptor es troba en el mateix camp quirúrgic. En quant a les contraindicacions d'aquesta tècnica, els autors proposen un traumatisme previ en la mateixa extremitat, malalties vasculars perifèriques greus de l'extremitat superior i un test d'Allen anormal. Segons aquests autors, l'aportament vascular extrínsec de la branca sensitiva del nervi radial prové a través d'entre una i quatre *arteriae nervora* que li proporciona una vascularització segmentària. Aquestes artèries poden provenir directament de l'artèria radial o indirectament d'una arcada que creua anteriorment el nervi per acabar en la musculatura extensora.

La tècnica quirúrgica que exposen aquests autors consisteix en realitzar una incisió cutània en la cara lateral de l'avantbraç començant 2 cm proximal al plec flexor del canell extenent-se proximalment per damunt la massa muscular del braquiorradial. Posteriorment s'incideix l'aponeurosi superficial de la musculatura volar de l'avantbraç entre el braquiorradial i el flexor radial del carp. Profundament al braquiorradial, es troba una fàscia ben definida que rodeja l'artèria radial i les venes concomitants que acompanyen a la branca sensitiva del nervi radial i que no s'hauria de dissecar. Les branques musculars de l'artèria radial que es troben relacionades amb el nervi s'haurien de preservar. El nervi s'ha de seguir distalment fins al punt on penetra

l'aponeurosi avantbraquial. Igualment, l'artèria radial i les seves venes concomitants es dissequen distalment fins al canell on es lliga i secciona, de la mateixa manera que les branques radials septocutànies. Després la dissecció continua proximalment fins a la sortida de l'artèria recurrent radial, que també s'ha de lligar. Finalment, el pedicle vascular es secciona i es tanca per plans de forma primària la incisió quirúrgica.

1.1.3.4- VASCULARITZACIÓ DEL NERVI CUTANI BRAQUIAL I AVANTBRAQUIAL POSTERIOR

Els nervis cutani braquial i avantbraquial posteriors, branques del nervi radial, el primer en la regió axil·lar i el segon després d'envoltar la diàfisi humeral en el canal de torsió, igual que el nervi cutani avantbraquial lateral, no ha estat utilitzat com a empelt nerviós vascularitzat, de manera que la seva vascularització, ha estat molt menys estudiada.

Aquests nervis són molt prims. Discorren associats a la vena cefàlica però no els acompanya cap vas arterial (*Sunderland*¹⁸⁹), pel que s'han exclòs d'aquest treball.

1.1.3.5- VASCULARITZACIÓ DEL NERVI CUTANI BRAQUIAL I AVANTBRAQUIAL MEDIAL

Els nervis cutani braquial i avantbraquial medial, branques directes del tronc anteromedial del plexe braquial, tampoc han estat utilitzats com a empelts nerviosos vascularitzats, encara que sí hi ha treballs publicats que l'empren com a empelt nerviós no vascularitzat (*Testut*²⁰⁵). Així, la seva vascularització tampoc ha estat estudiada en

profunditat.

El nervi cutani braquial medial discorre a nivell subcutani per la cara medial del braç acompanyant a la vena basilica fins al colze, on es divideix en diverses branques que acaben a la pell d'aquesta zona. Al llarg del seu recorregut no es troba cap artèria que el segueixi, pel que també s'ha exclòs d'aquest estudi.

Per la seva banda, el nervi cutani avantbraquial medial a nivell del braç discorre profundament junt amb el paquet vasculonerviós del braç. Aproximadament a la unió del terç proximal amb el terç mig del braç perfora l'aponeurosi braquial, i una vegada superficial, descendeix per la cara medial del braç fins a la epitròclea on es divideix en dues branques una anterior i una altra posterior que acaben a la pell de la cara medial de l'avantbraç. Aquest nervi tampoc va acompanyat de cap vas arterial, tret de la zona més proximal, on discorre junt amb l'artèria braquial. Donat que aquest vas és l'únic que dóna aportament vascular a l'extremitat superior no pot ser utilitzat com a artèria sobre la que es basi un empelt nerviós vascularitzat ni cap altre penjall. Per aquesta raó, tampoc s'ha inclòs en aquest treball.

1.2 PELL

1.2.1- ÚS DE LA PELL EN CIRURGIA RECONSTRUCTIVA

Quan no és possible l'aposió de les vores d'una solució de continuïtat cutània mitjançant una sutura sense tensió, s'ha de deixar curar per segona intenció o cobrir la pèrdua de substància amb pell del propi individu. La pell utilitzada per a la cobertura es pot traslladar fins a la zona receptora de forma no vascularitzada, constituint un **empelt cutani**, o vascularitzada formant un **penjall** local si la zona donant es troba en l'àrea receptora o lliure en cas de que es traslladi d'una àrea a distància i sigui necessària una anastomosi microquirúrgica entre els vasos donants i receptors.

Els empelts cutanis es divideixen, segons l'espessor de la pell extreta, en⁶ (Fig. 1.17):

- Empelt de pell de gruix total: es prenen entre 8 i 15 dècimes de mil·límetre del gruix de la pell. Inclouen epidermis i dermis, deixant el greix subcutani. Es coneixen com empelts de Wolfe-Krause. La zona donant només pot cicatritzar a partir de les seves vores, per tant, s'ha de suturar perquè cicatritzi per primera intenció. Aquests empelts es retreuen poc, però prenen amb més dificultat que un empelt més prim. Una hemostàsia absoluta de la zona receptora és imprescindible perquè no es formin hematomes que impedirien la presa de l'empelt. La textura i el color són tant millors quant més a prop de la pèrdua de substància a cobrir s'hagi pres l'empelt.

- Empelts de gruix parcial: se'n distingeixen diversos tipus:
 - Prim: tenen entre 1'5 i 2'5 dècimes de mil·límetre de gruix. Contenen l'epidermis fins al nivell de les papil·les dèrmiques. La zona donant cicatritza espontàniament a partir de la capa basal de la dermis. Es coneixen com empelts d'Ollier-Thiersch.
 - Semigruxat: inclouen una part de la dermis però deixen en profunditat alguns annexes epitelials, pilosos, sudorípars o sebacis. El seu gruix pot ser de 3-4 dècimes de mil·límetre, coneguts com empelts de Blair-Brown, o de 5-6 dècimes de mil·límetre en els casos d'empelts de Padgett. La zona donant cicatritza espontàniament a partir dels annexes epitelials.

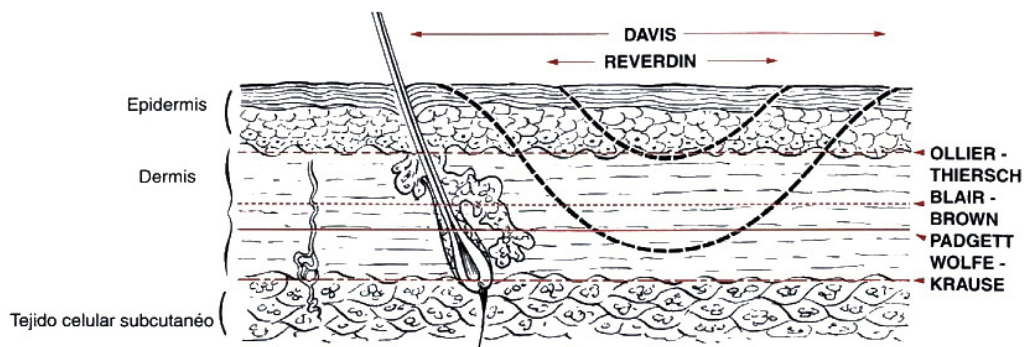


Fig. 1.17: Esquema d'una secció de pell on es marquen els gruixos de pell dels diferents tipus d'empelts cutanis.

Aquests empelts prenen tant més fàcilment com més primos són, però també es retreuen més. L'aspecte estètic final de la zona receptora és millor quant més gruixat és l'empelt, encara que sempre sol quedar una certa discromia degut a que l'empelt es sol prendre d'una zona a distància a la pèrdua de substància¹⁷⁸.

La textura d'un empelt de gruix parcial és diferent al de la pell normal i els primos mai tenen pèls⁶.

Segons el mode d'utilització de l'empelt, aquests es classifiquen en:

- Empelt continu: la pell que s'extreu cobreix tota la superfície de la pèrdua de substància.
- Empelt discontinu: la pell empeltada no cobreix tota la pèrdua de substància, sinó que queden zones no cobertes que cicatritzaran de forma secundària per un brot epitelial a partir de l'empelt. Aquests poden ser:
 - Mallat de Tanner i Vanderput: es tracta d'un empelt prim o semigruixat que es fa passar per un instrument que realitza unes incisions paral·leles múltiples. Quan s'estira l'empelt perpendicularment a les incisions s'obté una malla constituïda per bandes primes de pell. La superfície de la malla és de tres a sis vegades més gran que la banda de pell d'origen, segons la longitud de les incisions. Deixen cicatrius pitjors, però donat que permeten el drenatge, no es formen hematomes.
 - En pastilla de Davis o Reverdin: Són empelts petits més gruixats del centre que de la perifèria. Cada zona donant pot cicatritzar a partir de les vores o suturar-se però és preferible treure tot un fus de la zona donant i suturar les seves vores, ja que la seqüela cicatricial de cada pastilla és important. Aquestes pastilles es col·loquen sobre la pèrdua de substància que s'ha de cobrir i l'epitelització evoluciona a partir de cada pastilla. Es completa quan els brots de totes les illes conflueixen.

Durant les primeres 24 a 48 hores des de la col·locació de l'empelt sobre la zona receptora, es produeix una fase plasmàtica durant la qual es forma una capa de fibrina

en la interfase empelt-llit receptor, mentre que per acció capil·lar s'absorbeix plasma per l'empelt per tal de permetre la seva supervivència durant aquest període crític. Passades les primeres 48 hores s'inicia la fase d'inosculació amb la formació d'una fina xarxa de capil·lars, que uneix l'empelt al llit receptor. Aquesta xarxa es forma per inosculació dels vasos d'aquest llit amb els de l'empelt restablint-se així la circulació de l'empelt que adquireix un color rosat. Al mateix temps, s'inicia una fase de penetració capil·lar en la qual es produeix un creixement i penetració de vasos capil·lars neoformats a l'empelt a partir del llit receptor.

S'ha vist que la mobilitat de l'empelt, la formació d'hematomes subjacents i la infecció del llit receptor interfereixen en la presa de l'empelt en la zona receptora. La mobilitat de l'empelt sobre el seu llit receptor, provoca la ruptura de la làmina de fibrina inicial que impedeix la inosculació dels vasos de la pell transferida amb els dels fons hoste. La formació d'hematomes, encara que només siguin de 2 mm d'espessor, interfereixen amb la penetració capil·lar des del llit a l'empelt. S'ha estimant que la velocitat de creixement capil·lar és d'1 mm/dia; per tant, un hematoma de 2-3 mm de gruix frena la penetració vascular en el moment crític de la supervivència de l'empelt, no arribant a temps per a aportar la irrigació sanguínia abans de la seva necrosi. L'acumulació d'exudat serós actua d'una manera similar.

1.2.1.1- PENJALLS CUTANIS

A principis del segle passat, no es coneixia l'aportament vascular de la pell que s'aixecava i tots els penjalls eren aleatoris. Fins que als anys setanta *McGregor et al.*¹²²

van proposar que a determinades regions del cos es troben petits vasos subcutanis que després de perforar la fàscia profunda segueixen un recorregut previsible. Aquesta troballa va permetre la creació de grans penjalls cutanis que són segurs mentre s'orientin al llarg de l'eix d'aquests vasos subcutanis. Aquests penjalls es van denominar *penjalls axials*. Milton¹²⁸ va apuntar que la viabilitat de qualsevol penjall cutani depèn completament de la seva vascularització.

Posteriorment, Ger⁵⁹ i Orticochea¹⁴⁴ entre d'altres van introduir el concepte d'utilitzar el múscul com a suport de la pell suprajacent per crear penjalls musculocutanis més extensos. Per la seva banda, Pontén¹⁴⁹ va introduir també el concepte de *penjall fasciocutani*, encara que no va saber mai exactament perquè la inclusió de la fàscia en els penjalls augmentava la seva supervivència. Cormack et al.⁴⁰ han emfatitzat que el concepte *fasciocutani* es refereix al sistema anatòmic de vascularització del penjall i no als teixits que el constitueixen.

Nakajima¹³⁶ al 1986 va identificar i classificar sis tipus de vasos perforants de la fàscia profunda (Fig. 1.18):

- Branca cutània directa d'un vas muscular.
- Perforant septocutània: travessa septes intermusculars.
- Artèria cutània directa.
- Perforant musculocutània.
- Artèria septocutània directa: segueix els septes intercompartimentals.
- Branca perforant cutània d'un vas muscular.

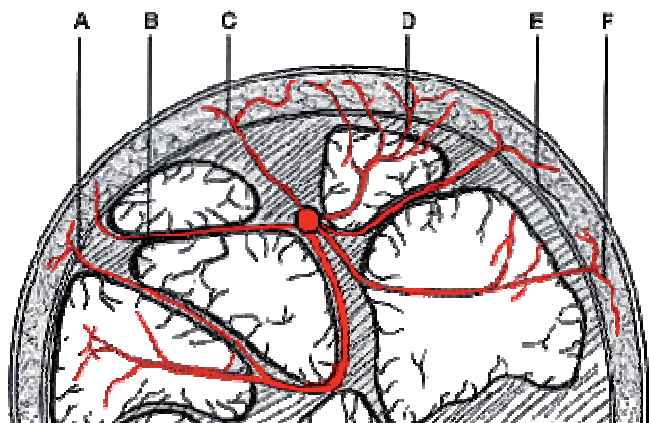


Fig. 1.18: Esquema dels sis tipus d'artèries perforants segons *Nakajima*: A: branca cutània directa d'un vas muscular, B: perforant septocutània, C: artèria cutània directa, D: perforant musculocutània, E: artèria septocutània directa, F: branca perforant cutània d'un vas muscular. Pres de Neligan P.C, Blondeel P.N, Morris S.F, Hallock G.G. Perforator Flaps: Overview, Classification and Nomenclature. En Blondeel PN, Morris S.F, Hallock G.G, Neligan P.C. Perforator flaps. Anatomy, Technique and Clinical Applications. St Louis: Quality Medical Publishing; 2006.

La descripció dels penjalls cutanis hauria d'incloure totes les característiques del penjall, que són el tipus de circulació, els teixits que el componen, el tipus de pedicle, la configuració geomètrica i la seva localització en relació a la zona receptora.

D'aquesta manera, els penjalls es poden classificar segons tres criteris (*Masquelet*¹¹³):

- La seva anatomia vascular.
- El mètode de transferència.
- Els teixits que el componen.

1. La classificació dels penjalls segons la seva **ANATOMIA VASCULAR** probablement sigui la més important ja que tots els penjalls, tret dels randomitzats, es

dissenyen al voltant d'un pedicle vascular. Aquesta classificació inclou quatre tipus (*Neligan et al.*¹³⁷):

- **Penjall axial:** Basat en artèries de llarg recorregut que segueixen l'eix del penjall. És un terme introduït per *McGregor et al.*¹²² als anys 70. Fins aquell moment tots els penjalls tenien un patró randomitzat ja que no es coneixia el seu patró vascular. Alguns autors com *Penteado et al.*¹⁴⁵ han emfatitzat el fet que els penjalls tenen diversos graus d'axialitat, que pot anar des de 0% en el cas dels penjalls randomitzats a pràcticament un 100% en el penjall inguinal per exemple. També és important remarcar el fet que si encara que la major part d'un penjall rep un aportament vascular que segueix un patró axial, normalment els seus marges tenen una vascularització randomitzada que li arriba, en part, per la irrigació col·lateral de la zona. Una vegada la porció randomitzada deixa de rebre aquest aportament vascular amb l'elevació del penjall, el sistema axial compensa aquesta situació fent arribar irrigació a les zones marginals del penjall.
- **Penjalls fasciocutanis:** El gran avantatge d'aquests penjalls respecte als previs és que inclouen la fàscia, que conté els vasos que després emeten les branques cutànies. Encara que *Esser*⁵⁶ i *Gillies*⁶⁰ ja havien mencionat que podria ser avantatjós incloure la fàscia profunda en el que ara coneixem com penjalls cutanis axials, qui va introduir definitivament aquest concepte va ser *Pontén*¹⁴⁹ al 1981.

Posteriorment al 1984 *Cormack et al.*⁴⁰ van classificar aquest penjalls en quatre grans grups (Fig. 1.19):

- ◆ Tipus A: té múltiples vasos fasciocutanis que entren per la base del penjall i s'orienten longitudinalment a ell en la direcció predominant del plexe arterial a nivell de la fàscia profunda. Només es pot dissenyar pediculat. Exemples d'aquest tipus són els penjalls medial i lateral del braç.
- ◆ Tipus B: basat en una sola perforant fasciocutània que alimenta el plexe arterial a nivell de la fàscia profunda. Pot ser tant pediculat com lliure. Exemples són el penjall escapular i paraescapular.
- ◆ Tipus C: conté múltiples petites perforants que emergeixen d'un vas principal que discorre al llarg d'un septe intermuscular. Pot ser elevat com a penjall lliure incloent la pell, la fàscia i l'artèria principal. Un exemple és el penjall radial d'avantbraç (penjall xinès).
- ◆ Tipus D: transferència osteomiofasciocutani lliure. És una modificació del tipus C on el septe s'agafa junt al múscul i os adjacent que reben el seu aportament vascular del mateix tronc arterial. El penjall radial d'avantbraç incloent la meitat distal del radi (*Mühlbauer*¹³²) n'és un exemple.

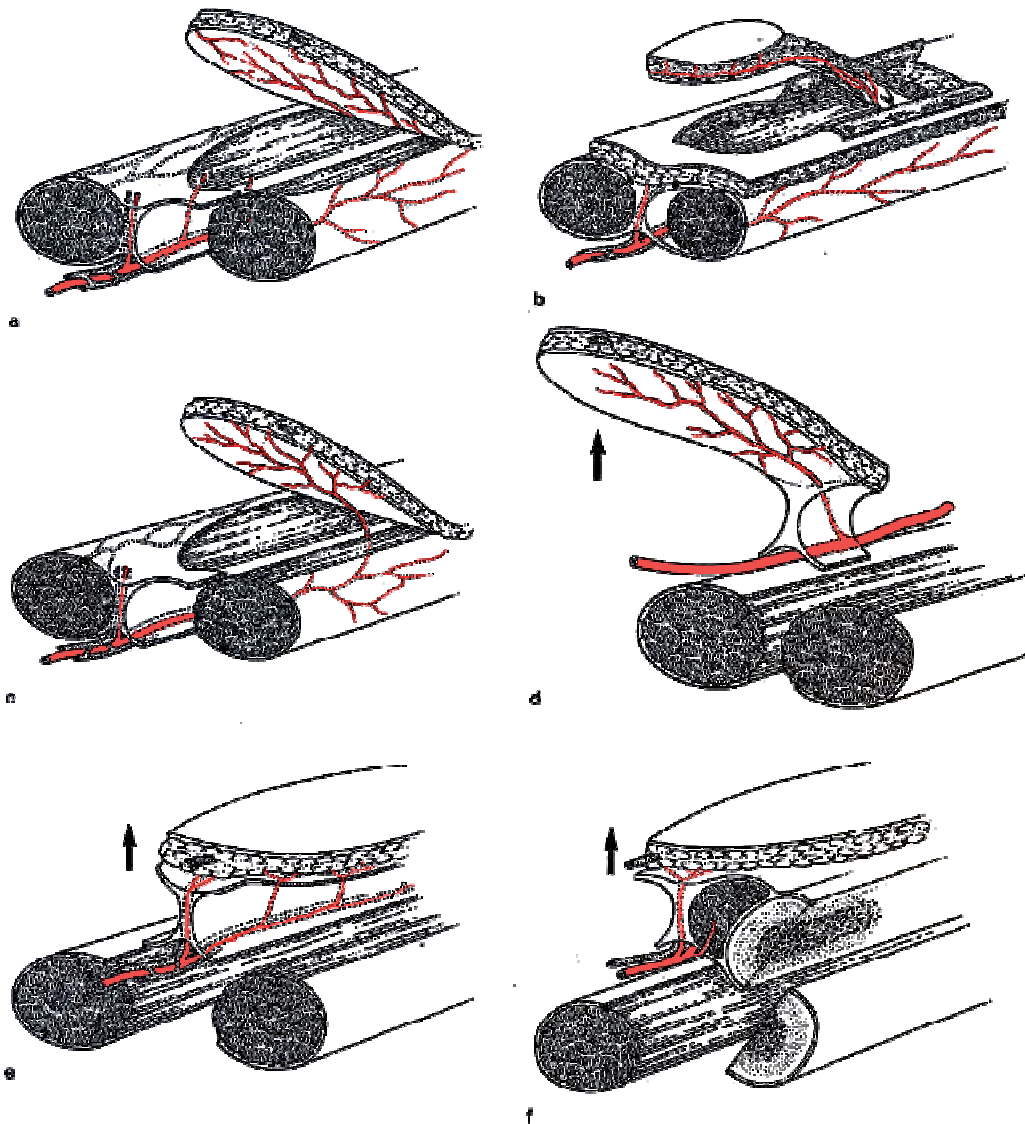


Fig. 1.19: Classificació dels penjalls fasciocutànies segons Cormack i Lamberty. Pres de Morris S.F, Miller B.F, Taylor G.I. Vascular Anatomy of the Integument. En Blondeel P.N, Morris S.F, Hallock G.G, Neligan P.C. Perforator flaps. Anatomy, Technique and Clinical Applications. St Louis: Quality Medical Publishing; 2006.

El terme perforant septocutània, en relació als penjalls fasciocutànies, fa referència als vasos que es ramifiquen al llarg de la fàscia, després d'haver recorregut el septe intermuscular. Per tant, és imprescindible incloure la fàscia subjacent a la pell d'aquest tipus de penjall. Hi ha altres vasos que nodreixen els teixits subcutànies, per on viatgen. Aquests

vasos han estat denominats perforants directes i són la base anatòmica dels penjalls axials. Açò facilita l'elevació de l'illa cutània que inclou aquests vasos axials però no requereix la incorporació de la fàscia en el penjall¹³¹.

Aquest és el sistema vascular que predomina en la majoria de penjalls de l'extremitat superior.

- **Penjalls musculocutanis:** La majoria de perforants musculocutànies emergeixen a prop d'on es troba l'entrada del pedicle dominant a un múscul. Quirúrgicament açò es veu en el fet que la majoria de penjalls de perforants musculars es concentren en el territori cutani que cobreixen grans músculs i tenen grans perforants i grans vasos d'origen d'aquestes. De totes maneres, no és necessari que el múscul s'inclouï en el penjall, sinó que ha d'estar basat en perforants o branques cutànies directes de vasos musculars. El primer penjall musculocutani descrit va ser el penjall de dorsal ample publicat per *Tanzini*¹⁹⁴ al 1906 per a la reconstrucció de la mama, però es va abandonar la seva pràctica fins als anys 70 del segle passat. A l'extremitat superior, la majoria de penjalls musculocutanis es troben a la zona de la cintura escapular (penjall de trapezi o penjall de dorsal ample), encara que a l'avantbraç s'ha descrit el penjall d'anconi i el de braquiorradial.

Els penjalls musculocutanis es divideixen en tres tipus d'acord amb la classificació de la vascularització dels músculs descrita per *Mathes et al.*¹¹⁴:

- Tipus I: un sol pedicle vascular. El penjall d'anconi n'és un exemple.
 - Tipus II: hi ha un pedicle vascular dominant que habitualment es troba a prop de l'origen o la inserció del múscul, i petits pedicles accessoris. Un exemple és el penjall de braquiorradial.
 - Tipus III: existeix un pedicle vascular dominant amb petits pedicles secundaris segmentaris. El penjall de dorsal ample i el de pectoral major en són exemples.
- **Penjall de perforants:** Està compost exclusivament de pell i teixit cel·lular subcutani i exclou el múscul portador de les artèries indirectes. Açò és possible gràcies a la preservació dels petits vasos emergents cap a la pell a través d'una microdissecció molt fina i acurada, evitant qualsevol microtraumatisme. Exemples de penjalls de perforants són el penjall anterolateral de cuixa, i el penjall de perforants de l'artèria radial. *Isao Koshima*⁸⁸ fa ser el primer cirurgià que va introduir aquest terme al 1989 quan va dissecar un penjall de perforant paraumbilical basat en una perforant de l'artèria epigàstrica inferior profunda. Actualment, el penjall de perforants es defineix com un penjall cutani i/o de teixit subcutani on l'aportament vascular li arriba per un sol vas perforant, que després de desprendre's del vas d'origen pot discórrer a través o entre estructures profundes, sobretot músculs. Al 2001, durant el 5è Congrés Internacional de Penjalls de Perforants celebrat a Taipei (Taiwan) es va consensuar la

nomenclatura d'aquests penjalls. Aquest sistema consisteix en les inicials de l'artèria d'origen de la perforant seguit de les lletres AP, corresponents a, artèria perforant en anglès (*artery perforator*); en cas de que hi hagi diferents penjalls basats en una mateixa artèria d'origen, s'afegeixen les inicials del múscul que travessa la perforant en cursiva. Per exemple, el penjall de perforants basat en l'artèria radial a través del braquiorradial s'abreua com RAP-*b*.

És important remarcar que un mateix territori cutani pot donar lloc al disseny de diversos penjalls amb diferents modes de vascularització. Determinades zones de les extremitats, tant superior com inferior, reben aportament vascular de tots els tipus prèviament descrits amb abundants anastomosis entre ells. Un exemple d'aquesta situació la trobem a la zona anterolateral del terç proximal de l'avantbraç on hi ha artèries de llarg recorregut que emergeixen de l'artèria radial o l'artèria recurrent radial, artèries septals procedents del terç proximal de l'artèria radial i artèries indirectes que travessen el múscul braquiorradial. Cada una d'aquestes artèries pot ser la base d'un penjall en aquesta zona.

2. Si es considera el **MÈTODE DE TRANSFERÈNCIA** per classificar els penjalls, se'n descriuen 3 tipus (Fig. 1.20):

- **Penjall local:** la zona donant és transferida a la mateixa regió anatòmica.

Entre aquests es diferencien:

- Penjalls d'avançament.
 - Penjalls de rotació.
 - Penjalls d'interposició.
- **Penjall a distància:** la zona donant és transferida a una regió anatòmica a distància. Aquests penjalls a la vegada es poden subdividir en:
 - Directe
 - Tubulitzat
 - **Penjall lliure:** la zona donant és transferida a una zona a distància, requerint anastomosi microquirúrgica. La seva vascularització pot ser axial, septal o musculocutània.

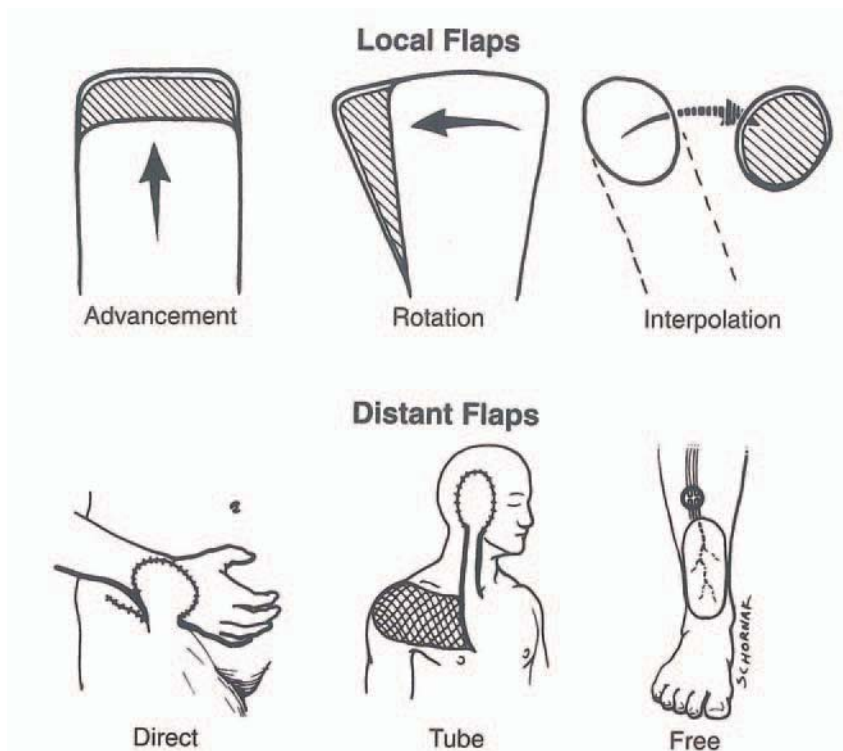


Fig. 1.20: Esquema de la classificació dels penjalls cutanis locals i a distància. Pres de Birkbeck D.P, Moy O.J: Anatomy of Upper Extremity Skin Flaps. Hand Clinics 1997; 13(2): 175-87.

3. Si es té en compte els **TEIXITS QUE COMPONEN ELS PENJALLS** es descriuen:
- **Penjall cutani:** Basat en artèries septals que inclouen teixit connectiu. Un exemple és el penjall interossi posterior.
 - **Penjall fasciocutani:** Basat en artèries perforants fasciocutànies que arriben a la pell seguint septes intermuscular i que a nivell de l'aponeurosi profunda s'obren en ventall per formar un plexe d'on surten les branques terminals que irriguen el teixit cel·lular subcutani i la dermis.
 - **Penjall musculocutani:** Basat en artèries indirectes. El penjall de dorsal ample n'és un exemple quan s'inclou una illa cutània al penjall. El múscul es pot utilitzar com a cobertura de grans defectes de parts toves, però també poden ser transferits com a penjalls funcionals per suplir la pèrdua de funció d'un determinat grup muscular. Una consideració important quan es planeja un penjall muscular o musculocutani de l'extremitat superior és el possible dèficit funcional que pugui quedar en la zona donant.
 - **Penjall compost:** quan inclou diversos teixits a part de la pell, la fàscia o el múscul. Els diferents teixits que es poden incloure en un penjall són os, nervi i tendó.

*Masquelet et al.*¹¹² van definir el territori d'un penjall des de diversos punts de vista basant-se en el concepte de *McGregor et al.*¹²² de que el territori anatòmic d'una artèria no es correspon amb el territori dinàmic in vivo:

- **Territori anatòmic:** es pot delimitar seguint el més lluny possible el seu

eix vascular. Aquest sistema només té valor en els penjalls amb un patró de vascularització axial.

- **Territori dinàmic:** correspon al territori d'una artèria cutània en condicions fisiològiques. Aquest és més petit que el territori anatòmic degut a l'existència de pressió perifèrica exercida pels vasos de territoris veïns.
- **Territori quirúrgic:** és el més important clínicament. És un territori potencial resultat de la combinació de dos factors: la geometria bàsica derivada del flux sanguini del penjall que està augmentat per la desaparició de la pressió perifèrica; i la possible extensió territorial gràcies a una microanastomosi que no ofereixi resistència al flux sanguini. Aquest territori és més gran que els territoris anatòmic i dinàmic.

1.2.2- VASCULATIZACIÓ DE LA PELL

La primera descripció acurada de la vascularització de la pell data del 1628, quan *William Harvey*⁶⁸ va publicar el seu llibre *An anatomical disputation concerning the movement of the heart and blood in living creatures* (Una disputa anatòmica atenent al moviment del cor i la sang dels éssers vius). Van passar dos segles fins que es van fer nous treballs, els dos més importants dels quals són de *Wladimir Tomsa*²⁰⁸ del 1873 que va descriure els plexes dèrmic i subdèrmic a través d'estudis d'injecció; i de *Werner Spalteholtz*¹⁸² que al 1893, amb treballs d'injecció de gelatina i pigments, va classificar els vasos cutanis en directes i indirectes.

Els dos treballs més detallats sobre la vascularització cutània van ser realitzats per anatomistes de finals de segle XIX i principis del XX, malgrat que els seus treballs no es van donar a conèixer fins al anys 80 quan es van publicar en anglès. Al 1889 *Manchot*¹⁰⁸, en el seu llibre *Die Hautarterien des Menschlichen Korpens* (Les artèries del cos) va detallar la circulació cutània de tot el cos, descrivint de forma exhaustiva les artèries cutànies indicant la seva forma d'emergència i la seva artèria profunda de procedència. D'aquesta manera va traçar els territoris vasculars de la pell de tot el cos humà. Amb aquesta informació va elaborar un mapa dels territoris cutanis de cada una de les artèries principals. Per la seva part, *Salmon*¹⁶⁶ al 1936 va realitzar un treball que es basava en la injecció d'una mescla de preservació que contenia òxid de plom i a través de la realització de radiografies va elaborar un mapa de la circulació cutània i la circulació de tots els músculs del cos, que va publicar en el llibre *Artères de la peau*

(Artèries de la pell).

Taylor et al.^{199,200} des dels anys 70 del segle passat, partint dels estudis de *Manchot*¹⁰⁸ i *Salmon*¹⁶⁶, ha realitzat extenses investigacions considerant el cos humà com una estructura tridimensional, que el van dur, entre altres conclusions, a la definició del concepte d'**angiosoma** (Fig. 1.21). El terme angiosoma, del grec *angio* vas i *somite* segment del cos, es descriu com un territori anatòmic compost que inclou la pell i les estructures profundes subjacents irrigades per una determinada artèria i les seves venes concomitants. Els límits anatòmics (i no fisiològics) es defineixen per un perímetre anastomòtic de vasos que uneixen els diferents angiosomes adjacents formant-se d'aquesta manera una xarxa contínua de teixit. *Taylor*¹⁹⁹ va determinar 40 angiosomes principals en el cos humà, que es poden subdividir en àrees més petites.

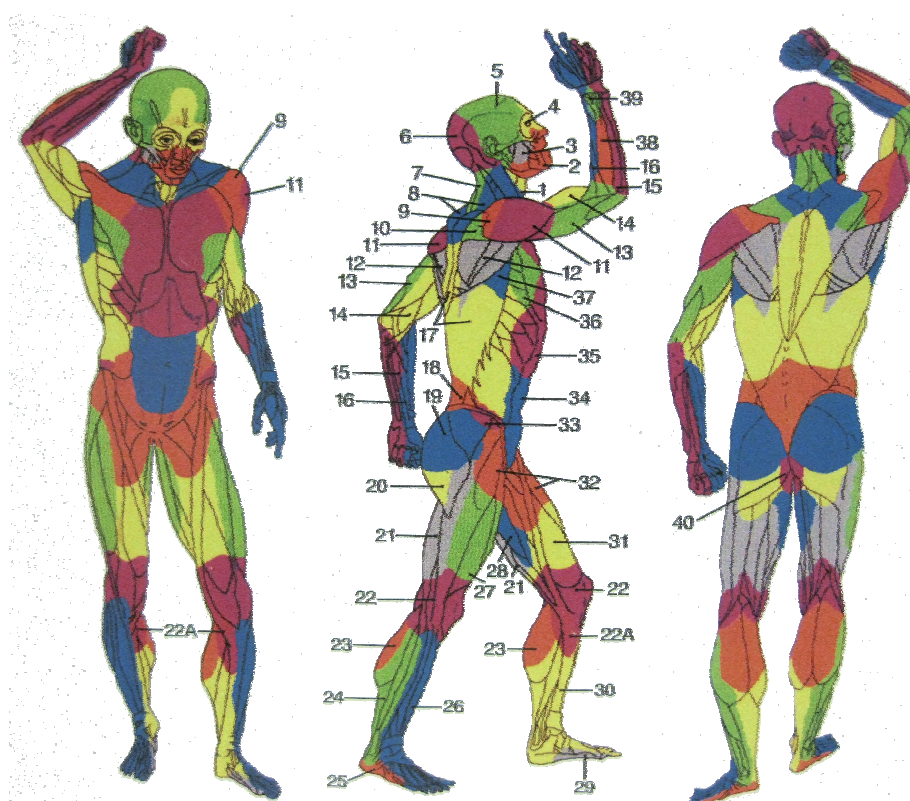


Fig. 1.21: Esquema dels 40 angiosomes del cos descrits per *Taylor*. Pres de Morris S.F, Miller B.F, Taylor G.I. Vascular Anatomy of the Integument. En Blondeel P.N, Morris S.F, Hallock G.G, Neligan P.C. Perforator flaps. Anatomy, Technique and Clinical Applications. St Louis: Quality Medical Publishing; 2006.

També va descriure una estreta correlació entre els angiosomes i els dermatomes, sobretot en el tronc i cap. En les extremitats aquesta relació no és tan evident. *McGregor*^{120,121}, al 1987 tenia la idea de que l'àrea de pell vascularitzada per una determinada artèria no és constant, sinó que està subjecte a processos fisiològics, i al 1992 va realitzar un estudi *in vivo*, on va comprovar que els límits dels diferents territoris adjacents no es corresponen amb les artèries limitants ("*choke arteries*"), i considera que aquest terme s'hauria d'abandonar.

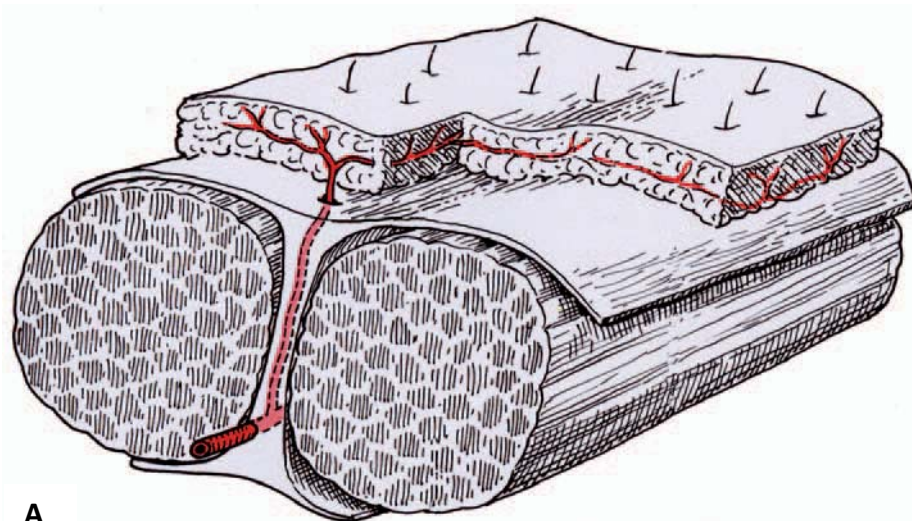
L'estudi de *Taylor*¹⁹⁹, publicat al 1987 és considerat per molts autors com al text bàsic de partida per a entendre les bases anatòmiques de qualsevol disseny d'un penjall. En aquest mateix treball, *Taylor*¹⁹⁹ també va descriure els punts d'emergència de les artèries perforants procedents de les artèries específiques cap a la pell i va establir la important relació entre el teixit connectiu i els vasos i va explicar com es distribueixen els vasos en els diferents teixits. D'aquesta manera va determinar que els vasos s'irradien des d'un punt fix en direcció a àrees mòbils, és a dir, on hi ha mobilitat els vasos discorren paral·lels a la superfície normalment separats del pla de moviment per una capa de teixit connectiu. Açò és, segons *Gray*⁶² per permetre que les venes es dilatin i les artèries pòlsin.

*Spalteholz*¹⁸² al 1893 va dividir les artèries cutànies en artèries directes i indirectes, tenint en compte la proximitat del vas d'origen a la superfície de la fàscia profunda. Aquestes artèries cutànies perforants segueixen els septes intermusculars i intramusculars, irrigant les diferents estructures per on passen. Posteriorment

*Timmons*²⁰⁶ al 1985 va fer una modificació d'aquesta classificació. Així podem descriure les artèries cutànies perforants com:

- **Artèries cutànies directes:** surten d'una artèria principal per anar directament a la pell. Formen la vascularització cutània primària ja que la seva destinació principal és la pell. Perforen la darrera capa de la fàscia profunda a prop d'on s'inserta a l'os o septe intermuscular; i aquests punts es corresponen amb les línies o zones de fixació de la pell. Es descriuen 3 tipus d'artèries cutànies directe:

- Artèries de llarg recorregut: perforen la fàscia profunda obliquament. El seu recorregut supraaponeuròtic es troba en l'espessor del teixit subcutani, amb una direcció paral·lela a la superfície de la pell. En el seu origen tenen un diàmetre d'entre 1 i 2 mm. Són constants, estan ben definides i amb un recorregut establert i predictable. Un exemple d'artèria de llarg recorregut és l'artèria circumflexa ilíaca superficial. Dins aquest grup també s'inclouen les artèries neurocutànies que acompanyen els nervis cutanis superficials (Fig. 1.22).



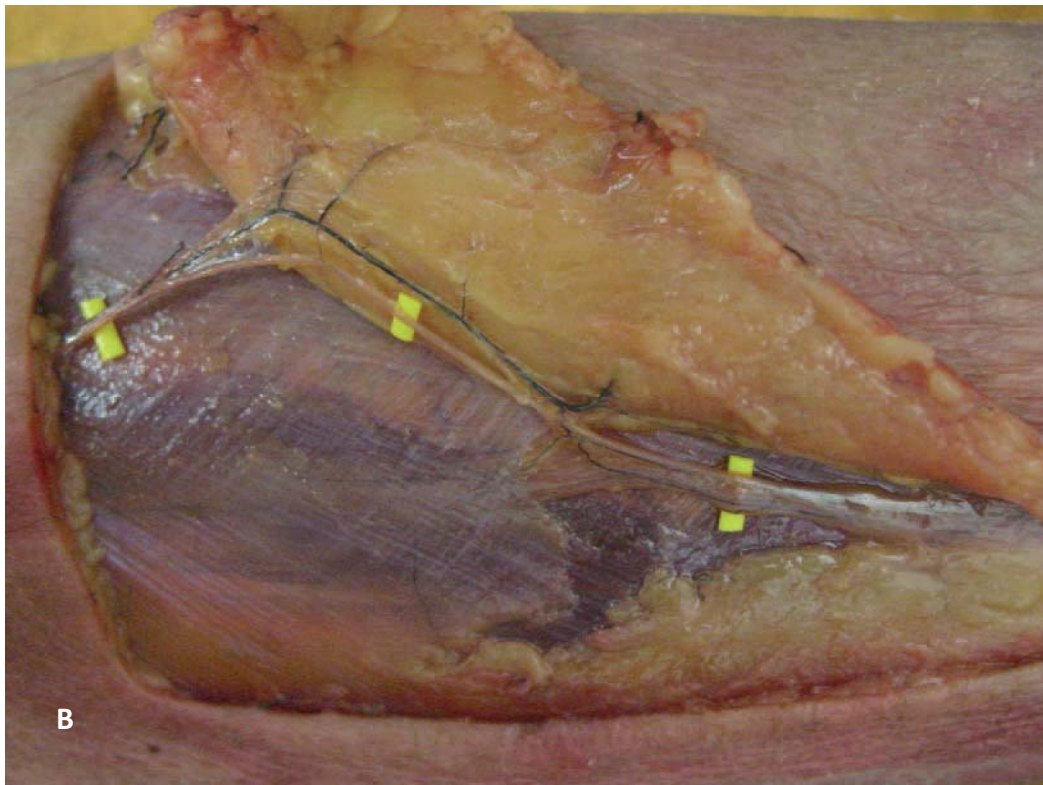


Fig. 1.22: A: Esquema d'una artèria de llarg recorregut. Pres de Masquelet A.C., Gilbert, A. An atlas of flaps in limb reconstruction. 1a edició. Londres: Editorial Martin Dunitz; 1995. B: Dissecció d'una artèria de llarg de recorregut a la cara lateral de la cuixa.

- Artèries septals o intersticials: neixen de les perforants i avancen fins a la superfície cutània a través d'un septe, perpendicularment a l'aponeurosi, que acaben travessant. Són artèries de petit diàmetre. A diferència de les artèries de llarg recorregut, aquestes, una vegada han perforat la fàscia profunda segueixen un trajecte tortuós i constitueixen una primera xarxa anastomòtica immediatament suprafascial de la qual surten petits vasos que es dirigeixen al greix subcutani on formen una segona xarxa anastomòtica superficial (Fig. 1.23).

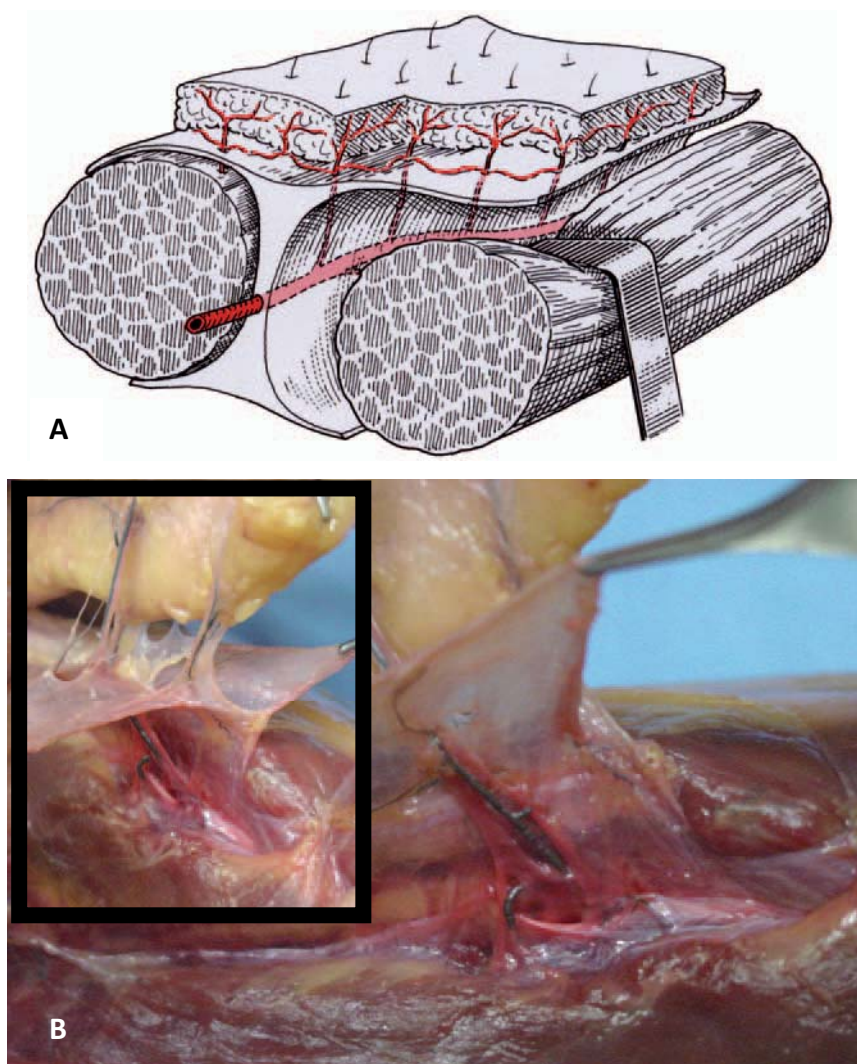


Fig. 1.23: A: Esquema d'una artèria septal. Pres de Masquelet A.C., Gilbert, A. An atlas of flaps in limb reconstruction. 1a edició. Londres: Editorial Martin Dunitz; 1995. B: Artèria septal en el dors de l'avantbraç procedent de l'artèria interòssia posterior.

- Artèries musculocutànies: discorren per la cara profunda o en l'espessor d'un múscul. Pot ser una o diverses artèries que es desprenen i travessen el múscul transversalment o obliquament per arribar a la fàscia profunda, que han de perforar per arribar a la pell. Exemples d'artèries musculocutànies són artèries cutànies perforants de l'artèria toràcica interna, de l'epigàstrica profunda o dels vasos glutis (Fig. 1.24).

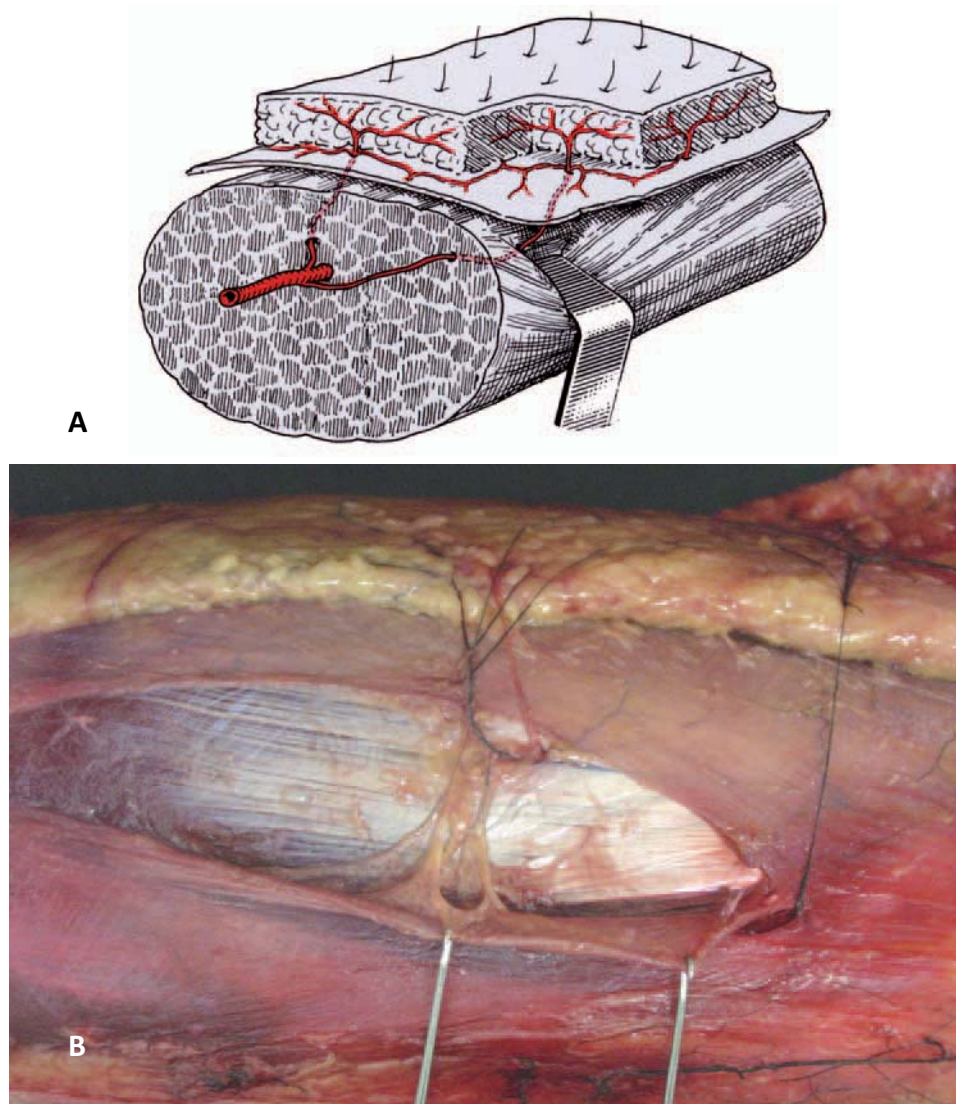


Fig. 1.24: A: Esquema d'una artèria musculocutània. Pres de Masquelet A.C., Gilbert, A. An atlas of flaps in limb reconstruction. 1a edició. Londres: Editorial Martin Dunitz; 1995. B: Artèria musculocutània en el dors de l'avantbraç.

- **Artèries cutànies indirectes:** generalment surten d'un tronc comú d'una artèria muscular o d'una artèria d'un nervi, i excepcionalment d'un os o d'una articulació. Emergeixen de la fàscia profunda com a branques de vasos destinats a altres teixits que perforen la fàscia per arribar a la pell i reforçar la vascularització. Formen la vascularització cutània secundària i s'interconnecten amb la vascularització primària (Fig. 1.25).

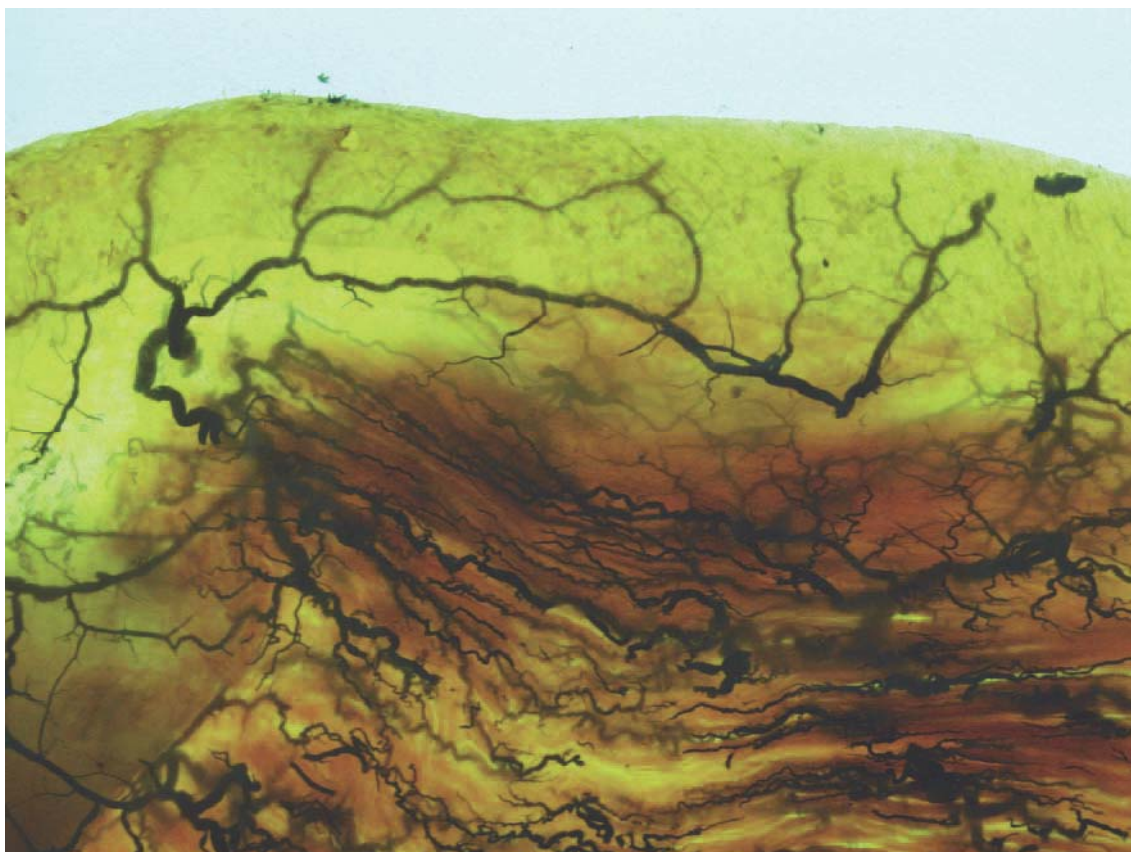


Fig. 1.25: Transparentació amb la tècnica de Spalteholz d'una artèria cutània indirecta en el dors de l'avantbraç.

Sigui quin sigui el tipus d'artèria, tots els vasos destinats a la pell perforen l'aponeurosi i per tant, presenten un trajecte subaponeuròtic, transaponeuròtic i supraaponeuròtic. Els vasos més petits normalment es dirigeixen verticalment cap a la pell. I els vasos de major calibre es divideixen en petites branques en totes direccions o segueixen una determinada direcció ramificant-se a mesura que recorren per la superfície cutània.

En les zones on la pell és més laxa, com les zones extensoras de les articulacions, les artèries cutànies perforants directes recorren paral·leles a la fàscia profunda, relacionant-se sobretot amb la superfície profunda del teixit cel·lular subcutani a la que s'uneixen a través d'una fina capa d'aponeurosi, que a la vegada,

representa un pla de separació dels plexes de petits vasos subjacents. Aquests plexes estan formats per branques de les artèries directes que perforen la fàscia profunda, i les connexions que es formen amb petits vasos perforants indirectes. Els vasos perforants directes de major calibre són els que travessen el pla subcutani, ascendeixen obliquament per dins la fàscia superficial per arribar al plexe subdèrmic, on viatgen una distància variable per acabar a la pell.

Totes aquestes artèries cutànies s'organitzen en diferents estrats formant plexes, intercalant-se entre la fàscia i el teixit cel·lular subcutani. Aquesta organització és la base de la nomenclatura dels sis plexes que s'han descrit. De superficial a profund són: subepidèrmic, dèrmic, subdèrmic, subcutani, prefascial i subfascial. La distinció més important és entre els plexes prefascials (superficials a la fàscia profunda) i subfascial (profunds a aquesta fàscia), ja que es creu que els plexes prefascials són els més importants per a la vascularització tant de la fàscia com de la pell suprajacent. *Nakajima*¹³⁶ va denominar aquests plexes prefascials, plexes fasciocutanis (Fig. 1.26).

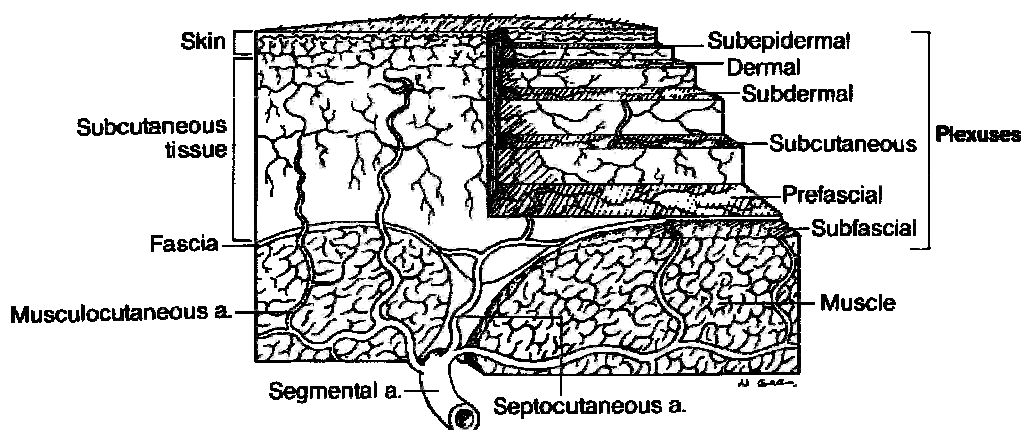


Fig. 1.26: Esquema de la distribució de la circulació cutània. Pres de Birkbeck D.P, Moy O.J: Anatomy of Upper Extremity Skin Flaps. Hand Clinics 1997; 13(2): 175-87.

Taylor¹⁹⁹, en el seu treball dels Territoris vasculars del cos (angiosomes) publicat al 1987 va apuntar que les diferents artèries cutànies i les seves branques s'interconnecten entre elles formant una xarxa de vasos. En algunes de les anastomosis el diàmetre dels vasos no canvia, i les denomina "autèntiques anastomosis". Però el més freqüent és que el calibre dels vasos que es connecten disminueixi, formant el que ell descriu com artèries limitants ("*choke arteries*") i *arterioles*. I a mesura que el diàmetre dels vasos disminueix, el nombre d'anastomosis augmenta.

Una zona cutània específica pot estar vascularitzada per diferents tipus de vasos cutanis a la vegada. *McGregor et al.*¹²² al 1973 va postular que el territori que vascularitza una artèria està limitat per la "llei de l'equilibri", ja que en condicions fisiològiques el territori d'una artèria queda limitat per les pressions exercides per les artèries veïnes. D'aquesta manera considera que el territori anatòmic no es correspon amb el territori dinàmic *in vivo*.

La darrera aportació de Taylor¹⁹⁷ en quant a la vascularització de la pell, aplicat a la cirurgia reconstructiva basada en artèries cutànies perforants, ha estat el concepte de ***perforasoma*** o ***angiosoma de perforants***. Els 40 angiosomes bilaterals definits inicialment, s'han subdividit en territoris més petits fins a arribar als territoris vascularitzats per les branques terminals de l'arbre vascular, que en el cas de la pell són les artèries perforants. El territori cutani anatòmic de cada artèria perforant forma un angiosoma bàsic definit per un perímetre de vasos anastomòtics que s'interconnecten amb els veïns en totes direccions i que ha estat anomenat angiosoma cutani, angiosoma d'una perforant o perforasoma. Aquestes connexions, a la pell i

teixit cel·lular subcutani també es produeixen a través d'artèries limitants (*"choke arteries"*). D'aquesta manera, aquests mòduls cutanis bàsics, els angiosomes cutanis, s'uneixen com un mosaic formant una xarxa contínua de vasos que cobreix la totalitat del cos. La representació cutània d'alguns angiosomes prové de múltiples artèries perforants; en altres casos, es troba una sola perforant com a responsable de l'angiosoma. Les perforants cutànies, no només donen aportament vascular a la pell, sinó que també vascularitzen blocs de teixit que es troben entre el pla més superficial de la fàscia profunda i l'epidermis. De totes maneres, el territori clínic d'una artèria perforant s'estén més enllà per abastar els territoris anatòmics de les artèries perforants veïnes en totes direccions.

1.2.3- PELL DE L'EXTREMITAT SUPERIOR D'ÚS COM A PENJALL

En la dècada del 1970, quan es va conèixer millor la vascularització de la pell, es van començar a descriure penjalls cutanis, fasciocutanis i musculocutanis de pràcticament totes les regions anatòmiques, tant de les extremitats com del tronc i la cara. *Litler*⁹⁸ va descriure el penjall en illa innervat dels dits; d'aquesta manera va ser el primer en ressenyar un penjall en illa pediculat. Al 1973, *McGregor et al.*¹²², van establir el concepte de penjall axial, demostrant les bases vasculars del penjall inguinal. Un altre pas important es va donar quan al 1981, *Pontén*¹⁴⁹ va demostrar que els penjalls cutanis de grans dimensions es poden mobilitzar més fàcilment incloent la fàscia subjacent. Alguns d'aquests penjalls descrits en aquestes darreres quatre dècades s'han anat abandonant al llarg dels anys degut a la poca utilitat clínica o per les complicacions que s'hi associen.

Nosaltres hem centrat l'estudi en la pell medial i lateral del braç i la pell lateral de l'avantbraç ja que el nostre objectiu principal és descriure penjalls compostos de nervi i pell de l'extremitat superior per a defectes nerviosos associats a problemes de cobertura cutània. Els nervis s'han seleccionat segons la seva anatomia vascular, agafant aquells que van acompanyats d'uns pedicles que permetin el seu ús com a empelt nerviós vascularitzat sense provocar un dèficit neurològic important. Els nervis elegits són el nervi cubital, els nervis cutani braquial lateral inferior i avantbraquial lateral i la branca sensitiva del nervi radial. Les regions cutànies que es poden associar amb aquests nervis són la pell medial del braç amb el nervi cubital, la pell lateral del

braç amb el nervi cutani braquial lateral inferior i la pell lateral de l'avantbraç amb el nervi cutani avantbraquial lateral per una banda i la branca sensitiva del nervi radial per una altra.

1.2.3.1- VASCULARITZACIÓ DE LA PELL MEDIAL DEL BRAÇ

Pel que fa a la vascularització de la pell de la cara medial del braç, la revisió de diversos treballs on s'analitza aquesta anatomia vascular ens indica que pot procedir de forma variable de l'artèria col·lateral cubital superior i/o una branca cutània directa procedent de l'artèria braquial i/o de l'artèria braquial superficial quan aquesta es troba present (*Gao*⁵⁸, *Breidenbach*³⁰, *Matloub*¹¹⁶, *Karamürsel*⁸²). En concret, la participació de l'artèria col·lateral cubital superior ha estat descrita com a pràcticament constant per a alguns autors (*Matloub*¹¹⁶). Altres han defensat una participació variable no determinada (*Le Huec*⁹², *Cormack et al.*⁴¹, *Karamürsel*⁸²) o referenciada entre un 80% (*Breidenbach*³⁰) i un 87,5% (*Gao*⁵⁸)(Fig. 1.27 i 1.28). D'altra banda existeixen alguns treballs que han referit la possibilitat d'una absència total de branques de l'artèria col·lateral cubital superior per a aquesta pell (*Mattar*¹¹⁷).

*Lamberty et al.*⁹² descriuen el penjall medial del braç com un penjall fasciocutani. Les perforants provenen de l'artèria braquial, l'artèria del bíceps i l'artèria col·lateral cubital superior, essent aquesta darrera la base del penjall. També descriuen com a constant la contribució de l'artèria col·lateral mitja a través de petites perforants fasciocutànies. Normalment el penjall lliure s'ha de dissenyar sobre l'eix del

septe intermuscular medial, amb unes dimensions aproximades de 10 cm longitudinalment i 6-8 cm transversalment. Quan s'aixeca el penjall de forma pediculada, la relació llargada-amplada no pot superar el 3:1.

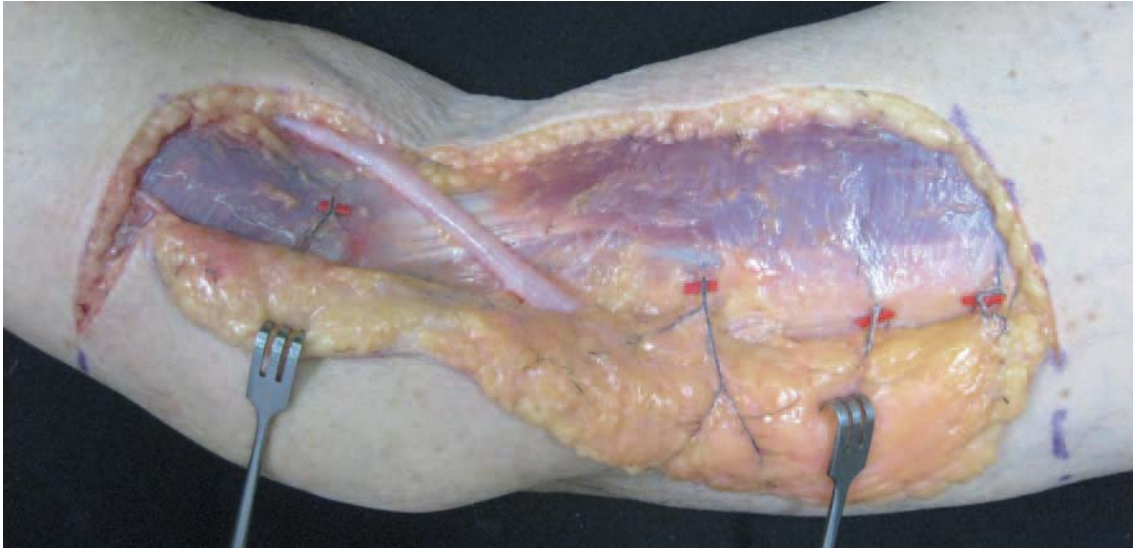


Fig. 1.27: Dissecció de les perforants anteriors de la pell medial del braç marcades amb vessel-loops vermells.

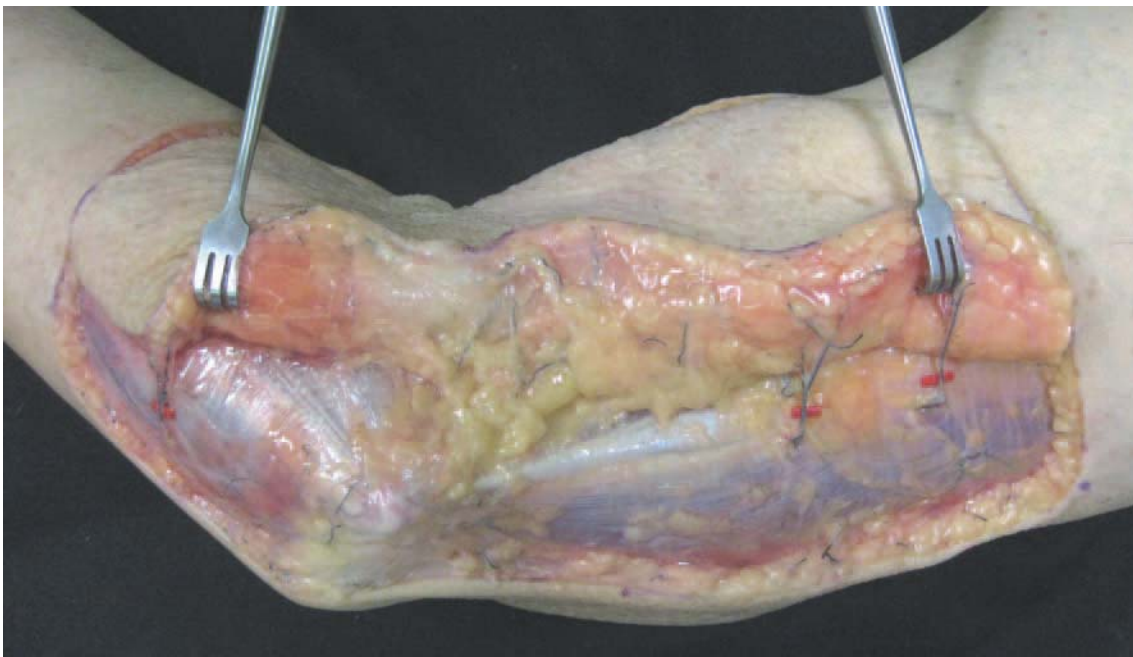


Fig.1.28: Dissecció de les perforants posteriors de la pell medial del braç marcats amb vessel-loops vermells.

Posteriorment *Cormack et al.*⁴¹ en el seu llibre *The arterial anatomy of skin flaps*, fan una descripció molt detallada de les artèries que irriguen la pell de tot el cos humà. En la zona medial del braç descriuen la participació de tres artèries principalment: l'artèria braquial, l'artèria col·lateral cubital superior, i l'artèria del bíceps, amb un possible aportament de l'artèria del tríceps, però de forma inconstant. Les perforants d'aquestes tres artèries es troben en un nombre de cinc o sis en una línia que discorre pel septe intermuscular medial. D'aquestes, dues solen ser més importants, encara que la seva posició exacta no és predictable. El seu diàmetre interior és de 0'2 a 1'2 mm. Segons aquest treball, la participació de l'artèria col·lateral cubital superior en la vascularització de la pell medial del braç és inconstant, però en cas d'existir prové a través de una o dues perforants fasciocutànies de diàmetre entre 0'5 i 1'5 mm.

El penjall de la pell medial del braç basat en l'artèria col·lateral cubital superior és considerat un penjall axial on l'artèria li entra per la zona proximal i per tant, si s'utilitza com a penjall pediculat, només es pot fer proximalment. És recomanable incorporar en el penjall la vena basilíca o cefàlica per millorar el retorn venós del penjall. Els avantatges d'aquest penjall són que es tracta d'una pell fina, prima i sense pèls, amb poca morbiditat de la zona donant i que a més permet la inclusió del nervi cutani braquial medial convertint el penjall en sensible (*Newson*¹³⁸). Entre els seus desavantatges trobem que la seva dissecció és complicada degut a la relació del nervi cubital amb l'artèria col·lateral cubital superior, que no són infreqüents les variants de l'anatomia vascular de la zona i que el pedicle normalment és curt en cas de transferència lliure.

*Masquelet et al.*¹¹² mencionen el penjall de pell medial del braç basat en l'artèria col·lateral cubital superior, que ells anomenen artèria col·lateral medial proximal. La seva anastomosi distal amb l'artèria recurrent cubital anterior permet dissenyar aquest penjall pediculat distalment.

1.2.3.2- VASCULARITZACIÓ LA PELL LATERAL DEL BRAÇ

En quant a la vascularització de la pell lateral del braç, diversos treballs (*Katsaros*⁸⁴, *Schecker*¹⁷¹, *Cormack et al.*⁴¹, *Masquelet et al.*¹¹², *Birbeck*²⁴, *Thomas*²⁰⁷) apunten que prové bàsicament de perforants cutànies directes de l'artèria braquial profunda i perforants septals de l'artèria col·lateral radial en la seva meitat distal.

En el llibre *The arterial anatomy of the skin flaps* de *Cormack et al.*⁴¹, expliquen que la vascularització de la pell lateral del braç ve donada per l'artèria circumflexe humeral posterior en la zona proximal a la inserció del deltoïdes i per l'artèria col·lateral radial i l'artèria col·lateral mitja, a través de perforants fasciocutànies, en la zona distal a la inserció d'aquest múscul (Fig. 1.29 i 1.30). Aquestes dues artèries solen emergir com les dues branques terminals de l'artèria humeral profunda. L'artèria col·lateral radial s'encarrega sobretot d'irrigar els músculs braquiorradial i braquial i el nervi radial, i emet poques perforants cutànies abans d'acabar anastomosant-se amb l'artèria recurrent radial. L'artèria col·lateral mitja discorre per la superfície posterior del septe intermuscular lateral, emetent aproximadament cinc petites perforants fasciocutànies i acaba anastomosant-se amb l'artèria interòssia recurrent (Fig. 1.31).

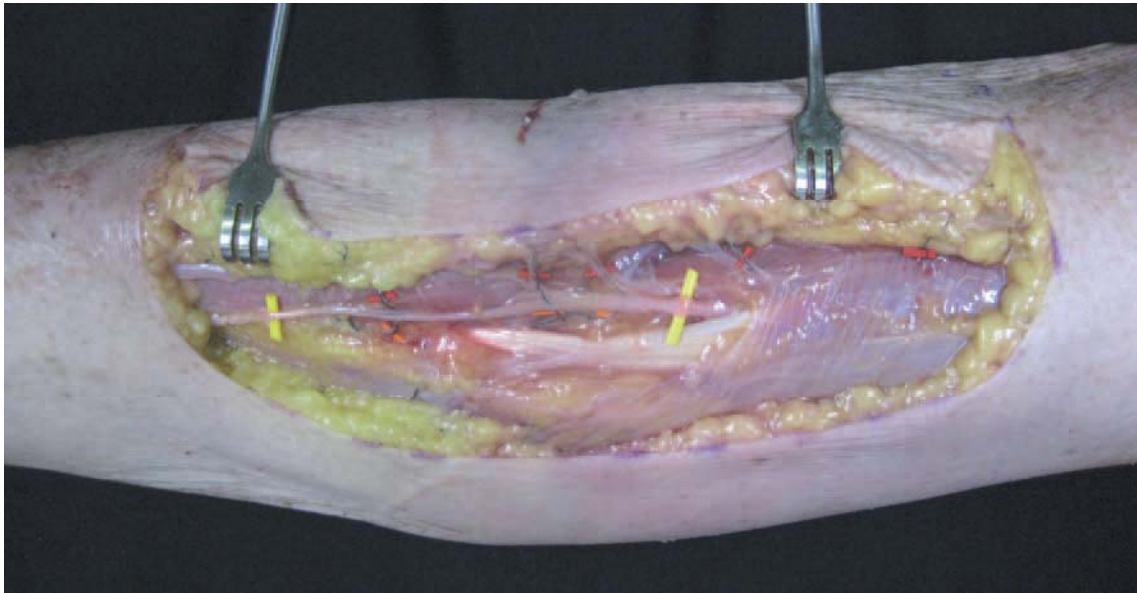


Fig. 1.29: Dissecció de les perforants anteriors de la pell lateral del braç i avantbraç marcats amb vessel-loops vermells. S'observa el nervi cutani avantbraquial lateral marcat amb vessel-loops grocs.

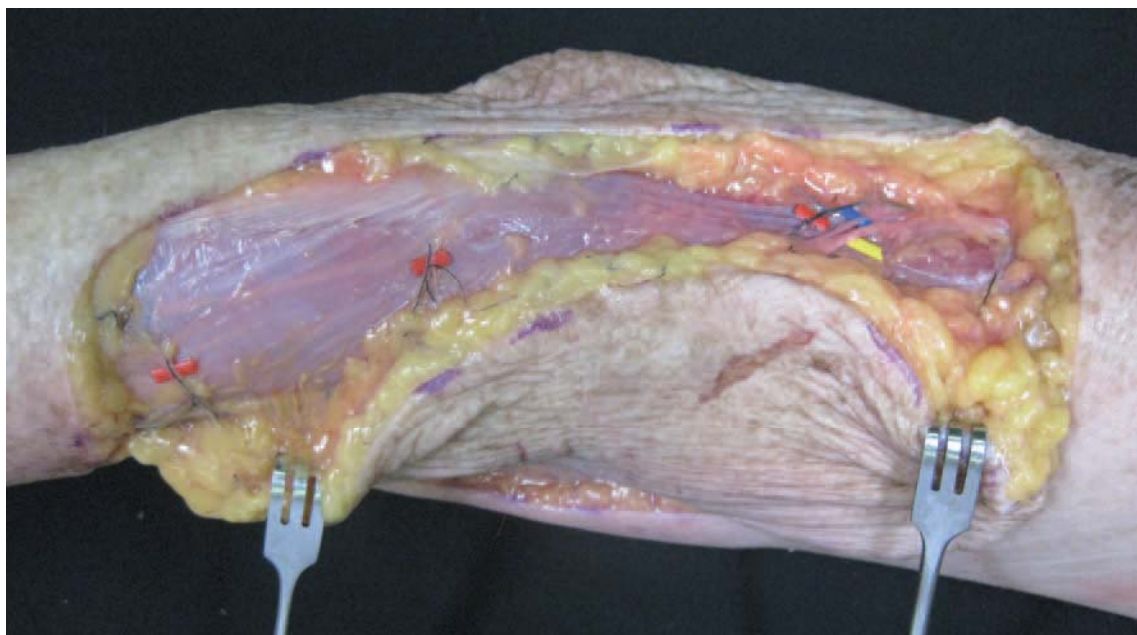


Fig. 1.30: Dissecció de les perforants anteriors de la pell lateral del braç i avantbraç marcats amb vessel-loops vermells. També es marquen les venes concomitants (vessel-loop blau) i el nervi cutani avantbraquial posterior (vessel-loop groc).

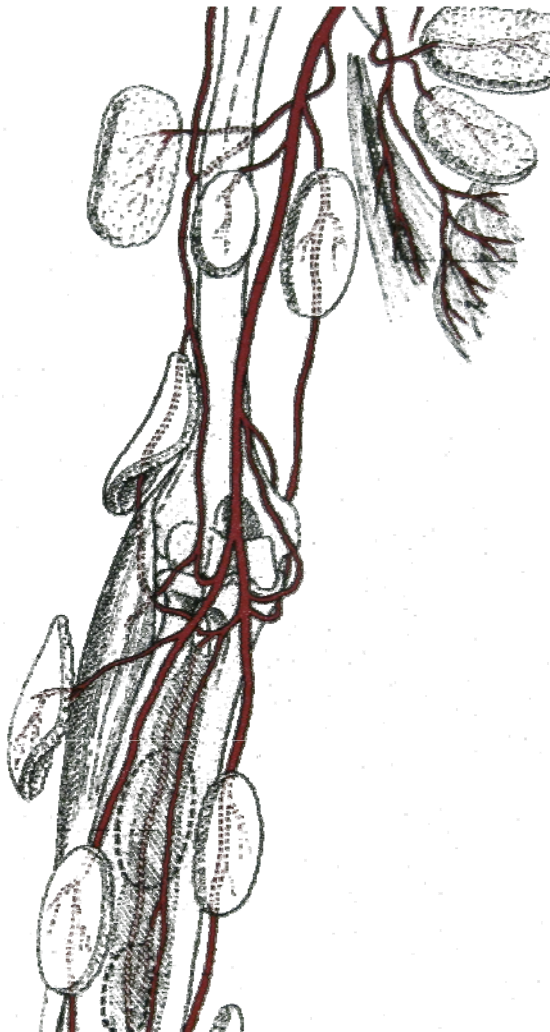


Fig. 1.31: Esquema de la xarxa periarticular del colze i els penjalls que es poden dissenyar amb cada artèria de la zona. Pres de Masquelet A, Gilbert A: An Atlas of Flaps in Limb Reconstruction. Londres: Martin Dunitz; 1995.

*Rivet*¹⁵⁹ va publicar al 1988 un estudi anatòmic de 38 casos on estudiava l'aportament vascular de la pell lateral del braç. Va trobar que l'artèria humeral profunda es pot bifurcar en les seves dues branques terminals, l'artèria col·lateral radial i l'artèria col·lateral mitja, de cinc maneres diferents (Fig. 1.32):

- Bifurcació distal: en el compartiment anterior del braç. És la més freqüent.
- Bifurcació proximal: en el canal de torsió de l'húmer. L'artèria col·lateral radial acompanya al nervi radial en el compartiment anterior del braç i l'artèria col·lateral mitja, després de passar entre els vastos intern i extern del tríceps, travessa el septe intermuscular extern per introduir-se en el compartiment

posterior del braç. És poc freqüent.

- Bifurcació intermitja: es troba entre les dues anteriors, a nivell o just després del punt on penetra el septe intermuscular extern. També és poc freqüent.
- Absent: l'artèria humeral profunda acompanya al nervi radial dins el compartiment anterior del braç fins a l'alçada del braquiorradial, on penetra el septe intermuscular. És relativament freqüent.
- Doble bifurcació: hi ha una divisió proximal i una distal. És poc freqüent.

En aquest mateix treball, *Rivet*¹⁵⁹ apunta que el diàmetre de l'artèria del penjall es troba entre 1'2 i 3'5 mm i per tant permet una anastomosi microquirúrgica. El drenatge venós del penjall es duu a terme a través tant del sistema venós profund de les venes concomitants de l'artèria humeral profunda, com pel sistema venós superficial que acaba desembocant en la vena cefàlica. Els dos sistemes s'anastomosen.

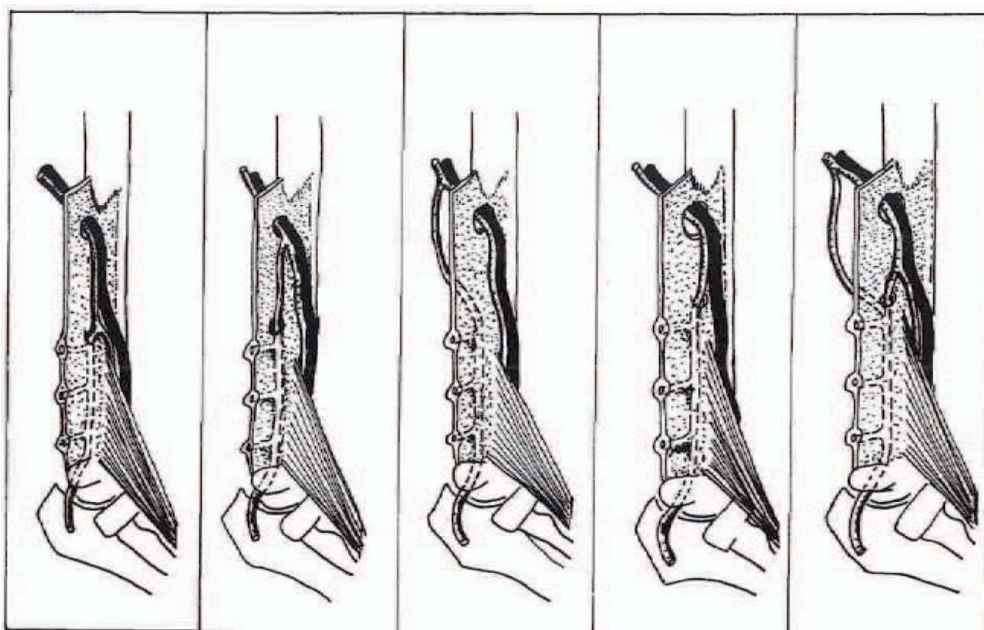


Fig. 1.32: Esquema de les variacions anatòmiques en la divisió de l'artèria humeral profunda en les seves branques anterior i posterior. Pres de Rivet D, Modschiedler T, Martin D, Boileau R, Baudet J. Nerfs du lambeau brachial externe. Etude anatomique. Ann Chir Main 1988; 7(1): 58-66.

El penjall de la pell lateral del braç, basat en l'artèria col·lateral radial posterior, va ser inicialment descrit per *Song*¹⁸¹, i avui en dia és un dels més utilitzats com a penjall cutani lliure ja que l'anatomia vascular de la zona és bastant constant. S'ha descrit la seva utilització com a penjall fascial, osteocutani (agafant una porció d'húmer vascularitzada), neurocutani (incloent el nervi cutani braquial posterior, branca sensitiva del nervi radial) i tendinós (incorporant una porció del tendó del tríceps). El seu pedicle vascular sol tenir un diàmetre de com a mínim 1 mm i una longitud màxima d'uns 7-8 cm, encara que *Moffett*¹²⁹ al 1992 va publicar una sèrie de casos amb pedicles vasculars de fins a 13 cm extenent la dissecció de l'artèria braquial profunda fins el canal de torsió de l'húmer.

*Masquelet et al.*¹¹² van descriure al 1995 el penjall lateral del braç basat en l'artèria col·lateral mitja, que ells anomenen branca posterior de l'artèria braquial profunda ja que segueix la vora posterior del septe intermuscular lateral.

*Lamberty et al.*⁹² al 1992, van exposar dos penjalls en la zona lateral del braç, cada un d'ells basat en una de les branques terminals de l'artèria braquial profunda. El primer, descrit pels propis autors i per *Katsaros*⁸⁴, és el penjall fasciocutani basat en l'artèria col·lateral mitja, que descendeix cap a l'avantbraç per la superfície posterior del septe intermuscular lateral i va acompanyat dels nervis cutanis lateral inferior del braç i lateral de l'avantbraç. El segon és el penjall basat en l'artèria col·lateral radial descrit per *Song*¹⁸¹ al 1982. El punt exacte de divisió de l'artèria braquial profunda en les seves dues branques terminals és variable, però rarament es troba proximal a uns 6-7 cm per damunt el punt d'inserció del múscul deltoides. Discorre per la superfície

posterior del septe intermuscular lateral uns 7-13 cm abans de perforar la fàscia profunda i emetre entre 4 i 5 perforants a la pell lateral del braç. L'eix del penjall es troba sobre el septe intermuscular lateral, des del punt d'inserció del múscul deltoïdes fins a uns 10-12 cm distalment. El seu aportament vascular permet una amplada de fins a 12 cm, però amb més de 6 cm ja no és possible el tancament primari de la zona donant.

1.2.3.3- VASCULARITZACIÓ DE LA PELL LATERAL DE L'AVANTBRAÇ

*Masquelet*¹¹³ al 1992 va descriure els penjalls que es poden dissenyar basats en branques de l'artèria radial en la zona lateral de l'avantbraç, que són:

- Artèria recurrent radial que discorre pel solc bicipital extern proximalment per anastomosar-se amb l'artèria col·lateral radial; que ell denomina branca anterior de l'artèria braquial profunda.
- Artèria cutània de llarg recorregut que perfora la fàscia per discórrer distalment en el teixit cel·lular subcutani de la zona anterolateral de l'avantbraç.
- Pedicle vascular dominant del braquiorradial que a vegades pot néixer de l'artèria recurrent radial.
- Artèries septals en la meitat distal de l'avantbraç que són la base del penjall radial de l'avantbraç, també conegut com penjall xinès.

Aquests penjalls són bons ja que la pell de l'avantbraç és prima, els nervis cutanis són fàcilment incorporats als penjalls i existeixen pedicles vasculars llargs, tant de l'artèria radial com cubital. A més a més, també permet la inclusió de múscul, tendó i os en determinats casos.

En la zona proximal de l'avantbraç les artèries perforants travessen la massa muscular dels músculs de la zona. En la zona distal segueixen els septes intermusculars. Emergeixen des de la fàscia profunda, a prop o al voltant del perímetre dels músculs o entre els seus tendons, excepte quan aquestes perforants viatgen acompanyant un nervi cutani (Fig. 1.33 i 1.34).

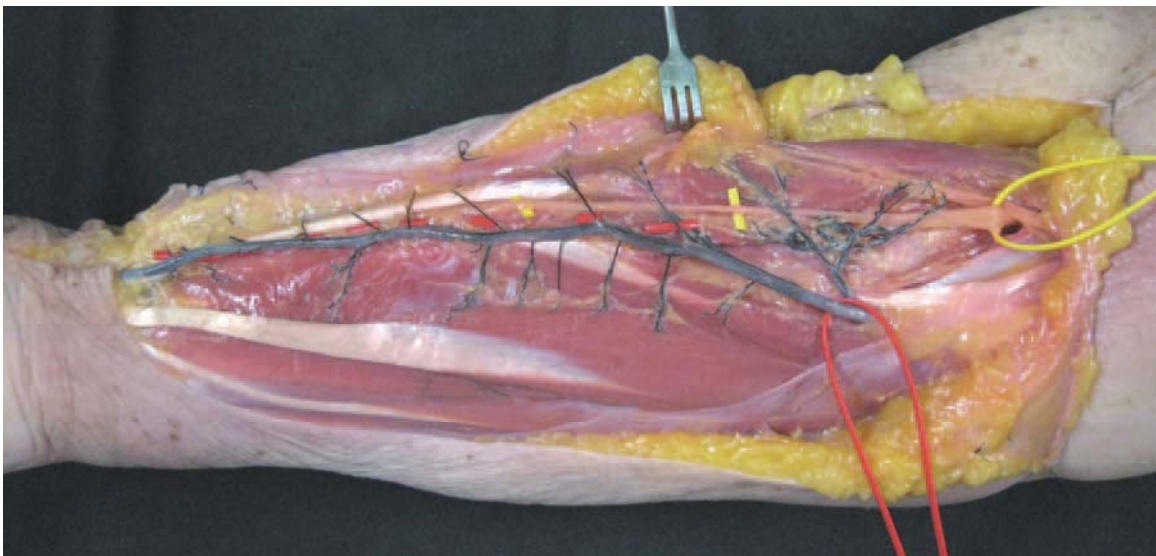


Fig. 1.33: Dissecció de les perforants anteriors de la pell lateral de l'avantbraç marcats en vessel-loops vermells. Encintada en vermell l'artèria radial i en groc el nervi radial. La branca sensitiva del nervi radial es marca amb vessel-loops grocs.



Fig. 1.34: Dissecció de les perforants posteriors de la pell lateral de l'avantbraç marcades amb vessel-loops carabasses.

*Inoue et al.*⁸⁰ al 1996 van descriure els punts on les perforants travessen la fàscia profunda per arribar a la pell. En la zona lateral de l'avantbraç, els punts d'emergència es troben travessant el múscul braquiorradial procedents de l'artèria recurrent radial. En el septe intermuscular entre el braquiorradial i el pronador rodó proximalment i entre el braquiorradial i el flexor radial del carp distalment procedents de l'artèria radial.

Els estudis sobre la vascularització de la pell lateral de l'avantbraç apunten que prové principalment de l'artèria radial (*Thomas*²⁰⁷). De fet, molts penjalls han estat basats en aquesta artèria ja que gràcies a les múltiples perforants que emet, permet la seva utilització amb un pedicle tant proximal com distal.

*Lamberty et al.*⁹¹ al 1982 van fer una descripció molt detallada de les perforants de l'avantbraç. En la regió lateral de l'avantbraç, la pell rep perforants de l'artèria radial, que en el terç proximal emergeixen entre els músculs braquiorradial i pronador rodó; i en els dos terços distals aquestes surten entre els músculs braquiorradial i flexor radial del carp o flexor superficial dels dits. En el seu estudi anatòmic van trobar

una sola perforant de gran calibre procedent de la zona proximal de l'artèria radial, l'artèria cubital inferior, amb un diàmetre d'entre 0'5 i 1 mm en el seu origen. En la porció més distal de l'avantbraç aquestes perforants, més petites, es disposen en una direcció transversal per anastomosar-se amb perforants de l'artèria cubital procedents de la zona medial i de l'artèria interòssia anterior o posterior lateralment. La frontera entre el territori vascularitzat per l'artèria radial i el de la cubital es sol trobar a nivell del múscul palmar llarg. I el límit posterior entre el territori de l'artèria radial i l'artèria interòssia posterior correspon a la vora lateral de l'extensor comú dels dits. Habitualment es troben una mitja de sis perforants amb un diàmetre intern de 0'5 mm, encara que normalment les de major calibre són les més proximals.

L'emergència de l'artèria cubital inferior de l'artèria radial es troba en el punt de convergència de les venes concomitants de l'artèria radial i la vena mediana amb la vena cefàlica. El seu trajecte segueix una direcció obliqua inferolateral sobre l'eix entre el seu origen i el tubercle dorsal del radi. En el seu extrem distal s'anastomosa amb petites branques perforants del tronc de l'artèria radial. El seu angiotoma cutani és més extens que el de la resta de perforants de l'avantbraç, que correspon a la pell lateral del terç proximal de l'avantbraç. A més a més, també emet branques pel terç proximal de la musculatura del compartiment lateral de l'avantbraç i una petita branca neurocutània pel nervi cutani avantbraquial lateral, branca del nervi musculocutani. En l'estudi de dissecció anatòmica, *Lamberty et al.*⁹¹ va trobar que aquesta artèria és l'única que és constant i adequada per a suplir un penjall fasciocutani de l'avantbraç.

*Cormack et al.*⁴⁰ al 1984 van proposar l'artèria col·lateral mitja com a base d'un

penjall lateral d'avantbraç amb la finalitat d'intentar no sacrificar l'artèria radial i la necessitat de reconstruir-la amb un empelt venós. Aquesta artèria emet una mitja de cinc perforants fasciocutànies.

El penjall de l'artèria radial a l'avantbraç, o també anomenat penjall xinès, és un penjall extremadament fiable i versàtil. Les perforants cutànies de l'artèria radial aporten una important xarxa vascular d'arterioles en el pla dèrmic. Aquest penjall es pot dissenyar pediculat tant proximalment amb un flux anterògrad com distalment amb un flux retrògrad. Previ a l'elevació del penjall és imprescindible valorar, amb el test d'Allen o un eco-doppler, la vascularització tant de la mà com del polze particularment. Per millorar el retorn venós és aconsellable la incorporació de la vena cefàlica en el penjall. També permet l'elevació de penjalls compostos amb una porció del radi distal vascularitzat, part del braquiorradial o el flexor radial del carp, o el nervi cutani avantbraquial lateral per donar sensibilitat a la pell de la zona. Els desavantatges d'aquesta tècnica són el sacrifici de l'artèria radial, la necessitat de cobertura de la zona donant amb un empelt de pell i que la pell d'aquesta zona té pèls.

1.2.3.4- VASCULARITZACIÓ DE LA PELL MEDIAL DE L'AVANTBRAÇ

La pell medial de l'avantbraç no la descriurem en aquest treball ja que en aquesta regió anatòmica no es troba cap nervi acompanyat d'una artèria que permeti la seva presa i utilització com a empelt nerviós vascularitzat. D'aquesta manera, en la cara medial de l'avantbraç no es poden descriure els tipus de penjalls que es pretenen

ressenyar en aquest estudi.

1.3 MÚSCUL

1.3.1- TRANSFERÈNCIA MUSCULAR VASCULARITZADA

S'ha avaluat la utilitat de la majoria dels músculs del cos humà per a ser transferits com a penjalls lliures i s'han identificat els músculs aptes per a la seva transferència microvascular. Els músculs ideals per a aquest ús, a més a més, preferiblement han de ser prescindibles en quant a la seva funció. Aquests músculs solen tenir pedicles microvasculars grans, llargs i constants que proporcionen una irrigació rica i constitueixen transferències de teixit lliure fiables. S'ha vist que la transferència de múscul, lliure o pediculat, pot resultar útil tant per a la cobertura de parts toves com per a ser utilitzats com a músculs contràctils funcionals.

La transferència de músculs funcionals és una intervenció que suposa el pas microneurovascular d'un múscul d'una regió a una altra. La viabilitat d'un múscul transferit es manté mitjançant l'anastomosi microvascular entre l'artèria i la vena del múscul i una artèria i una vena adequats en la regió receptora. La reinnervació i la contracció del múscul s'aconsegueix amb la sutura d'un nervi motor en la regió receptora al nervi motor del múscul transferit¹¹¹.

Al 1970, *Tamai*¹⁹³ va determinar l'aplicabilitat de la intervenció consistent en el transplantament d'un múscul esquelètic funcional en animals de laboratori. Al 1976, *Harii*⁶⁷ va utilitzar el múscul gràcil de la cuixa per a substituir els músculs de l'expressió facial en un cas de paràlisi de Bell. Aquest mateix any, un equip de l'hospital Six People

de Shangai va transferir la porció lateral del múscul pectoral major a l'avantbraç per a substituir la musculatura flexora dels dits isquèmica secundàriament a una síndrome de Volkmann.

Aquesta intervenció està indicada en pacients que han patit una pèrdua greu de musculatura en una extremitat, que ha provocat un dèficit funcional significatiu que no es pot reconstruir de manera satisfactòria amb una operació més senzilla, com són les transferències i transposicions tendinoses, ja que la transferència d'un múscul funcional és una intervenció complexa. La causa més freqüent de pèrdua muscular són els traumatismes musculars directes, la paràlisi isquèmica de Volkmann, cremades per electricitat, gangrena gasosa, lesió nerviosa prolongada i resecció muscular tumoral. Perquè la transferència muscular sigui funcional, són imprescindibles unes premisses que en cas de no complir-se contraindiquen la cirurgia. Aquests requisits són una mobilitat articular passiva àmplia, una sensibilitat distal suficient com a mínim de protecció i que el pacient entengui que s'haurà d'esperar a la reinnervació i que haurà de seguir un programa intensiu de rehabilitació postoperatòria.

1.3.2- VASCULATIZACIÓ DELS MÚSCULS

Els primers estudis sobre la vascularització dels músculs van ser duts a terme per *Salmon*¹⁶⁶ als anys 30 del segle passat. No va ser fins al 1981 que *Mathes et al.*¹¹⁴ van publicar la classificació de la vascularització dels músculs, molt útil des del punt de vista quirúrgic, i que avui en dia encara es segueix utilitzant.

El pedicle vascular d'un múscul es compon d'una artèria i les seves venes concomitants. Quan existeix més d'un pedicle vascular que entra dins un múscul, el pedicle de major calibre habitualment entra pel seu extrem proximal en el cas d'una extremitat o per la línia mitja quan es tracta del tronc. La mida i localització dels pedicles de major calibre són bastant constants; al contrari que passa amb els pedicles més petits que són bastant variables. Quan un múscul està vascularitzat per dos pedicles majors, procedents d'artèries regionals diferents, tots dos generalment són constants tant en la mida com en la seva localització (*Mathes et al.*¹¹⁵).

Segons els criteris de *Mathes et al.*¹¹⁴, es considera un *pedicle major* quan la seva lligadura provoca la necrosi del múscul i un *pedicle dominant* és aquell que és suficient per nodrir la totalitat de la massa muscular. Els pedicles més petits que no són capaços de mantenir viu un penjall s'anomenen *pedicles menors*; una sèrie de pedicles menors que poden preservar la circulació d'un penjall i permetre l'elevació segura d'aquest després de la secció del pedicle dominant s'anomenen *pedicle segmentari secundari*. La dificultat en la pràctica clínica resideix en determinar la constància, fiabilitat i importància dels pedicles menors.

*Mathes et al.*¹¹⁴ al 1981 van classificar els músculs en cinc tipus segons el seu patró vascular, tenint en compte variables anatòmiques dels pedicles vasculars com són el tronc principal d'on es desprèn el pedicle vascular, la mida, el nombre, la localització en relació a l'origen i la inserció muscular, i el patró angiogràfic. Segons aquestes variables, els músculs es classifiquen en (Fig. 1.35):

- **Tipus I:** té un únic pedicle vascular. Exemples d'aquest grup són els gastrocnemius, l'anconi i l'abductor curt del polze.
- **Tipus II:** té un pedicle dominant i un altre de menor. El pedicle dominant, de major calibre, pot mantenir viu el múscul després de la seva elevació com un penjall i haver seccionat els pedicles menors. El pedicle de major calibre entra dins el múscul en una regió pròxima a l'origen o la inserció muscular, i els pedicles menors es troben en la zona del ventre muscular. Aquest és el patró més freqüent. Alguns exemples d'aquest tipus són el múscul gràcil, el braquiorradial, el coracobraquial i el flexor cubital del carp.
- **Tipus III:** li entren dos pedicles principals. Aquests dos pedicles poden provenir de dues artèries regionals diferents o localitzar-se un a cada extrem del múscul. De totes maneres, la secció d'un dels pedicles rarament provoca la necrosi del múscul, i normalment tot el múscul pot sobreviure només amb un dels dos pedicles dominants. Exemples d'aquest grup són el gluti major, el serrat anterior i el pectoral menor.
- **Tipus IV:** té diversos pedicles segmentaris. Cada un dels pedicles, de calibre semblant, proporciona aportament vascular a una part o segment del múscul. La secció de més de dos o tres d'aquests pedicles prova una necrosi muscular

distal. Aquest és l'únic tipus que no permet la seva utilització com a part d'un penjall muscular o musculocutani. Dins aquest grups s'inclouen el sartori i el tibial anterior, entre d'altres.

- **Tipus V:** conté un pedicle principal i diversos pedicles secundaris. Tant el pedicle dominant, localitzat a prop de la inserció muscular, com els pedicles segmentaris, localitzats a prop de l'origen, aporten suficient vascularització com per permetre l'elevació d'un penjall basat en un dels dos sistemes de forma aïllada. Alguns exemples d'aquest grup són el dorsal ample i el pectoral major.

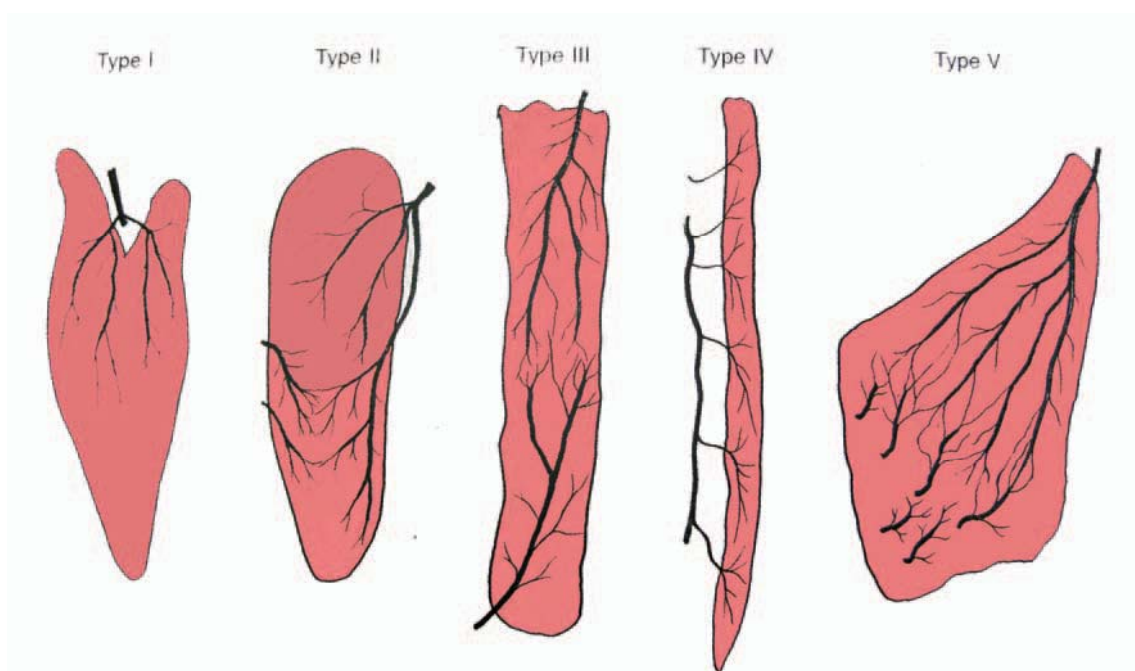


Fig. 1.35: Classificació de l'aportament vascular dels músculs segons *Mathes* i *Nahai*. Pres de Morris S.F, Miller B.F, Taylor G.I. *Vascular Anatomy of the Integument*. En Blondeel P.N, Morris S.F, Hallock G.G, Neligan P.C. *Perforator flaps. Anatomy, Technique and Clinical Applications*. St Louis: Quality Medical Publishing; 2006.

Aquesta classificació hauria de ser d'ajuda a l'hora d'avaluar la utilitat d'un múscul per a ser inclòs dins un penjall, ja que el patró vascular dels músculs determina la quantitat de múscul que es pot agafar de forma segura per formar part d'un penjall.

Els músculs tipus I, II i V són els millors per ser utilitzats com a músculs donants, basats en el seu pedicle vascular dominant.

*Inoue et al.*⁸⁰ al 1996 van publicar un estudi molt extens sobre els angiosomes de l'avantbraç, narrant de forma molt detallada l'aportament vascular de cada un dels músculs i la composició de cada un dels angiosomes de la zona, que ells mateixos¹⁹⁹ havien descrit al 1987. D'aquest estudi es pot concloure que la majoria dels músculs de l'avantbraç reben aportament vascular com a mínim de dues artèries diferents i que, a més a més, existeixen anastomosis intramusculars i extramusculars al voltant del colze i entre els vasos que acompanyen als nervis, tant superficials com profunds.

El problema dels penjalls musculars no ve donat per l'anatomia vascular ja que aquesta és constant i fiable. La dificultat d'aixecar un penjall muscular està determinada per les variacions en la longitud, amplada i gruix de cada múscul, que és molt variable d'un individu a un altre.

1.3.3- MÚSCULS DE L'EXTREMITAT SUPERIOR D'ÚS EN TRANSFERÈNCIES MUSCULARS

La majoria dels músculs del cos han estat estudiats amb la finalitat de determinar la seva utilitat com a transferència muscular. De totes maneres, no tots els músculs són útils per a ser utilitzat amb aquesta finalitat ja que no només és important la seva anatomia vascular i nerviosa que permeti la supervivència del múscul a través de les anastomosis microvasculars del seu pedicle i la reinnervació del múscul a partir del nervi receptor, sinó que també ha de tenir una funció prescindible suplerta per altres músculs de la regió.

Els músculs de l'extremitat superior i la cintura escapular que s'han utilitzat amb aquest fi són el dorsal ample, el serrat anterior, el pectoral major, el flexor radial del carp, el braquiorradial i els extensors radial del carp llarg i curt.

En el nostre treball només s'ha estudiat la vascularització del braquiorradial donat que és l'únic múscul amb una funció prescindible que es troba en la regió dels penjalls neurocutanis dissenyats.

1.3.3.1- VASCULARITZACIÓ DEL BRAQUIORRADIAL

Un dels penjalls musculars de l'extremitat superior més utilitzat i més versàtil és el penjall de braquiorradial. Inicialment va ser descrit per *John Lendrum*⁹⁴ al 1980,

que proposava la utilització de la part més proximal del múscul per a cobrir una fractura-luxació complexa de colze, però no va especificar la seva anatomia vascular. Posteriorment *Lai*⁹⁰, *Binns*²³ i *Sanger*¹⁷⁰, en els seus respectius estudis van anar introduint modificacions de la tècnica original. Es pot fer servir com a penjall muscular, musculocutani o en combinació amb el penjall radial d'avantbraç. S'ha descrit la possibilitat de pedicular-lo tant proximalment com distalment, encara que habitualment s'utilitza per a la cobertura al voltant del colze.

Els diversos autors coincideixen en que l'aportament vascular del braquiorradial prové de l'artèria recurrent radial (*Lai*⁹⁰, *McGeorge*¹¹⁹, *Rohrich et al.*¹⁶⁰, *Liversedge*⁹⁵, *Reece*¹⁵⁷) i en menor proporció, de l'artèria radial i l'artèria braquial (Fig. 1.36). *Lai*⁹⁰ al 1981 va ser el primer en dur a terme un estudi anatòmic per determinar la vascularització del braquiorradial, on determina que l'aportament vascular d'aquest

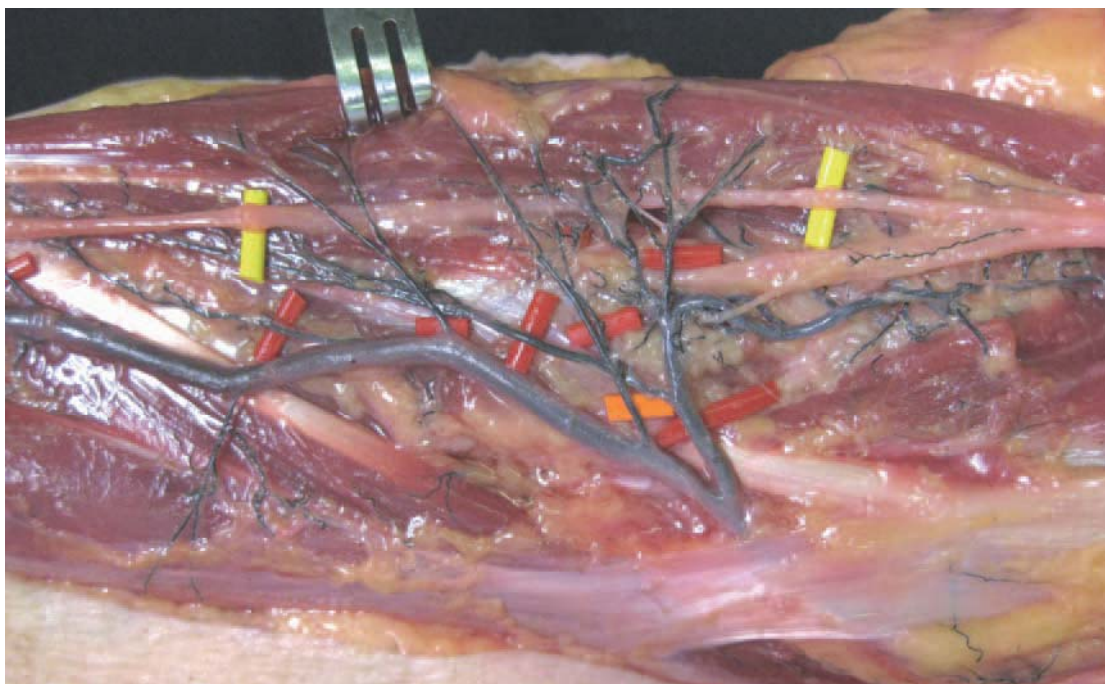


Fig. 1.36: Dissecció de la cara anterior del colze on es veuen les branques de vascularització del braquiorradial (vessel-loops vermells). La branca sensitiva del nervi radial marcada amb vessel-loops grocs i la seva branca de vascularització marcada amb un vessel-loop carabassa.

múscul prové de l'artèria recurrent radial a través d'un pedicle d'un calibre significatiu que es desprèn a prop del seu origen en l'artèria radial. A més a més, també es troben altres petites branques procedents de la mateixa. Mitjançant estudis d'injecció de blau de metilè, *Lai*⁹⁰ va determinar que aquest pedicle major irriga la pell de la meitat posterolateral distal del braç i el terç proximal lateral de l'avantbraç.

El primer treball detallat sobre la vascularització del braquiorradial va ser dut a terme per *Sanger*¹⁷⁰ al 1994, que va publicar un estudi anatòmic en cadàvers injectats amb làtex on reporta l'existència d'un pedicle dominant del braquiorradial d'entre 0'8 i 1'3 mm de diàmetre procedent de l'artèria radial en el 39% dels casos, de l'artèria recurrent radial en el 33% dels casos i de l'artèria braquial en el 27% dels casos, que entra dins el múscul en el seu terç mig. També es troben, en el terç mig i distal, entre quatre i sis perforants secundàries d'entre 0'4 i 1 mm de diàmetre que s'originen en l'artèria radial o l'artèria recurrent radial. El terç proximal del múscul rep una branca important d'entre 1 i 1'4 mm de diàmetre procedent de l'artèria braquial. En un segon estudi d'injecció de blau de metilè aquest mateix autor va observar que existeix una important xarxa anastomòtica dins el múscul que permet la seva supervivència a través de poques perforants. Estudiant les perforants cutànies de la pell suprajacent al braquiorradial, *Sanger*¹⁷⁰ va observar entre quatre i sis vasos musculocutanis procedents de l'artèria radial, que arriben a la pell directament després de passar a través del múscul, sempre proximals a la unió miotendinosa; i entre un i dos vasos cutanis directes que es desprenen de l'artèria radial.

Per la seva banda, *Rohrich et al.*¹⁶⁰ al 1995 també van publicar un extens estudi anatòmic realitzat en 53 espècimens on explicaven amb precisió les característiques i

mesures dels pedicles majors del braquiorradial. Els seus resultats van ser que el pedicle major es troba entre 4'2 cm proximal i 4'7 cm distal al plec de flexió del colze, procedent de l'artèria recurrent radial en el 58% dels casos, de l'artèria braquial en el 24% de les disseccions i de l'artèria radial en el 17% dels casos. Aquest treball proposa aixecar aquest penjall muscular, sense incloure la pell suprajacent, de forma pediculada, tant proximal com distal.

*Liversedge*⁹⁵ al 2001 va realitzar un estudi anatòmic per a determinar les artèries responsables de l'aportament vascular del braquiorradial i el territori fasciocutani associat al pedicle vascular del penjall muscular braquiorradial. Per açò va utilitzar 26 espècimens anatòmics injectats amb contrast radiològic mesclat amb diferents colorants, adjudicant un color per a cada artèria injectada. D'aquesta manera van determinar que l'artèria recurrent radial irriga el 41% de la longitud del múscul i el 65% del seu volum, encara que l'artèria braquial i l'artèria radial també tenen un paper destacat.

Per la seva part, *Cormack et al.*⁴¹ al 1994 van apuntar que el múscul braquiorradial rep el seu aportament vascular bàsicament de l'artèria recurrent radial, amb ajuda de l'artèria col·lateral radial, branca terminal de l'artèria braquial profunda. L'artèria recurrent radial habitualment emet dues branques que discorren anteriorment a la branca motora i sensitiva del nervi radial, per qui també emeten petites branques d'irrigació, per acabar penetrant en el múscul braquiorradial en la regió posteromedial. Dins el múscul aquestes branques s'anastomosen amb branques de l'artèria col·lateral radial formant una rica xarxa vascular intramuscular.

Normalment també es poden trobar unes petites branques procedents de l'artèria radial en la regió més distal del ventre muscular i tendó del braquiorradial.

*Inoue et al.*⁸⁰ al 1996 van concloure que el múscul braquiorradial rep aportament vascular de l'artèria recurrent radial, de l'artèria radial i l'artèria braquial profunda. De totes maneres, consideren que només correspon a dos angiosomes, el de l'artèria radial i el de la braquial profunda, ja que l'artèria recurrent radial és una branca de l'artèria radial i per tant pertany al mateix angiosoma. El classifiquen com un múscul tipus II de Mathes i Nahai.

*Lamberty et al.*⁹² en el llibre de Gilbert i Masquelet *Pedicle flaps of the upper limb* (1992) expliquen el penjall musculocutani de braquiorradial. Segons el seu estudi, branques de les artèries col·lateral mitja, col·lateral radial i recurrent radial formen la base per al disseny d'aquest penjall. Inicialment aquest penjall va ser descrit com a musculocutani, però actualment se sap que no és necessària la inclusió del braquiorradial per a la supervivència del penjall.

Al 2010, *Reece*¹⁵⁷ va publicar la tècnica quirúrgica per a la dissecció del penjall muscular o musculocutani de braquiorradial pediculat proximalment on també fa un repàs de l'anatomia de la zona. Segons aquest treball, el múscul rep aportament vascular sobretot de l'artèria recurrent radial, i infreqüentment procedeix directament de l'artèria braquial o radial. Aquest pedicle vascular es troba entre 4'2 i 4'5 cm del plec de flexió del colze i vascularitza més del 60% de la massa muscular del braquiorradial. D'altra banda, aquest article remarca que l'aportament vascular de la fàscia i pell suprajacents prové majoritàriament de l'artèria radial i recurrent radial.

Per la seva banda, *McGeorge*¹¹⁹ al 1991 ja havia descrit i publicat la tècnica quirúrgica per a l'obtenció del penjall braquiorradial pediculat distalment que permet cobrir qualsevol part de la mà. Segons aquest treball, la vascularització d'aquest múscul prové sobretot de l'artèria radial i de forma més variable, de l'artèria recurrent radial.

2. HIPÒTESI DE TREBALL

Les lesions nervioses perifèriques són devastadores, provocant importants defectes funcionals, tant més important com més proximal sigui la lesió. Les lesions del plexe braquial representen l'afectació màxima donat que deixen extremitats totalment flàccides i inútils. Aquestes lesions nervioses, amb certa freqüència van associades a defectes de cobertura cutània de difícil solució ja que no es resolen amb un simple empelt cutani perquè aquests teixits desvascularitzats no es poden aplicar sobre estructures nobles com són nervis, vasos, tendons desprovistos de peritendó o ossos sense periosti. D'aquesta manera, en casos on una lesió nerviosa va associada a defectes de cobertura, és necessària la utilització de teixits vascularitzats per a cobrir aquests defectes.

Ja fa anys que s'ha comprovat que una sutura nerviosa a tensió dona mals resultats i que és millor la utilització d'empelts nerviosos, encara que el creixement axonal hagi de travessar dues sutures nervioses. De moment, l'ús d'alloempelts no ha estat possible degut als importants problemes immunològics que produeix el teixit nerviós al·logènic. D'aquesta manera, per a la reconstrucció nerviosa, s'han d'emprar nervis autòlegs, deixant un defecte en la zona donant del pacient. El gold estàndard dels nervis donants és el nervi sural ja que és un nervi cutani, que deixa poc defecte sensitiu en la regió posterior i lateral del peu, i és de fàcil obtenció amb poca morbiditat de la zona.

En els darrers anys, des de que *Taylor et al.*¹⁹⁸ al 1976 publicuessin en primer cas d'empelt nerviós, s'ha vist que l'ús d'aquest tipus d'empelt nerviós pot ser beneficiós, sobretot quan el llit receptor és fibrós o el defecte nerviós és major de 6 cm. Els nervis donants que poden ser utilitzats vascularitzats són restringits ja que són necessàries

unes condicions anatòmiques determinades que inclouen poca ramificació del nervi i que aquest vagi acompanyat d'una artèria al llarg de gran part del seu recorregut.

Quan la reconstrucció nerviosa no ha funcionat o no pot ser completa per la falta de nervis donants, una bona solució és la recuperació funcional amb la transferència vascularitzada d'un múscul on només és necessari un nervi receptor on suturar la branca motora del múscul. S'ha descrit la utilització de diversos músculs amb aquesta finalitat, entre ells el recte intern, el dorsal ample o el braquiorradial.

Amb totes aquestes premisses, hem proposat un estudi pel disseny de penjalls compostos de nervis de l'extremitat superior i la pell que els cobreix, i quan sigui possible, l'associació d'un múscul, per a ampliar el ventall de possibilitats de solucions quirúrgiques per a aquestes importants i devastadores lesions.

HIPÒTESI DE TREBALL

1. La vascularització de la pell medial del braç i el nervi cubital té un origen comú en l'artèria col·lateral cubital superior que permet el disseny d'un penjall compost d'aquestes dues estructures.
2. La vascularització de la pell lateral del terç distal del braç i el terç proximal de l'avantbraç i el nervi cutani avantbraquial lateral té un origen comú en l'artèria radial o l'artèria recurrent radial, que permet el disseny d'un penjall neurocutani d'aquestes dues estructures.
3. La vascularització de la pell lateral de l'avantbraç, la branca sensitiva del nervi radial i el múscul braquiorradial té un origen comú en l'artèria radial o l'artèria recurrent radial. D'aquesta manera és possible el disseny d'un penjall compost d'aquestes tres estructures. A més, en aquest penjall s'hi pot incloure la branca d'innervació del braquiorradial per tal de que aquest múscul pugui ser utilitzat amb una finalitat funcional i no només com a teixit de cobertura.

3. OBJECTIUS

Aquest treball pretén valorar la possibilitat d'execució de penjalls compostos nerviosos i cutanis per a la reparació de lesions que, a més de requerir una restauració de funcions motores exigeixen una cobertura cutània. Per açò és necessari determinar la procedència de la vascularització d'aquestes estructures a partir d'un mateix vas.

D'aquesta manera volem estudiar la microanatomia vascular dels nervis de l'extremitat superior que poden ser utilitzat com a empelt nerviós i la pell suprajacent a aquests nervis per a determinar la possibilitat real de realitzar quirúrgicament penjalls nerviosos, cutanis o penjalls compostos d'aquestes dues estructures. Els nervis i zones cutànies que estudiarem són el nervi cubital i la pell medial del braç, el nervi cutani avantbraquial lateral i la pell lateral de l'avantbraç i la branca sensitiva del nervi radial i la pell lateral de l'avantbraç.

Així, els objectius principals que es volen aconseguir en aquest treball són:

1. Estudi del patró de vascularització de:
 - nervi cubital i la pell medial del braç
 - la branca superficial del nervi radial i la pell lateral de l'avantbraç
 - el nervi cutani avantbraquial lateral i la pell lateral de l'avantbraç.

2. Definir les característiques anatòmiques de la microvascularització d'aquests nervis, determinant la seva distribució i procedència.

3. Determinar el contingut fascicular d'aquests nervis.

4. En cas d'obtenir resultats positius sobre el disseny quirúrgic de la tècnica, aplicació del procediment en pacients amb indicació clara de requeriment de reparació de lesions de grans troncs nerviosos o del plexe braquial amb empelts nerviosos vascularitzats i valoració dels seus resultats.

4. MATERIAL I MÈTODES

4.1- Injecció arterial

4.2- Dissecció

4.3- Estudi histològic

4.4- Seqüència de dissecció

4.4.1- Dissecció del penjall compost de nervi cubital i pell medial del braç

4.4.2- Dissecció del penjall compost de nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral del braç i avantbraç

4.4.3- Dissecció del penjall compost de la branca sensitiva del nervi radial i la pell lateral de l'avantbraç

Pel nostre estudi hem realitzat un estudi de 45 extremitats superiors de cadàvers frescos / criopreservats, procedents del Servei de Donació de Cossos del Departament d'Anatomia i Embriologia Humana de la Facultat de Medicina de la Universitat de Barcelona. S'han repartit els espècimens en 3 grups de 15 extremitats superiors en cada un, on s'han realitzat les disseccions dels penjalls compostos de nervi cubital i pell medial del braç, nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral de l'avantbraç i branca sensitiva del nervi radial i pell lateral de l'avantbraç respectivament. La distribució per sexes ha estat 27 dones (60%) i 18 homes (40%). En quant a la distribució per lateralitat, s'han dissecat 20 extremitats dretes (44%) i 25 esquerres (56%) (Taula 1).

		Gènere	Costat
Total extremitats	45	27 dones 18 homes	20 dretes 25 esquerres
Penjall cubital i pell medial del braç	15	10 dones 5 homes	5 dretes 10 esquerres
Penjall de n. CAL i pell lateral de l'avantbraç	15	5 dones 10 homes	8 dretes 7 esquerres
Penjall de la BSNR i pell lateral de l'avantbraç	15	12 dones 3 homes	8 dretes 7 esquerres

Taula 1: Distribució de les extremitats superiors en els tres estudis i per gènere i sexe

Les extremitats superiors s'han seleccionat de manera aleatòria. Totes elles pertanyen a diferents subjectes d'ambdós sexes, per a simular al màxim la situació clínica a la que el cirurgià s'enfronta en la pràctica clínica habitual on només s'intervé una de les extremitats del pacient.

Per cada extremitat superior s'ha mesurat la longitud del braç prenent com a referències l'acromi a l'epicòndil lateral humeral i la longitud de l'avantbraç agafant

l'epicòndil lateral humeral i l'apòfisi estiloides radial com a referències. Aquestes mesures s'ha utilitzat per a calcular els punts on es troben les perforants cutànies i els vasos d'irrigació dels nervis i del braquiorradial expressats en percentatges de la longitud total de l'extremitat.

4.1- INJECCIÓ ARTERIAL

S'ha procedit a una injecció arterial de tots els espècimens, realitzada a través de l'artèria subclàvia, seguint els principis d'injecció determinats per *Rees et al.*¹⁵⁸. Per

a la injecció de cada peça s'ha utilitzat:

- Làtex negre (Latex Compound Española S.A.)
- Cànules
- Xeringa de 60 ml
- Pinces mosquito

4.2 DISSECCIÓ

La dissecció s'ha realitzat sota magnificació òptica (ulleres Keeler 3,0X). Les mides s'han pres mitjançant un peu de rei digital Guilin Guanglu Measuring Instrument Co. model 0-5mm-3000MM i s'han comprovat les dades amb un peu de rei analògic Digimatic Caliper model 150mmX0.01mm/6".

El material bàsic per a la dissecció anatòmica ha estat:

- Mànecs de bisturí del nombre 3 i 4.
- Bisturí del nombre 15 i 23.
- Pinces d'Adson amb dents i sense dents.
- Tisores de Stevens i Reynolds.
- Material de microcirurgia.

Per tal de documentar gràficament els casos, s'han fet fotografies seriadades de cada una de les disseccions amb les càmeres Cannon Digital Ixus 85IS (per les imatges més panoràmiques) i Nikon Digital D90 (per les imatges de detalls de les preparacions).

4.3 ESTUDI HISTOLÒGIC

Finalment s'ha procedit a l'estudi histològic dels extrems proximal i distal dels nervis dissecats. El material necessari per a processar les mostres nervioses ha estat:

- Formol al 10%
- Parafina
- Alcohol etílic pur, al 95% i 70%
- Solució *fast blue luxol*
- Solució de carbonat de liti
- Aigua destil·lada
- Xilè
- Resina de fixació
- Vidres portamostres

Després de la dissecció de cada un dels nervis, s'han fixat en formol al 10% durant una setmana. En aquest moment s'han pres mostres d'un centímetre a nivell de l'extrem proximal i distal de cada preparació per a incloure'ls en parafina i mitjançant el microtom (Leica RM2255) procedir a la secció de les mostres en talls de 12 µm. La tinció s'ha fet segons la tècnica de Luxol Fast Blue. Aquesta tècnica consisteix en la desparafinació i rehidratació amb alcohol etílic al 95%. Es submergeixen les mostres en solució *fast blue luxol* a 56º C durant 12 hores, retirant l'excés de tint amb alcohol etílic al 95%. La diferenciació dels talls es realitza amb una solució de carbonat de liti durant

30 segons i posteriorment s'acaba amb alcohol etílic al 70% i es torna esbandir amb aigua destil·lada. Es contratenyeix amb solució de violeta de cresil durant 30-40 segons i es reesbandeix amb aigua destil·lada. Una segona diferenciació es realitza primer amb alcohol etílic al 95%, després dues vegades amb alcohol pur durant 5 minuts i finalment dues vegades més amb xilè durant uns altres 5 minuts. El darrer pas consta del muntatge de les mostres en els vidres i fixació en un medi resinós. L'estudi histològic morfomètic de microscopia òptica s'ha realitzat amb el microscopi Olympus BX50F per determinar el contingut fascicular de cada nervi estudiat tant en la seva porció proximal com distal de la mostra.

4.4 SEQÜÈNCIA DE DISSECCIÓ

4.4.1- DISSECCIÓ DEL PENJALL COMPOST DE NERVI CUBITAL I PELL MEDIAL DEL BRAÇ

Per al disseny del penjall compost de nervi cubital i pell medial del braç s'ha centrat la dissecció en la cara medial dels dos terços distals del braç i el terç proximal de l'avantbraç. Tant per a les incisions cutànies com per a la presa de mesures s'ha agafat com a punt de referència l'epicòndil medial de l'húmer, atorgant valors negatius als punts proximals a aquesta referència i valors positius als distals.

S'ha començat la dissecció amb una incisió anterior traçada passant longitudinalment pel centre del quadrant anteromedial de la circumferència de l'extremitat i prolongada posteriorment amb dues incisions transversals realitzades en els seus extrems fins que sobrepassin la línia del trajecte del nervi cubital. S'ha iniciat la dissecció amb una elevació suprafascial del bloc de pell i teixit cel·lular subcutani, durant la qual s'han preservat les artèries perforants (Fig. 4.1). Quan s'ha trobat una artèria perforant s'ha valorat el seu diàmetre i s'han conservat les d'un calibre superior a 0,5 mm, per ser les que clínicament serien candidates a ser triades per a vascularitzar el penjall cutani. A continuació, les perforants triades s'han seguit mitjançant dissecció retrògrada fins al seu vas d'origen (Fig. 4.2).



Fig.4.1: Localització suprafascial de les perforants a la pell medial del braç marcades amb vessel-loops vermells.

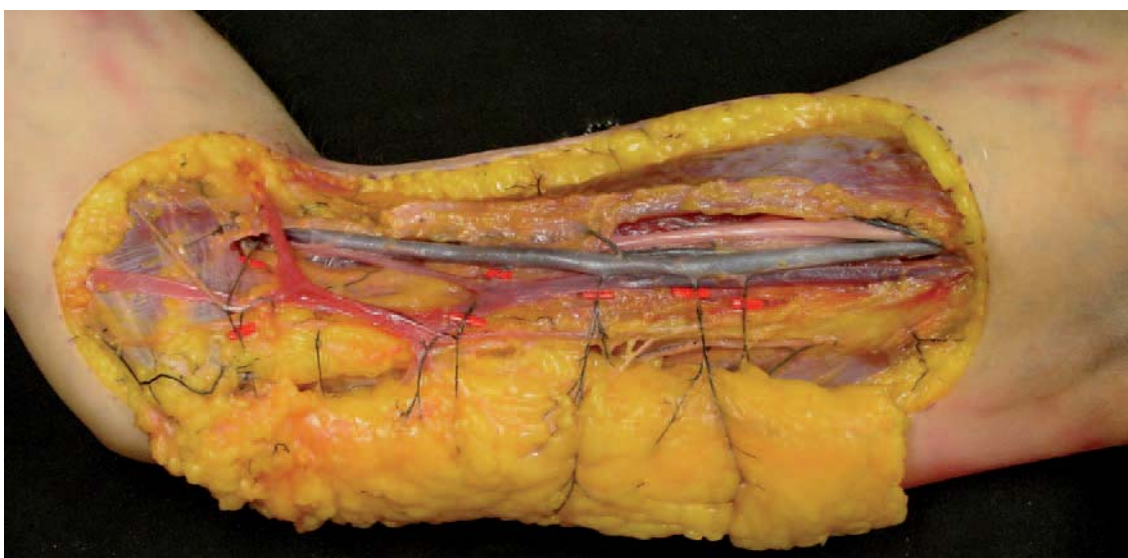


Fig. 4.2: Dissecció retrògrada de les perforants de la pell medial del braç (vessel-loops vermells) fins al seus troncs d'origen.

Seguidament s'ha continuat la dissecció completant la incisió cutània unint les dues incisions transversals en el quadrant posteromedial de l'extremitat. En aquesta regió s'ha seguit la dissecció aixecant el penjall cutani a nivell suprafascial. Durant

l'elevació d'aquest pla s'han intentat localitzar i aïllar les branques dels nervis cutanis braquial medial i cutani avantbraquial medial que corren per aquest territori i donen sensibilitat a la pell del penjall (Fig. 4.3).

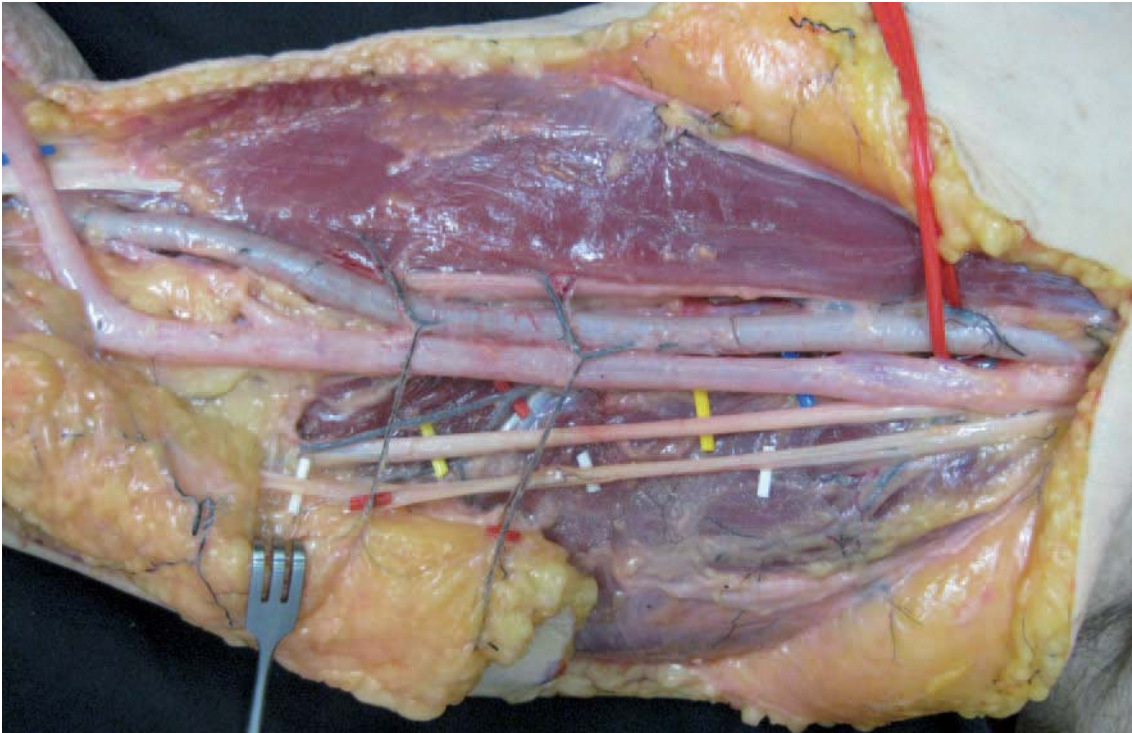


Fig. 4.3: Dissecció i localització del nervi cutani avantbraquial medial marcat amb vessel-loops blancs. Les perforants de la pell medial del braç s'han marcat amb vessel-loops vermells i el nervi cubital amb vessel-loops grocs. L'artèria braquial s'ha encintat en vermell.

Tornant a la regió anterior, s'ha continuat la dissecció en el pla profund, cercant i dissecant el nervi cubital, preservant les seves branques de vascularització, que s'han seguit fins els seus troncs d'origen en les diferents artèries de la zona medial del braç, colze i avantbraç (Fig. 4.4).

En aquest moment de la dissecció, quan ja s'han exposat les estructures rellevants del penjall compost, s'ha fet la recollida de dades dels punts d'emissió de les perforants per a la pell d'aquesta zona i les branques de vascularització del nervi agafant com a punt de referència l'epicòndil medial humeral utilitzant un peu rei.

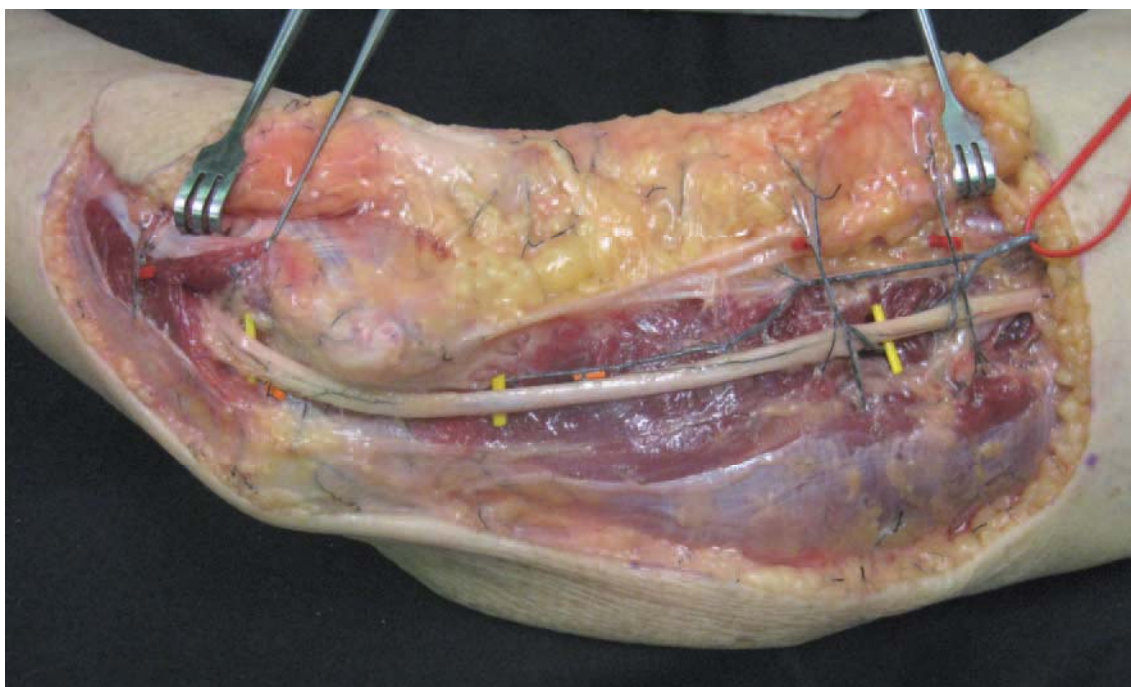


Fig. 4.4: Localització de les branques d'irrigació (vessel-loops carabasses) del nervi cubital (vessel-loops grocs) procedents de l'artèria col·lateral cubital superior encintada en vermell.

A continuació s'han dissecat de forma retrògrada les artèries col·lateral cubital superior, col·lateral cubital inferior, col·lateral mitja en cas d'estar present, i recurrent cubital fins a la seva emergència en l'artèria braquial les tres primeres i l'artèria cubital la última, enregistrant tots aquests punts en relació a l'epicòndil humeral medial. Seguint l'artèria braquial fins a la seva bifurcació en les seves dues branques terminals, l'artèria radial i cubital, s'ha mesurat aquest punt en relació a l'epicòndil medial de l'húmer.

Finalment s'ha prosseguit la dissecció a nivell profund, seccionant la musculatura epicondília per a determinar l'existència de connexions de l'artèria

col·lateral cubital superior amb la resta de vasos que formen la xarxa periarticular medial del colze (Fig. 4.5).

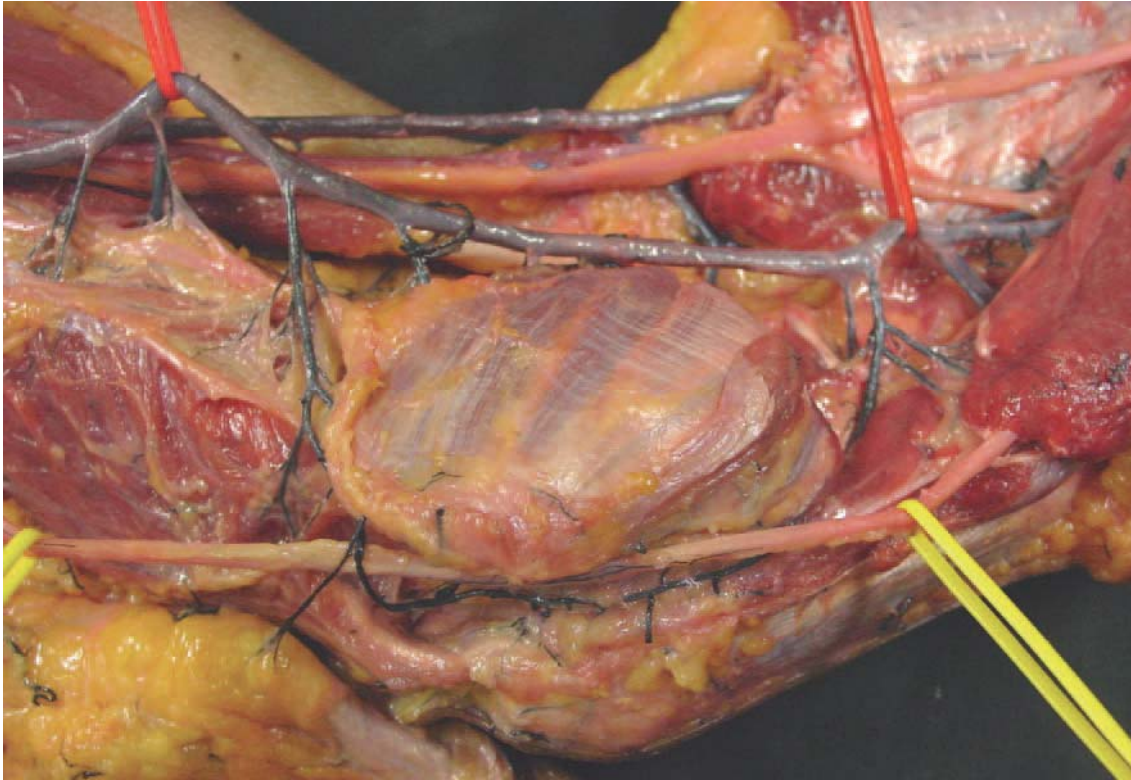


Fig. 4.5: Dissecció de la xarxa vascular periarticular medial del colze encintada en vermell i el nervi cubital encintat en groc.

Acabada la dissecció s'ha seccionat el nervi cubital en el terç mig del braç i en el terç proximal de l'avantbraç i s'ha preservat en formol al 10% per després procedir a la presa de mostres d'1 cm de l'extrem proximal i de l'extrem distal dels quals s'ha fet l'estudi histològic (Fig. 4.6).

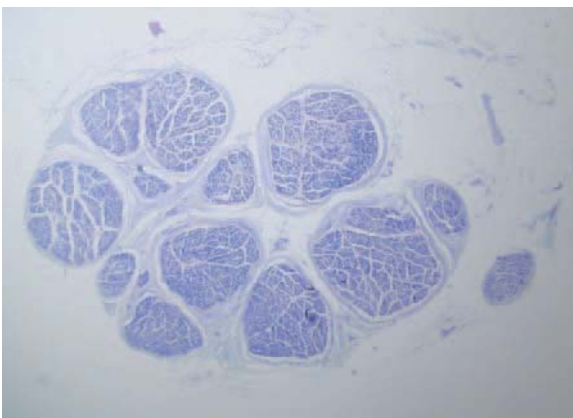


Fig. 4.6: Tall histològic del nervi cubital tenyit amb Luxol Fast Blue.

4.4.2- DISSECCIÓ DEL PENJALL COMPOST DE NERVI CUTANI AVANTBRAQUIAL LATERAL I PELL LATERAL DEL BRAÇ I AVANTBRAÇ

La dissecció del penjall compost de nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral de l'avantbraç s'ha centrat en la cara anterolateral del terç distal del braç i dos terços proximals de l'avantbraç. Com a punt de referència per a les mesures s'ha pres com a punt de referència l'epicòndil lateral, donant valors negatius a aquells punts situats proximals a aquest punt i valors positius al punts distals. Per al dissenys del penjall, s'ha agafat com a referència el tendó del bíceps, fàcilment identificable en totes les persones.

La incisió inicial s'ha fet longitudinalment a l'eix de l'extremitat, medial al tendó del bíceps, seguida de dues incisions transversals als extrems d'aquesta primera fins a travessar la línia mitja del membre. S'ha començat la dissecció en el pla suprafascial elevat un penjall de pell i teixit cel·lular subcutani on s'han identificat i preservat les perforants a la pell lateral del braç i avantbraç d'un diàmetre major a 5 mm (Fig. 4.7).

Durant l'elevació d'aquest pla, s'ha identificat i aïllat dins el penjall quan ha estat possible, la vena cefàlica que discorre a aquest nivell per la cara anterior del braç i avantbraç. En aquest pla, s'ha identificat també el nervi cutani avantbraquial lateral

emergent lateralment al tendó del bíceps, i s'han preservat les branques de vascularització (Fig. 4.8).

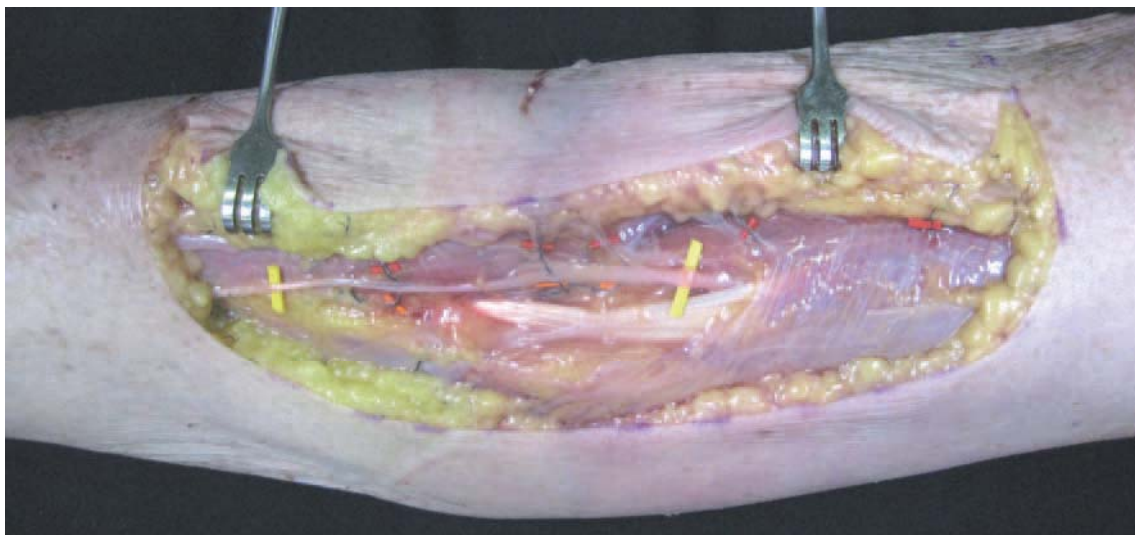


Fig. 4.7: Localització de les perforants anteriors de la pell lateral del braç i avantbraç marcades amb vessel-loops vermells. També s'ha marcat el nervi cutani avantbraquial lateral amb vessel-loops grocs i les seves branques de vascularització amb vessel-loops carabassa.

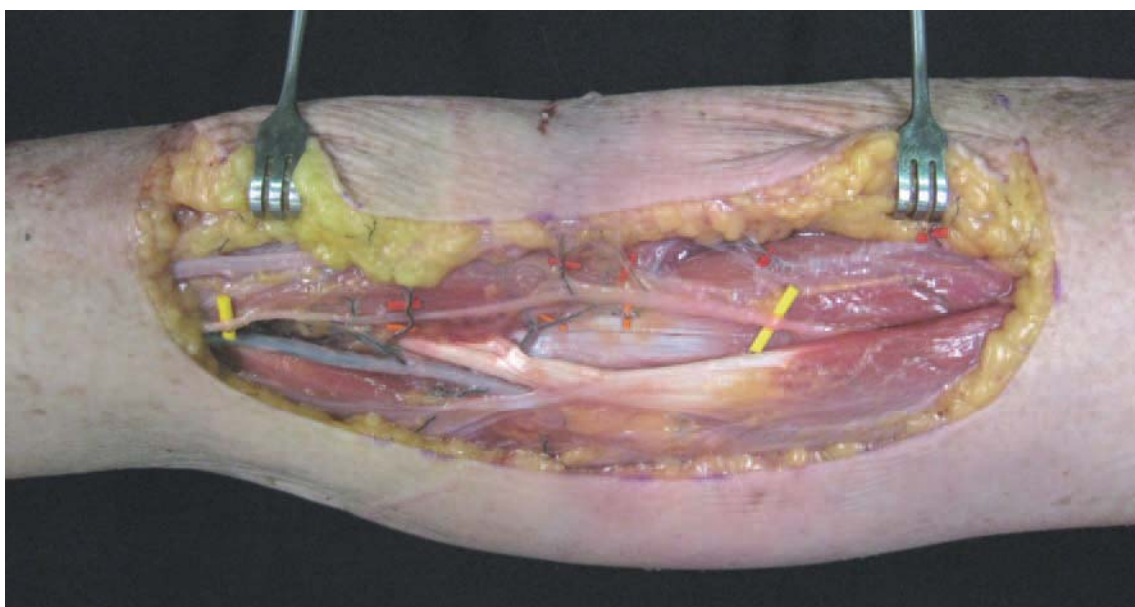


Fig. 4.8: Localització del nervi cutani avantbraquial lateral quan es fa superficial en el canal bicipital extern marcat amb vessel-loops grocs. També s'han marcat les perforants a la pell lateral del braç i avantbraç amb vessel-loops vermells i les branques de vascularització del nervi amb vessel-loops carabassa.

Seguidament s'han dissecat retrògradament les perforants cutànies i les branques d'irrigació del nervi cutani avantbraquial lateral fins als seus troncs d'origen. Arribat a aquest punt, s'ha procedit a la recollida de dades dels punts d'emissió de les perforants per a la pell d'aquesta zona i les branques de vascularització del nervi prenent com a punt de referència l'epicòndil lateral humeral mesurades amb un peurei.

A continuació s'ha procedit a completar la incisió cutània seguint les dues incisions transversals en direcció posterior fins al quadrant posterolateral de l'extremitat on s'han unit amb una incisió longitudinal. En aquesta zona, s'ha seguit la dissecció en el pla suprafascial identificant i incorporant al penjall cutani quan ha estat possible, branques del nervi cutani braquial posterior que discórrer per aquesta regió en el pla suprafascial. Posteriorment s'han identificat les perforants cutànies del penjall de diàmetre major a 5 mm procedents tant de l'artèria col·lateral radial com de l'artèria recurrent interòssia (Fig. 4.9).

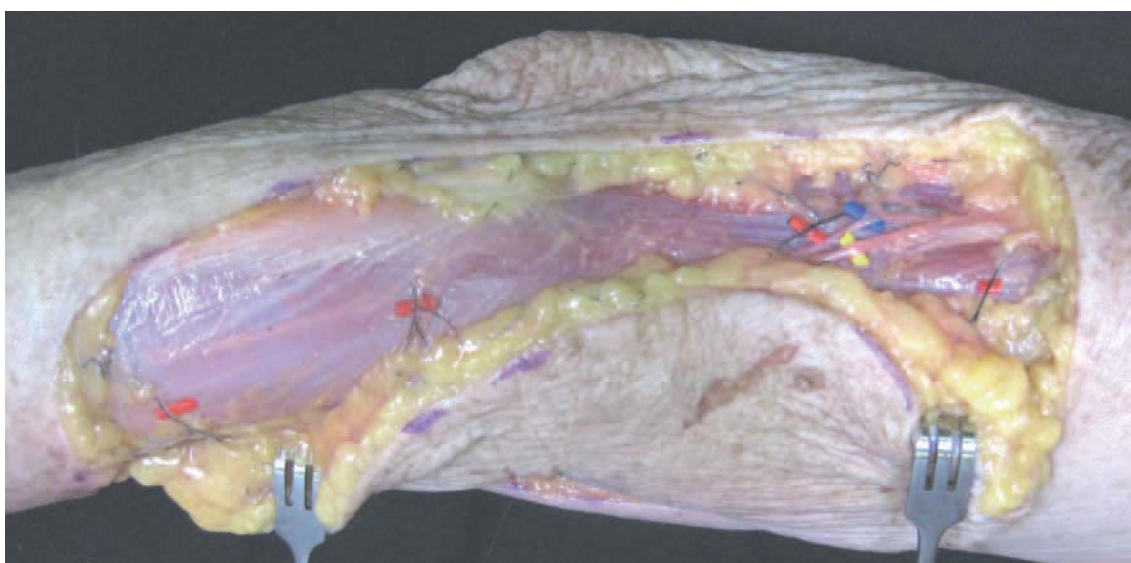


Fig. 4.9: Localització de les perforants posteriors de la pell lateral del braç i avantbraç marcades amb vessel-loops vermells. També s'han marcat les venes concomitants amb vessel-loop blau i el nervi cutani avantbraquial posterior amb un vessel-loops groc.

Tornant a la regió anterior de la dissecció, s'ha procedit a la dissecció retrògrada de l'artèria recurrent radial i l'artèria radial fins al seu origen en l'artèria braquial mesurant els seus punts d'emergència en relació a l'epicòndil lateral humeral. Posteriorment s'ha dissecat proximalment el nervi cutani avantbraquial lateral fins a la seva emergència del tronc del nervi musculocutani, localitzant també la darrera branca motora d'aquest nervi i enregistrant aquestes mesures preses en relació a l'epicòndil lateral de l'húmer (Fig. 4.10).

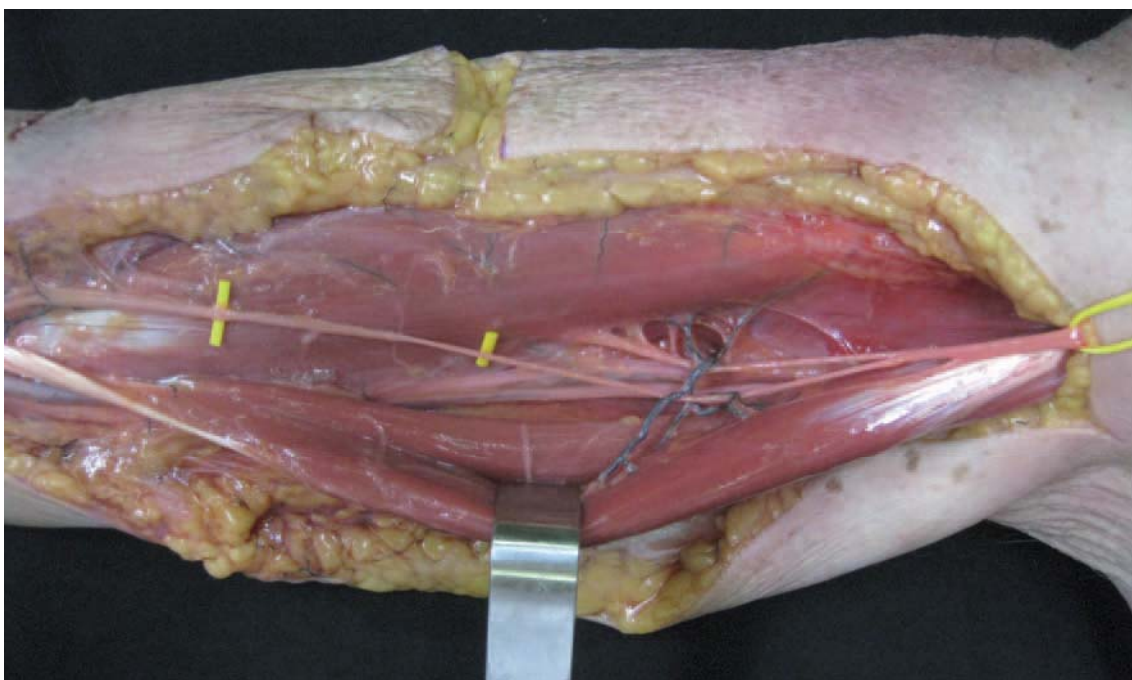


Fig. 4.10: Dissecció del nervi cutani avantbraquial lateral marcat amb vessel-loops grocs fins a la seva emergència en el nervi musculocutani (encintat en groc).

Finalment, el darrer pas de la dissecció ha estat seguir l'artèria recurrent radial en el seu recorregut ascendent en el canal bicipital extern i determinar l'existència de la seva anastomosi amb l'artèria col·lateral radial en aquesta regió.

Acabada la dissecció s'ha seccionat el nervi cutani avantbraquial lateral distal a l'emissió de la darrera branca motora del nervi musculocutani i en el terç proximal de l'avantbraç per preservar-lo en formol al 10%. Posteriorment s'han pres mostres d'1 cm dels extrems proximals i distals per fer l'estudi histològic (Fig. 4.11).

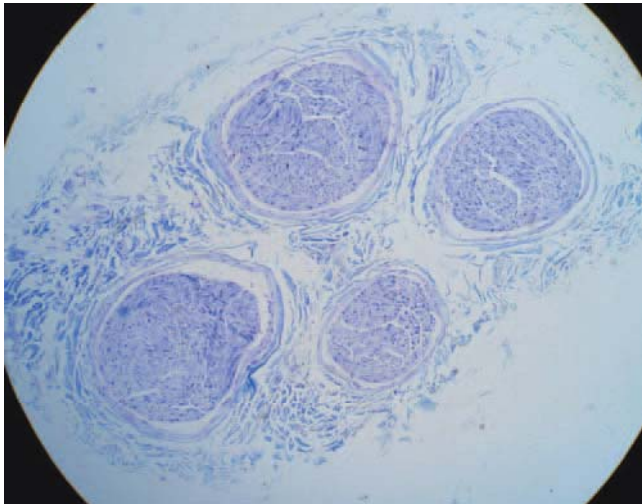


Fig. 4.11: Tall histològic del nervi cutani avantbraquial lateral tenyit amb Luxol Fast Blue.

4.4.3- DISSECCIÓ DEL PENJALL COMPOST DE LA BRANCA SENSITIVA DEL NERVI RADIAL I PELL LATERAL DE L'AVANTBRAÇ

Per a l'estudi del penjall compost neuromúsculocutani de la branca sensitiva del nervi radial amb el múscul braquiorradial i la pell lateral de l'avantbraç s'ha centrat la dissecció en la cara lateral de l'avantbraç, en el quadrant anterolateral de la circumferència de l'avantbraç. Els punts de referència agafats tant per a les incisions cutànies com per a la presa de mesures són l'epicòndil lateral de l'húmer, adjudicant valors negatius als punts mesurats proximalment a aquesta referència òssia i valors positius a aquells punts situats distalment; l'apòfisi estiloides radial ha agafat com a punt de referència per a determinar al punt on la branca sensitiva del nervi radial perfora la fàscia avantbraquial i es fa superficial emergint entre els tendons del braquiorradial i de l'extensor radial llarg del carp.

Inicialment s'ha fet una incisió longitudinal sobre la vora anterior del múscul braquiorradial, prolongada transversalment en la regió proximal a nivell del plec de flexió anterior del colze i en la regió distal, sobre l'estiloides radial. S'ha començat la dissecció suprafascial elevant un penjall cutani i teixit cel·lular subcutani fins a la vora anterior del braquiorradial. Durant aquesta fase, s'ha cercat i aïllat quan ha estat possible, el nervi cutani avantbraquial lateral que discorre per aquesta zona a nivell suprafascial. Seguidament s'ha dissecat l'artèria radial respectant les artèries

perforants cap a la pell lateral de l'avantbraç i les branques d'irrigació del múscul braquiorradial conservant les que tenen un calibre superior a 0,5 mm (Fig. 4.12).



Fig. 4.12: Localització de les perforants anteriors de la pell lateral de l'avantbraç marcades amb vessel-loops carabassa. També s'han marcat les branques de vascularització del braquiorradial amb vessel-loops vermells.

A continuació, s'ha rebutjat lateralment el múscul braquiorradial per anar a cercar la branca sensitiva del nervi radial, preservant el vassa nervorum, que s'ha dissecat retrògradament fins als seus vasos d'origen (Fig. 4.13). En aquest moment s'ha fet la recollida de dades dels punts d'emissió d'aquestes diverses branques de vascularització tant de la pell lateral de l'avantbraç, com del múscul braquiorradial i la branca sensitiva del nervi radial mesurades amb un peu de rei.



Fig. 4.13: Localització de la branca sensitiva del nervi radial marcada amb vessel-loops grocs. També s'han marcat les perforants de la pell lateral de l'avantbraç i les branques de vascularització del braquiorradial amb vessel-loops vermells.

S'ha seguit la dissecció completant la incisió cutània longitudinal a nivell posterior seguint el límit posterior de la massa muscular del braquiorradial i acabant d'elevant el penjall cutani i subcutani amb una dissecció suprafascial, intentant localitzar i aïllar, quan ha estat possible, el nervi cutani avantbraquial posterior que es troba en aquesta regió a nivell suprafascial. En aquest moment, s'han preservat les perforants a la pell lateral de l'avantbraç procedent de l'artèria interòssia posterior (Fig. 4.14).

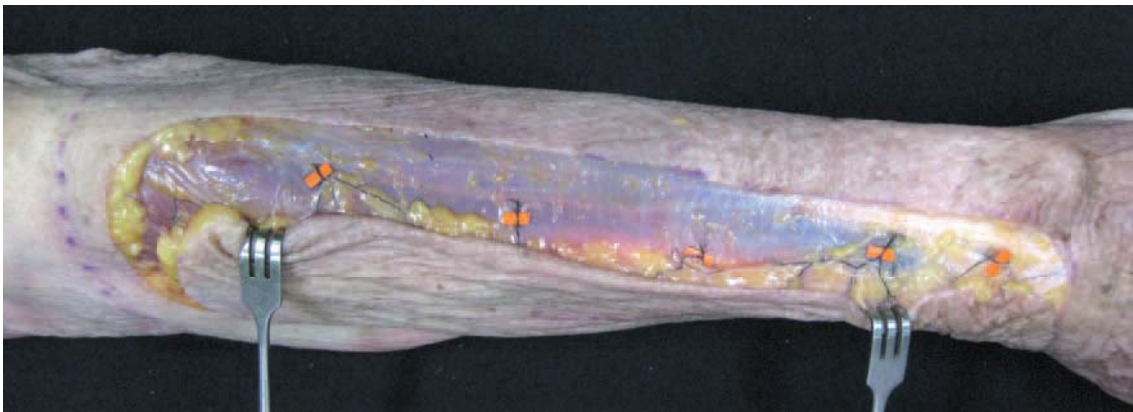


Fig. 4.14: Localització de les perforants posteriors de la pell lateral de l'avantbraç marcades amb vessel-loops carabassa.

Tornant a la zona anterior de la dissecció, s'ha dissecat retrògradament la branca sensitiva del nervi radial fins al tronc comú i més proximalment a nivell braquial per identificar les branques d'innervació del múscul braquiorradial i extensor radial del carp curt, mesurant els seus punts d'emergència prenent com a referència l'epicòndil lateral de l'húmer (Fig. 4.15).

Posteriorment, s'ha dissecat retrògradament l'artèria radial i l'artèria recurrent radial fins a la seva emergència de l'artèria humeral, mesurant el punt de divisió d'aquesta artèria en relació també a l'epicòndil lateral de l'húmer. Per acabar, s'ha

completat la dissecció, cercant l'existència d'anastomosi entre l'artèria recurrent radial i l'artèria col·lateral radial.

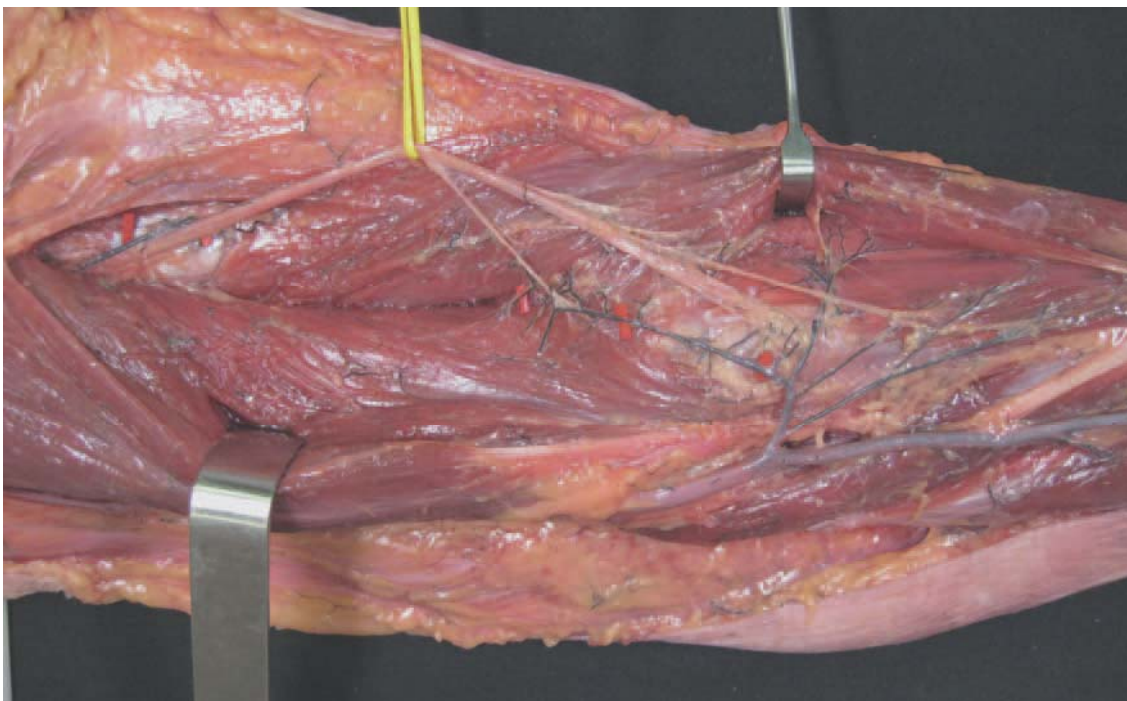


Fig. 4.15: Dissecció del nervi radial encintat en groc en el colze on es poden veure el nervi interossi posterior i les diverses branques motores pel braquiorradial i per l'extensor radial del carp llarg. S'ha marcat l'artèria recurrent radial amb vessel-loops vermells.

Acabada la dissecció, s'ha seccionat la branca sensitiva del nervi radial en els seu punt d'emissió en el colze i distalment en la regió de l'estiloides radial per preservar-la en formol al 10%. Posteriorment s'ha procedit a la presa de mostres d'1cm dels extrems proximal i distal per fer l'estudi histològic (Fig. 4.16).

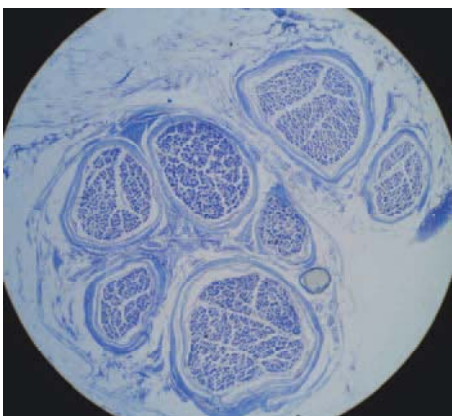


Fig. 4.16: Tall histològic del nervi radial tenyit amb Luxol Fast Blue.

5. RESULTATS

5.1- Penjall compost de nervi cubital i pell medial del braç

5.1.1- Dissecció

5.1.1.1- Vascularització de la pell medial del braç

5.1.1.2- Vascularització del nervi cubital

5.1.1.3- Característiques de les artèries implicades

5.1.1.4- Comunicacions de les artèries implicades

5.1.1.5- Presència de venes concomitants

5.1.1.6- Possibilitat de realitzant penjalls cutanis sensibles

5.1.2- Histologia

5.2- Penjall compost de nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral del braç i avantbraç

5.2.1- Dissecció

- 5.2.1.1- Vascularització de la pell lateral del braç i avantbraç
- 5.2.1.2- Vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral
- 5.2.1.3- Característiques del nervi cutani avantbraquial lateral
- 5.2.1.4- Característiques de les artèries implicades
- 5.2.1.5- Comunicacions de les artèries implicades
- 5.2.1.6- Presència de venes concomitants
- 5.2.1.7- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

5.2.2- Histologia

5.3- Penjall compost de la branca sensitiva del nervi radial i la pell lateral de l'avantbraç

5.3.1- Dissecció

- 5.3.1.1- Vascularització de la pell lateral de l'avantbraç
- 5.3.1.2- Vascularització de la branca sensitiva del nervi radial
- 5.3.1.3- Vascularització del múscul braquiorradial
- 5.3.1.4- Innervació del múscul braquiorradial
- 5.3.1.5- Característiques del nervi radial
- 5.3.1.6- Característiques de les artèries implicades
- 5.3.1.7- Comunicacions de les artèries implicades
- 5.3.1.8- Presència de venes concomitants
- 5.3.1.9- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

5.3.2- Histologia

5.1 PENJALL COMPOST DE NERVI CUBITAL I PELL MEDIAL DEL BRAÇ

5.1.1- DISSECCIÓ

5.1.1.1- Vascularització de la pell medial del braç

En quant a la vascularització de la pell medial del braç, s'ha observat que l'origen més freqüent de les perforants per aquesta pell en les nostres preparacions ha estat l'artèria braquial que participa en el 93% dels casos, donat que el 42% del total de les perforants dissecades provenen directament d'aquesta artèria. L'artèria col·lateral cubital superior intervé en el 86% de les disseccions, aportant el 28% de les perforants a aquesta pell. L'artèria col·lateral cubital inferior contribueix en el 43% dels casos però emetent només el 12% de les perforants dissecades. La branca posterior de l'artèria recurrent cubital participa en el 21% dels casos aportant només el 6% de les perforants.

L'artèria col·lateral cubital mitja s'ha trobat present en el 3 espècimens (casos 11, 14 i 15) (20% dels casos), però només en dos d'ells ha emès perforants per a la pell medial del braç (66% dels casos), donant el 6% de les perforants. Artèries musculars del bíceps i el tríceps participen en el 14% i 7% respectivament, aportant conjuntament el 5% de les perforants a aquesta pell. Finalment, l'artèria cubital hem vist que participa en el 7% dels espècimens, sent l'origen de l'1% d'aquestes perforants. (Taula

2; Fig. 5.1 i 5.2).

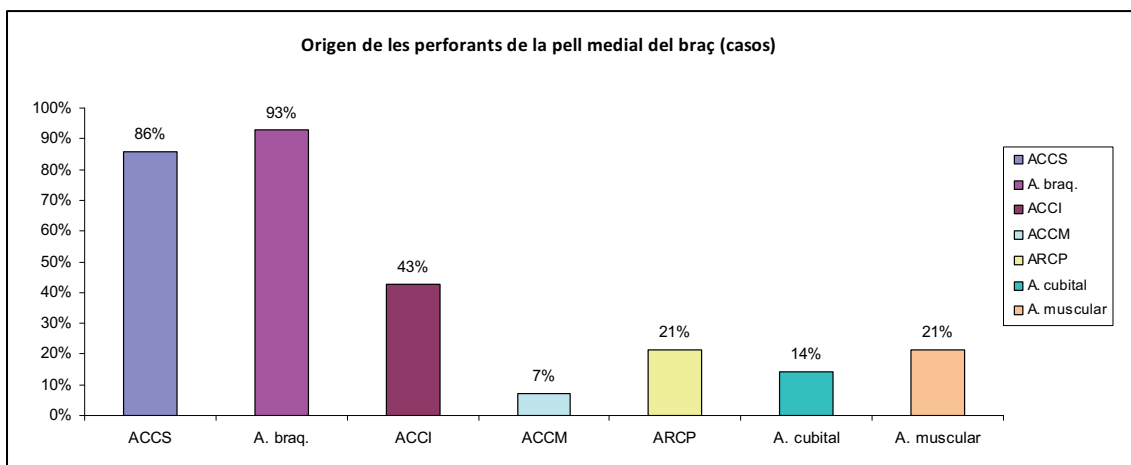


Fig. 5.1: Diagrama de barres de l'origen de les perforants de la pell medial del braç.

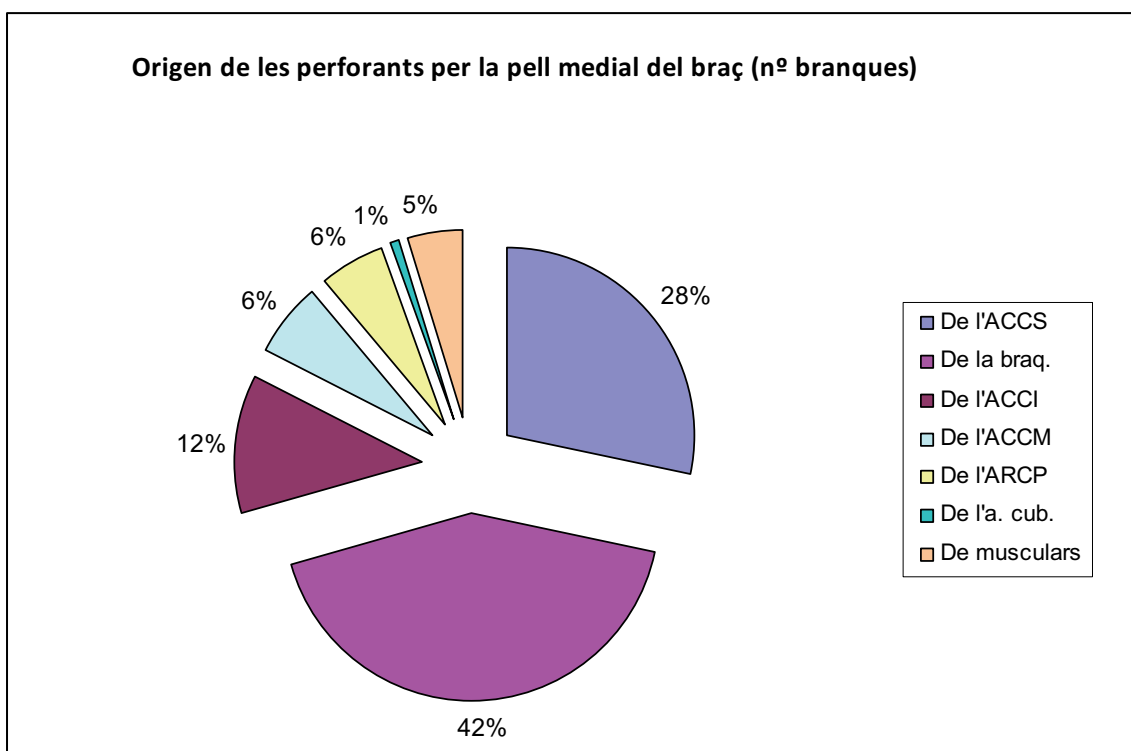


Fig. 5.2: Diagrama de porcions del percentatge de distribució de l'origen de les perforants de la pell medial del braç.

La mitja de perforants per a la pell medial del braç s'ha trobat que és de 7'2 amb un interval de 1 a 15 i un desviació estàndard de 3'7 que es troben amb un interval de confiança del 99% entre el 14'8% i el 51'6% de la longitud total del braç (Taula 2).

En el cas nombre 12, marcat en vermell en les taules, no s'ha pogut dissecar la pell medial del braç degut a les males condicions cutànies, però sí que s'ha pogut fer la dissecció profunda de la vascularització del nervi cubital.

5.1.1.2- Vascularització del nervi cubital

Referent a la vascularització del nervi cubital, s'ha trobat que l'artèria col·lateral cubital superior participa en el 100% dels casos, emetent el 72% del total de branques d'irrigació dissecades. La branca posterior de l'artèria recurrent cubital col·labora en el 47% dels espècimens, sent l'origen només del 10% de les branques de vascularització del nervi cubital. El tercer i últim vas que intervé en l'aportament vascular del nervi cubital és l'artèria col·lateral cubital inferior ho fa només en el 13% dels casos, aportant el 18% de les branques d'irrigació. (Taula 3; Fig. 5.3 i 5.4).

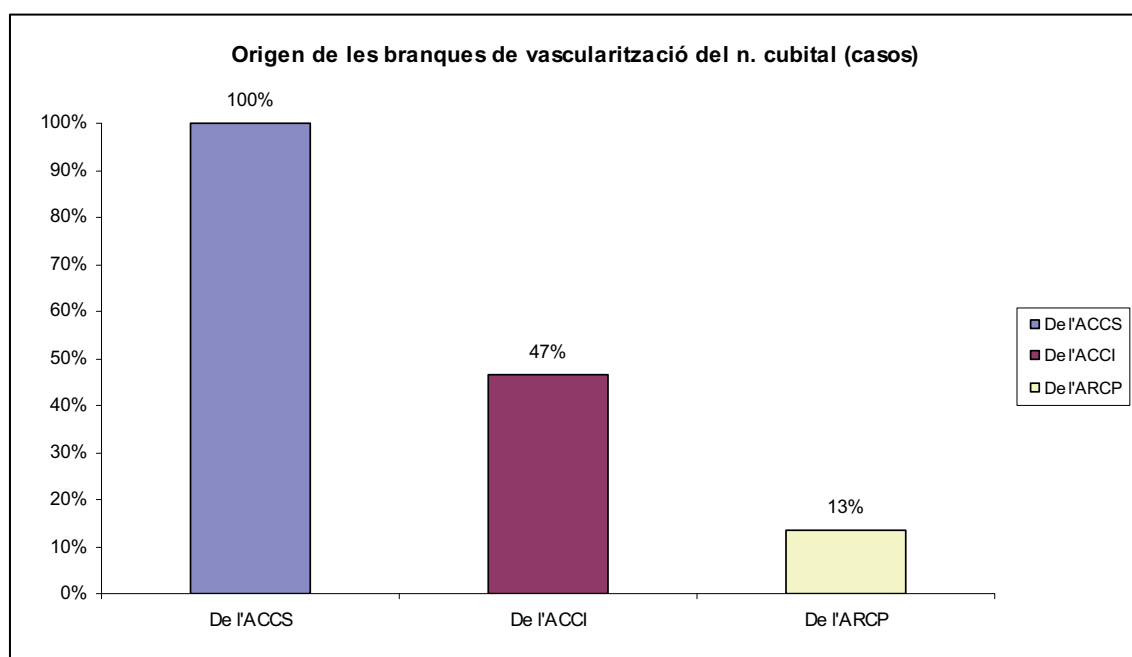


Fig. 5.3: Diagrama de barres de l'origen de les branques de vascularització del nervi cubital.

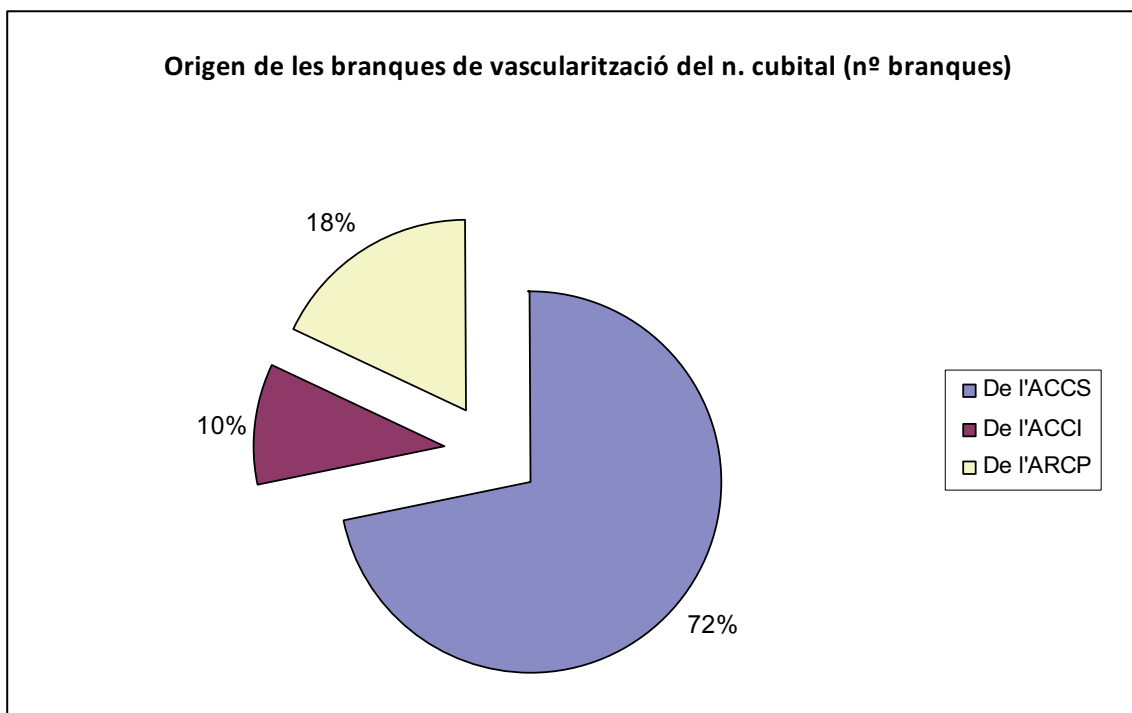


Fig. 5.4: Diagrama de porcions del percentatge de distribució de l'origen de les branques de vascularització del nervi cubital.

S'ha observat que el nervi cubital rep una mitja de 2'9 branques d'irrigació, amb un interval de 1 a 6 i una desviació estàndard de 1,7, que es troben amb un interval de confiança del 99% entre el 12% i el 44% de la longitud total del braç (Taula 3).

En un cas (cas 4) s'ha trobat que l'artèria col·lateral cubital superior i l'artèria col·lateral cubital inferior surten en un sol tronc d'origen de l'artèria braquial de 0'5 cm de longitud i posteriorment es divideix en aquestes dues branques terminals que es distribueixen segons la descripció clàssica.

S'ha observat un cas (cas 10) de divisió alta de l'artèria braquial, a 14 cm de l'epicòndil medial, trobant-se l'artèria radial més superficial i l'artèria cubital més profunda. En aquest cas, l'artèria col·lateral cubital superior surt directament de l'artèria braquial i l'artèria col·lateral cubital inferior s'origina en l'artèria radial. En aquest espècimen no s'han trobat artèries perforants a la pell medial del braç

provinents de l'artèria col·lateral cubital superior. Al nervi cubital només s'ha observat una sola artèria d'irrigació, molt prima, procedent de l'artèria col·lateral cubital superior (Fig. 5.5).



Fig. 5.5: Dissecció de la divisió alta de l'artèria braquial en artèria radial i artèria cubital, a 14 cm de l'epicòndil medial. L'artèria col·lateral cubital superior s'origina de l'artèria braquial i l'artèria col·lateral cubital inferior de l'artèria radial.

En aquest mateix cas s'ha pogut veure que l'artèria col·lateral cubital superior no s'anastomosa amb cap de les branques que formen la xarxa periarticular medial del colze; en contraposició, l'artèria col·lateral cubital inferior i la branca posterior de l'artèria recurrent cubital tenen un calibre de 2'5 mm, igual que l'anastomosi d'aquestes en el canal epitrocli-olecranià.

En un cas (cas 11) s'ha trobat una única artèria d'irrigació del nervi cubital que prové d'una de les perforants a la pell, que s'origina en l'artèria col·lateral cubital superior. En aquest mateix cas s'ha trobat que l'artèria col·lateral cubital superior surt de l'artèria braquial profunda, 18 cm proximals a l'epicòndil medial (Fig. 5.6).

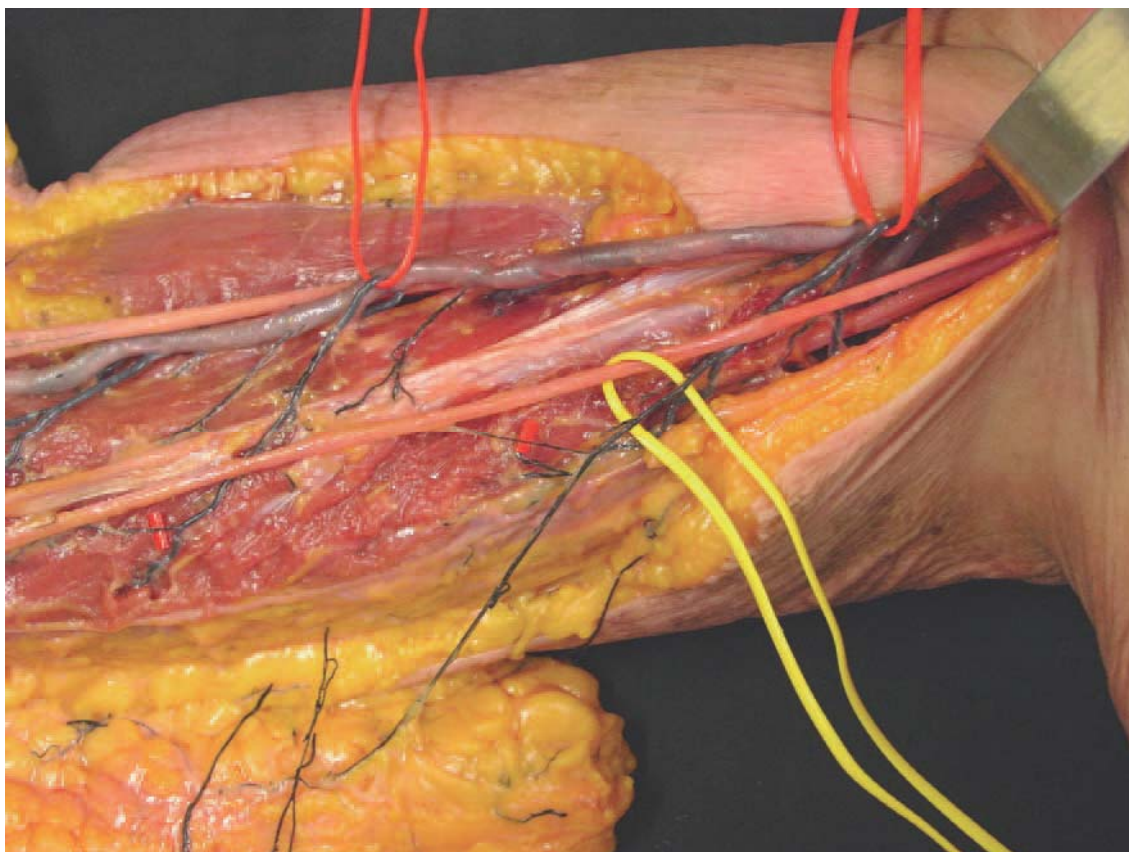


Fig. 5.6: Dissecció de l'artèria d'irrigació (marcada amb vessel-loop vermell) del nervi cubital (encintat en groc) que prové d'una artèria perforant a la pell medial del braç, branca de l'artèria col·lateral cubital superior (encintada en vermell).

En tres espècimens (casos 11, 14 i 15) s'ha trobat que existeix una artèria col·lateral cubital mitja. En dos dels casos (cas 14 i 15) emet perforants a la pell medial del braç. En l'altre cas no dóna cap branca per la pell ni el nervi. (Fig. 5.7).

S'ha detectat un cas (cas 12) on l'artèria que acompanya el nervi cubital durant tot el seu recorregut és l'artèria col·lateral cubital inferior i no la superior, com es descriu clàssicament. En aquest cas l'artèria col·lateral cubital superior discorre cap al colze pel compartiment anterior, per davant el septe intermuscular medial (Fig. 5.8).

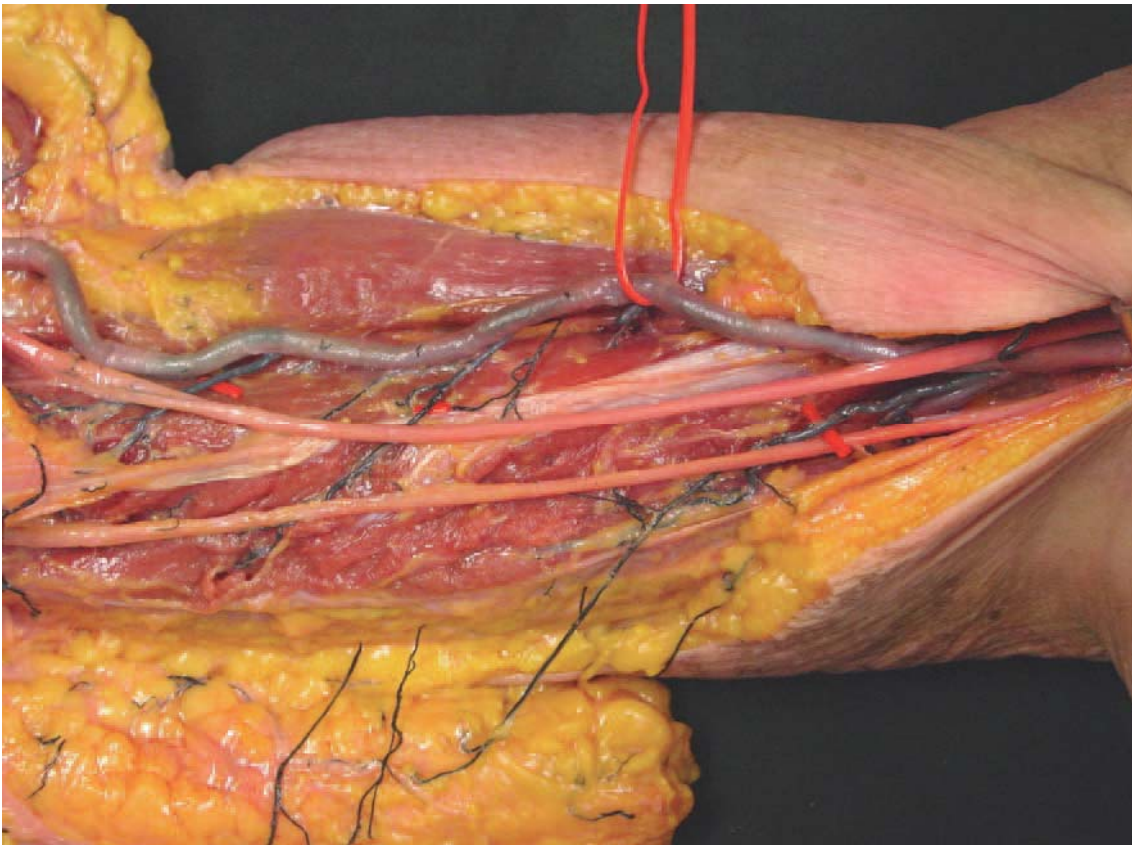


Fig. 5.7: Dissecció de l'artèria col·lateral cubital superior, l'artèria col·lateral cubital mitja i l'artèria col·lateral cubital inferior marcades amb un vessel-loop, branques de l'artèria braquial encintada en vermell.

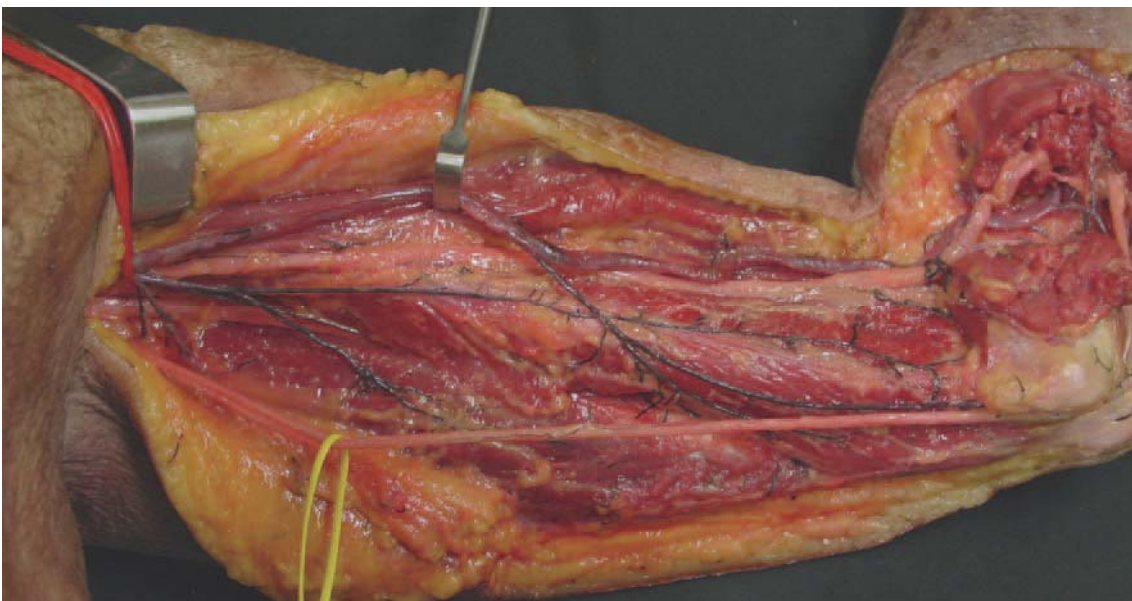


Fig. 5.8: Dissecció on el nervi cubital (encintat en groc) va acompanyat de l'artèria col·lateral cubital inferior. L'artèria col·lateral cubital superior discorre pel compartiment anterior del braç.

5.1.1.3- Característiques de les artèries implicades

Respecte als resultats de l'estudi de les característiques de les principals artèries que vascularitzen la pell medial del braç i el nervi cubital, ens hem centrat en l'artèria col·lateral cubital superior ja que aquesta és la principal artèria implicada. L'artèria col·lateral cubital superior en el seu origen s'ha observat que té un diàmetre mig de 2'2 mm, amb un interval de 1'3 a 3'3 mm i una desviació estàndard de 0'06. Aquests valors permeten la microsutura per a realitzar empelts vascularitzats lliures. La longitud mitja des del seu origen en l'artèria braquial fins a l'emissió de la primera branca a la pell és de 9'4 cm amb un interval de 1 a 16 cm i una desviació estàndard de 4,3; des del seu origen fins a l'emissió de la primera branca pel nervi cubital la longitud mitja ha estat de 9'0 cm, amb un interval de 1'5 i 16 cm i una desviació estàndard de 4'0 (Taula 4).

La mitja de branques emeses per l'artèria col·lateral cubital superior per a la pell és de 2'2 amb un interval de 0 a 9 i una desviació estàndard de 2'3; aquestes branques s'han trobat entre el 14'8% i el 51'6% de la longitud total del braç (IC 99%). Per al nervi cubital la mitja de branques emeses per l'artèria col·lateral cubital superior és de 1'9, amb un interval de 1 a 5 i una desviació estàndard de 0'9; i han estat trobades entre el 12% i el 44% de la longitud total del braç (IC 99%).

En un cas (cas 8), l'artèria col·lateral cubital superior, després de donar l'única branca per al nervi cubital a 14 cm proximals a l'epicòndil medial i la primera perforant a la pell medial del braç a 13'5 cm de l'epicòndil mesurats proximalment, s'aprima molt. De totes maneres, distalment emet 2 perforants més a 6'5 i 1'5 cm de l'epicòndil medial respectivament.

5.1.1.4- Comunicacions de les artèries implicades

En relació a l'estudi de la constància de comunicacions de les artèries responsables de l'emissió de les perforants per a la pell medial del braç i artèries per al nervi cubital amb els vasos de la xarxa periarticular del colze, també ens hem centrat en l'artèria col·lateral cubital superior donat que és aquesta l'artèria més freqüentment implicada.

D'aquesta manera, s'ha observat que l'artèria col·lateral cubital superior s'anastomosa en el 67% dels casos amb la branca posterior de l'artèria col·lateral cubital inferior, en un 13% dels casos amb la branca anterior d'aquesta artèria, en el 47% dels casos amb la branca posterior de l'artèria recurrent cubital i en el 7% amb la branca anterior de la mateixa (Taula 5; Fig. 5.9).

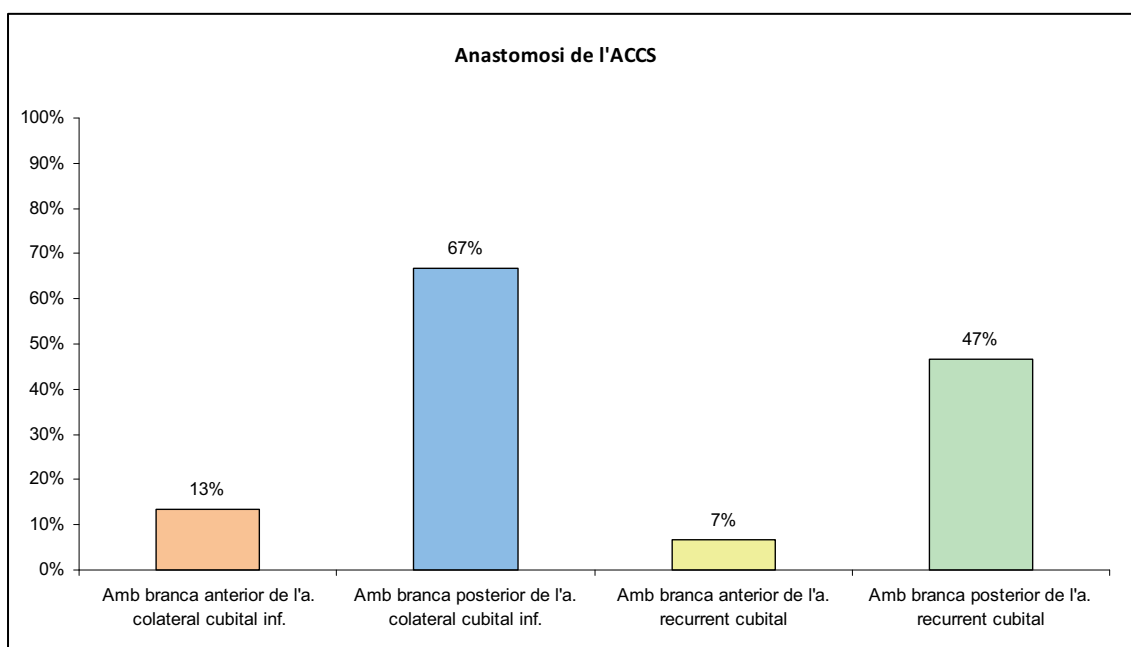


Fig. 5.9: Diagrama de barres de les anastomosis de l'artèria col·lateral cubital superior amb la resta d'artèries de la xarxa periarticular medial del colze.

S'han detectat 3 casos (cas 10, 13 i 14) en que la branca posterior de l'artèria col·lateral cubital inferior s'anastomosa amb la branca posterior de l'artèria recurrent cubital (Fig. 5.10).

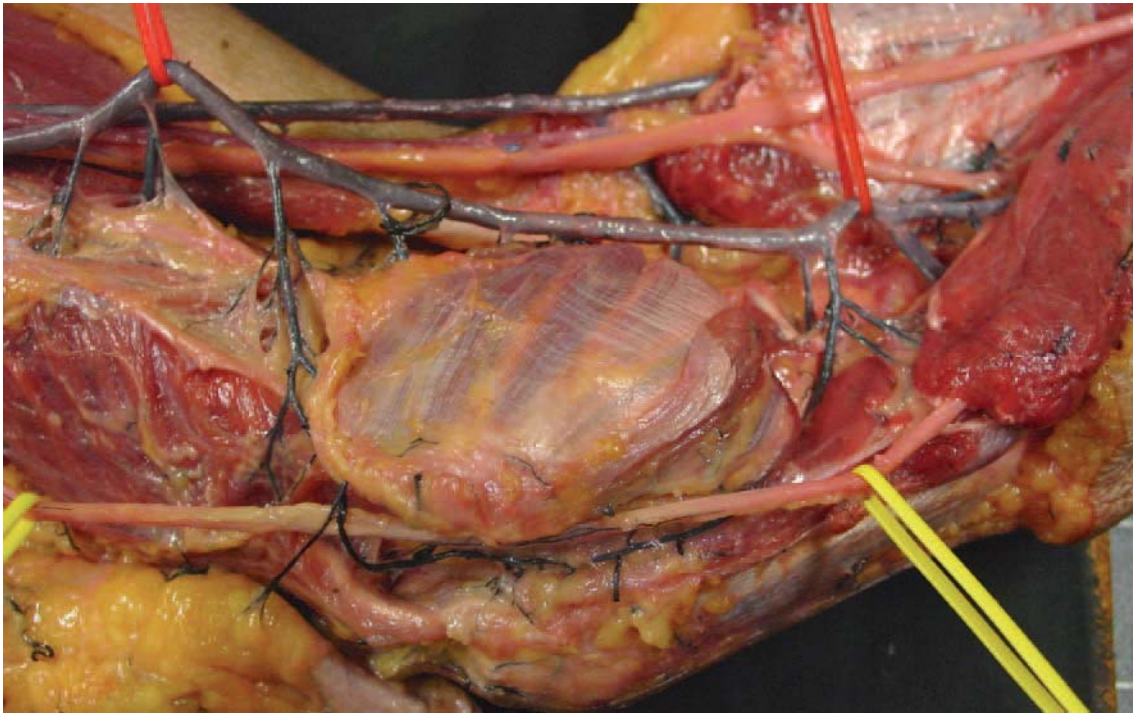


Fig. 5.10: Dissecció d'una anastomosi entre la branca posterior de l'ACCI i la branca posterior de l'artèria recurrent cubital.

En un altre cas (cas 8) s'ha advertit que l'artèria col·lateral cubital superior s'anastomosa amb la branca posterior de l'artèria recurrent cubital a través de diverses branquetes molt primes.

En tres espècimens (cas 11, 14 i 15) s'ha notat que existeix una artèria col·lateral cubital mitja. En un dels casos (cas 11) aquesta s'anastomosa amb la branca posterior de l'artèria recurrent cubital. En els altres dos casos (cas 14 i 15), després de donar les perforants cutànies a la pell medial del braç, l'artèria col·lateral cubital mitja acaba en l'espessor de la massa muscular del tríceps.

5.1.1.5- Presència de venes concomitants

En quant a l'estudi de la presència de venes concomitants a les artèries perforants a la pell i els vasos d'irrigació del nervi cubital s'ha percebut que en el 93% dels casos existeixen venes concomitants i que aquestes, en el 86% dels casos drenen a les venes concomitants de l'artèria col·lateral cubital superior (Taula 6; Fig. 5.11).

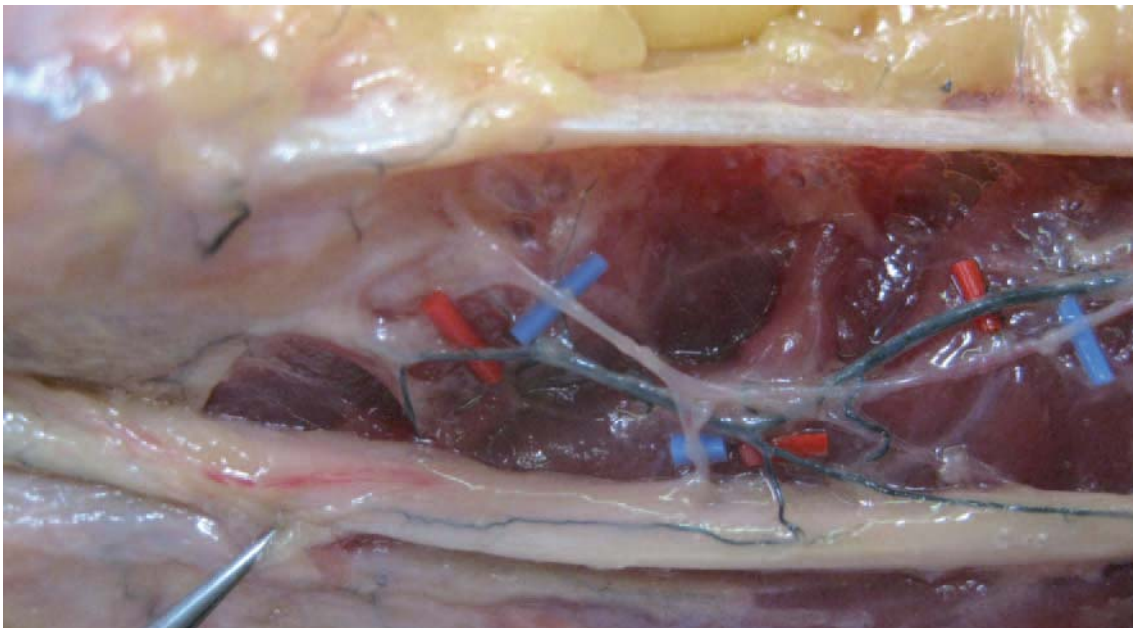


Fig. 5.11: Dissecció les venes concomitants (marcades amb vessel-loops blaus) de les branques de vascularització del nervi cubital (marcades amb vessel-loops vermells).

5.1.1.6- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

Referent a l'estudi de la possibilitat de fer penjalls cutanis sensibles s'ha observat que el nervi cutani braquial medial es pot localitzar en el 86% dels casos i s'ha pogut aïllar dins el penjalls cutani en el 83% dels casos en que s'ha localitzat. El nervi cutani avantbraquial medial s'ha localitzat en el 93% dels casos i s'ha pogut incloure dins el penjall cutani en el 77% dels casos en que s'ha localitzat (Taula 7; Fig. 5.12).

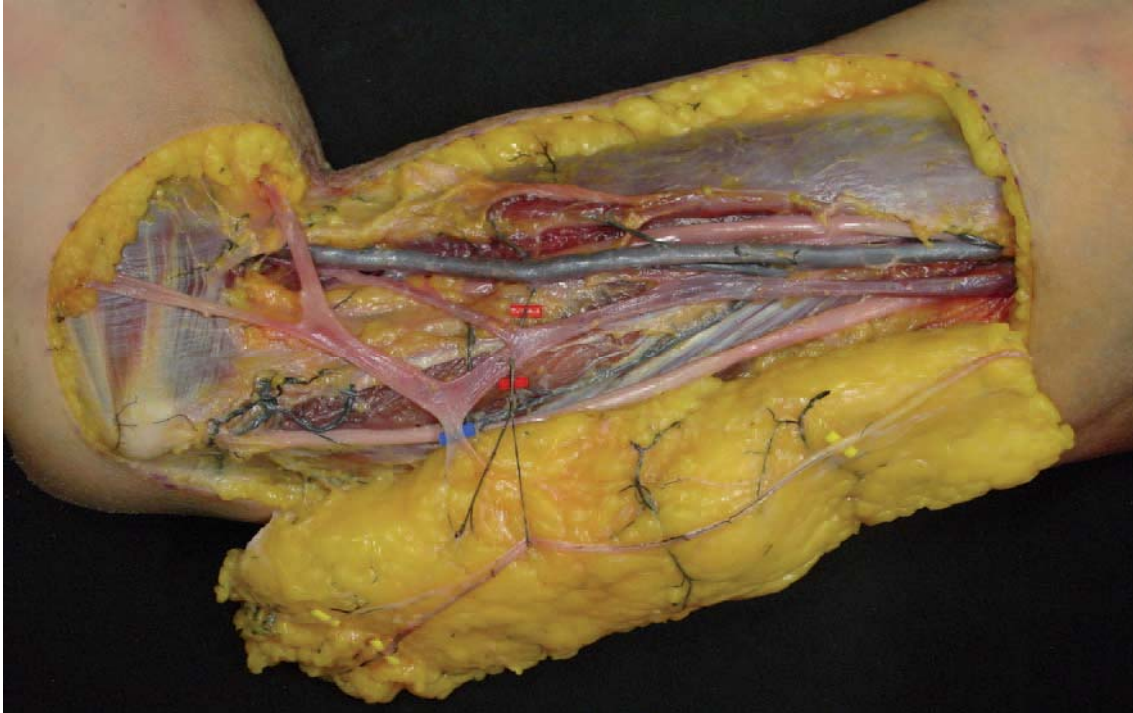


Fig. 5.12: Dissecció del penjall de pell medial del braç on s'ha inclòs el nervi cutani braquial medial, marcat amb vessel-loops grocs. Els vessel-loops vermells i blaus marquen les artèries perforants a la pell i el retorn venós respectivament.

5.1.2- HISTOLOGIA

En l'estudi histològic de les mostres dels extrems dels empelts nerviosos hem trobat que el nervi cubital, en la unió del terç proximal amb el terç mig, on es trobaria la vora proximal del penjall cutani que hem dissenyat en el nostre estudi, presenta una mitja de 7'3 fascicles de mitja, amb un interval de 2 i 14 i una desviació estàndard de 3'7 (Taula 8; Fig. 5.13 i 5.15).

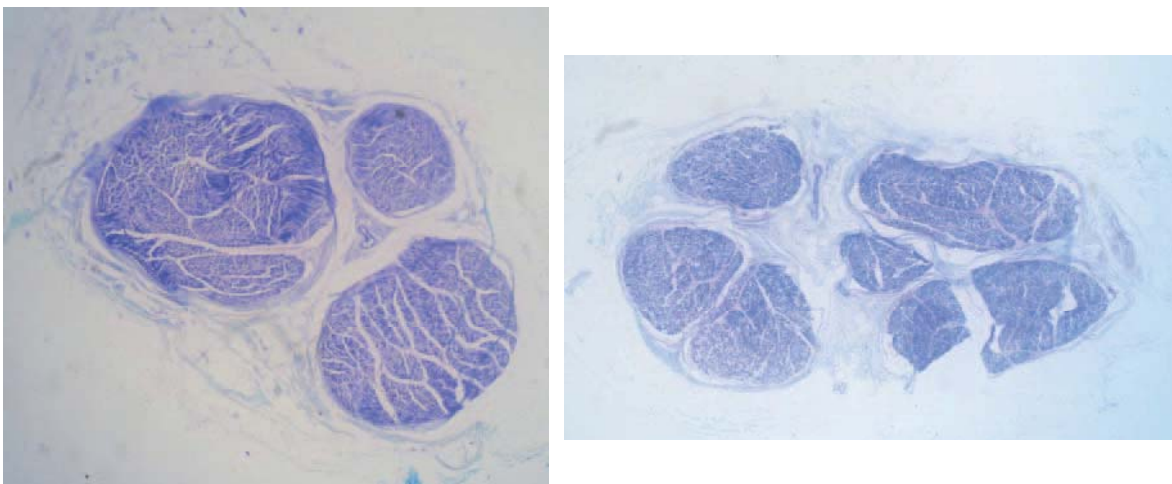


Fig. 5.13: Dos talls histològics de l'extrem proximal del nervi cubital tenyits amb Luxol Fast Blue.

En la unió del terç proximal amb el terç mig de l'avantbraç, punt on es trobaria la vora distal del penjall cutani, el nervi cubital presenta una mitja de 10'7 fascicles, amb un interval de 6 i 19 i una desviació estàndard de 5'8 (Taula 8; Fig. 5.14 i 5.15).

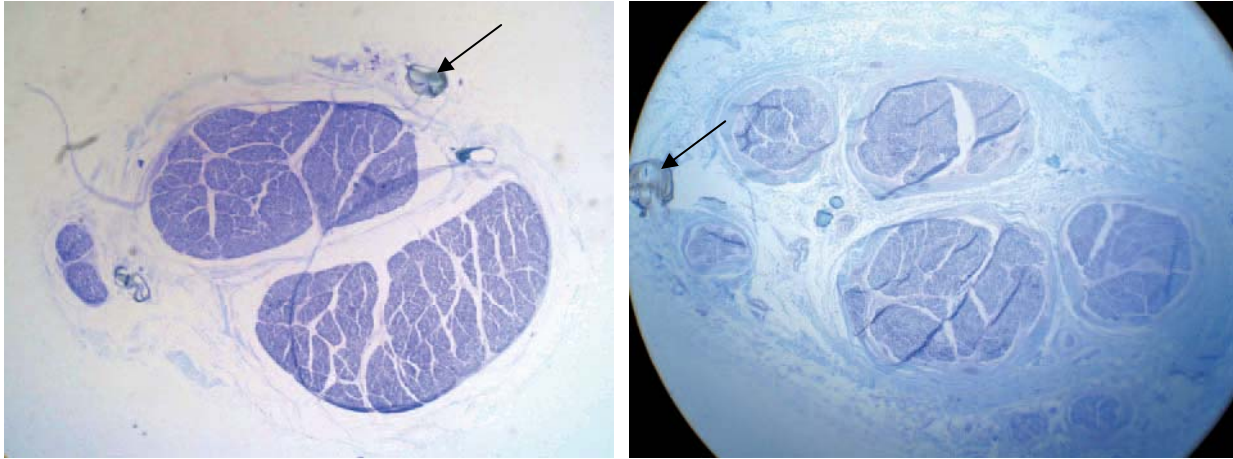


Fig. 5.14: Dos talls histològics de l'extrem distal del nervi cubital tenyits amb Luxol Fast Blue. La fletxa negra senyala un *vasa nervorum* injectat amb làtex negre.

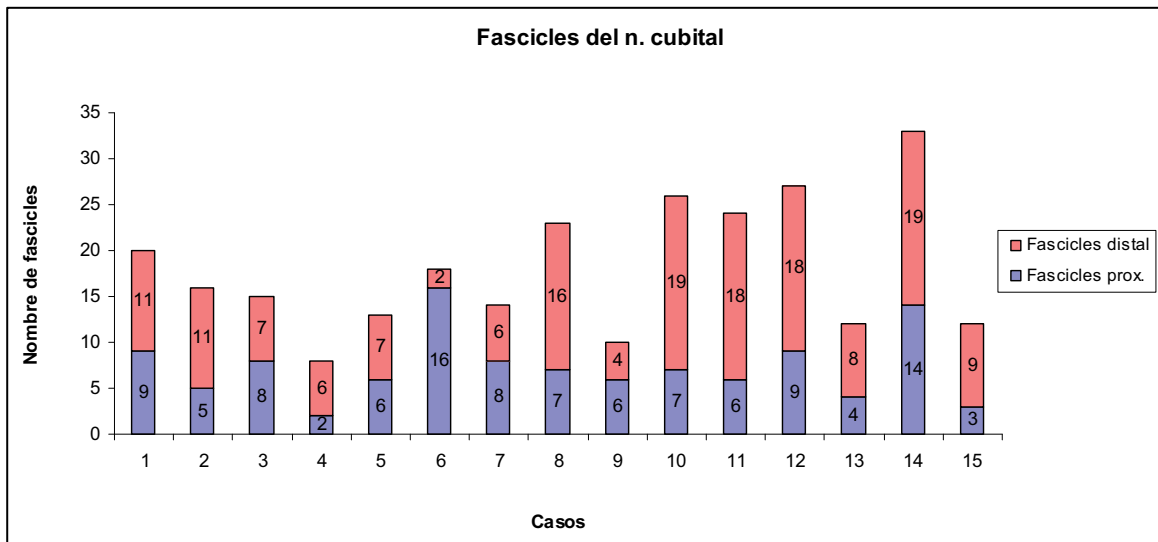


Fig. 5.15: Diagrama de barres dels fascicles de l'extrem proximal i distal del nervi cubital.

5.2 PENJALL COMPOST DE NERVI CUTANI AVANTBRAQUIAL LATERAL I PELL LATERAL DEL BRAÇ I AVANTBRAÇ

5.2.1- DISSECCIÓ

5.2.1.1- Vascularització de la pell lateral del braç i avantbraç

En relació a la vascularització de la pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç, en les nostres disseccions hem trobat que l'artèria radial hi participa en el 67% dels casos, donant origen només al 14% de les perforants. L'artèria recurrent radial emet el 15% dels vasos per a la pell d'aquesta regió participant en el 60% dels casos. En el 93% dels casos hem trobat participació de l'artèria col·lateral radial, que emet el 31% de les perforants que es troben en la regió més posterior del terç distal del braç. En la regió posterior del terç proximal de l'avantbraç hem observat perforants de l'artèria recurrent interòssia en el 73% de les disseccions, sent l'origen del 24% d'aquests vasos. L'artèria braquial hem vist que contribueix a la vascularització de la pell d'aquesta regió en el 33% dels casos, però només emet el 6% de les perforants. En el 40% dels casos, artèries musculars del bíceps braquial emeten perforants per a la pell d'aquesta àrea, sent el tronc d'origen del 8% d'aquests vasos. La resta de perforants d'aquesta zona provenen d'artèries musculars del braquial i braquiorradial, que, segons hem observat, emeten només l'1% de les perforants per aquesta pell i

solament s'han trobat en un cas, que representa el 7% dels casos (Taula 9; Fig. 5.16 i 5.17).

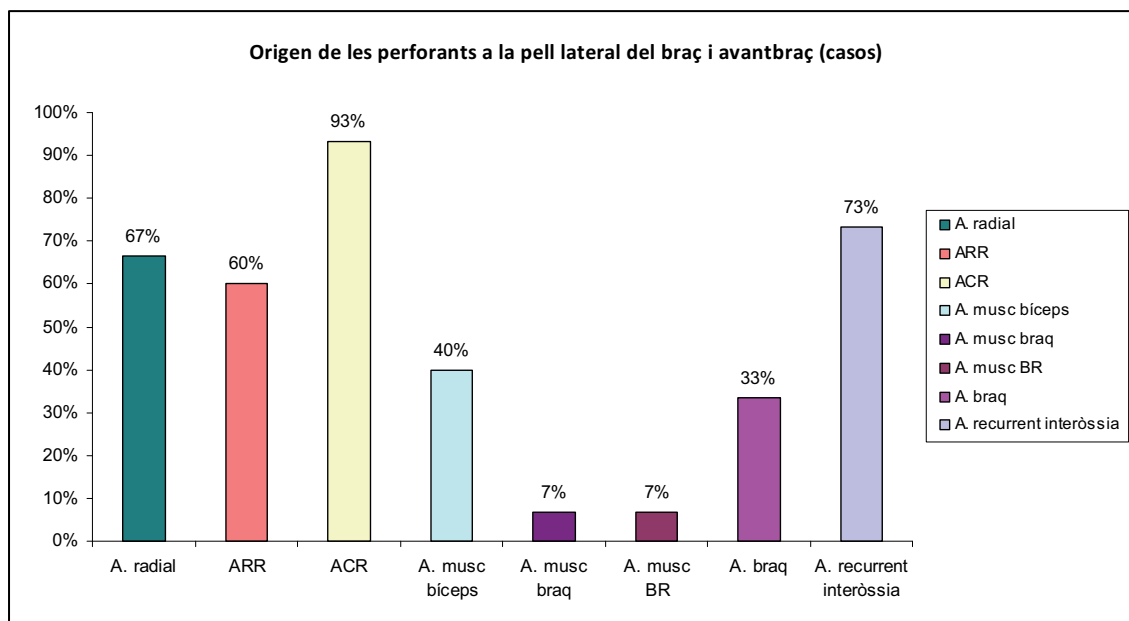


Fig. 5.16: Diagrama de barres de l'origen de les perforants de la pell lateral del braç i avantbraç.

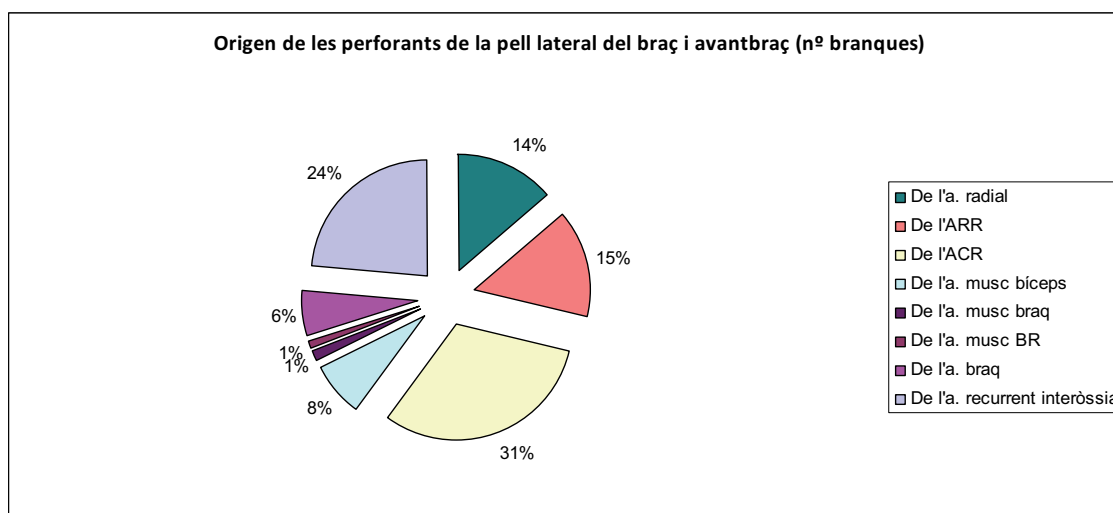


Fig. 5.17: Diagrama de porcions del percentatge de distribució de l'origen de les perforants de la pell lateral del braç i avantbraç.

La pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç rep una mitja de 5'5 artèries perforants amb un interval de 1 a 10 i una desviació estàndard de 2'9 que es troben amb un interval de confiança del 99% entre el 7'8% i el 27'2% de la longitud

total del braç (Taula 10).

En el 66% dels casos s'ha observat que almenys una de les perforants a la pell també vascularitza el nervi cutani avantbraquial lateral, procedent tant de l'artèria radial, com de l'artèria recurrent radial, l'artèria braquial o artèries musculars del bíceps (Fig. 5.18). En el cas de l'artèria radial, aquesta situació s'ha complert en el 40% dels casos, i en el de l'artèria recurrent radial s'ha observat aquest fet en el 33% de les disseccions.

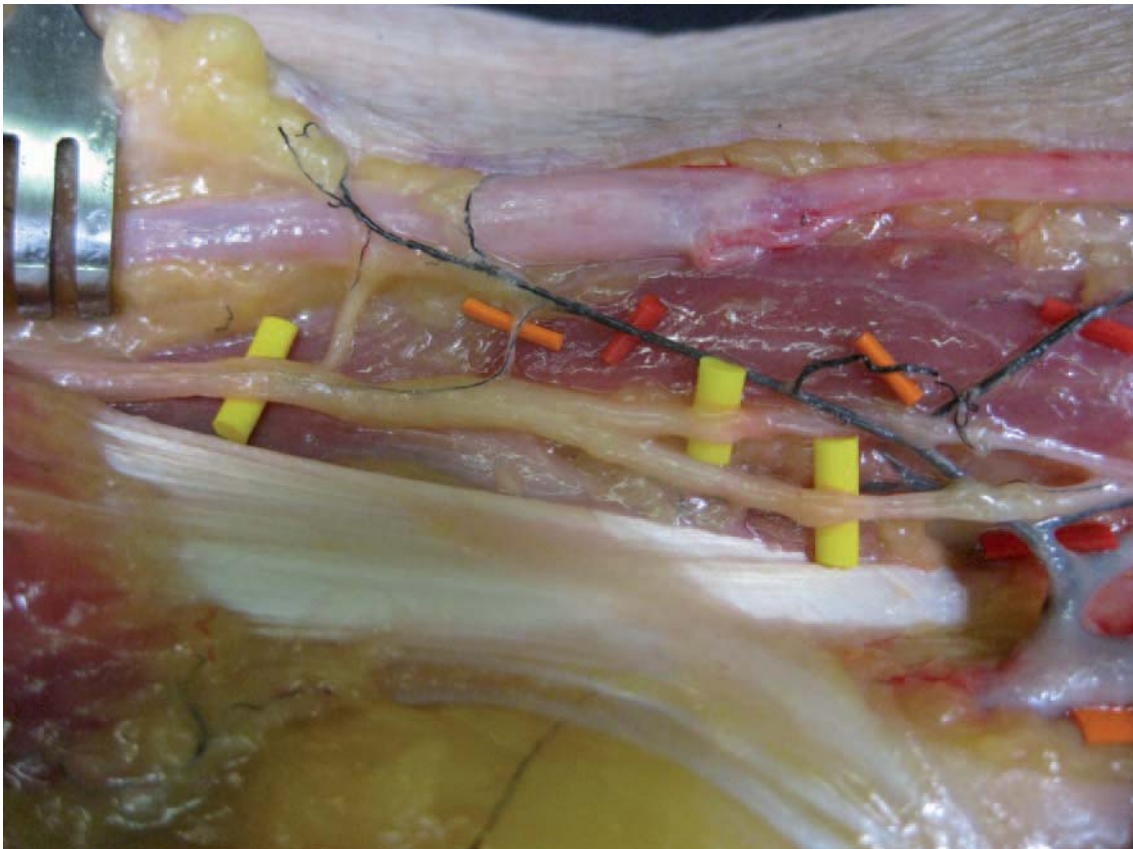


Fig. 5.18: Dissecció d'una perforant de la pell lateral del braç marcada amb vessel-loop vermell que també vascularitza (vessel-loops carabasses) el nervi cutani avantbraquial lateral marcat amb vessel-loops grocs.

5.2.1.2- Vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral

En quant a la vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral s'ha observat que l'artèria radial hi participa en el 87% dels casos donant origen al 39% dels vasos d'irrigació. L'artèria recurrent radial hi intervé en el 60% dels casos emetent el 16% d'aquestes branques. L'artèria col·lateral radial no hi participa en cap cas ja que el nervi avantbraquial lateral es troba en la regió anterolateral de l'avantbraç i aquesta artèria segueix un recorregut més posterior. En el 40% de les disseccions hem comprovat que les artèries musculars del braquial emeten vasos per aquest nervi representant el 21% d'aquests. La resta d'artèries implicades en la irrigació del nervi cutani avantbraquial lateral són l'artèria braquial i artèries musculars del bíceps les quals s'han trobat en el 33% de les disseccions emetent el 13% i 11% dels vasos per aquest nervi respectivament (Taula 11; Fig. 5.19 i 5.20).

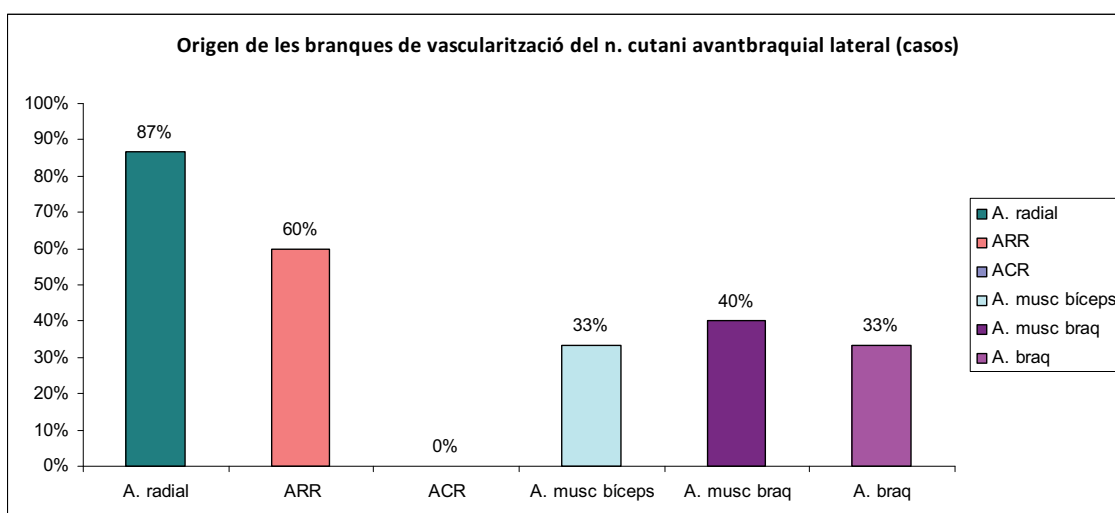


Fig. 5.19: Diagrama de barres de l'origen de les branques de vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral.

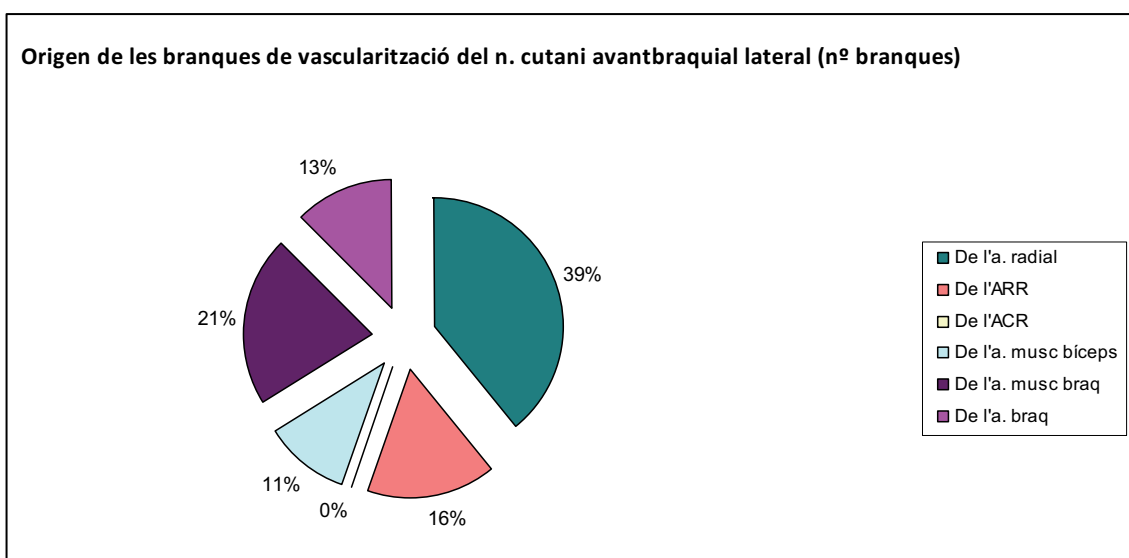


Fig. 5.20: Diagrama de porcions del percentatge de distribució de l'origen de les branques de vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral.

S'ha observat que el nervi cutani avantbraquial lateral rep una mitja de 3'6 branques d'irrigació amb un interval de 2 a 6 i una desviació estàndard de 1'3 trobant-se amb un interval de confiança del 99% entre el 5'2% i el 42% de la longitud total de l'avantbraç (Taula 12).

5.2.1.3- Característiques del nervi cutani avantbraquial lateral

Estudiant amb més profunditat les característiques del nervi cutani avantbraquial lateral s'ha observat que aquest apareix en la vora radial del tendó del bíceps a una distància mitja de 2'8 cm proximals a l'epicòndil humeral lateral amb un interval de 0 i 5'71 cm i una desviació estàndard de 2'0. La darrera branca motora que emet el nervi musculocutani s'ha trobat a una mitja de 12'8 cm en direcció proximal mesurats des d'aquesta mateixa referència anatòmica amb un interval de 5'80 i 17'90 cm i una

desviació estàndard de 3'0. Aquesta darrera branca motora és pel múscul braquial en el 93% dels espècimens i en un sol cas (7%), és pel múscul bíceps. El nervi cutani avantbraquial lateral acaba en una mitja de 4'4 branques amb un interval de 2 a 7 amb una desviació estàndard de 1'4. En el 73% dels casos, almenys una d'aquestes branques s'emet abans de que el nervi aparegui en la vora radial del tendó del bíceps en el canal bicipital extern (Taula 13; Fig. 5.21).



Fig. 5.21: Dissecció del nervi cutani avantbraquial lateral marcant les seves branques amb vessel-loops grocs.

En dos espècimens (cas 5 i 14) com a mínim una de les branques cutànies del nervi (una en el cas 5 i 3 en el cas 14) es dirigeixen a la pell medial de l'avantbraç, solapant-se amb el territori del nervi cutani avantbraquial medial (Fig. 5.22).

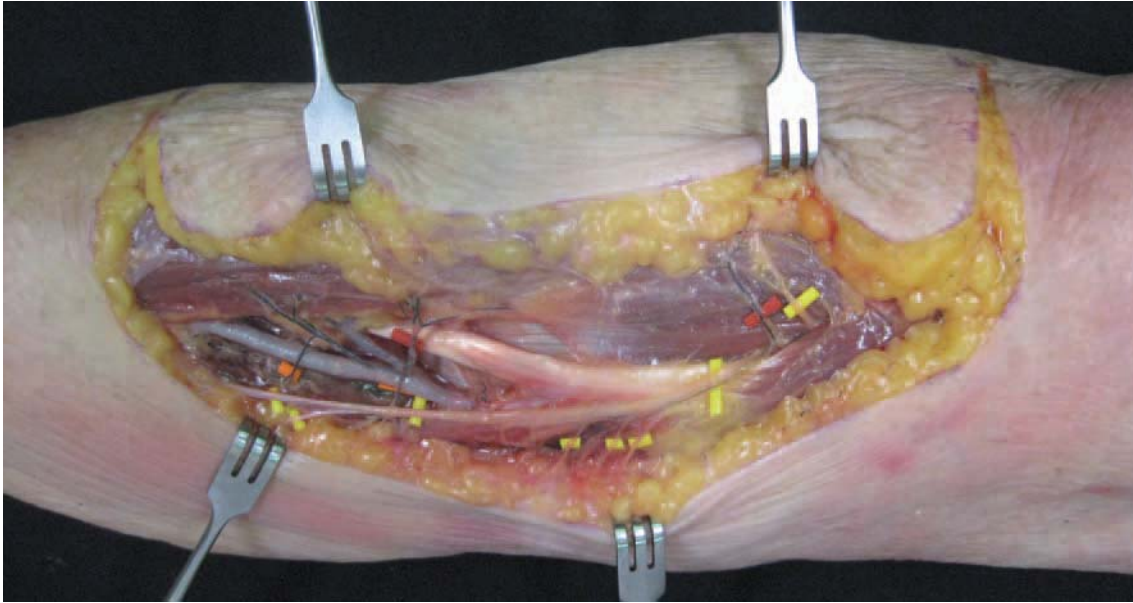


Fig. 5.22: Dissecció on es veuen les branques del nervi cutani avantbraquial lateral (vessel-loops grocs) dirigint-se a la pell medial de l'avantbraç. Els vessel-loops vermells i carabasses marquen les perforants de la pell lateral de l'avantbraç i les branques d'irrigació del nervi, respectivament.

En un cas (cas 5) una de les 5 branques nervioses terminals surt de la darrera branca motora per al múscul braquial i és una de les branques que pren una direcció medial en l'avantbraç (Fig. 5.23).

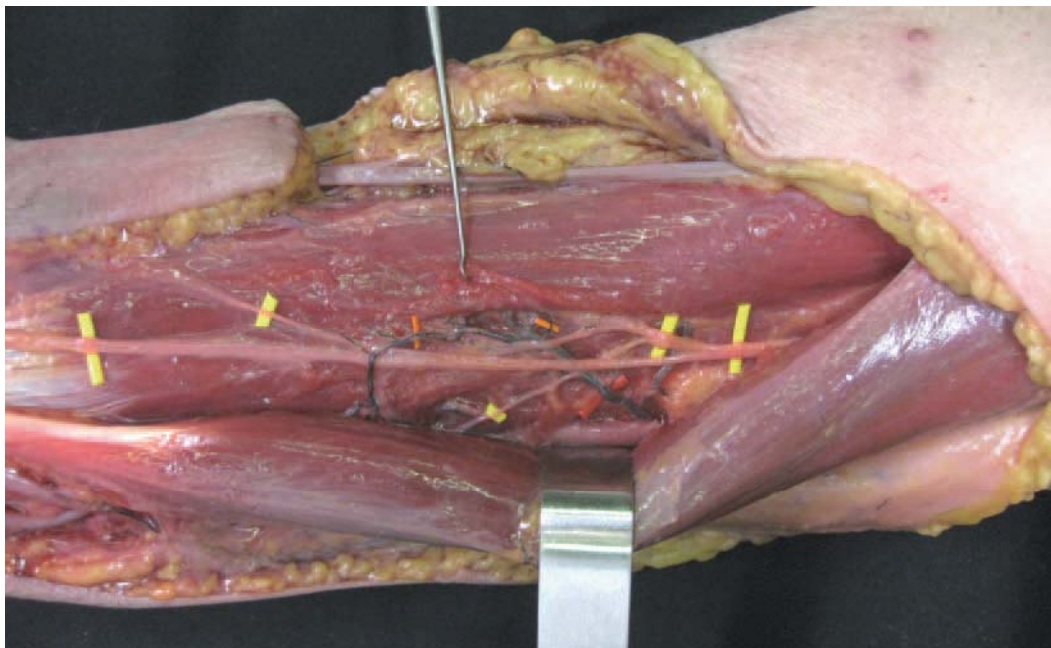


Fig. 5.23: Dissecció de les branques terminals del nervi musculocutani marcades amb vessel-loops grocs, una d'elles s'origina de la branca motora del braquial prenent una direcció cap a la pell medial de l'avantbraç.

En tres casos (cas 9, 10 i 11) (20% de les disseccions) almenys una branca terminal del nervi cutani avantbraquial lateral acaba al penjall cutani i per tant el converteix en un penjall sensible (Fig. 5.24).

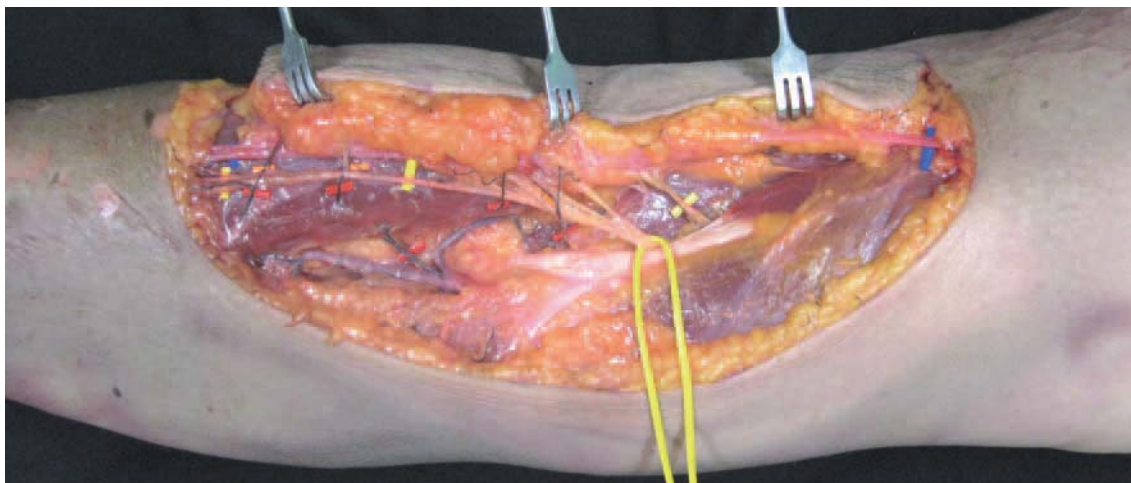


Fig. 5.24: Dissecció del penjall de la pell lateral del braç i avantbraç amb les seves perforants marcades amb vessel-loops vermells i les branques del nervi cutani avantbraquial lateral marcades amb vessel-loops grocs que arriben al penjall cutani.

5.2.1.4- Característiques de les artèries implicades

En referència a les principals artèries que irriguen la pell lateral del terç distal del braç i el terç proximal de l'avantbraç i el nervi cutani avantbraquial lateral, ens hem centrat en l'artèria radial i l'artèria recurrent radial, ja que són els dos vasos més freqüentment implicats. L'artèria col·lateral radial participa en la vascularització de la pell en un percentatge important, però no emet cap branca d'irrigació pel nervi en cap cas, pel que s'ha deixat de banda en l'estudi.

L'artèria braquial es divideix en les seves dues branques terminals, l'artèria radial i l'artèria cubital a una mitja de 2/3 cm proximals a l'epicòndil humeral lateral amb un interval de 5 cm distals a aquesta referència òssia i 25 cm proximals i una desviació estàndard de 9'4. L'artèria radial s'ha vist que en el seu origen té un diàmetre mig de

3'9 mm amb un interval de 2'0 a 6'0 mm i una desviació estàndard de 1'0. La longitud de l'artèria radial des del seu origen fins a l'emissió de l'artèria recurrent radial s'ha trobat que és de 4'2 cm de mitja amb un interval de 0'0 a 21'0 cm i una desviació estàndard de 7'6. La longitud del pedicle de l'artèria radial des del seu origen fins a l'emissió de la primera artèria perforant per a la pell lateral del terç proximal de l'avantbraç ha estat de 3'6 cm de mitja amb un interval de 0'0 a 20'6 cm i una desviació estàndard de 6'2; pel nervi cutani avantbraquial lateral s'ha trobat una mitja de 5'9 cm amb un interval de 0'0 i 20'6 i una desviació estàndard de 8'0 (Taula 14).

Aquestes desviacions estàndard elevades són degudes a tres casos (cas 8, 10 i 15) de divisió alta de l'artèria braquial, concretament a 25'0, 18'2 i 16'81 cm proximal a l'epicòndil lateral respectivament (Fig. 5.25); descartant aquests tres casos, l'origen de l'artèria radial es troba a 2'2 cm de l'epicòndil lateral de l'húmer en direcció proximal amb una interval de 1'4 cm proximals i 5'0 cm distals a aquesta referència òssia i una desviació estàndard d'1'7; la longitud de l'artèria radial des del seu origen a l'emissió de l'artèria recurrent radial és de 1'1 cm amb un interval de 0'0 a 5'0 cm mesurats distalment a l'epicòndil lateral i una desviació estàndard de 1,6; la longitud de l'artèria radial des del seu origen fins a l'emissió de la primera perforant es troba a 1'7 cm d'aquesta mateixa referència òssia amb un interval de 0'0 a 4'2 cm i una desviació estàndard d'1'6; i la longitud del pedicle de l'artèria radial fins a l'emissió de la primera branca pel nervi cutani avantbraquial lateral ha estat de 3'0 cm amb un interval de 0'0 a 10'0 cm amb una desviació estàndard de 3'1.

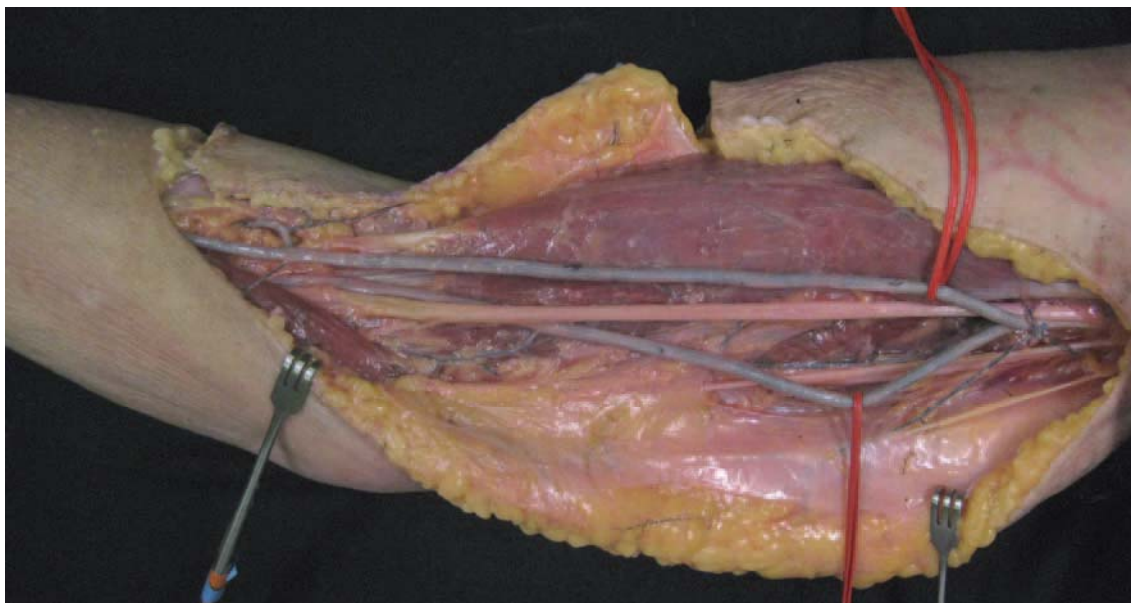


Fig. 5.25: Dissecció de la regió medial del braç i avantbraç on es veu la divisió alta de l'artèria braquial en les seves dues branques terminals, l'artèria radial i cubital encintades en vermell.

Per la seva banda, l'artèria recurrent radial s'origina a una mitja de 2'5 cm distals a l'epicòndil humeral lateral amb un interval de 3'2 cm proximals a aquesta referència anatòmica a 4'9 cm distals. En el seu origen en l'artèria radial té un diàmetre mig de 2'4 mm amb un interval del 1'7 a 3'0 mm i una desviació estàndard de 0'4. La longitud del pedicle de l'artèria recurrent radial des del seu origen en l'artèria radial fins a l'emissió de la primera perforant cutània en el nostre estudi ha resultat de 0'8 cm de mitja amb un interval de 0'07 a 2'39 cm i una desviació estàndard de 0'8; la longitud del pedicle d'aquesta artèria des del seu origen fins a l'emissió de la primera branca per al nervi cutani avantbraquial lateral s'ha trobat que és de 1'3 cm de mitja amb un interval de 0'07 a 6'4 cm i una desviació estàndard de 2'0 (Taula 14).

La mitja de perforants emeses per l'artèria radial per a la pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç ha estat que és de 0'7 amb un interval de 0 a 2 i una desviació estàndard de 0'6; aquestes perforants s'han trobat amb un interval de confiança del 99% entre el 9'7% i el 30'3% de la longitud total de

l'avantbraç (Taula 10). La mitja de branques emeses per aquesta artèria per al nervi cutani avantbraquial lateral s'ha advertit que és de 1'5 amb un interval de 0 a 5 i una desviació estàndard de 1'2, trobades entre el 10'4% i el 49'4% de la longitud total de l'avantbraç amb un interval de confiança del 99% (Taula 12).

La mitja de perforants per a la pell lateral del terç distal del braç i el terç proximal de l'avantbraç emeses per l'artèria recurrent radial és de 0'8 amb un interval de 0 a 3 i una desviació estàndard de 0'9, trobades amb un interval de confiança de 99% entre el 4'5% i el 12'7% del total de la longitud de l'avantbraç (Taula 9). La mitja d'artèries de vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral emeses per aquesta artèria s'ha observat que és de 0'7 amb un interval del 0 a 2 i una desviació estàndard de 0'6; aquestes branques de vascularització s'han trobat entre 5'9% i 16'1% del total de la longitud de l'avantbraç amb un interval de confiança del 99% (Taula 12) .

La mitja de perforants emeses per l'artèria col·lateral radial per a la pell lateral del terç distal del braç i el terç proximal de l'avantbraç s'ha vist que és de 1'7 amb un interval de 0 a 3 i una desviació estàndard de 1'0. Aquestes perforants s'han trobat entre el 13'2 i el 30% de la longitud total del braç amb un interval de confiança del 99%. No s'ha observat cap branca de vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral provinent d'aquesta artèria.

En dos casos (cas 1 i 11) s'ha vist que l'artèria braquial es trifurca en l'artèria radial, l'artèria cubital i la recurrent radial, en tost de que aquesta darrera surti de l'artèria radial. En tres casos (cas 3, 9 i 13) l'artèria recurrent radial surt de l'artèria radial a una distància menor de 0'25 cm del seu origen, deixant un pedicle insuficient per a realitzar una microsutura en cas de fer el penjall lliure basat en aquesta artèria.

En un cas (cas 2) s'ha trobat que l'artèria braquial es divideix en l'artèria radial, de la que es desprèn el tronc interossi, i l'artèria cubital, que discorre superficialment a la musculatura epitroclear subfascialment (Fig. 5.26).



Fig. 5.26: Dissecció de la cara anterior del colze i avantbraç on es veu com l'artèria braquial es divideix en l'artèria cubital i l'artèria radial, de la que es desprèn el tronc interossi i l'artèria recurrent radial.

Hem trobat un altre cas (cas 5) en que l'artèria braquial es bifurca en una artèria cubital superficial i un tronc interossi-radial, sent el tronc de les interòssies la seva primera branca i posteriorment emet l'artèria recurrent radial (Fig. 5.27).



Fig. 5.27: Dissecció de la cara anterior del colze i avantbraç on es veu l'artèria braquial encintada en vermell que es divideix en l'artèria cubital superficial i l'artèria radial, que després dóna el tronc interossi.

En tres casos (cas 8, 10 i 15) s'ha observat una divisió alta de l'artèria braquial en els seus dos troncs terminals, l'artèria radial i l'artèria cubital; aquesta divisió s'ha trobat a 25, 18'2 i 16'81 cm proximals a l'epicòndil humeral lateral respectivament.

En el cas 15, a més a més, l'artèria recurrent radial s'origina de l'artèria cubital després de passar profundament a les dues porcions del pronador rodó (Fig. 5.28).

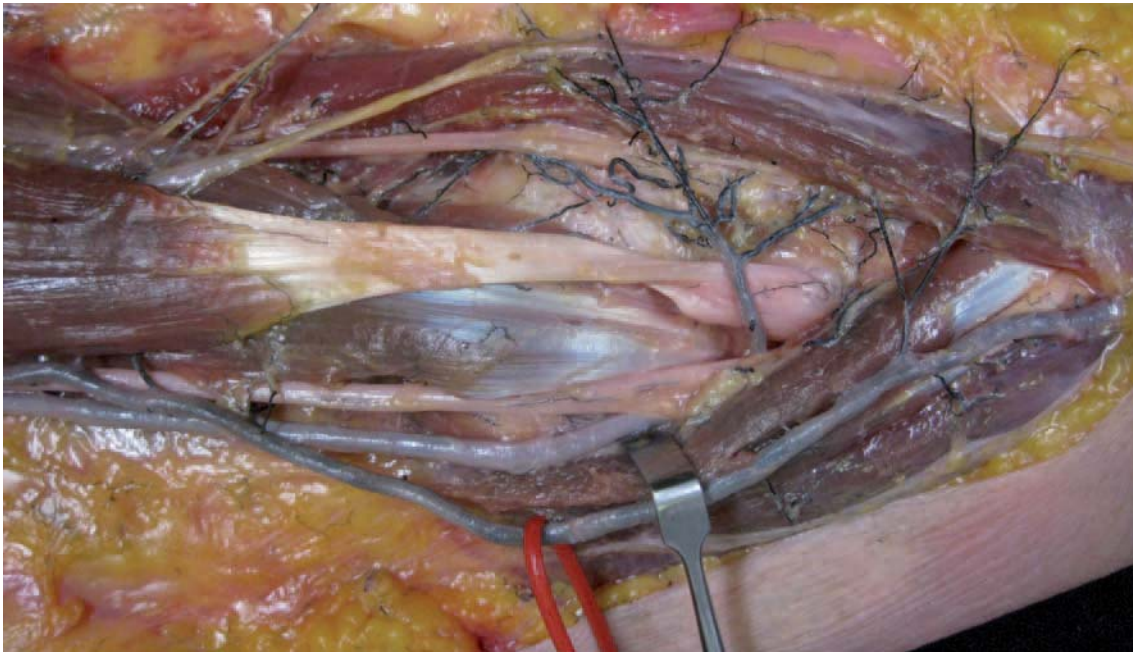


Fig. 5.28: Dissecció de la cara anterior del colze on es veu que l'artèria recurrent radial es desprèn de l'artèria cubital.

5.2.1.5- Comunicacions de les artèries implicades

En referència a l'estudi de l'existència de comunicacions entre les artèries que emeten les perforants de la pell lateral del terç distal del braç i el terç proximal de l'avantbraç i les branques d'irrigació del nervi cutani avantbraquial lateral, ens hem concentrat en l'artèria recurrent radial ja que aquest és l'únic vas important que clínicament permetria pedicular proximalment el penjall. Les comunicacions de l'artèria radial amb la resta d'artèries de l'avantbraç no s'ha estudiat donat que no té

rellevància clínica ja que, en cas de realitzar-se aquest penjall compost seria per defectes nerviosos de troncs principals proximals en el plexe braquial, braç o avantbraç associats a defectes de cobertura, però no estaria indicat en defectes distals. Per aquesta raó, no té sentit pedicular distalment aquest penjall compost.

Així, s'ha observat que l'artèria recurrent radial s'anastomosa amb l'artèria col·lateral radial només en un sol cas que representa un 7% de les disseccions. En quatre casos s'ha trobat que l'artèria recurrent radial puja fins al terç distal del braç on acaba en múltiples branquetes que vascularitzen la pell suprajacent a aquesta zona, la musculatura del compartiment anterior del braç i el tronc del nervi radial (Taula 15).

5.2.1.6- Presència de venes concomitants

En quant a l'estudi de la presència de venes concomitants a les perforants de la pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç i les branques de vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral s'ha observat que en el 93% dels casos existeixen venes concomitants a les perforants de l'artèria radial i aquestes drenen a les venes concomitants de l'artèria radial en el 100% dels casos en que estan presents (Taula 16; Fig. 5.29).

També s'han trobat venes concomitants als vasos perforants de l'artèria recurrent radial en el 91% dels espècimens, que desemboquen en les venes concomitants de l'artèria recurrent radial en el 82% dels casos (Taula 16).

Finalment, s'ha vist que existeixen venes concomitants a les perforants de l'artèria col·lateral radial en el 86% de les disseccions i que aquestes drenen a les venes concomitants de l'artèria col·lateral radial en el 100 % dels casos (Taula 16). De totes maneres, en el 100% dels espècimens s'ha pogut localitzar i incloure en el penjall la vena cefàlica, pel que d'aquesta manera s'assegura el seu drenatge venós (Taula 17).

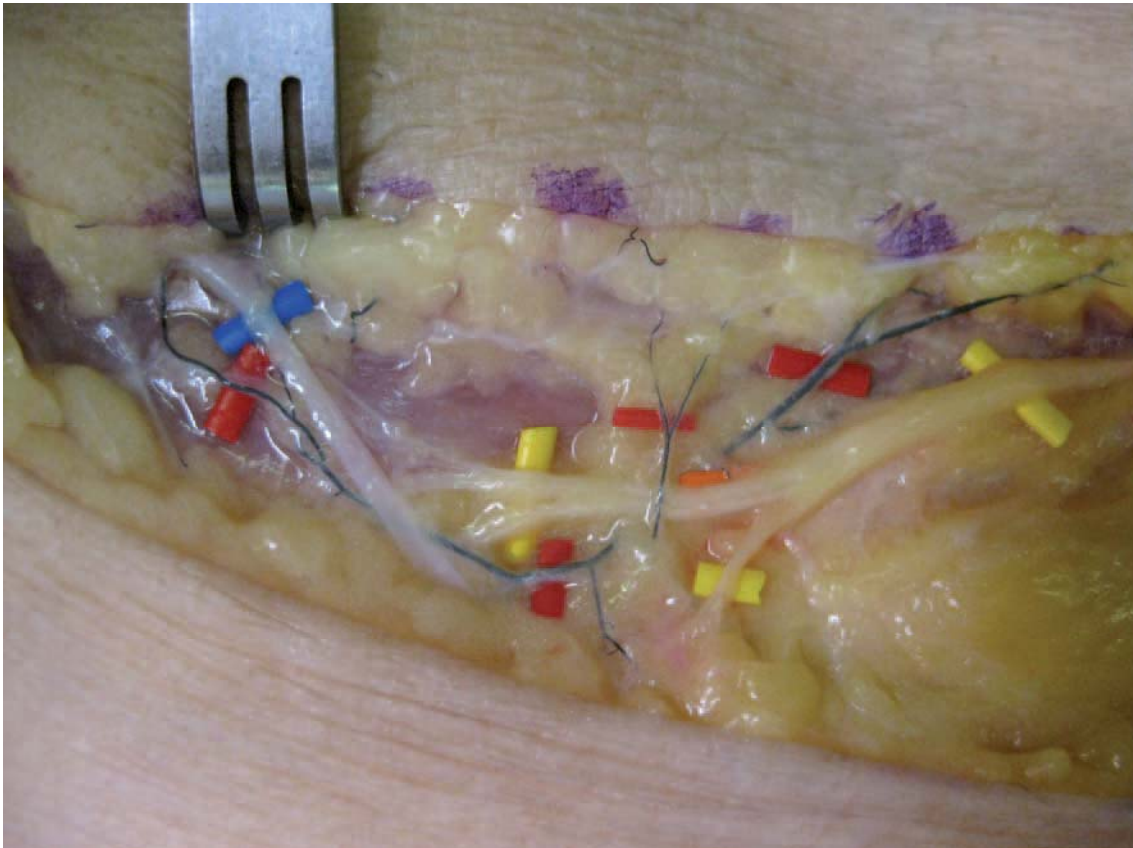


Fig. 5.29: Dissecció de la pell lateral de l'avantbraç amb les seves perforants (vessel-loops vermells) i el nervi cutani avantbraquial lateral (vessel-loops grocs) amb les seves branques d'irrigació (vessel-loops carabasses) i les seves venes concomitants (vessel-loops blaus).

5.2.1.7- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

També s'ha estudiat la possibilitat de fer un penjall cutani sensible incloent el nervi cutani avantbraquial posterior, branca terminal del nervi radial (Taula 18; Fig. 5.30).

En el nostre estudi s'ha vist que aquest nervi es pot localitzar en el 100% dels

casos i s'ha pogut incorporar al penjall cutani en el 100% dels casos.

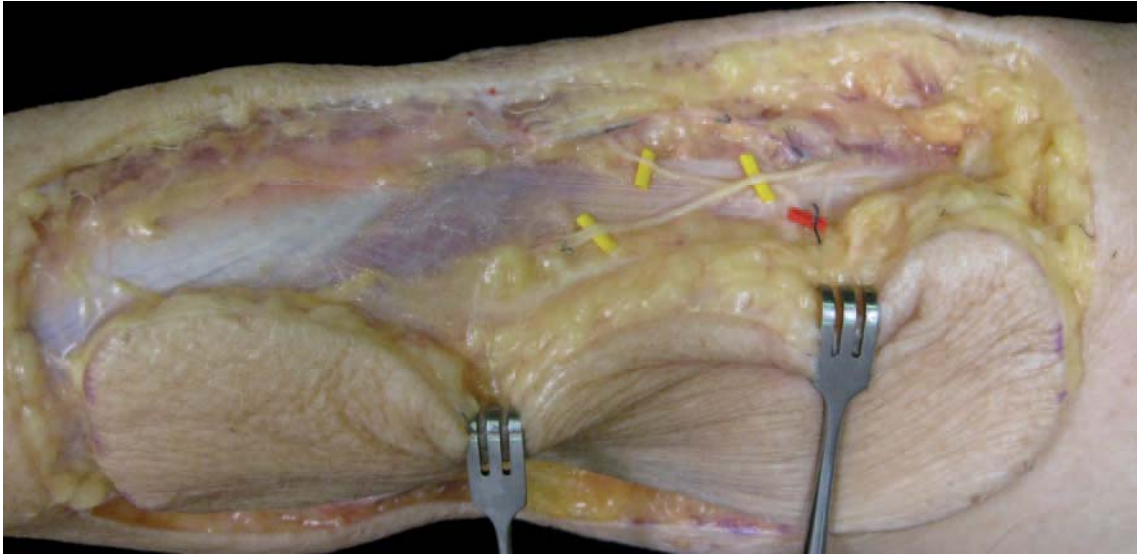


Fig. 5.30: Dissecció del nervi cutani avantbraquial posterior marcat amb vessel-loops grocs, que es pot incloure dins el penjall cutani de pell lateral del braç i avantbraç.

5.2.2- HISTOLOGIA

En l'estudi histològic hem observat que el nervi cutani avantbraquial lateral, en l'extrem proximal, just després de donar la darrera branca motora, i on ja es podria prendre com a empelt nerviós, presenta 4'1 fascicles de mitja, amb un interval de 3 i 7 i una desviació estàndard de 1'2 (Taula 19; Fig. 5.31 i 5.33).

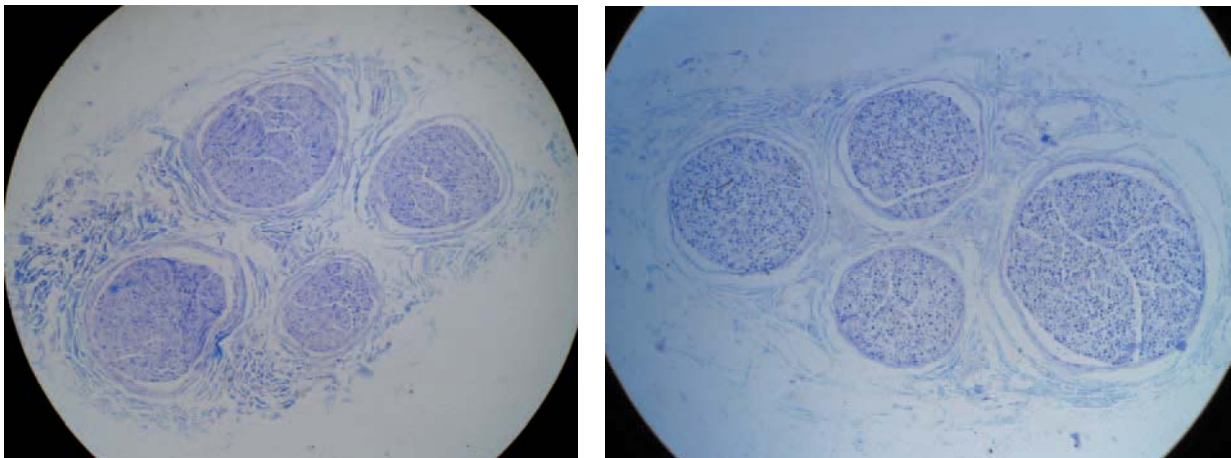


Fig. 5.31: Dos talls histològics de l'extrem proximal del nervi cutani avantbraquial lateral tenyits amb Luxol Fast Blue.

Per altra banda, en l'avantbraç, on comença a emetre les seves branques terminals a la pell, presenta 5'9 fascicles de mitja, amb un interval de 2 i 13 i una desviació estàndard de 2'9 (Taula 19; Fig. 5.32 i 5.33).

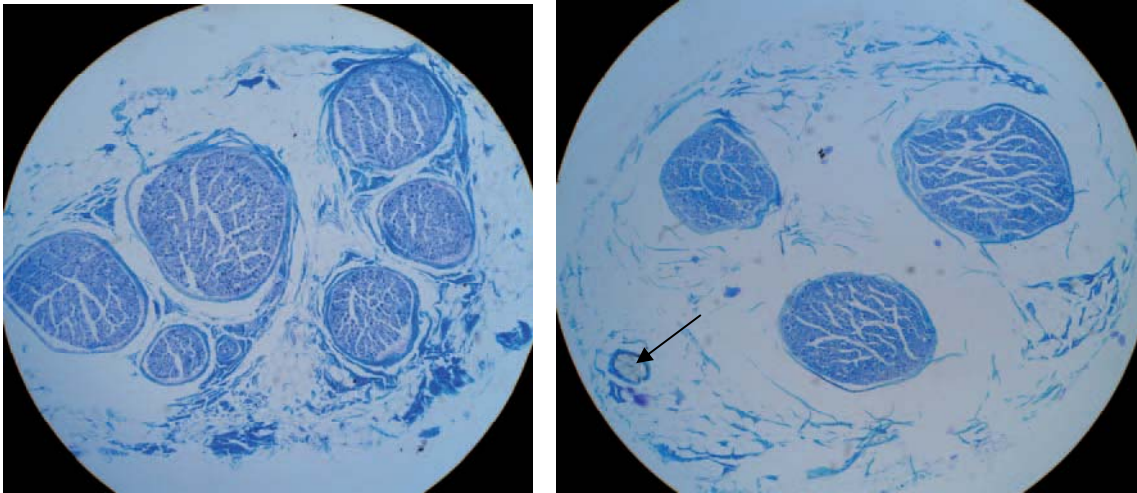


Fig. 5.32: Dos talls histològics de l'extrem distal del nervi cutani avantbraquial lateral tenyits amb Luxol Fast Blue. La fletxa senyala un *vasa nervorum* injectat amb làtex negre.

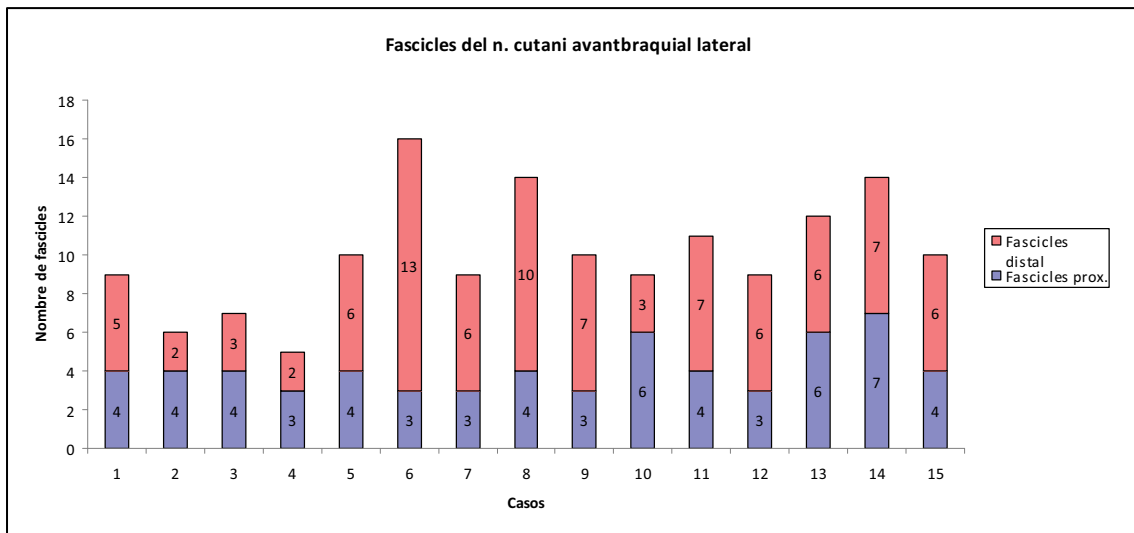


Fig. 5.33: Diagrama de barres dels fascicles de l'extrem proximal i distal del nervi cutani avantbraquial lateral.

5.3 PENJALL COMPOST DE LA BRANCA SENSITIVA DEL NERVI RADIAL I PELL LATERAL DE L'AVANTBRAÇ

5.3.1- DISSECCIÓ

5.3.1.1- Vascularització de la pell lateral de l'avantbraç

En referència a la vascularització de la pell lateral de l'avantbraç, s'ha observat que en les nostres preparacions, l'artèria radial hi participa en el 100% dels casos, sent l'origen del 61% de les perforants que irriguen la pell d'aquesta regió. L'artèria recurrent radial hi contribueix en un 27% dels espècimens, però només un 2'1% de les perforants procedeixen d'aquesta artèria, ja que quan hi participa, emet com a màxim una perforant en la zona més proximal del penjall. La resta de perforants d'aquesta àrea provenen de l'artèria interòssia posterior, que també hi participa en tots els casos, però només irriga la regió més posterior d'aquesta pell, no sent fiable per a ser la base d'aquest penjall de la pell lateral de l'avantbraç (Taula 20; Fig. 5.34 i 5.35).

La mitja de perforants per a la pell lateral de l'avantbraç s'ha trobat que és 11'9 amb un interval de 4 a 16 i una desviació estàndard de 3'8 i es troben entre 42'7% i el 89'5% del total de la longitud de l'avantbraç (IC 99%) (Taula 21).

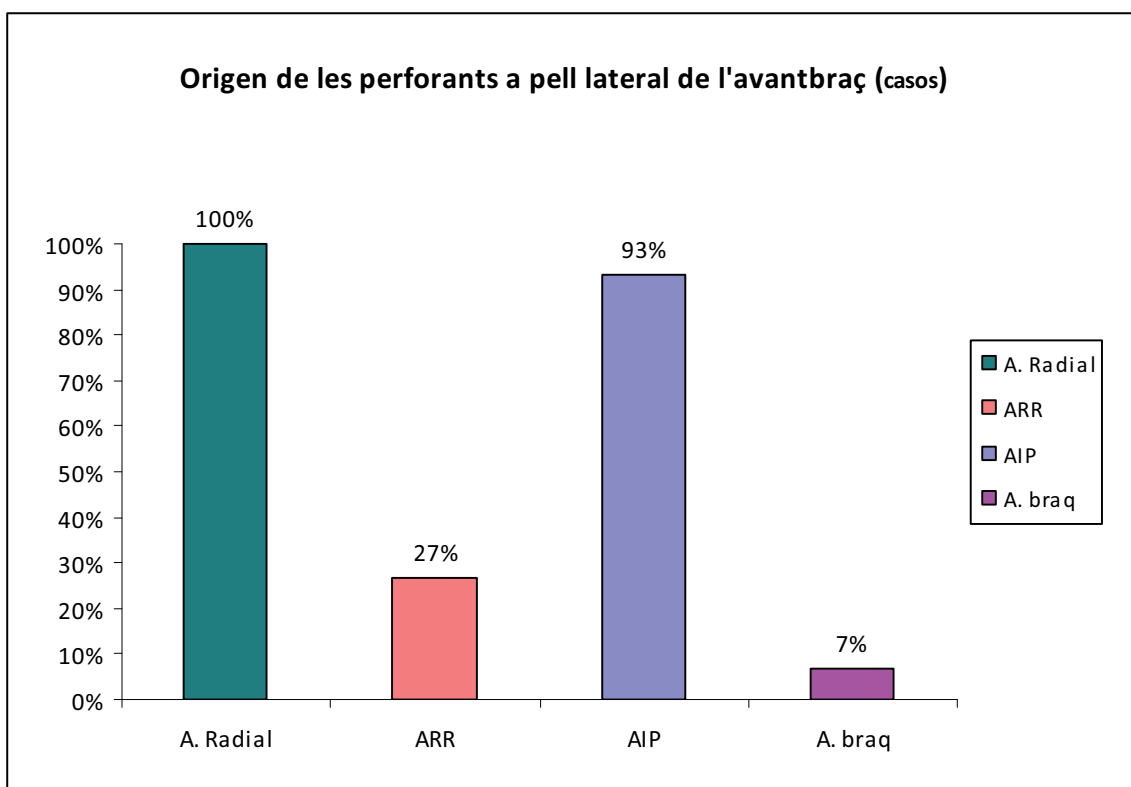


Fig. 5.34: Diagrama de barres de l'origen de les perforants de la pell lateral del'avantbraç.

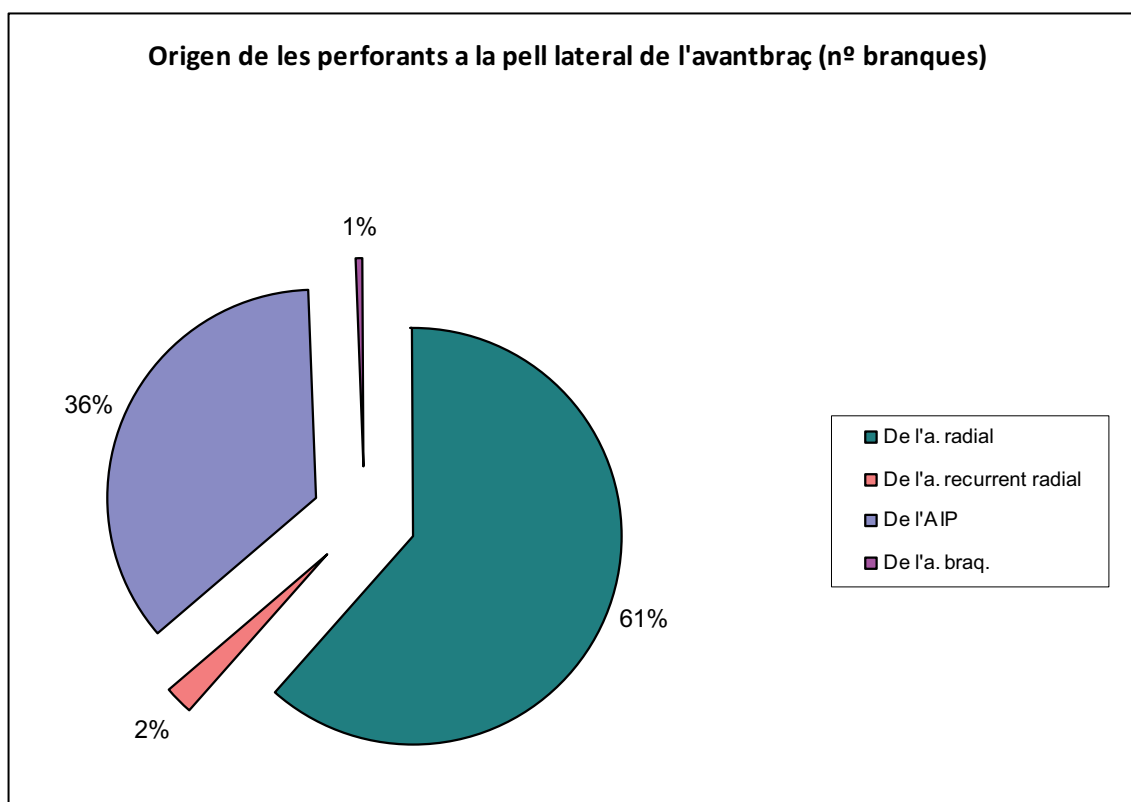


Fig. 5.35: Diagrama de porcions del percentatge de distribució de l'origen de les perforants de la pell lateral de l'avantbraç.

En un 80% dels casos s'ha vist que almenys una de les perforants de l'artèria radial a la pell també irriga la branca sensitiva del nervi radial (Fig. 5.36). El 83% d'aquestes perforants que també aporten vascularització a la branca sensitiva del nervi radial hi arriben per la seva cara posterior.

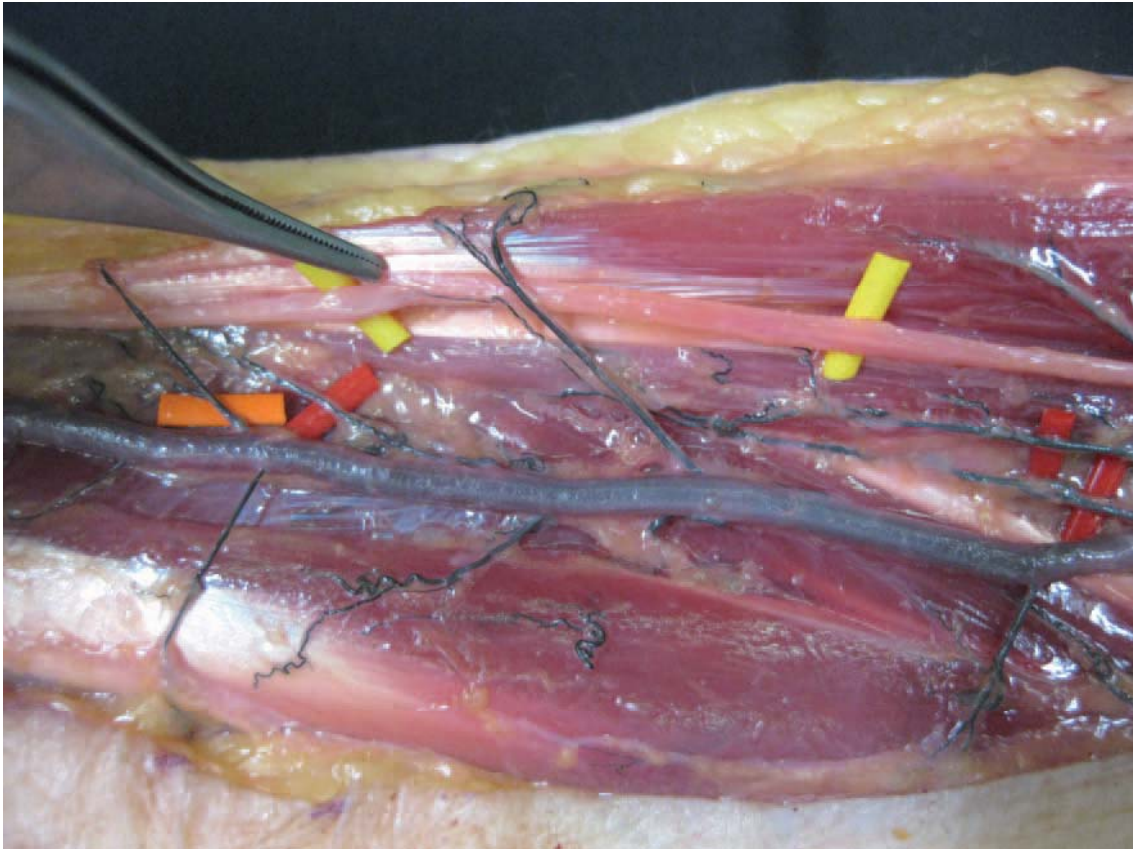


Fig. 5.36: Dissecció de la cara anterior de l'avantbraç on es veu una perforant a la pell lateral que també emet una branca per la branca sensitiva del nervi radial (vessel-loop groc).

En un cas (cas 2), tres de les cinc perforants de l'artèria radial a la pell també vascularitzen el nervi cutani avantbraquial lateral.

En tres casos (cas 5, 7 i 9) almenys una de les perforants de l'artèria radial a la pell, també emeten branques pel ventre muscular del múscul braquiorradial (Fig. 5.37).

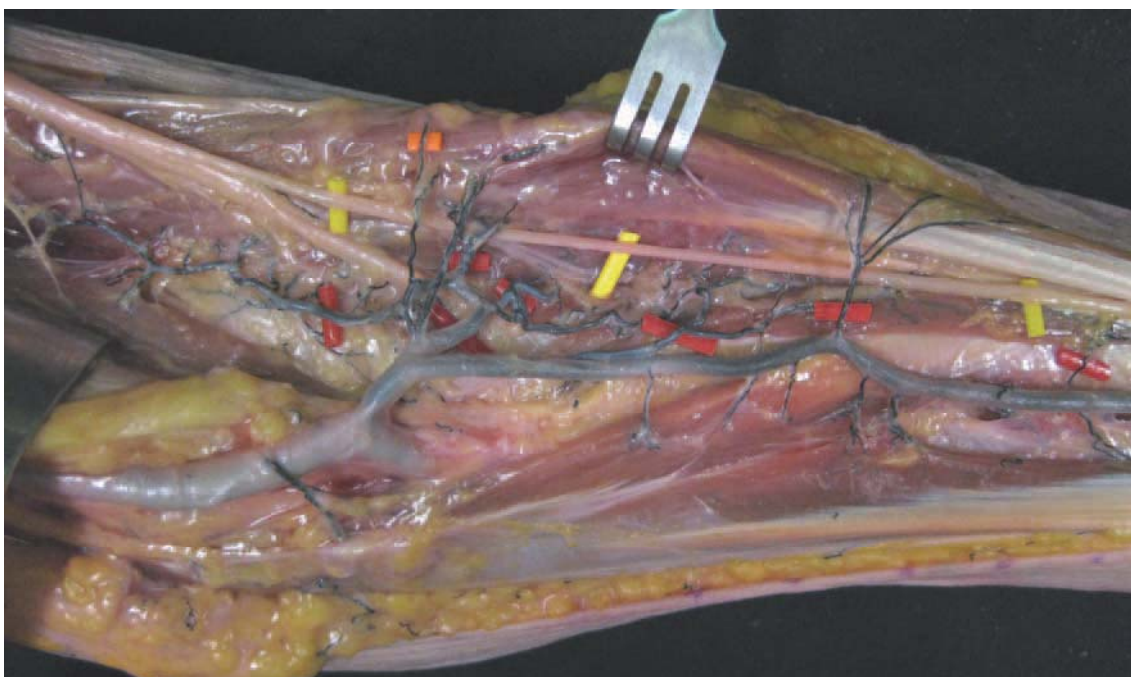


Fig. 5.37: Dissecció de la cara anterior del colze i avantbraç on es veuen les perforants a la pell lateral marcades en vermell que també vascularitzen el braquiorradial. La branca sensitiva del nervi radial marcat amb vessel-loops grocs.

5.3.1.2- Vascularització de la branca sensitiva del nervi radial

En relació a la vascularització de la branca sensitiva del nervi radial, s'ha vist que l'artèria radial hi participa en el 100% dels casos dissecats, donant origen al 75% de les branques d'irrigació d'aquest nervi. L'artèria recurrent radial hi intervé en el 73% de les nostres preparacions, sent l'origen del 24% de les seves branques de vascularització. No hem trobat altres artèries que col·laborin en la irrigació de la branca sensitiva del nervi radial (Taula 22; Fig. 5.38 i 5.39).

S'ha observat que la branca sensitiva del nervi radial rep una mitja de 3'9 branques d'irrigació amb un interval de 1 a 7 i una desviació estàndard de 1'5 trobant-se entre el 15'1% i el 73'9% del total de la longitud de l'avantbraç (IC 99%) (Taula 23).

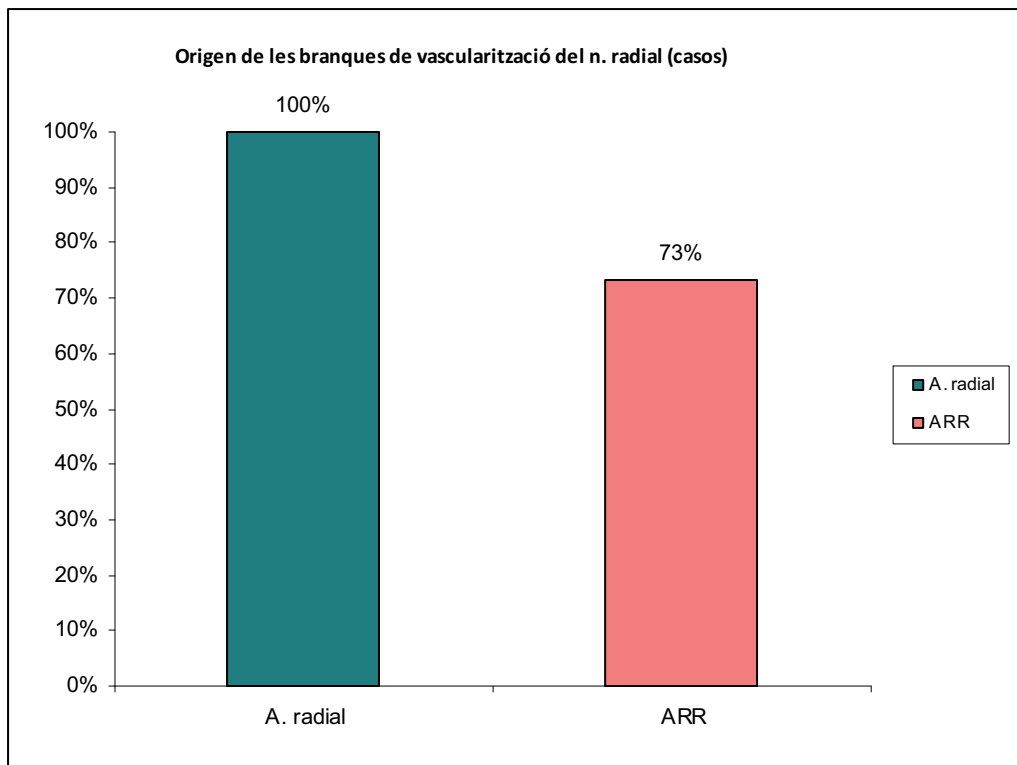


Fig. 5.38: Diagrama de barres de l'origen de les branques de vascularització de la branca sensitiva del nervi radial.

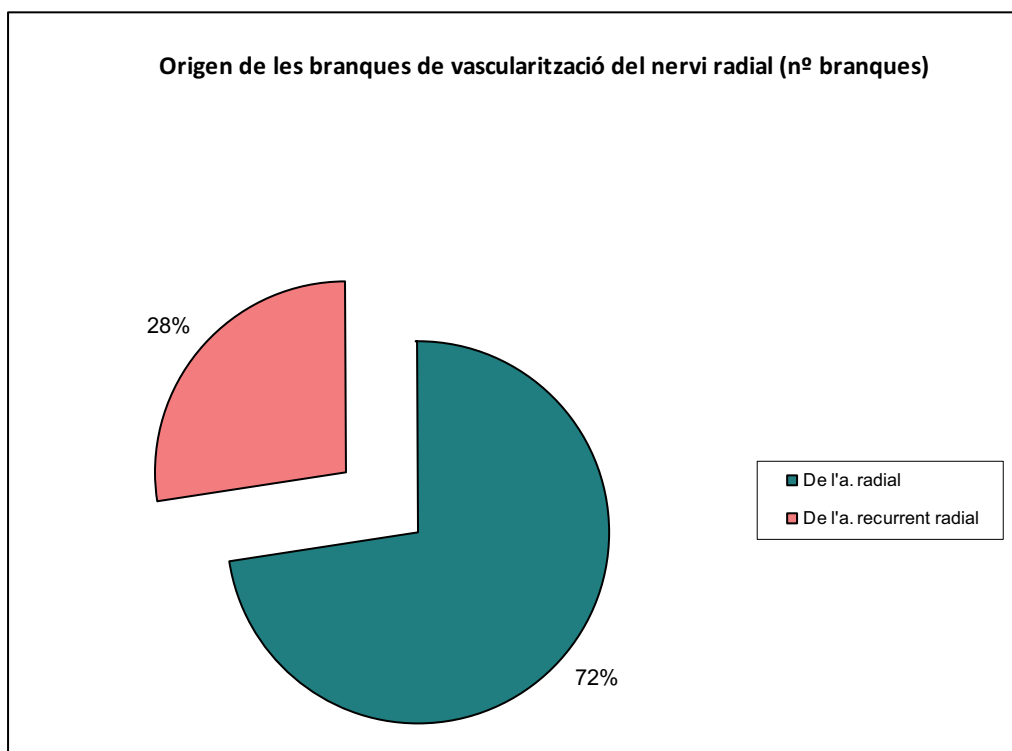


Fig. 5.39: Diagrama de porcions del percentatge de distribució de l'origen de les branques de vascularització de la branca sensitiva del nervi radial.

En cinc dels quinze casos dissecats (33% dels espècimens) s'ha observat que almenys una de les branques de l'artèria radial que irriguen la branca sensitiva del nervi radial, també vascularitza el múscul braquiorradial (Fig. 5.40). En dos casos (cas 14 i 15) una de les branques de l'artèria recurrent radial per a la branca sensitiva del nervi radial també irriga el múscul braquiorradial (Fig. 5.41).

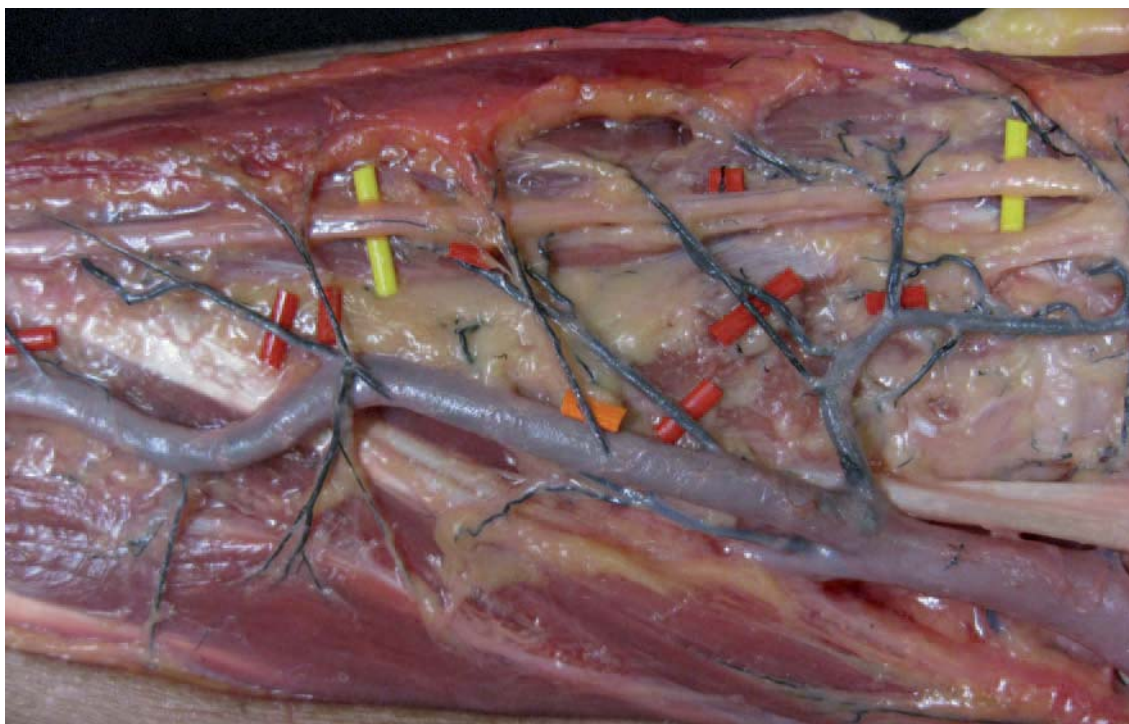


Fig. 5.40: Dissecció de la cara anterior del colze on es veuen les branques de l'artèria radial pel braquiorradial (vessel-loops vermells) i una d'elles (vessel-loop carabassa) també irriga la branca sensitiva del nervi radial (vessel-loops grossos).

En tres casos (cas 13, 14 i 15), s'ha observat que almenys una de les branques de l'artèria radial que vascularitzen la branca sensitiva del nervi radial, també emet com a mínim una branca d'irrigació al ventre muscular de l'extensor radial llarg del carp. En dos casos (cas 12 i 14), una de les branques de l'artèria recurrent radial per la branca sensitiva del nervi radial també emet una branca pel múscul braquiorradial.

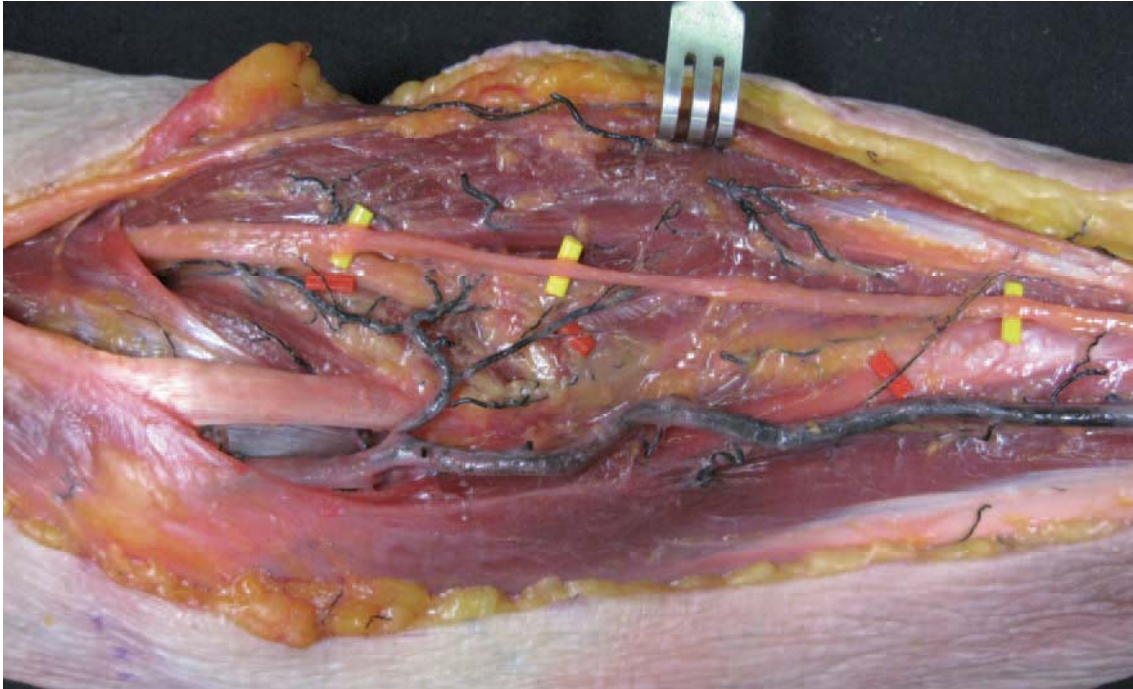


Fig. 5.41: Dissecció de la cara anterior del colze on es veuen les branques de l'artèria recurrent radial pel braquiorradial (vessel-loops vermells) i una d'elles també irriga la branca sensitiva del nervi radial (vessel-loops grocs).

5.3.1.3- Vascularització del múscul braquiorradial

Referent a la vascularització del múscul braquiorradial, s'ha observat que en les nostres disseccions, l'artèria radial hi participa en el 100% dels casos, donant origen al 51% de les branques d'irrigació d'aquest múscul, mentre que l'artèria recurrent radial hi intervé en un 93% dels casos, emetent el 43% de les seves branques de vascularització. Altres artèries que s'ha vist que participen en la vascularització del braquiorradial són l'artèria braquial en un 13% dels casos donant el 5% de les branques per al múscul i l'artèria cubital en un sol cas (7% de les disseccions) que dóna l'1% de les branques (Taula 24; Fig. 5.42 i 5.43).

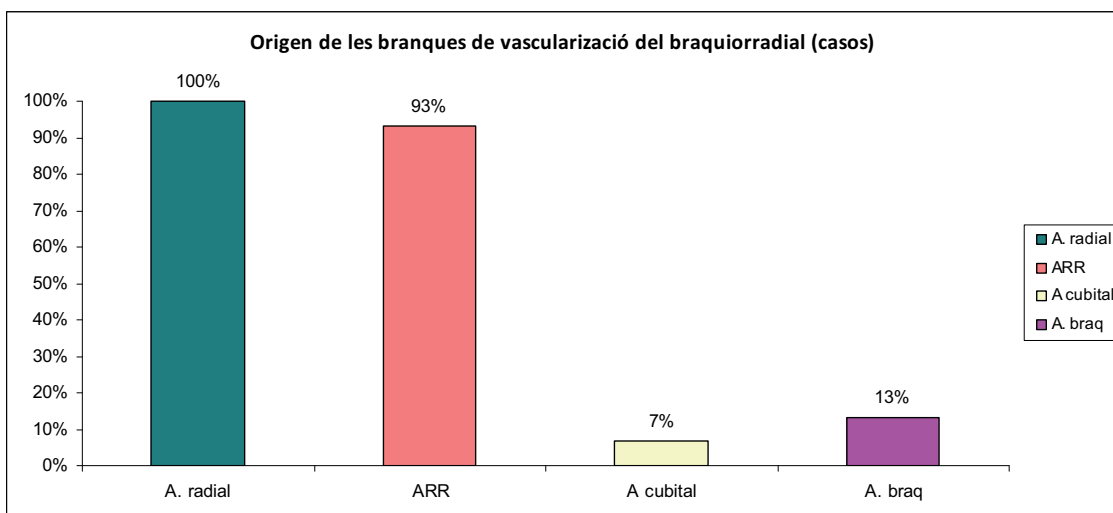


Fig. 5.42: Diagrama de barres de l'origen de les branques de vascularització del braquiorradial.

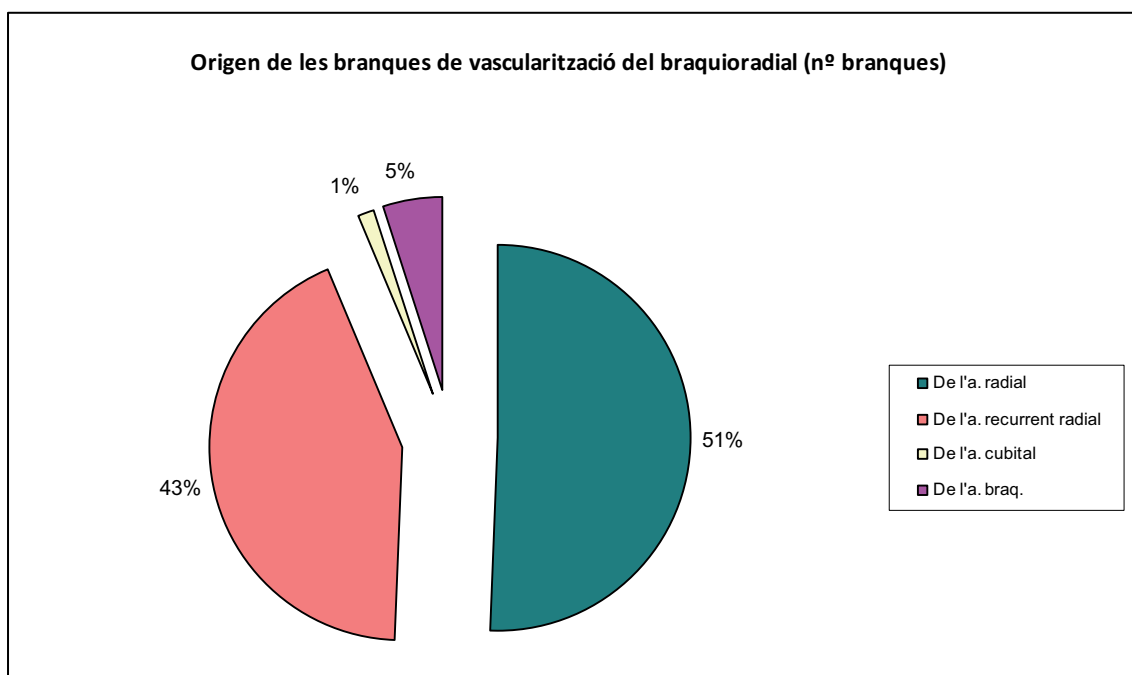


Fig. 5.43: Diagrama de porcions del percentatge de distribució de l'origen de les branques de vascularització del nervi cubital.

S'ha trobat que el braquiorradial rep una mitja de 5'3 branques de vascularització amb un interval de 2 a 9 i una desviació estàndard de 2'3 que es troben entre el 6'9% i el 37'1% del total de la longitud de l'avantbraç (IC 99%) (Taula 25).

En un cas (cas 3), la primera branca de l'artèria recurrent radial pel múscul braquiorradial surt de l'origen de l'artèria recurrent radial (Fig. 5.44). D'aquesta manera no hi ha suficient pedicle per a realitzar una microsutura en cas de fer el penjall lliure basat en aquesta artèria, havent-se de deixar aquesta primera branca fora del penjall.

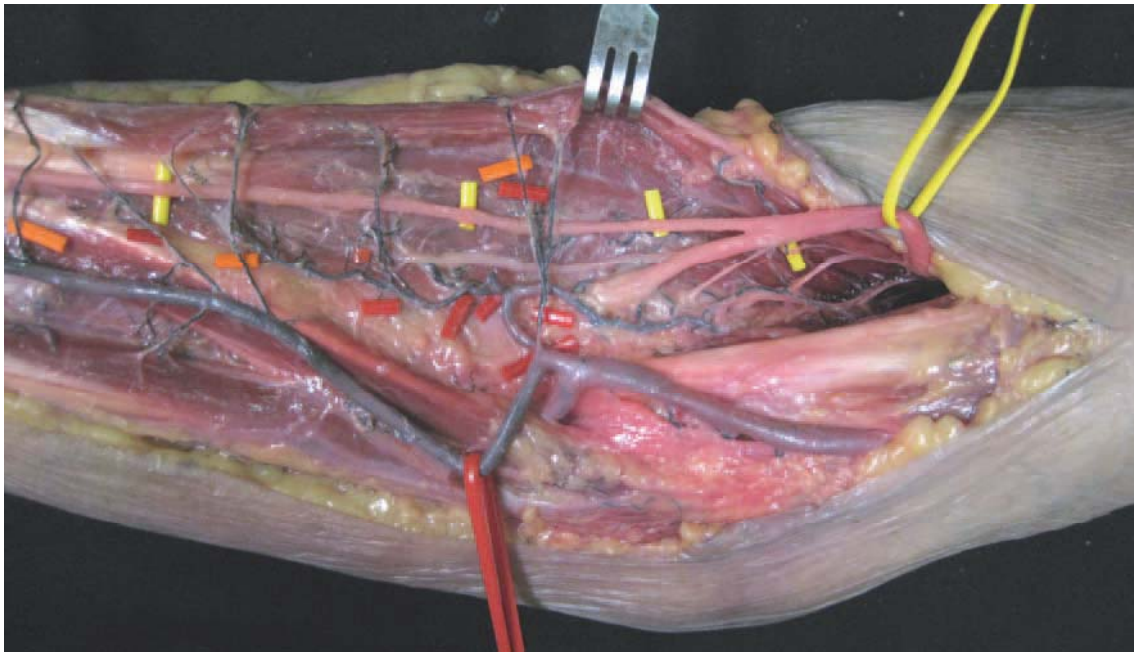


Fig. 5.44: Dissecció de la cara anterior del colze i avantbraç on la primera branca de vascularització del braquiorradial (vessel-loop vermell) es desprèn de l'origen de l'artèria recurrent radial. Encintada en vermell l'artèria radial i en groc el nervi radial. La branca sensitiva del nervi radial marcada amb vessel-loops grocs.

En dos casos (cas 9 i 15) una de les branques de vascularització del múscul braquiorradial es divideix en dos, emetent una branca pel flexor cubital del carp (Fig. 5.45).

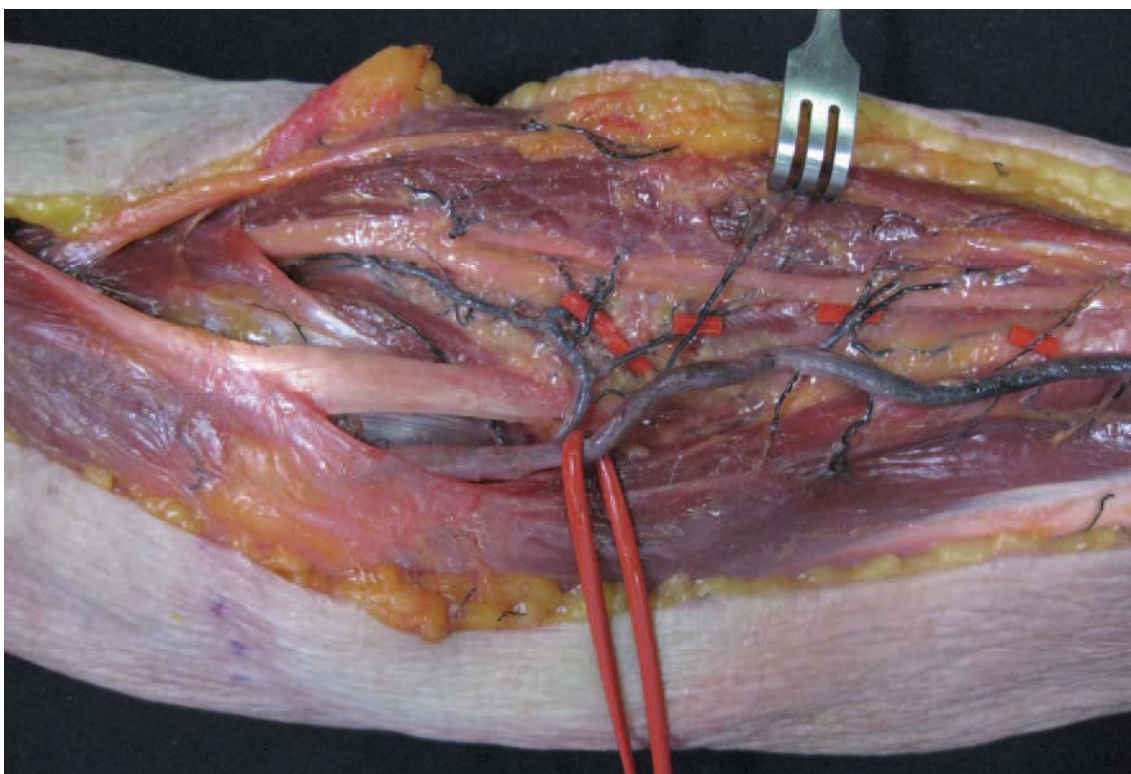


Fig. 5.45: Dissecció de la cara anterior del colze on la primera branca de vascularització del braquiorradial (vessel-loops vermells) emet una branca per l'extensor radial del carp llarg. Encintada en vermell l'artèria radial.

5.3.1.4- Innervació del múscul braquiorradial

Donat que es pretén dissenyar un penjall muscular funcional, s'ha prestat atenció a la innervació del múscul braquiorradial que hem trobat en un 100% dels casos que ve del tronc comú del nervi radial.

S'ha observat en el 87% dels casos que el múscul braquiorradial rep una sola branca d'innervació, sempre en la regió del braç. Només en dos casos (cas 2 i 6) s'han trobat més d'una branca, concretament 4 en el primer cas i 3 en el segon, procedent del tronc comú del nervi radial en els dos casos (Taula 26; Fig. 5.46).

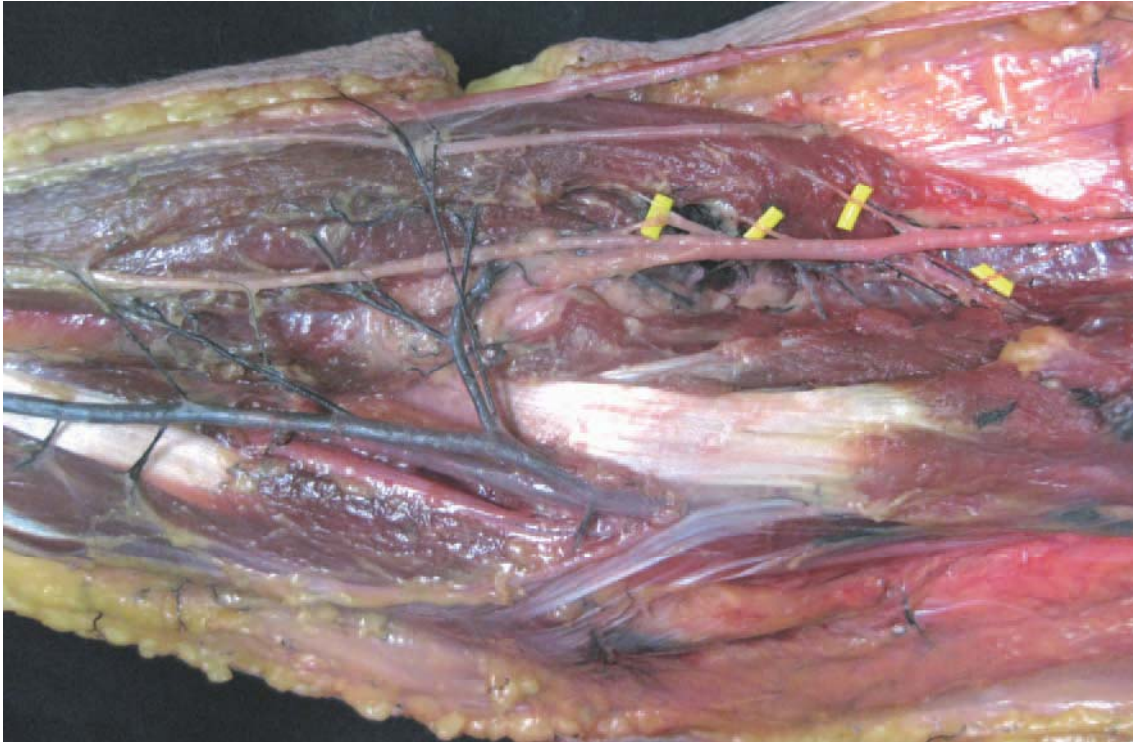


Fig. 5.46: Dissecció de la cara anterior del colze marcant amb vessel-loops grocs les diverses branques d'innervació del braquiorradial.

En dos casos (cas 12 i 14) s'ha vist que la branca d'innervació del múscul braquiorradial, també innerva al múscul extensor radial llarg del carp. En aquests casos seria necessària la dissecció intraneural per tal d'aïllar les dues branques i no denervar aquest darrer múscul.

Aquestes branques d'innervació del múscul braquiorradial s'han trobat a una mitja de 4'9 cm mesurats proximalment des de l'epicòndil lateral humeral que representa el 17'8% de la longitud total del braç, amb un interval de 0 a 14 cm i una desviació estàndard de 3'2 (Taula 26).

S'ha estudiat la innervació del múscul extensor radial curt del carp que contribueix a l'extensió del canell en posició neutra. S'ha observat que prové en el 27% de les disseccions, del tronc comú del nervi radial, en el 40% de la branca motora i en el 40% de la branca sensitiva (Taula 26; Fig. 5.47). Un dels casos presentava una branca

motora procedent de la branca motora i una altra de la branca sensitiva. Aquesta dada és d'interès clínic ja que en els casos en que la branca motora es desprèn de la branca sensitiva del nervi radial, l'empelt nerviós s'hauria d'agafar distal a aquesta branca per evitar la denervació d'aquest múscul que podria provocar que el pacient quan fes extensió de canell ho fes amb una certa desviació radial.

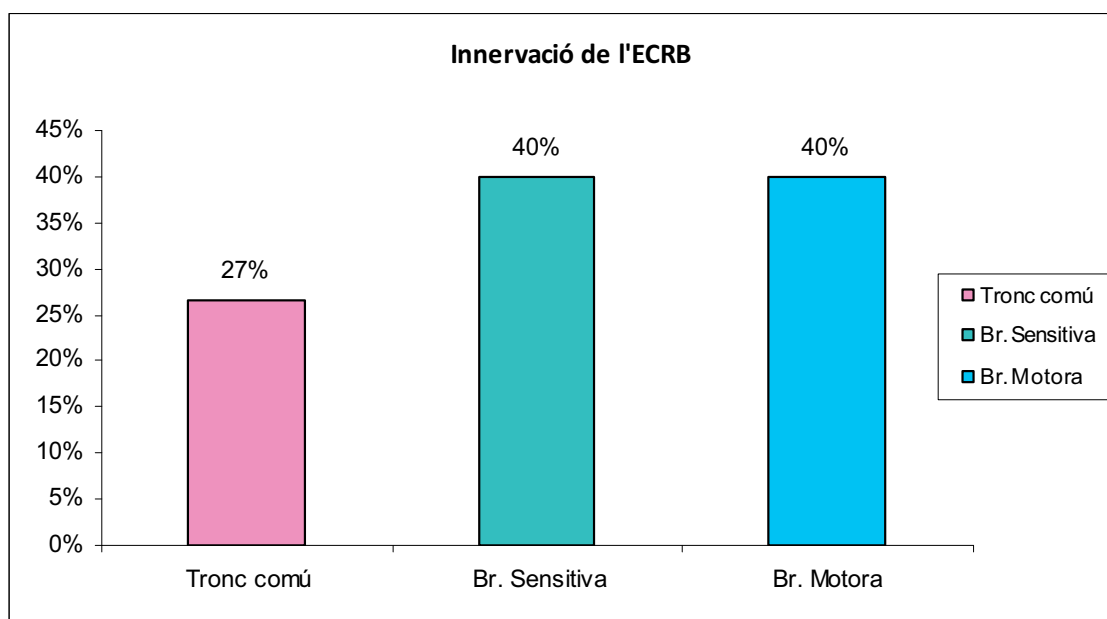


Fig. 5.47: Diagrama de barres de la l'origen de les branques d'innervació del braquiorradial.

5.3.1.5- Característiques del nervi radial

Estudiant amb més profunditat les característiques del nervi radial hem vist que es divideix en la seva branca motora i sensitiva a una mitja de 0'6 cm mesurats proximalment des de l'epicòndil lateral amb un interval de 3'2 cm proximals a l'epicòndil lateral a 2'5 cm distals a aquesta referència òssia amb una desviació estàndard de 1'6. La branca sensitiva del nervi radial es fa superficial en la regió posterorradial de l'avantbraç entre els tendons del braquiorradial radialment i

l'extensor radial llarg del carp dorsalment a una distància mitja de 7'6 cm mesurats des de l'apòfisi estiloides radial amb un interval de 6'4 i 9 cm i una desviació estàndard de 0'8 (Fig. 5.48). Després de fer-se superficial en aquesta regió, hem observat que es divideix en 2'7 branques de mitja amb un interval de 2 a 5 i una desviació estàndard de 0'9 (Taula 27).

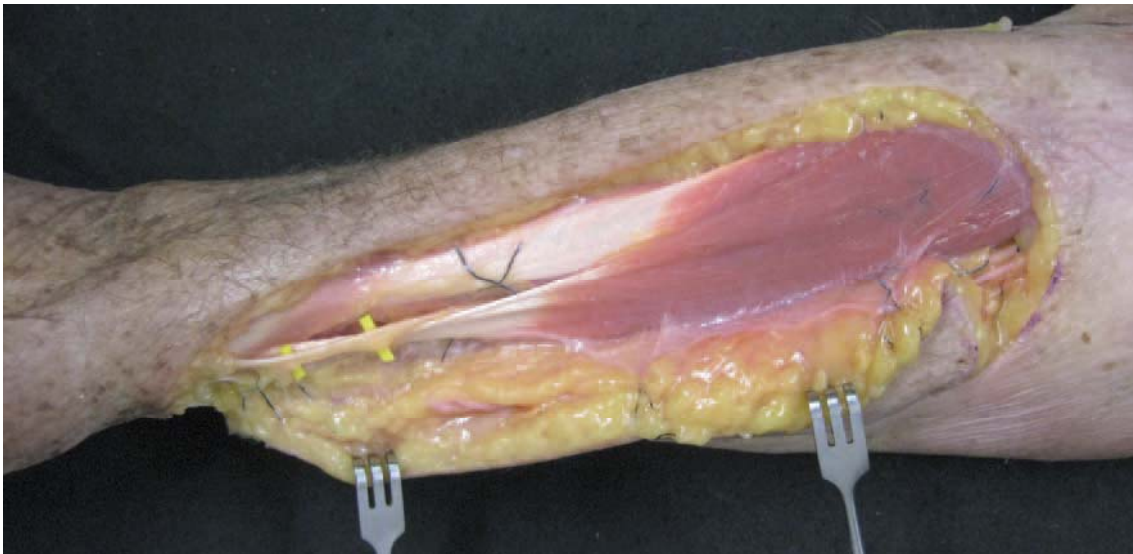


Fig. 5.48: Dissecció de la cara posterolateral de l'avantbraç. La branca sensitiva del nervi radial (vessel-loop groc) emergent entre el braquiorradial i l'extensor radial del carp llarg.

5.3.1.6- Característiques de les artèries implicades

En referència a les característiques de les principals artèries que irriguen la pell lateral de l'avantbraç i la branca sensitiva del nervi radial, ens hem centrat en l'artèria radial i l'artèria recurrent radial, ja que aquestes són les dues artèries més freqüentment implicades.

Hem trobat que l'artèria braquial es divideix en les seves branques terminals, les artèries radial i cubital, a 3'4 cm proximals a l'epicòndil lateral amb un interval de 1 a 14'2 cm i una desviació estàndard de 3'2. El diàmetre mig de l'artèria radial en el seu

origen hem vist que és de 3'5 mm, amb un interval de 2 a 5 mm i una desviació estàndard de 0'7. La longitud de l'artèria radial des del seu origen fins a l'emissió de l'artèria recurrent radial és de 0'7 cm amb interval de 0 a 1'5 cm i una desviació estàndard de 0'5. La longitud de l'artèria radial des del seu origen fins a l'emissió de la primera perforant per la pell s'ha observat a 6'9 cm de mitja de l'epicòndil lateral amb un interval de 0'4 a 28'5 cm i una desviació estàndard de 7; fins a l'emissió de la primera branca de vascularització per la branca sensitiva del nervi radial s'ha vist a 6'5 cm de mitja de la mateixa referència òssia amb un interval de 1'8 a 26 cm i una desviació estàndard de 6'4; fins a l'emissió de la primera branca pel múscul braquiorradial s'ha trobat a 3'9 cm de mitja de l'epicòndil lateral amb un interval de 0'8 a 25 cm i una desviació estàndard de 6 (Taula 28).

Aquestes desviacions estàndard tan elevades es deuen a un cas (cas 14) de divisió alta de l'artèria braquial, a 14'2 cm proximal a l'epicòndil lateral (Fig. 5.49).



Fig. 5.49: Dissecció de la cara anterior del braç i colze on es veu la divisió alta de l'artèria braquial (encintada en vermell).

Descartant aquest cas, la l'origen de l'artèria radial es troba a 2'6 cm de l'epicòndil lateral de l'húmer en direcció proximal amb una interval de 1'0 i 6'0 cm amb una desviació estàndard de 1'3; la longitud de l'artèria radial fins a l'emissió de la primera perforant per la pell s'ha trobat a 5'4 cm de mitja de l'epicòndil lateral amb un interval de 0'4 i 11'9 cm i una desviació estàndard de 3'7; fins a l'emissió de la primera branca de vascularització per a la branca sensitiva del nervi radial s'ha vist a 5'1 cm de mitja mesurats distalment des de l'epicòndil lateral amb un interval de 1'6 i 12'1 cm i una desviació estàndard de 3'6; i fins a l'emissió de la primera branca d'irrigació pel múscul braquiorradial s'ha observat a 2'4 cm de mitja, distals a l'epicòndil lateral amb un interval de 0'5 i 5'4 cm i una desviació estàndard d'1'5.

Per la seva banda, hem trobat que l'artèria recurrent radial té un diàmetre mig en el seu origen en l'artèria radial de 2'1 mm amb un interval de 1'1 i 2'9 mm i una desviació estàndard de 0'5 (Taula 28).

La mitja de perforants emeses per l'artèria radial per a la pell lateral de l'avantbraç ha estat que és de 7'1 amb un interval de 2 a 10 i una desviació estàndard de 2'2; aquestes perforants s'han trobat entre el 46'2% i el 89'4% de la longitud total de l'avantbraç (IC 99%) (Taula 21). La mitja de branques emeses per aquesta artèria per a la branca sensitiva del nervi radial s'ha observat que és de 2'8 amb un interval de 1 i 5 i una desviació estàndard de 1'0, que es troben entre el 30'6% i el 80'8% de la longitud total de l'avantbraç (IC 99%) (Taula 23). El múscul braquiorradial, s'ha trobat que rep una mitja de 2'7 branques procedents de l'artèria radial amb un interval de 1 a 4 i una desviació estàndard de 1'1; aquestes branques han estat trobades entre el 16'1% i el 45'5% de la longitud total de l'avantbraç (IC 99%) (Taula 25).

La mitja de perforants per a la pell lateral de l'avantbraç emeses per l'artèria recurrent radial ha estat de 0'3 amb un interval de 0 a 1 i una desviació estàndard de 0'5. Açò indica la poca freqüència en que aquesta artèria irriga la pell lateral de l'avantbraç. Aquestes perforants s'han trobat entre els 6'9% i l'11'3% de la longitud total de l'avantbraç (IC 99%) (Taula 21). Per la branca sensitiva del nervi radial, s'ha trobat que l'artèria recurrent radial emet una mitja de 1'1 branques amb un interval de 0 a 4 i una desviació estàndard de 1'0; trobant-se entre el 2'9% i el 19'5% de la longitud total de l'avantbraç (IC 99%) (Taula 23). L'artèria recurrent radial s'ha vist que emet una mitja de 2'3 branques pel múscul braquiorradial amb un interval de 0 a 4 i una desviació estàndard de 1'2; aquestes branques s'han observat entre el 5'4% i el 17'2% del total de la longitud de l'avantbraç (IC 99%) (Taula 25).

5.3.1.7- Comunicacions de les artèries implicades

En relació a l'estudi sobre la constància de comunicacions entre les artèries d'origen de les perforants de la pell lateral de l'avantbraç, les branques d'irrigació de la branca sensitiva del nervi radial i les branques de vascularització del múscul braquiorradial, ens hem centrat en l'artèria recurrent radial ja que aquesta és el principal vas implicat que clínicament es podria pedicular proximalment. Les comunicacions de l'artèria radial amb la resta d'artèries de l'avantbraç no s'han estudiat ja que no té rellevància clínica donat que en cas de realitzar-se aquest penjall compost seria per defectes nerviosos de troncs principals proximals associats a defectes de funció muscular bàsics de l'extremitat superior, que no inclouen les

funcions complexes de la mà. Per tant, clínicament no té sentit pedicular distalment aquest penjall.

D'aquesta manera, s'ha observat que l'artèria recurrent radial s'anastomosa amb l'artèria col·lateral radial només en un 20% dels casos, sent aquesta anastomosi a través d'un vas de molt petit calibre quan es troba present (Taula 29, Fig. 4.50).

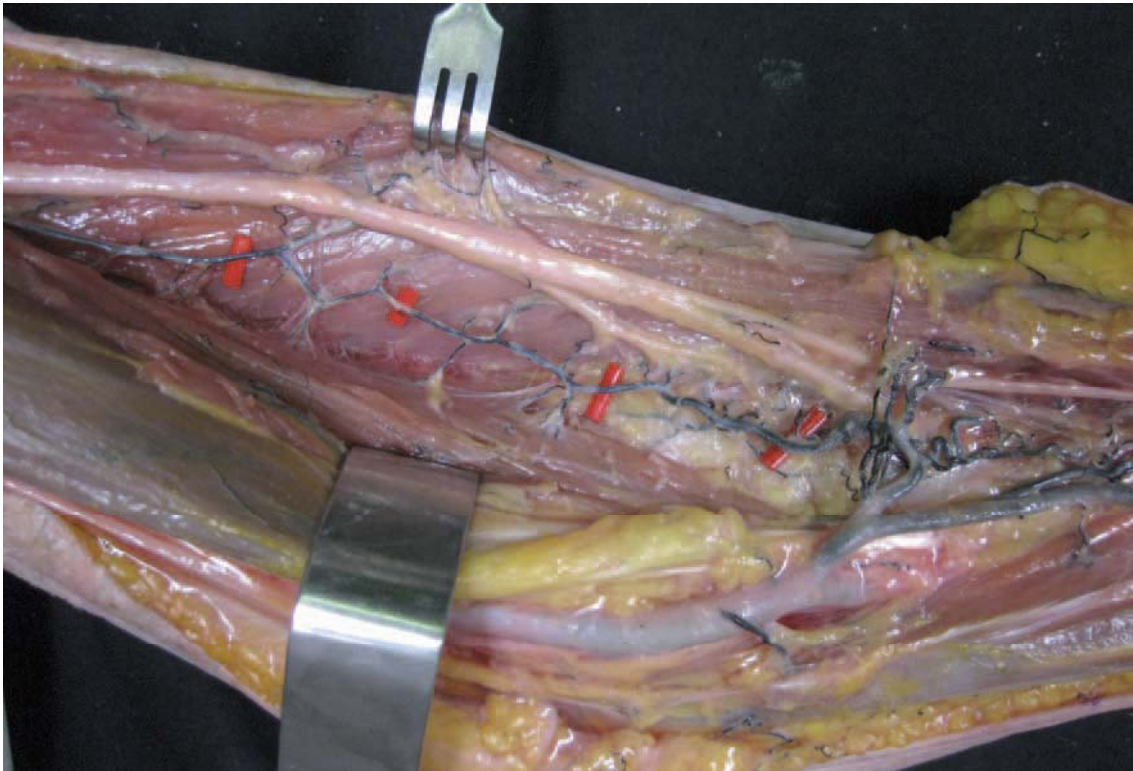


Fig. 5.50: Dissecció de la cara anterior del colze amb l'artèria recurrent radial marcada amb vessel-loops vermells entre el braquial i el braquiorradial.

5.3.1.8- Presència de venes concomitants

En quant a l'estudi de la presència de venes concomitants a les perforants de la pell lateral de l'avantbraç, les branques de vascularització de la branca sensitiva del nervi radial i les del múscul braquiorradial, s'ha percebut en el 100% dels casos existeixen venes concomitants; i que aquestes, en el 100% dels casos drenen a les

venes concomitants de les artèries radial i recurrent radial (Taula 30; Fig. 5.51).

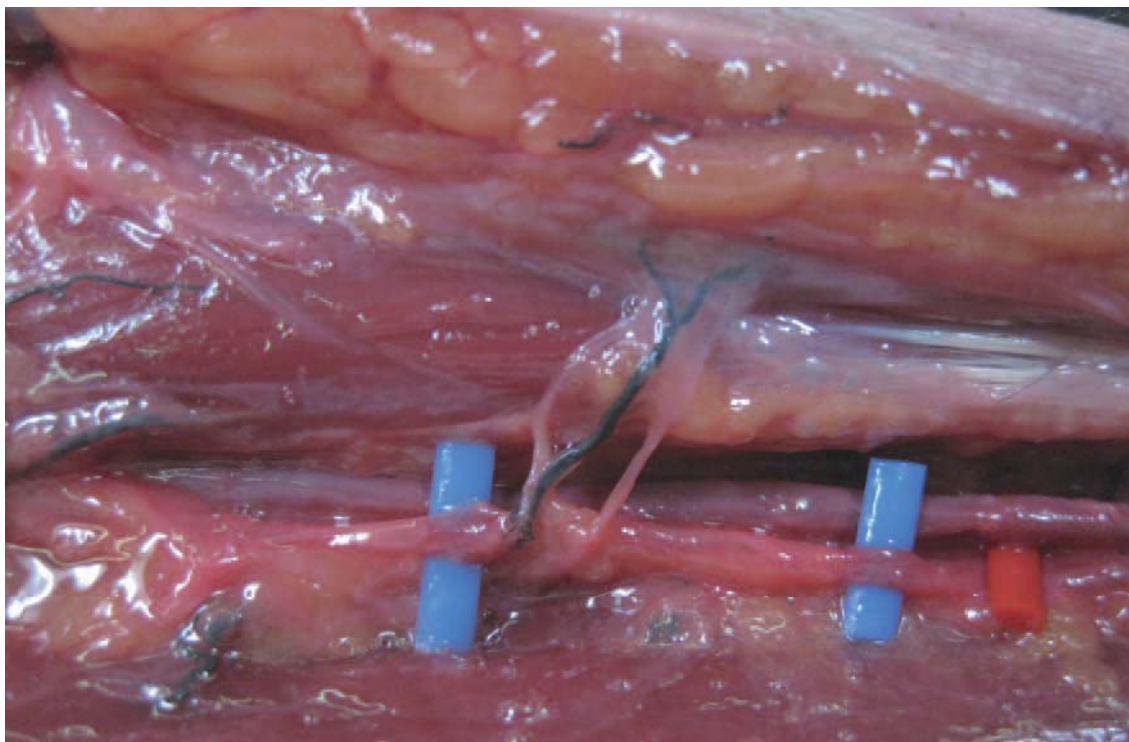


Fig. 5.51: Dissecció d'una perforant de la pell lateral de l'avantbraç amb les seves venes concomitants (vessel-loops blaus).

5.3.1.9- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

En referència a la possibilitat de fer un penjall cutani sensible s'ha vist que el nervi cutani avantbraquial lateral es pot localitzar en el 100% dels casos i s'ha pogut incloure dins el penjall en el 87% dels casos (Taula 31; Fig. 5.52). El nervi cutani avantbraquial posterior s'ha pogut incloure en el penjall en el 20% dels casos, un dels quals és un cas en que no s'havia pogut aïllar el nervi cutani avantbraquial lateral. D'aquesta manera el penjall cutani es podria fer sensible en el 93% dels casos.

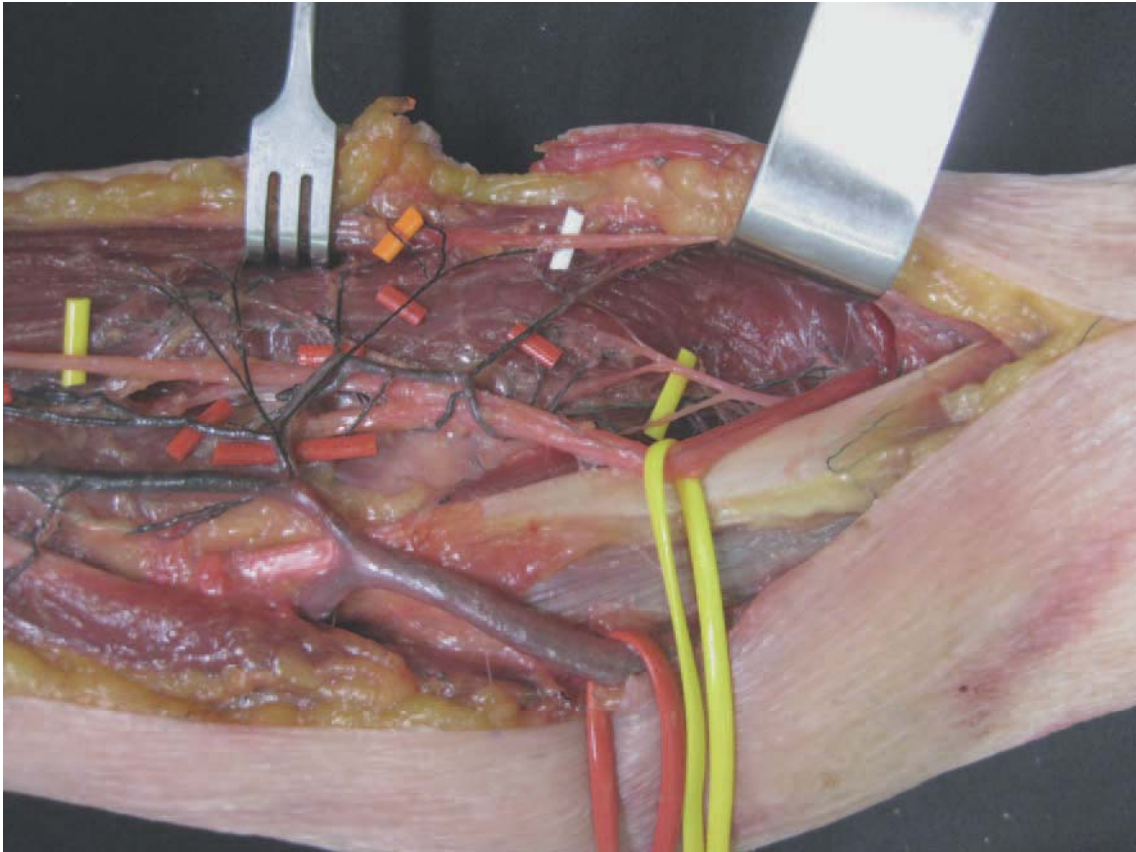


Fig. 5.52: Dissecció del penjall lateral de l'avantbraç innervat pel nervi cutani avantbraquial lateral (vessel-loop blanc). El nervi radial encintat en groc i la branca sensitiva del nervi radial marcada amb vessel-loops gracs. Perforants a la pell marcades amb vessel-loops vermells. Artèria braquial encintada en vermell.

5.3.2- HISTOLOGIA

En l'estudi histològic hem observat que la branca sensitiva del nervi radial, en el seu origen en el canal bicipital extern, a partir d'on pot ser pres com a empelt nerviós, presenta 4'1 fascicles de mitja, amb un interval de 1 i 8 i una desviació estàndard de 1'5 (Taula 32; Fig. 5.53 i 5.55).

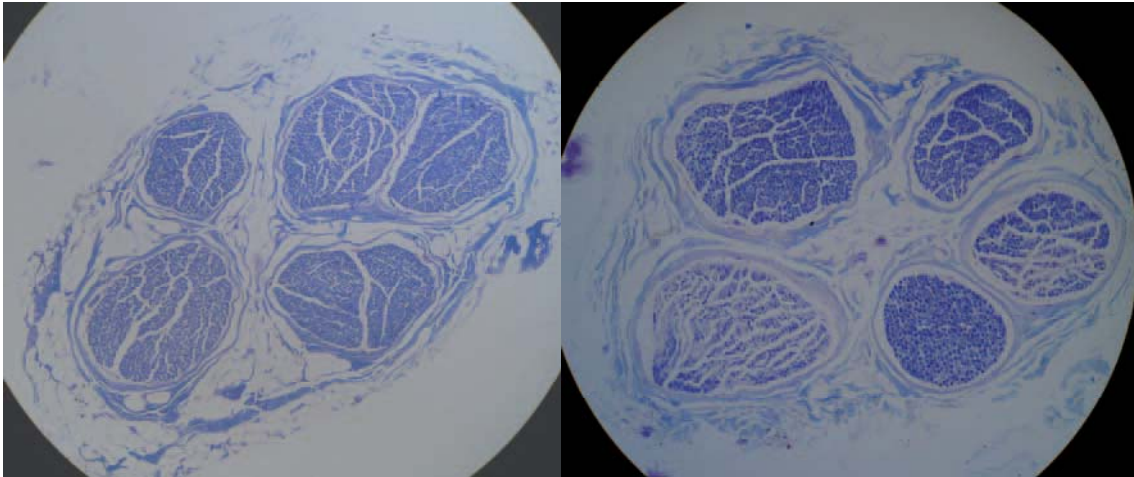


Fig. 5.53: Dos talls histològics de l'extrem proximal de la branca sensitiva del nervi radial tenyits amb Luxol Fast Blue.

En el canell, on la branca sensitiva del nervi radial es divideix en les seves branques terminals que es distribueixen per el dors de la meitat radial de la mà, hem trobat que té 7'1 fascicles de mitja, amb un interval de 3 i 9 i una desviació estàndard de 1'8 (Taula 32; Fig. 5.54 i 5.55).

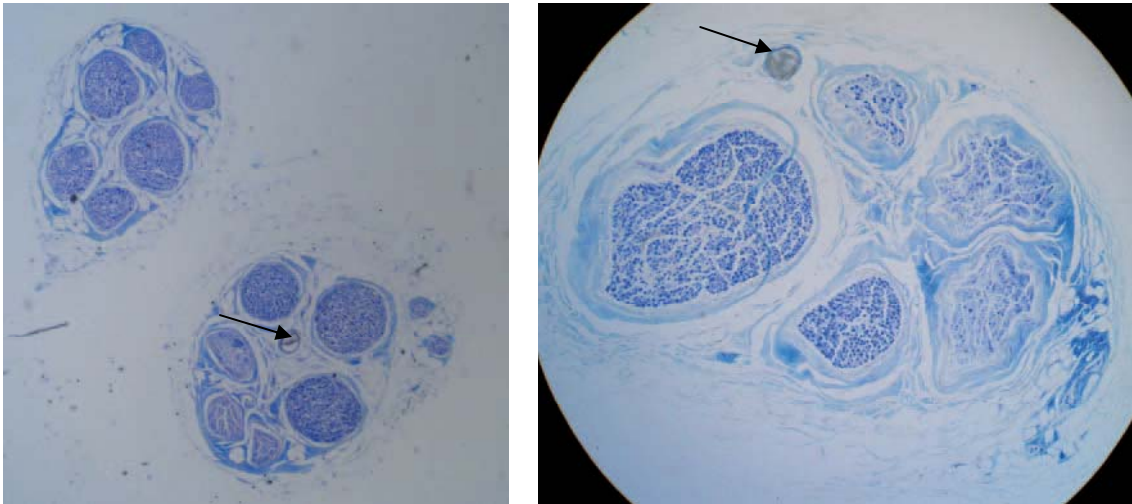


Fig. 5.54: Dos talls histològics de l'extrem distal la branca sensitive del nervi radial tenyits amb Luxol Fast Blue. La fletxa senyala un *vasa nervorum* injectat amb làtex negre.

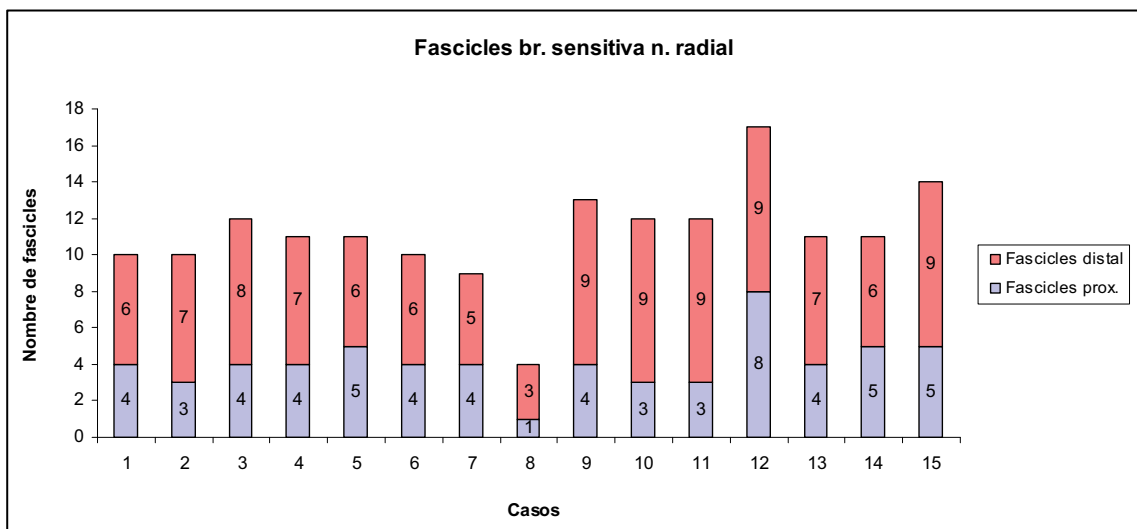


Fig. 5.55: Diagrama de barres dels fascicles de l'extrem proximal i distal de la branca sensitive del nervi radial.

6. DISCUSSIÓ

6.1- Penjall compost de nervi cubital i pell medial del braç

6.1.1- Dissecció

6.1.1.1- Vascularització del nervi cubital

6.1.1.2- Característiques de les artèries implicades

6.1.1.3- Presència de venes concomitants

6.1.1.4- Vascularització de la pell medial del braç

6.1.1.5- Comunicacions de les artèries implicades

6.1.1.6- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

6.1.1.7- Possibilitat de realitzar penjalls compostos

6.1.2- Histologia

6.2- Penjall compost de nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral del braç i avantbraç

6.2.1- Dissecció

6.2.1.1- Vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral

6.2.1.2- Característiques del nervi cutani avantbraquial lateral

6.2.1.3- Vascularització de la pell lateral del braç i avantbraç

6.2.1.4- Característiques de les artèries implicades

6.2.1.5- Comunicacions de les artèries implicades

6.2.1.6- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

6.2.1.7- Presència de venes concomitants

6.2.1.8- Possibilitat de realitzar penjalls compostos

6.2.2- Histologia

6.3- Penjall compost de la branca sensitiva del nervi radial i la pell lateral de l'avantbraç

6.3.1- Dissecció

6.3.1.1- Vascularització de la branca sensitiva del nervi radial

6.3.1.2- Característiques de les artèries implicades

6.3.1.3- Presència de venes concomitants

6.3.1.4- Vascularització de la pell lateral de l'avantbraç

6.3.1.5- Comunicacions de les artèries implicades

6.3.1.6- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

6.3.1.7- Vascularització del múscul braquiorradial

6.3.1.8- Possibilitat de realitzar penjalls compostos

6.3.1.9- Innervació del múscul braquiorradial

6.3.1.10- Característiques del nervi radial

6.3.2- Histologia

6.1 PENJALL COMPOST DE NERVI CUBITAL I PELL MEDIAL DEL BRAÇ

6.1.1- DISSECCIÓ

Per a valorar el disseny de penjalls compostos de nervi cubital i pell de la cara interna del braç és necessari determinar de manera precisa la distribució anatòmica de les artèries que irriguen aquestes dues estructures i valorar el seu origen vascular comú.

6.1.1.1- Vascularització del nervi cubital

En relació a la vascularització del nervi cubital, *Xu*²¹⁸ i *Hattori*⁶⁹ refereixen que l'artèria col·lateral cubital superior pot irrigar la totalitat del nervi a través de les branques que emet en la regió del colze. *Prevel*¹⁵⁰ al 1993 ja havia referit que les dues principals artèries que emeten vasos de major calibre i de forma més constant pel nervi cubital són l'artèria col·lateral cubital superior i l'artèria recurrent cubital posterior. No obstant, aquests autors no havien determinat la freqüència amb la que participa cada artèria ni el percentatge de vasos procedents de les diferents artèries.

En el total de les preparacions del nostre estudi hem trobat que l'artèria col·lateral cubital vascularitza el nervi cubital en el 100% dels casos, aportant el 72% de les

artèries d'irrigació d'aquest nervi. La resta de vasos que emeten branques de vascularització pel nervi cubital són l'artèria recurrent cubital que hi participa en el 47% dels casos, enviant el 18% de les branques pel nervi cubital; i l'artèria col·lateral cubital inferior que hi col·labora en el 13% dels casos sent l'origen del 10% del vasos d'irrigació del nervi.

6.1.1.2- Característiques de les artèries implicades

Donat que el nervi cubital està vascularitzat majoritàriament per branques de l'artèria col·lateral cubital superior hem profunditzat l'estudi d'aquesta artèria. La mitja de vasos procedents d'aquesta artèria pel nervi cubital en un espècimen ha resultat de 1,9 amb un interval d'1 a 5 amb una desviació estàndard de 0'9.

Per tal de considerar aquest nervi com a empelt nerviós vascularitzat lliure s'ha mesurat el diàmetre mig de l'artèria col·lateral cubital superior en el seu origen en l'artèria braquial i la seva longitud fins a l'emissió de la primera branca pel nervi cubital. El diàmetre mig ha estat de 2'2 mm, amb un interval de 1'3 a 3'3 mm i una desviació estàndard de 0'06. La longitud mitja del pedicle ha resultat de 9,0 cm amb un interval de 1'5 a 16 cm i una desviació estàndard de 3'5. Aquestes mesures no havien estat recollides per cap dels autors previs.

De totes maneres és important tenir en compte que aquests diàmetres han estat mesurats en artèries injectades amb làtex. En el pacient viu, aquestes dades poden ser majors per la pressió arterial o menors pel vasoespasme per la manipulació de les artèries.

Tampoc existeixen dades prèvies sobre el punt d'emissió de les diferents branques respecte a un punt fix. En el nostre estudi hem comprovat que la majoria de branques pel nervi cubital surten entre el 12% i el 44% de la longitud total del braç (IC 99%). Aquestes són dades de seguretat quirúrgica per a determinar on es troben amb major probabilitat les artèries que vascularitzen el nervi cubital i d'aquesta manera facilitar l'execució de la cirurgia. De totes maneres, és recomanable la seva localització prequirúrgica per ecodoppler.

6.1.1.3- Presència de venes concomitants

Per assegurar el retorn venós de l'empelt nerviós vascularitzat *Künzel*⁸⁹ i *Hattori*⁶⁹ defineixen la presència de venes concomitants, paral·leles als pedicles arterials sense determinar la seva freqüència.

Nosaltres, coincidint amb aquests autors, hem trobat que en un 93% dels casos les artèries d'irrigació del nervi cubital van acompanyades de venes concomitants i que aquestes, en un 86% drenen a les venes concomitants de l'artèria col·lateral cubital superior per, en els casos de prendre aquest nervi com a empelt lliure vascularitzat, poder realitzar l'anastomosi venosa.

6.1.1.4- Vascularització de la pell medial del braç

Referent a la vascularització de la pell de la cara medial del braç, *Matloub*¹¹⁶ refereix que aquesta depèn de forma constant de l'artèria col·lateral cubital superior.

Contràriament, *Mattar*¹¹⁷ refereix una absència total de branques d'aquesta artèria per a la pell de la regió interna del braç. Mentre que *Breidenbach*³¹ i *Gao*⁵⁸ determinen que l'artèria col·lateral cubital superior participa en la vascularització d'aquesta pell en un 80% i 87'5% respectivament. Així mateix, *Le Huec*⁹³ i *Karamürsel*⁸² estableixen una participació variable d'aquesta artèria en la vascularització de la pell d'aquesta regió sense especificar els percentatges.

En el nostre estudi, en canvi, hem determinat que l'artèria col·lateral cubital superior participa en la vascularització de la pell medial del braç en el 86% dels casos, però només emet el 28% del total de perforants dissecades per a aquesta pell. Segons el nostre treball l'artèria més freqüentment implicada és l'artèria braquial que hi contribueix en el 93% dels espècimens, donant origen al 42% de les perforants. La resta d'artèries que hi col·laboren són l'artèria col·lateral cubital inferior en el 43% dels casos que emet el 12% de les perforants, l'artèria recurrent cubital posterior en el 21% de les disseccions que dona el 6% de les perforants, l'artèria cubital en el 7%, sent l'origen de l'1% de les perforants i branques musculars pel bíceps i el tríceps en el 14% i 7% respectivament que aporten conjuntament el 5% de les perforants a la pell medial del braç. No hem trobat dades prèvies sobre el punt d'emissió d'aquestes branques, que en el nostre estudi s'han trobat entre el 14'8% i el 51'6% de la longitud total del braç (IC 99%).

L'artèria col·lateral cubital mitja s'ha trobat en 3 espècimens (20% dels casos), però només en dos d'ells participa en la vascularització de la pell medial del braç (66% dels casos), donant el 6% de les perforants per a aquesta pell.

D'aquesta manera, segons els nostres resultats no és possible la realització de penjalls lliures de la pell de la cara medial del braç donat que la majoria de perforants

procedeixen de l'artèria braquial. Així, la vascularització d'aquesta zona només permet l'ús d'aquesta pell per a penjalls pediculats o tipus "propeller".

6.1.1.5- Comunicacions de les artèries implicades

Així, hem estudiat les anastomosis de l'artèria col·lateral cubital superior amb la resta d'artèries que formen la xarxa periarticular per tal d'utilitzar la pell de la regió interna del braç com a penjall pediculat tant a proximal com a distal. Hem determinat que l'artèria col·lateral cubital superior s'anastomosa en un 13% dels casos amb la branca anterior de l'artèria col·lateral cubital inferior, en un 67% dels casos amb la branca posterior de l'artèria col·lateral cubital inferior, en un 7% dels casos amb la branca anterior de l'artèria recurrent cubital i en un 47% dels casos amb la branca posterior d'aquesta artèria.

Açò permet la secció de l'artèria col·lateral cubital superior i pedicular el penjall cutani i nerviós a través de la branca posterior de l'artèria col·lateral cubital inferior en més de la meitat dels casos. *Testut*²⁰⁴, *Rouvière*¹⁶³ i *Moore*¹³⁰ refereixen que l'artèria col·lateral cubital superior s'anastomosa de manera constant amb l'artèria recurrent cubital posterior. *Gray*⁶² i *Llusá*⁹⁹ defineixen l'anastomosi de l'artèria col·lateral cubital superior, a més d'amb l'artèria recurrent cubital posterior, amb l'artèria col·lateral cubital inferior. Cap d'ells especifica els percentatges d'aquestes unions. Així, podem determinar que els nostres resultats són comparables amb els de la resta d'autors clàssics d'anatomia.

6.1.1.6- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

Degut que en ocasions és necessària la realització de penjalls cutanis sensibles hem estudiat la possibilitat d'incloure nervis cutanis en el penjall de la pell medial del braç. Hem trobat que en un 86% dels espècimens dissecats s'ha pogut localitzar el nervi cutani braquial medial i d'aquests, en un 83% s'ha pogut aïllar en el penjall cutani. El nervi cutani avantbraquial medial s'ha localitzat en un 93% del total de preparacions i d'aquests, en un 77% s'ha pogut incloure en el penjall. Els autors previs no fan referència a aquestes dades.

6.1.1.7- Possibilitat de realitzar penjalls compostos

En relació a la possibilitat de fer penjalls combinats de la pell de la cara medial del braç i nervi cubital per casos en que és necessària una recuperació funcional associada a una cobertura cutània, no existeixen dades prèvies. En la nostra sèrie és factible la realització segura d'aquest penjall compost ja que la vascularització d'aquestes dues estructures pot tenir un origen comú. El nervi cubital està vascularitzat per branques procedents de l'artèria col·lateral cubital superior en el 100% de les preparacions estudiades, sent el vas d'origen del 72% de les artèries de vascularització d'aquest nervi. L'artèria més freqüentment implicada en la vascularització de la pell de la cara medial del braç és l'artèria braquial, que ho fa en el 93% dels casos, encara que només emet el 42% de les perforants per a aquesta pell. L'artèria col·lateral cubital superior intervé en el 86% dels espècimens dissecats, aportant el 28% de les perforants a aquesta pell.

6.1.2- HISTOLOGIA

La topografia fascicular del nervi cubital ha estat molt estudiada (*Sunderland*¹⁸⁹, *Watchmaker*²¹⁴, *Williams*²¹⁶) per l'aplicació clínica, entre d'altres, en la tècnica d'Oberlin.

*Sunderland*¹⁸⁹ troba que la secció més llarga del nervi cubital amb un patró fascicular constant és de 18 mm, dividit en entre un i cinc fascicles. Habitualment se'n troben un o dos més gruixat associats a vegades a entre un i tres fascicles satèl·lit més petits.

Segons *Llusá*¹⁰⁰ l'anatomia intraneural del nervi cubital és bastant constant. En els terços proximal i mig del braç, el nervi cubital presenta un patró polifascicular per acabar formant grups fasciculars en el terç distal del braç. En aquesta regió anatòmica el nervi cubital presenta entre tres i quinze fascicles, amb una mitja de nou, poc definits amb moltes comunicacions interfasciculars sense poder-se distingir fascicles només motors o sensitius. En el túnel cubital es pot diferenciar un grup fascicular pel múscul flexor cubital del carp en la part posteroexterna i pel flexor profund dels dits en la regió posterior del nervi. Finalment, en la regió mitja de l'avantbraç s'aprecia un grup fascicular dorsomedial del que es desprèn la branca cutània dorsal i la resta del nervi és polifascicular, amb fibres motores i sensitives.

En el nostre estudi, ens hem centrat només en el nombre de fascicles del nervi cubital en el terç mig del braç i terç proximal de l'avantbraç, punts on es seccionaria el nervi per ser pres com a empelt. Proximalment, hem trobat que presenta de mitja 7'3 fascicles amb un interval de 2 i 14 i una desviació estàndard de 3'7. Distalment, hem

observat que el nervi cubital té una mitja de 10'7 fascicles amb un interval de 6 i 19 i una desviació estàndard de 5'8. Aquestes dades són semblants i comparables a les trobades per *Llusá*¹⁰⁰.

6.2 PENJALL COMPOST DE NERVI CUTANI AVANTBRAQUIAL LATERAL I PELL LATERAL DEL BRAÇ I AVANTBRAÇ

6.2.1- DISSECCIÓ

La determinació de la distribució anatòmica precisa i acurada de les artèries que irriguen la pell lateral del braç i avantbraç i el nervi cutani avantbraquial lateral és imprescindible per a valorar el disseny de penjalls compostos d'aquestes dues estructures.

6.2.1.1- Vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral

En quant a la vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral, branca terminal del nervi musculocutani, *Hong et al.*⁷³ determinen que el nervi musculocutani en el braç rep petits vasos procedents de les artèries nutrícies musculars del bíceps i braquial, sense especificar el nombre ni els percentatges; en l'avantbraç on es converteix en el nervi cutani avantbraquial lateral, l'aportament vascular li arriba de la xarxa arterial suprafascial procedent de l'artèria radial.

En el nostre estudi s'ha trobat que en la vascularització del nervi cutani

avantbraquial lateral en l'avantbraç, l'artèria radial hi participa en el 87% dels casos i dóna origen al 39% dels vasos d'irrigació d'aquest nervi. Per la seva banda, l'artèria recurrent radial participa en la vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral en l'avantbraç en el 60% dels casos sent el tronc d'origen del 16% dels vasos per al nervi. En el braç, en el 40% de les disseccions s'ha vist que artèries musculars del braquial també irriguen el nervi musculocutani emetent el 21% del total dels vasos per al nervi. Branques musculars del bíceps braquial també participen en la vascularització d'aquest nervi en el 33% de les disseccions però sent l'origen només de l'11% dels vasos per al nervi. Finalment, l'artèria braquial també participa en la vascularització del nervi musculocutani en el 33% donant origen al 13% dels vasos per a aquest nervi.

Hem trobat que el nervi cutani avantbraquial lateral rep una mitja de 3'6 branques de vascularització amb un interval de 2 a 6 i una desviació estàndard d'1'3 que s'han trobat amb un interval de confiança del 99% entre el 5'2 i el 42% de la longitud total de l'avantbraç. Cap d'aquestes dades no havien estat publicades en els treballs previs.

6.2.1.2- Característiques del nervi cutani avantbraquial lateral

Profunditzant en les característiques del nervi cutani avantbraquial lateral, *Sunderland et al.*¹⁹¹ van determinar les propietats anatòmiques dels nervis on determina que aquest nervi té una secció circular o oval amb un diàmetre d'entre 1 i 2 mm i que immediatament després de perforar la fàscia superficial avantbraquial es divideix en dues branques terminals, una anterior i una posterior. En el seu estudi no inclou la determinació del lloc on el nervi perfora la fàscia superficial i on emet la

darrera branca motora, que fixaria el punt a partir del qual es pot obtenir l'empelt nerviós. De totes maneres, *Sunderland et al.*¹⁹¹ especifica que es pot extreure un empelt nerviós d'entre 7 i 20 cm de longitud.

En el nostre treball, s'ha observat que el nervi cutani avantbraquial lateral apareix en la vora radial del tendó del bíceps i perfora la fàscia superficial a una distància mitja de 2'8 cm proximals a l'epicòndil lateral de l'húmer amb un interval de 0 i 5'71 cm amb una desviació estàndard de 2'0. La darrera branca motora que emet el nervi musculocutani s'ha vist que és pel múscul braquial en el 93% dels espècimens dissecats i en el 7% dels casos, significant un sol cas, és pel múscul bíceps braquial. Aquesta darrera branca motora s'ha trobat a una mitja de 12'8 cm proximals a l'epicòndil lateral amb un interval de 5'80 i 17'90 cm i una desviació estàndard de 3'0. Cap d'aquestes dades ha estat reportada en la literatura revisada.

A més a més, en el nostre estudi s'ha observat que el nervi cutani avantbraquial lateral es divideix en una mitja de 4'4 branques terminals amb un interval de 2 a 7 i una desviació estàndard de 1'4. D'aquestes branques, en el 73% dels espècimens, almenys una s'emet abans de que el nervi perfori la fàscia superficial i es faixi subcutani.

6.2.1.3- Vascularització de la pell lateral del braç i avantbraç

En referència a la vascularització de la pell lateral del terç distal del braç *Cormack et al.*⁴¹ refereixen que prové de l'artèria col·lateral radial i l'artèria col·lateral mitja a través de diverses perforants fasciocutànies, encara que especifiquen que l'artèria

col·lateral radial s'encarrega més de la vascularització dels músculs braquiorradial i braquial i el nervi radial i emet poques perforants a la pell. En canvi, l'artèria col·lateral mitja, segons aquests autors és la principal implicada en l'aportament vascular d'aquesta zona cutània, emetent aproximadament cinc petites perforants fasciocutànies. Per la seva banda, *Rivet*¹⁵⁹ determina que la principal artèria implicada és l'artèria braquial profunda a través de les seves dues artèries terminals, l'artèria col·lateral radial i l'artèria col·lateral mitja. Segons aquest autor, aquesta bifurcació de l'artèria braquial profunda es pot fer de cinc maneres diferents: A) en el compartiment anterior del braç després de travessar el septe intermuscular, que és el més freqüent, B) en el compartiment posterior on l'artèria col·lateral radial acompanya al nervi radial i l'artèria col·lateral mitja segueix en el compartiment posterior, C) en el punt on travessa el septe intermuscular, D) absència de divisió de l'artèria, que segueix el trajecte del nervi radial i E) doble bifurcació, una en el compartiment anterior i una en el posterior. *Rivet*¹⁸⁰ no especifica en el seu estudi quantes perforants es troben ni els punts on es localitzen amb més freqüència.

*Song*¹⁸¹ va reportar un penjall de la pell lateral del braç basat en l'artèria col·lateral radial; al mateix temps que *Katsaros*⁸⁴ va publicar la possibilitat de dissenyar un penjall de la pell de la cara lateral del braç basat en l'artèria col·lateral mitja. Cap d'aquests dos autors va presentar un estudi anatòmic de l'artèria i la seva contribució a la vascularització d'aquesta pell. *Song*¹⁸¹ només determina que el pedicle vascular del penjall pot tenir un diàmetre de com a mínim 1 mm i una longitud màxima de 7-8 cm, encara que *Moffett*¹²⁹ va publicar una sèrie de casos on aconseguia una longitud del pedicle de fins a 13 cm extenent la dissecció de l'artèria braquial profunda en el canal de torsió de l'húmer.

Per altra banda, en quant a la vascularització de la pell del terç proximal de l'avantbraç, hi ha consens entre *Lamberty et al.*⁹¹ i *Thomas*²⁰⁷ en que prové de l'artèria radial. *Inoue et al.*⁸⁰, van determinar que a part de la contribució de l'artèria radial a través de perforants que emergeixen en el septe intermuscular entre el braquiorradial i el pronador rodó proximalment i entre el braquiorradial i el flexor radial del carp distalment, també participa l'artèria recurrent radial, les perforants de la qual surten travessant el múscul braquiorradial. *Lamberty et al.*⁹¹ afegeixen que es troba una sola perforant de gran calibre en la zona proximal de forma constant que anomenen artèria cubital inferior amb un diàmetre d'entre 0'5 i 1 mm, que dóna aportament vascular a la musculatura del compartiment lateral de l'avantbraç i al nervi cutani avantbraquial lateral.

En el nostre treball hem estudiat la vascularització de la pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç ja que aquesta és la zona on el nervi cutani avantbraquial lateral es fa superficial i encara no s'ha ramificat en les seves diverses branques que acaben a la pell i per tant és la zona on podria ser pres com a empelt nerviós vascularitzat. Hem trobat que l'artèria que hi participa amb més freqüència és l'artèria radial que s'hi troba implicada en el 67%, encara que només dóna origen al 14% de les perforants de la zona. L'artèria recurrent radial que participa en el 60% dels casos emet el 15% de les perforants d'aquesta regió. L'artèria col·lateral radial participa en el 93% dels espècimens dissecats emetent el 31% de les perforants, que es troben en la regió més posterior del terç distal del braç; en canvi, en aquesta regió més posterior del terç proximal de l'avantbraç hem observat que es troben perforants procedents de l'artèria recurrent interòssia en el 73% dels casos, sent l'origen del 24% d'aquests vasos. L'artèria braquial hem observat que participa en el 33% dels casos

emetent només el 6% de les perforants. Artèries musculars del bíceps braquial emeten perforants a la pell d'aquesta zona en el 40% del espècimens dissecats sent l'origen del 8% dels vasos per la pell d'aquesta zona. Finalment, la resta de perforants que hem trobat provenen d'artèries musculars del braquial i braquiorradial que participen només en el 7% dels casos i emeten l'1% de les perforants dissecades.

Per tant, els nostres resultats coincideixen només parcialment amb la bibliografia publicada prèviament ja que hem trobat que a part de l'artèria col·lateral radial en el braç i l'artèria radial i recurrent radial en l'avantbraç, que són les més freqüentment implicades, però no les que més perforants emeten, hi participen altres artèries, com són l'artèria recurrent interòssia, l'artèria braquial i artèries musculars del bíceps, braquial i braquiorradial. L'artèria que segons els nostres resultats no intervé en la vascularització de la pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç és l'artèria col·lateral mitja. Hem trobat que aquesta pell lateral rep una mitja de 5'5 artèries perforants amb un interval d'1 a 10 i una desviació estàndard de 2'9 que es troben amb un interval de confiança del 99% entre el 7'8 i el 27'2% de la longitud total del braç. Cap d'aquestes dades no havien estat reportades en els estudis previs.

A més, s'ha observat que en el 66% dels casos, almenys una de les perforants a la pell també vascularitza el nervi cutani avantbraquial lateral. Aquestes perforants s'han vist que procedeixen de l'artèria radial, l'artèria recurrent radial, l'artèria braquial o una artèria muscular del bíceps. Concretament, aquesta situació s'ha complert en el 40% dels espècimens dissecats en el cas de l'artèria radial i en un 33% de les disseccions en el cas de l'artèria recurrent radial. Aquestes dades tampoc s'han trobat en la bibliografia prèvia.

6.2.1.4- Característiques de les artèries implicades

Aprofundint en les característiques de les principals artèries implicades en la vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral i la pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç, ens hem centrat en l'artèria radial i l'artèria recurrent radial, deixant de banda l'artèria col·lateral radial, que encara que participa en un percentatge important en la vascularització de la pell d'aquesta zona, no emet cap vas d'irrigació pel nervi cutani avantbraquial lateral. *Thomas et al.*²⁰⁷ refereixen que l'artèria recurrent radial supleix la zona lateral del colze a través de 2 ± 1 perforants musculocutànies/septocutànies vascularitzant una àrea de $55 \pm 27 \text{ cm}^2$ i un pedicle de $3'7 \pm 1'8 \text{ cm}$ de longitud. Segons aquests autors, el territori irrigat per l'artèria radial és la meitat lateral de l'avantbraç, trobant-se una mitja de 5 perforants amb un interval d'entre 4 i 7 artèries perforants. L'àrea suplerta per aquesta artèria és de $80 \pm 68 \text{ cm}^2$ i el pedicle vascular és de $3'2 \pm 2'5 \text{ cm}$. *Mathes et al.*¹¹⁴ citen que l'artèria recurrent radial té un pedicle d'entre 2 i 3 cm amb un diàmetre d'entre 0'8 i 1 mm.

*Cormack et al.*⁴¹ descriuen que l'artèria radial emet una sèrie de perforants al llarg del septe intermuscular entre el braquiorradial i el flexor radial del carp. En la zona distal una o dues d'aquests perforants es poden trobar en el interval entre els tendons del flexor radial del carp i el flexor superficial dels dits. Segons aquests autors, aquestes perforants es distribueixen a nivell de la fàscia profunda formant un plexe que acaba distribuint-se per la pell de la zona. En la zona més proximal de l'avantbraç, les perforants, inclosa l'anomenada artèria cubital inferior, es distribueixen

predominantment en direcció longitudinal a l'eix de l'extremitat, contràriament al que passa en la zona distal, on l'orientació és sobretot transversa. Aquestes perforants procedents de l'artèria radial irriguen gran part de la pell anterior de l'avantbraç. En quant a l'artèria recurrent radial, *Cormack et al.*⁴¹ van anotar que emet diverses perforants per a la pell d'aquesta regió que emergeixen entre el múscul braquial i braquiorradial. Aquests autors no van apuntar el nombre d'aquestes perforants ni la seva localització.

En el nostre treball hem observat que l'origen de l'artèria radial es troba a 2'3 cm proximals a l'epicòndil humeral lateral amb un interval de 5'0 cm distals a aquesta referència òssia i 25 cm proximals amb una desviació estàndard de 9'4. En el seu origen té un diàmetre mig en el seu origen de 3'9 mm amb un interval de 2'0 i 6'0 mm i una desviació estàndard de 1'0. La longitud de l'artèria radial des del seu origen fins a l'emissió de l'artèria recurrent radial s'ha trobat que és de 4'2 cm de mitja, amb un interval de 0'0 i 21'0 cm i una desviació estàndard de 7'6. La longitud del pedicle des del seu origen fins a l'emissió de la primera perforant per a la pell lateral del braç i avantbraç s'ha observat que és de 3'6 cm de mitja amb un interval de 0'0 i 20'6 cm i una desviació estàndard de 6'2. La longitud del pedicle des de l'origen de l'artèria radial fins a l'emissió de la primera branca per al nervi cutani avantbraquial lateral s'ha vist que es troba a 5'9 cm de mitja amb un interval de 0'0 i 20'6 cm i una desviació estàndard de 8'0.

Aquestes desviacions estàndard tan elevades són degudes a tres casos de divisió alta de l'artèria braquial. Descartant aquests tres casos, l'origen de l'artèria radial s'ha trobat a 2'2 cm de l'epicòndil lateral de l'húmer en direcció proximal amb un interval de 1'4 cm proximals i 5'0 cm distals a aquesta referència òssia i una desviació

estàndard de 1'7. La longitud de l'artèria radial des del seu origen fins a l'emissió de l'artèria recurrent radial és de 1'1 cm amb un interval de 0'0 a 5'0 cm en direcció distal des de l'epicòndil lateral i una desviació estàndard de 1'6. La longitud del pedicle de l'artèria radial des del seu origen fins a l'emissió de la primera perforant a la pell lateral del braç i avantbraç ha estat de 1'7 cm amb un interval de 0'0 i 4'2 cm i una desviació estàndard de 1'6. Finalment, la longitud del pedicle de l'artèria radial des del seu origen fins a l'emissió de la primera branca pel nervi cutani avantbraquial lateral ha estat de 3'0 cm un interval de 0'0 a 10'0 cm amb una desviació estàndard de 3'1.

Per altra banda, l'arteria recurrent radial s'ha trobat que té un diàmetre mig en el seu punt d'origen de 2'4 mm amb un interval de 1'7 i 3'0 mm i una desviació estàndard de 0'4. La longitud del pedicle des del seu origen en l'artèria recurrent radial fins a l'emissió de la primera perforant per a la pell lateral del braç i avantbraç és de 0'8 cm de mitja amb un interval de 0'07 a 2'39 cm i una desviació estàndard de 0'8. Per últim, la longitud del pedicle d'aquesta artèria des del seu origen fins a l'emissió de la primera branca per al nervi cutani avantbraquial lateral és de 1'3 cm de mitja amb un interval de 0'07 a 6'4 cm i una desviació estàndard de 2'0.

Així mateix, és important tenir en compte que els diàmetres de les artèries implicades han estat mesurats en vasos injectats amb làtex. En el pacient viu, aquestes dades poden ser majors per la pressió arterial o menors pel vasoespasme per la manipulació de les artèries.

6.2.1.5- Comunicacions de les artèries implicades

Pels casos en que sigui possible realitzar un penjall pediculat, i d'aquesta manera evitar anastomosis microquirúrgiques, hem estudiat les anastomosis de l'artèria recurrent radial, ja que aquest és l'únic vas implicat en la vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral i la pell lateral de l'avantbraç i braç, i per tant permetria clínicament realitzar un penjall compost pediculat proximalment. Pedicular un penjall distalment no tindria rellevància clínica ja que aquests penjalls compostos serien per a la reconstrucció de grans troncs nerviosos associats a defectes de cobertura en la zona proximal de l'extremitat superior. L'artèria radial és l'altre vas important implicat en la vascularització d'aquestes estructures; en cas de basar el penjall en aquesta artèria i pedicular-lo proximalment només seria necessària la seva lligadura distalment sense ser necessària l'existència de cap anastomosi.

D'aquesta manera, tots els autors (*Testut*²⁰⁴, *Gray*⁶², *Cormack et al.*⁴¹, *Rouvière*¹⁶³, *Moore*¹³⁰, *Llusà*⁹⁹, *Thomas et al.*²⁰⁷) estan unànimement d'acord en que l'artèria recurrent radial s'anastomosa amb l'artèria col·lateral radial, encara que cap d'ells aporta cap dada ni de calibre dels vasos ni de percentatge en que es troba aquesta situació. Només *Cormack et al.*⁴¹ determinen que aquesta anastomosi es troba en dos terços dels casos a un punt aproximadament 3'5 cm proximal a l'epicòndil lateral (amb un interval entre 1'5 i 6'5 cm) a través de vasos d'aproximadament 0'3 mm de diàmetre; en el terç restant aquesta anastomosi es produeix a través de múltiples petits vasos, invisibles sense magnificació òptica.

En el nostre estudi, en canvi, s'ha vist que l'artèria recurrent radial s'anastomosa

amb la branca anterior de l'artèria col·lateral radial només en un sol cas de tots els espècimens dissecats, que representa un 7% de les disseccions realitzades. En quatre casos s'ha vist que l'artèria recurrent radial puja fins al terç distal del braç on acaba en múltiples branquetes que irriguen la pell suprajacent d'aquesta zona, i la musculatura tant del compartiment anterior com posterior del braç i el nervi radial.

De totes maneres, és important remarcar que habitualment sí que existeix una anastomosi entre la branca posterior de l'artèria col·lateral radial i l'artèria recurrent interòssia ja que aquesta és la base anatòmica del penjall fàsciocutani lateral del braç amb flux retrògrad.

6.2.1.6- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

En certes situacions és necessari un penjall cutani sensible, pel que hem estudiat la possibilitat d'incorporar el nervi cutani braquial o avantbraquial posterior, branca del nervi radial, en el penjall cutani. Ja *Song*¹⁸¹ al 1997 havia proposat utilitzar la pell de la zona lateral del braç com un penjall neurocutani incloent el nervi cutani braquial posterior o la branca sensitiva del nervi radial. *Katsaros*⁸⁴ al 1984 també va descriure un penjall fascioneurocutani de la pell lateral del braç basat en l'artèria col·lateral mitja en el que incorpora els nervis cutanis lateral inferior del braç i lateral de l'avantbraç. *Birbeck*²⁴ va proposar la incorporació del nervi cutani avantbraquial lateral en el penjall xinès basat en l'artèria radial.

Segons els resultats del nostre treball, el nervi cutani braquial o avantbraquial posterior s'ha pogut localitzar en el 100% de les disseccions i es pot incloure dins el

penjall cutani de pell lateral del braç i avantbraç en el 100% dels casos dissecats.

6.2.1.7- Presència de venes concomitants

Per assegurar el retorn venós del penjall de pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç *Rivet*¹⁵⁹ va apuntar que aquest penjall basat en l'artèria braquial profunda, té un drenatge venós tant per les venes concomitants de l'artèria com pel sistema venós superficial que acaba desembocant en la vena cefàlica. També anota que aquests dos sistemes s'anastomosen entre ells. *Birbeck*²⁴ en la descripció del penjall xinès va destacar que el retorn venós del penjall millora si s'hi inclou la vena cefàlica, encara que no va explicar el drenatge venós en cas de no incloure la vena cefàlica. *Cormack et al.*⁴¹ van descriure que el drenatge venós de la pell del penjall xinès i del penjall fàsciocutani basat en l'artèria radial es produeix tant pel sistema venós superficial com profund, però recomanen que el drenatge venós del penjall es dugui a terme a través del sistema superficial on el flux revers està dificultat per l'existència de vàlvules i la inexistència de comunicacions entre les venes concomitants profundes que permeten el by-pass de les vàlvules.

En el nostre estudi, hem revisat l'existència de venes concomitants a les perforants de cada una de les tres artèries més implicades en la vascularització del penjall. Així, hem observat que es troben venes concomitants a les perforants de l'artèria radial en el 93% dels casos i que aquestes drenen a les venes concomitants de l'artèria radial en el 100% de les disseccions. S'han localitzat venes concomitants a les perforants de l'artèria recurrent radial en el 91% dels espècimens que drenen a les

venes concomitants de l'artèria recurrent radial en el 82% dels casos. Finalment, s'han trobat venes concomitants a les perforants de l'artèria col·lateral radial en el 86% de les disseccions i aquestes desemboquen en les venes concomitants de l'artèria col·lateral radial en el 100% dels casos. De totes maneres, també s'ha pogut incloure en el penjall la vena cefàlica en el 100% dels casos, per tal de millorar el retorn venós del penjall.

En quant a la presència de venes concomitants a les artèries d'irrigació del nervi cutani avantbraquial lateral, s'ha observat que habitualment hi ha petites venes. Quan aquestes no hi són, es troben vècules amb segments inconstants que acaben drenant a les venes concomitants dels troncs arterials d'origen.

6.2.1.8- Possibilitat de realitzar penjalls compostos

En relació a la possibilitat de realitzar penjalls compostos de nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç pot ser factible si es basa en l'artèria radial o l'artèria recurrent radial ja que aquestes dues són els troncs d'origen de la vascularització d'aquestes dues estructures en més de la meitat dels casos. L'artèria radial vascularitza el nervi cutani avantbraquial lateral en el 87% de les preparacions, donant origen al 39% dels vasos i irriga la pell lateral del braç i avantbraç en el 67% de les disseccions, encara que només emet el 14% de les perforants per a aquesta pell. Per la seva banda, l'artèria recurrent radial participa en la vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral en el 60% dels casos, encara que només és l'origen del 16% dels vasos i vascularitza la pell lateral del braç i

avantbraç en el 60% dels casos, emetent només el 15% de les perforants per a aquesta pell. D'aquesta manera podem afirmar que el penjall compost de nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç s'ha de realitzar a ser possible basat en l'artèria radial ja que aquest és el vas d'origen de la irrigació d'aquestes dues estructures amb més freqüència. En cas de no ser possible, també es pot basar en l'artèria recurrent radial però aquesta participa menys freqüentment en la vascularització de les dues estructures a la vegada.

L'artèria col·lateral radial intervé en la vascularització de la pell lateral del braç i avantbraç en el 93% dels espècimens dissecats, però no participa en cap cas en la vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral, així que aquest no pot ser el vas amb que es basi el penjall compost. Encara que sí és possible dissenyar un penjall fasciocutani de la pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç basat en aquesta artèria.

6.2.2- HISTOLOGIA

*Sunderland*¹⁸⁹ troba entre dos i set fascicles en l'emergència del nervi cutani avantbraquial lateral, sobretot de mida mitja, algun de petit i només de forma ocasional se'n troben de grans. En la regió mitja, hi ha entre dos i sis fascicles de mida mitja o petita. Distalment, es poden trobar entre tres i nou fascicles petits o mitjos.

Per la seva banda, *Llusá*¹⁰⁰ descriu que els grups fasciculars de les branques del nervi musculocutani es localitzen de lateral a medial, primer la branca motora pel bíceps, enmig el nervi cutani avantbraquial lateral i finalment les branques pel múscul braquial anterior. De totes maneres, *Chiarapattankom*³⁸ refereix que el nombre i patró de fascicles de cada branca del nervi musculocutani varia molt segons el nivell.

El nostre estudi, s'ha centrat només en el nombre de fascicles del nervi cutani avantbraquial lateral en el terç mig del braç, després de que el musculocutani desprengui la seva darrera branca motora, i terç proximal de l'avantbraç, punts on es seccionaria el nervi per ser pres com a empelt. De manera comparable a *Sunderland*¹⁸⁹ hem trobat que proximalment el nervi cutani avantbraquial lateral té de mitja 4'1 fascicles amb un interval de 3 i 7 i una desviació estàndard de 1'2. Distalment, hem observat que presenta una mitja de 5'9 fascicles amb un interval de 2 i 13 i una desviació estàndard de 2'9.

6.3 PENJALL COMPOST DE LA BRANCA SENSITIVA DEL NERVI RADIAL I PELL LATERAL DE L'AVANTBRAÇ

6.3.1- DISSECCIÓ

La determinació precisa de la distribució anatòmica de les artèries que irriguen la pell de la cara lateral de l'avantbraç i la branca sensitiva del nervi radial i la valoració del seu origen comú és imprescindible per al disseny d'un penjall compost d'aquestes dues estructures.

6.3.1.1- Vascularització de la branca sensitiva del nervi radial

En quant a la vascularització de la branca sensitiva del nervi radial, *Cormarck et al.*⁴¹, *Hong et al.*⁷² i *Shafi et al.*¹⁷⁹ refereixen que l'aportament vascular d'aquest nervi prové de l'artèria radial. Cap d'aquests autors esmenta la contribució de cap altra artèria a la vascularització de la branca sensitiva del nervi radial.

En el nostre estudi, en el 100% de les preparacions la branca sensitiva del nervi radial està irrigada per branques de l'artèria radial, sent aquesta artèria el vas d'origen del 75% de les branques de vascularització que rep aquest nervi. Però no és l'única

artèria implicada ja que en el 73% dels casos s'ha trobat que també hi participa l'artèria recurrent radial, emetent el 24% de les branques d'irrigació d'aquest nervi.

Hem observat que la branca sensitiva del nervi radial rep una mitja de 3'9 branques de vascularització amb un interval d'1 a 7 i una desviació estàndard d'1'5 que s'han vist amb un interval de confiança del 99% entre el 15'1 i el 73'9% de la longitud total de l'avantbraç. Aquestes dades no havien estat publicades en els treballs previs.

6.3.1.2- Característiques de les artèries implicades

Profunditzant en les característiques de les dues artèries implicades en la vascularització de la branca sensitiva del radial, *Hong et al.*⁷³ i *Shafi et al.*¹⁷⁹ especifiquen que l'artèria radial emet entre 1 i 4 vasos per aquest nervi.

En el nostre estudi s'ha comprovat que l'artèria radial emet entre 1 i 5 branques per a la branca sensitiva del nervi radial amb una mitja de 2'8 branques i una desviació estàndard de 1'0. A més a més, hem pogut comprovar que aquestes branques es troben entre el 30'6% i el 80'8% de la longitud total de l'avantbraç (IC 99%), dada que no havia estat reportada prèviament per cap dels autors consultats. En quant a l'artèria recurrent radial, en el nostre estudi s'ha observat que emet entre 0 i 4 branques d'irrigació per a la branca sensitiva del nervi radial amb una mitja de 1'1 i una desviació estàndard de 1'0, que es poden trobar entre el 2'9% i el 19'5% de la longitud total de l'avantbraç (IC 99%).

Donat que es pretén dissenyar un empelt nerviós vascularitzat lliure, s'ha mesurat el diàmetre mig de les dues principals artèries implicades en la vascularització de la

branca sensitiva del nervi radial en el seu origen i la seva longitud fins a l'emissió de la primera branca pel nervi. *Taylor et al.*¹⁹⁸, refereixen que el pedicle vascular de les branques d'irrigació de la branca sensitiva del nervi radial és d'entre 2 i 5 cm amb una mitja de 4 cm, amb un diàmetre d'entre 0'18 i 0'45 cm en la zona proximal i d'entre 0'18 i 0'35 cm en la zona distal, sense especificar els valors mitjos.

En el nostre estudi s'ha vist que el diàmetre mig en l'origen de l'artèria radial, mesurat en tots els espècimens ha estat de 3'5 mm, amb un interval de 2'0 a 5'0 mm i una desviació estàndard de 0'7. La longitud mitja del pedicle des del seu origen fins a l'emissió de la primera artèria per al nervi cutani avantbraquial lateral ha resultat ser de 6'9 cm amb un interval de 0'4 a 28'5 cm mesurats des de l'epicòndil lateral i una desviació estàndard de 7.

Per la seva banda, el diàmetre mig de l'artèria recurrent radial en el seu origen en l'artèria radial s'ha vist que és de 2'1 mm amb un interval de 1'1 a 2'9 i una desviació estàndard de 0'5.

Així mateix, és important remarcar que els diàmetres dels vasos han estat mesurats en artèries injectades amb làtex. En el pacient viu, aquestes dades poden ser majors per la pressió arterial o menors pel vasoespasme per la manipulació de les artèries.

6.3.1.3- Presència de venes concomitants

Per assegurar el retorn venós de l'empelt nerviós *Taylor et al.*¹⁹⁸ descriuen l'existència d'un sistema venós que discorre paral·lel a l'aportament vascular i que

drena a les venes concomitants de l'artèria radial, sense determinar la freqüència.

Nosaltres, coincidint amb aquests autors, hem trobat que en el 100% dels casos les artèries d'irrigació de la branca sensitiva del nervi radial van acompanyades de venes concomitants, i que aquestes, en un 100% dels casos drenen a les venes concomitants de l'artèria radial i l'artèria recurrent radial. D'aquesta manera, en cas de prendre aquest nervi com a empelt nerviós vascularitzat lliure, el retorn venós es pot fer a través de l'anastomosi entre les venes concomitants de l'artèria radial i les de l'artèria recurrent radial.

6.3.1.4- Vascularització de la pell lateral de l'avantbraç

En referència a la vascularització de la pell de la cara lateral de l'avantbraç, hi ha consens entre tots els autors (*Lamberty et al.*⁹¹, *Inoue et al.*⁸⁰, *Thomas*²⁰⁷) en dir que depèn de l'artèria radial. Al 1982 *Lamberty et al.*⁹¹, fan una menció especial a una perforant de gran calibre de l'artèria radial que ells anomenen branca cubital inferior, que la troben de forma constant sortint de l'artèria radial en la convergència de les venes concomitants de l'artèria radial, la vena mediana i la vena cefàlica. Només *Masquelet*¹¹³ descriu una contribució de l'artèria recurrent radial en la vascularització de la pell lateral de l'avantbraç que inclús permet el disseny un penjall basat en aquesta artèria.

En el nostre estudi, coincidint amb els autors previs, hem pogut observar que l'artèria radial participa en la vascularització d'aquesta pell en el 100% dels casos, donant origen al 61% de les perforants de la zona. Però també s'ha trobat la

contribució de l'artèria recurrent radial en el 27% dels casos sent l'origen del 2'1% de les perforants. A més a més, hem trobat que l'artèria interòssia posterior també emet perforants per a la pell lateral de l'avantbraç en tots els casos, però només per a la seva regió més posterior.

Hem trobat que la pell lateral de l'avantbraç rep entre 4 i 16 branques de vascularització, sent la mitja de 11'9 amb una desviació estàndard de 3'8. Aquestes branques han estat trobades amb un interval de confiança del 99% entre el 42'7% i el 89'5% del total de la longitud de l'avantbraç.

Les perforants procedents de l'artèria radial s'han trobat entre el 46'2% i el 89'4% de la longitud total de l'avantbraç (IC 99%). Per altra banda, les perforants de l'artèria recurrent radial s'ha localitzat entre el 6'9% i el 19'5% del total de la longitud de l'avantbraç (IC 99%). Cap d'aquestes dades no havien estat publicades prèviament; només *Lamberty et al.*⁹¹ i *Inoue et al.*⁸⁰ havien mencionat que les perforants de l'artèria radial per a la pell lateral de l'avantbraç travessen la fàscia avantbraquial en el septe intermuscular entre el braquiorradial i el pronador rodó proximalment i entre el braquiorradial i el flexor radial del carp distalment i que les perforants de l'artèria recurrent radial per aquesta zona emergeixen a través de la massa muscular del braquiorradial. Així i tot, és recomanable la seva localització prequirúrgica per ecodoppler.

6.3.1.5- Comunicacions de les artèries implicades

D'aquesta manera, segons els resultats del nostre estudi el penjall de la pell lateral de l'avantbraç s'ha de basar en la majoria dels casos en l'artèria radial, encara que la contribució de l'artèria recurrent radial no és menyspreable. Per aquesta raó, hem estudiat les anastomosis d'aquesta artèria amb l'artèria col·lateral radial, per si, en els casos en que es pogués basar el penjall en l'artèria recurrent radial, fos possible pedicular-lo sobre l'artèria col·lateral radial que permetria desplaçar el penjall més proximalment.

Així, hem determinat que l'anastomosi entre aquestes dues artèries només es troba present en un 20% dels casos, a través de vasos de molt petit calibre. Contràriament als nostres resultats, *Testut*²⁰⁴, *Gray*⁶², *Rouvière*¹⁶³, *Moore*¹³⁰ i *Llusá*⁹⁹ descriuen l'existència d'aquesta anastomosi de forma constant.

6.3.1.6- Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

Tenint en compte que en determinades situacions és necessària la realització de penjalls cutanis sensibles, hem estudiat la possibilitat d'incloure el nervi cutani avantbraquial lateral en el penjall cutani. Ja *Birbeck et al.*²⁴ al 1997 havien proposat aixecar un penjall sensible de la pell lateral de l'avantbraç incloent el nervi cutani avantbraquial lateral, sense quantificar la freqüència en que és possible.

En el nostre estudi, hem pogut localitzar el nervi cutani avantbraquial lateral en el 100% dels casos, però només s'ha pogut incloure en el penjall cutani en el 87% de les

disseccions. Per tant, hem comprovat que es factible aixecar un penjall cutani sensible en el 87% dels casos.

6.3.1.7- Vascularització del múscul braquiorradial

Referent a la vascularització del múscul braquiorradial, tots els autors coincideixen en que prové de les artèries radial, recurrent radial i braquial en diferents proporcions. Segons *Lai*⁹⁰, *Cormack et al.*⁴¹, *Rohrich et al.*¹⁶⁰, *Inoue et al.*⁸⁰, *Liversedge*⁹⁵ i *Reece*¹⁵⁷ l'aportament vascular del braquiorradial ve de l'artèria recurrent radial. Per la seva banda, *Sanger*¹⁷⁰ és l'únic autor que determina els percentatges amb els que cada artèria participa en la vascularització del braquiorradial. Aquest autor diu que l'artèria més freqüentment implicada en la vascularització del braquiorradial és l'artèria radial, sent la responsable en el 39%, en canvi, l'artèria recurrent radial només irriga aquest múscul en el 33% i l'artèria braquial en el 27% del casos. Aquest autor va fer un estudi anatòmic molt detallat on determina que el pedicle dominant pel braquiorradial amida entre 0'8 i 1'3 mm de diàmetre i que, a part del pedicle dominant, es troben entre quatre i sis pedicles secundaris amb un diàmetre mig d'entre 0'4 i 1'0 mm.

*McGeorge*¹¹⁹ també defensa que l'artèria principalment implicada en la vascularització del braquiorradial és l'artèria radial. L'extens estudi de *Rohrich et al.*¹⁶⁰ especifica que el pedicle major de vascularització del braquiorradial procedent de l'artèria recurrent radial en el 58% dels casos es troba entre 4'2 cm proximals al plec de flexió del colze i 4'7 cm a aquesta referència; l'artèria braquial contribueix a la seva vascularització en el 24% dels casos i l'artèria radial només en el 17% dels casos.

*Lerversedge*⁹⁵ diferencia entre la longitud muscular irrigada per l'artèria recurrent radial, que segons aquest autor és el 41% de la longitud total del múscul, i el volum suplert per aquesta mateixa artèria, que és del 65% segons aquest autor. Seguint amb aquesta tendència, *Reece*¹⁵⁷ troba que el 60% del volum del braquiorradial està vascularitzat pel pedicle vascular principal procedent de l'artèria recurrent radial, que es troba entre 4'2 i 4'5 cm del plec de flexió del colze.

En contra del que han trobat la majoria d'autors fins ara, en el nostre estudi hem trobat que l'artèria radial participa en la vascularització del braquiorradial en el 100% dels casos, sent l'origen del 51% de les branques d'irrigació del múscul. En canvi, l'artèria recurrent radial intervé en el 93% dels casos, donant origen només al 43% de les branques. També hem trobat altres artèries implicades, que són l'artèria braquial present en el 13% dels casos donant origen al 5% de les branques, i l'artèria cubital que es va trobar en un sol cas, representant el 7% de les disseccions, que emet l'1% de les branques pel braquiorradial.

Hem trobat que el braquiorradial rep entre 2 i 9 branques de vascularització, sent la mitja de 5'3 amb una desviació estàndard de 2'3. Aquestes branques han estat trobades amb un interval de confiança del 99% entre el 6'9% i el 37'1% del total de la longitud de l'avantbraç.

6.3.1.8- Possibilitat de realitzar penjalls compostos

En referència a la possibilitat de fer penjalls músculocutanis de braquiorradial i pell lateral de l'avantbraç per a casos en que és necessària la reanimació d'una funció

irrecuperable associada a una cobertura cutània, ja *Lai*⁹⁰ al 1981 va anunciar que el pedicle major de vascularització del braquiorradial provinent de l'artèria recurrent radial, també irriga la pell de la meitat posterolateral distal del braç i el terç proximal lateral de l'avantbraç. *Sanger*¹⁷⁰ va mencionar que la pell suprajacent al braquiorradial està irrigada per entre quatre i sis vasos musculocutanis procedents de l'artèria radial, que es troben proximals a la unió miotendinosa i que arriben a la pell després de passar a través del múscul braquiorradial; a més a més, també es troben entre un i dos vasos cutanis directes procedents de l'artèria radial.

Segons *Reece*¹⁵⁷ la vascularització de la fàscia i pell suprajacent al múscul braquiorradial també prové de l'artèria radial i recurrent radial, igual que les branques d'irrigació del múscul, però no determina si és a través de les mateixes branques musculocutànies o a través d'altres branques.

De manera concordant amb els estudis previs, segons el nostre treball, és factible la realització de penjalls musculocutanis de braquiorradial i pell lateral de l'avantbraç ja que la seva vascularització prové en el 100% dels casos de l'artèria radial, estant també implicada l'artèria recurrent radial en el 93% de disseccions del múscul encara que només en el 27% de preparacions de la pell lateral de l'avantbraç.

En relació a la possibilitat de fer penjalls combinats de pell lateral de l'avantbraç i la branca sensitiva del nervi radial, segons el nostre treball, és possible si es basa en l'artèria radial donat que aquesta és l'artèria responsable d'irrigar les dues estructures en el 100% dels casos. L'artèria recurrent radial també hi participa en el 73% de les disseccions de la branca sensitiva del nervi radial, però només en el 27% de les preparacions de la pell lateral de l'avantbraç. Aquestes dades no han estat publicades

pels autors previs consultats.

En referència a la possibilitat de fer penjalls combinats de la pell lateral de l'avantbraç, el múscul braquiorradial i la branca sensitiva del nervi radial, només *Cormack et al.*⁴¹ van mencionar que tant la branca sensitiva com motora del nervi radial reben petites branques d'irrigació procedents de l'artèria recurrent radial de la mateixa manera que emet branques per al braquiorradial i la pell lateral de l'avantbraç. De totes maneres no determinen la probabilitat en que açò és factible. Segons el nostre estudi, aquest penjall combinat seria viable sempre que es basi en l'artèria radial ja que aquesta participa en la vascularització de les tres estructures en el 100% dels casos.

6.3.1.9- Innervació del múscul braquiorradial

Referent a la innervació del braquiorradial tots els autors coincideixen en que prové del tronc comú del nervi radial. On no hi ha consens és a l'hora de descriure el punt on emergeix la branca motora pel braquiorradial. *Doyle*⁴⁸ quantifica el punt d'emergència d'aquesta branca entre 8'2 i 10'0 cm proximals a l'epicòndil lateral humeral. Per la seva banda, *Llusà*^{99,100} menciona que l'emissió de la branca motora pel braquiorradial es troba a 2-3 cm de la interlínia articular del colze. *Testut*²⁰⁴ determina aquest punt quan el nervi radial travessa el septe intermuscular lateral i es fa anterior. *Rouvière*¹⁶³ simplement localitza aquest punt en la vora superior del canal bicipital extern. *Gray*⁶² i *Moore*¹³⁰ ni tan sols esmenten on es troba aquesta branca motora.

En el nostre treball, d'acord amb els autors previs, s'ha trobat que la branca motora pel múscul braquiorradial s'origina en el 100% dels casos del tronc comú del nervi radial. S'ha observat que en el 87% dels casos només es desprèn una branca, però en un cas es van trobar 4 branques motores i en un altre es van identificar 3 branques pel múscul braquiorradial. Aquestes branques s'han trobat a una mitja de 4'9 cm proximals a l'epicòndil lateral de l'húmer que representa el 17'8% de la longitud total del braç, amb un interval de 0 a 14 cm i una desviació estàndard de 3'2.

6.3.1.10- Característiques del nervi radial

Ja que es pretén prendre la branca sensitiva del nervi radial, és important conèixer les característiques del nervi radial. Segons *Testut*²⁰⁴ el tronc comú del nervi radial es divideix en les seves branques motora i sensitiva un poc proximal a la interlínia articular del colze. Per a *Gray*⁶² aquesta divisió es troba en la fossa del colze sense especificar a quina alçada. *Rouvière*¹⁶³ refereix que aquest punt es localitza a l'alçada del cap del radi. La referència per a *Moore*¹³⁰ és l'epicòndil lateral humeral. *Llusà*^{99,100} troba la divisió del nervi radial en el canal bicipital extern, a uns 8 cm de la interlínia articular del colze. Només *Doyle*⁴⁸ quantifica aquest punt de divisió al nivell de l'articulació húmerorradial, amb un interval d'entre 2 i 5 cm proximals o distals a aquesta articulació.

En el nostre treball hem trobat que el tronc del nervi radial es divideix en les seves dues branques terminals a una mitja de 0'6 cm proximals a l'epicòndil lateral amb un interval de 3'2 cm proximals i 2'5 cm distal a aquesta referència òssia i una desviació

estàndard de 1'6.

Per altra banda, s'ha estudiat la innervació del l'extensor curt del carp que s'ha trobat que prové del tronc comú del nervi radial en el 27% dels espècimens, de la branca motora en el 40% i de la branca sensitiva en el 40% dels casos. *Testut*²⁰⁴, *Moore*¹³⁰ i *Gray*⁶² consideren que aquesta innervació prové de forma constant de la branca motora del nervi radial. Per altra banda, *Rouvière*¹⁶³ i *Doyle*⁴⁸ determinen que la branca motora per l'extensor radial curt del carp es pot desprendre tant del tronc comú del nervi radial com de la branca motora. Només *Llusá*¹⁰⁰ aporta que aquesta branca surt del tronc comú del nervi radial en el 55-85% dels casos, sense especificar en la resta de casos el seu origen.

Segons *Testut*²⁰⁴, *Gray*⁶² i *Rouvière*¹⁶³ la branca sensitiva del nervi radial perfora la fàscia avantbraquial després d'emergir entre els tendons dels braquiorradial i l'extensor radial llarg del carp en el terç distal de l'avantbraç. Per a *Llusá*^{99,100} aquesta emergència es troba 5 cm proximals al canell. Segons *Doyle*⁴⁸ la branca sensitiva del nervi radial es fa subcutània a una mitja de 9 cm proximals a l'estiloides radial amb un interval de 7 a 10'8 cm i una desviació estàndard de 1'4. Nosaltres hem trobat que la branca sensitiva del nervi radial surt entre els dos tendons mencionats a una mitja de 7'6 cm proximals mesurats des de l'apòfisi estiloides radial amb un interval de 6'4 i 9 cm i una desviació estàndard de 0'8.

*Moore*¹³⁰ i *Llusá*^{99,100} descriuen una divisió de la branca sensitiva en el terç distal de la regió pósterorradial de l'avantbraç en diverses branques, sense determinar el nombre exacte. Només *Testut*²⁰⁴ i *Rouvière*¹⁶³ especifiquen que es desprenen tres branques terminals que es distribueixen per la tabaquera anatòmica i el dors de la

meitat radial de la mà.

Nosaltres hem trobat que la branca sensitiva del nervi radial, després de fer-se superficial en aquesta regió, es divideix en una mitja de 2'7 branques amb un interval de 2 a 5 i una desviació estàndard de 0'9.

6.3.2- HISTOLOGIA

*Sunderland*¹⁸⁹ determina que la branca sensitiva del nervi radial, en el seu origen presenta entre dos i sis fascicles, sent un d'ells dominant, alguns de mida mitja i ocasionalment n'hi poden haver de petits. En la regió mitja, es troben entre tres i dotze fascicles de diàmetre mig o gran predominantment i algun de petit. En la zona distal, hi ha entre dos i onze fascicles sobretot de mida mitja, amb algun de petit i ocasionalment grans.

*Chakravarthy*³⁶ quantifica que el nombre de fascicles del tronc del nervi radial és de 9 a 17 en la zona distal del colze amb un patró polifascicular, però no especifica el nombre de fascicles de la branca sensitiva del nervi radial.

Segons *Llusà*¹⁰⁰ el nervi radial presenta un patró polifascicular en quasi tot el seu recorregut, encara que es troben grups fasciculars ben definits. De totes maneres, no especifica el nombre de fascicles que es troben en la branca sensitiva del nervi radial.

En el nostre estudi, ens hem centrat només en el nombre de fascicles de la branca sensitiva del nervi radial des del seu origen en el canal bicipital extern fins a la seva divisió en les branques terminals en el canell, punts on es seccionaria el nervi per ser utilitzat com a empelt. De manera semblant a *Sunderland*¹⁸⁹, encara que amb certes diferències, hem trobat que proximalment la branca sensitiva del nervi radial té 4'1 fascicles de mitja amb un interval de 1 i 8 i una desviació estàndard de 1'5. Distalment, hem vist que presenta una mitja de 7'1 fascicles amb un interval de 3 i 9 i una

desviació estàndard de 1'8.

7. CONCLUSIONS

7.1- Penjall compost de nervi cubital i pell medial del braç

7.2- Penjall compost de nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral del braç i avantbraç

7.3- Penjall compost de la branca sensitiva del nervi radial i la pell lateral de l'avantbraç



7.1 PENJALL COMPOST DE NERVI CUBITAL I PELL MEDIAL DEL BRAÇ

1. L'artèria que més freqüentment irriga el nervi cubital és l'artèria col·lateral cubital superior. La seva anastomosi amb la branca posterior de l'artèria col·lateral cubital inferior i el seu diàmetre fan factibles la seva pediculació o l'anastomosis microquirúrgica.
2. Les branques d'irrigació del nervi cubital es troben entre el 12% i el 44% del total de la longitud del braç amb un interval de confiança del 99%.
3. L'artèria que més freqüentment irriga la pell de la cara medial del braç és l'artèria braquial. L'artèria col·lateral cubital superior hi participa en més de tres quartes parts dels casos, podent-se utilitzar de forma pediculada (tipus propeller) o de forma lliure.
4. Les perforants de la cara medial del braç es troben entre el 14'8% i el 51'6% del total de la longitud del braç amb un interval de confiança del 99%.
5. El nombre de fascicles del nervi cubital en la unió del terç proximal amb el terç mig del braç és de 7 i en el terç proximal de l'avantbraç és de 11.

6. És factible la realització segura de penjalls compostos de pell medial del braç i el nervi cubital basant el penjall en l'artèria col·lateral cubital superior, podent incloure en un 83% dels casos el nervi cutani braquial medial (penjall cutani sensible), responent d'aquesta manera a la hipòtesi de treball un.

7.2 PENJALL COMPOST DE NERVI CUTANI AVANTBRAQUIAL LATERAL I PELL LATERAL DEL BRAÇ I AVANTBRAÇ

1. L'artèria que més freqüentment vascularitza el nervi cutani avantbraquial lateral és l'artèria radial. El seu diàmetre permet el seu ús com a empelt nerviós lliure.
2. Les branques d'irrigació del nervi cutani avantbraquial lateral es troben entre el 7'8% i el 27'2% del total de la longitud del braç amb un interval de confiança del 99%.
3. El nervi musculocutani emet la darrera branca motora a una mitja de 12'8 cm en direcció proximal des de l'epicòndil lateral, que és pel múscul braquial excepte en un cas. El nervi cutani avantbraquial lateral es divideix en una mitja de 4 branques i en el 73% dels casos almenys una d'aquestes es desprèn abans de que el nervi musculocutani es faixi superficial en el canal bicipital extern.
4. L'artèria que més freqüentment vascularitza la pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç és l'artèria col·lateral radial, encara que les seves perforants es troben preferentment en la regió més posterior del braç. L'artèria radial hi intervé en més de tres quartes parts dels casos.

5. Les perforants de la cara lateral del terç distal del braç i el terç proximal de l'avantbraç es troben entre el 5'2% i el 42% del total de la longitud del braç amb un interval de confiança del 99%.

6. El nombre de fascicles del nervi cutani avantbraquial lateral en el seu origen és de 4 i en el terç proximal de l'avantbraç és de 6.

7. **És factible la realització de penjalls compostos de nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç basant el penjall en l'artèria radial o l'artèria recurrent radial, podent incloure en tots els casos el nervi cutani braquial o avantbraquial posterior (penjall cutani sensible), responnent així a la hipòtesi de treball dos.**

7.3 PENJALL COMPOST DE LA BRANCA SENSITIVA DEL NERVI RADIAL I PELL LATERAL DE L'AVANTBRAÇ

1. L'artèria que més freqüentment irriga la branca sensitiva del nervi radial és l'artèria radial. El seu diàmetre fa factible l'anastomosi microquirúrgica.
2. Les branques d'irrigació de la branca sensitiva del nervi radial es troben entre el 15'1% i el 73'9% de la longitud total de l'avantbraç amb un interval de confiança del 99%.
3. La branca sensitiva del nervi radial es desprèn del tronc nerviós comú a 0'6 cm proximals des de l'epicòndil lateral i es divideix en 2'7 branques que es distribueixen en la regió dorsorradial de la mà.
4. L'artèria que més freqüentment irriga la pell lateral de l'avantbraç és l'artèria radial, que hi participa en tots els casos.
5. Les perforants de la pell lateral de l'avantbraç es troben entre el 42'7% i el 89'5% del total de la longitud de l'avantbraç amb un interval de confiança del 99%.

6. L'artèria que més freqüentment vascularitza el múscul braquiorradial és l'artèria radial amb una contribució molt important de l'artèria recurrent radial.
7. Les branques d'irrigació del múscul braquiorradial es troben entre el 6'9% i el 37'1% del total de la longitud de l'avantbraç amb un interval de confiança del 99%.
8. El nombre de fascicles de la branca sensitiva del nervi radial en el seu origen és de 4 i en el canell és de 7.
9. **És factible la realització de penjalls compost de pell lateral de l'avantbraç i branca sensitiva del nervi radial basant el penjall en l'artèria radial. També és possible la inclusió del múscul braquiorradial en el penjall compost i en la majoria de casos el nervi cutani avantbraquial lateral (penjall cutani sensible), responent així a la hipòtesi de treball tres.**

8. BIBLIOGRAFIA

1. Abercrombie M, Johnson ML. The outwandering of cells in tissue cultures of nerves undergoing Wallerian degeneration. *J Exp Biol* 1942; 19: 266.
2. Adam B.W. The blood supply of nerves. Historical review. *J Anat* 1942; 76(Pt 4): 323-41.
3. Adamkiewicz. Der blutkreislauf der ganglienzelle. Berlin 1886.
4. Albert E. Einige operationen an nerven. *Wien. Med. Presse* 1885; 26: 1285.
5. Alexander E, Woods RP, Weiss P. Further experiments on bridging long nerve gaps in monkeys. *Proc Soc Exp Biol Med.* 1948; 68: 380.
6. Andreassi A, Bilenchi R, Biagioli M, D'Aniello C. Classification and pathophysiology of skin grafts. *Clinics in Dermatology* 2005; 23: 332-337.
7. Appenzeller O, Dithal KK, Cowen T, Burnstock G. The nerves to blood supplying blood to nerves: the innervations of the vasa nervorum. *Brain Research* 1984; 304: 383.
8. Arakaki A, Tsai TM, Firrell J, Breidenbach WC, Vascular filling and protein extravasation in three varieties of vascularised nerve grafts. *J Reconstr Microsurg* 1994; 10(3): 166.
9. Assaky G. De la suture des nerfs à distance. *Archs gén Méd* 1886; 17: 529.
10. Atkinson E. Remarks on nerve-grafting. *Br Med J* 1890; 2: 624.
11. Auerbach S. Galatith zur tubulisation der nerven nach neurolysen und nervennähten. *Münch Med Wschr.* 1915; 62: 1457.
12. Auerbach S. Zur frage der nervenein scheidung mittelst galatith. *Münch Med Wschr.* 1916; 63: 1573.

13. Barnes R, Bacsich P, Wyburn GM. A histological study of a predegenerated nerve autograft. *Br J Surg* 1945; 33: 130.
14. Bartholdy K. Die arterien der nerven. *Morph Arb* 1897; 7: 393.
15. Bell MA, Weddell AGM. A morphometric study of intrafascicular vessels of mammalian sciatic nerve. *Muscle and Nerve* 1984; 7: 524.
16. Bell MS, Weddell AGM. A descriptive study of the blood vessels of the sciatic nerve in rat, man and other mammals. *Brain* 1984; 107: 871.
17. Bentley FH, Hill M. Experimental surgery. Nerve grafting. *Br J Surg* 1936; 24: 368.
18. Bentley FH, Hill M. The possibilities of nerve grafting. *Br Med J* 1940; 2: 352.
19. Bergmann L, Alexander L. Vascular supply of spinal ganglion. *Arch Neurol Psychiat* 1941; 46: 761-82.
20. Best TJ, Mackinnon SE. Peripheral nerve revascularization: a current literature review. *J Reconstr Microsurg* 1994; 10: 193.
21. Bichat MFX. *General Anatomy* 1830: 1: 168.
22. Bielschowsky M, Unger E. Die überbrückung grosser nervenlücken. *J Psychol Neurol Lpz* 1917; 22: 267.
23. Binns M, Jueh KA, Pho RWH. Brachioradialis forearm flap in a case of traumatic bone and skin loss at the elbow. *Br J Hand Surg* 1990; 15: 317-9.
24. Birkbeck D.P, Moy O.J: *Anatomy of Upper Extremity Skin Flaps*. *Hand Clinics* 1997; 13(2): 175-87.
25. Björkesten G. Clinical experiences with nerve grafting. *J Neurosurg* 1948; 5: 450.

26. Blunt MJ. Functional and clinical implications of the vascular anatomy of nerves. *Postgrad Med J* 1957; 33(376): 68-72.
27. Boerhaave H. *Praelectiones academicae de morbis nervorum*. Frankfurt 1762.
28. Bonney G, Birch R, Jamieson A, Eames R. Experience with vascularised nerve grafts. *Clin Plast Surg* 1984; 11: 137.
29. Breidenbach W.C. Vascularized nerve grafts. En: Omer GC, Spiner M, Van Beiks AL. *Management of peripheral nerve problems*. Filadèlfia: W.B. Sanders; 1998. Pàg. 295-304.
30. Breidenbach W.C, Terzis J.K. The blood supply of vascularised nerve grafts. *J Reconstr Microsurg* 1986; 3(1): 43-55.
31. Breidenbach W.C, Terzis J.K. Vascularized nerve grafts: An experimental and clinical review. *Ann Plastic Surg* 1987; 18(2): 137-46.
32. Brooks D. The place of nerve-grafting in orthopaedic surgery. *J Bone Joint Surg* 1955; 37(A): 299.
33. Brooks D.N, Weber R.V, Chao J.D, Rinker B.D, Zoldos J, Robichaux M.R, Ruggeri S.B. et al. Processed nerve allograft for peripheral nerve reconstruction: a multicenter study of utilization and outcomes in sensory, mixed and motor nerve reconstruction. *Microsurgery* 2012; 32(1): 1-14.
34. Buitink AB. *Anat Anz* 1934; 79: 11.
35. Bunnell S, Boyes J.H. Nerve grafts. *Am J Surg* 1939; 44: 64.
36. Chakravanrthy MS, Kumar P, Dhalapathy S, Prasad K, Anitha MC. Microanatomica and immunohistochemical study of the human radial nerve at the antecubital fossa. *Ann Anat* 2009 ; 191 : 389-98.

37. Chaumet G, Heymann & Mouchet A. Note sur la topographie des arteres des nerfs sciatiques. Bull Mém Soc Anat 1921; 18: 404.
38. Chiarapattanakom P, Leechavengvongs S, Witoonchart K, Uerpairojkit C, Thuvasethakul P. Anatomy and internal topography of the musculocutaneous nerve: the nerves to the biceps and brachialis muscle. J Han Surg Am 1998; 23: 250-5.
39. Cho M.S, Rinker B.D, Weber R.V, Chao J.D, Ingari J.V, Brooks R. et al. Functional outcome following nerve repair in the upper extremity using processed nerve allograft. J Hand Surg 2012; 37A(11): 2340-9.
40. Cormack G.C, Lamberty G.H. A classification of fascio-cutaneous flaps according to their pattern of vascularisation. British Journal of Plastic Surgery 1984; 37: 80-87.
41. Cormack G, Lamberty G: The arterial anatomy of skin flaps. 2a edició. Nova York: Churchill Livingstone; 1994.
42. D'Aubigné RM. À propos du traitement des pertes de substance nerveuse. Mém Acad Chir 1946; 72: 409.
43. Davis L, Ruge D. Experimental studies of functional recovery following repair of nerve defects with fresh homogenous nerve grafts. Archs Neurol Psychiat Chicago 1950; 63: 675.
44. Delagénère H. A contribution to the study of the surgical repair of peripheral nerves; based on three hundred and seventy-five cases. Surgery Gynec Obstet 1924; 39: 543.

45. Doi K, Kuwata N, Kawakami F, Tamaru K, Kay S. The free vascularized sural nerve graft. *Microsurgery* 1984; 5: 175.
46. Doi K, Kuwata N, Sakai K, Tamaru K, Kawai S. A reliable technique of free vascularized sural nerve grafting and preliminary results of clinical applications. *J Hand Surg Am* 1987; 12: 677.
47. Doi K, Tamaru K, Sakai K, Kuwata N, Kurafuji Y, Kawai S. A comparison of vascularized and conventional sural nerve grafts. *J Hand Surg* 1992; 17(A): 670.
48. Doyle JR, Botte MJ. *Surgical anatomy of the hand and upper extremity*. Filadèlphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2003.
49. Duel AB. History and development of the surgical treatment of facial palsy. *Surg Gynec Obstet* 1933; 56: 382.
50. Dunning HS, Wolff HG. The relative vascularity of various parts of the central and peripheral nervous system of the cat and its function. *J Comp Neurol* 1937; 67: 433-50.
51. Duroux E. Greffes nerveuses expérimentales. *Lyon Chir* 1911; 6: 537.
52. Durward A. The blood supply of nerves. *Postgrad Med J* 1948; 24(267): 11-14.
53. Eden R. Sind zur ueberbrückung von nervendefecten die verfahren der tubulisation und der nerventransplantation zu empfeheln? *Zentbl Chir* 1917; 44: 138.
54. Eden R. Die freie transplantation der peripheren nerven zum ersatz von nervendafekten. *Arch Klin Chir* 1919; 112: 471.
55. El-Barrany W, Marei A, Vallée B. Anatomic basis of vascularized nerve grafts: the blood supply of peripheral nerves. *Surg Radiol Anat* 1999; 21 (2): 95-102.

56. Esser JFS. Schwere Verschluss einer Brustwandperforation. Berl Klin Wochenschr 1918; 55: 1197.
57. Fachinelli A, Masquelet A, Restrepo J, et al. The vascularized sural nerve. Int J Microsurg 1981; 3: 57.
58. Gao XS, Mao ZR, Yang ZN, Wang BS. Medial upper arm skin flap: vascular anatomy and clinical applications. Ann Plast Surg 1985; 15(4): 348-51.
59. Ger, R. The technique of muscle transposition in the operative treatment of traumatic and ulcerative lesions of the leg. J Trauma 1971; 11: 502-10.
60. Gilles HD. Plastic surgery of facial burns. Surg Gynaecol Obstet 1920; 30: 121-34.
61. Glück T. Ueber Neuroplastik auf dem Wege der Transplantation. Arch Klin Chir 1880; 25: 606.
62. Gray H.: Anatomía Humana Descriptiva y Aplicada. Volum II. 28a edición. Buenos Aires: F.O.T.; 1985.
63. Gu YD, Wu MM, Zheng YL, Li HR, Xu YN. Arterialized venous free sural nerve grafting. Ann Plast Surg 1985; 15: 332
64. Guttmann E, Sanders FK. Functional recovery following nerve grafts and other types of nerve bridge. Brain 1942; 65: 373.
65. Guyon L. Résultats anatomiques et fonctionnels observés au cours de la cicatrisation des nerfs chez le chien. Revue Neurol 1921; 28: 937.
66. Guyon L, Nageotte J, Tournay A. Observations sur les résultats fonctionnels de la greffe nerveuse directe et de la suture par affrontement après lésion expérimentale des nerfs chez le chien et le lapin. Revue Neurol 1920; 36: 1131.

- 67.** Harii K, Ohmori K, Torii S. Free gracilis muscle transplantation with microvascular anastomosis for the treatment of facial paralysis. *Plast Reconstr Surg* 1976; 57: 133-43.
- 68.** Harvey W. An anatomical disputation concerning the movement of the heart and blood in living creatures. Oxford: Blackwell Scientific; 1976.
- 69.** Hattori Y., Doi K., Ikeda K., Pagsaligan J.M. Vascularized ulnar nerve graft for reconstruction of a large defect of the median or radial nerves after severe trauma of the upper extremity. *J Hand Surg* 2005; 30A(5): 986-9.
- 70.** Hiller F. Nerve regeneration in grafts. *J Neuropath Clin Neurol* 1951; 1: 5.
- 71.** Hoen TI. Repair of peripheral nerve lesions. *Am J Surg* 1946; 72: 489.
- 72.** Holmes W. Histological observations on the repair of nerves by autografts. *Br J Surg* 1947; 35: 167.
- 73.** Hong M, Hong, M, Taylor I. Angiosome territories of the nerves of the upper limbs. *Plast Reconstr Surg* 2006; 118 (1): 148-60.
- 74.** Huber GC. Transplantation of peripheral nerves. *Archs Neurol Psychiat* 1919; 2: 466.
- 75.** Huber GC. Repair of peripheral nerve injuries. *Surgery Gynec Obstet* 1920; 30: 464.
- 76.** Huber GC. Experimental observations on peripheral nerve repair. *Capitol 13 en: The medical department of the United States Army in the World War: Surgery. Vol 11, part I, secció 3 – Neurosurgery. Washington: Government Printing Office; 1927.*
- 77.** Hyrtl J. *Oesterr Zeitschr f prakt Heilk.* 1859.

78. Ingebrigsten R. A contribution to the biology of peripheral nerves in transplantation. *J Exp Med* 1915; 22: 418.
79. Ingebrigsten R. Sur la transplantation des nerfs. *Lyon Chir* 1916; 13: 828.
80. Inoue Y, Taylor G.I. The Angiosomes of the Forearm: Anatomic Study and Clinical Implications. *Plast Reconstr Surg* 1996; 98: 195-209.
81. Isenflamm JF, Doerffler JF. *De vasis nervorum*. Erlangen 1768.
82. Karamürsel S, Bagdath D, Demir Z, Tüccar E, Celebioglu S. Use of medial arm skin as a free flap. *Plast Reconstr Surg* 2005; 115 (7): 2025-31.
83. Kärcher H, Kleinert R. Regeneration in vascularised and free nerve grafts: a comparative morphological study in rat. *J Craniomaxillofac Surg* 1986: 341-3.
84. Katsaros J, Tan E, Zoltie N. Further experience with the lateral arm flap. *Plast Reconstr Surg* 1991; 87: 902-10.
85. Kirk EG, Lewis DD. Fascial tubulisation in the repair of nerve defects. *J Am Med Ass* 1915; 65: 486.
86. Klemme R, Woolsey RD, De Rezende NT. Autopsy nerve grafts in peripheral nerve surgery. Clinical applications; "glue suture". *J Am med Ass* 1943; 123: 393.
87. Koshima I, Harii K. Experimental study of vascularised nerve grafts: morphometric study of axonal regeneration of nerves transplanted into silicone tubes. *Ann Plast Surg* 1985; 14: 235.
88. Koshima I, Soeda S. Inferior epigastric artery skin flaps without rectus abdominis muscle. *Br J Plast Surg* 1989; 42: 645-8.

- 89.** Künzel KH, Fischer C, Anderl H. The ulnar nerve as vascularised nerve transplant. Part I: anatomy: arterial vascular supply. *J. Reconstr Microsurg.* 1986; 2(3): 175-9.
- 90.** Lai M.F, Krishna B.V, Pelly A.D. The brachioradialis myocutaneous flap. *Br J Plast Surg* 1981; 34: 431-4.
- 91.** Lamberty B.G.H, Cormack G.C. The forearm angiotomes. *Br J Plast Surg* 1982; 35: 420-9.
- 92.** Lamberty G.H, Cormack G.C. Arterial anatomy of upper skin flaps. En: Gilbert A, Maquelet A, Hentz VR. *Pedicle flaps of the upper limb.* Londres: Martin Dunitz; 1992. Pàg. 17-37.
- 93.** Le Huec JC, Liquois F, Leger O, Chauveaux D, Midy D, Le Rebeller A. A study of the fasciocutaneous vascularisation of the arm. Surgical applications. *Surg Radiol Anat* 1995; 17(2): 121-8.
- 94.** Lendrum J. Alternatives to amputation. *Ann Royal Collage of Surgeons of England* 1980; 62: 95.
- 95.** Leversedge F.J, Casey P.J, Payne H, Seiler J.G. Vascular anatomy of the brachioradialis rotational musculocutaneous flap. *J Hand Surg* 2001; 26A(4): 711-21.
- 96.** Lim BH, Toh CL, Wong HP, Pho RW. Cadaveric study on the vascular anatomy of the ulnar nerve at the elbow – a basis for anterior transposition?. *Ann Acad Med Singapore* 1992; 21(5): 689-93.

97. Lind R, Wood MB. Comparison of the pattern of early revascularization of conventional versus vascularized nerve grafts in canines. *J Reconstr Microsurg* 1986; 2: 229-34.
98. Littler JW. Neurovascular pedicle transfer of tissue in reconstructive surgery of the hand. *J Bone Joint Surg* 1956; 38: 917.
99. Llusá M, Merí A, Ruano D: Manual y Atlas Fotográfico de Anatomía del Aparato Locomotor. 1a edició. Madrid: Panamericana; 2004.
100. Llusá M, Palazzi S, Valer A. Anatomía quirúrgica del plexo braquial y de los nervios periféricos de la extremidad superior. Madrid: Panamericana; 2013.
101. Lundborg G. A method for long term in vivo studies on the microcirculation of peripheral nerves. *Advances in Microcirculation* 1970; 3: 91.
102. Lundborg G. Ischemic nerve injury. Experimental studies on intraneural microvascular pathophysiology and nerve function in a limb, subjected to temporary circulatory arrest. *Scandin J Plast Reconstr Surg* 1970; supl 6: 1.
103. Lundborg G. Structure and function of the intraneural microvessels as related to trauma, edema formation, and nerve function. *J Bone Joint Surg* 1975; 57A(7): 938-48.
104. Lundborg G. Nerve injury and repair. Edinburg: Churchill Livingstone; 1988.
105. Lundborg G, Schildt B. Microvascular permeability in irradiated rabbits. *Acta Radiol* 1971; 10: 311.
106. Lux P, Breidenbach WC, Firrell J. Determination of temporal changes in blood flow in vascularized and nonvascularized nerve grafts in the dog. *Plast Reconst Surg* 1988; 82: 133.

- 107.** Lyons WR, Woodhall B. Atlas of peripheral nerve injuries. Filadèlfia: Saunders; 1949.
- 108.** Manhot C. Die Hautarterien des menschlichen korpers. Leipzig: Vogel; 1889.
- 109.** Mackinnon S.E, Doolabh V.B, Novak C.B, Trulock E.P. Clinical outcome following nerve allograft transplantation. J Plast Reconstr Surg 2001; 107(6):1419-29.
- 110.** Mackinnon S, Kelly L, Hunter D. Comparison of regeneration across a vascularized versus conventional nerve graft: Case report. Microsurgery 1988; 9: 226.
- 111.** Manktelow R.T, Anastakis D.J. Free functioning muscle transfers. En: Green D.P, Hotchkiss R.N, Pederson W.C, Wolfe S.W. Green's operative hand surgery. 5a edició. Filadèlfia: Elsevier Churchill Livingstone; 2005. Pàg. 1757-76.
- 112.** Masquelet A, Gilbert A: An Atlas of Flaps in Limb Reconstruction. Londres: Martin Dunitz; 1995. Pàg. 10-34.
- 113.** Masquelet A, Romaña C. The vascularization of the skin of the limbs and its application in skin flap surgery. En: Gilbert A, Masquelet AC, Hentz VR. Pedicle flaps of the upper limb. Vascular anatomy, surgical technique and current indications. Londres: Martin Dunitz; 1992.
- 114.** Mathes S.J, Nahai F. Classification of the vascular anatomy of muscles: experimental and clinical correlation. Plast Reconstr Surg 1981; 67(2): 177-87.
- 115.** Mathes S.J, Nahai F. Reconstructive surgery. Principles, anatomy and technique. Edinburg: Churchill Livingstone; 1997.
- 116.** Matloub H.S., Ye Z., Yousif N.J., Sanger J.R. The medial arm flap. Ann Plast Surg 1992; 29(6):517-22.

117. Mattar JR, Mesquita IV, de Rezende MR, de Paula EJ, Kimura LK, Okane S, Pereira E. Contribution to the anatomical study of medial arm flap. *Rev Hosp Clin Fac Med Sao Paulo* 1997; 52(3): 136-42.
118. McCullough CJ, Grady O, Higginson DW, et al. Axon regeneration and vascularization of nerve grafts: an experimental study. *J Hand Surg Br* 1984; 9(B): 323.
119. McGeorge D.D, Arnstein P.M, Stilwell J.H. The distally-based brachioradialis muscle flap. *Br J Plast Surg* 1991; 44: 30-2.
120. McGregor AD. The Allen test – an investigation of its accuracy by fluorescein angiography. *J Hand Surg* 1987; 12B: 12.
121. McGregor A.D. The angiosome - an in vivo study by fluorescein angiography. *Br J Plast Surg* 1992; 45: 219-21.
122. McGregor IA, Morgan G. Axial and random pattern flaps. *Br J Plast Surg* 1973; 26: 202-13.
123. Mellick RS, Cavanagh JB. Longitudinal movement of radio-ionated albumin within extravascular spaces of peripheral nerves following three systems of experimental trauma. *J Neurol Neurosurg and Psych* 1967; 30: 458.
124. Merle M, Lebreton E, Froucher G, et al. Vascularized nerve graft: preliminary results. Presentat a la American Society for Reconstructive Microsurgery, Las Vegas, Nevada, 1985.
125. Merzbacher L. Zur biologie der nervendegeneration. Ergebnisse von transplantationsversuchen. *Neurol Zentbl* 1905; 24: 150.

- 126.** Millesi H. Nerve grafting. En: Terzis J. Microreconstruction of nerve injuries. Filadèlfia: Saunders Company; 1987. Pàg. 223-237.
- 127.** Millesi H. Techniques for nerve grafting. Hand Clinics 2000; 16(1): 73-91.
- 128.** Milton SH. Pedicled skin flaps: The fallacy of the length:width ratio. Br J Surg 1970; 57: 502-8.
- 129.** Moffett TR, Madison SA, Derr JW. An extended approach for the vascular pedicle of the lateral arm free flap. Plast Reconstr Surg 1992; 89: 259-67..
- 130.** Moore K.L., Dalley A.F.: Anatomía con Orientación Clínica. 5a edició. Madrid: Panamericana; 2002.
- 131.** Morris S.F, Miller B.F, Taylor G.I. Vascular Anatomy of the Integument. En Blondeel P.N, Morris S.F, Hallock G.G, Neligan P.C. Perforator flaps. Anatomy, Technique and Clinical Applications. St Louis: Quality Medical Publishing; 2006. Pàg. 11-36.
- 132.** Mühlbauer W, Herndl E, Stock W. The forearm flap. Plast Reconstr Surg 1982; 70: 336.
- 133.** Naffziger HC. Methods to secure end-to-end suture of peripheral nerves. Surgery Gynec Obstet 1921; 32: 193.
- 134.** Nageotte J. Sur la greffe des tissus morts et en particulier sur la réparation des pertes de substance des nerfs à l'aide de greffons nerveux conservés dans l'alcool. C r Séanc Soc Biol 1917; 80: 459.
- 135.** Nageotte J. Sur la durée de la conservation des greffons nerveux morts. C r Séanc Soc Biol 1919; 82: 615.

- 136.** Nakajima H, Fujino T, Adachi S. A new concept of vascular supply to the skin and classification of skin flaps according to their vascularization. *Ann Plast Surg* 1986; 16: 119.
- 137.** Neligan P.C, Blondeel P.N, Morris S.F, Hallock G.G. Perforator Flaps: Overview, Classification and Nomenclature. En Blondeel PN, Morris S.F, Hallock G.G, Neligan P.C. Perforator flaps. Anatomy, Technique and Clinical Applications. St Louis: Quality Medical Publishing; 2006. Pàg. 37-52.
- 138.** Newson HT. Medial arm free flap: a case report. *Plast Reconstr Surg* 1981; 67: 63-6.
- 139.** Olsson Y. Studies on vascular permeability in peripheral nerves. I Distribution of circulating fluorescent serum albumin in normal, crushed and sectioned rat sciatic nerve. *Acta Neuropath* 1966; 7: 1.
- 140.** Olsson Y. Studies on vascular permeability in peripheral nerves. II Distribution of circulating fluorescent serum albumin in rat sciatic nerve after local injection of 5-hydroxy-tryptamine, histamine and compound 48/80. *Acta Physiol Scand* 1966; 69(supl): 284.
- 141.** Olsson Y. Vascular permeability in the peripheral nervous system. En: Dyck PJ, Thomas PK, Lambert EH, Bunge MB. *Peripheral neuropathy Vol 1*, 2a edició. Filadèlfia: Saunders; 1984.
- 142.** Olsson Y, Kristenson K, Klatzo I. Permeability of blood vessels and connective tissue sheaths in the peripheral nervous system to exogenous proteins. *Acta Neuropath* 1971; supl 5: 61.

- 143.** Olsson Y, Reese TS. Permeability of vasa nervorum and perineurium in mouse sciatic nerve studied by fluorescence and electron microscopy. *J Neuropath Exp Neurol* 1971; 30: 105.
- 144.** Orticochea M. Musculocutaneous flap method: An immediate and heroic substitute for the method of delay. *Br J Plast Surg* 1972; 25: 106-10.
- 145.** Penteado CV, Maquelet AC, Chevrel JP. The anatomic basis of the fasciocutaneous flap of the posterior interosseous artery. *Surg Radiol Anat* 1986; 8: 209-15.
- 146.** Phillipeaux J.M, Vulpain A. Note sur les essais de greffe d'un proncox de nerf lingual entre les deux bouts de l'hypoglosse. *Arch Physiol Norm Path* 1870; 3: 618.
- 147.** Pho RWH, Lee YS, Rujiwetpongstorn V, Pang M. Histological studies of vascularized nerve graft and conventional nerve graft. *J Hand Surg Br* 1985; 10(B): 45.
- 148.** Platt H. On the results of bridging gaps in injured nerve trunks by autogenous fascial tubulization and autogenous nerve grafts. *Br J Surg* 1919; 7: 384.
- 149.** Pontén B. The fasciocutaneous flap: Its use in soft tissue defects of the lower leg. *Br J Plast Surg* 1981; 34: 215-20.
- 150.** Prevel C.D., Matloub H.S., Ye Z., Sanger J.R., Yousif N.J. The extrinsic blood supply of the ulnar nerve at the elbow: an anatomic study. *J Hand Surg Am* 1993; 18(3): 433-8.
- 151.** Quénu J, Lejars F. Les artères et les veines des nerfs. *Compt rend Acad d sc* 1890; 111: 608.

- 152.** Quénu J, Lejars F. Étude anatomique sur les vaisseaux sanguins des nerfs. Arch Neurol 1892; 23: 1.
- 153.** Quénu J, Lejars F. Études sur le système circulatoire: Les vaisseaux des nerfs. Paris 1894.
- 154.** Ramage D. The blood supply of the peripheral nerves of the superior extremity. J Anat 1927; 61(Pt 2). 198-205.
- 155.** Ramón y Cajal S. Degeneration and regeneration of the nervous system. Vol I. Londres: Oxford University Press; 1928.
- 156.** Ranvier ML. Leçons sur l'histologie du système Nerveux. Paris: Weber; 1878.
- 157.** Reece E.M, Oishi S.N, Ezaki M. Brachioradialis flap for coverage after elbow flexion contracture release. Tech Hand Surg 2010; 14(2): 125-8.
- 158.** Rees M.J.W, Taylor G.I. A simplified lead oxide cadaver injection technique. Plast Reconst Surg 1986; 77(1): 141-5.
- 159.** Rivet D, Modschiedler T, Martin D, Boileau R, Baudet J. Nerfs du lambeau brachial externe. Etude anatomique. Ann Chir Main 1988; 7(1): 58-66.
- 160.** Rohrich R.J, Ingram A.E. Brachioradialis muscle flap: clinical anatomy and use in soft-tissue reconstruction of the elbow. Ann Plast Surg 1995; 35(1): 70-6.
- 161.** Rose EH, Kowalski TA. Restoration of sensibility to anesthetic scarred digits with free vascularised nerve grafts from the dorsum of the foot. J Hand Surg Am 1985; 10: 514.
- 162.** Rose EH, Kowalsky TA, Norris MS. The reversed venous arterialized nerve graft in digital nerve reconstruction across scarred beds. Plast Reconstr Surg 1989; 83: 593.

- 163.** Rouvière H, Delmas A: Anatomía Humana Descriptiva, Topográfica y Funcional. Volum III. 10a edició. Barcelona: Masson; 1999.
- 164.** Ruysch F. Thesaurus Anatomicus Primus. Amsterdam 1701.
- 165.** Rydevik B, Lundborg G. Permeability of intraneural microvessels and perineurium following acute, graded experimental nerve compression. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1977; 11: 179.
- 166.** Salmon M. Artères de la peau. Paris: Masson et Cie; 1936.
- 167.** Sanders FK. The repair of large gaps in the peripheral nerves. *Brain* 1942; 65: 281.
- 168.** Sanders FK. Histopathology of nerve grafts. En: *Peripheral Nerve Injuries*. Vol. 2. Londres: Seddon HJ Medical Research Council Special Report Series; 1954. Pàg. 134.
- 169.** Sanders FK, Young JZ. The degeneration and re-innervation of grafted nerves. *J Anat* 1942; 76: 143.
- 170.** Sanger J.R, Ye Z, Yousif N. J, Matloub H.S. The brachioradialis forearm flap: anatomy and clinical application. *Plast Reconstr Surg* 1994; 94(5): 667-74.
- 171.** Scheker LR, Saint-Cyr M. Lateral arm perforator flap. En Blondeel PN, Morris SF, Hallock GG, Neligan PC. *Perforator flaps. Anatomy, Technique and Clinical Applications*. St Louis: Quality Medical Publishing; 2006. Pàg. 247-67.
- 172.** Schmidel CC. Quoted by Isenflamm and Doerffler. 1755.
- 173.** Seckel BR, Ryan SE, Simons JE, Gagne RG, Watkins E. Vascularized versus non-vascularized nerve grafts: an experimental structural comparison. *Plast Reconstr Surg* 1986; 78: 211-20.

174. Seddon HJ. The use of autogenous grafts for the repair of large gaps in peripheral nerves. *Br J Surg* 1947; 35: 151.
175. Seddon HJ. Nerve grafting. *J Bone Joint Surg* 1963; 45B: 447.
176. Seddon HJ, Young JZ, Holmes W. The histological condition of a nerve autograft in man. *Br J Surg* 1942; 29: 378.
177. Selander D, Månsson LG, Karlsson L, Svanik J. Adrenergic vasoconstriction in peripheral nerves of the rabbit. *Anaesthesiology* 1985; 62: 6.
178. Servant JM, Revol M. Injertos cutáneos. *EMC – Cirugía Plástica, Reparadora y Estética* 2010; 18(2): 1-11.
179. Shafi M, Hattori Y, Doi K. Surgical technique of harvesting vascularized superficial radial nerve graft. *J Hand Surg* 2010; 35A: 312-5.
180. Shibata M, Tsai TM, Firrell J, Breidenbach WC. Experimental comparison of vascularised and nonvascularized nerve grafting. *J Hand Surg* 1988; 13(A): 358-65.
181. Song R, Yuzhi G, Song Y. The forearm flap. *Clin Plast Surg* 1982; 9: 21-8.
182. Spalteholz W. Die Vertheilung der blutgefasse in der haut. *Arch Anat Entwcklngs-Gesch (Leipz)* 1893; 1: 54.
183. Spitzzy H. Bemerkung zur ueberbrückung von nervendefekten. *Münch Med Wschr.* 1917; 64: 372.
184. Steinthal C. Die ueberdeckung von grösseren nervendefekten mittels tubularnaht. *Zentbl Chir* 1917; 44: 646.
185. Stopford JSB. The treatment of large defects in peripheral nerve injuries. *Lancet* 1920; 2: 1296.

- 186.** Strange FG Saint Clair. An operation for nerve pedicle grafting: preliminary communication. *Br J Surg* 1947; 34: 423.
- 187.** Strange FG Saint Clair. Case report on pedicled nerve graft. *Br J Surg* 1950; 37: 331.
- 188.** Sunderland S. Blood supply of the nerves of the upper limb in man. *Arch Neurol Psych* 1945; 53(2): 91-115.
- 189.** Sunderland S. Nerves and nerve injuries. Edinburg: Churchill Livingstone; 1968. Pàg. 687-920.
- 190.** Sunderland S. Nerve injuries and their repair. Edinburg: Churchill Livingstone; 1991. Pàg. 53-60.
- 191.** Sunderland S, Ray LJ. The selection and use of autografts for bridging gaps in injured nerves. *Brain* 1947; 70: 75.
- 192.** Swan J. Discussion on injuries to the peripheral nerves. *Proc R Soc Med* 1941; 34: 521.
- 193.** Tamai S, Komatsu S, Sano S. Free muscle transplants in dogs with microsurgical neurovascular anastomoses. *Plast Reconstr Surg* 1970; 46: 219-25.
- 194.** Tanzini I. Sopra il mio nuovo processo di amputazione della mammella. *Gazz Med Ital* 1906; 57: 141.
- 195.** Tarlov IM, Epstein JA. Nerve grafts: the importance of an adequate blood supply. *J Neurosurg* 1945; 2: 49.
- 196.** Taylor G.I. Free vascularised nerve transfer in the upper extremity. *Hand Clinics* 1999; 15(4): 673-95.

- 197.** Taylor G.I, Corlett R.J, Dhar S.C. Ashton M.W. The anatomical (angiosomes) and clinical territories of cutaneous perforating arteries: development of the concept and designing safe flaps. *Plast Reconstr Surg* 2011; 127(4): 1447-59.
- 198.** Taylor G.I, Ham F.J. The free vascularized nerve graft. A further experimental and clinical application of microvascular technique. *Plast Reconstr Surg* 1976; 57(4): 413-26.
- 199.** Taylor G. I, Palmer J. H. The vascular territories (angiosomes) of the body: experimental study and clinical applications. *Br J Plast Surg* 1987; 40: 113-41.
- 200.** Taylor G. I, Palmer J. H. Angiosome theory. *Br J Plast Surg* 1992; 45: 327-8.
- 201.** Tello F. La influencia del neurotropismo en la regeneración de los centros nerviosos. *Trab Lab Invest Biol Univ Madr* 1911; 9: 123.
- 202.** Terzis J, Breidenbach W. The anatomy of free vascularised nerve grafts. En: Terzis J. *Microreconstruction of nerve injuries*. Filadèlfia. Saunders Company; 1987. Pàg. 101-116.
- 203.** Terzis JK, Skoulis TG, Soucacos PN. Vascularized nerve grafts. A review. *Int Angiol* 1995; 14: 264-77.
- 204.** Testut L: *Tratado de Anatomía Humana*. Tom II. 6a edició. Barcelona: Salvat; 1940.
- 205.** Testut L, Laterjet A. *Anatomía Humana*. Tom III. Capítol 3 Nervios Raquídeos. Art. 4 Plexo braquial. 9a edició. Barcelona: Salvat; 1969. Pàg. 259-301.
- 206.** Timmons MJ. Landmarks in the anatomical study of the blood supply of the skin. *Br J Plast Surg* 1985; 38: 197.

- 207.** Thomas BP, Geddes CR, Tang M, Morris SF. Vascular Supply of the Integument of the Upper Extremity. En Blondeel PN, Morris SF, Hallock GG, Neligan PC. Perforator flaps. Anatomy, Technique and Clinical Applications. St Louis: Quality Medical Publishing; 2006. Pàg. 219-246.
- 208.** Tomsa W. Beitrage zur anatomie und physiologie der menschlichen haut. Arch Dermatol Syphilis 1873; 5: 1.
- 209.** Tonkow VN. Die arterien der intervertebralganglien un der cerebrospinalnerven des menschen. Internat Monatschr f. Anat u Physiol 1897; 15: 353.
- 210.** Townsend PLG, Taylor GI. Vascularised nerve grafts using composite arterialised neuro-venous system. Br J Plast Surg 1984; 37: 1.
- 211.** Van der Spieghel A. De Humani Corporis Fabrica. Venècia 1627.
- 212.** Von Haller A. Iconum anatomicarum. Gottingen 1752.
- 213.** Waksman BH. Experimental study of diphtheric polyneuritis in rabbit and guinea pig. III The blood-nerve barrier in the rabbit. J Neurophath Exp Neurol 1961; 21: 35..
- 214.** Watchmaker GP, Lee G, Mackinnon SE. Intraneural topography of the ulnar nerve in the cubital tunnel facilitats anterior transposition. J Hand Surg Am 1994; 19: 915-22.
- 215.** Weiss P, Taylor AC. The viability of isolated nerve fragments and its modification by methylene blue. J Cell Comp Physiol 1946; 27: 87.
- 216.** Williams HB, Jabaley ME. The importance of intraneural anatomy of the peripheral nerves to nerve repair in the forearm and hand. Hand Clin 1986; 2: 689-707.

- 217.** Wood MB. Neovascularization of nerve graft: a quantitative study in the canine. Presentat al VII Simposium the la International Society of Reconstructive Surgery, Juny 1983.
- 218.** Xu J., Gu Y., Lao J., Cheng X., Dong Z. Anatomic basis of vascularized ulnar nerve graft by the pedicle of the superior collateral ulnar artery. Chin J Traumatol. 2001; 4(4):195-8.
- 219.** Yamaguchi K, Sweet FA, Bindra R, Gelberman RH. The extraneural and intraneural arterial anatomy of the ulnar nerve at the elbow. J Shoulder Elbow Surg 1999; 8(1): 17-21.

9. ANNEX

9.1- Taules del penjall compost de nervi cubital i pell medial del braç

9.2- Taules del penjall compost de nervi cutani avantbraquial lateral i pell lateral del braç i avantbraç

9.3- Taules del penjall compost de la branca sensitiva del nervi radial i la pell lateral de l'avantbraç

9.1 PENJALL COMPOST DE NERVI CUBITAL I PELL MEDIAL DEL BRAÇ

Taula 2: Vascularització de la pell medial del braç

Taula 3: Vascularització del nervi cubital

Taula 4: Característiques de les artèries implicades

Taula 5: Comunicacions de l'artèria col·lateral cubital superior

Taula 6: Presència de venes concomitants de l'artèria col·lateral cubital superior

Taula 7: Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

Taula 8: Histologia del nervi cubital

12						25,0	21,5										
13	9	3	33%	Braq: 2/ ACCL: 4		24,5	22,5	-12,5	51,0%	-10,0	40,8%	-9,0	36,7%				
14	15	2	13%	Braq: 4/ ACCL: 2/ ACCM: 4/ musc.: 3		25,0	23,0	-11,0	44,0%	-10,0	40,0%						
15	10	1	10%	Braq: 3/ ACCM: 3/ ACCL: 1/ ARCP: 2	(3)	32,5	30,5	-4,5	13,9%								

Mitja	7,8	2,2	31%			27,5	24,4	-11,0	41,0%	-7,4	28,2%	-4,6	17,6%				
DE	3,7	2,3	28%			2,4	2,8	4,4	17,1%	4,8	18,5%	3,2	13,4%				

Observacions:

S'ha agafat com a punt de referència l'epicòndil humeral medial. Els valors proximals a aquesta referència s'han considerat negatius i els valors distals positius.

El cas 12 marcat en verd no s'ha pogut dissecar la part cutània degut a les males condicions de la pell.

(1) Molt prima

(2) 3 són molt primes

(3) L'ACCS surt amb un tronc comú amb l'a. braq. Després se divideix en una branca anterior i una posterior

Taula 3: Vascularització del nervi cubital

Núm. Cas	Branques per al nervi cubital													
	Núm.			% de branques de l'ACCS sobre el total	Long. acromi-epicòndil lateral	Long. epicòndil lateral-estiloides radial	Punts d'emissió de branques de l'ACCS per al nervi cubital (en cm des de l'epicòndil)							
	Total	De l'ACCS	Obs.				Branca 1		Branca 2		Branca 3		Branca 4	
							Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu
1	6	2	(1)	33%	29,5	28	-12,8	43,2%	-3,9	13,3%				
2	5	2	(2)	40%	29	28	-6,2	21,3%	-5,3	18,2%				
3	3	3		100%	25	24	-13,5	54,0%	-5,5	22,0%	-4,0	16,0%		
4	2	2		100%	29	25	-6,0	20,7%	-3,0	10,3%				
5	1	1		100%	25	24	-6,0	24,0%						
6	1	1		100%	28,5	25,5	-6,5	22,8%						
7	3	3		100%	27	22	-3,5	13,0%	-2,0	7,4%	-1,5	5,6%		
8	1	1		100%	27	20,5	-14,0	51,9%						
9	3	2	(3)	67%	26,5	21,5	-14,5	54,7%	-3,5	13,2%				
10	1	1			30,5	25	-15,0	49,2%						
11	1	1		100%	28	25	-13,0	46,4%						

12	4	2	(4)	50%	25	21,5	-11,0	44,0%	-5,0	20,0%				
13	3	1	(4)	33%	24,5	22,5	-9,0	36,7%						
14	4	2	(5)	50%	25	23	-10,0	40,0%	-10,0	40,0%				
15	5	4	(3)	80%	32,5	30,5	-16,7	51,4%	-6,0	18,6%	-4,8	14,7%	-1,8	5,6%

Mitja	2,9	1,9		75%	27,5	24,4	-10,5	38,2%	-4,9	18,1%	-3,4	12,1%	-1,8	
DE	1,7	0,9		28%	2,4	2,8	4,1	14,1%	2,3	9,5%	1,7	5,7%		

Observacions:

S'ha agafat com a punt de referència l'epicòndil humeral medial. Els valors proximals a aquesta referència s'han considerat negatius i els valors distals positius.

- (1) Més 4 branques de l'ARCP
- (2) Més 1 branca de l'ACCI i 2 de l'ARCP. Les més importants són de l'ACCS
- (3) Més 1 branca de l'ARCP
- (4) Més 2 branques de l'ARCP
- (5) Més 2 branques de l'ACCI (una es bifurca) i 1 de l'ARCP

Taula 4: Característiques de les artèries implicades

Núm. Cas	Longitud del pedicle de l'ACCS (en cm)		Diàmetre de l'ACCS (al punt d'origen, cm)
	a la pell	al n. cubital	
1	2'50	1'39	0,231
2	1,59	6,99	0,22 tronc / 0,19 ACCS / 0,22 ACCI
3	8,2	11	0,1
4	6,5	8	0,2
5	11	14	0,1
6	16	12	0,3
7	1	8	0,2
8	10	7	0,2
9	5,5	1,5	0,1
10	No n'hi ha	No n'hi ha	-
11	15	8	0,2
12		2,5	0,3
13	12,5	9	0,2
14	7,5	8,5	0,2
15	15,7	5,3 (1)	0,2
Mitja	9,2	7,8	0,2
DE	5,1	3,5	0,1

Taula 5: Comunicacions de l'artèria col·lateral cubital superior

Núm. Cas	Anastomosis de l'ACCS				Obs
	Amb branca anterior de l'a. colateral cubital inf.	Amb branca posterior de l'a. colateral cubital inf.	Amb branca anterior de l'a. recurrent cubital	Amb branca posterior de l'a. recurrent cubital	
1	No	No	No	Si	
2	No	Si	No	No	(1)
3	No	Si	Si	No	
4	Si	Si	No	Si	(2)
5	No	Si	No	Si	
6	No	Si	No	No	
7	No (no hi ha arteria)	Si	No	No	
8	Si	Si	No	Si (per branquetes)	
9	No	Si	No	Si	
10	No (no hi ha arteria)	No	No (no hi ha arteria)	No (arteria gruixuda)	(3)
11	No	No	No	No	(4)
12	No	Si	No	Si	
13	No	No	No	No	(1)
14	No	No	No	No	(1)
15	No	Si (amb ACCS anterior)	No	Si (amb l'ACCS post)	
Probab.	13%	67%	7%	47%	

Observacions:

- (1) La br. posterior de l'ACCI s'anastomosa amb la br. posterior de l'ARC a través de petites branques en el canal epitrocliocranià
(2) L'ACCS i l'ACCI tenen un tronc comú
(3) L'ACCS és curta i sense anastomosi
(4) La br. anterior de l'ACCI s'anastomosa amb la br. Posterior de l'ARC i l'ACCM s'anastomosa amb l'ACCI

Taula 6: Presència de venes concomitants de l'artèria col·lateral cubital superior

Núm. Cas	Venes concomitants associades a perforants de l'ACCS	Drenatge venes perforants a venes concomitants de l'ACCS
1	Si	Si
2	Si	Si
3	Sí	Sí
4	Sí	Sí
5	Sí	Sí
6	No	Sí
7	Sí	Sí
8	Sí	No
9	Sí	No
10	Sí	Sí
11	Sí	Sí
12		
13	Sí	Sí
14	Sí	Sí
15	Si	Si
Probab.	93%	86%

Observacions:

El cas 12 marcat en verd no s'ha pogut dissecar la part cutània degut a les males condicions de la pell

Taula 7: Possibilitat de realitzant penjalls cutanis sensibles

Núm. Cas	Nervi cutani braquial medial		Nervi cutani avantraquial medial	
	Localitzable	Aïllable	Localitzable	Aïllable
1	No	No	Si	Si
2	Si	Si	Si	Si
3	Sí	Sí	Sí	Sí
4	Sí	Sí	Sí	Sí
5	Sí	Sí	Sí	Sí
6	Sí	Sí	Sí	Sí
7	Sí	Sí	Sí	Sí
8	Sí	No	No	-
9	Sí	No	Sí	No
10	Sí	Sí	Sí	No
11	Sí	Sí	Sí	Sí
12				
13	Sí	Sí	Sí	Sí
14	Sí	Sí	Sí	No
15	No	No	Si	Si
Probab.	86%	83%	93%	77%

Observacions:

El cas 12 marcat en verd no s'ha pogut dissecar la part cutània degut a les males condicions de la pell

Taula 8: Histologia del nervi cubital

Núm. Cas	HISTOLOGIA	
	Fascicles prox.	Fascicles distal
1	9	11
2	5	11
3	8	7
4	2	6
5	6	7 (2 de molt petits i separats)
6	16 (molt dispersos)	2 (2 parts ben diferenciades 3 + 4)
7	8	6
8	7 (en 2 parts 3+4)	16 (en 2 parts 7+9)
9	6	4 (2 molt grossos i dos molt petits)
10	7	19
11	6	18
12	9	18
13	4	8
14	14	19
15	3	9
Mitja	7,3	10,7
DE	3,7	5,8

9.2 PENJALL COMPOST DE NERVI CUTANI AVANTBRAQUIAL LATERAL I PELL DEL BRAÇ I AVANTBRAÇ

Taula 9: Vascularització de la pell lateral del braç i avantbraç

Taula 10: Localització de les perforants de la pell lateral del braç i avantbraç

Taula 11: Vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral

Taula 12: Localització de les branques de vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral

Taula 13: Característiques del nervi cutani avantbraquial lateral

Taula 14: Característiques de les artèries implicades

Taula 15: Comunicacions de les artèries implicades

Taula 16: Presència de venes concomitants

Taula 17: Possibilitat d'incloure la vena cefàlica dins el penjall cutani

Taula 18: Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

Taula 19: Histologia del nervi cutani avantbraquial lateral

Taula 9: Vascularització de la pell lateral del braç i avantbraç

Núm. Cas	Quantitat de perforants per la pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç de diàmetre $\geq 0,5$ mm							
	Núm. Totals	De l'a. radial		De l'a. recurrent radial		De l'a. col·lateral radial		Altres artèries
		Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	
1	5	1	20%	1	20%	1	20%	a. musc bíceps: 1 / a. musc BR: 1
2	2	1	50%	0	0%	1	50%	
3	1	0	0%	0	0%	0	0%	A. braç: 1 (1) (2) (6) (7)
4	3	1	33%	0	0%	1	33%	ARI: 1
5	4	1 (1)	25%	1 (1)(2)(5)(6)	25%	1	25%	ARI: 1
6	7	1 (1)(2)	14%	0	0%	2	29%	A. braç: 1 (1) (8) / ARI: 2 / a. musc braç: 1
7	5	0	0%	1 (10)	20%	2	40%	AIP 2
8	3	0	0%	1 (1)(2)(5)	33%	1	33%	a. musc bíceps: 1
9	10	2 (3)	20%	1	10%	3	30%	A. braç: 1 / ARI: 2
10	10	0	0%	3	30%	3	30%	A. braç: 1 / ARI 3
11	4	0	0%	2	50%	1	25%	ARI: 1

12	10	1 (4)	10%	0	0%	3	30%	A. braq: 1 / ARI: 3 / A. musc bíceps: 1 (1)
13	5	1 (5)	20%	0	0%	2	40%	ARI: 1 / A. musc bíceps: 1 (1)
14	5	1	20%	1	20%	1	40%	ARI: 1 / A. musc bíceps 1
15	8	1 (5)	13%	1 (5)	13%	3	38%	ARI: 2 / A. musc bíceps: 1

Probab.	100%	67%		60%		93%		
Mitja	5,5							
DE	2,9							

Observacions:

S'ha agafat com a punt de referència l'epicòndil humeral lateral. Els valors proximals a aquesta referència s'han considerat negatius i els valors distals positius.

- (1) També va al nervi cutani avantbraquial lateral
- (2) També va al braquiorradial
- (3) Passen dins el braquiorradial
- (4) Es divideix en 2
- (5) Es divideix en moltes branques
- (6) Es divideix en 3 molt llargues
- (7) Passa davall el tendó del bíceps
- (8) Molt gruixada (diàmetre d'1 mm)

Taula 10: Localització de les perforants de la pell lateral del braç i avantbraç

Núm. Cas	Perforants per la pell lateral del terç distal del braç i terç proximal de l'avantbraç de diàmetre $\geq 0,5$ mm																	
	Longitud acromi-epicòndil lateral	Longitud epicòndil lateral-estiloides radial	Punts d'emissió de branques de l'a. radial per la pell lateral de l'avantbraç (en cm des de l'epicòndil lateral)				Punts d'emissió de branques de l'a. recurrent radial per la pell lateral de l'avantbraç (en cm des de l'epicòndil lateral)						Punts d'emissió de branques de l'a. col-lateral radial per la pell lateral de l'avantbraç (en cm des de l'epicòndil lateral)					
			Branca 1		Branca 2		Branca 1		Branca 2		Branca 3		Branca 1		Branca 2		Branca 3	
			Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu
1	27	24	9,6 (1)	40%			3,3	14%					-7,3	27%				
2	27,5	26	2,9 (2)(3)(4)	11%									-5,5	20%				
3	28,5	26,5																
4	28	26,5	3,6	14%									1,7	6%				
5	29	26,5	8,0	30%			3,6	14%					-3,8	13%				
6	27,5	24	4,5 (4)	19%									-8,5	31%	-4,4	16%		
7	26,5	24					1,2 (4)(5)	5%					-8,5	32%	-8,0	30%		
8	30	25					1,9	8%					-6,7	22%				
9	29	24	2,4	10%	5,65	24%	0,9	4%					-6,9	24%	-2,8	9%	1,0	4%

10	28,5	27,5					0	0%	2,5 (4)	9%	3,5 (5)	13%	-8,1	28%	-6,6	23%	-6,2	22%
11	30,5	24,5					2,1 (4)(5)	9%	2,2 (4)(5)	9%			0,1	0%				
12	26,5	21	6,4 (2)(4)	31%									-6,4	24%	-1,0	4%	1,2	6%
13	26,5	23,5	2,0 (3) (4)(5)(6)	9%									-7,0	27%	-5,4	20%		
14	24	21,5	2,5 (4)(5)	12%			2,2 (4)	10%					-7,6	32%				
15	24,5	19	4,1 (4)(5)	22%			1,9 (4)(5)	10%					-5,7	23%	-1,3	5%	0,4	2%

Mitja	27,6	24,2	4,6	20%			1,9	8%	2,4	9%			-6,8	25%	-4,2	15%	0,9	4%
DE	1,8	2,3	2,6	11%			1,1	5%	0,2	0%			1,4	5%	2,7	10%	0,4	2%

Observacions:

S'ha agafat com a punt de referència l'epicòndil humeral lateral. Els valors proximals a aquesta referència s'han considerat negatius i els valors distals positius.

- (1) Es divideix en 3 molt llargues
- (2) Es divideix en 2
- (3) Molt gruixada (diàmetre d'1 mm)
- (4) També va al nervi cutani avantbraquial lateral
- (5) També va al braquiorradial
- (6) Es divideix en 2 branques principals que donen diverses branques, 1 sobretot pel BR i pell i l'altra pel n. i pell

Taula 11: Vascularització del nervi cutani avantbraquial lateral

Núm. Cas	Quantitat de branques per al nervi cutani avantbraquial lateral de diàmetre \geq 0,5 mm							
	Núm. Total	De l'a. radial		De l'a. recurrent radial		De l'a. col·lateral radial		Altres artèries
		Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	
1	6	5	83%	1	17%	0	0%	
2	2	2	100%	0	0%	0	0%	
3	5	0	0%	1	20%	0	0%	A. braq: 2 / a. musc del braq: 2
4	2	1	50%	0	0%	0	0%	
5	3	1 (1)	33%	1 (1)	33%	0	0%	A. musc pel braq: 1 (dóna 2 branques)
6	3	2	67%	0	0%	0	0%	A. braq: 1
7	4	2	50%	1	25%	0	0%	A. musc pel braq: 1
8	2	1	50%	1 (1)(2)(3)	50%	0	0%	
9	5	2 (2)	40%	0	0%	0	0%	A. braq: 2 / a. musc bíceps: 1
10	4	0	0%	2	50%	0	0%	a. musc braq: 2
11	4	1	25%	1 (1)	25%	0	0%	a. musc braq: 2
12	3	1	33%	0	0%	0	0%	A braq: 1 (1) / A. musc bíceps: 1 (1)
13	2	1 (1)(2)	50%	0	0%	0	0%	A. musc bíceps: 1
14	5	2	40%	1	20%	0	0%	A. musc bíceps: 1 / A. musc braq: 1
15	4	1 (3)	25%	1 (3)	25%	0	0%	a. musc bíceps: 2
Mitja	3,6	1,5		0,7		0,0		
DE	1,3	1,2		0,6		0,0		

Observacions:

S'ha agafat com a punt de referència l'epicòndil humeral lateral. Els valors proximals a aquesta referència s'han considerat negatius i els valors distals positius.

(1) També va a la pell lateral de l'avantbraç

(2) També va al braquiorradial

(3) Dóna varies branques

10	28,5	27,5											2,0	7%	2,5 (6)(7)	9%
11	30,5	24,5	10,8	44%									2,1 (1)(3)	9%		
12	26,5	21,0	6,4 (1)(2)	31%												
13	26,5	23,5	2,0 (1) (3)(4)	9%												
14	24,0	21,5	2,5 (1)(3)	12%									2,2 (1)	10%		
15	24,5	19,0	4,1 (1)(3)	22%									1,9 (1)(3)	10%		

Mitja	27,6	24,2	4,6	19%	9,3	38%							2,7	11%		
DE	1,8	2,3	2,7	11%	4,2	15%							1,5	5%		

Observacions:

S'ha agafat com a punt de referència l'epicòndil humeral lateral. Els valors proximals a aquesta referència s'han considerat negatius i els valors distals positius.

- (1) També va a la pell lateral de l'avantbraç
- (2) Dóna una branca per cada branca del nervi cutani avantbraquial lateral
- (3) També va al braquiorradial
- (4) Es divideix en 2 branques principals que donen diverses branques, 1 sobretot pel BR i pell i l'altra al nervi i la pell lateral de l'avantbraç
- (5) Fora del penjall cutani
- (6) Molt gruixada
- (7) També va a la pell medial de l'avantbraç



Taula 13: Característiques del nervi cutani avantbraquial lateral

Núm. Cas	Punt on el n. cutani avantbraquial lateral surt lateral al tendó del bíceps (en cm des de l'epicòndil lateral)	Darrera branca motora del n. musculocutani (en cm des de l'epicòndil lateral)		Núm. Branques del n. cutani avantbraquial lateral
		Punt d'emissió (en cm des de l'epicòndil lateral)	Destí	
1	1,3	-5,8	braquial	2
2	-1,2	-10,7	bíceps	3
3	0,0	-10,8	braquial	5 (1)
4	-2,3	-10,5	braquial	5 (2)
5	-1,3	-12,2	braquial	5 (3)
6	-1,6	-16,6	braquial	4
7	-4,5	-14,7	braquial	5 (2)
8	-2,7	-17,9	braquial	5 (1)
9	-3,4	-14,4	braquial	4 (1) (4)
10	-3,9	-12,7	braquial	2 (5)
11	-4,7	-15,2	braquial	7 (6)
12	-2,9	-10,3	braquial	5 (1)
13	-4,7	-13,8	braquial	4
14	-5,1	-12,7	braquial	6 (1) (7)
15	-5,7	-13,7	braquial	4 (1)
Mitja	-2,8	-12,8		4,4
DE	2,0	3,0		1,4

Observacions:

S'ha agafat com a punt de referència l'epicòndil humeral lateral. Els valors proximals a aquesta referència s'han considerat negatius i els valors distals positius.

(1) 1 surt abans de que el nervi es faixi superficial, lateral al tendó del bíceps

(2) 2 surten abans de que el nervi es faixi superficial, lateral al tendó del bíceps

(3) 2 surten abans de que el nervi es faixi superficial, lateral al tendó del bíceps i d'aquestes, 1 surt de la branca motora i va cap a medial.

(4) Les 3 branques més proximals van al penjall cutani

(5) La branca més proximal va al penjall cutani

(6) 3 surten abans de que el nervi es faixi superficial, lateral al tendó del bíceps i van al penjall cutani.

(7) 3 branques van a la pell medial de l'avantbraç

Taula 14: Característiques de les artèries implicades

Núm. Cas	Punt de divisió de l'a. braquial (en cm des de l'epicòndil lateral)	Punt d'emissió de l'a. recurrent radial (en cm des de l'epicòndil lateral)	Distància de l'a radial a l'ARR	Longitud del pedicle (en cm)				Diàmetre dels vasos implicats (al punt d'origen, mm)	
				A la pell		Al n. cutani avantbraquial lateral		De l'a radial	De l'a. recurrent radial
				De l'a. radial	De l'ARR	De l'a.radial	De l'ARR		
1	5,0	4,5	0,0 (1)	4,2	0,2	4,3	0,5	4,0	2,5
2	1,2	3,3	2,1 (2)	2,1		2,1		6,0	2,5
3	4,5	4,9	0,2 (1)	1,5		3,5	0,5	4,0	2,5
4	2,2	2,9	2,7	1,4		2,6		2,0	2,0
5	-1,4	2,9	5,1 (3)	0,5	0,5	6,4	6,4	3,6 (6)	2,9
6	2,9	3,5	0,5	0,5		0,5		3,0	2,0
7	1,0	1,5	0,5		0,4	0,5	0,4	4,0	2,0
8	-25,0	-3,2	20,8		0,7	26'2	0,7	5,0	2,5
9	2,3	2,4	0,1	0,6	2,4	0,6		4,2	3,0
10	-18,2	3,4	21,0		1,0		1,0	3,3	2,6
11	2,6	1,9	0,0 (1)		0,1	10,0	0,1	4,6	2,7

12	2,4	1,8	(4)	4,2		4,2		3,6	2,1
13	2,2	2,6	0,2	0,0		0,0		2,9	1,7
14	1,0	2,0	1,0	1,6	0,2	1,6	0,2	3,9	2,1
15	-16,8	3,5	(5)	20,6	2,1	20,6	2,1	3,5	2,2

Mitja	-2,3	2,5	4,2	3,6	0,8	5,9	1,3	0,4	0,2
DE	9,4	1,9	7,6	6,2	0,8	8,0	2,0	0,1	0,0

Observacions:

- (1) l'a. braq. es trifurca en l'a. radial, l'a. cubital i l'ARR
- (2) Si ee conta des de que l'AR emet el tronc interossi 0,60 cm
- (3) 1,4 cm des de que l'a. radial emet el tronc interossi
- (4) L'ARR surt de l'a. braq
- (5) L'ARR surt de l'a. cubital
- (6) L'a. radial i el tronc interossi fan 6'3

Taula 15: Comunicacions de les artèries implicades

Núm. Cas	Anastomosi de l'a. recurrent radial i l'a. col·lateral radial	
	Existència	Observacions
1	no	hi ha branquetes molt primes d'ambdues a.
2	no	
3	no	
4	no	
5	no	
6	no	
7	no	l'ARR puja bastant amb un bon calibre però no s'anastomosa amb ningú, s'acaba en vàries branquetes
8	no	
9	si	
10	no	hi ha branquetes molt primes d'ambdues a.
11	no	
12	no	
13	no	
14	no	
15	no	l'ARR puja fins bastant proximal, però no s'anastomosa amb ningú
Probab.	7%	

Taula 16: Presència de venes concomitants

Núm. Cas	Drenatge venós					
	Venes concomitants associades a perforants de l'a. radial	Drenatge venes perforants a venes concomitants de l'a. radial	Venes concomitants associades a perforants de l'a. recurrent radial	Drenatge venes perforants a venes concomitants de l'a. recurrent radial	Venes concomitants associades a perforants de l'a. col·lateral radial	Drenatge venes perforants a venes concomitants de l'a.col·lateral radial
1	si	si	si	no	no	no
2	si	si	si	si	si	si
3	no	no	no	no	no	no
4	si	si			si	si
5	si	si	si	si	si	si
6	si	si			si	si
7	si	si	si	si	si	si
8	si	si	si	si	si	si
9	si	si	si	si	si	si
10	si	si	si	si	si	si
11	si	si	si	si	si	si
12	si	si			si	si
13	si	si				
14	si	si	si	si	si	si
15	si	si	si	si	si	si
Prob.	93%	100%	91%	82%	86%	100%

Taula 17: Possibilitat d'incloure la vena cefàlica

Núm. Cas	Vena cefàlica	
	Localitzable	Aïllable
1	si	si
2	si	si
3	si	si
4	si	si
5	si	si
6	si	si
7	si	si
8	si	si
9	si	si
10	si	si (1)
11	si	si
12	si	si
13	si	si
14	si	no
15	si	si
Probab.	100%	100%

Observacions:

(1) La vena cefàlica queda just al límit del penjall cutani

Taula 18: Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

Núm. Cas	Nervi cutani avantraquial posterior	
	Localitzable	Aïllable
1	si	si
2	si	si
3	si	si
4	si	si
5	si	si
6	si	si
7	si	si
8	si	si
9	si	si
10	si	si
11	si	si (1)
12	si	si (1)
13	si	si (1)
14	si	si (1)
15	si	si
Probab.	100%	100%

Observacions:

(1) Vascularitzat per l'ACR

Taula 19: Histologia del nervi cutani avantbraquial lateral

Núm. Cas	HISTOLOGIA	
	Fascicles prox.	Fascicles distal
1	4	5
2	4	2 (2)
3	4	3
4	3	2
5	4	6 (3)
6	3	13 (1)
7	3	6 (1)
8	4	10
9	3	7 (4)
10	6	3
11	4	7 (5)
12	3	6
13	6 (1)	6
14	7	7 (4)
15	4	6
Mitja	4,1	5,9
DE	1,2	2,9

Observacions:

- (1) Molt dispersos
- (2) Un molt petit
- (3) 2 molt petits
- (4) En 2 parts (3+4)
- (5) En tres parts (2+2+3)

9.3 PENJALL COMPOST DE LA BRANCA SENSITIVA DEL NERVI RADIAL I PELL DE L'AVANTBRAÇ

Taula 20: Vascularització de la pell lateral de l'avantbraç

Taula 21: Localització de les perforants de la pell de l'avantbraç

Taula 22: Vascularització de la branca sensitiva del nervi radial

Taula 23: Localització de les branques de vascularització de la branca sensitiva del nervi radial

Taula 24: Vascularització del múscul braquiorradial

Taula 25: Localització de les branques de vascularització del múscul braquiorradial

Taula 26: Innervació del múscul braquiorradial

Taula 27: Característiques del nervi radial

Taula 28: Comunicacions de les artèries implicades

Taula 29: Característiques de les artèries implicades

Taula 30: Presència de venes concomitants

Taula 31: Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

Taula 32: Histologia de la branca sensitiva del nervi radial

Taula 20: Vascularització de la pell lateral de l'avantbraç

Núm. Cas	Quantitat de perforants per la pell lateral de l'avantbraç de diàmetre $\geq 0,5$ mm					
	Núm. Totals	De l'a. radial		De l'a. recurrent radial		Altres artèries
		Núm.	%	Núm.	%	
1	4	2	50,0%	0	0,0%	AIP: 2
2	12	7	58,3%	1	8,3%	AIP: 4
3	12	7	58,3%	1	8,3%	AIP: 4
4	13	8	61,5%	0	0,0%	AIP: 5
5	12	5	41,7%	0	0,0%	AIP: 7
6	5	5	100,0%	0	0,0%	
7	13	7	53,8%	1	7,7%	AIP: 5
8	13	9	69,2%	0	0,0%	AIP: 4
9	14	9	64,3%	1	7,1%	AIP: 3/ a. braç: 1
10	15	10	66,7%	0	0,0%	AIP: 5
11	13	7	53,8%	0	0,0%	AIP: 6
12	16	6	37,5%	0	0,0%	AIP: 4
13	16	9	56,3%	0	0,0%	AIP: 7
14	6	5	83,3%	0	0,0%	AIP: 1
15	15	10	66,7%	0	0,0%	AIP: 5

Probab.		100%		27%		
Mitja	11,9	7,1	61,4%	0,3	2,1%	
DE	3,8	2,2	15,5%	0,5	3,6%	

Taula 21: Localització de les perforants de la pell lateral de l'avantbraç

Núm. Cas	Perforants per la pell lateral de l'avantbraç de diàmetre $\geq 0,5$ mm																							
	Longitud acromi-epicòndil lateral	Longitud epicòndil lateral-estiloides radial	Punts d'emissió de branques per la pell lateral de l'avantbraç (en cm des de l'epicòndil)																					
			De l'a. radial																				De l'a. recurrent radial	
			Branca 1		Branca 2		Branca 3		Branca 4		Branca 5		Branca 6		Branca 7		Branca 8		Branca 9		Branca 10		Branca 1	Branca 1
Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	
1	28,0	25,5	20,0	78%	23,5	92%																		
2	25,0	21,5	13,5 (1)	63%	15,5 (6)	72%	16,5 (6)	77%	19,0 (6)	88%	20,5	95%											2,5 (6)(7)	12%
3	25,0	22,0	2,6 (2)	12%	7,4	34%	11,5	52%	15,0	68%	16,0	73%	19,5 (1)	89%	19,8	90%							1,8	8%
4	27,0	22,0	11,4	52%	13,3	60%	13,5	61%	15,0	68%	15,7 (5)	71%	17,9 (1)	81%	19,0	86%	20,7 (1)	94%						
5	25,5	22,5	4,3 (3)	19%	7 (3)	31%	10,4 (3)	46%	14,5	64%	18,0 (1)	80%												
6	24,5	22,0	14,5	66%	15,5	70%	18	82%	18,5	84%	19,5	89%												
7	27,0	25,5	6,2 (3)(5)	24%	11,9 (5)	47%	14	55%	17,7	69%	17,9 (1)(5)	70%	20,6	81%	21,5	84%							-1,4	5%
8	27,5	22,0	2,6	12%	12,5 (1)	57%	16,1 (1)	73%	16,2	74%	16,3 (1)	74%	18,1	82%	18,3	83%	18,3	83%	19,1 (1)	87%				
9	32,0	26,5	4,7	18%	10,6	40%	15,6	59%	16,6	63%	19,7 (5)	74%	20,4	77%	22,1	83%	22,6	85%	24,1	91%			2,0	8%

10	26,5	21,5	2,2	10%	7,9	37%	11,1	52%	12,7	59%	14,9	69%	15,6 (1)(5)	73%	17,1	80%	18,5	86%	19,4	90%	20,1	93%		
11	29,0	21,5	7,5	35%	11,7	54%	13,9	65%	15,2 (1)	71%	17,2	80%	18,0	84%	18,5	86%								
12	30,9	24,0	13,3 (1)(4)	55%	15,2	63%	18,4 (1)	77%	19,8	83%	20,1 (1)	84%	22,3	93%										
13	32,5	24,8	3,1 (3)	13%	7,7	31%	11,4	46%	14,5	58%	16,0	65%	19,5 (1)	79%	21,1	85%	21,6	87%	22,1	89%				
14	25,0	21,5	14,8	69%	17,7	82%	17,7 (1)(5)	82%	18,6 (5)	87%	19,2	89%												
15	27,5	22,5	3,9	17%	10,5	47%	12,2 (1)(5)	54%	15,1	67%	15,1	67%	17,1 (1)(5)	76%	18,5	82%	19,0	84%	19,4	86%	20,4	91%		

Mitja	27,5	23,0	8,3	36%	12,5	55%	14,3	63%	16,3	72%	17,6	77%	18,9	81%	19,5	84%	20,1	87%	20,8	89%	20,3	92%	2,1	9%
DE	2,6	1,7	5,7	25%	4,5	19%	2,8	13%	2,1	10%	2,0	9%	1,9	6%	1,7	3%	1,8	4%	2,2	2%	0,2	2%	0,4	2%

Observacions:

S'ha agafat com a punt de referència l'epicòndil humeral lateral. Els valors proximals a aquesta referència s'han considerat negatius i els valors distals positius.

- (1) També van a la branca sensitiva del nervi radial
- (2) Surt proximal a la sortida de l'ARR
- (3) També va al braquiorradial
- (4) Passa entre l'ECRL i l'ECRB
- (5) Molt gruixada
- (6) També va al nervi musculocutani
- (7) Es divideix en dues

Taula 22: Vascularització de la branca sensitiva del nervi radial

Núm. Cas	Quantitat de branques per a la branca sensitiva del nervi radial					
	Núm. Total	De l'a. radial		De l'a. recurrent radial		Altres artèries
		Núm.	%	Núm.	%	
1	3	3	100,0%	0	0,0%	
2	5	4	80,0%	1	20,0%	
3	3	2	66,7%	1	33,3%	
4	3	3	100,0%	0	0,0%	
5	3	3	100,0%	0	0,0%	
6	1	1	100,0%	0	0,0%	
7	4	3	75,0%	1	25,0%	
8	6	5	83,3%	1	16,7%	
9	3	2	66,7%	1	33,3%	
10	3	2	66,7%	1	33,3%	
11	7	2	28,6%	4	57,1%	AIP: 1
12	4	3	75,0%	1	25,0%	
13	5	4	80,0%	1	20,0%	
14	4	2	50,0%	2	50,0%	
15	5	3	60,0%	2	40,0%	

Probab.		100%		73%		
Mitja	3,9	2,8	75,5%	1,1	23,6%	
DE	1,5	1,0	20,4%	1,0	18,3%	

Taula 23: Localització de les branques de vascularització de la branca sensitiva del nervi radial

Núm. Cas	Branques per a la branca sensitiva del nervi radial																			
	Longitud acromi-epicòndil lateral	Longitud epicòndil lateral-estiloïdes radial	Punts d'emissió de branques de l'a. radial (en cm des de l'epicòndil)										Punts d'emissió de branques de l'a. recurrent radial (en cm des de l'epicòndil)							
			Branca 1		Branca 2		Branca 3		Branca 4		Branca 5		Branca 1		Branca 2		Branca 3		Branca 4	
			Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu
1	28	25,5	15,5 (1)	61%	20,5	80%	22,0	86%												
2	25	21,5	4,5 (2)	21%	5,5 (1)	26%	9,5 (1)	44%	13	60%			3,5	16%						
3	25	22	14,5	66%	19,5	89%							6,5	30%						
4	27	22	4,5	20%	17,9 (7)	81%	20,7 (7)	94%												
5	25,5	22,5	6,0	27%	6,3 (1)	28%	18 (3)	80%												
6	24,5	22	5,7 (1)	26%																
7	27	25,5	3,3 (1)(3)	13%	10,4	41%	17,9 (7)	70%					-1,0	4%						
8	27,5	22,0	5,4 (4)	25%	12,5 (7)	57%	16,1 (7)	73%	16,3 (7)	74%	19,1 (7)	87%	2,4	11%						
9	32	26,5	3,7 (1)(3)(5)	14%	19,7 (3)(7)	74%							2,4 (8)	9%						
10	26,5	21,5	4,5 (1)	21%	15,6 (7)	73%							0,9	4%						

11	29	21,5	10,8	50%	15,2 (7)	71%							-0,2 (9)	7%	0 (10)	0%	0,5	2%	0,9 (11)	4%
12	30,9	24	13,3	55%	18,4 (7)	77%	20,1 (7)	84%					4 (6)	17%						
13	32,5	24,8	2,6 (6)	10%	8,1 (6)	33%	14,6	59%	19,5 (7)	79%			0,5	2%						
14	25	21,5	12,0 (6)	56%	17,7 (7)	82%							2,7 (6)	13%	3,6 (1)	17%				
15	27,5	22,5	9,3 (1)	41%	12,2 (7)	54%	17,1 (7)	76%					2,7	12%	4,5 (1)	20%				
Mitja	27,5	23,0	7,7	34%	14,3	62%	17,3	74%	16,3	71%			2,8	13%	2,7	12%				
DE	2,6	1,7	4,4	19%	5,1	22%	3,7	15%	3,3	9%			1,8	8%	2,4	11%				

Observacions:

S'ha agafat com a punt de referència l'epicòndil humeral lateral. Els valors proximals a aquesta referència s'han considerat negatius i els valors distals positius.

- (1) També va al braquiorradial
- (2) Es divideix en 2
- (3) Molt gruixada
- (4) Entra al n. a 12'3 cm
- (5) Entra al n. a 6'2 cm
- (6) També va a l'ECRL
- (7) També va a la pell lateral de l'avantbraç
- (8) Entra al n. a 3,7 cm
- (9) Molt prima
- (10) També va a la branca motora
- (11) Entra al n. a 5 cm

Taula 24: Vascularització del múscul braquiorradial

Núm. Cas	Quantitat de branques per al branquiradial					
	Núm. Total	De l'a radial		De l'a. recurrent radial		Altres artèries
		Núm.	%	Núm.	%	
1	2	2	100,0%	0	0,0%	
2	3	2	66,7%	1	33,3%	
3	7	4	57,1%	3 (1)	42,9%	
4	7	4	57,1%	2	28,6%	a. cubital: 1 (2)
5	8	4	50,0%	3	37,5%	a.braq: 1 (2)
6	9	3	33,3%	4	44,4%	a. braq: 2
7	5	2	40,0%	3	60,0%	
8	6	3	50,0%	3	50,0%	
9	8	4	50,0%	4	50,0%	
10	4	2	50,0%	2	50,0%	
11	3	2	66,7%	1	33,3%	
12	4	1	25,0%	3	75,0%	
13	3	2	66,7%	1	33,3%	
14	3	1	33,3%	2	66,7%	
15	7	4	57,1%	2	28,6%	

Probab.	100%		93%		20%	7%
Mitja	5,3	2,7	53,5%	2,2	42,2%	
DE	2,3	1,1	18,1%	1,2	18,1%	

Observacions:

(1) Són les més gruixudes

(2) Passa per davall el tendó del bíceps

Taula 25: Localització de les branques de vascularització del múscul braquiorradial

Núm. Cas	Branques per al branquiradial																	
	Longitud acromi-epicòndil lateral	Longitud epicòndil lateral-estiloides radial	Punts d'emissió de branques de l'a. radial (en cm des de l'epicòndil)								Punts d'emissió de branques de l'a. recurrent radial (en cm des de l'epicòndil)							
			Branca 1		Branca 2		Branca 3		Branca 4		Branca 1		Branca 2		Branca 3		Branca 4	
			Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu	Absolut	Relatiu
1	28,0	25,5	7,5	29%	15,5 (1)	61%												
2	25,0	21,5	5,5 (1)	26%	9,5 (1)	44%					4,0	19%						
3	25,0	22,0	4,5	20%	8,5	39%	14,0	64%	16,5	75%	3,6 (7)	16%	4,4	20%	4,5 (11)	20%		
4	27,0	22,0	4,2	19%	4,9	22%	7,2	33%	8,6	39%	0,0 (8)	0%	4,0 (10)	18%				
5	25,5	22,5	4,5 (2)	20%	6,3 (1)	28%	7,0	31%	10,7	48%	0,7	3%	3,2	14%	4,9	22%		
6	24,5	22,0	2,3	10%	5,7 (1)	26%	9,6	44%			-0,2	1%	1,8	8%	2,1	10%	2,3	10%
7	27,0	25,5	3,3 (1)	13%	6,2 (4)	24%					2,3 (9)	5%	1,6	6%	2,3 (10)	9%		
8	27,5	22,0	4,4	20%	5,4	25%	9,1	41%			2,4	11%	2,4	11%	2,7	12%		
9	32,0	26,5	3,7 (1)	14%	6,8 (5)	26%	7,4	28%	10,6	40%	2,0	8%	2,0	8%	2,5	9%	2,8	11%
10	26,5	21,5	4,5 (1)(3)	21%	5,9	27%					2,1	10%	2,6	12%				
11	29,0	21,5	3,8	18%	7,3	34%					1,2	6%						

12	30,9	24,0	7,0 (4)	29%							0,0	0%	2,7	11%	3,3	14%		
13	32,5	24,8	1,5	6%	3,1 (4)	13%					0,8	3%						
14	25,0	21,5	10,7	50%							2,7	13%	3,6 (1)	17%				
15	27,5	22,5	4,9	22%	6,9	31%	7,4 (6)	33%	9,3 (1)	41%	4,1	18%	4,5 (1)	20%				

Mitja	27,5	23,0	4,8	21%	7,1	31%	8,8	39%	11,1	49%	1,9	9%	3,0	13%	3,2	14%	2,6	11%
DE	2,6	1,7	2,2	10%	3,0	12%	2,5	12%	3,1	15%	1,4	6%	1,0	5%	1,1	5%	0,4	0%

Observacions:

S'ha agafat com a punt de referència l'epicòndil humeral lateral. Els valors proximals a aquesta referència s'han considerat negatius i els valors distals positius.

- (1) També va a la branca sensitiva del nervi radial
- (2) Es divideix en 3
- (3) Entra al múscul a 7,5 cm
- (4) També va a la pell lateral de l'avantbraç
- (5) També va al FCU
- (6) També va al FCR
- (7) Surt d'on l'a. radial emet l'ARR
- (8) Es divideix en moltes branquetes
- (9) Es divideix en 2 i una d'elles va pell lateral de l'avantbraç proximal al penjall
- (10) Es divideix en 2
- (11) La més gruixada

14	tronc comú	25	21,5	1	-2,8 (3)	11%							br. Motora
15	tronc comú	27,5	22,5	1	0	0%							br. Sensitiva

Mitja		27,5	23,0	1,3	-4,9	18%	-3,6	15%	-5,0	20%			
DE		2,6	1,7	0,9	3,2	11%	0,8	4%	0,8	4%			

Observacions:

S'ha agafat com a punt de referència l'epicòndil humeral lateral. Els valors proximals a aquesta referència s'han considerat negatius i els valors distals positius.

- (1) Es divideix en 3
- (2) Té una branca d'irrigació d'una a. musc que també va al tronc comú del nervi radial
- (3) També va a l'ECRL
- (4) Es divideix en 2
- (5) Hi ha 2 branques
- (6) Surt del punt on el tronc comú se trifurca

Taula 27: Característiques del nervi radial

Núm. Cas	Punt de sorida entre BR i ECRL (en cm des de l'estiloides radial)	Punt de divisió del n. radial (en cm des de l'epicòndil)	Núm. de braques de la branca sensitiva del n. radial
1	9,0	0,0	4 (1)
2	8,5	2,5	3
3	7,4	0,0	2
4	6,5	-0,5	3
5	8,9	0,0	2
6	7,0	-2,4	2 (2)
7	8,0	-1,2	3
8	6,4	-1,7	3
9	8,0	-1,0	2
10	7,5	-0,2	2
11	7,4	-3,2	2 (3)
12	7,7	-0,6	3
13	-2,6	2	3
14	0,4	2	3
15	2,0	5	7

Probab.			100%
Mitja	7,6	-0,6	2,7
DE	0'8	1'6	0'9

Observacions:

S'ha agafat com a punt de referència l'epicòndil humeral lateral. Els valors proximals a aquesta referència s'han considerat negatius i els valors distals positius.

(1) 2 surten juntes i es divideixen en la zona volar

(2) Cada una es divideix en 3

(3) la branca més ventral es divideix en 2

Taula 28: Comunicacions de les artèries implicades

Núm. Cas	Anastomosis de l'ARR amb l'ACR	
	Existència	Observacions
1	no	
2	no	ARR se'n va molt profund i ACR dóna una branca imp pel BR.
3	no	
4	no	ACR va per damunt el n. radial i se va fent prima fins que desapareix en el 1/3 distal
5	si (molt prima)	
6	no	
7	si	1 mm
8	si	filiforme. Quasi tota l'ACR se'n va amb el n. CPIA a la pell
9	no	
10	no	ARC se'n va amb el n. CPIA a la pell
11	no	
12	no	
13	no	ARC se'n va amb el n. CPIA a la pell
14	no	ARR s'anastomosa amb a. musc del bíceps (de l'a. cubital)
15	no	
Probab.	20%	

Taula 29: Característiques de les artèries implicades

Núm. Cas	Longitud del pedicle de l'a radial (en cm)			Diàmetre de l'a radial (al punt d'origen, mm)	Diàmetre de l'a. recurrent radial (al punt d'origen, mm)	Distància de l'a radial a l'ARR	Punt de divisió de l'a braquial (en cm des de l'epicòndil)
	a la pell	a la branca sensitiva del n. radial	al braquioradial				
1	4,3	5,1	1,0	3,76	2,2	1,5	2,5
2	1,1	3,1	3,1	3,1	1,3	1,2	6,0
3	5,4	12,1	5,4	3	2,0	0,4	2,1
4	9,3	3,3	3,3	3	2,1	1,3	2,5
5	4,0	4,1	1,0	3	2,6	0,6	2,5
6	11,9	3,5	0,8	3	2,3	0,8	2,2
7	11,1	2,7	2,7	4	2,9	1,0	1,1
8	1,9	4,2	3,5	4	2,1	0,4	2,4
9	2,7	1,8	1,8	5	2,5	0,0	2,5
10	0,4	2,3	2,3	2	1'9	0,0	2,1
11	7,3	10,7	1,6	3,5	2'1	0,9	1,0
12	4,9	11,0	4,9	4	2,6	0,8	3,9
13	2,2	1,6	0,5	4	1,5	0,4	1,9
14	28,5	26,0	25,0	4	1,1	0,0 (1)	14,2

15	8,4	5,9	2,1	3	2,2	0,6	3,7
----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----

Mitja	6,9	6,5	3,9	3,5	2,1	0,7	3,4
DE	7,0	6,4	6,0	0,7	0,5	0,5	3,2

Observacions:

(1) surt de la cubital

Taula 30: Presència de venes concomitants

Núm. Cas	Venes concomitants associades a perforants de l'a. radial	Drenatge venes perforants a venes concomitants de l'a. radial
1	si	si
2	si	si
3	si	si
4	si	si
5	si	si
6	si	si
7	si	si
8	si	si
9	si	si
10	si	si
11	si	si
12	si	si
13	si	si
14	si	si
15	si	si
Probab.	100%	100%

Taula 31: Possibilitat de realitzar penjalls cutanis sensibles

Núm. Cas	Nervi cutani braquial o avantraquial lateral	
	Localitzable	Aïllable
1	si	si
2	si	si
3	si	si
4	si	si
5	si	si
6	si	si (1)
7	si	si
8	si	no (1)
9	si	si
10	si	si
11	si	si (1)
12	si	si
13	si	si
14	si	no
15	si	si
Probab.	100%	87%

Observacions:

(1) Es pot incloure el n. CAP.

Taula 32: Histologia de la branca sensitiva del nervi radial

Núm. Cas	HISTOLOGIA	
	Fascicles prox.	Fascicles distal
1	4 (1)	6 (3)
2	3	7 (4)
3	4	8 (5)
4	4	7 (6)
5	5	6 (7)
6	4	6 (8)
7	4	5 (9)
8	1	3
9	4	9
10	3	9 (10)
11	3	9
12	8 (2)	9 (10)
13	4	7 (11)
14	5	6 (7)
15	5	9 (12)

Mitja	4,1	7,1
DE	1,5	1,8

Observacions:

- (1) En 2 parts (2+2)
- (2) En 2 parts (3+5)
- (3) En 3 parts (2+2+2)
- (4) En 4 parts (2+1+4)
- (5) En 2 parts (4+4)
- (6) En 2 parts (5+2)
- (7) En 2 parts (3+3)
- (8) En 2 parts (4+2)
- (9) En 2 parts (2+3)
- (10) En 2 parts (5+4)
- (11) En 2 parts (4+3)
- (12) En 3 parts (4+3+2)
