

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

Medikuntza eta Erizaintzako Fakultatea
Pediatria Saila

**EKOGRAFIA KLINIKOAREN ERABILERA BESAURREKO
URRUNEKO HERENeko HAUSTUREN DIAGNOSTIKORAKO
PEDIATRIAKO LARRIALDIETAN**

**UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA CLÍNICA PARA EL DIAGNÓSTICO
DE FRACTURAS DEL TERCIO DISTAL DEL ANTEBRAZO EN
URGENCIAS PEDIÁTRICAS**

DOKTOREGO TESIA
Iratxe Galletebeitia Laka
2020ko abendua

“No temas a las dificultades, lo mejor surge de ellas”

Rita Levi-Montalcini

ESKAITZA

Amuma doktorego lan hau zuretzat,
ezina ekinez egina.

.

ESKER ONAK

Nire eskerrik beroenak lan hau aurrera eramaten lagundu didazuen guztioi.

Aipamen berezia Frederic Samson eta Carlos Gonzalez zuzendariei, beraien konfiantza eta konpromisoagatik. Ezin ahaztu ezta uneoro esku zabalik hartu nauen Andres Gonzalez, beti laguntzeko prest egon dena. Horiez gain, eta banan bana eskertu, une on zein txarretan nire alboan izan ditudan Basurtuko Ospitaleko Pediatria Zerbitzuko lankide guztiei, etxean bezala sentiarazteagatik.

Nola ez eskertu aita, ama eta Enekorri. Mila esker orain naizena izatera heltzen laguntzeagatik, beti erreza izan ez bada ere.

Eta Jon, zuri zer esan, lan hau nirea bezain zurea da.

Eskerrik asko guztioi!

AURKIBIDEA

AURKIBIDEA	orrialdea
AURKIBIDEA.....	III
ARGITALPENAK ETA EKARPENAK.....	IX
LABURDURAK.....	XVII
TAULEN AURKIBIDEA.....	XXI
IRUDIEN AURKIBIDEA.....	XXV
DEFINIZIO ETA KONTZEPTUAK.....	XXXIII
I. KAPITULUA: SARRERA.....	3
1. HAUSTURAK: KONTZEPTU OROKORRAK.....	3
1.1. Sarrera.....	3
1.2. Garai pediatrikoko hausturen ezaugarri bereziak.....	7
1.3. Hausturen epidemiologia pediatrian.....	15
1.4. Traumatismoen balorazio orokorra.....	19
1.5. Hausturen irudi bidezko diagnostikoa.....	21
1.6. Hausturak tratatzeko printzipio orokorrak.....	40
2. EKOGRAFIAREN OINARRIAK.....	47
2.1. Historia.....	47
2.2. Ekografiaren oinarri fisikoak.....	51
2.2.1. Soinua.....	51
2.2.2. Ultrasonua.....	53
2.2.3. Irudi ekografikoaren eraketa.....	60
2.2.4. Irudi ekografikoaren interpretazioa.....	67
2.2.5. Ekografiako nomenklatura.....	70
2.2.6. Artefaktu ekografikoak.....	72
2.3. Ekografiaren erabilera.....	76
3. BESAURREKO URRUNEKO HERENEKO HEZUR HAUSTUREN EKOGRAFIA KLINIKO BIDEZKO DIAGNOSTIKOA PEDIATRIAN.....	81
3.1. Sarrera.....	81
3.2. Miaketa fisikoa besaurreko urruneko hereneko traumatismoetan.....	83
3.3. Besaurreko urruneko hereneko haustura ohikoenak.....	87
3.4. Besaurreko urruneko hereneko hausturen ekografia bidezko diagnostikoa	90
3.5. Ekografia klinikoa eta haustura erredukzioa.....	100

II. KAPITULUA: IKERKETAREN JUSTIFIKAZIOA	103
III. KAPITULUA: HIPOTESIA	107
IV. KAPITULUA: HELBURUAK	111
V. KAPITULUA: MATERIALA ETA METODOA	115
1. IKERKETAREN GARAPENA	117
2. IKERKETA MOTA	117
3. IKERTUTAKO BIZTANLERIA.....	117
4. IKERKETAN ONARTUA IZATEKO IRIZPIDEAK	118
5. BAZTERTZEKO IRIZPIDEAK.....	118
6. IKERTZAILE TALDEA	118
7. IKERKETA PROTOKOLOA.....	119
8. METODO ESTADISTIKOA.....	128
9. ETIKA ETA KONFIDENTZIALTASUNA	129
CAPITULO VI: RESULTADOS	131
1. ANALISIS DESCRIPTIVO GENERAL	133
1.1. Datos demográficos	133
1.2. Datos clínicos	135
2. ANALISIS DESCRIPTIVO DE LOS PACIENTES CON FRACTURA DEL TERCIO DISTAL DEL ANTEBRAZO	136
2.1. Datos demográficos de los pacientes con fractura.....	136
2.2. Datos clínicos de los pacientes con fractura	138
3. VALIDEZ DE LA ECOGRAFÍA CLÍNICA PARA EL DIAGNÓSTICO DE FRACTURAS DEL TERCIO DISTAL DEL ANTEBRAZO	139
3.1. Detección y clasificación de las fracturas del tercio distal de antebrazo	139
3.2. Análisis estadístico	143
4. PACIENTES CON INDICACIÓN DE REDUCCIÓN DE FRACTURA Y ECOGRAFÍA CLÍNICA.....	145
CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN	149
1. ANALISIS DE LA MUESTRA	151
2. CLINICA.....	152
3. VALIDEZ DE LA ECOGRAFÍA CLÍNICA PARA EL DIAGNÓSTICO DE FRACTURAS	154
3.1. Errores diagnósticos ecográficos	154

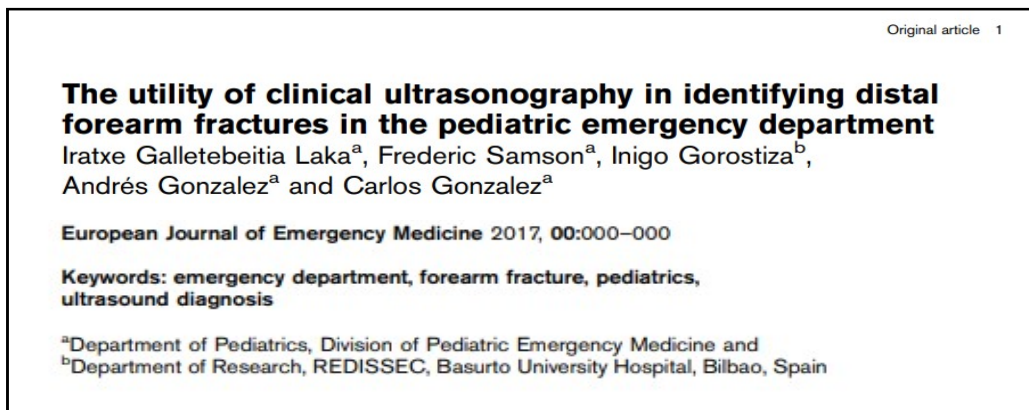
3.1.1. Falsos negativos.....	154
3.1.2. Falsos positivos	156
3.2. Prueba de referencia: radiografía ósea	156
4. ECOGRAFÍA CLÍNICA.....	158
4.1. Formación en ecografía clínica	158
4.2. Ventajas de la ecografía clínica	159
4.2.1. Prueba rápida	159
4.2.2. Indolora	159
4.2.3. Reproducible	160
5. REDUCCIÓN DE FRACTURA ECOGUIADA O ECOFACILITADA	161
6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	162
6.1. Selección de muestra y tipo de estudio.....	162
6.2. Gold estándar	163
6.3. No multicéntrico	164
CONCLUSIONES	165
BIBLIOGRAFÍA	169
ANEXOS.....	181

**ARGITALPENAK ETA
EKARPENAK**

ARGITALPENAK ETA EKARPENAK

ARGITALPENAK

- Galletebeitia Laka I, Samson F, Gorostiza I, González A, González C. *The utility of clinical ultrasonography in identifying distal forearm fractures in the pediatric emergency department.* Eur J Emerg Med. 2019 Apr;26(2):118-122. doi: 10.1097/MEJ.0000000000000509.



EKARPENAK

- Utilidad de la Ecografía Clínica para la detección de fracturas de huesos largos. Iratxe Galletebeitia Laka, Frédéric Samson, Andrés González Hermosa, Amaia Urretabizkaia Zubizarreta, Nerea López Vázquez, Iratxe Tapia Torrijos. 2016ko apirilaren 14tik 16ra bitartean aurkeztua, Valentziako Pediatriako Larrialdietako Espainiako Elkartearen XXI.bileran.
- Diagnóstico de fracturas de tercio distal de antebrazo por Ecografía Clínica. Frédéric Samson, Iratxe Galletebeitia Laka, Andrés González Hermosa, Garazi Plaza Fraga, Alexandra Espinosa Pousa, Nerea López Vázquez. 2016ko apirilaren 14tik 16ra bitartean aurkeztua, Valentziako Pediatriako Larrialdietako Espainiako Elkartearen XXI.bileran.
- ¿Es útil la Ecografía Clínica para el diagnóstico de fracturas de tercio distal de antebrazo? Iratxe Galletebeitia Laka, Frédéric Samson, Andrés González Hermosa, Garazi Plaza Fraga, Alexandra Espinosa Pousa, Nerea López Vázquez. 2016ko urriaren 21ean aurkeztua, Vitoria-Gasteizeko Euskal Herriko Pediatría Elkartearen zientzia bileran.

SARIAK

- Ahozko komunikazio labur onenaren saria “Utilidad de la Ecografía Clínica para la detección de fracturas de huesos largos” lanagatik. Pediatriako Larrialdietako Espainiako Elkartearen XXI.bilera, Valentzia, 2016ko apirila.
- Ahozko komunikazio onenaren bigarren saria “Diagnóstico de fracturas de tercio distal de antebrazo por Ecografía Clínica” lanagatik. Pediatriako Larrialdietako Espainiako Elkartearen XXI.bilera, Valentzia, 2016ko apirila.
- Ahozko komunikazio onenaren saria “¿Es útil la Ecografía Clínica para el diagnóstico de fracturas de tercio distal de antebrazo?” lanagatik. Euskal Herriko Pediatria Elkartearen zientzia bilera, Vitoria-Gasteiz, 2016ko urria.
- Bilbao-Basurtuko ESko Zientziaren eta Berrikuntzaren VII. Jardunaldiko BAME argitalpen oneneraren saria “*The utility of clinical ultrasonography in identifying distal forearm fractures in the pediatric emergency department.* Eur J Emerg Med. 2019 Apr;26(2):118-122.” lanagatik. Bilbao, 2020ko azaroa.



Valencia, del 14 al 16 de abril de 2016

“caminando juntos”

**Premio a la Mejor Comunicación Oral Breve en la
21ª Reunión de la SEUP Valencia 2016**

A favor de Iratxe Galleitebeitia Laka; Frédéric Samson; Andrés González Hermosa; Amaia Urretabizkaia
Zubizarreta; Nerea López Vázquez; Iratxe Tapia Torrijos.

SERVICIO DE URGENCIAS PEDIÁTRICAS, HOSPITAL UNIVERSITARIO BASURTO, BILBAO.

por su trabajo

“UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA CLÍNICA PARA LA DETECCIÓN DE FRACTURAS DE HUESOS LARGOS”.

presentado durante la 21º Reunión de la Sociedad Española de Urgencias de Pediatría,
celebrada en Valencia, del 14 al 16 de Abril de 2016.



Dra. Sara Pons Morales
Comité Científico Local

Dr. Roberto Velasco Zúñiga
Comité Científico Congreso

Dr. Ignacio Manrique Martínez
Presidente Comité Organizador

21 REUNIÓN ANUAL DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE URGENCIAS DE PEDIATRÍA



Valencia, del 14 al 16 de abril de 2016

"caminando juntos"

Segundo Premio a la Mejor Comunicación Oral en la 21ª Reunión de la SEUP Valencia 2016

A favor de Frédéric Samson; Iratxe Galleitebeitia Laka; Andrés González Hermosa; Garazi Plaza Fraga; Alexandra Espinosa Pousa; Nerea López Vázquez.

SERVICIO DE URGENCIAS PEDIÁTRICAS, HOSPITAL UNIVERSITARIO BASURTO. BILBAO.

por su trabajo

"DIAGNÓSTICO DE FRACTURAS DEL TERCIO DISTAL DEL ANTEBRAZO POR ECOGRAFÍA CLÍNICA EN URGENCIAS PEDIÁTRICAS."

presentado durante la 21º Reunión de la Sociedad Española de Urgencias de Pediatría, celebrada en Valencia, del 14 al 16 de Abril de 2016.



Sociedad Española de Urgencias de Pediatría

Dra. Sara Pons Morales
Comité Científico Local

Dr. Roberto Velasco Zúñiga
Comité Científico Congreso

Dr. Ignacio Manrique Martínez
Presidente Comité Organizador

SOCIEDAD
VASCO-NAVARRA
DE PEDIATRÍA



EUSKAL HERRIKO
PEDIATRI
ELKARTEA

El jurado evaluador de la Junta Directiva de la Sociedad Vasco -Navarra de Pediatría ha concedido el

Premio a la Mejor Comunicación oral

presentada en la **Reunión Científica de la SVNP**, celebrada en Vitoria el **21 de octubre de 2016** y con una dotación de **300 Euros**, al trabajo titulado

“¿Es útil la ecografía clínica para el diagnóstico de fracturas de tercio distal de antebrazo?”

cuyos autores son

*Iratxe Galletebeitia Laka, Frédéric Samson, Andrés González Hermosa, Plaza Fraga G, Espinosa Pousa A, Vázquez López N
Sección de Urgencias Pediátricas, Hospital Universitario Basurto,
Bilbao.*

Fdo. Dra. Ainhoa Aguirre Conde
Secretaria de la S.V.N.P./E.H.P.E

Vitoria, 21 de octubre de 2016

LABURDURAK

LABURDURAK

ABN	aurreateko balio negatibo
ABP	aurreateko balio positibo
AIUM	<i>American Institute of Ultrasound in Medicine</i>
Db	dezibelio
DE	desbiderapen estandarra / desviación estándar
E	espezifikotasun / especificidad
EC	ecografía clínica
EMN	erresonantzia magnetiko nuklearra
ENA	egiantza negatiboaren arrazoia
EPA	egiantza positiboaren arrazoia
ESI	erakunde sanitario integratua
Hz	hertzio
KHz	kilohertzio
OME	Osasunaren Mundu Erakundea
OTA	ordenagailu bidezko tomografia axiala
POCUS	<i>point of care ultrasound</i>
RMN	resonancia magnética nuclear
RVN	razón de verosimilitud negativa
RVP	razón de verosimilitud positiva
Rx	erradiografia / radiografía
S	sentikortasun / sensibilidad
TAC	tomografía axial computarizada
VPN	valor predictivo negativo
VPP	valor predictivo positivo

TAULEN AURKIBIDEA

TAULEN AURKIBIDEA

Orrialdea

1. taula. Gustilo eta Andersonen haustura irekien sailkapena.....	6
2. taula. Besurreko haustura metafisarioetan plano eta adinaren arabera onargarri diren angeluazioak	14
3. taula. Soinuaren hedapen abiadura eta ehunen dentsitatea.....	54
4. taula. Islapen maila inplikaturako interfaseen arabera.....	55
5. taula. Uhin maiztasunaren eta sarkortasunaren arteko erlazioa	58
Tabla 6. Distribución de los pacientes según el grupo de edad y el sexo	134
Tabla 7. Distribución de los traumatismos según sexo y extremidad afecta	135
Tabla 8. Datos clínicos recogidos durante la exploración inicial.	135
Tabla 9. Distribución de las fracturas según grupo de edad y sexo.	137
Tabla 10. Distribución de las fracturas según la extremidad en el que se producen y el sexo	138
Tabla 11. Datos clínicos de los pacientes que han presentado alguna fractura.....	138
Tabla 12. Distribución de los pacientes según probabilidad de fractura	139
Tabla 13. Distribución de las fracturas según su tipología.....	140
Tabla 14. Distribución de los tipos de fractura según el sexo del paciente	141
Tabla 15. Distribución de las lesiones según tipología y rango de edad.....	141
Tabla 16. Tipo de fractura según el sexo y el rango de edad	142
Tabla 17. Distribución de las fracturas compuestas	143
Tabla 18. Estudio estadístico comparativo de la ecografía clínica respecto a la radiografía ósea	144
Tabla 19. Estudio estadístico comparativo de la ecografía clínica respecto a la radiografía ósea, según observador	144
Tabla 20. Relación entre probabilidad clínica de fractura estimada por los investigadores y los hallazgos radiológico-ecográficos.	145
Tabla 21. Datos demográficos de los pacientes con reducción de la fractura.....	145
Tabla 22. Reducción de fractura según el grupo de edad del paciente.	146

Tabla 23. Reducción de fractura según el sexo del paciente.....	146
Tabla 24. Datos clínicos de los pacientes con fractura con indicación de reducción.	147
Tabla 25. Tipo de fractura reducida.....	147
Tabla 26. Relación entre la angulación máxima entre los fragmentos y lugar de reducción de fractura	148

IRUDIEN AURKIBIDEA

IRUDIEN AURKIBIDEA

Orrialdea

1. irudia.	Hezur luzearen anatomia.	4
2. irudia.	Hezurren sailkapen anatomikoa	5
3. irudia.	Haustura lerroaren araberako sailkapena.....	6
4. irudia.	Hezurren birsortze prozesua	7
5. irudia.	Hezur ehunaren sortze prozesua. Lehenengo eta bigarren mailako osifikazio zentroak.....	8
6. irudia.	Hazkunde kartilagoa	9
7. irudia.	Haustura osteko gehiegizko hazkundera, femurraren haustura diafisarioa muin barneko iltzearekin tratatu ostean.....	10
8. irudia.	Hazkunde kartilagoaren itxiera goiztiarra eta horren ondoriozko gorputz adarren arteko luzera desadostasuna	10
9. irudia.	Karga-desplazamendu kurba	11
10. irudia.	Hezur mota ezberdinen portaera biomekanikoa adierazten duen karga-desplazamendu kurba	12
11. irudia.	Hausturaren konponketa prozesua.....	12
12. irudia.	Hezur modelatze gaitasuna tibiako haustura diafisario osoaren ostean	13
13. irudia.	Besurreko urruneko hereneko hausturetan onargarritzat har daitezkeen lerrotatze asaldurak egile ezberdinen arabera.....	14
14. irudia.	Adinaren araberako hausturen banaketa.....	15
15. irudia.	Sexu eta adinaren araberako hausturen banaketa	16
16. irudia.	Hurtzaro eta nerabegaroko hausturak aztertzen dituzten ikerlan epidemiologikoen bilduma.....	17
17. irudia.	Kokapenaren araberako hausturen sailkapena	17
18. irudia.	Haustura mekanismo ohikoenaren irudikapena: besaurrea eta eskumuturra luzatuta erortzea	18
19. irudia.	Jarduera edo gertaera unearean araberako sailkapena	19
20. irudia.	Besaurrea aztertze proiekzio erradiologikoak	21
21. irudia.	X izpien xurgatze eta sartze gaitasuna eragindako ehunaren arabera eta lortutako dentsitate erradiologikoak.....	22
22. irudia.	Besurreko erradiologia arrunta. Aurre-atzeko eta alboko proiekzioak.....	23
23. irudia.	Errodete motako haustura metafisario erradio-kubitala	24
24. irudia.	Errodete hausturaren lesio mekanismoa: konpresioa edo zapalketa.....	25
25. irudia.	Zurtoin berde hausturaren lesio mekanismoa: flexioa.....	25
26. irudia.	Inkurbazio traumatikoa eta flexio mekanismoa.....	26

27. irudia.	Salter eta Harrisen araberako epifisiolisien sailkapena.....	27
28. irudia.	Peroneko I. motako urrutiko epifisiolisia	27
29. irudia.	Tibiako II. motako urruneko epifisiolisia	28
30. irudia.	Erradioko III. motako epifisiolisia	28
31. irudia.	Lehen hatzaren hurbileko falangearen IV. motako haustura epifisarioa.....	28
32. irudia.	V. motako epifisiolisia.....	29
33. irudia.	Tuberositate tibialaren apofisitisa	30
34. irudia.	Apofisi estiloide kubitalaren haustura	31
35. irudia.	Haustura erradiokubital osoa.....	31
36. irudia.	Irudi proben dosi eraginkorrak. Toraxeko erradiografiarekin eta naturako erradiazioarekin duten baliokidetasuna	33
37. irudia.	Ordenagailu bidezko tomografiaren osagaiak.	34
38. irudia.	Orkatilako hiru planotako haustura OTAn.....	35
39. irudia.	Erresonantzia magnetikoaren laburpen eskema.....	36
40. irudia.	II. motako urrutiko epifisiolisi erradiala erresonantzian	37
41. irudia.	FLACC eskala	41
42. irudia.	Paediatric Pain Profile eskala.....	41
43. irudia.	Zenbakizko eskala	42
44. irudia.	Wong-Bakerren aurpegien eskala.	42
45. irudia.	Kolore eskala	43
46. irudia.	Min eskala konbinatuak.....	43
47. irudia.	Eskumuturraren immobilizazio teknika	44
48. irudia.	Haustura erradiokubital osoa, erredukzio aurreko eta osteko irudi erradiologikoak.....	45
49. irudia.	Floyd Firestoneren islapen ultrasonikoa edo “ <i>reflectoscopio ultrasónico</i> ”	47
50. irudia.	Hirurogehiko hamarkadako ekografoa.....	48
51. irudia.	Transduktore askedun ekografoa.....	49
52. irudia.	Ekografia pazientearen ohe oinean.....	50
53. irudia.	Uhin luzeraren adierazpena	51
54. irudia.	Uhin maiztasuna.	52
55. irudia.	Soinu uhinaren anplitudea.....	52
56. irudia.	Gizakiaren eta beste animalia batzuen entzumen gaitasuna.....	53
57. irudia.	Ultrasoinuaren islapen fenomenoa	54
58. irudia.	Islapen intentsitatearen araberako tonalitateak eta hiztegi ekografikoa	55
59. irudia.	Inpedantzia akustikoa.....	56
60. irudia.	Soinu uhinaren errefrakzio fenomenoa.....	56

61. irudia.	Indargabetze fenomenoak: sakabanaketa eta xurgapena	58
62. irudia.	Maiztasunaren arabera zunda grafikoaren aukeraketa	58
63. irudia.	Irabazi galeraren konpentsazioa denboran.....	59
64. irudia.	Maiztasun harmonikoak.	59
65. irudia.	Efektu piezoelektrikoa.	60
66. irudia.	Efektu piezoelektrikoa eta alderantzizko efektu piezoelektrikoa.	60
67. irudia.	Pultsukako korrante elektrikoa eta entzute aldia	61
68. irudia.	Irudi ekografikoaren eraketa.....	61
69. irudia.	Zunda grafiko motak	62
70. irudia.	Zunda lineala. Erradioaren urruneko herenaren irudi ekografikoa.	62
71. irudia.	Zunda konbexua. Giltzurrunari dagokion irudi ekografikoa.	63
72. irudia.	Zunda sektoriala. Lau ganberakoa deritzon plano kardiologikoa.	63
73. irudia.	Zunda grafikoaren koxka eta ekografoaren pantailan haren adierazle den puntua	63
74. irudia.	A modu ekografikoa.	64
75. irudia.	B modu ekografikoa	64
76. irudia.	M modu ekografikoa.....	65
77. irudia.	Doppler modua.....	66
78. irudia.	Doppler kolorea.....	66
79. irudia.	Doppler keinukariaren irudi ekografikoa.	67
80. irudia.	Bereizmen espazial axiala.....	68
81. irudia.	Alboko bereizmen espaziala.....	68
82. irudia.	Albo bereizmen espaziala eta ultrasoinu sortaren zabalera.....	69
83. irudia.	Tarte dinamiko ezberdinak	70
84. irudia.	Barruan lesio hipoekogeniko txikia duen maskuri beteari dagokion irudi anekoikoa.....	71
85. irudia.	Egitura hipoekoikoa.....	71
86. irudia.	Irudi hiperekoikoa.....	71
87. irudia.	Erreberberazio artefaktua.....	72
88. irudia.	Kometa isats artefaktua.....	73
89. irudia.	Ispilu irudia	74
90. irudia.	Itzal akustikoa	74
91. irudia.	Atzeko errefortzu akustikoa	75
92. irudia.	Balorazio muskuluesketikorako txantiloia	79
93. irudia.	Larrialdi Pediatrikoetako espezialistentzat diseinaturiko ekografiako formakuntza programa.....	79

94. irudia. Ekografia klinikoko formakuntza programa: erabilera ekografikoak	80
95. irudia. Besaurreko hezurren anatomia	81
96. irudia. Besaurreko anatomia	82
97. irudia. Fibrokartilago triangeluarraren egitura.....	82
98. irudia. Besaurrearen deformazioa	83
99. irudia. Besaurrearen haustura irekia	83
100. irudia. Aurreko eta atzeko hezur arteko nerbioen balorazioa	85
101. irudia. Nerbio kubitalaren balorazioa.....	85
102. irudia. Nerbio erradiala aztertzeko erpuaren zeinua.....	85
103. irudia. Eskuaren sentikortasun banaketa	86
104. irudia. Errodete erako haustura besaurreko urruneko herenean.	87
105. irudia. Zurtoin berde erako haustura besaurreko urrutiko herenean.....	87
106. irudia. Besaurreko urrutiko hereneko haustura metafisario osoa	88
107. irudia. Besaurreko urrutiko hereneko epifisiolisi motako haustura.....	88
108. irudia. Kubituaren estiloide apofisiaren abultsio haustura.....	89
109. irudia. Maiztasun handiko zunda grafiko lineala.....	90
110. irudia. Material eroalea: aukera desberdinak.	91
111. irudia. Erradioren luzetarako proiektzio plano desberdinak.....	92
112. irudia. Kubituaren plano desberdinak luzetarako proiektzioan.....	92
113. irudia. Zeharkako proiektzio ekografikoa	92
114. irudia. Irudi duala	92
115. irudia. Hezur normalaren irudi ekografikoa.....	93
116. irudia. Hausturarekin bateragarriak diren irudi ekografikoak	94
117. irudia. Errodete motako hausturaren irudi ekografikoa.....	94
118. irudia. Errodete motako haustura erradiologia arruntean eta ekografian	95
119. irudia. Zurtoin berde motako hausturaren irudi ekografikoa	95
120. irudia. Haustura metafisario osoa	96
121. irudia. Haustura metafisario erradial osoa: irudi ekografiko eta erradiologikoak	96
122. irudia. Inkurbazio plastikoaren irudi ekografikoa.....	96
123. irudia. Epifisiolisia: irudi ekografikoa.	97
124. irudia. Erradioko haustura metafisario desplazatua.....	98
125. irudia. Angeluaziodun erradioko haustura metafisarioa.....	99
126. irudia. Erradioko urruneko hereneko haustura osoa eta horren erredukzioa	101
127. irudia. FLACC eskala.	119
128. irudia. Min eskala subjektibo konbinatua.....	120

129. irudia. Eskala konbinatua: zenbaki, kolore eta aurpegien eskala.	120
130. irudia. Zenbakizko eskala	120
131. irudia. Ikerketako datu basearen irudia	121
132. irudia. Ikerketako datu basea: azterketa ekografikoko datuak.....	122
133. irudia. Azterketa ekografikorako erabilitako materiala.	123
134. irudia. Azterketa ekografikoaren teknika.	123
135. irudia. Kubituaren balorazio ekografikoa luzetarako proiektzioan.....	124
136. irudia. Irudi duala	124
137. irudia. Hezur kortikal normala eta hausturarekin bateragarriak diren irudiak.	125
138. irudia. Haustura erradial osoa sortutako hezur zatien arteko desplazamenduarekin ...	126
139. irudia. Erradioaren haustura metafisario osoaren angeluazio maila zehaztea.....	126
140. irudia. Haustura metafisario erradial osoa: erredukzio aurreko eta osteko irudia ekografikoak.....	127
141. irudia. Besaurreko hezurren erradiografia arrunta.....	127
Figura 142. Distribución de los pacientes por edad en años.	133
Figura 143. Distribución de la muestra de estudio según el sexo	133
Figura 144. Distribución según el grupo de edad y el sexo	134
Figura 145. Distribución de los pacientes con fractura según su edad	136
Figura 146. Distribución de las fracturas según edad y sexo.....	137
Figura 147. Distribución de las lesiones según tipología y rango de edad.....	142
Figura 148. Distribución de los pacientes de acuerdo al sexo y la edad	151
Figura 149. Sistemática de estudio propuesta por Kozaci et al.	155

**DEFINIZIO ETA
KONTZEPTUAK**

DEFINIZIO ETA KONTZEPTUAK

- **Abultsio haustura:** gehiegizko trakzioaren ondorioz gertatutako hezur erauzte edo haustura.
- **Angelu:** elkar ebakitzen duten bi zuzen edo planok mugatutako zati, gradutan neurtzen dena.
- **Angeluazio:** haustura ostean sortutako hezur zatien artean eratutako angelu.
- **Aurresateko balio negatibo** (*cast. valor predictivo negativo*): proba diagnostiko batean emaitza negatiboa izan eta osasuntsu egoteko probabilitate.
- **Aurresateko balio positibo** (*cast. valor predictivo positivo*): proba diagnostikoan emaitza positiboa izan eta gaixotasuna izateko probabilitate.
- **Desplazamendu:** hausturaren ondorioz sortutako hezur zatiek jatorrizko kokapenarekiko jasandako mugimendu.
- **Diafisi:** egitura zilindrikodun hezur luzearen erdiko zati.
- **Egiantza negatiboaren arrazoi** (*cast. razón de verosimilitud negativa*): paziente gaixoengan emaitza negatiboa behatzeko aukeraren eta emaitza hori patologiarik gabeko pazienteengan lortzeko aukeraren arteko arrazoi.
- **Egiantza positiboaren arrazoi** (*cast. razón de verosimilitud positiva*): paziente gaixoengan emaitza positiboa ikusteko aukeraren eta emaitza hori patologiarik gabeko pazienteengan lortzeko aukeraren arteko arrazoi.
- **Ekografia edo ultrasonografia:** ultrasoinuen erabileran oinarritutako ikerketa teknika.
- **Ekografia kliniko:** erradiodiagnostikoan espezializatua ez den medikuak gaixoaren ohatilan burututako ekografia, ohiko miaketa fisikoa hobetzea helburu duena.
- **Epifisi:** hezur luzearen muturretako bakoitza. Diafisitik metafisi gisa ezagututako eremuaz banatua dagoena.
- **Epifisiolisi:** epifisia kaltetzen duen haustura mota.
- **Erradiazio ionizataile:** materia ionizatzeko adina energia duen erradiazio, hau da, atomo geruza ezberdinetan dauden elektroiak lekualdatzeko gai dena.
- **Erradiografia:** X izpian oinarritutako irudi teknika.
- **Erredukzio:** hezur zatien lerrokatze asaldurak zuzentzeko prozedura.
- **Errodete haustura:** hezuraren kortikalean goragune edo mendixka antzerako egituradun haustura mota.
- **Espezifikotasun:** pertsona osasuntsu batek proba diagnostikoan emaitza negatiboa izateko probabilitatea.

- **Fisi edo hazkunde kartilago:** luzetarako hazkundeaz arduratzen den metafisiko eremu kartilaginosu.
- **Haustura:** hezurra puskatzea edo bi zatitan bereiztea.
- **Haur** (*cast. niño*): hogeita zortzi egunetik eta nerabegarora arteko adin tarteko pertsona. Pediatrico adin tarte hori hiru azpimultzotan banatu ohi da:
 - * Bularreko haur edo edoskitzaile: (*cast. lactante*) hogeita zortzi egun baino gehiago izan eta amagandiko edoskitzea jasotzen duen haur. Oro har, pediatrico urtea arteko haur taldea izendatzen dira termino horren bidez.
 - * Haur txiki (*cast. preescolar*): urtebete eta sei urte arteko haur.
 - * Haur nagusi (*cast. escolar*): sei urtetik nerabegarora arteko haur.
- **Hertzio:** uhin maiztasunaren unitatea nazioarteko unitate sisteman.
- **Hezur:** ornodunen eskeletoa osatzen duen egitura gogor eta zurrinetako bakoitza.
- **Hezur luze:** zabaleraren eta lodieraren gainetik, luzera ezaugarri nagusizat duen hezurra.
- **Lerrokatze asaldura:** haustura ostean sortutako hezur zatien kokapen edo horien arteko erlazio ezegokiari egiten dio erreferentzia.
- **Metafisi:** diafisiaren eta epifisiaren artean kokatua dagoen hezur luze zatia.
- **Nerabe** (*cast. adolescente*): haurtzaroa alde batera utzi eta heldutasuna lortzeko bidean hazkunde eta garapen fisiko garaian dagoen pertsona. Pediatrico, eskuarki, hamabi urtetik aurrerako pertsona.
- **Ohiko ekografia edo ekografia arrunta:** erradiodiagnostikoan espezializatutako medikuak egindako ekografia, aurkikuntzak ahalik eta era zehatzenean deskribatzea helburu duena.
- **Sentikortasun:** gaixoa behar bezala sailkatzeko probabilitate; hau da, gaixo dagoen pertsonak proba diagnostikoan emaitza positiboa izateko probabilitate.
- **Soinu:** inguru elastiko batean hedatutako luzetarako uhin mekaniko edo mugimendu bibratorio.
- **Ultrasoinu:** giza belarriak antzeman ezin duen maiztasun altuko soinu.
- **Zunda grafiko edo transduktore:** efektu piezoelektrikoko kristalak bere baitan hartzen dituen gailu.
- **Zurtoin berde haustura:** haustura ez osoa, zuhaitzetako adarrak hausteko erarekin duen antzekotasunagatik jasotzen du bere izena.

I. SARRERA

I. KAPITULUA: SARRERA

1. HAUSTURAK: KONTZEPTU OROKORRAK

1.1. SARRERA

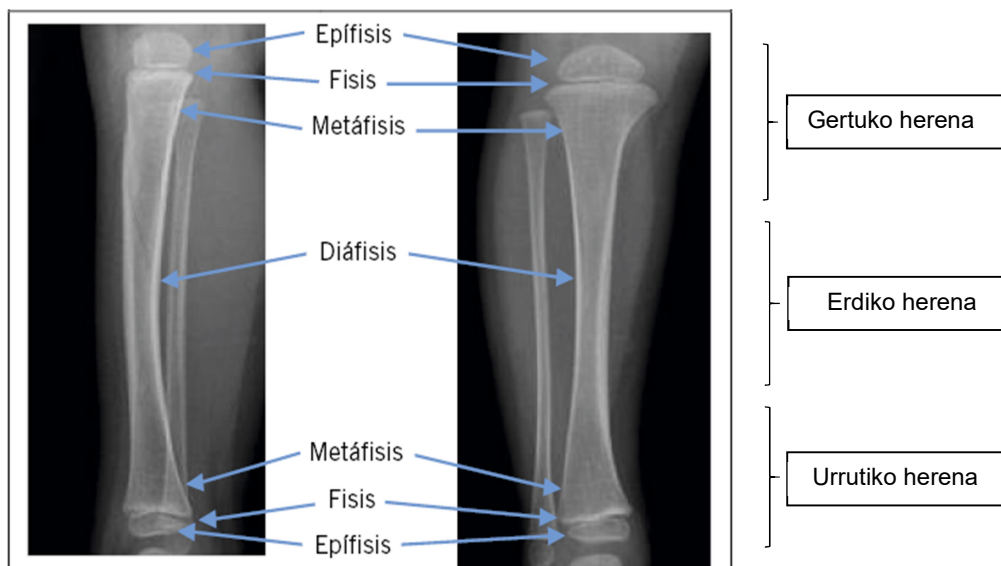
Haustura terminoak erreferentzia egiten dio hezur baten jarraitasuna partzialki edo osorik asaldatzeari. Halaber, asaldura horiek traumatismo baten ondorioz edo testuinguru horretatik kanpo gerta daitezke. Haurtzaroan traumatismoak oso ohikoak dira; eta, oro har, arinak edo hutsalak izaten dira. Hala ere, Osasunaren Mundu Erakundeak (OME) argitaratutako datuen arabera, gaur egun haur zein nerabeen heriotza kausa nagusia dira oraindik ⁽¹⁾. Egunerokoan ikusitako haustura gehienak traumatismoei atxikiak izaten dira. Alabaina, haustura atraumatikoak edo mekanismo argirik gabeko asaldurak ere gerta daitezke. Azken bi egoera horietan, azterketa sakonagoa burutzea komeni da; izan ere, oinarrian gaixotasunen bat edo haurrarekiko abusua aurki baitaitezke ⁽²⁾.

Hausturak sailkatzeko orduan, etiologiaz gain, ondokoak aztertzen dira: kaltetutako hezur mota, haustura lerroa edo ehun bigunekiko erlazioa ^(3,4).

1.1.1. Hezur motaren arabera sailkapena

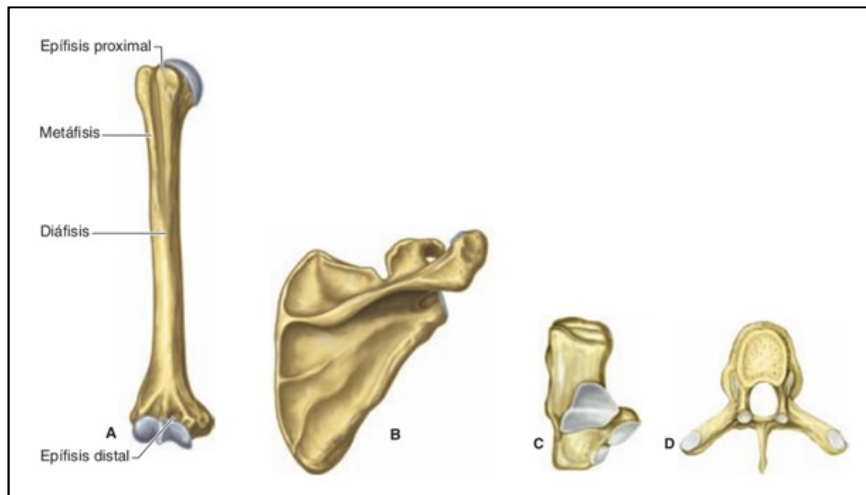
Praktika klinikoan gehien erabilitako sailkapena da honako hau. Hezurren anatomia da sailkatzeko aintzat hartzen den irizpidea; eta hurrengo lau talde nagusiak bereizten dira:

- Hezur luzeak: zabaleraren eta lodieraren gainetik, luzera ezaugarri nagusitzat duten hezurak biltzen dira talde honetan. Giza gorputzean hezur mota hori gorputz adarretan kokatzen da nagusiki. Lesio batek hezur luze bat kaltetzean, zein eremu anatomikori eragiten dion zehaztu ohi da; izan ere, hezur mota horretan bost atal bereizten dira. Ataletako bakoitza honela izendatuko da gorputz enborretik gertuen dagoen eremutik urrutien dagoenera: gertuko epifisia, gertuko metafisia, diafisia, urrutiko metafisia eta urrutiko epifisia ⁽³⁾. Hala ere, egunerokoan, lana errazte aldera, hezur luzeei eragiten dieten hausturak kaltetutako herenaren arabera izendatzen dira; hau da: gertuko hereneko haustura, gertuko epifisia edo metafisia puskatuz gero; erdiko hereneko haustura, diafisia kaltetuz; eta urruneko hereneko haustura, urrutiko metafisia zein epifisia hautsiz.



1. irudia. Hezur luzearen anatomia ⁽³⁾.

- Hezur lauak: talde honen ezaugarri anatomiko bereizgarria xafla antzeko itxura da; oro har, hezur zabal, luze eta meheak baitira. Mota horretako hezurrek giza gorputzean ehun bigunak babesteko eremuak edo barrunbeak sortzen dituzte; esaterako, garezurra.
- Hezur laburrak: multzo honetan kuboide formako hezurrak daude, eta ez da dimentsio bakar bat ere nagusitzen. Tamaina txikiko hezurrak dira, nagusiki; eta mugimendu askotariko eremuetan kokaturik daude. Tartsoko zein karpoko hezurrak dira adibide esanguratsuenak.
- Hezur irregularrak: beraien formagatik beste motetan sailkatu ezin diren hezurrak biltzen dira talde honetan; esaterako, ornoak eta kokxiza. Zenbait adituk multzo horren baitan hezur pneumatikoen azpitaldea bereizten dute, hezur horien ezaugarri nagusia da airez betetako barrunbeak osatzen dituztela. Aurpegiko hezurrak talde horretan biltzen dira.

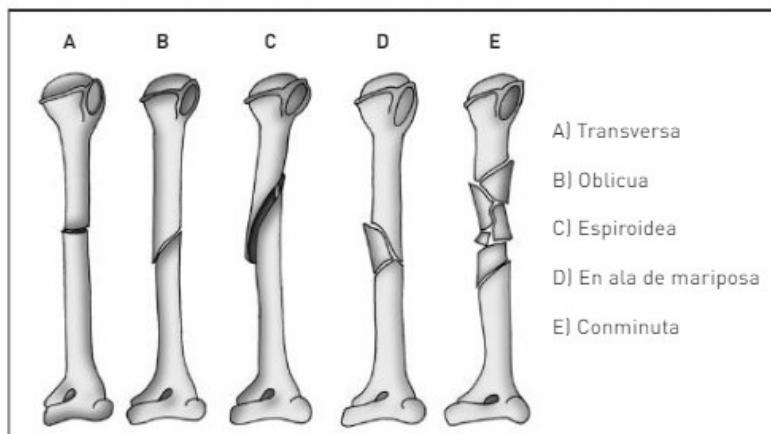


2. irudia. Hezurren sailkapen anatomikoa. A) Hezur luzea. B) Hezur laua. C) Hezur laburra. D) Hezur irregularra.

1.1.2. Haustura lerroaren araberako sailkapena

Hausturak sailkatzeko beste moduetako bat haustura lerroaren norabidean oinarritzen da. Lerro horren norabidea lesio mekanismoarekin hertsiki erlazionatua dago ⁽³⁻⁵⁾. Ondorengo hauek bereizten dira:

- Zeharkako haustura: hezuraren luzetarako ardatzarekiko perpendikularra da haustura lerroa; oro har, hezur horretan gehiegizko tentsioa ezartzearen ondorioa da.
- Haustura zeharra: kasu honetan, asaldura lerroa hezuraren luzetarako ardatzarekiko zeharra da; eta mekanismo kausal nagusia hezur zapalketa da.
- Haustura espiroideoa: talde honi izena ematen dio hezur baten luzera ardatzarekiko norabide espiraleko haustura lerroak. Asaldura horiei tortsio bidezko haustura ere esaten zaie, tortsioa baita horiek eragiten dituen mekanismoa.
- Tximeleta hegala haustura: lesio mota hau hezur batean gehiegizko flexio indarra ezartzean gertatuko da, eta horren ondorioz falka edo tximeleta hegal formako hezur zati askea sortuko da.
- Haustura konminutua: haustura mota honetan haustura marra bat baino gehiago antzematen dira, hezur zati ugari sortuz.



3. irudia. Haustura lerroaren araberako sailkapena ⁽⁵⁾.

1.1.3. Hausturen sailkapena inguruko ehunetako lesioen arabera

Haustura gertatzen denean, hautsitako hezur horren inguruko ehunak ere kaltetzen dira. Hori dela eta, sailkapen mota horretan hezur egituran gertatutako lesioaz gain, alboko ehun bigunetako asaldurak aztertzen dira ⁽³⁻⁵⁾. Kasu horretan, larruzala garrantzi bereziko egitura da. Izan ere, larruzala mintzen duen haustura hautematen denean, komeni da bereiztea kolpe edo lesio mekanismoaren eraginez kaltetu den ala hausturaren ondorioz gertatutako zauria den; hau da, haustura itxia ala irekia den ezagutu beharra dago. Kasu batzuetan, bi gertaera horien arteko ezberdintasuna ez da begi bistakoa izaten, eta horrek erabat baldintzatuko du jaso beharreko tratamendua.

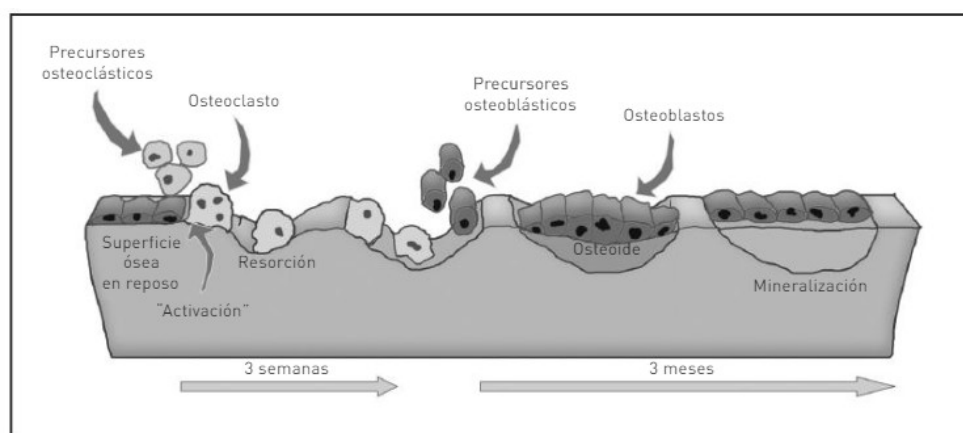
Haustura irekiak deskribatzeko gida gisa hartzen da Gustilok eta Andersonen diseinatutako sailkapena, zeina inguruko ehunen kaltean oinarritzen den.

Tabla 21.1. Clasificación de Gustilo y Anderson para las fracturas abiertas			
<i>Tipo</i>	<i>Tamaño herida</i>	<i>Grado de contaminación</i>	<i>Daño de partes blandas</i>
I	< 1 cm	Mínimo	Mínimo
II	1-10 cm	Moderado	Moderado
III	> 10 cm	Intenso	Intenso. El hueso está expuesto
IIIA			Es posible la cobertura ósea con las partes blandas
IIIB			Para cubrir el hueso se precisan procesos de reconstrucción (injertos, colgajos, etc.)
IIIC			Se acompaña de lesión vascular que precisa reparación independientemente del tamaño de la herida

1. taula. Gustilo eta Andersonen haustura irekien sailkapena ⁽⁵⁾.

1.2. GARAI PEDIATRIKOKO HAUSTUREN EZAUGARRI BEREZIAK

Hezurra bizitasun handiko ehun konektiboa da; izan ere, ehun horrek hezur birsortze gisa ezagututako etengabeko prozesu mugagabea pairatzen du. Prozesu horren baitan eraketa eta suntsipen fenomenoak biltzen dira ^(5,6); eta hezurak birsortzeko bi era desberdin: modelatzea eta birmoldatzea. Lehenengoak hezuraren egitura eta forma aldatzeko prozesuari egiten dio erreferentzia, eta hori hezuraren garapen aldi bano ez da gertatzen. Birmoldaketa, ordea, bizitza osoan zehar mantenduko den prozesua da. Azken horrek hezuraren mikroarkitektura hobetzea du helburu, horretarako hezuraren barne egitura aldatuko da kanpoko forma mantenduz.



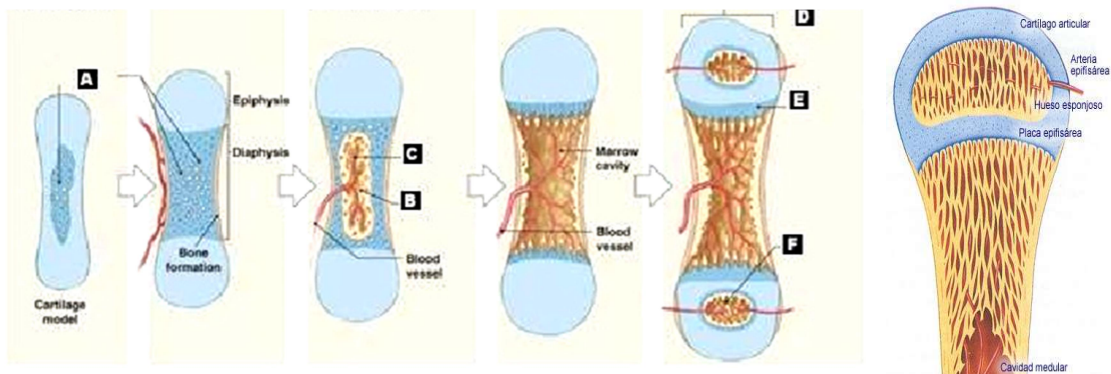
4. irudia. Hezuraren birsortze prozesua ⁽⁵⁾.

Beraz, argi dago haurren hezur ehuna eta helduarena desberdinak direla, eta haurra ez dela tamaina txikiko pertsona heldua. Hurrengo lerroetan haurren hezuraren ezaugarri bereizgarriak deskribatzen dira, zeintzuek portaera berezia ematen dieten garai pediatrikoko hausturei.

1.2.1. Hazkunde kartilagoa edo fisia

Hazkunde kartilago edo fiisiaren presentzia da haurren hezuraren eta helduaren arteko ezaugarri bereizgarri nagusia ^(3-5,7). Egitura hori metafisian kokatutako histologia konplexuko eremu kartilaginotsua da, eta hezur luzeen luzetarako hazkundeaz arduratzen da. Fisia lehen mailako osifikazio edo hezurte zentroaren hedapen periferikotzat jo daiteke. Izan ere, hezur ehunaren eratze prozesuan lehen mailako hezurte zentro bat eta bigarren mailako bi garatzen dira, eta eremu horietan hasiko da ehun kartilaginotsua hezur ehunarekin ordezkatzeko prozesua ⁽⁸⁾. Lehen mailako zentroaren hezurte diafisaren erdian

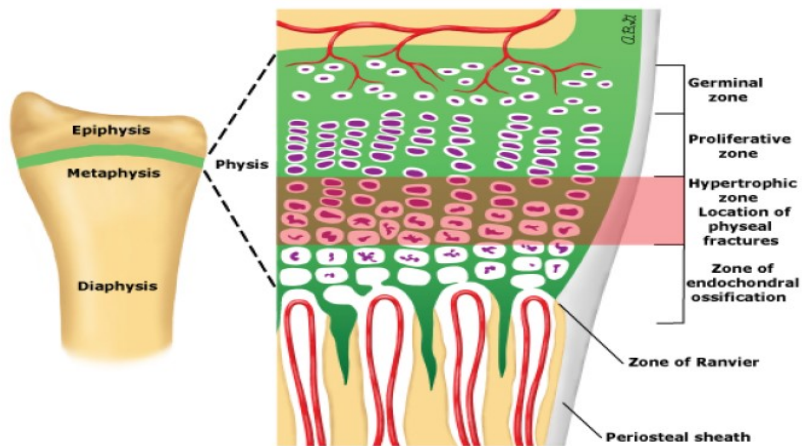
hasten da eta apurka epifisietarantz hedatu; bigarren mailako zentroetan, bestalde, prozesu hori epifisitik diafisirantz burutuko da, bi gune hezurtuen artean fisia deritzon kartilagozko eremua geratuko delarik.



5. irudia. Hezur ehunaren sortze prozesua. Lehenengo eta bigarren mailako hezurtze zentroak.

Arestian aipatu bezala, hazkunde kartilagoaren egitura histologikoa konplexua da; horrela bada, bere baitan lau xafla edo eremu bereiz daitezke ⁽⁸⁻¹⁰⁾:

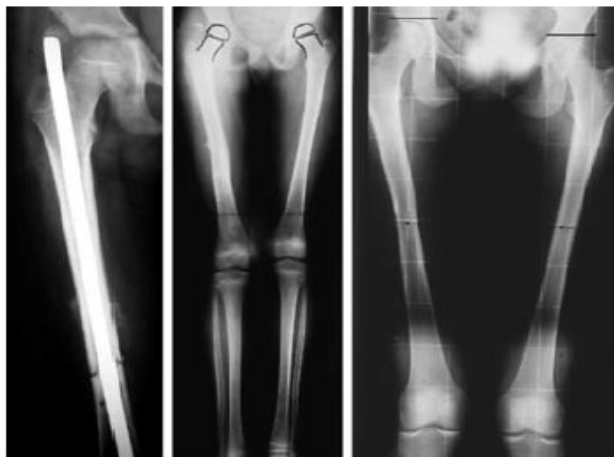
- 1) Atsedean kartilagoa: epifisitik gertuen kokatutako xafla, eremu horrekiko lotura edo ainguraketa puntua izango dena. Geruza horretan ugaltzen ez diren kondrozito sakabanatuak aurkitzen dira.
- 2) Ugalketa kartilagoa: txanpon pila itxura hartzen duten kondrozitoz osatutako geruza, zelula arteko matrize urrikoa. Eremu horretako kondrozitoak mitosi edo zatiketa zelularrean aurkitzen dira; eta ondorioz, geruza loditu eta xafla epifisarioaren luzetarako hazkundera gertatuko da.
- 3) Kartilago hipertrofiko edo heldua: zutabeetan antolatutako tamaina handiagoko kondrozitoz osatutako xafla. Eremu horretan, aurrekoan bezala, zelulen zatiketa eta fisiaren luzetarako hazkundera gertatzen da. Azpimarratzekoa da geruza horretako kondrozito batzuk kaltzio gordailuekin lotutako endekapenezko aldaketak jasaten dituzte, hori kartilago helduaren adierazle izanik. Kartilago hipertrofikoa hazkunde kartilagoko eremurik ahulena da, eta ondorioz, haustura fisario gehienak hemen kokatzen dira.
- 4) Kartilago kaltzifikatuz eratutako eremua: zelula ilara bakan batzuez osatutako eremu fina da. Inguruko matrizea kaltzifikatzearen ondorioz, zelulak hilik edota hiltzear aurkitzen dira xafla horretan. Kaltzifikazio prozesuak aurrera egin ahala, eremua hauskor bihurtzen da, eta osteoblasto zein kapilareak horretan txertatuz joango dira.



6. irudia. Hazkunde kartilagoa ⁽⁹⁾.

Hezurren luzetarako hazkundera, beraz, prozesu sekuentzial baten emaitza da. Prozesu hori enbrioi garaian hasi eta nerabezarora arte mantentzen da; garai horretan hazkunde kartilagoaren ixte edo epifisiodesi fisiologikoa gertatuko da, hezurraren behin betiko heldutasuna lortuz. Hazkunde kartilago bakoitzak bere itxiera ereduak badu ere, ezaguna da prozesu hori lehenago gertatzen dela emakumeetan gizonezkoetan baino, eta badirudi, estrogenoen efektu goiztiarra dela horren eragile nagusia. Lerro epifisarioa izena hartuko du hazkunde kartilagoa itxi ostean geratutako egiturak ^(7-9,11).

Fisiari eragiten dioten hausturetan hezurren luzetarako hazkunderak aldaketak paira ditzake, eta gorputz adarraren luzeraren arteko desadostasun edo dismetriak eragin ⁽⁷⁾. Alde batetik, ohikoa ez bada ere, hezurraren gehiegizko hazkundera gerta daiteke. Aditu batzuen esanetan gertaera hori hezurraren konpontze prozesuan gertatutako baskularizazioa handitzearekin erlazionatua egon daiteke, uste baita horrek zelulen erreplikazio tasa eta hazkunde abiadura areagotu ditzakeela. Hiperhazkuntza hori haustura osteko lehenengo urteetan gertatzen da, beheko gorputz adarretako haustura diafisarioak izanik arazo hori pairatzen dutenen artean ohikoenak. Oro har, gorputz adarren arteko luzera desadostasun gisa agertzen da, deformazio angeluarrik gabe, hezurraren hazkundera simetrikoa izan ohi delako. Literaturan tratamendu kirurgikoa jaso duten pazienteen artean arazo hori maiztasun handiagoaz gertatzen dela azaltzen da; hala ere, gai eztabaidagarria da hori ⁽¹²⁾.



7.irudia. Haustura osteko gehiegizko hazkundera femurraren haustura diafisarioa muin-barneko iltzearekin tratatu ostean ⁽⁷⁾.

1.2.2. Epifisiodesi goiztiarra

Arestian aipatu bezala, hezurren hazkundera zenbait kasutan kaltetua suerta daiteke. Horren adibide dira hazkunde kartilagoari eragiten dioten hausturetako batzuk; izan ere, horien bilakaeran epifisiodesi goiztiarra gerta daiteke; hau da, fisiaren itxiera goiztiarra ⁽⁷⁾. Horrela bada, epifisiolisien kasuan arriskuan egon daiteke kaltetutako hezurraren hazkundera, eboluzioan gorputz adarren arteko luzera desadostasuna garatu eta hautsitako gorputz adarra laburrago geratuz. Konplikazio hori, batez ere, V. motako Salter eta Harris epifisiolisiekin erlazionatua dago; nahiz eta edozein motatako lesio fisarioak eragin dezaketen.



8. irudia. Ezkerreko femurreko urruneko fisiaren haustura. Hazkunde kartilagoaren itxiera goiztiarra eta horren ondoriozko gorputz adarren arteko luzera desadostasuna ⁽⁷⁾.

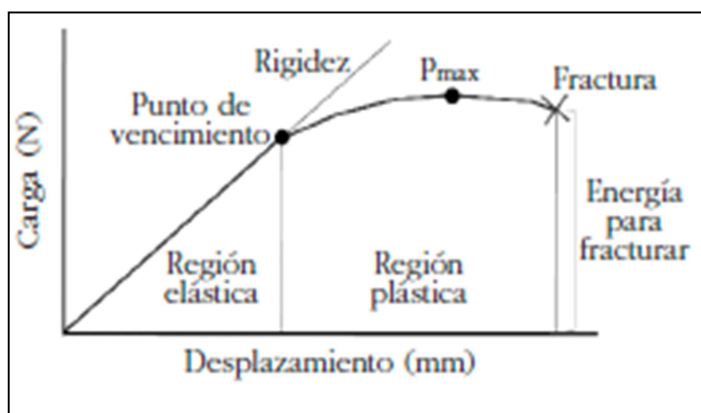
1.2.3. Periostioa

Periostioa hezurraren gainazalean kokatutako ehun konektibozko geruza da. Hori hezurraren gainazal ia osoan zehar hedatzen da, giltzadura maila salbuespena izanik. Haurren kasuan, periostioa egitura lodi eta oso baskularizatu da, eta hezurraren hazkunde erradialaz arduratzen da ^(7,13). Azken prozesu hori ahalbidetzen duten zelulak gainazal periostikoan kokatutako osteoblastoak dira, zeintzuek zuzeneko aposizio mekanismoaren bidez hezurraren tamaina handitzea eragiten duten. Hazkunde mota hori luzetarako hazkundearekin batera gertatzen da.

Horrez gain, periostioaren ezaugarrien artean aipatzekoa da gainontzeko hezur egituratik erraz bereizteko gaitasuna duela. Hori dela eta, haurtzaroan maiz ikusten dira periostioa osorik mantentzen duten hezur hausturak. Kasu horretan, periostioak egonkortasuna ematen dio hausturari, hezur zatiak lekuz aldatzea saihestuz ^(7,9,11,13).

1.2.4. Elastikotasuna eta plastikotasuna

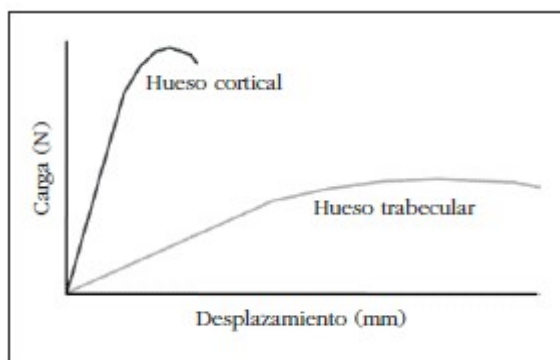
Egitura zurrun eta erresistentea da hezur ehuna; horrela bada, giza gorputzaren euste elementu nagusizat hartzen da. Horrez gain, hezur ehunaren ezaugarrien artean nabarmendu behar dira elastikotasuna eta plastikotasuna ⁽¹⁴⁾. Elastikotasuna da material bati eragiten dioten indarrak desagertzean horrek bere hasierako forma berreskuratzeko duen gaitasuna. Plastikotasuna, ordea, kontrako propietatea da; hau da, material batengan eragindako indarra etetean deformazioa denboran mantentzeko ahalmena. 9. irudian ikus daiteke hezurraren propietate elastiko eta plastikoaren irudikapena.



9.irudia. Karga-desplazamendu kurba. Hezurren propietate biomekanikoak neurtzeko printzipioak ⁽¹⁴⁾.

Bi propietate horiek hezuraren osagaiak zehazten dituzte ^(5,7,14). Haurren hezur ehunak ur zein matrize organiko proportzio handiagoa du eta osagai mineral gutxiago, helduarenarekin alderatuz. Osagaien erlazio horrek elastikotasun eta plastikotasun koefiziente handiagoa ematen dio haurren hezurari. Horrela, azken horiengan deformazio plastiko handiagoak ikusten dira, inolako haustura lerrorik gabe.

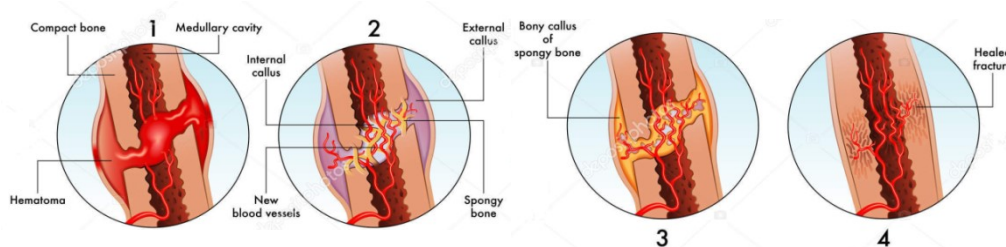
Hezur mota desberdinen portaera biomekanikoa aztertzen denean, hau da, hezur trinko eta hezur trabekularrarena, honako ezberdintasun hauek ikusten dira ⁽¹⁴⁾: hezur kortikal edo trinkoak modulu elastiko handiagoa du; eta, beraz, bere karga-desplazamendu kurbak malda handiagoa du, zurruntasuna handiagoaren adierazle izanik. Aitzitik, hezur trabekularrak karga berdinen aurrean malda lauagoa sortzen du, hezur mota horren ezaugarri nagusia malgutasuna da eta.



10. irudia. Hezur mota ezberdinen portaera biomekanikoaren karga-desplazamendu kurba ⁽¹⁴⁾.

1.2.5. Leheneratzeko gaitasuna

Aurretiaz azaldu bezala, hezur ehuna etengabe aldatzen ari da. Ehun horren ordezkapen gaitasuna gizabanakoaren adinarekiko alderantzizkoa da; hau da, adinean aurrera joan ahala gaitasun hori gutxituz doa. Pertsona batek haustura bat jasaten duenean, sendotze edo kontsolidazio izeneko konponketa prozesua hasten da. Prozesu horrek lau fase ditu, eta hezuraren birsortze gaitasunaren arabera azkarrago edo astiroago gertatuko dira ⁽¹⁵⁾.



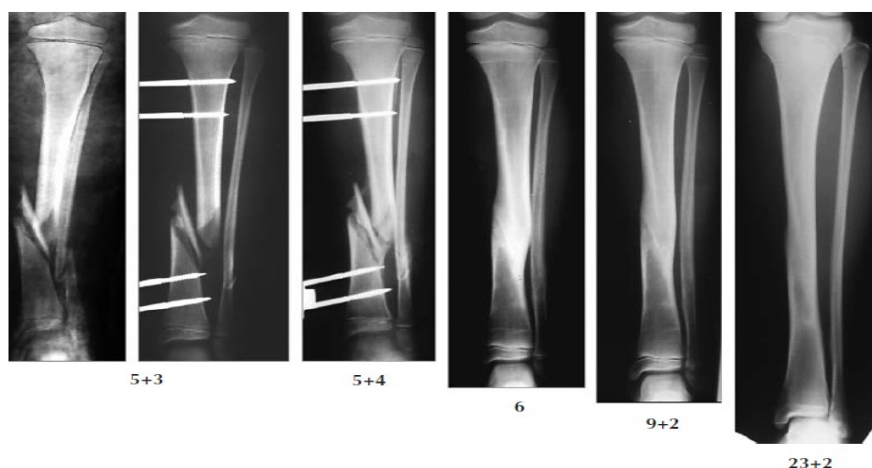
11.irudia. Hausturaren konponketa prozesua.

Beraz, haustura jasandako pertsona zenbat eta gazteago izan, orduan eta azkarrago burutuko da konponketa prozesua. Horrela bada, oso arraroa da haurretan sendotze prozesuari lotutako konplikazioak izatea; esaterako, kontsolidazio eza edo horren atzerapena ⁽⁷⁾. Nahiz eta birsortze gaitasun azkarra abantaila argia izan, batzuetan, ohikoa ez bada ere, lerrokatze asaldurak zuzentzea eragotzi dezake; eta ondorioz, gorputz adarraren alterazio funtzionala eragin.

1.2.6. Modelatze tasa

Hezurra birsortzeko eretako bat da modelatzea, eta hezuraren barneko zein kanpoko egitura aldatzean datza. Birsortze mota horrek hezur deformazioak zuzentzea ahalbidetzen du, eta prozesua Hueter-Volkmannen legeak arautua dago: gaizki lotutako haustura baten inguruko hazkunde kartilagoek joera dute kaltetutako segmentuaren karga ardatzarekiko perpendikular jartzeko, beraien norabidea aldatuz eta ardatz horiekiko inklinazioak normalizatuz. Beraz, modelatze gaitasuna hazkunde kartilagoaren presentziarekin hertsiki erlazionaturik dago, eta heldutasun eskeletikoa lortzean gaitasun hori galdu egingo da ⁽⁵⁾.

Horretan oinarrituz, haurtzaroan bizitzako beste aldi batzuetan baino lerrokatze asaldura handiagoak onartzen dira, eta haustura gehienek tratamendu ortopediko kontserbadorea jasoko dute ^(5,7). Azpimarratzekoa da, ordea, errotazio asaldurak portaera berezia dutela, eta ez direla modelatzearen bidez zuzentzen. Tratamendu kirurgikoa ohikoa da kasu horietan. 12 irudian ikus daiteke hezur modelatze gaitasunaren adibidea.



12. irudia. Hezur modelatze gaitasuna tibiako haustura diafisario osoaren ostean ⁽⁷⁾.

Modelatzeko gaitasuna, esan bezala, urteak aurrera egin ahala galduz doa. Hori dela eta, adinaren arabera aldatuz joango dira hausturak era kontserbadorean tratatuak izateko onargarritzat hartutako irizpideak; eta, beraz, paziente gazteenetan lerrokatze asaldura handiagoak onartuko dira. Hurrengo taulan besaurreko haustura metafisarioen adibidea laburbiltzen da.

Adina	Plano koronala (Aurre-atzeko rx)	Plano sagitala (Alboko rx)
4-9 urte	15°	15-20°
9-11 urte	5°	10-15°
11-13 urte	0°	10°
13 urte <	0°	0-5°

2. taula. Besaurreko haustura metafisarioetan plano eta adinaren arabera onargarri diren angeluazioak ⁽⁵⁾. Rx: erradiografia.

Nahiz eta aurreko taulan datu zehatzak ageri, egundaino ez da plazaratu haustura ezberdinen maneiurik ortopediko edo kirurgikoa adierazteko irizpideak biltzen dituen kontsentsu edo gidaririk. Ruiz eta lankideen ⁽⁵⁾ kasuan bezala, beste egile ugaririk ere argitaratu dituzte onargarriak izan daitezkeen lerrokatze asaldurak; irizpideen arteko aldakortasuna nabaria da ⁽¹⁶⁾. 13. irudian besaurreko urruneko hereneko hausturetarako gomendioetako batzuk biltzen dira.

Recommended Acceptable Alignment Parameters for Pediatric Forearm Fracture by Age				
SOURCE	AGE	ANGULATION	MALROTATION	BAYONETTE APPOSITION/DISPLACEMENT
Price (2010)	< 8 yrs	<15 deg (MS) <15 deg (DS) <10 deg (PS)	< 30 deg	100% displacement
Noonan, Price (1998)	< 9 yrs	< 15 deg	< 45 deg	<1 cm short
Tarmuzi et al. (2009)	< 10 yrs	< 20 deg		No limits
Qairul et al. (2001)	<12 yrs	< 20 deg		

13. irudia. Besaurreko urruneko hereneko hausturetan onargarritzat har daitezkeen lerrokatze asaldurak egile ezberdinen arabera ⁽¹⁶⁾.

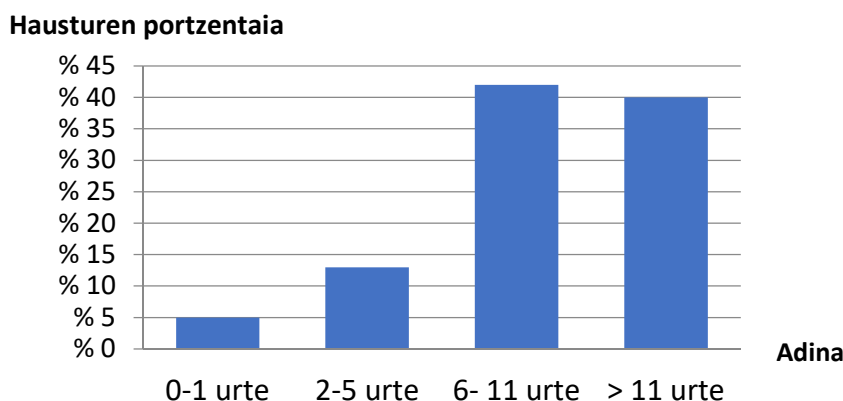
1.3. HAUSTUREN EPIDEMIOLOGIA PEDIATRIAN

Hurtzaroen oso ohikoak dira erorikoak, borrokak eta istripuak. Oro har, horietan gertatutako traumatismoak hutsalak izaten badira ere, argitaratutako datuen arabera, larrialdi zerbitzuetan artatzen diren bost-zazpi kasutatik batean haustura antzematen da ⁽¹⁶⁾.

Datu orokorreki dagokienez, haur eta nerabeetan hausturen intzidentzia dentsitatea 12-30 kasu 1.000 haur-urtekoa da ⁽¹⁶⁾. Era berean, literaturan hurtzaroko haustura probabilitatea deskribatzen da, zeina jaiotzatik hamasei urtera arteko aldi gisa definitu den. Datu horien arabera, emakumeetan %40 ingurukoa da probabilitate hori; gizonezkoetan, berriz, balio hori zertxobait altuagoa da; hain zuzen ere, %50-64 ingurukoa ⁽¹⁶⁻¹⁸⁾. Hori horrela izanik, haur eta nerabeen erdiak, gutxi gorabehera, hausturaren bat jasango du garai pediatrikoan. Hurrengo lerroetan aipatutako haustura horiek sakonago aztertuko dira.

1.3.1. Hausturen banaketa adinaren arabera

Hausturak ez dira era berean gertatzen adin tarte guztietan; hau da, horien banaketa heterogeneoa da. Bizitzako lehen bost urteetan haur gutxi batzuk baino ez dute jasaten hausturaren bat. Ostera, sei urtetik gorako haurretan eta nerabeetan ohikoak dira hezur kalteak. Horrela bada, hausturen %70-80, gutxi gorabehera, adin tarte horretan gertatzen dira ^(7,17,19). Intzidentzia handieneko garaia sei eta hamaika urte bitarteko umeena da; hala ere, haustura tasa nerabezaroan ere antzera mantentzen da.



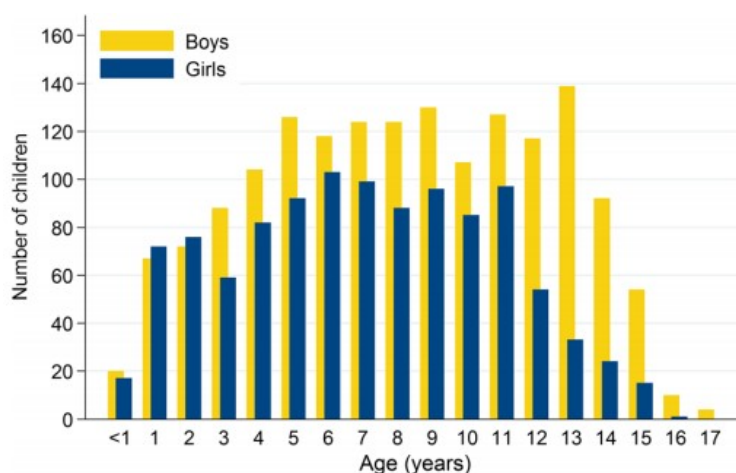
14. irudia. Adinaren araberako hausturen banaketa ⁽⁷⁾.

Oro har, bizitzako lehen bi urteetan hausturak arraroak direnez, komenigarria da aldi horretan gertatzen direnetan testuingurua aztertzea, abusu edo tratu txarren aukera baztertu beharra baitago. Batez ere, urtebete azpiko haurretan edo ibilera autonomorik ez eta beheko gorputz adarreko lesioa dutenetan ⁽⁴⁾.

1.3.2. Sexuaren araberako banaketa

Atal honen hasieran aipatu bezala, hausturaren intzidentzia handiagoa da gizonetan emakumeetan baino, bi horien arteko erlazio orokorra 6:4 izanik. Hala ere, proportzio hori ez da egonkor mantentzen haurtzaro osoan, bizitzako lehen bi urteetan hausturen banaketa antzekoa baita bi sexuatarako. Adin horretatik aurrera, haustura tasa gero eta handiagoa da gizonezkoen artean, eta aldea nabarmentzen doa adinak aurrera egin ahala ^(7,17,19,20).

Hurrengo irudian Joeris eta lankideek ⁽¹⁷⁾ egindako azterketaren emaitzak laburbiltzen dira. Bertan, hausturak sexu eta adinaren arabera sailkatzen dira. Ikus daitekeenez, sexuen arteko aldeak pixkanaka gora egiten du urteen poderioz.



15. irudia. Sexu eta adinaren araberako hausturen banaketa Joeris eta lankideen eskutik ⁽¹⁷⁾.

1.3.3. Hezur motaren eta kokapenaren araberako haustura banaketa

Sailkapen ugari daude giza gorputzeko hezurren azterketa errazteko. Morfologiaren araberako sailkapena da egunerokoan gehien erabiltzen denetako bat, eta aurrez deskribatutako moduan, sailkapen horren arabera lau hezur talde bereizten dira: luzeak, laburrak, lauak eta irregularrak.

Haurtzaroan eta nerabezaroan gertatutako haustura gehienek hezur luzeei eragiten diete. Nagusiki, hezur horiek gorputz adarretan kokatzen dira; eta, beraz, hausturen ohiko kokalekua da gorputz adarra. Literaturako datuetan oinarrituta, lau hausturatik ia hiru goiko gorputz adarrean gertatzen direla esan daiteke, besaurreko hezurak izanik kaltetuenak ⁽⁷⁾. Schweich eta lankideen ⁽²¹⁾ arabera, besaurreko hausturek garai pediatrikoko hezur asaldura guztien %40-50 osatzen dute.

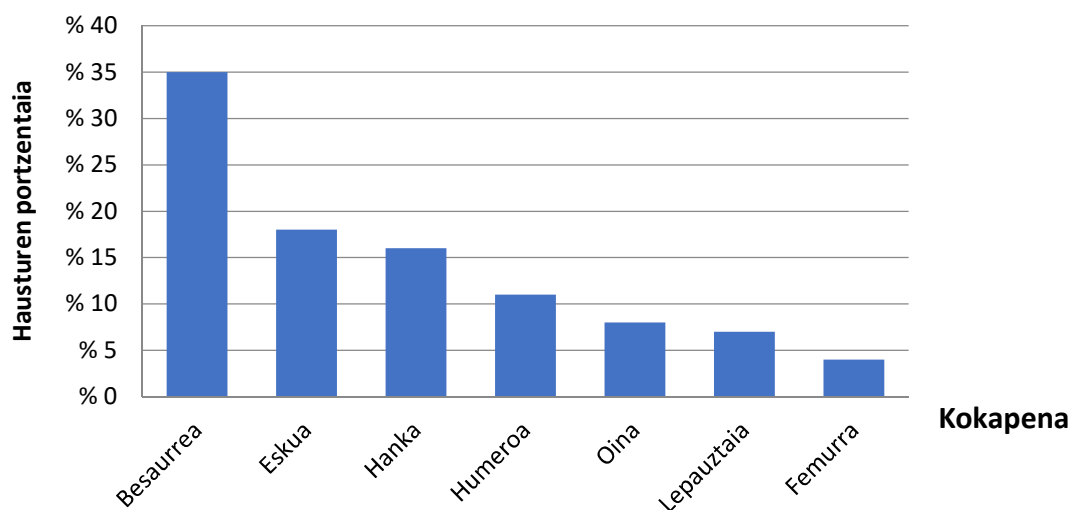
Hamaseigarren irudian Hedström eta lankideek ⁽²⁰⁾ haur eta nerabeen hausturen intzidentzia eta lesioen kokapen ohikoena aztertzeke egindako lanaren laburpena ikus daiteke. Ikerlan guztietan besaurreko hausturak dira nagusi, haustura guztien %20-36 izanik. Datuok Schweich eta lankideek ⁽²¹⁾ deskribatutakoarekin bat badatoz ere, besaurreko hausturen prebalentzia baxuagoa da Hedström eta lankideen ikerketa bilduman.

First author	Age group	Study period	Location	Incidence per 10 ⁴	Most common fracture site	Most common mechanism of injury
Landin	0–16	1950–1979	Sweden	212	Distal forearm 23%	Falls
Cooper	0–17	1988–1998	Great Britain	133	Forearm 30%	N.A.
Kopjar	0–12	1992–1995	Norway	128	Distal radius 27%	Falls 71%
Tiderius	0–16	1993–1994	Sweden	193	Distal forearm 26%	Falls on ground level 40%
Lyons ^a	0–14	1996–1996	Scandinavia	156–178	Forearm 20%	Falls
Lyons ^b	0–14	1996–1996	Wales	361	Forearm 36%	Falls
Brudvik	0–15	1998–1998	Norway	245	Distal forearm 27%	N.A.
Rennie	0–15	2000–2000	Scotland	202	Distal forearm 33%	Falls < 1 m 37%
Our results	0–19	1993–2007	Sweden	201	Distal forearm 26%	Falls < 0.5 m 24%

^a Lyons' results from districts in Sweden, Norway, and Finland.
^b Lyons' results from a Welsh district.

16. irudia. Haurtzaro eta nerabezaroko hausturak aztertzen dituzten ikerlan epidemiologikoen bilduma Hedström eta lankideen eskutik ⁽²⁰⁾.

Besaurreko hausturen atzetik, maiztasunari dagokionez, eskuetako hezur luzeen hausturak daude; izan ere, metakarpiano eta falangeetako lesioak orotara %15-20 inguru dira. Hirugarrenik, hausturen %16 inguru tibia edota peronean gertatzen dira, horiek beheko gorputz adarretako lesio ohikoenak dira ⁽⁷⁾.



17. irudia. Kokapenaren arabera hausturen sailkapena ⁽⁷⁾.

Hezur luzeen kasuan, hezurrean bertan lesioak duen kokapena aztertu ohi da; arestian esan bezala, praktika klinikoan hezur luzeetan hiru heren bereizten dira eta. Oro har, urruneko hereneko hausturak hurbilekoak baino ohikoagoak dira. Besaurrearen kasuan, literaturan jasotakoaren arabera, hausturen %75 urruneko herenean gertatzen dira, %15-20

erdiko herenean, eta gainerako %5-10 hurbilekoan ^(5,21). Hori horrela izanik, garai pediatrikoko haustura nagusizat har daitezke besaurreko urruneko hereneko hausturak ^(3,5,7,17,19-21).

Bestalde, kaltetutako gorputzeko aldeari dagokionez, esan beharra dago, ez dela alderik deskribatzen ezkerreko gorputz erdiaren eta eskuinekoaren artean; nahiz eta gizartearen %90 inguru eskumatiak diren edo eskuin gorputz erdiaren nagusitasuna erakusten duten.

1.3.4. Haustura mekanismoaren arabeko banaketa

Erorketa izan ohi da haustura mekanismo nagusia, gizabanakoa norberaren altueratik edo 0.5-1 metro baino gutxiagoko altueratik erorita kasu gehienetan ⁽²⁰⁾. Hamazortzigarren irudian adierazi bezala, haurra edo nerabea erortzera doanean, normalean, traumatismoa gutxitzen saiatzen da; eta horretarako, besoa eta eskumuturra luzatzen ditu. Ekintza horren ondorioz, besaurrea da indar axial gehien jasaten duen eremua ⁽²¹⁾.

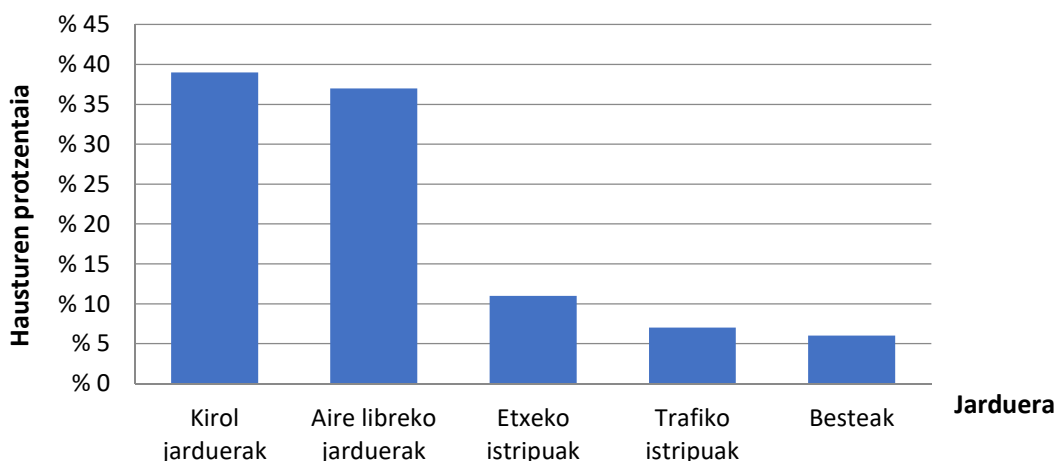


18. irudia. Haustura mekanismo ohikoenaren irudikapena: besaurre eta eskumuturra luzatuta erortzea ⁽²¹⁾.

Beste lesio mekanismoetako batzuk 0.5-1 metrotik gorako altueretatik erortzea edo beste pertsona zein objektu baten aurka kolpatzea dira ⁽²⁰⁾.

Garai pediatrikoan haustura gehienak kirol jardueretan (%39) edo aisialdian (%37) gertatzen dira. Oro har, kirol jardueretan kaltetutakoak haur nagusiak edo nerabeak izaten dira; eta aisialdian mindutakoak, berriz, haur txikiak. Literaturan kirol jardueren arabeko haustura tasak aztertzen dituzten hainbat ikerlan daude ^(17,19). Adibidez, Randsborg eta lankideek ⁽¹⁹⁾ plazaratutako datuen arabera, hezur kalte gehien futboleko gertatzen dira. Hala ere, snowboardeko haustura ratioa (10.000 orduko jardueragatik), futbolarekin alderatuz, ia bost aldiz handiagoa dela gehitzen du. Era berean, Joeris eta lankideek ⁽¹⁷⁾ futbola eta eskia nabarmentzen dituzte haustura gehien izaten dituzten bi kirolen artean.

Lesio mekanismo ohikoenak kirol jarduera edo aisialdiko erorketak badira ere, hausturak beste testuinguru batzuetan ere gerta daitezke. Izan ere, etxeko zein trafikoko istripuak hirugarren eta laugarren postuetan kokatzen dira maiztasunari dagokionez ^(7,20). Testuinguru horietako lesioak ez dira batere arbuigarriak, hausturen %11 eta %7 dira eta, hurrenez hurren. Bestalde, ez da ahaztu behar haustura tratatu txarren ondorio eta adierazle izan daitekeela ^(7,20,22).



19. irudia. Jarduera unearen araberako sailkapena, Hedström eta lankideen lanetik hartua ⁽²⁰⁾.

1.4. TRAUMATISMOEN BALORAZIO OROKORRA

Edozein traumatismo baloratzerako orduan ondorengo prozedura jarraitu behar da: lehen-lehenik, gertakariari buruzko informazioa bildu; eta ondoren, kaltetutako eremuaren azterketa sakona osatu ⁽⁴⁾.

Hasierako datu bilketan honakoak zehaztu behar dira, gutxienez: pazientearen adina, traumatismoaren unean egiten ari zen jarduera, mekanismo kausala eta mindutako eremua ⁽²¹⁾. Horrez gain, komenigarria da ezarritako indarren magnitudea ezagutzea; izan ere, energia altuko mekanismoen kasuan haustura edo kalte anitzak gerta daitezke. Berebat, informazio horren osagarri izango da pazienteak aipatutako sintomatologia: minaren kokapena eta intentsitatea, balizko ezintasun funtzionala eta abar. Aldez aurretik egin ez bada, une hori egokia da minaren balorazio egin eta tratamendua ezartzeko.

Miaketa sistematika zehatza jarraitzea gomendatzen da, oro har, pazientearen balorazioa erraztu eta xehetasun txikiaren galera gutxiagotuko du eta. Ikuskapenarekin hasi ohi da miaketa, horretan deformaziorik zein larruazal kalterik gertatu den behatuko da.

Deformazioa haustura osteko lerrokatze asalduraren zein tokiko hanturaren adierazle izan daiteke. Larruazaleko zauria, bestalde, traumatismoak zuzenean larruazalean eragindako kaltearen ondorioz gerta daiteke, bai eta haustura irekiaren eraginez ere. Tokiko ekimosi edo ubeldurak, berriz, haustura fokuko odoljarioaren zein inguruko ehun bigunetako odol hodien kaltearen ondorioz ikus daitezke. Azken horrekin erlazionaturik, minutako eremuarekiko distal kokatutako gorputz atalaren kolorea aztertuko da, inguru horretako irrigazioari buruzko informazio bilduz.

Haztapena da miaketaren bigarren atala, eta horretan, mina da sintoma gidaria. Izan ere, min handieneko puntua antzematea du helburu, datu horrek aurkikuntza klinikoaren eta erradiologikoen arteko erlazioa ezartzeko aukera eskaintzen du eta. Haztatzean hezur krepitaziorik nabaritzen den ere zehaztuko da.

Balorazioa amaitzeko kaltetutako eremuko odol hodi eta nerbio sistemaren egoera aztertuko da. Odol hodien egoera zehazteko ondorengoak behatuko dira: haustura gunetik urrun kokatutako gorputz atalaren kolorea, larruazaleko tenperatura, kapilarren betetzea eta odol hodien pulstua. Nerbio sistema baloratzeko, bestalde, egoera motor eta sentsitiboa ikuskatuko dira. Minutako eremuaren arabera, eta tokiko anatomian oinarrituta, balorazio teknika bat edo beste erabiliko da azken horretarako.

Zenbaitetan, miaketan lortutako datuak nahikoa izaten dira hausturarik dagoen jakiteko. Hala ere, oro har, irudi probaren bat behar izaten da datuok baieztatu zein lesioari buruzko informazio zehatzagoa biltzeko.

1.5. HAUSTUREN IRUDI BIDEZKO DIAGNOSTIKOA

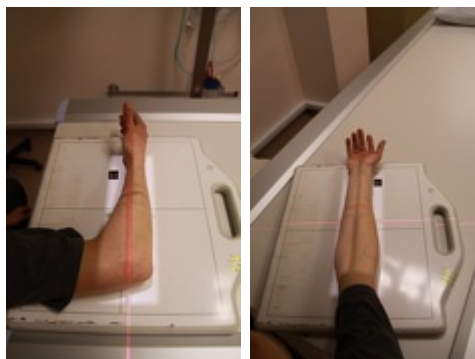
Atal honetan hausturen diagnostikoan erabili ohi diren irudi probak nagusiak deskribatuko dira.

1.5.1. Erradiologia arrunta

Erradiologia arrunta sistema muskuloeskeletikoko traumatismoak baloratzeko erabiltzen den lehen irudi proba da ^(7,21). Teknika hori erradiazio ionizatzailean oinarritzen da; izan ere, X izpien bidez lortzen dira irudiak.

Irudi teknika

Irudi erradiologikoa lortzeko kaltetutako gorputz atala kokatuko da X izpi igorlearen eta horiek zurgatuko dituen pelikula erradiografikoaren artean. Aztertuko den eremuaren arabera, gorputz atal horren kokapena ezberdina izango da. Ondoren, iturri igorletik X izpiak igorriko dira, eta horiek aztertu nahi den eremuko ehunekin kontaktuan jarriko dira. X izpiak ehunekin elkareragiten dutenean horien erradiazioaren zati bat xurgatuko da; eta, gainerakoa, egiturak zeharkatuz pelikula erradiografikoraino iritzi. Modu horretan, irudi erradiologikoa lortuko da.



20. irudia. Besaurrea aztertzeko proiektzio erradiologikoak. Ezkerreko irudian alboko proiektzioa ikus daiteke, eta eskuinekoan aurre-atzekoa. Schweich eta lankideen lanetik hartua ⁽²¹⁾.

Ehunetan gertatutako erradiazioaren xurgapena ehun horien osagaien arabera da. Erradiazioaren xurgapen mailarekin loturik bost dentsitate erradiologiko bereizten dira:

- Aire dentsitatea: ehunek ez dute X izpirik xurgatzen; eta, beraz, proiektatuko den irudia beltza izango da. Adibidez, biriketako edo digestio hodiko airea.

- Koipe dentsitatea: ehunek X izpi gutxi batzuk xurgatzen dituzte; hortaz, kolore gris ilunez marraztuko dira egiturak peliku erradiografikoan. Eskuarki, erraiak inguratzen edo giharrak banatzen dituzten ehunek hartzen dute tonalitate hori.
- Ur dentsitatea: horretaz hitz egiten da aztertutako ehuna gris argi koloreko irudikatzen denean. Erradiologian modu horretan adierazten dira, esaterako, giharrak eta erraiak.
- Kaltzio dentsitatea: xurgapen handiko ehunak dira, zuriz marrazten direnak; hezurak edo kaltzizko litiasiak adibidez.
- Metal dentsitatea: kolore zuri distiratsua. Organismoan berez ez dago dentsitate hori duen egiturarik; eta, beraz, tonalitate hori ikusten den kasuetan, protesiak, gorputz arrotzak... izan ohi dira.



21. irudia. X izpiaren xurgatze eta sartze gaitasuna eragindako ehunaren arabera eta lortutako dentsitate erradiologikoak.

Erradiologia arruntaren bidezko hausturen diagnostikoa

Miaketa fisikoa burutu ostean hezur haustura egon daitekeela uste bada, erradiologia bidezko azterketa egin ohi da. Kaltetuko eremua aztertzeko, eskuarki, bata bestearekiko perpendikularrak diren bi irudi lortzea gomendatzen da; gehien erabiltzen diren proiektzioak aurre-atzekoa eta albokoa direlarik. Hala ere, zenbait kasutan, oina eta eskua miatzerakoan esaterako, zeharkako proiektzioa ere lagungarri izan daiteke, alboko proiektzioan egiturak gainjartzen baitira. Lortutako irudi erradiologikoa egokitzat jotzeko zenbait baldintza bete behar dira, eta horiek azterketa eremuaren arabekoak izango dira.

Horiek horrela, besaurrearen kasuan, ondokoa bete behar da aurre-atzeko proiektzioa egokia izateko: alde batetik, tuberositate erradiala kubituen gertuko herenean ahalik eta

gutxien gainezartzea; eta bestetik, besaurrearen hurbileko zein urrutiko herenean antzeko dentsitate erradiologikoa izatea.

Ildo beretik, alboko proiektzioa ontzat hartzeko lau irizpide bete behar dira: lehenik, hurbileko muturrean buru erradiala prozesu koronoide kubitalean gainezarri; bigarrenik, urrutiko muturrean erradioa eta kubitua gainjarri; hirugarrenik, bi hezurron alboetan inguruko ehun bigun zati bat ikusi; eta azkenik, ukondoa laurogeita hamar graduko angelua osatzen agertu. Horrez gain, gertuko eta urruneko giltzadurak ere ikusi behar dira, horietan eman daitezkeen bestelako haustura edo luxazioak baztertu ahal izateko ⁽²¹⁾.



22. irudia. Besaurreko erradiologia arrunta. Aurre-atzeko proiektzioa (goiko irudia) eta alboko proiektzioa (beheko irudia) ⁽²¹⁾.

Aurrekoez gain, batzuetan, azterketa eremuaren proiektzio edo irudi gehigarriak behar izaten dira; hala nola, proiektzio zeharria edo bi gorputz adarrak alderatu ahal izateko kontrako aldeko irudiak ⁽²¹⁾.

Irudi erradiologikoa lortu eta behar bezala egin dela ebaluatu ondoren, irudiaren azterketa gauzatuko da. Horretan hezurren osotasuna baloratzeaz gain, alboko ehunak ere miatu behar dira, horietan hausturen zeharkako zeinuak antzeman baitaitezke. Erradiografia arruntean hausturak hezur jarraitasunaren asaldura gisa bistaratzen dira.

Halaber, hezur lesioa identifikatu eta haustura behar bezala deskribatzeko, gomendatzen da ondorengo ezaugarriak adieraztea ^(3,5,21,23).

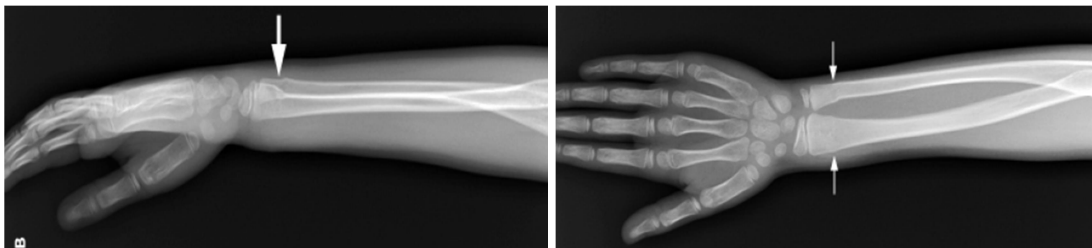
- Hausturaren kokapena: aipatu bezala hezur luzeetan bost eremu bereizten dira: 2 epifisi (urrunekoa eta hurbilekoa), 2 metafisi (urrunekoa eta hurbilekoa) eta diafisia. Haustura antzematen denean horietako zein eremuri eragiten dion zehaztu behar da.

- Fisia edo hazkunde kartilagoa: haustura baten aurrean garrantzitsua da lesio horrek xafla fisarioa kaltetzen duen jakitea. Izan ere, hazkunde kartilagoari eragiten dieten haustura batzuek arriskuan jartzen dute hezur hazkundera ^(21,24).
- Hezur zatien arteko lotura: haustura antzematean aztertu behar da sortutako hezur zatiek duten erlazioa, horien arteko lerrokatze asaldurak baztertzeko. Lerrokatze arazoan artean hezur zatien arteko desplazamendua eta horien arteko angeluazioa desberdintzen dira. Biak ala biak hezuraren kontsolidazio prozesu okerra eta horren osteko alterazioen eragile izan daitezke, bakoitza bere mailan.
- Haustura edo lesio gehigarriak: balorazio erradiologikoa amaitutzat emateko, ongi gainbegiratu behar dira egitura guztiak; sarritan, lesio edo haustura anitzak aurki baitaitezke.

Aldagai horiek aztertzen direnean, maiz errepikatzen diren eredu erradiologikoak identifikatzen dira:

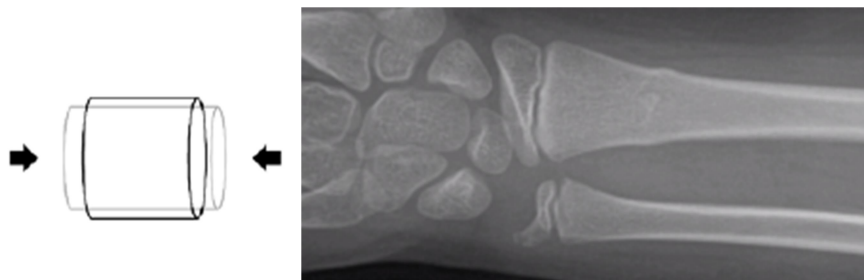
- **Errodete edo "torus fracture" motako haustura**

Errodete motako hausturak deritze hezuraren kortikalean agertzen diren goragune edo mendixka antzerako lesioei ^(3,5,7,11,21). Mota horretako hausturak haurtzaroko ohikoenetakoak dira, eta erradioaren urrutiko herena lesio eremu ezagunenetakoak da.



23. irudia. Errodete motako haustura metafisario erradio-kubitala. Ezkerrean, alboko proiektzioa, eta eskuinean aurre-atzekoa ⁽²¹⁾.

Konpresioa izan ohi da lesio horren mekanismo eragilea; zeinaren ondorioz, hezur inpaktazioa gertatu eta protrusio zirkunferentziala edo aipatutako goragunea agertuko da. Oro har, haustura mota hori hezuraren metafisian gertatzen da. Badirudi haurren metafisiak dituen ezaugarri bereizgarriek, hau da, kortikalizazio txikiagoak eta porositate handiagoak, era horretako hausturak errazten dituela. Haustura egonkortzat hartzen da errodete motako haustura ⁽⁹⁾.

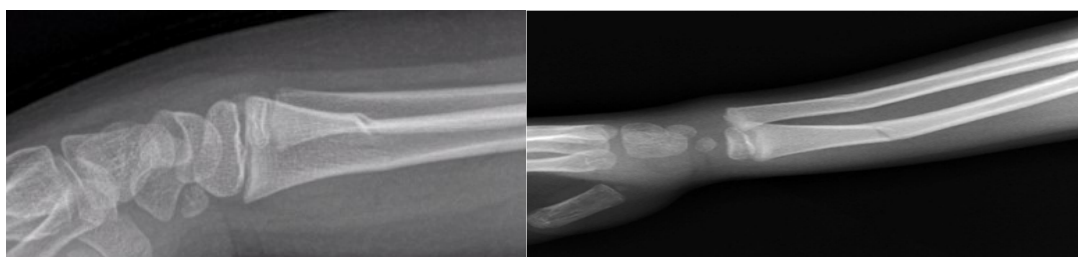
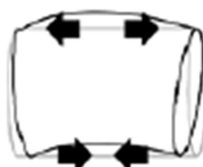


24. irudia. Errodete hausturaren lesio mekanismoa: konpresioa edo zapalketa ^(14,21).

- **Zurtoin berde edo "greenstick" motako haustura**

Zurtoin berde motako haustura, errodete erakoarekin batera, haurtzaroko haustura ohikoenetakoa da. Haustura horren ezaugarria bereizgarria da hezuraren kortikaletako bakarra hausten dela, bestea bere osotasunean mantenduta. Lesio hori eragiten duen mekanismoa gehiegizko flexioa da; eta, eskuarki, hautsitako kortikala konbexitatearen aldekoa izan ohi da. Zurtoin berde edo "greenstick" izenez ezagutzen da zuhaitz baten adarra apurtzeko erarekin duen antzekotasunagatik.

Erradiografia arruntean lesio horiek kortikalaren bat-bateko lerrokatze edo angelu aldaketa gisa marrazten dira, erdian haustura lerroa ikus daitekeelarik, nahiz eta azken hori ez den beti erraz identifikatzen ^(3,5,7,9,11,21).



25. irudia. Zurtoin berde erako haustura eta haren lesio mekanismoaren adierazpena ^(14,21).

Zurtoin berdeko hausturek lerrokatze asaldurak paira ditzakete, bai lesio unean bertan zein haren osatze prozesuan. Hori dela eta, haustura ezegonkorren taldean sailkatzen dira ^(9,23). Gainera, aipatu beharra dago lesio mota horretan birhaustura probabilitatea beste edozeinetan baino handiagoa dela. Azken honi loturik, literaturan zehazten da besaurreko birhausturen %84-100ean aurretiazkoa zurtoin berdeko haustura izan dela ^(9,25).

- **Inkurbazio traumatiko edo deformazio plastikoa**

Inkurbazio traumatikoa traumatismo baten ondoren antzematen den haustura lerrorik gabeko hezur deformazioa da, zurtoin berde motako hausturaren aurreko pausu edo egoeratzat hartzen dena ^(3,7,9). Lesio mota hori haurren hezurren plastikotasunak eta periostioaren loditasunak erraztua dago. Horrela bada, haurretan lesio ohikoa da, pertsona heldutan ez bezala.

Deformazio plastikoa angeluazio aldaketa progresibo gisa azaltzen da erradiografian. Lesio mota hori zurtoin berde erakotik bereizteko lerrokatze asaldura bat-batekoa edo progresiboa den zehaztu beharko da; bietan lehena zurtoin berde hausturarekin bat etorriz; eta bigarrena, berriz, inkurbazioarekin. Horrez gain, azken horretan, ez da haustura lerrorik antzemango. Deformazio plastikoak maiz ikus daitezke kubitua eta erradioan, gutxiagotan peronean.



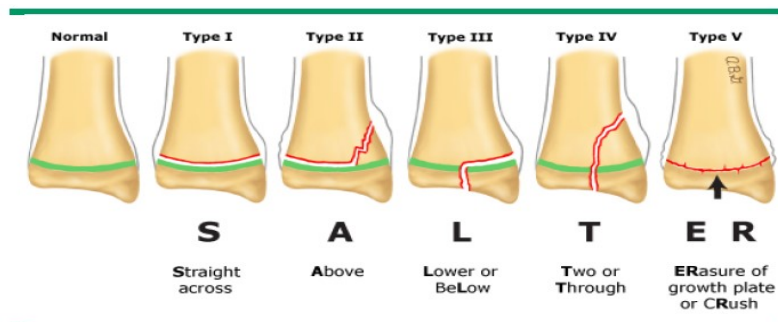
26. irudia. Inkurbazio traumatikoa ^(14, 21).

Azpimarratu beharra dago inkurbazio traumatikoak hausturak bailiran maneiatzen direla, haustura lerrorik ez izan arren. Beraz, zurtoin berdeko hausturekin duten antzekotasuna dela eta ezarri beharreko tratamendua oso antzekoa da kasu bietan.

- **Hazkunde kartilagoaren haustura edo epifisiolisia**

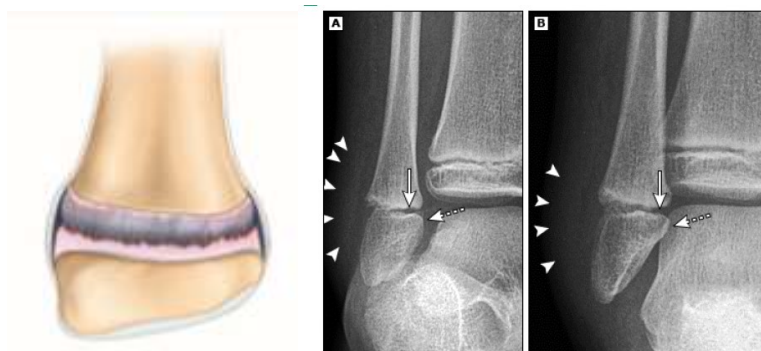
Haustura mota honen ezaugarri nagusia da hazkunde kartilagoa edo fisia kaltetzen dela. Sarreran aipatu bezala, fisia haur hezurren egitura bereizgarria da; eta, beraz, era horretako hausturak adin tarte horretan baino ezingo dira ikusi. Epifisiolisiak hezur luzeetako hausturen %21-30 inguru dira, eta horien artean ohikoenak dira erradio eta kubituari eragiten diotenak ^(3,5,7,9,21). Epifisiolisiak, emakumezkoetan, 9 eta 12 urteko adin tartean gertatzen dira nagusiki; gizonezkoetan, berriz, apur bat beranduago, hain zuzen ere, 12-15 urte artean. Biak ala biak bat etortzen dira hazkunderik handieneko aldiarekin edo nerabezaroko aldaketa garaiarekin.

Hainbat sailkapen daude epifisiolisi azpimota desberdinak sailkatzeko, ezagunena Salter eta Harris-ena izanik:



27. irudia. Salter eta Harrisen arabeko epifisiolisien sailkapena ⁽⁴⁾.

- Salter eta Harrisen I. motako epifisiolisia (%6-8,5): hazkunde kartilagoari soilik eragiten dion azpimota, metafisiaren eta epifisiaren arteko bereizketa osoa eragiten duena. Erradiologikoki hazkunde kartilagoaren zabalkuntza bezala irudikatzen da. Esan beharra dago, orokorrean, gertaera hori zaila izaten dela antzematen; eta, beraz, lesio horiek oharkabean igarotzeko aukera handia da. Esandako hori saiheste aldera, I. motako epifisiolisia diagnostikoa klinikoa izaten da, hazkunde xafla haztatzean min lokalizatua izanik horren adierazle hoberena ^(9,21,23,26).



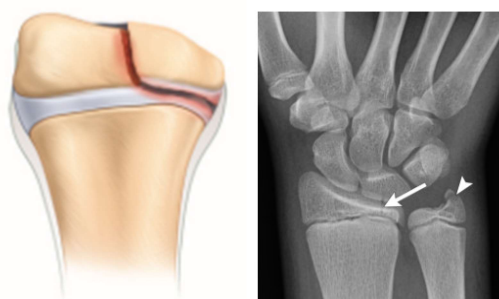
28. irudia. Peroneko I. motako urrutiko epifisiolisia. Aurre-atzeko proiektzioa (A) eta proiektzio zehiarra (B) ⁽⁴⁾.

- Salter eta Harrisen II. motako epifisiolisia: azpitalderik ohikoena da, hausturen %45-73 inguru izanik ^(3,9,23). Kasu horretan, haustura lerroa fisian zehar zabaldu eta metafisirantz hedatzen da. Erradiologikoki, Thurston Hollanden zeinu bezala ezagutzen den hiruki formako lesioa ikusten da ertz metafisarioan.



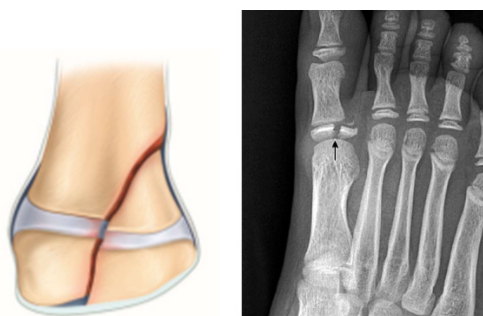
29. irudia. Tibiako II. motako urruneko epifisiolisia, orkatilaren proiektzio zehharra (A) eta albokoa (B). Thurston Hollanden zeinua deritzon hiruki formako zati metafisarioa ikus daiteke ⁽⁴⁾.

- III. motako epifisiolisia (%6,5-10): mota honetako asalduretan haustura marra hazkunde kartilagotik epifisiraino luzatzen da giltzadura barneko haustura eraginez. Hurrengo irudian adierazi bezala, haustura lerroaren hedaduraren arabera bi segmentu epifisario sor daitezke ^(3,5,9,23).



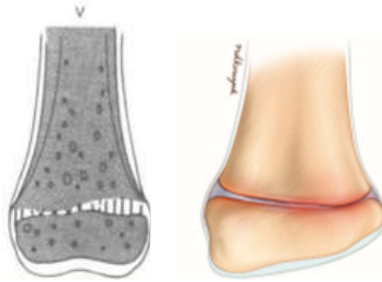
30. irudia. Erradioko III. motako epifisiolisia, apofisi estiloide kubitalen abultsioa lagun duena ⁽⁴⁾.

- Salter eta Harrisen IV. motako epifisiolisia (%10-12): haustura fisario konplexua da, metafisi zein epifisirantz hedatzen dena. Aurreko kasuan bezala, horretan ere posible da hausturaren ondorioz bata bestearikiko erlaziorik ez duten bi zati sortzea. Epifisi mailan eragiten duen kaltea dela eta haustura hori ere giltzadura barneko haustura gisa sailkatzen da ⁽²³⁾.



31. irudia. Lehen hatzaren hurbileko falangearen IV. motako haustura epifisarioa. Eskuineko oinaren aurre-atzeko proiektzioa ⁽⁴⁾.

- V. motako epifisiolisia: hazkunde kartilagoaren konpresio haustura da. Erradiologikoki fisiaren estugunea nabarituko da, eta litekeena da I. motako epifisiolisiaren kasuan bezala, hori ere agerikoa ez izatea eta oharkabean pasatzea. Oro har, diagnostikoa egiteko beste irudi proba batzuk erabili behar izaten dira, hala nola erresonantzia magnetiko nuklearra. Pronostiko txarreko haustura da, hezur zubiak sortzeko joera baitu; eta horren ondorioz, hazkunde kartilagoaren ixte goiztiarra gerta daiteke gorputz adarren hazkundera kaltetuz ^(9,23).



32. irudia. V. motako epifisiolisia: hazkunde kartilagoaren estutzea ⁽⁴⁾.

Epifisiolisi azpimota bakoitzean antzeman daitezkeen aurkikuntza erradiologikoen, haustura sailkatzeaz gain, horren tratamendua zehazten lagunduko dute. Izan ere, epifisiolisiak tratatzerako orduan aintzat hartuko dira: batetik, epifisiolisi azpimota; bestetik, gaixoaren adina; eta, azkenik, odol hodien kaltea ^(7,21,24). Aipatutako hiru faktore edo aldagai horiek haustura mota horren bilakaeran eragin zuzena izan ohi dute.

Haustura azpimotari dagokionez, esan beharra dago, Salter eta Harrisen I, II eta III. azpimotek, oro har, pronostiko ona izan ohi dutela; betiere inguruko odol hodien kalterik ez badago. Salter eta Harrisen IV. motako lesio epifisarioak, ordea, hazkunde xafla gurutzatzen duen haustura bere osotasunean murriztu ezean pronostiko txarra izan dezakete. Haatik, V. motako lesioak, hau da, hazkunde xaflaren zapalketa jasan dutenak, pronostiko okerrenekoak dira ^(7,21,23).

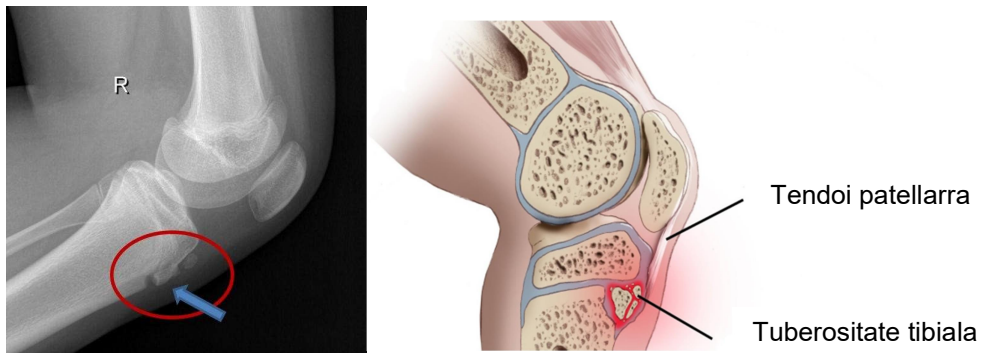
Gaixoaren adina epifisiolisien bilakaerarekin erabat erlazionatua dagoen aldagaia da; zehazki, bi aldagai horien arteko erlazio alderantzizkoa da. Lesio gertatutako unetik hezur heldutasunera arteko garaia luzeagoa da haur gazteenetan; horrela bada, denbora tarte luzeagoa dago kaltetutako epifisian gerta daitekeen hazkunde nahasmendua garatzeko ⁽⁷⁾.

Bukatzeko, epifisiolisi kasuetan, haustura inguruko odol hodien egokitasuna zehaztea komeni da. Aipatutako egitura kaltetzeak xafla fisarioaren endekapena ekar dezake; bai eta ondoriozko hazkunderaren etetea ere.

- **Apofisiaren abultsio haustura**

Egitura kartilaginotsua duten eta lotailu edo tendoientzako lotze puntu diren hezur irtenguneak dira apofisiak. Gehiengoan, hazkunde kartilagoa bezalaxe, zutabedun kartilagoz osatuak daude; tibiaren hurbileko eremuan dagoen apofisia edo tuberositate tibiala salbuespena izanik. Azken hori fibrokartilagoz osatua dago; eta kartilago hori trakzioarekiko sentikorragoa da zutabeetan antolatutakoa baino. Hala, haustura apofisario ezagunenetakoa da tuberositate tibialean gertatzen dena, Osgood-Schlatter gaixotasun gisa ezagutua.

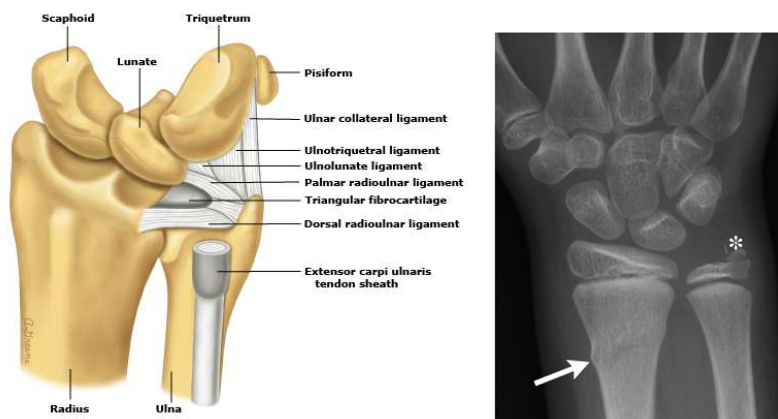
Oro har, lotailu edo tendoien gehiegizko erabilera edo gain-aktibazioak eragindakoak izaten dira apofisiaren abultsio hausturak; eta, gehienetan, nerabe kirolariek jasaten dituzte. Lesio apofisarioek ez dute hazkuntzan eraginik izaten, ez dira eta hazkunde xaflan kokatzen ^(9,21). Apofisiak nerabezaroa amaitzean hezur ehunez ordezkatzen dira.



33. irudia. Tuberositate tibialaren apofisitisa edo Osgood Schlatterren gaixotasuna ⁽⁴⁾.

Apofisi hausturekin jarraiki, Abid eta lankideen ⁽²⁷⁾ arabera, erradioko haustura antzemandako kasuen ia herenean kubitaren estiloide apofisiaren haustura ere gertatzen da. Oro har, fibrokartilago triangeluarraren txertatze puntuan edo lokailu kubit-karpiarraren mailan kokatzen da lesio hori ^(9,28). Gehienetan, haustura erradialaren arabera izan ohi da haustura horren maneiua.

Erradiologia arruntean haustura mota hau erraz ezberdintzen da, izan ere apofisia gainerako hezur ehunetik bananduta agertuko da.



34. irudia. Apofisi estiloide kubitalaren haustura. Ezkerrean: giltzadura erradio-kubito-karpiarraren irudikapen anatomikoa. Eskuinean: besaurreko urruneko herenaren aurre-atzeko erradiografia non errodete motako haustura erradialaz gain estiloide apofisi kubitalaren haustura ikus daitekeen. Schweich eta lankideen lanetik hartua ⁽²¹⁾.

- **Haustura osoak**

Orain arte deskribatutako hausturez gain, hezur lodiera osoari eragiten dioten hausturak ere ikus daitezke garai pediatrikoan. Aurrekoak ez bezala, horiek ez dira haurtzaro eta nerabezaroko haustura espezifikoak; eta, oro har, energia handiko inpaktu edo kolpeen ondorioz gertatu ohi dira ^(3,5,7,21). Haustura osoetan bi hezur zati aske sortzen dira, bi horien arteko lerrokatze asaldurak jasateko aukera handia izanik. Sarritan, haustura mota horren tratamenduan beharrezkoa izaten da hezur zatien erredukzioa.

Diagnostiko erradiologikoari dagokionez, hezuraren bi kortikalei eragiten dien haustura lerroa antzematen da, arestian aipatu bezala, lerrokatze asaldurarekin edo hura gabe.



35. irudia. Haustura erradiokubital osoa, besaurreko alboko proiektzio erradiologikoa ⁽²¹⁾.

Haustura ohikoenak edo erradiologia arrunteko aurkikuntza tipikoak deskribatu ondoren, hurrengo lerroetan irudi proba hori erabiltzearen abantailak eta desabantailak azalduko dira.

Erradiografia arruntaren abantaila eta desabantailak

Erradiologia arruntaren abantaila nagusia da proba azkarra dela; izan ere, pazienteak behar den posizioan jarri ondoren segundu gutxi batzuk baino ez dira behar irudia lortzeko. Horrez gain, kontuan hartzekoa da larrialdietako zerbitzu gehienetan erradiografiak egiteko tresneria dagoela; eta, beraz, esku-eskura dagoen proba dela. Gaur egun, gainera, ospitale askotan erradiografia ekipo eramangarriak daude, gaixoa ohatilatik mugitu gabe irudia eskuratzea ahalbidetzen dutenak.

Hala ere, guztiak ez dira abantailak; erradiografia arruntak hezurri buruzko informazio ematen du soilik. Hortaz, inguruko ehun bigunen informazioa urria denez, esan dezakegu egindako balorazioa ez dela osoa.

Are gehiago, teknika horren bidez ez dira hezur kalte guztiak behar bezala ikusten, haustura batzuk hautemanezinak baitira erradiografian ⁽²⁹⁻³²⁾. Halaber, honakoak nabarmendu behar dira hausturak antzematea zailtzen duten arrazoen artean ⁽³¹⁻³³⁾:

- Hezur egiturak gainjartzea: hezur egitura osoa behar bezala ikustea zailtzen du bata bestearekiko gainjartzeak. Hori ekiditeko gomendatzen da irudiak, gutxienez, bata bestearekiko perpendikularrak diren bi proiektiotan lortzea. Horrez gain, zenbait kasutan proiektio bereziak erabili behar dira, hala nola oineko hezurren azterketarako proiektio zeharria.
- Haustura lerroaren eta X izpien arteko orientazioa: hezur hausturari dagokion irudia pelikula erradiologikoan marrazteko X izpi sortak haustura lerro horri perpendikularki eragin beharko dio. Hortaz, litekeena da haustura txikiren bat lortutako proiektioetatik kanpo geratzea, nahiz eta bi plano desberdin eskuratu.
- Hazkunde kartilagoaren lesioa: ehun kartilaginotsua ez da erradiografian irudikatzen bere ezaugarri histologikoak direla eta. Horrela bada, kartilagoko lesioak ezin dira erradiologia soilez identifikatu.
- Haustura sotila: haustura txikiak edo lesio eremu oso sotilak ez dira erradiologia arruntan bereiziko edo zailtasun handiz ikusiko dira.

Erradiologia arruntaren beste desabantailetakoa bat da erradiazio ionizatzaile edo X izpien erabilera. Aspalditik ezagutzen da haurrak erradiazio ionizatzailearekiko bereziki

sentikorrek direla; eta, gainera, horrekin erlazionatutako albo ondorioak garatzeko bizitzako urte gehiago dituztela. Erradiazio mota horrek mutazio genetikoak erraztu ditzake eta minbizia garatzeko arriskua areagotu ⁽³⁴⁻³⁸⁾. Erradiologia arruntaren bidezko balorazio bakar bat egiteak ez dakar osasunerako arrisku garrantzitsurik; izan ere, txikia da gorputz adar baten irudia lortzeko igorritako erradiazio dosia. Arazoa, nagusiki, hainbat irudi erradiologiko lortzearekin lotuta dago, dosia metagarria baita.

Gauzak horrela, 36. irudian erradiografiak lortzeko dosi eraginkorrak eta horiek toraxeko erradiografiarekin duten baliokidetasuna alderatzen dira. Toraxeko erradiografia egiteko 0'02 miliSievert (mSv) erabiltzen dira; gorputz adarren eta artikulazioen kasuan, dosia ez da 0.01 mSv-etara iristen.

Procedimiento diagnóstico	Dosis efectiva característica (mSv)	N.º equivalente Rx de tórax	Periodo equivalente aproximado de radiación natural de fondo
Extremidades y articulaciones (excluida la cadera)	< 0,01	<0,5	< 1,5 días
Tórax (PA)	0,02	1	3 días
Cráneo	0,07	3,5	11 días
Columna dorsal	0,7	35	4 meses
Cadera	0,3	15	7 semanas
Pelvis	0,7	35	4 meses
Abdomen	1	50	6 meses
Columna lumbar (AP)	1,3	65	7 meses
UIV	2,5	125	14 meses
Esofagogastroduodenal	2,6	130	15 meses
Tránsito intestinal	3,0	150	16 meses
Enema opaco	7,0	350	3,2 años
TC de cabeza	2,3	115	1 año
TC de tórax	8,0	400	3,6 años
TC de abdomen o pelvis	10,0	500	4,5 años
TC de abdomen y pelvis	14,0	700	5,8 años

AP: anteroposterior; mSv: dosis efectiva característica; PA: posteroanterior; Rx: radiografía; TC: tomografía computarizada; UIV: urografía intravenosa.

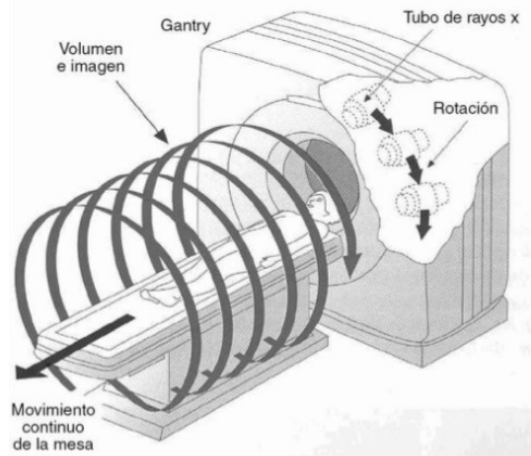
36. irudia. Irudi proben dosi eraginkorrak. Toraxeko erradiografiarekin eta naturako erradiazioarekin duten baliokidetasuna ⁽⁵⁾.

1.5.2. Ordenagailu bidezko tomografia

Hausturak aztertzeko erabilitako beste irudi probetako bat da ordenagailu bidezko tomografia axiala (OTA). Oro har, bigarren mailako proba bada ere, kasu zehatz batzuetan hasieratik unetik bertatik erabil daiteke. Erradiologia arruntak bezala, proba horrek ere X izpien erabileran du bere oinarria, hau da, erradiazio ionizatzailean ^(39,40).

Irudi teknika

Ordenagailu bidezko tomografia behar bezala ulertzeko horren osagaiak ezagutzea komeni da. Bi dira gailu horren osagai nagusiak: batetik, *Gantry* gisa ezagututako karkasa dago; zeinaren barruan X izpi sorgailua eta izpi horiek antzemateko sistema hartzailea daude. Bestetik, *Gantry*-aren erdiko irekiduran kokatutako ohatila mugikorra dago.



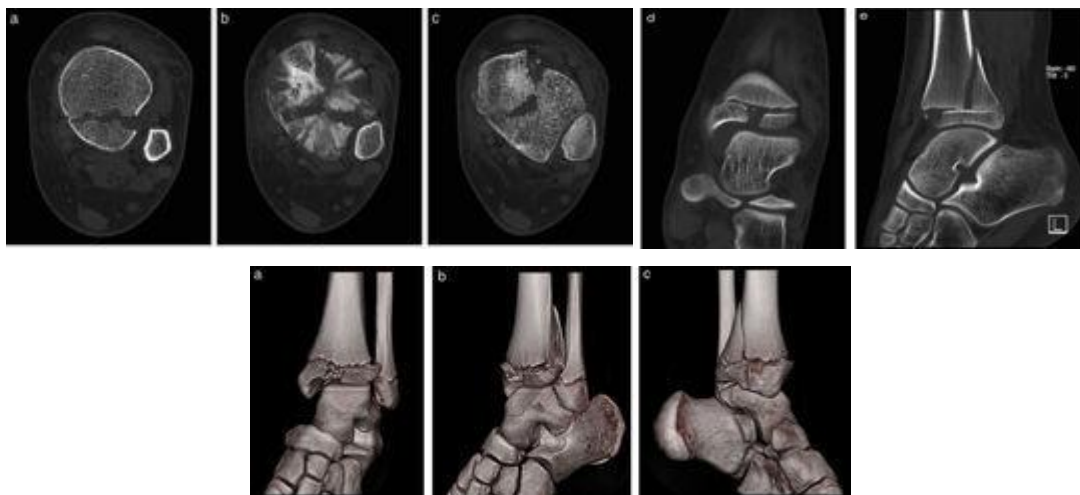
37. irudia. Ordenagailu bidezko tomografiaren osagaiak ⁽³⁹⁾.

X izpi sorgailuak izpi sortak sortu eta gorputzarekiko perpendikular igorriko ditu. Izpi horiek ehunekin elkarreragingo dute, eta ondorioz, ehunen dentsitate eta atomoen zenbaki atomikoaren arabera, xurgatuak izango dira. Esan bezala, xurgapen maila ez da bera ehun guztietan; horrela bada, zenbait izpiak ehunak zeharkatu eta ibilbidean aurrera jarraituko dute kontrako aldeko sistema hartzailerara heldu arte. Horren ostean, izpi sorgailua *Gantry*-aren barruan mugitu eta prozedura errepikatuko da. Pausu hori etenik gabe gertatuko da pazientearen zirkunferentzia osoko informazioa jaso arte. Horrela, azterketa eremu bereko proiektzio desberdinak lortuko dira. Tomografia gailuak informazio guzti hori prozesatuko du eta bihurketa analogiko digitalaren bidez irudia sortu ^(39,40).

Ordenagailu bidezko tomografiaren abantaila eta desabantailak

Erradiologia arruntak baino balorazio sakonagoa egitea ahalbidetzen du ordenagailu bidezko tomografia axialak. Teknika horren bidez posible da hausturaren hedadura zehaztea, hezur zati askeak identifikatzea, artikulazio barruko asaldurak mugatzea eta kartilagoari eragiten dieten lesioak antzematea. Irudiak, gainera, plano axial, koronal eta sagitalean ikusteko aukera ematen du, bai eta aztergai den eremuaren hiru dimentsiotako irudia sortzea ere. Plano anitzeko edo hiru dimentsiotako berreraikuntzak oso erabilgarriak dira egunerokoan, ebakuntza plana eta horren osteko jarraipena errazten baitituzte.

Hezurraren egoeraren berri emateaz gain, ordenagailu bidez tomografiak axialak inguruko ehun bigunak baloratzeko eta horietako kalteak identifikatzeko balio du. Azken hori ezinezkoa da erradiologia arruntaren kasuan.



38. irudia. Orkatilako hiru planotako haustura OTAn. Plano axiala, albokoa eta hiru dimentsiotako berreraikuntza.

Ordenagailu bidezko tomografia bidez lortutako irudia zehatzagoa bada ere, jakin behar da, normalean, proba hori ez dela erradiologia arrunta bezain eskuragarria izaten. Izan ere, kostu handiko gailuak dira horiek; eta ondorioz, ospitaleetan OTA gailuen kopurua nahiko mugatua da. Irudi teknikari dagokionez, nabarmendu beharra dago proba nahiko azkarra dela, bost minutu baino gutxiagoko iraupena izan ohi du-eta; betiere, pazienteak laguntzen badu. Ezinbestekoa da pazientearen laguntza izatea eta horrek inolako mugimendurik ez egitea, mugimendu txikienak ere irudia aldatu edo artefaktatu baitezake. Pediatrian azken hori ez da beti erraza izaten. Hori dela eta, askotan, haurrei sendagai lasaigarriak eman behar zaizkie proba behar bezala burutu ahal izateko. Kontuan hartu behar da sendagai horien erabilerarekin loturik zenbait arazo gerta daitezkeela ⁽⁴¹⁻⁴³⁾.

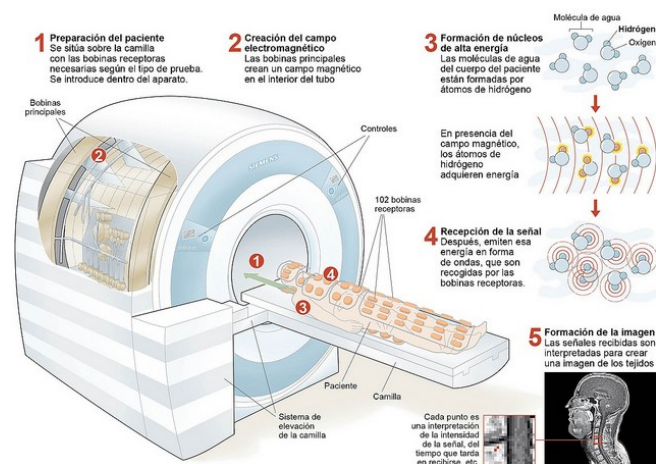
Ordenagailu bidezko tomografia erabiltzearen desabantailen artean, azpimarratu behar da erradiazio ioniztzailearen erabilera. Igorritako erradiazio kopurua egindako miaketaren arabera aldatuko bada ere, erradiografia arruntarena baino askoz handiagoa da. Beraz, handiagoa da erradiazio ioniztzailearen ondoriozko efektu kaltegarriak eragiteko aukera ere (35, 44–48).

1.5.3. Erresonantzia magnetiko nuklearra

Erresonantzia magnetiko nuklearra (EMN) hezur lesioen diagnostikoan lagungarria izan daitekeen beste irudi probetako bat da. Gainera, proba hori une magnetikoaren sorreran oinarritzen da; eta, beraz, ez du erradiazio ioniztzailerik erabiltzen.

Irudi teknika

Irudia lortzeko pazientea erresonantzia makinan sartu eta barneko horren bobinak martxan jarriko dira. Horrela, pazientearen inguruan eremu magnetikoa sortu eta aztergai diren ehunetako atomoak eremu magnetiko horren norabidea jarraituz lerrotatuko dira. Ostean, erradiofrequentzia pultsuak askatu edo bidaliko dira aztertutako eremura, atomoek horiek xurgatuz eta erresonantzia eraginez. Pultsuok etetean atomoek aurretiaz xurgatutako energia askatuko dute. Energia hori seinale elektriko edo erresonantzia seinale gisa erregistratuko da irudi digitala eratzeko erabiliz.



39. irudia. Erresonantzia magnetikoaren laburpen eskema ⁽⁴⁹⁾.

Erresonantzia magnetiko nuklearraren abantaila eta desabantailak

Erresonantzia magnetiko nuklearrak, erradiografia arruntarekin alderatuta, azterketa eremuaren informazio zehatzagoa eskaintzen du. Horrela bada, kasu batzuetan, EMN-ren bidez erradiologian arruntean antzeman ez diren hezur asaldurak ikus daitezke, batez ere, xafla fisarioa kaltetzen dutenak. Gainera, erresonantzia nuklearrak ehun bigunen balorazio doia egiteko aukera ematen du; eta, sarritan, ehun horiek aztertzeke erabiltzen da. Izan ere, ubeldurak, muskulu hantura zein lesioak eta trauma osteko kalteak zehaztasunez bistarazten ditu ⁽⁴⁹⁻⁵¹⁾. Horrez gain, proba horren abantaila nagusienetakoa da irudiak lortzerako orduan inongo erradiazio ionizatzailerik ez erabiltzea; eta, beraz, irudi teknika hori aukeratzean, erradiazioarekin lotutako albo ondorioak saihesten dira.



40. irudia. II. motako urrutiko epifisiolisi erradiala. Ezkerreko irudia: erradiografia arrunta. Eskuinekoa: erresonantzia magnetiko nuklearrari dagokion irudia. Little eta lankideen lanetik hartua ⁽²³⁾.

Erresonantzia magnetiko nuklearraren desabantailen artean, azterketa osatzeko behar den denbora luzea azpimarratu behar da; izan ere, proba burutzeko hogeit hamar minutu inguru behar dira. Hori dela eta, paziente kritikoen kasuan edo ezegonkortasun klinikoko egoeretan, oro har, ez da erresonantzia magnetikoa gomendatzen. Bestalde, aipatzekoa da, probak irauten duen denbora tarte horretan gaixoa geldi egon behar dela, mugimenduek irudia artefaktatzen baitute ⁽⁵²⁾. Haurren kasuan zaila izaten da probak irauten duen denbora mugitu gabe mantentzea. Gertaera horrek, sarritan, erresonantziaren erabilera mugatu izan du pediatrian; hala ere, azken urteetan, haur txikien edo aurreko premisa betetzeko arazoak dituzten haurren kasuan prozedura sendagai lasaigarrien eraginpean egiten da. Egunerokoan sarri erabiltzen diren botikak badira ere, esan beharra dago, sendagai lasaigarrien erabilerak albo ondorioak izan ditzakeela ^(41, 43, 53-55).

Azkenik, gogorarazi behar da, objektu metaliko zein ez-metaliko batzuek sentiberatasunezko artefaktuak sor ditzaketela ⁽⁵²⁾. Guztien horien artean material ferromagnetikoak nabarmendu behar dira, artefaktu gehien sortzen dituztenak baitira.

Gainera, horiek eremu magnetikoaren barruan jaurtigai bilakatzeko joera dute. Hortaz, erresonantzia magnetiko nuklearra ezin izango da erabili taupada markagailu edo neuroestimulazio gailuak dituzten gaixoetan.

1.5.4. Ekografia

Azken hamarkadetan egitura muskuloeskeletikoa aztertzeko gero eta gehiago erabiltzen den irudi proba da ekografia. Teknika hori ultrasoinuaren eta ehunaren arteko erlazioan oinarritzen da.

Irudi teknika

Ekografiaren oinarriak eta horren erabilerarako ezagutu beharreko oinarrizko kontzeptuak xehetasunez azalduko dira hurrengo orrialdeetan, ikerlan hau egiteko erabilitako gailua hori izan baita.

Era laburrean azalduta ekografian lan egiteko modua honako da: korrante elektriko pultsuek zunda grafikoaren baitan dauden gaitasun piezoelektrikoko kristalak kitzikatuko dituzte; horrela, ultrasoinuak sortuko dira eta azterketa eremurantz igorri. Ultrasoinuok ehun desberdinekin egingo dute topo; eta ehun horiek osatzen dituzten interfaseen inpedantzia akustikoaren arabera ultrasoinu sortak bere bidean aurrera egin edo islatuak izango dira. Azken horiek, eko bezala ezagutzen direnak, berriz ere zunda grafikora itzuliko dira, han kristalak kitzikatu eta uhin mekanikoa korrante elektriko bihurtuko da, ondoren irudi ekografiko bilakatzeko ⁽⁵⁶⁾.

Ekografiaren abantaila eta desabantailak

Ekografia edo ultrasonografiaren abantaila nagusietakoa da erradiazio ionizatzailearik igortze eza. Horrek, zalantzazko kasuetan, balorazio ekografikoa behin baino gehiagotan errepikatzea ahalbidetzen du, bai eta kaltetutako eremua kontrako gorputz adarrarekin alderatzea ere. Ezaugarri horrek, gainera, ekografia hezur zein ehun bigunetako kalteen jarraipenerako tresna baliagarria izatea egiten du.

Bestalde, ekografiak eskaintzen duen beste berrikuntzetako bat unean uneko azterketa dinamiko egiteko aukera da. Azken urteetan, ekografiaren garapenaren aurretik inolako laguntza gabe egiten ziren teknika ugari ekografia gida dutela egiten dira. Izan ere, unean

uneko irudi dinamikoa izateak teknika ezberdinen eraginkortasun eta emaitzak hobetzea lortu du, bai eta horien segurtasuna bermatzea ere ⁽⁵⁷⁻⁵⁹⁾.

Orain arte aipatutako abantailez gain, azpimarratu behar da, azken hamarkadan ekografia gailu trinkoagoak eta garraiatzeko errazagoak garatu direla; horrela, era erosoan toki batetik bestera lekualdatzeko moduko tresna sortuz.

Horrez gain, azterketa ekografikoa aztertzailearen araberakoa proba dela esaten da, hau da, proba burutzen duen medikuaren formakuntzaren araberakoa. Hori dela eta, gutxieneko formakuntza beharrezkoa izango da balorazioa fidagarritzat hartzeko. Alabaina, zenbait egituren kalteak ezin dira zehaztasun osoz baloratu ekografian aditua den pertsonaren eskuetan ere; horien artean ditugu giltzadura barneko zein hezur barneko asaldurak. Horrez gain, azterketa ekografikoa ikus-eremu txikietara mugatzen denez, tamaina handiko lesio edo hausturen interpretazio espaziala zaila suerta daiteke ⁽⁵⁶⁾.

1.6. HAUSTURAK TRATATZEKO PRINTZIPIO OROKORRAK

Hausturen hasierako maneia bi printzipio hauetan oinarritzen da: analgesia eta immobilizazioa ^(5,9). Horrez gain, kasu bakoitzean lesio mota, horren hedadura eta odol hodi eta nerbioen egoera ebaluatuko dira, aurkikuntzen arabera neurri gehigarriak hartuz.

1.6.1. Analgesia

Traumatismo bat jasan duen pertsona ikuskatzen denean gomendatzen da mina eta horren intentsitatea aztertzea ⁽⁶⁰⁻⁶⁴⁾. Min maila zehazteko hainbat eta hainbat eskala ezagutzen dira, oro har, hurrengo bi talde nagusietan banatzen direnak: min eskala objektiboak eta subjektiboak.

1.6.1.1. Min eskala objektiboak

Mina neurtzeko eskala objektiboetan minaren intentsitatea zehazteko gizabanakoaren jokabidea edo parametro klinikoak hartuko dira aintzat, eta gaixoak ez du pairatutako minaren maila adieraziko. Eskala horiek gaixoak egoeraren balorazio subjektiboa burutu ezin duen kasuetan erabiltzen dira batik bat; hau da, haur txikietan edota min mailaren neurketan laguntzeko gai ez diren horietan. Egunerokotasunean gehien erabilitako eskala objektiboak haurren jokabidean oinarritzen direnak dira, jokabide eskala gisa ezagutzen direnak. Horien artean ezagunenak FLACC eskala eta Paediatric Pain Profile eskala dira ^(41,65).

- FLACC eskala: jokabide eskala objektiboa. Eskala horretan bost item aztertzen dira (aurpegi adierazpena, hanken mugimendua, pazientearen jarduera, negarra eta kontsolamendua) eta bakoitzari zero eta bi puntu arteko puntuazioa emango zaio ⁽⁴¹⁾. Eskala hori, esan bezala, haur txikietan zein jasandako minaren balorazioan lagundu ezin duten umeetan erabiliko da. Lortutako emaitzaren arabera honakoa esan daiteke: 0 puntu, minik ez; 1-2 puntu, min arina; 3-5 puntu, erdi mailako mina; 6-8 puntu, min handia; eta amaitzeko, 8 puntutik aurrera, min jasanezina.

Parámetros	Puntaje		
	0	1	2
Cara	Sin expresión particular o sonriente	Muecas o ceño fruncido en ocasiones, desinterés, reservado	Ceño fruncido de frecuente a constante, mandíbula apretada, temblor en la barbilla
Piernas	Posición normal o relajadas	Intranquilas, inquietas, tensas	Pataletas o las piernas suben y bajan
Actividad	Yace tranquilo, posición normal, se mueve con facilidad	Se retuerce, cambia de postura, tenso	Se arquea, está rígido, se sacude
Llanto	No llora (despierto o dormido)	Gime o lloriquea, quejas ocasionales	Llanto constante, chillidos o sollozos, quejas frecuentes
Consuelo	Contento, relajado	Se tranquiliza al tocarlo, arrullarlo o platicarle; se le puede distraer	Dificultad para consolarlo o confortarlo

41. irudia. FLACC eskala. Minaren intentsitatea neurtzeko jokabide eskala objektiboa.

- Paediatric Pain Profile eskala: hizkuntzaren bidez beraien mina adierazi ezin duten pazienteetan erabilitako jokabide eskala, gaixotasun neurologikoak larriak dituzten haurretan bereziki baliagarria dena. Horretan hogeitaz item ezberdin aztertzen dira, bakoitzari zero eta hiru puntu arteko puntuazioa ezarriko zaiolarik ⁽⁶⁵⁾.

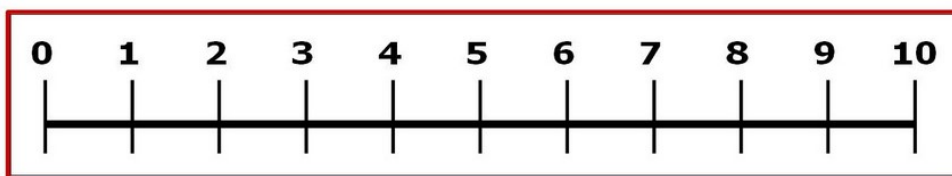
When my child has this pain, he or she...	Not at all	A little	Quite a lot	A great deal	Score
Is cheerful	3	2	1	0	
Is sociable or responsive	3	2	1	0	
Appears withdrawn or depressed	0	1	2	3	
Cries /moans/groans / screams or whimpers	0	1	2	3	
Is hard to console or comfort	0	1	2	3	
Self-harms e.g. biting self or banging head	0	1	2	3	
Is reluctant to eat / difficult to feed	0	1	2	3	
Has disturbed sleep	0	1	2	3	
Grimaces / screws up face / screws up eyes	0	1	2	3	
Frowns / has furrowed brow / looks worried	0	1	2	3	
Looks frightened (with eyes wide open)	0	1	2	3	
Grinds teeth or makes mouthing movements	0	1	2	3	
Is restless / agitated or distressed	0	1	2	3	
Tenses / stiffens or spasms	0	1	2	3	
Flexes inwards or draws legs up towards chest	0	1	2	3	
Tends to touch or rub particular areas	0	1	2	3	
Resists being moved	0	1	2	3	
Pulls away or flinches when touched	0	1	2	3	
Twists and turns / tosses head / writhes or arches back	0	1	2	3	
Has involuntary or stereotypical movements / is jumpy / startles or has seizures	0	1	2	3	

42. irudia. Paediatric Pain Profile eskala ⁽⁶⁴⁾.

1.6.1.2. Min eskala subjektiboak

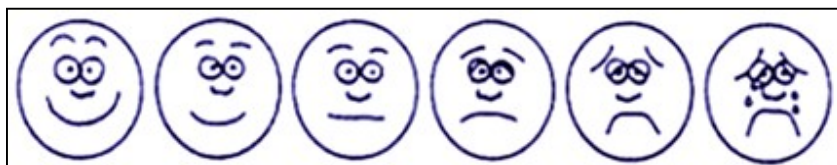
Eskala mota honetan pazienteak berak adieraziko du pairatutako minaren intentsitatea. Eskala horiek erabilgarriak izateko pazientearen laguntza behar beharrezko da, bai eta gutxieneko adimen garapena ^(41,62,65). Talde horretan eskala ugari biltzen badira ere, ziur aski, eskalen artean ezagunenetakoa hurrengo lerroetan azaldutako eskala analogiko bisuala da.

- Eskala analogiko bisuala edo zenbakizko eskala: mina kuantifikatzeko gehien erabilitako eskala subjektiboa da. Gaixoak pairatutako mina zerotik hamarrera bitarteko balore batez zehaztuko du. Eskala hori behar bezala erabili ahal izateko, ebaluatutako gaixoak gutxieneko adimen garapena izatea komeni da; hori dela eta, oro har, zazpi edo zortzi urtetik aurrerako haurrentzat gordeko da ⁽⁴¹⁾.



43. irudia. Zenbakizko eskala. 0: minik ez. 1-2: min arina. 3-5: neurrizko mina edo ertaina. 6-8: min handia. 9-10: min jasanezina.

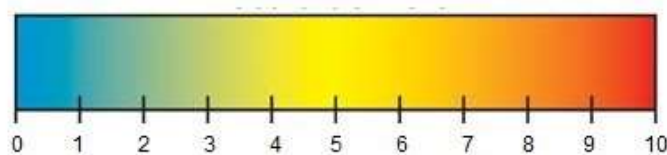
- Aurpegien eskala: lau eta zazpi urte bitarteko haur kolaboratzaileetan erabiliko da eskala hau, eskuarki. Horretan, 44. irudian ikus daitekeen bezala, aurpegi adierazpen ezberdinetako aurpegi ilara ageri da. Muturretako batean irudi irribarretsua ikus daiteke, eta bestean, negar malkoz bustitakoa, tartean beste lau egoera bereiz daitezkeelarik. Haurrak une horretan duen mina hobekien azaltzen duen marrazkia aukeratu beharko du ⁽⁴¹⁾.



44. irudia. Wong-Bakerren aurpegien eskala.

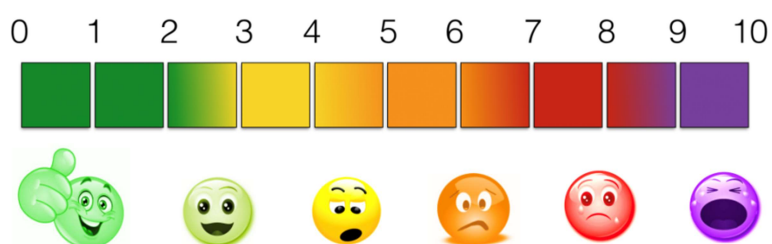
- Kolore eskala: beste eskala subjektiboetako bat da hau ere. Horretan aurretiaz zehaztutako kolore gama izango da oinarria, gehienetan kolore urdinetik hasi eta gorri bizira arte hedatzen dena. Haurrak gama horretako koloretako bat aukeratu beharko du pairatutako minaren intentsitatearen adierazle gisa. Gorri bizia min

jasanezinarekin bat etorriko da. Balorazio era hori baliagarria izango da haur txiki kolaboratzaileetan ⁽⁴¹⁾.



45. irudia. Kolore eskala, zenbakizko eskalarekin batera adierazia.

Pediatrian ez da arraroa izaten eskala bat baino gehiago erkatzen dituzten eskala konbinatuak erabiltzea, haurren ulermena eta parte hartzea errazte aldera.



46. irudia. Eskala konbinatuak.

Behin mina eta haren intentsitatea aztertuta, hari dagokion tratamendua ezarri beharko da. Aipatu beharra dago, minaren tratamenduan bi adar nagusi ezberdintzen direla, hala nola tratamendu farmakologikoa eta ez-farmakologikoa; azken hori sarri askotan ahaztua ^(41,61-63,65).

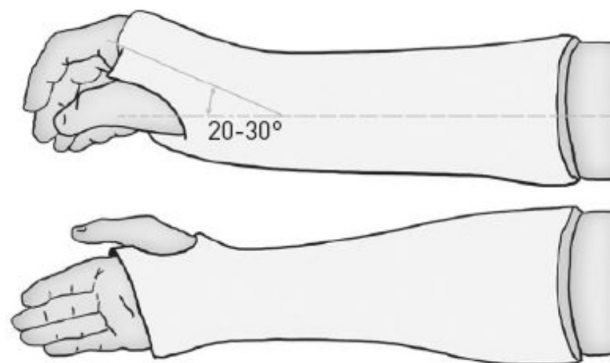
Minaren tratamendu farmakologikoari dagokionez, hainbat jarraibide edo kontsentsu gida ezagutzen dira; horien artean, Osasunaren Munduko Erakundearena (OME) nabarmenduz. Azken horren analgesia estrategiak honakoa du oinarri: 1) Mina arina den kasuetan, hanturaren aurkako sendagai ez-esteroideoak edo parasetamola hartzea gomendatzen da, gehienetan horiekin minaren kontrol ona lortzen delarik; 2) Intentsitate ertain edo larriko mina: paziente horien maneirako morfina edo fentaniloa bezalako farmako opioideak erabiltzea hobesten da.

Aurrekoaz gain, minaren tratamendu ez-farmakologikoa beharrezkoa izango da horren maneia ezin hobea izateko. Atal horretan haurrak minaz gain pairatzen dituen urduritasuna, antsietatea eta beldurra saihesten lagunduko duten neurriak hartzea gomendatzen da. Guraso edo senideak uneoro haurrarekin egotea eta adinaren araberako distrakzio elementuak (jostailuak, musika, irudiak...) erabiltzea daude neurri eraginkorrenen artean ^(61,66).

1.6.2. Immobilizazioa

Arestian aipatu bezala, traumatismoen maneian bi dira printzipio nagusiak, kaltetutako eremuaren mugimendua murriztea edo immobilizazioa bigarren puntua izaki. Immobilizazioaren helburua hautsitako hezurak parte hartzen duen giltzaduren mugimendu arku murriztea da, horrela haustura egonkortuz. Prozedura horrek, gainera, mina eta haustura fokuko odoljarria kontrolatzen lagunduko du, bai eta gerora gerta daitezkeen tokiko arazoak arintzen zein saihesten ^(5,9).

Lokomozio aparatuko lesioak immobilizatzeko era askotako benda eta teknikak erabiltzen dira. Eskainitako immobilizazio mailaren arabera bendaje konpresiboak, funtzionalak eta zurrinak bereizten dira. Hezur hausturen kasuan, egokiena da immobilizazio teknika zurrinak ezartzea, giltzaduraren edo haustura fokuari erabateko egonkortasuna lortzeko; horretarako, igeltsuzko eta beira zuntzeko bendak edo aluminiozko ferulak baliagarriak izanik ^(5,66). Tratatu beharreko eremuaren arabera izango da benda jartzeko teknika.



47. irudia. Eskumuturraren immobilizazio teknika igeltsuzko ferula erabiltzen den kasuetan ⁽⁵⁾.

Oro har, traumatismo gehien kasuan nahikoa izaten da orain arte hartutako analgesia eta immobilizazio neurriekin. Hala ere, jakin beharra dago, aurkikuntza kliniko batzuen aurrean tratamendu espezifiko ezarri behar dela. Esaterako, haustura irekietan jarrera terapeutikoa aldatu eta Gustilo eta Andersonen sailkapenaren arabera jardungo da ⁽⁵⁾. Odol hodi edo nerbioak kaltetzen diren kasuetan, ordea, urgentziazko tratamendu kirurgikoa beharrezkoa izango da. Bestalde, hezur zatien arteko lerrokatze asalduretan akatsok onargarriak diren ala ez aztertuko da; ezezkotan lerrokatzea egokia bilatzeko erredukzioa burutu behar da. Azken prozesu hori hausturaren ezaugarrien arabera era itxian edo irekian egingo da.



48 irudia. Haustura erradiokubital osoa, erredukzio aurreko eta osteko irudi erradiologikoak. Atze-aurreko eta alboko proiektzioak. Goiko irudiak: erradio eta kubituko haustura osoa. Beheko irudiak: haustura bera erredukzio itxia egin eta igeltsuzko ferula jarri ondoren.

2. EKOGRAFIAREN OINARRIAK

2.1. HISTORIA

Ekografiaren historia Pierre Curie fisikari frantsesak 1880. urtean piezoelektrizitatea aurkitu zuen unean hasten da. Izan ere, Curie doktoreak kuartzo kristalaren konpresioaren bidez potentzial elektrikoa sortzen zela azaldu zuen, fenomeno horri piezoelektrizitate izena emanez. Ondorengo urteetan, bere anaiaren laguntzaz, alderantzizko efektua ere gertatzen zela eman zuen ezagutzera, potentzial elektrikoaren eraginpean kristala deformatzen zela gehituz. Bi fenomeno horiek ultrasoinuen sorrerarako abiapuntu izan ziren.

Horrela bada, XIX. mendeko 80ko hamarkadatik aurrera maiztasun handiko soinu uhinak, hau da, ultrasoinuak, sortzen hasi ziren etengabe. Denbora gutxiren buruan ultrasoinuak hainbat esparru ezberdinetara zabaldu ziren, berebiziko garrantzia izanik industria arloan. Horrez gain, ultrasoinuak urperatutako objektuen detekziorako baliagarriak zirela ikusi zen. Hori dela eta, soinuok etsaien itsaspeko ontzien identifikaziorako erabili ziren Lehen eta Bigarren Mundu Gerran ^(67,68).

Efektu piezoelektrikoa deskribatu eta hirurogei urtera, hau da, 1940an, Floyd Firestone fisikari estatubatuarrek ekografia ultrasonikoko lehen gailua asmatu zuen, "*Reflectoscopio supersónico*" bezala ezagutu zena. Gailu horrek egitura solidoen barnean aurkitzen ziren akatsak antzematea ahalbidetzen zuen. Gerora, Firestoneren asmakizuna egungo ekografoak eraikitzeke oinarria izango zen ⁽⁶⁹⁾.

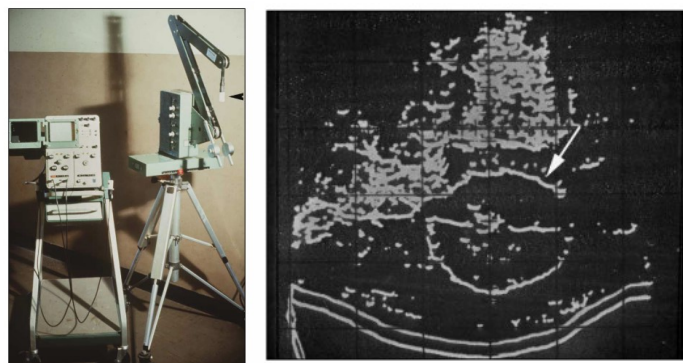


49. irudia. Floyd Firestoneren islapen ultrasonikoa edo "*reflectoscopio ultrasónico*" ⁽⁶⁹⁾.

Haatik, ultrasoinuak 1942. urtera arte ez ziren medikuntza arlora zabaldu. Urte horretan, Karl Theodoro Dussik neurologo eta psikiatra austriarrak lehen aldiz erabili zituen ultrasoinuak gaixoen ebaluaziorako. Garai hartan, Dussik doktorea garezurrean gertatutako ultrasoinuaren indargabetzea neurtuz garuneko bentrikuluak ikertzen saiatu zen, prozedura horrek garunaren hiperfonografia izena hartuz. 1949an, bestalde, George Ludwig medikuntzako irakasle estatubatuarrak kolelitiasia antzemateko ekografiari buruzko lana argitaratu zuen. Hurrengo urtean, 1950ean, John Julian Wildek ultrasoinuaren bidez giza hestearen lodiera neur zitekeela azaldu zuen. Horrez gain, Wildek ultrasoinuek liseri aparatuko tumoreak antzematea errazten zutela plazaratu zuen, horiek ultrasoinuekin X izpien bidez baino lehenago ikus zitezkeela gehituz ⁽⁷⁰⁾. Urte berean, Douglass Howry erradiologo estatubatuarrak pultsukako ekoetan oinarritutako eskaner ultrasonikoa garatu zuen. Ondoren, Howryk, Joseph Holmes nefrologo estatubatuarrarekin batera, balorazio modu konposatua sortuko zuen, zunda grafikoa mugikor bati esker posizio ezberdinetatik hainbat ultrasoinu izpi igortzen zirelarik egitura bererantz. Uhinak, aztergai zen ehunarekin kontaktua izan ostean, zunda grafikora bueltatzen ziren; eta, ostean, irudi bakar batean erregistratu eta integratu. Proba modu horrek, gainera, akasdun irudi edo ekoak ezabatzeko aukera ematen zuen. Horrela, eskaneatze konposatuak irudi hobeak lortzea ahalbidetu zuen, sonograma izenez ezagun egin zirenak ⁽⁷⁰⁻⁷²⁾.

1952an ekografia medikuntza arloan murgiltzen zuen lehen lan taldea sortu zen, *American Institute of Ultrasound in Medicine (AIUM)*.

Hurrengo urteetan, teknika ekografikoa mundu osoan zehar zabalduz joan zen; eta gaur egun ezagutzen diren ultrasonografia modu ezberdinak garatu ziren. A modua izan zen sortzen lehena, geroago B eta M moduak agertuz. 1960ko hamarkadan, ekografia tresna berria garatu zen B moduan jarduten duen kontaktuzko ultrasonografia makina izena jaso zuena. Tresna hori irudia adierazteko pantaila txiki batez eta transduktorea eusten zuen beso zurrun batez osatua zegoen. Gailu horrekin proiektatzen ziren irudiak B moduan adierazitako irudi estatikoak ziren ⁽⁷¹⁾.



50. irudia. 60ko hamarkadako ekografoa, beso finkoarekin eta B modu estatikoan egindako irudiekin. Cohen eta lankideen lanetik hartutako irudiak ⁽⁷¹⁾.

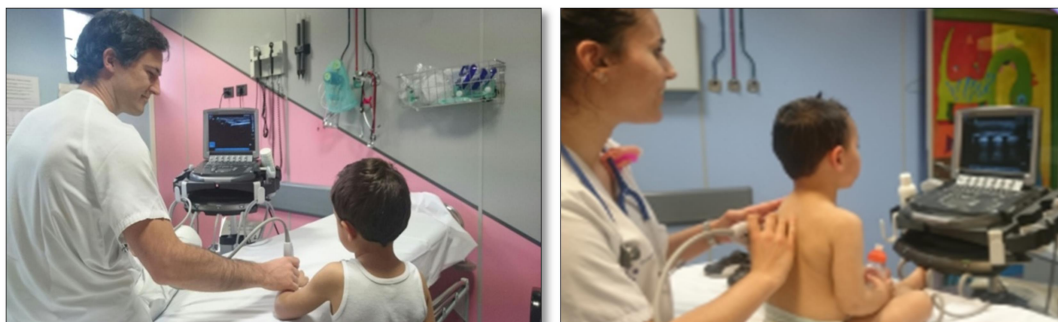
70eko hamarkadaren erdialdean balorazio ekografikoa denbora errealean burutzea ahalbidetzen zuten lehen gailuak sortu ziren. Hori zunda grafiko berrien garapenari esker gertatu zen; izan ere, aurrez aipatutako eskaneatzeko beso zurrunaren beharrik ez zuten zundak sortu ziren. Berrikuntza horrekin gorputzaren eremuak hainbat angelu eta planotatik era azkarrean aztertzeko gaitasuna lortu zen, bai eta egiturak denbora errealean aztertzekoa ere ⁽⁷¹⁾.



51. irudia. Transduktore askedun ekografoa ⁽⁷¹⁾.

Horrenbestez, irudi azterketa mota horrek eskaintzen zituen abantailak ikusirik, ekografia pixkanaka-pixkanaka erradiodiagnostikorako erabilitako proben artean txertatuz joan zen. Hasiera batean erradiodiagnostikoan espezializatutako medikuek baino ez zuten erabiltzen ultrasonografia beraien eguneroko jardunean. Urteak igaro ahala, ekografiaren erabilera eremuak zabaldu ziren eta hori ezinbesteko proba kliniko bihurtu zen beste zenbait espezialitate medikotan, hala nola Kardiologian eta Obstetrizian. Gaur egun, arlo horietan ekografoaren laguntza gabe lan egitea pentsaezina da.

90eko hamarkadatik aurrera, ekografia alorreko aurrerapenak materialaren hobekuntzan oinarritu ziren. Softwareari dagokionez, berritasun teknikoak agertu ziren, hala nola frekuentzia harmonikoak edo foku puntu kontrolatuak zituzten zunda grafikoak. Horiei esker, irudi sonografikoaren kalitatea eta irudiak sortzeko zein ebaluatzeko abiadura hobetu ziren. Bestalde, gailu trinkoagoak garatu ziren, leku batetik bestera zailtasunik gabe mugitzeko aukera ematen zutenak ⁽⁷²⁾. Berrikuntza guzti horien osteko gailu berriak profesional askorentzat erakargarri bihurtu ziren. Apurka apurka ekografiak beraien eguneroko lanean izan zezakeen lekua aztertzen hasi ziren, *Point of care ultrasound (POCUS)*, ekografia klinikoa edo pazientearen ohe oinean burututako ekografia kontzeptua agertuz ^(68,70,71).



52. irudia. Ekografia klinikoa: pazientearen ohe oinean burututako ekografia.

Azken aurrerakuntzen ostean, esan bezala, ekografia klinikoaren ikerketa eremua modu esponontzialean zabaltzen hasi zen, bai eta horren inguruan argitaratutako artikulak ere. Testuinguru horretan, 2004an, *American Institute of Ultrasound in Medicine* antolatutako ultrasonografiari buruzko hitzaldian, "ultrasoinuzko estetoskopioa" kontzeptua aipatu zen lehen aldiz, ekografia klinikoa teoria hutsa izatetik errealitatea izatera pasatzen ari zela adieraziz. Azken hamarkadan hainbat adituk ekografia klinikoa "XXI. mendeko estetoskopio" izendatu dute ⁽⁶⁸⁾.

2.2. EKOGRAFIAREN OINARRI FISIKOAK

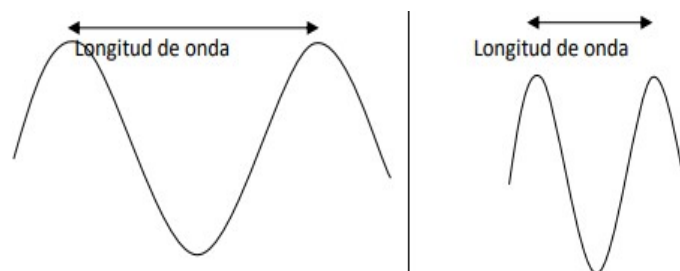
Ekografia ultrasoinuen erabileran oinarritutako irudi teknika da. Proba hori behar bezala erabili eta interpretatu ahal izateko komeni da soinuaren oinarrizko printzipioak ezagutzea. Jarraian kontzeptu ezanguratsuenetakoak azalduko dira.

2.2.1. SOINUA

Fisikan soinua luzetarako uhin mekaniko bezala definitzen da; mekaniko, bere propietate elastikoak aprobeztatuz ingurugiroan zehar hedatzen den mugimendu bibratorioa delako; eta luzetarako, bibrazioaren norabidea hedapenarekiko paraleloa delako ^(56,58,59,73).

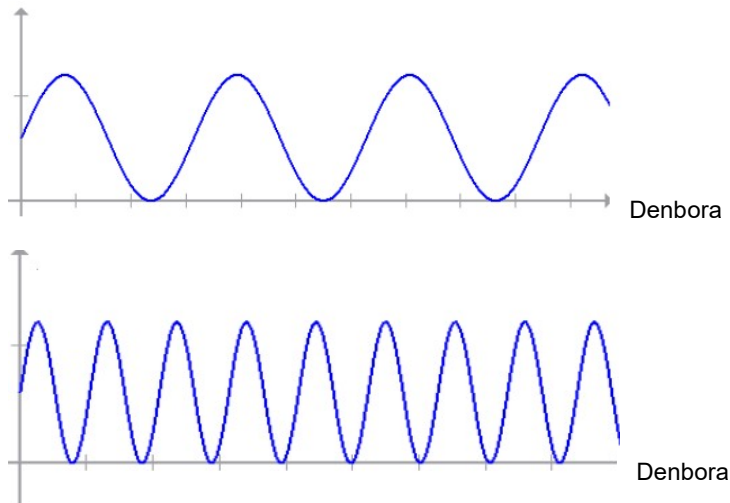
Hurrengo lerroetan soinuhinaren ezaugarriak laburbiltzen dira:

- Luzera (λ): uhinaren tamaina adierazten duen parametro fisikoa da. Ondoz ondoko bi gailurren edo ziklo oso baten arteko distantziari egiten dio erreferentzia, eta neurketa unitatea milimetra (mm) da. Luzera horren balioa uhinaren hedapen abiadura eta horren maiztasunaren arteko zatiketa eginez lortzen da.



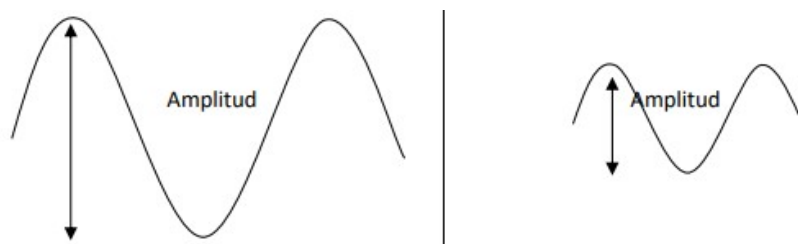
53. irudia. Uhin luzeraren adierazpena ⁽⁵⁸⁾.

- Zikloa: uhin lerroaren bi puntu berdinen arteko uhin zatia da.
- Maiztasuna: denbora unitate bakoitzeko ziklo kopurua adierazten du, eta uhin luzeraren alderantzizko parametroa da. Nazioarteko unitate sisteman maiztasun unitatea Hertzioa (Hz) da, eta hertzio bat ziklo/segundu baten baliokidea da. Uhin baten maiztasuna iturri igorlearen eta hedatzen den ingurunearen arabera da.



54. irudia. Uhin maiztasuna. Goiko irudia: maiztasuna baxuko uhina. Beheko irudia: maiztasun altukoa ⁽⁵⁸⁾.

- Amplitudea: uhin batek hartutako gehienezko altuera da, soinuaren intentsitatearen adierazle dena. Uhinaren amplitudea dezibeliotan (dB) neurtzen da.

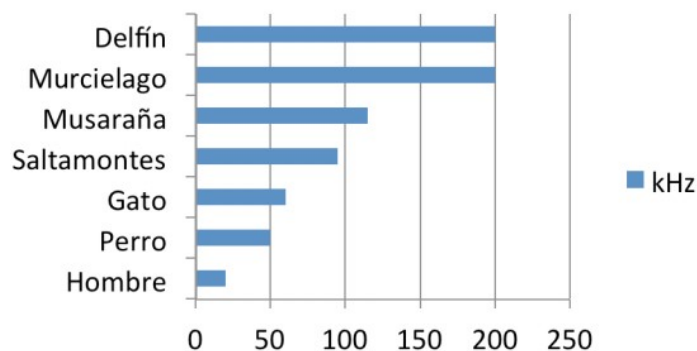


55. irudia. Soinu uhinaren amplitudea ⁽⁵⁸⁾.

- Hedapen abiadura: soinuak ingurune batean daraman abiadura da eta ingurune horren ezaugarriek baldintzatuko dute. Konprimagarritasuna da soinuaren hedapen abiaduran eragin handienetakoa duen aldagaia; eta hori ehuna osatzen duten molekulen arteko loturen araberakoa da. Ingurune solidoak lotura estuz eratuak daude eta horien konprimagarritasuna txikia da. Bestalde, ingurune gaseosoak lotura erabat laxoz osatuak daude, horien konprimagarritasuna handia da. Hedapen abiadura ehunen konprimagarritasunarekiko alderantziz proportzionala da. Horren adibide, ehun bigunen batez bestekoa hedapen abiadura 1540 m/s da; eta aireana, berriz, 330 m/s.

2.2.2. ULTRASOINUA

Ultrasoinua bere maiztasun handiagatik gizakiak antzeman ezin duen soinua da. Giza belarriak gehienez 20.000 ziklo/segunduko (20 KHz) maiztasuna duten soinuak antzemateko gaitasuna du; eta, beraz, hori baino maiztasun handiagoko soinuak ultrasoinu izenez ezagutzen dira ^(56,74,75). Gizakiaren entzumen gaitasuna, 56. irudian ikus daitekeen moduan, animalia askorena baino urriagoa da.



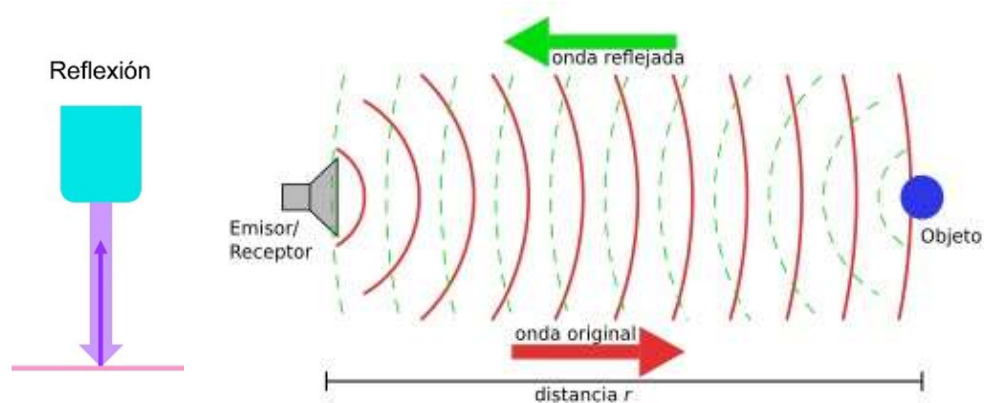
56. irudia. Gizakiaren eta zenbait animaliairen entzumen gaitasunen alderaketa ⁽⁷³⁾.

Ultrasoinuaren eta ehunen arteko elkarrekintza

Azterketa ekografikoaren helburua eremu jakin bati buruzko informazioa biltzea da. Horretarako, aztertu nahi den eremura ultrasoinu sortak igorri eta horiek ehunekin izandako interakzio ezberdinak ikertuko dira. Izan ere, ultrasoinuak ehun ezberdinetatik hedatzen diren heinean aldaketa fisikoak pairatzen dituzte. Fenomeno horietako bakoitza ezagutu eta ulertzea komeni da lortutako irudi ekografikoaren interpretazio egokia egiteko. Jarraian, soinu uhinen eta aztertutako eremuaren arteko elkarrekintza mota nagusiak azalduko dira ^(56,58,73,75).

• **Islapena**

Islapena da ultrasoinu sortak hedapen abiadura desberdineko bi ingurune mugatzen dituen interfasearekin topo egitean pairatzen duen uhin banaketa berezia. Oro har, ultrasoinu sorta zati bat islatu eta iturri igorlerra itzuliko da; gainerakoa, berriz, ehunetan zehar hedatuz joango da hurrengo interfaseetaraino. Islatutako ultrasoinu sortak "eko" izena hartuko du. Eko hori sortun eta antzematean oinarritzen da ekografia ^(56,58,73).



57. irudia. Ultrasoinuaren islapen fenomenoaren (73).

Ultrasoinuaren islapen maila edo horren intentsitatea ehun desberdinek osatutako interfaseen inpedantzia akustikoaren arabera da; zehatzago esanda, horrekiko proportzionala. Inpedantzia akustikoa da ehun jakin batek ultrasoinua igarotzeri egiten dion erresistentzia; eta uhinak ehunean duen hedapen abiadura eta ehun horren dentsitatea biderkatuz kalkulatu daiteke (56). Giza ehunen inpedantzia akustikoa zehazten duten aldagaiak biltzen dira 3. taulan.

Uhinaren hedapen abiadura eta ehunen dentsitate unitateak		
Ehuna	Hedapen abiadura (m/s)	Dentsitatea (g/cm ³)
Gantza	1470	0,97
Muskulua	1568	1,04
Gibela	1540	1,05
Garuna	1530	1,02
Hezur kortikala	3600	1,73
Ura	1492	0,99
Airea	332	0,01

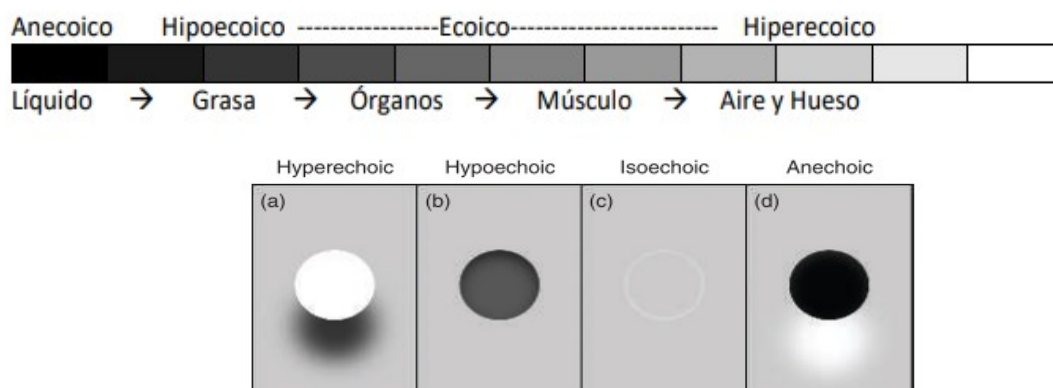
3. taula. Soinuaren hedapen abiadura eta ehunen dentsitatea

Hurrengo taulan ehun desberdinek osatutako interfaseak eta horien inpedantzia ezberdintasunen arabera uhinaren islapen maila adierazten dira (59).

Islapen intentsitatea	
Interfasea	Islapen maila
Ehun bigunak/airea	% 99
Gantza/hezurra	% 50
Gantza/muskulua	% 1.1
Gantza/erraiak	% 0.6
Ehun bigunak/ura	% 0.2

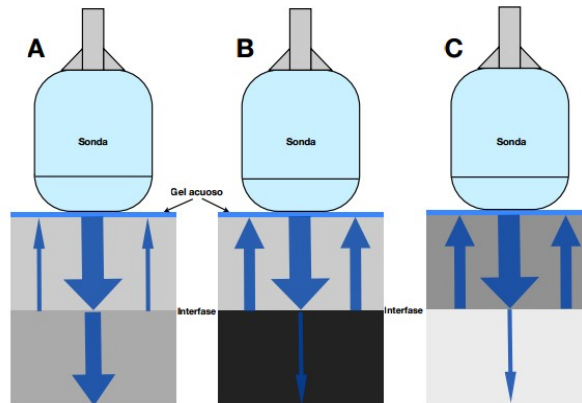
4. taula. Islapen maila inplikaturako interfaseen arabera.

Islapenaren intentsitatea, ekografian, gris eskalaren bidez adierazten da; eta hartutako kolore tonalitatearen arabera irudiak anekoiko, hipokoiko eta hiperekoiko gisa sailkatzen dira ^(56,59,76).

58. irudia. Islapen intentsitatearen arabeko tonalitateak eta hizkera ekografikoa ⁽⁵⁸⁾.

- Irudi anekoikoa: bi ehunek inpedantzia akustiko bera dutenean ultrasoinu sortak ez du islapen fenomenorik paraitzen, eta interfaseak ez du oihartzunik edo ekorik sortzen. Kasu horietan, lortutako irudia beltza edo anekoikoa da.
- Irudi hipokoikoa: ehunen arteko inpedantzia aldea txikia bada oihartzun ahula sortzen da, eta uhin gehienek ehunetatik hedatzen jarraituko dute. Hala, tonalitate gris ilun edo hipoekokoko irudia lortzen da. Gertaera hori, adibidez, antzeko inpedantzia akustikoak dituzten muskulua eta gibela bezalako egiturak baloratzean ikus daiteke.
- Irudi hiperekoikoa: inpedantzien arteko ezberdintasuna handia denean, hala nola muskulua eta hezur kortikalaren kasuan, lortutako ekoa handia izaten da. Egoera horretan, irudia tonalitate gris argi edo zuriaz marraztuko da, eta irudiak hiperekoikoa

izena hartuko du. Inpedantzien arteko aldea oso handia bada, ehun bigun eta airearen artekoa esaterako, lortutako ekoa ia erabatekoa izango da.

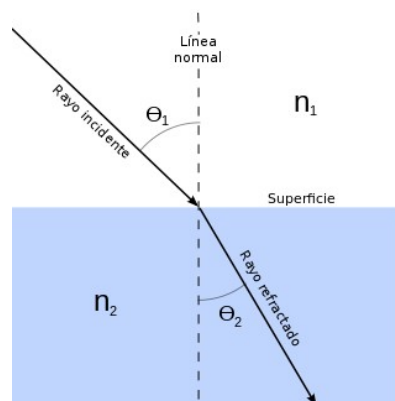


59. irudia. Inpedantzia akustikoa.

Ultrasoinuen islapenean ehunen inpedantziak gain, soinu uhinak interfasearekin topo egitean sortutako angelua ere aintzat hartu behar da ⁽⁵⁶⁾. Gehienezko islapena lortuko da ultrasoinuak interfasearekiko perpendikularki proiektatzen direnean, ultrasoinuak bestelako angelu batekin eragitean errefrakzioa fenomeno gertatuko da eta.

• Errefrakzioa

Errefrakzio gisa ezagutzen da uhin batek indize errefraktibo desberdineko ingurune batetik bestera pasatzean jasaten duen norabide eta abiadura aldaketa. Fenomeno hori ultrasoinu sortak interfaseari zeharka eragiten dionean soilik gertatzen da ^(56,58,59,73,76).



60. irudia. Soinu uhinaren errefrakzio fenomeno.

Uhin baten errefrakzio maila bi aldagai hauen arabera da:

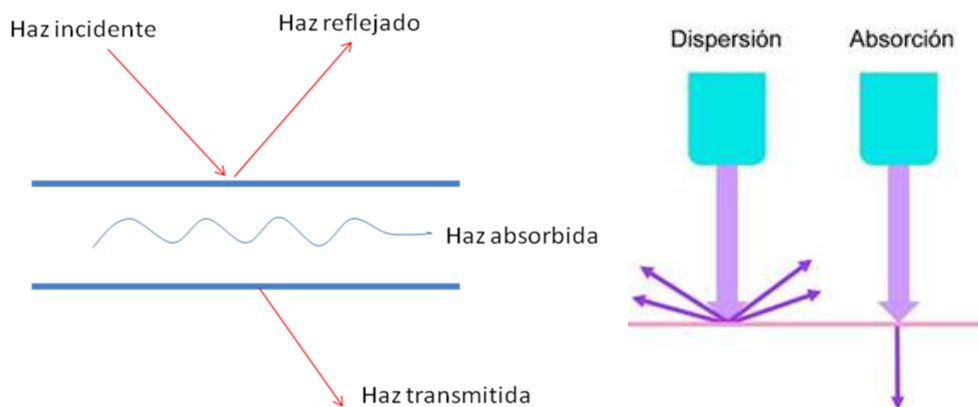
- Inpedantzia akustikoa: uhinaren errefrakzio maila interfasea osatzen duten ehunen inpedantzia akustikoen ezberdintasunarekiko proportzionala da. Horrela, zenbat eta inpedantzia ezberdintasun handiago izan, orduan eta handiagoa da uhin sortaren errefrakzio maila.
- Intzidentzia angelua: izen honekin ezagutzen da ultrasoinu sortaren ibilbidearen eta interfasearekiko perpendikularra den lerroaren artean sortutako angelua. Intzidentzia angeluaren balioa errefrakzio mailarekiko alderantziz proportzionala da; beraz, zenbat eta intzidentzia angelu txikiagoa izan, orduan eta handiagoa da ultrasoinu sortak jasango duen errefrakzioa.

Errefrakzio fenomenoak konplexutasuna gehitzen dio irudi ekografikoaren interpretazioari; izan ere, lortutako irudia ez bat etorriko ultrasoinu sortaren jatorrizko norabidearekin. Horrela, lortutako irudian objektu edo ehunaren benetako kokapena aldatua ikusiko da ⁽⁵⁶⁾.

• **Indargabetzea**

Indargabetze terminoak egiten dio erreferentzia soinuaren intentsitatea pixkanakako gutxitzeari. Uhin baten indargabetze fenomenoak islapena eta erreflexio bezalako prozesuen emaitza da. Bi horietaz gain, sakabanaketa eta xurgapen mekanismoek ere eragina izango dute.

- Uhinaren sakabanaketa: uhin sorta gainazal txiki eta irregular batekin aurkitzean sortutako ekoa norabide anitzetan islatzen da; fenomeno horrek sakabanaketa izena hartuz.
- Xurgapena: ultrasoinu sortak ehunekin elkarreragitean aipatutako uhinaren energia ehunak xurgatu eta bero bihurtuko da. Uhinaren maiztasuna da xurgapenean eragin nagusia duen parametro fisikoa, xurgapen maila horrekiko proportzionala izango baita. Horrela, zenbat eta uhin maiztasun handiagoa izan orduan eta handiagoa izango da ehunen xurgapen maila.



61. irudia. Indargabetze fenomenoak.

Era berean, uhinaren sarkortasuna horren xurgapenarekin hertsiki erlazionatutako magnitudea dira, bi fenomeno horiek ere alderantziz proportzionalak dira. Beraz, uhinaren maiztasuna eta xurgapena elkarrekiko proportzionalak dira, eta sarkortasuna horiekiko alderantzizkoa.

Maiztasuna (MHz)	Uhinaren luzera (mm)	Sarkortasuna (zm)	Albo berizmena (mm)	Bereizmen axiala (mm)
2	0,78	25	3	0,8
3,5	0,44	14	1,7	0,5
5	0,31	10	1,2	0,35
7,5	0,21	6,7	0,8	0,25
10	0,16	5	0,6	0,2
15	0,1	3,3	0,4	0,15

5. taula. Uhin maiztasunaren eta sarkortasunaren arteko erlazioa.

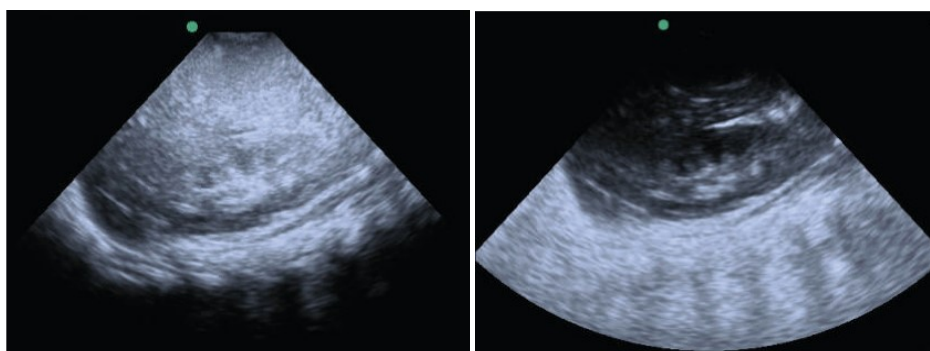
Maiztasunaren, xurgapenaren eta sarkortasunaren arteko erlazio hori ulertzea ezinbestekoa da ekografia behar bezala erabiltzeko; izan ere, aztertu beharreko egituraren kokapenaren arabera, zunda grafiko bat edo beste aukeratu da. Horrela, oro har, gainazaleko ehunak ikuskatzeko uhin maiztasun handiko zundak erabiliko dira, eta ehun sakonetarako berriz, maiztasun txikikoak ^(56,58,59,73).

	Frecuencia (MHz)	Penetración (cm)	Calidad/definición de imagen	Utilidad
Alta frecuencia	> 5	< 5	Alta	Estructuras superficiales: vasos, músculos
Baja frecuencia	1-5	> 5	Baja	Órganos profundos: tórax, abdomen

62. irudia. Maiztasunaren arabeko zunda grafikoaren aukeraketa ⁽⁵⁸⁾.

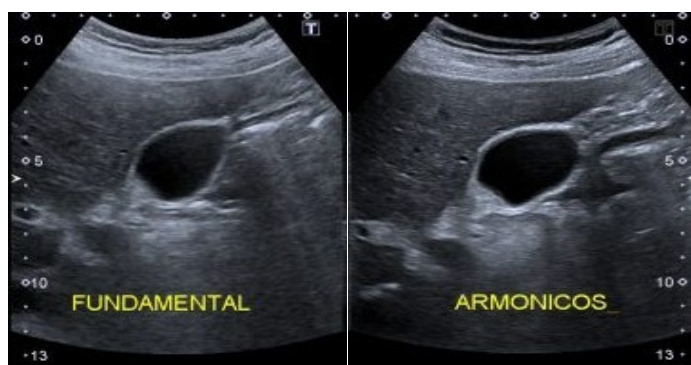
Indargabetzeari dagokionez, jakin beharra dago gaur egungo ekografia gailuek fenomeno hori saihesteko anplifikazio tresnak dituztela, horien artean ezagunenak denboran zeharreko irabazi galeraren konpentsazioa eta maiztasun harmonikoak dira ^(56,73,76).

- Denboran zeharreko irabazi galeraren konpentsazioa (ingelesezko *time gain compensation*): teknika honen bidez ekoak jatorrizko sakotasunarekiko proportzionalki anplifikatzen dira. Horretarako, ekografia gailuak islatutako uhinak zunda grafikoraino iristeko behar duen denbora hartuko du oinarritzat. Mekanismo horrek duen desabantaila nagusia da eko guztiak anplifikatzen dituela da, bai eta artefaktuek eragindakoak ere. Oro har, gomendatzen da ahal eta konpentsazio txikienarekin lan egitea ⁽⁵⁶⁾.



63. irudia. Irabazi galeraren konpentsazioa denboran. Ezkerrean: irudi erreal. Eskuinean: irudi bera irabazi galeraren konpentsazioa teknikarekin ⁽⁷⁶⁾.

- Maiztasun harmonikoak: ultrasoinuak ehunarekin elkartzean uhin horien maiztasunaren handitzea gertatzen da, hasierako uhin maiztasunaren multiploak sortuz, hau da, maiztasun harmonikoak. Teknika horren teknikaren bidez igorritako uhinen maiztasunaren multiploak soilik aztertzen dira, balio horretara iristen ez diren uhinak baztertuz. Esan bezala, maiztasun handitze hori ehunekin kontaktuan baino ez da gertatzen; eta, beraz, artefaktuen islapenari dagozkien irudiak ezabatu egiten dira ⁽⁵⁶⁾.

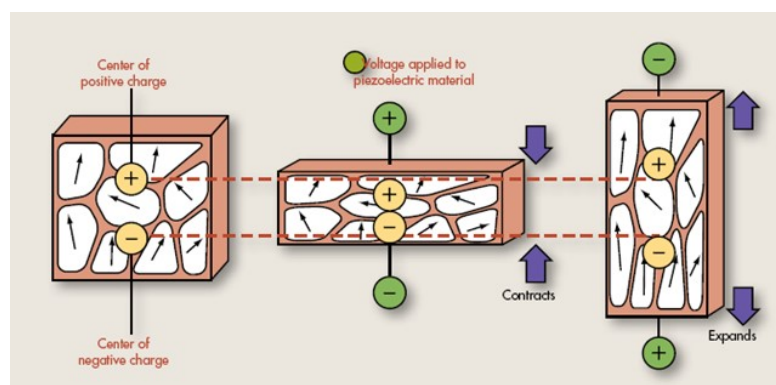


64. irudia. Maiztasun harmonikoak. Doniger eta lankideen lanetik hartua ⁽⁷⁶⁾.

2.2.3. IRUDI EKOGRAFIKOAREN ERAKETA

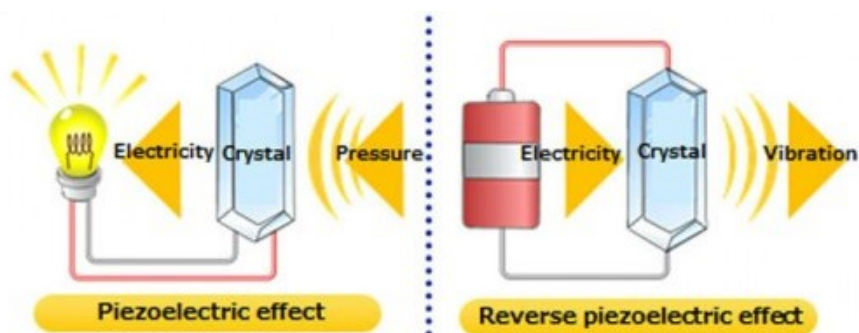
Hurrengo lerroetan irudi ekografikoaren eraketa prozesua azalduko da. Horretarako, oinarritzkoak diren ondorengo bi kontzeptu hauek ezagutu behar dira:

- Efektu piezoelektrikoa: XIX. mendearen amaieran Pierre Curie fisikariak deskribatutako fenomeno naturala da. Zehazki, deformazio mekanikoaren ondorioz kristalaren kanpoko azal edo geruzan karga elektrikoa eratzean datza. Fenomeno hori naturan aurki daitezkeen zenbait kristaletan ikus daiteke, kuartzoan esaterako (68).



65. irudia. Efektu piezoelektrikoa.

- Alderantzizko efektu piezoelektrikoa: kristal baten gainean karga elektrikoa ezartzean datza, horrek egitura molekularren deformazio mekanikoa eraginez. Kristala txandakako korrante elektrikopean jarritz gero, materialak oszilazio deformatzailea jasango du, eta korrante hori partikula batetik bestera uhin bibratorio bezala transmitituko da ultrasoinua sortuz.

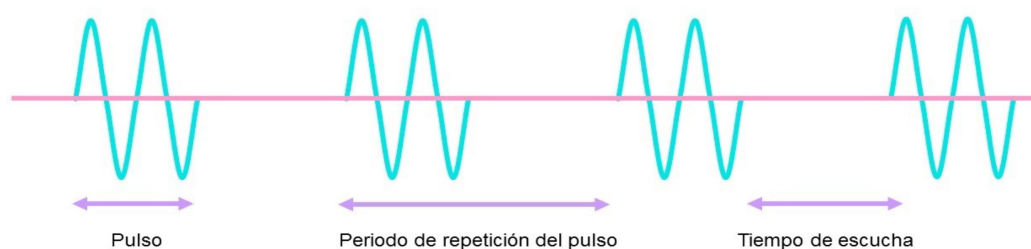


66. irudia. Efektu piezoelektrikoa eta alderantzizko efektu piezoelektrikoa.

Aurrez aipatutako propietate piezoelektrikodun kristal horiek ekografia gailuetan transduttore edo zunda grafikoa kokatzen dira, eta ultrasoinuaren eta irudi ekografikoaren sorreran berebiziko garrantzia dute.

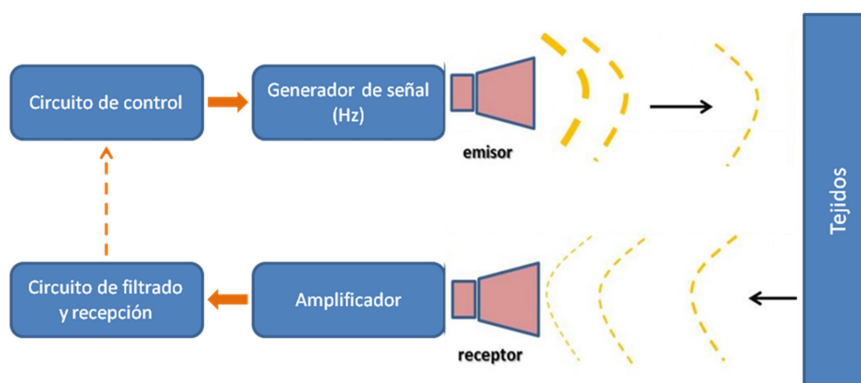
- **Irudi ekografikoa**

Irudi ekografikoa eratzeko beharrezkoa da zunda grafikoko propietate piezoelektrikodun kristalengan eragingo duen pultsukako korrante elektrikoa sortzea. Han, alderantzizko efektu piezoelektrikoari esker, korrante elektrikoko pultsuak ultrasoinu sorta bihurtuko dira eta, ostean, ehunetara igorri. Ultrasoinuek ehun desberdinekin elkarreragingo dute horien interfaseen arabera islapena emanez. Eko edo islatutako uhinak zunda grafikoko kristaletan jasoko dira berriz ere. Horrela bada, erabilitako korrante elektrikoa txandakakoa edo pultsukakoa izatea beharrezkoa da, islatutako uhinak jasotzeko atsedenaldi edo entzute aldia behar baita. Beraz, aldi horren iraupena ultrasoinu sorta sakontasun jakin batera iritzi eta handik eko gisa transdutorera itzultzeko adinakoa izan behar da ^(56,58,73,76).



67. irudia. Pultsukako korrante elektrikoa eta entzute aldia ⁽⁷⁶⁾.

Islatutako uhinak zunda grafikora itzultzean propietate piezoelektrikoko kristalak deformatuko dituzte, seinale elektrikoa sortuz. Seinale hori prozesamendu unitateak aztertuko du, eta monitorean adieraziko da aukeratutako ekografia moduaren arabera.



68. irudia. Irudi ekografikoaren eraketa.

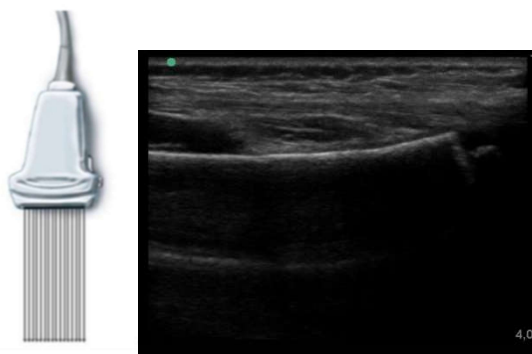
- **Zunda grafiko motak**

Zunda grafiko ezberdinak ezagutzen dira beraien osagaien eta, batez ere, ezaugarri piezoelektrikoak dituzten kristalen antolaketaren arabera. Jarraian, gehien erabilitako zunda moten ezaugarri bereizgarriak zehaztuko dira.



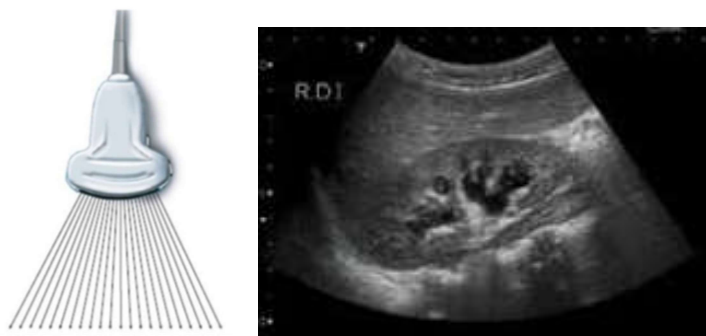
69. irudia. Zunda grafiko motak: sektoriala, konbexua eta lineala (ezkerretik eskuinera).

- Zunda lineala: kristalen antolaketa lineala edo lerrokakoa da zunda mota honetan, eta horrek irudiari lauki zuzen forma ematen dio. Oro har, zunda horiek uhin maiztasun altuak eskaintzen dituzte (7,5-13 MHz); eta, beraz, gainazaleko egiturak aztertzeko erabiliko dira. Adibidez, muskuluak eta tendoiak behatzeko erabiliko dira zunda horiek.



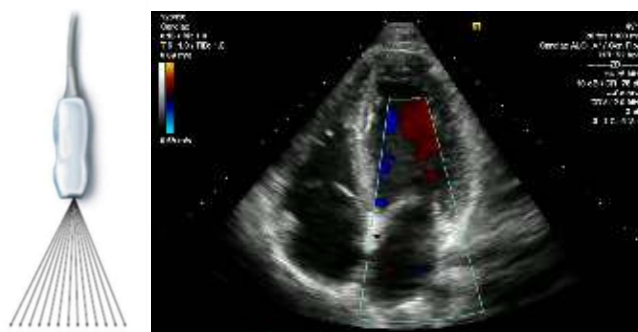
70. irudia. Zunda lineala. Erradioaren urruneko herenaren irudi ekografikoa.

- Zunda konbexua: arestian aipatutako zundaren aldaera da, kristalen kokapena kurbatua izatea du berezitasun; eta trapezio formako irudia eskaintzen du. Transduttore mota horren abantaila nagusia da gorputzaren azaleretara oso ondo egokitzen dela; horrela, sabelaldea miatzeko aukerako zunda baliagarrienetakoa dugu. Lan maiztasuna 3,5 eta 5 MHz artekoa izan ohi da, horrekin egitura sakonak egokiro aztertuko dira.



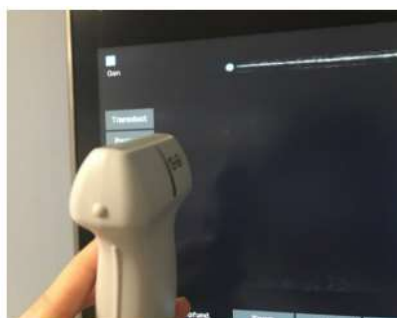
71. irudia. Zunda konbexua. Giltzurrunari dagokion irudi ekografikoa.

- Zunda sektoriala: zuntz dibergenteak igortzen dituen zunda txikia da. Transduttore horrekin abaniko antzerako irudia lortzen da, hau da, estua bere jatorrian eta zabalagoa sakoneran. Zunda horien abantaila nagusia da kontaktu azalera txikiarekin eskaneatze angelu zabala lortzen dela. Oro har, egitura sakonak ikusteko erabiliko da, eta bereziki baliagarria da balorazio kardiologikorako.



72. irudia. Zunda sektoriala. Lau ganberako plano kardiologikoa.

Zunda grafiko gehienek kokxa edo puntu gidaria dute alboetako batean. Kokxa hori ekografoaren pantailan adierazitako beste puntu batekin erlazionatua dago, zeina, eskuarki, goi ezkerreko aldean kokatuko den. Bi puntu horiek erreferentzia izango dira irudia interpretatzeko orduan, zundaren orientazioa adieraziko dute eta ⁽⁷⁷⁾.



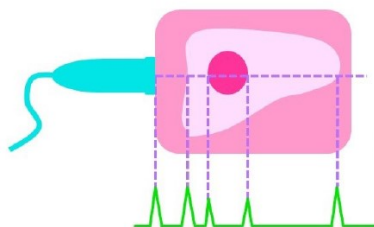
73. irudia. Zunda grafikoaren kokxa eta ekografoaren pantailan haren adierazle den puntua.

- **Ekografia moduak**

Ekografia moduak aztertutako ehunetatik jasotako informazio pantaila ekografikoan adierazteko era desberdinak dira. Honako hauek dira ekografia modua ezagunenak:

- A modua

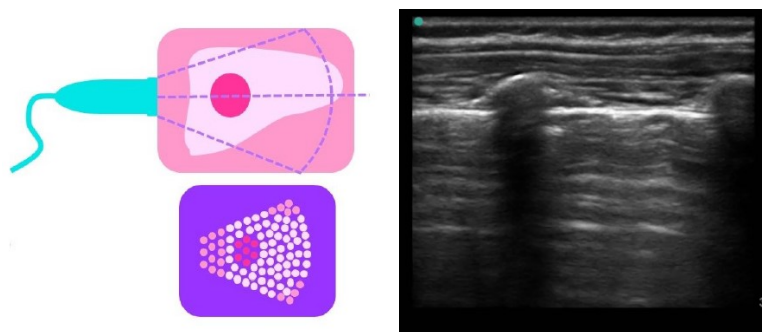
Gaur egun erabilera oso mugatua duen arren, lehenengo sortu zen modalitate ekografikoa da A modua. Aztertu beharreko egituraren kokapenari eta sakontasunari buruzko dimentsio bakarreko informazioa eskaintzen du. Informazio hori islatutako ultrasoinuak sortutako korrante elektrikoaren tentsioarekiko proportzionala den espikula bertikalen bidez adierazten da ^(56,73).



74. irudia. A modu ekografikoa, Borrego eta lankideen lanetik hartua ⁽⁵⁸⁾.

- Bi dimentsioko modua edo B modua

Izenak adierazi bezala, aztertutako eremuaren bi dimentsiotako irudia eskaintzen duen modalitatea ekografikoa da hau. Kasu horretan, jasotako informazioa islatutako ultrasoinuaren anplitudearen arabera gris eskalako puntu edo lerro gisa adieraziko da. Uhinaren anplitudea zenbat eta handiagoa izan, irudia orduan eta tonalitate argiagoz edo zuriagoz koloreztatzen da, eta alderantziz. Lortutako irudia une zehatz batekoa da, hau da, estatikoa ^(56,59,73).

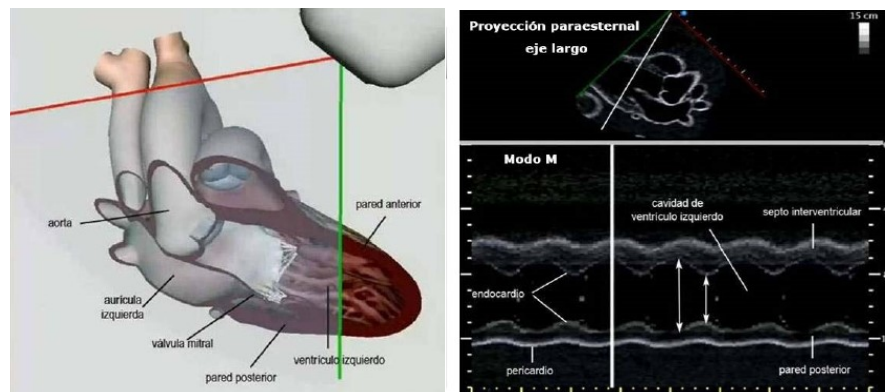


75. irudia. B modua. Birikaren irudi ekografikoa ⁽⁵⁸⁾.

Modalitate horrekin lortutako irudiak estatikoak badira ere, denbora unitateko ultrasoinu lerro kopuru handia igorritz gero, giza begiak irudiak dinamiko bezala ulertuko ditu. Azken horri, B modu dinamikoa edo irudiak denbora errealean bistaratzea deritzo; eta, gaur egun, praktika klinikoan gehien erabilitako ekografia modua da.

○ Mugimendu modua edo M modua

Modalitate honek ultrasoinu sortak denbora tarte jakin batean pairatutako aldaketak ikertuko ditu; eta horrek eremu jakin bateko egituren denboran zeharreko mugimenduak irudikatzea ahalbidetuko du. Horretarako, bi dimentsiotako modalitatea hartuko da abiapuntutzat; eta ondoren, modu horretako ultrasoinu izpi jakin bat hautatu eta ultrasoinu horrekin denbora lerro batean gertatutakoa behatuko da ^(56,59,73,76). Teknika hori, funtsean, bihotz barrunbeak behatzeko eta miokardioaren uzkurgarritasuna neurtzeko erabiltzen da. Haatik, biriketako patologia aztertzeko ere baliagarria da, batez ere pneumotoraxaren susmoa dagoen kasuetan.



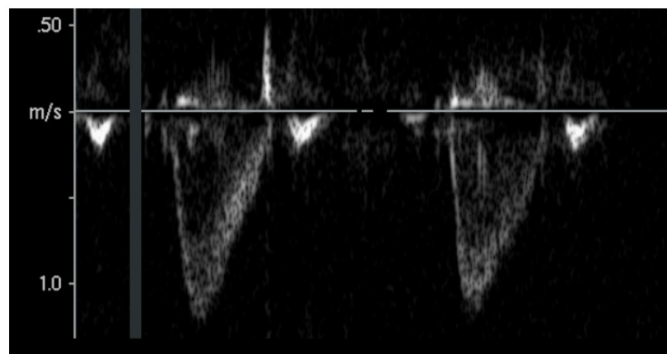
76. irudia. M modu ekografikoa. Miokardioaren uzkurgarritasunaren azterketa.

○ Doppler modua

Miaketa modu honetan ultrasoinuaren maiztasun aldaketak aztertuko dira, zehatzago esanda, ultrasoinuak mugimenduan dauden interfase ezberdinekin kontaktatzerakoan jasaten dituen maiztasun aldaketak ^(56,59,73). Uhin maiztasun aldaketa hori mugitutako egituraren araberakoa izango da: egitura zunda grafikorantz gerturatzen den kasuetan uhin maiztasuna handiagotuko da, eta urruntzean gutxiagotu. Maiztasun aldaketa horiek, Doppler maiztasun bezala ezagutuak,

mugitutako ehunaren abiadurarekin erlazionatuko dira. Hori horrela, ekografia gailua egitura horren abiadura kalkulatzeko gai da ⁽⁵⁹⁾.

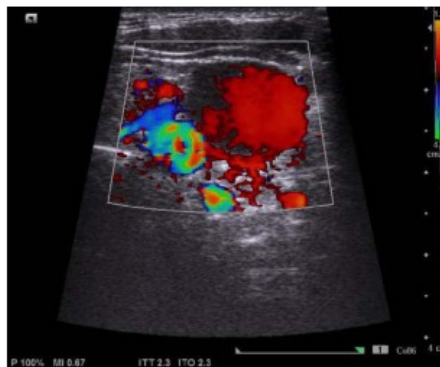
Azterketa eremuko interfase bakoitzetik lortutako datuak analisi espektralaren bidez integratu eta algoritmo matematiko bat erabiliz grafiko edo kurba batean irudikatuko dira. Kurba horretako ardatz bertikala abiadurari dagokio, horizontala denborari eta grisen eskalako tonalitatea aztertutako osagai bakoitzaren potentziari. Gauzak errazte aldera, transduntorera hurbiltzen diren fluxuen seinaleak espektoaren oinarri lerroaren goialdean irudikatuko dira, urruntzen direnenak, berriz, lerro horren azpitik ⁽⁵⁶⁾.



77. irudia. Doppler modua, Borrego eta lankideen arabera ⁽⁵⁸⁾.

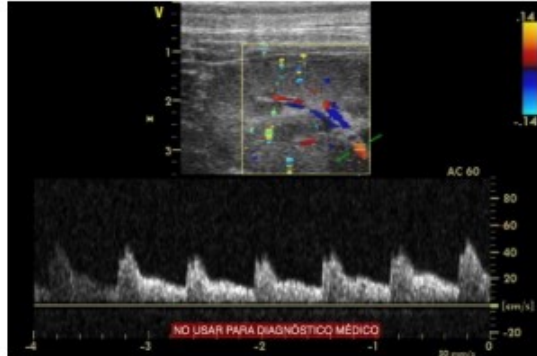
Hurrengo lerroetan Doppler moduaren aldaera batzuk azalduko dira labur:

- *Doppler kolorea*: modalitate honetan, aurrez definitutako eskala bateko kolorea esleitzen zaio fluxuari. Kolore jakin bat ezartzerako orduan, fluxuaren abiadura eta transduntorearekiko noranzkoa hartuko dira aintzat. Kolore gorria jasoko dute zunda grafikora hurbiltzen diren fluxuek, eta urdina horretatik urruntzen direnek. Irudi hori B moduaren edo bi dimentsiotako irudiaren gainean sortuko da ^(56,76).



78. irudia. Doppler kolorea. Borrego eta lankideen lanetik hartua ⁽⁵⁸⁾.

- *Doppler keinukaria edo pultsukakoa*: doppler azpimodalitate honetan irudi bidimentsionalaren puntu zehatz batean dagoen fluxuaren abiadura aldaketak neurtzen dira denboran zehar. Aukeratutako puntua aztertu nahi den fluxuarekin bat etor dadin insonazio angelua zuzendu behar da ⁽⁵⁹⁾.



79. irudia. Doppler keinukariaren irudi ekografikoa ⁽⁵⁸⁾.

- *Doppler jarraitua*: abiadura handiko fluxuak neurtzeko erabiliko da. Horretarako, pultsu uhinak igorri beharrean, ultrasoinu sortak etengabe bidaliko dira; eta horrela, neurketa ultrasoinuaren ibilbide osoan burutuko da; ez puntu bakar batean ⁽⁵⁹⁾.

2.2.4. IRUDI EKOGRAFIKOAREN INTERPRETAZIOA

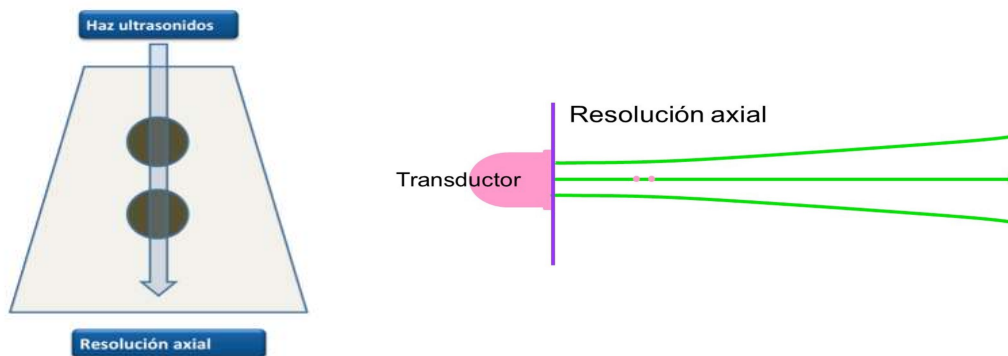
Irudi ekografikoa osatu ondoren hori baloratu eta interpretatu egin behar da. Hasierako pausua irudiaren egokitasuna berrestea da, hau da, lortutako irudia kalitate egokikoa dela ziurtatzea. Horretarako, lortutako irudi ekografikoan hurrengo alderdiak berrikusiko dira:

- ***Bereizmen espaziala***

Bereizmen espaziala da ondoz ondo kokatutako bi objektu bata besteagandik bereizteko gaitasuna. Objektuen arteko erlazio espazialaren arabera, honako termino hauek bereizten dira:

- Bereizmen espazial axiala

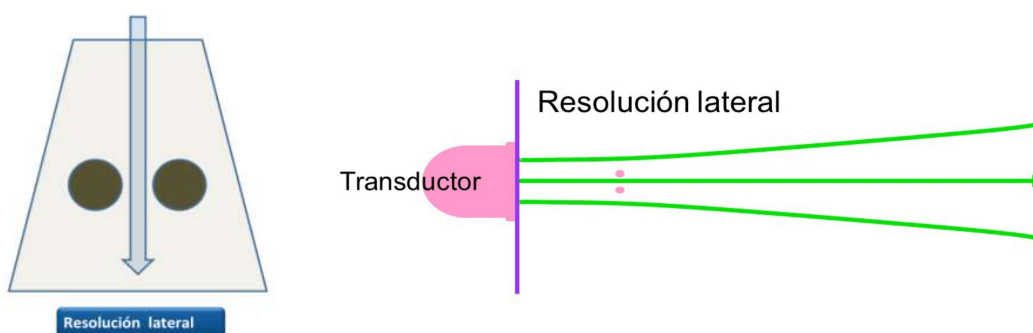
Ultrasoinuaren ibilbidean bata besteari jarraiki lerrokatuta dauden bi puntu edo egituratan sortutako ekoak bereizteko gaitasuna.

80. irudia. Bereizmen espazial axiala ⁽⁷³⁾.

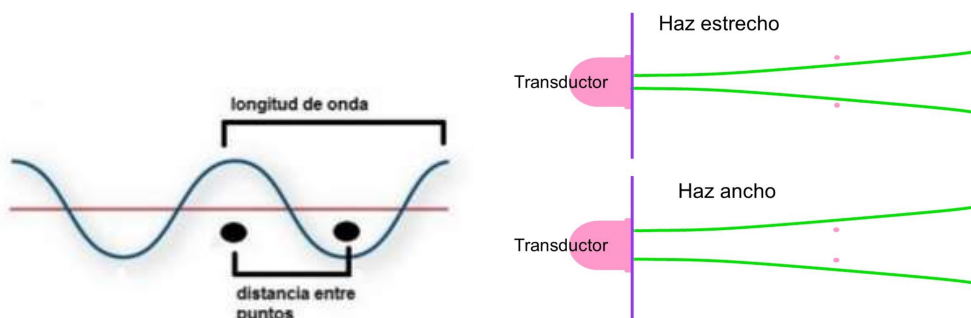
Objektu horiek bereizteko orduan uhin luzera da eragin handiena duen magnitudea. Aztertutako egiturak igorritako uhinaren luzera baino distantzia txikiagoan kokaturik badaude, ekografia gailuak ezingo ditu bi puntu horiek ezberdindu. Beraz, erresoluzio axial hoberako uhin luzera txikiak aukeratuko dira, beste era batera esanda, maiztasun handiak; izan ere, soinuaren abiadura bererako, uhin luzera maiztasunarekiko alderantziz proportzionala da ^(56,73).

- o Alboko espazio bereizmena

Albo bereizmena da ultrasoinu sortarekiko perpendikularki eta bata bestearen ondoan dauden bi puntutan sortutako bi eko bereizteko gaitasuna.

81. irudia. Alboko bereizmen espaziala ⁽⁷³⁾.

Alboko bereizmenari eragiten dioten hainbat faktore daude, hala nola igorritako ultrasoinua sortaren zabalera, horren maiztasuna eta eskaneatze dentsitatea. Horien guztien artean igorritako uhin sortaren zabalera da garrantzitsuena. Zabalera hori zenbat eta handiagoa izan, orduan eta txikiagoa da irudi ekografikoaren alboko bereizmena ^(56,73).



82. irudia. Albo bereizmen espaziala eta ultrasoinu sortaren zabalera ⁽⁷³⁾.

Uhin sorta horren zabalera, batez ere, hautatutako zunda grafikoaren tamainaren araberakoa izango bada ere, azpimarratu behar da sakabanatze fenomenoak ultrasoinu sortaren dimentsioari eragin diezaiokeela. Beraz, albo bereizmen espazial egokia izateko, aztertuko den egituraren sakontasuna aintzat hartu beharko da. Era horretako zailtasun edo akatsak saihesteko, foku izenaz ezagutzen den baliabide teknikoak garatu dute; horrek uhin sortaren zabalera murrizteko aukera eskainiko du bistaratu nahi den objektuaren sakoneran ⁽⁵⁶⁾.

- **Denbora bereizmena**

Gertaerak denboran zehar bereizteko gaitasuna da denbora bereizmena. Hori segundo bakoitzeko lortutako irudi kopuruaren araberakoa izango da, edo gauza bera dena, *frame rate*-aren araberakoa. Giza begiaren denbora bereizmen muga 40 milisegundu ingurukoa da, horrek esan nahi du, 40 milisegundutik gorako denbora tartean bereizitako gertaerak begi bistaz une desberdinetan gertatutakotzat hartuko direla; denbora tartea txikiagokoa denean ordea, gertaera bakar gisa ulertuko dira ^(56,73,76).

- **Kontraste bereizmena**

Ostera, kontraste bereizmena da islatutako ultrasoinuen intentsitate ezberdinak bereizteko gaitasuna. Ultrasoinuaren intentsitatea edo anplitudea dezibeliotan neurtzen da. Irudi ekografikoan dezibelio balio horiek zuritik beltzerainoko tonalitateen bidez adieraziko dira, intentsitatea handienekok zuri kolorea hartuz eta txikienekoak beltza, hurrenez hurren ^(56,73).

Ekografia gailuak eskaintako tonalitate ezberdinen gamari dezibelio tartea edo tarte dinamikoa deritzo. Tarte dinamikoa aldakorra da; eta, beraz, horren arabera lortutako

irudiaren kontrastea manipulatu edo aldatu daiteke. Kontraste aldaketa irudiaren konpresioa doitu egiten da, hau da, gris eskalako kolore gutxiago edo gehiago agertzea zehaztuz. Konpresio handia hautatzen denean, hau da, tarte dinamiko estua, kolore gama horretako zati handia ezabatuko da; eta kontraste handiko irudia lortu. Aitzitik, konpresio baxua aukeratutakoan kontraste gutxiago irudia lortuko da, askotariko kolore grisaxkak antzemanaz ⁽⁵⁶⁾.



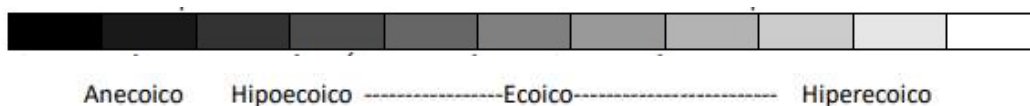
83. irudia. Tarte dinamiko ezberdinak. Goiko irudia: tarte dinamiko estua. Beheko irudia: tarte dinamiko handia.

Bestalde, irudiari koloreak gehitzeak ere kontraste bereizmena hobetzea ahalbidetzen du. Giza begiaren bereizmen gaitasuna handiagoa da kolore ezberdinen artean, kolore bereko tonalitate ezberdinen artean baino.

Aurreko puntuak aztertu eta lortutako irudia egokia dela baieztatu ondoren, irudi hori deskribatu eta interpretatu behar da. Hori era zuzenean egiteko ekografiako nomenklatura ezagutu ezagutzea ezinbestekoa da. Horrez gain, komeni da artefaktu ekografiko gisa izendatutako irudiak antzematen jakitea.

2.2.5. EKOGRAFIAKO NOMENKLATURA

Irudi ekografikoa deskribatzeko horri dagokion nomenklatura ezagutu behar da. Ekografian igorritako uhin sortaren islapen intentsitatearen arabera ekogenizitate ezberdinez hitz egiten da ^(56,58,59,73,76).



- Irudi anekogenikoa edo anekoikoa: termino honek erreferentzia egiten die kolore beltzez adierazitako irudiei. Kasu horietan ultrasoinuak aztergai den eremuko ehunak zeharkatuko ditu interfaseen artean ezberdintasunik aurkitu gabe; horrela bada, ez da uhin islapenik gertatuko. Horren adibide esanguratsua da egitura likidoa ^(56,58,59,76).



84. irudia. Irudi anekoikoa. Gernu-maskuri beteari dagokion irudi anekoikoa ⁽⁷⁶⁾.

- Irudi hipoekogenikoa edo hipoekoikoa: ultrasoinuen islapen txikia dela eta gris ilun gama desberdinez marraztutako irudiak dira hauek. Kasu horretan, ultrasoinu sortak inpedantzia ezberdintasun txikia duten interfaseekin egingo dute topo.



85. irudia. Egitura hipoekoikoa. Sabelaren eskuineko goiko koadranteari dagokion irudia ⁽⁷⁶⁾.

- Irudi hiperekogenikoa edo hiperekoikoa: uhin sortak inpedantzia alde handiko egiturak zeharkatuko ditu, eta ondorioz, ultrasoinu gehienak islatuak izango dira. Egitura horiek kolore zuri edo gris argi gisa bistaratuko dira.



86. irudia. Egitura hiperekoikoa. Kolelitiarekin bateragarria den irudi zirkular hiperekoikoa behazun xixkuaren barruan ⁽⁷⁶⁾.

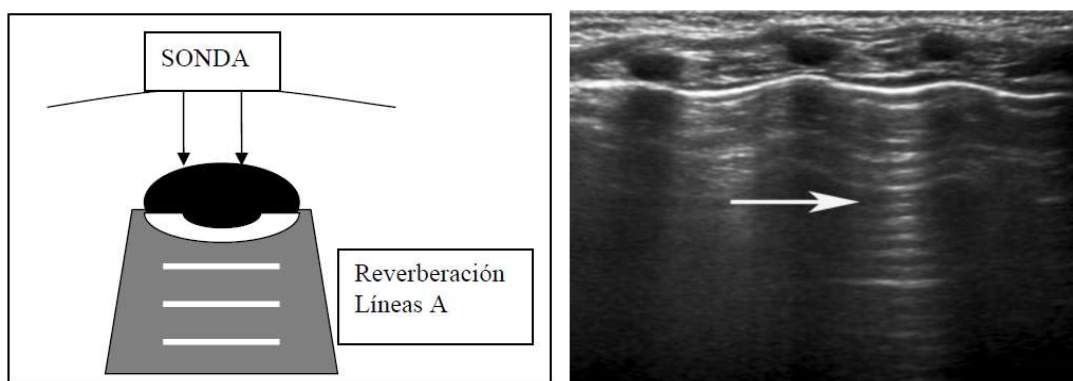
Irudiak deskribatzerakoan, sarritan, bata bestearen ondoan kokatutako egitura ezberdinen ekogenizitateak alderatzen dira, hau da, bata bestea baino hipokoikoago edo hiperekoikoago den zehaztuz. Zenbait kasutan alderatutako ehunek ekogenikotasun bera aurkeztuko dute, egiturek isoekogeniko edo isokoiko gisa izendatuko dira.

2.2.6. ARTEFAKTU EKOGRAFIKOAK

Ekografian maiz ikusten dira artefaktu deritzen irudiak, hau da, benetako anatomiarekin bat ez datozen irudiak. Horiek ezagutzea garrantzitsua da akatsak saihesteko; izan ere, interpretazio faltsuak egitera eraman baitezakete aztertzailea. Batzuetan, irudi faltsu horiek informazio erabilgarria ematen dezakete. Hurrengo lerroetan artefaktu ohikoenak nabarmentzen dira.

- **Erreberberazioa**

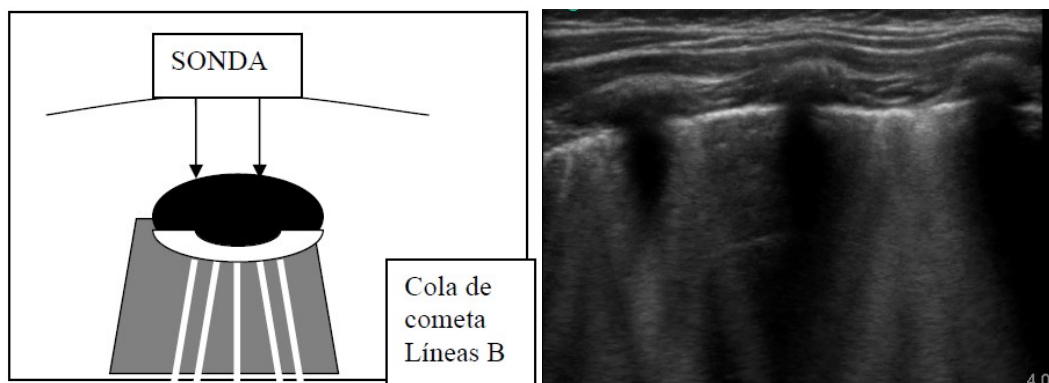
Erreberberazio artefaktua gertatzen da ultrasoinu sortak inpedantzia akustiko oso desberdineko bi eremu bereizten dituen interfasea zeharkatzen duenean. Artefaktu hori elkarrekiko paraleloak izan eta beraien ibilbidean indargabetuz doazen lerro hiperekogeniko bezala irudikatuko da. Oro har, ehun bigun eta airearen arteko interfaseetan gertatuko da, birika delarik adibide adierazgarrienetakoa ^(56,58,59,73,75,76).



87. irudia. Erreberberazio artefaktua. Biriketako ekografia, elkarrekiko paraleloak diren lerro hiperekogenikoak ikus daitezke, A lerro izenaz ezagutuak ^(58,73).

- **Kometa isatsa**

Ultrasoinuak interfase estu eta oso ekogenikoarekin topo egin ondoren agertutako irudi lineal hiperekogenikoa da, kometa isatsaren forma duena. Biriketako ekografian artefaktu horrek B lerro izena jasoko du ^(56,58,59,73,75,76).



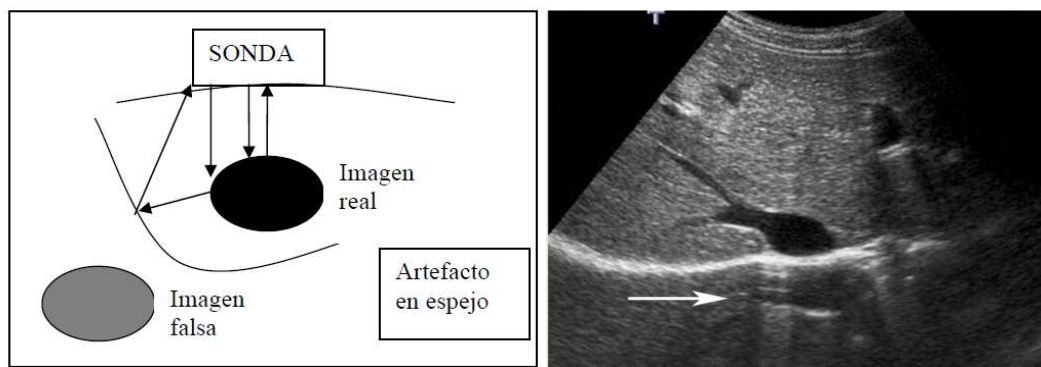
88. irudia. Kometa isats artefaktua, biriketako ekografian B lerro gisa ezagutua ⁽⁵⁸⁾.

- **Ispilu irudia**

Ispilu irudi artefaktua deritzo soinu uhina berau islatzeko gaitasun handia duen egitura anatomikoarekin aurkitu eta horrek ispilu bezala jardutean sortutako irudi bikoiztuari. Ekografoaren pantailan irudi bera irudikatuko da ispilu gisa jarduten duen egituraren bi aldeetan; sakontasun handienez marrazten dena irudi bikoiztutakoarekin bat etorriko da. Ohikoa da era horretako artefaktua ikustea soinu uhinak pleura edo diafragmarekin topo egitean.

Artefaktuaren ekoizpen mekanismoa honakoa da:

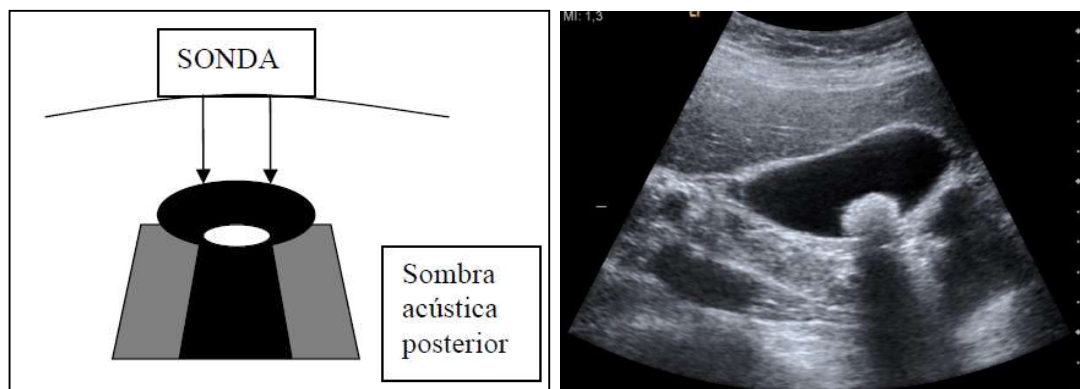
1. Benetako irudia: ultrasoinuak interfasearekin topo egin eta islatutako uhinak zunda grafikora itzultzen dira. Ekografia gailuak informazio hori prozesatu eta aztertutako egituraren irudia eskainiko du bere benetako kokapenaren adierazpen zuzena eginez.
2. Ispilu irudia edo mamu irudia: igorritako uhinetako batzuk aztertu beharreko egiturarekin kontaktua izan ondoren, beraien itzulerako bidean, diafragma edo pleurarekin interakzionatzen dute; horrela, berriz ere islatu eta aztergai den egiturarentz bideratuko dira bigarrenez. Beraz, eko horien itzulera bidea zuzena izan beharrean hurrengoa izango da: aztertu beharreko egitura → diafragma/pleura → aztertu beharreko egitura → transduktorea. Eko horiek transdukturera itzultzeko behar duten denbora zuzenean itzultzen direnena baino luzeagoa da. Hori horrela izanik, ekografia gailuak sakonago kokatutako bigarren irudi berdin bat dagoela ulertuko du ^(56,58,59,73,76,78).



89. irudia. Ispilu irudia, behazun bideari dagokion ispilu irudia ^(58,73).

- **Itzal akustikoa**

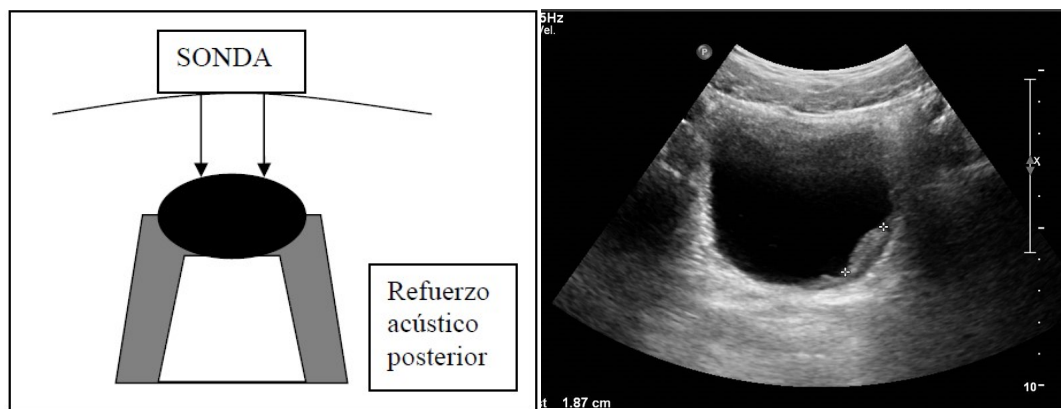
Itzal akustikoa deritzon artefaktua gertatuko da ultrasoinu guztiak islatuko dituen gainazal edo interfase islatzailearekin topo egitean. Puntu horretatik aurrera ez da ultrasoinurik pasako; eta, beraz, ekorik gabeko eremua geratuko da. Gainazal islatzailea (hezurra, kaltzioa, metala) seinale hiperekoiko gisa marraztuko da; horren osteko eremua edo itzala, berriz, anekoikoa izango da ^(56,59,74,76-78).



90. irudia. Itzal akustikoa. Behazun xixkuaren barruan kolelitiasiarekin bateragarria den irudi zirkular hiperekogenikoa ikus daiteke, eta horren ostean itzal akustikoa ^(58,76).

- **Atzeko errefortzua**

Artefaktu hau itzal akustikoaren kontrako fenomeno da. Ultrasoinuek interfaserik gabeko ingurunea, normalean eremu likidoa, zeharkatzean indargabetze txikiagoa jasango dute egiturak solidoak zeharkatzen dituztenean baino. Horrela bada, egitura likidoen atzean ekogenizitatearen gehikuntza erlatiboa gertatuko da, inguruko ehunekin alderatuz ^(56,58,59,74,76-78).



91. irudia. Atzeko errefortzu akustikoa. Maskuriari dagokion irudi anekoikoa eta horri dagokion errefortzu akustikoa ^(58,76).

2.3. EKOGRAFIAREN ERABILERA

Ekografia hasiera batean aditu gutxi batzuen esku zegoen irudi teknika zen eta, oro har, erradiodiagnostikoan espezializatutako medikuek baino ez zuten erabiltzen zuten. Denboraren poderioz irudi proba hori pixkanaka-pixkanaka beste zenbait espezialitate medikutara hedatuz joan zen, aipamen berezia mereziz Kardiologia eta Obstetriziak. Azken bi espezialitate horietan ekografia ezinbesteko tresna bihurtu da; eta, gaur egun, pentsaezina da hura gabe lan egitea. Azken bi hamarkadetan ekografiako materialaren hobekuntzan buru belarri jardun ostean, irudi kalitate hobeko gailu eramangarriak eta hainbat zunda grafiko garatu dira. Aipatutako berrikuntzek orain arte ekografia gabe jardun duten espezialitate mediku ezberdinen ekografiaganako interesa piztu dute. Hala, azken urteetan, ekografia eremu berria arakatu da, ekografia klinikoa edo *Point Of Care Ultrasound (POCUS)* izena jaso duena.

Horrela, gaur egun, bi ekografia mota bereizten dira: alde batetik, ekografia arrunta; eta bestetik, ekografia klinikoa edo *Point of Care Ultrasound*. Bi horien arteko ezberdintasun nagusia da ekografia egiterakoan medikuak duen helburua.

- **Ekografia arrunta**

Ekografia arrunt izenez ezagutuko da erradiodiagnostikoko espezialistak egiten duen ekografia, hautemandako aurkikuntzak ahalik eta zehatzen deskribatzea helburu duena. Irudi proba hori egiteko ardura duen profesionalak ekografian prestakuntza espezifikoa jaso du.

- **Ekografia klinikoa**

Ekografia klinikoa erradiodiagnostikoan espezializatuta ez dagoen medikuak pazienteak dagoen lekuan bertan, hau da, pazientearen ohe oinean, egindako ekografia da ⁽⁶⁸⁾. Balorazio hori gaixoaren ohiko miaketaren parte izango da, eta ez azterketa osagarria ^(79,80). Izan ere, hori burutuko duen profesionalaren helburua da ohiko miaketaren errendimendua hobetzea.

Horrela bada, ekografiaren erabilera hori XIX. mendetik medikuen ohiko miaketaren parte den estetoskopioarenarekin alderatu daiteke, biek ala biek informazio gehigarri eskaintzea dute eta helburu. Azken horri atxikirik, aipatzeko da, 2004an jada ekografia klinikoa "ultrasoinuzko estetoskopio" gisa izendatua izan zela *AIUM*ek antolatutako ultrasonografiari buruzko hitzaldian. Hurrengo urteetan ekografia klinikoa "XXI. mendeko

estetoskopia" zela esan zuten hainbat ikertzailek, era azkarrean teoria hutsa izatetik praktika klinikoaren parte izatera pasatzen ari zela gehituz ⁽⁶⁸⁾.

Arestian aipatu bezala, azken hamarkadan ekografia klinikoaren *booma* gertatu da. Ekografia era horri buruzko informazioa modu esponenzialean ari da hasten; ehunka artikulua eta liburu argitaratu dira. Informazio guzti hori eskura izateak, ekografia klinikoaren ezagutzaren hedapen bizkorra ahalbidetu du munduan.

Horrela bada, gaur egun, ekografia klinikoa eguneroko praktika klinikoaren parte da espezialitate mediko askotan; horien artean Larrialdietako Zerbitzuak eta Zainketa Kritikoaren Unitateak nabarmendu behar direlarik. Bi lan eremu horietan ekografia klinikoa interes bereziarekin barneratu da, jarduera medikoa edo gaixoaren maneia presazkoa izan ohi baita. Esan daiteke, zenbait patologia baztertzeko zein ezarritako tratamenduaren eragina aztertzeko aukera ematen duen tresna klinikoa eskura edukitzeak arlo horietako medikuen lana irauli duela. Unitate horietan egiten den miaketa ekografikoa ez dator bat azterketa ekografiko arruntarekin. Oro har, azterketa sinple eta azkarra egiten da, galdera dikotomikoei erantzuteko asmoz, esaterako, *pneumotoraxa al dauka? Bai/ez, bihotz uzkurdura normala al da? Bai/ez*. Helburua pazientearen maneia erraztea da; eta, horretarako, ez da beharrezkoa aurkikuntza ekografikoa zehatz-mehatz definitzea ⁽⁸¹⁻⁸³⁾.

Orain arte argitaratutako ikerketa gehienak paziente helduetan egin diren arren, ekografia klinikoa pediatrian gorkaldian dago. Horren adibide argia da azken urteetan horri buruz plazaratutako artikuluen hazkunde esponenziala. Paziente helduekin gertatzen den bezala, azterketa eremu nagusia larrialdi zerbitzuak dira pediatrian ere ⁽⁸⁴⁻⁸⁶⁾. Horren adibide, 2016an, Marin eta lankideek ⁽⁸⁷⁾ Larrialdi Pediatrikoetako ekografia klinikoari buruzko ebidentzia zientifikoaren berrikuspena argitaratu zuten. Bertan, ekografiaren hainbat erabilera jasotzen dira, bai eta horietako bakoitza babesten duen ebidentzia zientifikoa eta miaketa burutzeko profesionalak beharko lituzkeen gutxieneko ezagutzak. Horrez gain, azterketa ekografikoa gidatzeko eta homogeneizatzeko balio duten txantiloak ere aurki daitezke. Marin eta lankideek ⁽⁸⁷⁾ bildutako ekografia klinikoaren erabilera artean ehun muskuloeskeletikoaren ikuskapena dago, hezur hausturen azterketa barne hartzen duena. Hurrengo irudian, ebaluazio muskuloeskeletikoari dagokion txantiloia jasotzen da.

Reporting Guidelines for Ultrasound Evaluation of Musculoskeletal Pathology

Patient Demographics:

Patient Name:
Patient Gender: Male Female

DOB: __/__/____
MR#:
Date & Time: __/__/____ :__

Examination Demographics:

- Initial Exam
Repeat Exam

Operator Name(s): _____

Operator Training: Attending Fellow Resident Medical Student
 Other: _____

- Patient consents to these images being used for educational purposes
Patient consents to these images being used for research purposes

Indication(s) for exam:

- Swelling Mass Decreased range of motion
Redness Deformity Pain
Fever Educational Procedural
Other: _____

Views:

Anatomy scanned: Clavicle Forearm Hip Knee
 Other Extremity:____
 Other Joint:____
 Other:____

Affected side:

Muscle: Adequate Limited Not obtained
Tendon: Adequate Limited Not obtained
Joint: Adequate Limited Not obtained
Bone: Adequate Limited Not obtained

Contralateral side:

Muscle: Adequate Limited Not obtained
Tendon: Adequate Limited Not obtained
Joint: Adequate Limited Not obtained
Bone: Adequate Limited Not obtained

Findings:

Affected side:

Muscle Appearance: Normal Irregular Indeterminate
Muscle Disruption: None Partial Complete

Tendon Appearance: Normal Irregular Indeterminate
Tendon Disruption: None Partial Complete Indeterminate

Joint: Fluid No fluid Indeterminate

Maximal joint space: ____ mm

Contralateral joint space: ____ mm

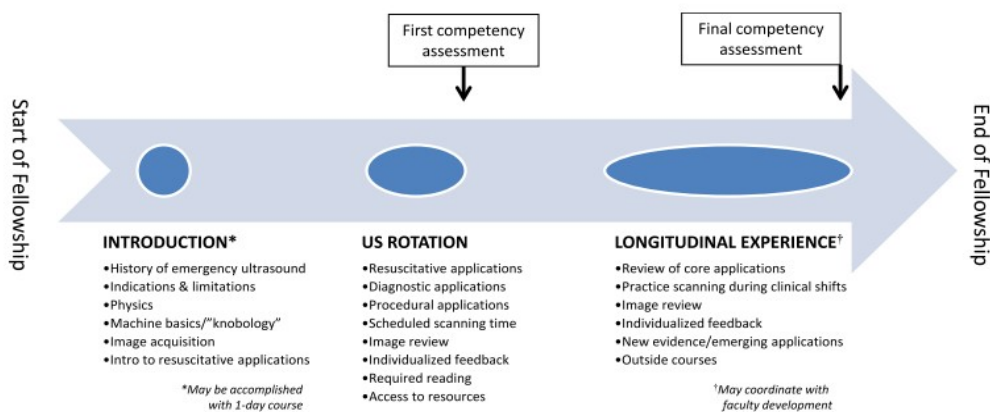
Difference in joint space: ____ mm

Bone Appearance	<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Irregular	<input type="checkbox"/> Indeterminate
Bone Disruption	<input type="checkbox"/> None	<input type="checkbox"/> Aligned	<input type="checkbox"/> Angulated <input type="checkbox"/> Indeterminate
Bone post-reduction:	<input type="checkbox"/> Aligned	<input type="checkbox"/> Angulated	<input type="checkbox"/> Other: _____ <input type="checkbox"/> Indeterminate
Interpretation:			
<input type="checkbox"/> Normal exam	<input type="checkbox"/> Joint effusion	<input type="checkbox"/> Tendon injury	<input type="checkbox"/> Muscle injury
<input type="checkbox"/> Fracture	<input type="checkbox"/> Other: _____	<input type="checkbox"/> Indeterminate	
Quality assurance:			
Image Quality:	<input type="checkbox"/> Adequate	<input type="checkbox"/> Inadequate	
Accuracy of interpretation:	<input type="checkbox"/> Agree	<input type="checkbox"/> Disagree	<input type="checkbox"/> Unable to assess
Accuracy of interpretation as compared to a gold standard:	<input type="checkbox"/> Not performed	<input type="checkbox"/> TP	<input type="checkbox"/> TN <input type="checkbox"/> FP <input type="checkbox"/> FN

92. irudia. Balorazio muskulueskeletikorako txantiloia ⁽⁸⁷⁾.

Ekografia klinikoaren arloan hasi ziren lehen profesionalek ez zuten inolako prestakuntzarik; eta, beraz, pixkanaka-pixkanaka aurkikuntza ekografikoak konparatuz ezagutzak eskuratzen joan ziren. XXI. mendeko lehen urteetan ekografia klinikoko formakuntza ikastaroak ematen hasi ziren, horrek ezagutzaren hedapena ahalbidetuz.

Azken urteotan, ekografia mota hori hartzen ari den indarra ikusirik, formakuntza aldietan eskuratu beharreko beste gaitasunetako bat bilakatu da. Horren adibide, esaterako, 2006an, Hego Karolinako Unibertsitateko Medikuntza Eskolak ekografia integratua izeneko programa kurrikularra jarri zuen abian, zeina hamarkada bat beranduago emaitza onekin baloratua izan den ⁽⁸⁸⁾. Ildo beretik, 2012. urteaz geroztik, Ameriketako Estatu Batuetako Fellow edo Larrialdi Pediatrikoetako espezialisten formakuntza programaren barruan ekografia klinikoa ageri da ⁽⁸⁹⁾. Hurrengo irudian Vieira eta lankideek ⁽⁸⁹⁾ pediatriako larrialdietako etorkizuneko espezialistentzat diseinatutako formakuntza plana ageri da.

93. irudia. Larrialdi Pediatrikoetako espezialistentzat pentsaturiko ekografiako formakuntza programa ⁽⁸⁹⁾.

Aurreko irudian ikus daitekeen bezala, prestakuntza aldia hiru etapa nagusitan banatzen da:

1. Ekografiarako sarrera: ekografiaren oinarrizko ezagutzak lortzea, materiala ezagutzea eta haren mugak ezagutzea helburu duen aldia.
2. Ekografiaren erabilera: aldi honek ekografia klinikoaren erabilera buruzko ezagutzak eskuratzea du helburu. Vieira eta lankideek ⁽⁸⁹⁾ hiru ataletan banatzen dute fase hori: berpizte kasuetara zuzendutako ekografia, diagnostikorako ekografia eta prozeduretarako ekografia. Hurrengo irudian multzo bakoitzean kontuan hartutako erabilerak biltzen dira.

Resuscitative Applications	Diagnostic Applications	Procedural Applications
eFAST <ul style="list-style-type: none"> Identify free peritoneal fluid Identify pericardial effusion Identify hemothorax Identify pneumothorax Focused cardiovascular <ul style="list-style-type: none"> Identify pericardial effusion Identify cardiac standstill Evaluate function Assess IVC for volume status Early pregnancy <ul style="list-style-type: none"> Identify intrauterine pregnancy and/or free peritoneal fluid in evaluation for ectopic pregnancy 	Soft tissue <ul style="list-style-type: none"> Identify infection Identify fluid collection Identify foreign body Thoracic <ul style="list-style-type: none"> Identify pleural fluid Identify pneumothorax Identify parenchymal pathology Bladder <ul style="list-style-type: none"> Assess for urine Focused abdominal <ul style="list-style-type: none"> Identify appendicitis Identify pyloric stenosis Identify intussusception Identify free peritoneal fluid Musculoskeletal <ul style="list-style-type: none"> Identify fractures Identify joint effusions Renal <ul style="list-style-type: none"> Assess for hydronephrosis Biliary <ul style="list-style-type: none"> Assess for cholelithiasis Assess for cholecystitis Deep venous <ul style="list-style-type: none"> Identify DVT Ocular <ul style="list-style-type: none"> Identify retinal detachment Identify vitreous hemorrhage Evaluate optic nerve sheath diameter 	CVC placement Peripheral intravenous access Abscess incision and drainage Suprapubic bladder aspiration Lumbar puncture ETT position confirmation Nerve block Arthrocentesis Thoracentesis Paracentesis

94. irudia. Ekografia klinikoko formakuntza programaren bigarren ataletan biltzen diren erabilera ekografikoak ⁽⁸⁹⁾.

3. Luzetarako esperientzia: praktika klinikoan esperientzia hartzeari dagokion denbora tartea, bai eta ikastaro berrien bidez ezagutzak hobetzeko aldia.

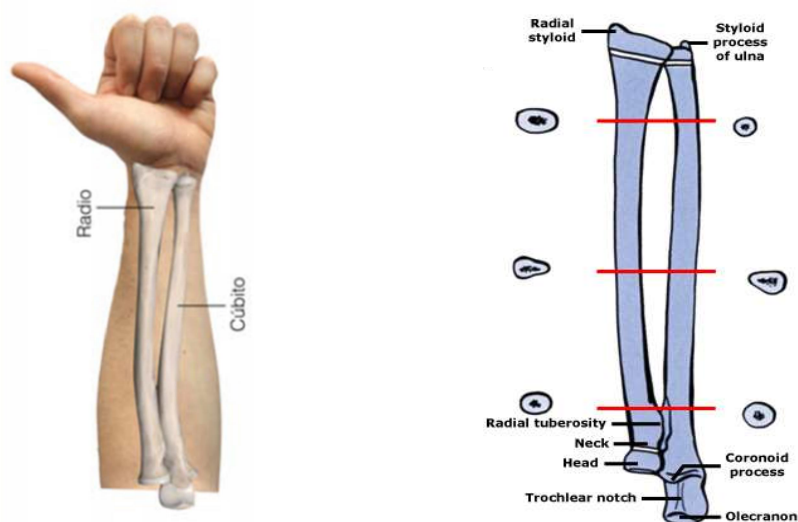
Formakuntza plan horren helburua Larrialdi Pediatrikoetako espezialistek beraien formakuntza bukatzean ekografia klinikoan beharrezko ezagutza eta gaitasunak izatea da.

3. BESAURREKO URRUNEKO HERENEKO HEZUR HAUSTUREN EKOGRAFIA KLINIKO BIDEZKO DIAGNOSTIKOA PEDIATRIAN

3.1. SARRERA

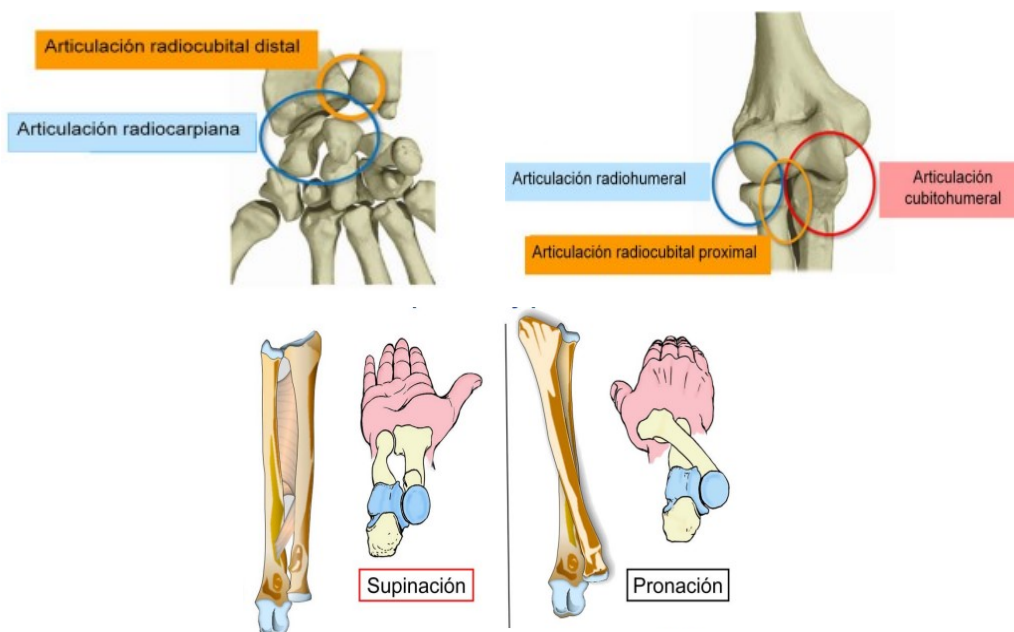
Arestian aipatu bezala, haurtzaroko haustura ohikoenak besaurreko urruneko hereneko hezur luzeen hausturak dira. Horiek haurren haustura guztien %30-40 inguru dira ^(20,21,90).

Hurrengo lerroetan, besaurreko anatomiaren laburpen xumea dugu. Besaurrea bi hezur luzez osatua dago: erradioaz eta kubituaz. Bietan lehena besaurrea posizio neutro edo supinoan jarriz kanpoaldean kokatuko da; eta bigarrena, berriz, barnealdean edo gorputzetik gertu ⁽⁹¹⁾.



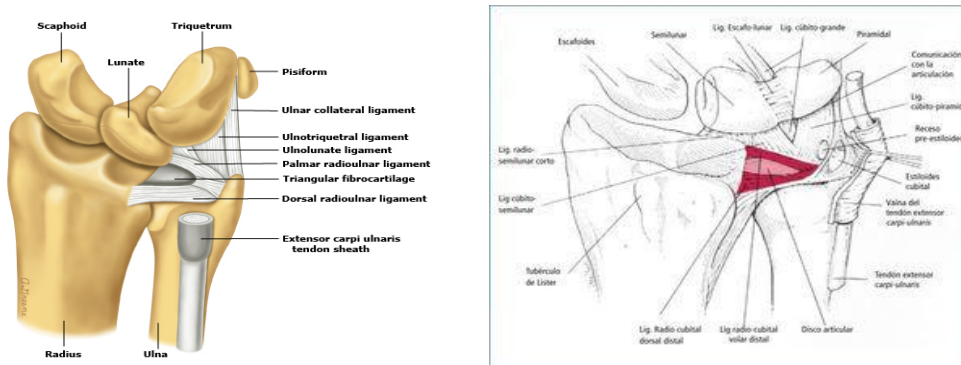
95. irudia. Besaurreko hezurren anatomia ^(5,21).

Besaurreko hezurrek ukondo eta eskumuturreko giltzaduren osaketan parte hartzen dute. Ukalondoaren baitan hiru giltzadura ezberdintzen dira, humero-erradiala, humero-kubitala eta hurbileko erradio-kubitala hain zuzen ere; eta horien bidez toleste eta luzatze mugimenduak ahalbidetuko dira. Bestalde, eskumuturrean giltzadura erradiokarpiarra da nagusi, zeinak urruneko giltzadura erradio-kubitalarekin lankidetzan eremu horri pronazio-supinazio mugimendua eskaintzen dion ^(21,91).



96. irudia. Besaurreko anatomia (5,21).

Aipatu behar da, aurrez izendatutako giltzadura ezberdinez gain, eskumutur mailan, fibrokartilago triangeluar bezala izendatutako egitura fibrokartilaginotsua dagoela. Egitura hori kubituko apofisi estiloidearen eta erradioaren artean hedatuko da, besaurreko hezurrek karpoko hezurrei eskainitako giltzaduren azalera handituz. Horrez gain, fibrokartilago triangeluarra urruneko eremu erradio-kubitalaren egonkortzaile garrantzitsua da, lokailu erradiokutibalekin batera (21,28,91).



97. irudia. Fibrokartilago triangeluarraren egitura (21,28).

Praktika klinikoan, besaurrean hiru eremu edo heren bereizten dira: hurbilekoa, erdikoa eta urrunekoa. Saillkapen hori hezur luzeen hezur egiturarekin erlazionatua dago; izan ere, horietan bi eremu epifisario, beste bi metafisario eta diafisario bakarra nabarmenduko dira. Horrela, urruneko herena deritzon besaurreko eremuan diafisieren urruneko atala eta urruneko metafisia eta epifisia aurkituko dira.

3.2. MIAKETA FISIKOA BESAURREKO URRUNEKO HERENEKO TRAUMATISMOETAN

Besaurreko urruneko hereneko hausturen diagnostikoan, beste edozein eritasunetan bezala, miaketa fisikoak berebiziko garrantzia izango du. Aipatutako miaketa fisikoak gorputz adarraren ikuskapena, haztapena eta odol hodi zein nerbioen balorazioa hartuko ditu bere baitan.

Jarraian, besaurreko urruneko herenean kolpea pairatu duten pazienteen kasuan gomendatutako azterketa fisikoa laburbiltzen da. Balorazioa hori gorputz enborretik gertuen dagoen eremuan hasiko da, hau da, lepauztaian; eta, pixkanaka, urrunduz gorputz adar osoa behatuko da. Gorputz ataletako bakoitzean honako alderdi hauek aztertuko dira ⁽²¹⁾:

- Deformazioa: kaltetutako gorputz adarrean deformaziorik dagoen ikuskatu behar da. Gorputz adarra aldez aurretik immobilizatua izan den kasuetan hori baloratzea zaila izan daiteke. Deformazioa identifikatuz gero, horren noranzkoa zehaztea komeni da, hau da, besagainerantz edo beso-ahurrerantz desbideratu den bereiztea. Oro har, besagainerantzko deformazioa gertatuko da eskua luzatuta erortzean, eta kontrara, esku ahurrerantzkoa eskua tolestuta eroriz.



98. irudia. Ezkerreko irudian eskumuturraren besagainerantzko deformazioa ikus daiteke, eta eskuinekoan, berriz, esku ahurrerantzkoa ⁽²¹⁾.

- Haustura irekiak: egitura osoa kontu handiz ikuskatu behar da haustura irekiak hautemateko, haustura mota horren zeinuak sotilak izaten dira eta sarritan. Izan ere, hezurak azala zeharkatu ostean, kaltetutako eremuko azala uzkurtu egin ohi da ziztada bidezko zauri txikia utziz. Kasu gehienetan, haustura kanpoaldearekin komunikatzen den puntuan odoljarri akutua gertatuko da.

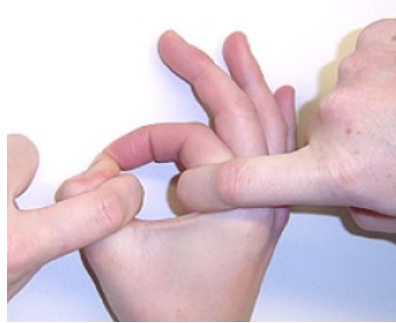


99. irudia. Besaurreko haustura irekia ⁽²¹⁾.

- Mina eta hantura: gomendatzen da min handieneko hezur eremua zehaztea, bai eta tokiko hanturarik dagoen arakatzea. Izan ere, deformazio nabarmenik aurkitzen ez den kasuetan, hezur haztapenean mina izateak edo beso horretako oratze indarra murriztua izateak haustura izateko probabilitate areagotuko dute ⁽⁹²⁾. Era berean, tokian tokiko hantura kasuetan ere haustura probabilitatea handiagoa da. Aipatutakoaren adibide dugu I.motako Salter eta Harrisen haustura fisarioa; haustura horretan urruneko fisia haztatzean mina antzemango da, beste inolako zeinurik elkartu gabe ⁽²⁶⁾.
- Albo giltzaduren ebaluazioa: besaurreko urruneko hereneko hausturaren susmopean komeni da ukondoa eta eskumuturra kontu handiz aztertzea. Izan ere, besaurreko hausturak ukondoko kondilo gaineko haustura eta eskafoidearen hausturekin erlazionatu ohi dira. Balorazioa hori egiteko, aipatutako giltzaduren mugimendu aktiboa egiteko eskatuko zaio pazienteari, betiere lesioa larriagotzeko arriskurik ez badago. Ez da gomendagarria medikuak mugimendu pasiboak egitea haustura susmoa dagoen kasuetan.
- Egoera neurobaskularra: odol hodi eta nerbio sistemaren ebaluazio egokia egin behar da, bi horietako baten kaltea larrialdi adierazlea da eta. Gogoratu beharra dago, hasierako azterketa neurobaskular normal baten ostean ez dela arreta jaitsi behar; eta miaketa hori erregularitasunez errepikatu behar da. Bereziki, haustura fokua manipulatu edo gorputz adarra mugitu denean, prozedura horietan lesio arriskua dago eta ⁽²¹⁾.
 - Odol hodian balorazioa: besaurre urruneko hereneko haustura isolatuen kasuan odol hodietako lesioak bakanak badira ere, pultsu erradial eta brakialen egokitasuna egiaztatu behar da, bai eta gorputz adarraren kolorea, tenperatura eta kapilareen betetzea ikusi. Odol hodian hausturak maizago gertatzen dira kondilo gaineko haustura eta besaurreko urruneko haustura konbinatuetan.
 - Nerbioen balorazioa: egoera neurologikoa ebaluatzea bereziki garrantzitsua da; izan ere, nerbioen kaltea, batez ere nerbio medianoarena, besaurreko urruneko hereneko hausturen %8an antzemango da. Nerbio mediano, erradial eta kubitalen ukigabetasuna aztertu behar da; eta, horretarako, gorputz adarraren funtzio motorra eta sensoriala aztertuko dira.
 1. Egoera motorra: gorputz atal horren funtzio motorra aztertzeko hainbat modu daude. Hurrengo lerroetan besaurrea inerbatzen duten nerbio nagusienak

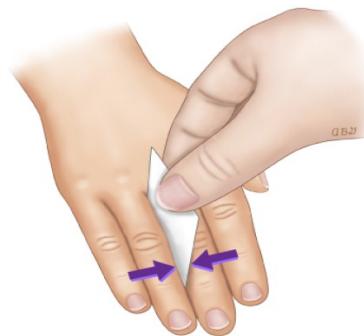
aztertzeko era azalduko da, era berean gorputz adarraren gutxieneko mugimendua bermatuz:

- "O.K." zeinua: pazienteari O.K. zeinua errepikatzeko edo, bestela, atximurka egiteko esango zaio. Horrela, aurreko hezur arteko nerbioa (nerbio medianoaren adarra) eta atzeko hezur arteko nerbioa (nerbio erradialaren adarra) baloratuko dira.



100. irudia. Aurreko eta atzeko hezur arteko nerbioen balorazioa ⁽²¹⁾.

- Nerbio kubitala: nerbio horren osotasuna egiaztatzeko pazienteari hatzak erresistentziaren aurka mantentzea edo 3. eta 4. hatzen artean paper zati bat tinko eustea eskatuko zaio.



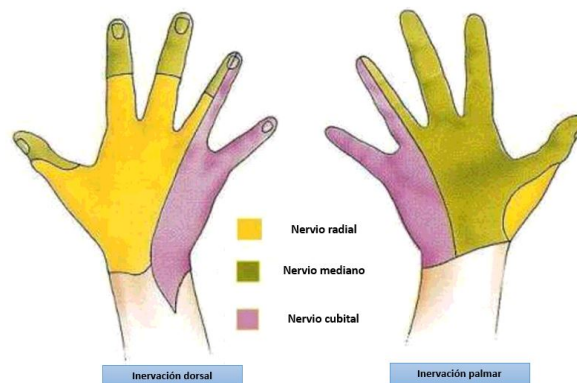
101. irudia. Nerbio kubitalaren balorazioa ⁽²¹⁾.

- Erpuruaren zeinu positiboa: nerbio erradiala aztertzeko pazienteari 1. hatza luzatzeko eskatuko zaio, irudian ageri den bezala.



102. irudia. Nerbio erradiala aztertzeko erpuruaren zeinua ⁽²¹⁾.

- Sentikortasunaren azterketa: miaketa honekin hasi baino lehen aipatutako nerbio bakoitzak eskuan duen banaketa ezagutu behar da.



103. irudia. Eskuaren sentikortasun banaketa, goialdetik (ezker) eta behealdetik (eskuin) begiratuta ⁽²¹⁾.

Sentikortasun ikerketa burutzeko larruzala leunki ukituko da, zuzenean edo paper baten laguntzaz. Balorazio hori errazte aldera gomendatzen da hurrengo hiru eremuak aztertzea: hatz txikia (nerbio kubitala), hatz erakuslea behealdetik (nerbio medianoa) eta hatz lodia goialdetik (nerbio erradiala). Miaketa hori alde bakarrekoa edo alde bikoia izan daiteke, azken horrek bi gorputz adarren arteko alderaketa ahalbidetuko duelarik.

Nerbioen lesio gehienak neuropraxiak izan ohi dira, eta horrek nerbio funtzioaren aldi baterako galtzea dakar, nerbioaren inolako haustura edo etete anatomikorik gabe. Ez da ohikoa epe luzera mantenduko diren nerbio kalteak gertatzea ⁽⁹³⁾.

3.3. BESAURREKO URRUNEKO HERENEKO HAUSTURA OHIKOENAK

Atal honetan gogora ekarriko dira besaurreko urruneko herenean maizen antzemandako hausturak. Oro har, erradioko hausturak kubitukoak baino ohikoagoak dira.

3.3.1. Errodete erako hausturak besaurreko urruneko herenean

Hurtzaroko haustura ezagunenetakoa da erradioko errodete haustura. Arestian zehaztu bezala, haustura hori ez osoa da eta ez dio hezuraren lodiera osoari eragiten. Haustura hori bakarka edo kubituko lesio batekin batera ager daiteke; azken hori, gehienetan mota berekoa izaten da. Erradiografia arruntean identifikatuko da konpresio mekanismoaren ondoriozko protusio zirkunferentziala. Haustura horien tratamendua, oro har, besaurreko ferula bidezko immobilizazioa da ^(5,21,66).



104. irudia. Errodete erako haustura besaurreko urruneko herenean.

3.3.2. Zurtoin berde motako haustura besaurreko urruneko herenean

Haustura ez osoa, maiztasunari dagokionez bigarren postuan kokatuko dena errodete erakoen atzetik. Haustura horien berezitasuna nagusia da hezuraren kortikaletako bakarra hausten dela bestea bere osotasunean mantenduz. Lesio ez egonkor gisa sailkatzen da; izan ere, lerrokatze asaldurak paira ditzake haustura unean bertan zein ondorengo egunetan. Horrela bada, haustura horien tratamendurako lesioaren erredukzioa gomendatuko da, ostan kaltetuko eremua besaurreko ferulakin immobilizatuz lau edo sei astez. Zurtoin berde erako hausturak, aurretiaz azaldu bezala, birhaustura eremu izateko joera dute ^(5,21,66).



105. irudia. Zurtoin berde erako haustura besaurreko urrutiko herenean.

3.3.3. Haustura metafisario osoak besaurreko urruneko herenean

Haustura lerroak hezurraren lodiera osoari eragiten dio kasu honetan. Oro har, era horretako lesioak energia handiko traumatismoen ondorioz agertu ohi dira; eta, beraz, sarriago ikusten dira haur nagusi edo nerabeetan. Haustura erradial metafisario osoa da talde horretan ohikoena. Lesio horiek bakarka zein beste haustura batzuekin batera ikus daitezke. Erlazionatutako hausturen artean haustura kubital osoa edo apofisi estiloide kubitalaren abultsioa nagusi dira.

Ezarri beharreko tratamendua sortutako bi hezur zati berrien arabera izango da. Energia handiko inpaktuaren ondorioz, kasu gehienetan, lerrokatze asaldurak gertatu ohi dira, eta hezur zatien erredukzioa beharrezkoa izaten da. Kasua kasu, kaltetutako eremua 4-6 astez immobilizatuko da ^(5,21,66).



106. irudia. Besaurreko urrutiko hereneko haustura metafisario osoa.

3.3.4. Epifisiolisia besaurreko urruneko herenean

Epifisiolisia deritzo fisiari edo hazkunde kartilagoari eragiten dion hausturari. Era horretako hausturak erradioan antzematen dira nagusiki; kubitukoak ordea nahiko arraroak dira. Salter eta Harrisen sailkapenaren arabera bost epifisiolisi mota bereizten dira; horien artean I. eta II. motatakoak dira ohikoenak.

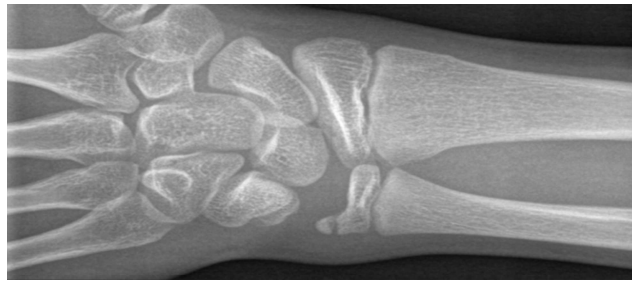
Arestian aipatutako haustura azpimotak eta hezur zati askeen presentziak baldintzatuko dute ezarri beharreko tratamendua ^(5,24).



107. irudia. Besaurreko urrutiko hereneko epifisiolisi motako haustura.

3.3.5. Kubituaren apofisi estiloidearen abultsio haustura

Apofisi abultsioak muskulu, tendoi edo lotailuen gehiegizko tentsioaren ondorioz gertatutako apofisiaren erauste hausturak dira. Orokorrean, haustura horiek nerabe kirolarietan ikusiko dira aipatutako egituron trakzio bortitz edo errepikakorrak direla eta ⁽³⁾. Kubituaren apofisi estiloidearen kasuan, abultsioak fibrokartilago triangeluar edo alboko lotailu kubitalarengan eragindako gehiegizko indarrarengatik gertatuko dira ^(21,28). Gehienetan, haustura hori erradioko haustura metafisario osoarekin batera gertatuko da.



108. irudia. Kubituaren estiloide apofisiaren abultsio haustura.

3.4. BESAURREKO URRUNEKO HERENEKO HAUSTUREN EKOGRAFIA BIDEZKO DIAGNOSTIKOA

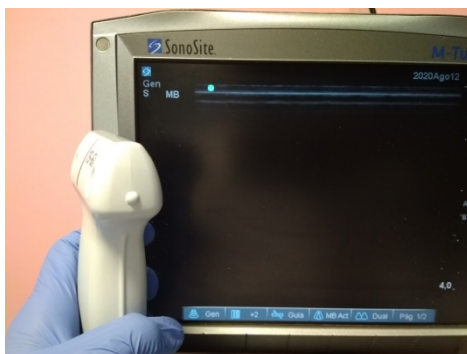
Aurreko ataletan, oro har, besaurreko hezurren anatomia, irudi ekografikoaren ezaugarri orokorrak eta horretan aurki daitezkeen artefaktu ezberdinak zehaztuko dira. Izendatutako hiru atal horiek behar bezala ezagutu beharko ditu ekografia klinikoaren bidez edozein balorazio muskuloeskeletiko egitera doan mediku edo profesionalak.

Azterketa ekografikoa hasi aurretik, miaketarako erabiliko den materiala hautatzeaz gain, gomendatzen da minaren maneirako neurri farmakologiko eta ez farmakologikoak hartzea.

3.4.1. MATERIAL HAUTAKETA

- **Zunda grafikoa edo transduktorea**

Besaurreko muskulu zein hezurren azterketa ekografikoa burutzeko maiztasun handiko zunda grafiko lineala aukeratu ohi da, horrekin sakonera txikian bereizmen handia lortuko da eta ^(56,59,76). Hala ere, aukeraketa hori lantoki bakoitzean eskuragarri dauden zunden araberakoa izango da.



109. irudia. Maiztasun handiko zunda grafiko lineala.

- **Material eroalea**

Material eroalea da zunda grafikoaren eta azterketa eremuaren artean ultrasoinua garraiatzea ahalbidetuko duen interfasea. Horien artean ezagunena ekografia gela bada ere, badira beste aukera batzuk; hala nola aztertuko den gorputz eremua urez betetako ontzi batean sartzea edo gorputz atalaren eta zunda grafikoaren artean ur poltsa jartzea, biak ala bietan urak material eroale gisa jardunez ⁽⁷⁷⁾.



110. irudia. Material eroalea: aukera desberdinak.

- **Ekografia modua**

Gaur egun, egitura ezberdinak aztertzeke modu erabiliena B modua edo bidimentsionala da. Modua aukeratu ostean, preset edo aurre-konfigurazioa hautatu behar da. Ekografia gailu bakoitzak aurrez ezarritako presetak izan ohi ditu, eta horiek nahieran aldatzeko aukera dago. Hezur egitura aztertzeke aurre-konfigurazio muskulueskeletikoa erabiliko da, baldin eta eskuragarri badago. Halakorik ezean, egokiena da preset mota ezberdinak probatu eta irudi onena eskaintzen duena aukeratzea.

3.4.2. AZTERKETA TEKNIKA

Erradio eta kubituaeren urruneko herena behar bezala aztertzeke proiektzio eta plano ezberdinak erabiliko dira. Oro har, bi proiektzotan ikuskatu ohi da hezurra: luzetarakoa eta zeharkakoa. Proiektzio horien artean luzetarakoa edo hezurraeren ardatz luzearekiko paraleloa da nagusi.

Azterketa hasi baino lehen, zunda markagailuaeren edo koskaren kokapena zehaztuko da. Hori ikertzailearen arabera da, eta gehienek erabilitako irizpidea pantailako irudia eta gorputz adarraren noranzkoa bat etortzea izan ohi da. Gutxi batzuk ordea, koska aztertuko den eremutik gertuen dagoen giltzaduraeren ondoan jartzen dute.

Behin zunda markagailuaeren kokapena zehaztuta besaurre osoaren miaketa burutuko da. Horretarako luzetarako proiektzotan hezurretako bakoitzaren plano ezberdinak ikertuko dira, hezurraeren zirkunferentzia ia osoa baloratuz ^(33,34,76,86,94-97). Erradioaeren kasuan, aztertutako planoak besaurreaeren atzealdea/dortsala, aurrealdea/palmarra eta albokoa/erradiala izango dira. Kubituaeren kasuan, plano dorsal eta palmarraz gain, erdialdekoa edo kubitara ere behatuko da.

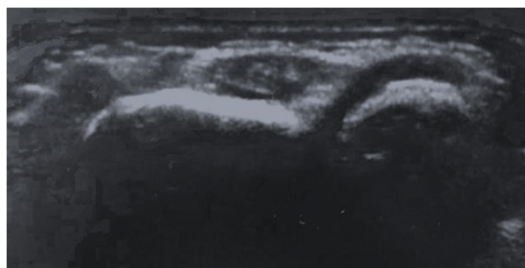


111. irudia. Erradioaren luzetarako proiektzioko plano desberdinak (ezkerretik eskuinera): dortsala, palmarra eta erradiala.

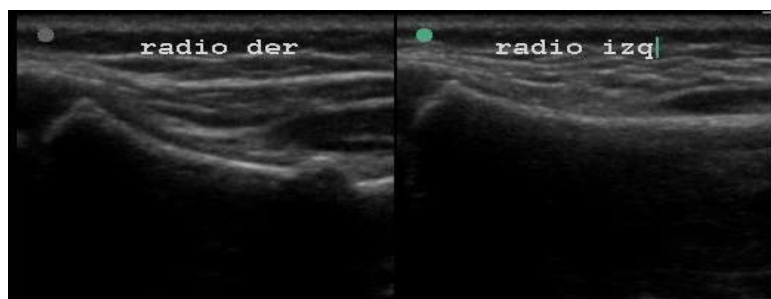


112. irudia. Kubituaren plano desberdinak luzetarako proiektzioan, ezkerretik eskuinera: plano dortsala, palmarra eta kubitala.

Behin luzetarako proiektzioa arakatu ondoren, miaketa zeharkako proiektzio edo hezuraren ardatz motzean osatzeko aukera dago, kasu horretan ere aurrez deskribatutako planoetatik igarota. Zalantza egoeran kontrako gorputz adarraren balorazio gehigarria baliagarria izan daiteke ⁽³⁰⁾.



113. irudia. Besaurreko zeharkako proiektzioa. Erradioa ezkerrean eta kubitoa eskuinean.



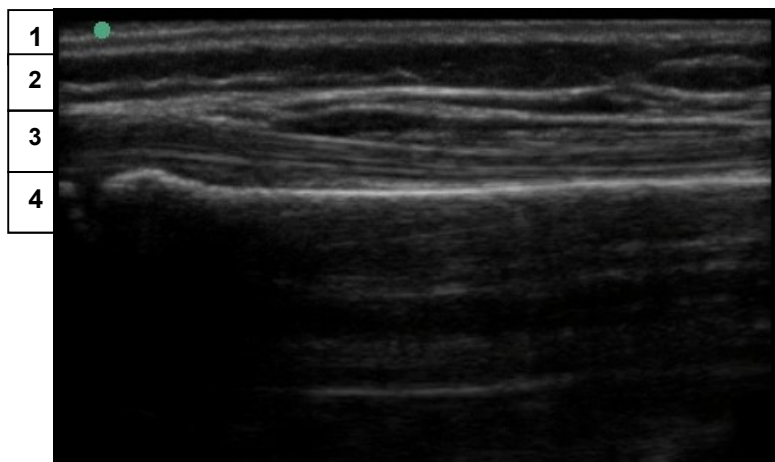
114. irudia. Irudi ekografiko duala. Mindutako besaurreko erradioaren eta kontrako aldekoaren arteko alderaketa.

3.4.3. AURKIKUNTZA EKOGRAFIKOAK

Arestian aipatutako besaurreko urruneko hereneko haustura ohikoenetako aurkikuntza ekografikoak deskribatu aurretik, hezur osasuntsua ekografian nola ikusten den azalduko da.

- **Hezur arrunta**

Besaurreko hezur luzeen urruneko herena aztertzerakoan, hasi larruazaletik eta hezur kortikalera, hurrengo egiturak aurkituko dira:



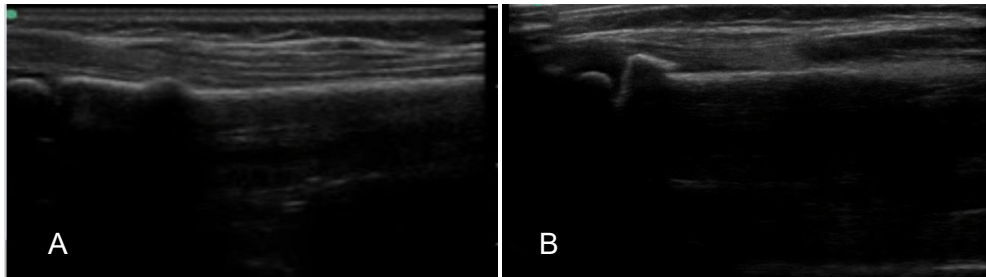
115. irudia. Hezur arruntaren irudi ekografikoa.

1. Larruazala (epidermisa-dermisa): larruazaleko bi geruza horiek irudiaren goiko aldean kokatuko dira, zunda grafikotik gertuen dauden egiturak izaki. Geruzok kolore gris argia jasoko dute; eta, beraz, hipokoiko gisa izendatuko dira.
2. Larruazala (larruazalpeko zelula ehuna): larruazalaren sakoneko geruza, dermisaren azpian kokatua. Eremu horren osagai nagusia gantz ehuna da; hori dela eta, anekoiko edo gainontzeko egiturak baino hipokoikoago ikusiko da.
3. Muskulua: irudi ekografikoan bereizten den hirugarren geruza izan ohi da, epidermis eta dermisa desberdintzea ez da eta erraza izaten. Muskulu geruza horretan luzetarako zuntz hiperekogenikoak antzematen dira, zuntzok aztertutako eremuaren arabera muskulu jakin baten parte izango dira.
4. Hezur kortikala: ekografian ikus daitekeen hezur eremu bakarra da. Egitura hori lerro hiperekogeniko gisa marrazten da, orokorrean ondoren itzal akustikoa utziz; zenbait kasutan itzal akustikoa beharrean erreberberazio artefaktua ikusiko da. Hezur kortikalak, oro har, ez du irregulartasun edo etete eremurik izaten, hazkunde

kartilagoari dagokion eremua salbuespena izanik. Hazkunde kartilagoari dagokion irudia eremu horren hezurtze mailaren araberakoa izango da. Horrela bada, haur gazteenen kasuan etete eremu zabal eta anekoikoa ikusiko da; nagusiagoetan, ordea, eremua hiperekogeniko eta irregularragoa izango da, erdian lerro anekoikoa mantentzen delarik.

- **Hezur haustura ekografian**

Ekografia klinikoaren bidez hezur kortikalaren egoera aztertuko da. Esan bezala, kortikal hori egitura lineal hiperekogeniko bezala irudikatzen da, inolako irregulartasun edo etenik gabe, hazkunde kartilagoari dagokiona salbuetsiz. Beraz, ekografiak burutzen duten profesionalak kortikalaren asaldurak antzematea du helburu.

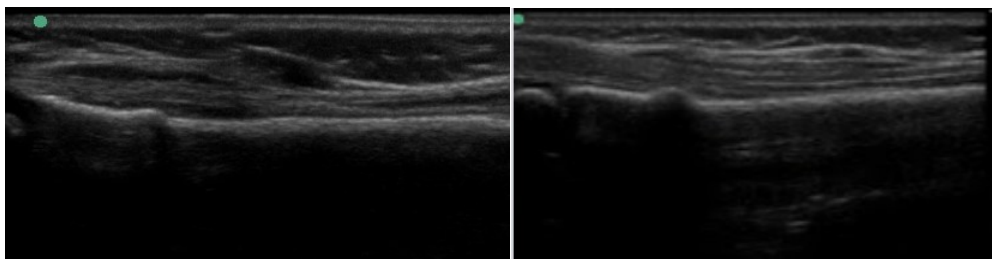


116. irudia. Erradioaren urruneko hereneko hausturarekin bateragarriak diren irudi ekografikoak. A) Hezur kortikalen irregulartasuna. B) Hezur kortikalaren etena.

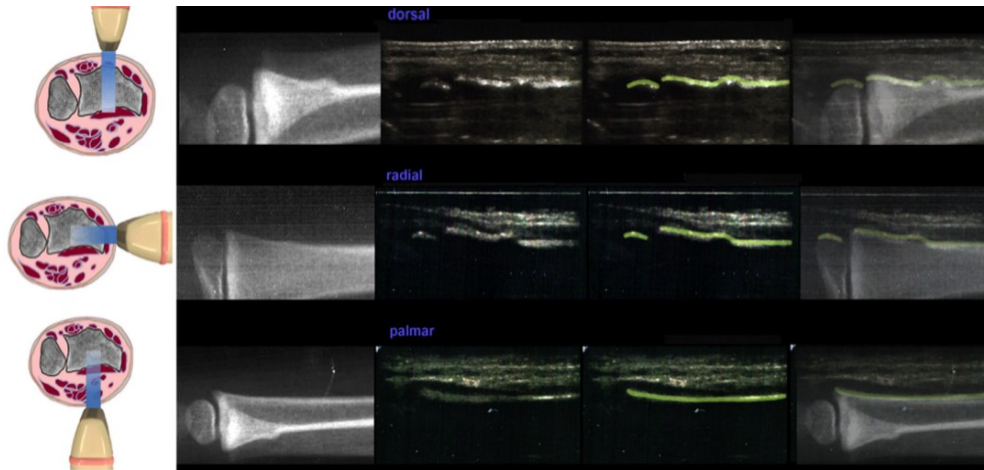
Jarraian, aurreko ataletan xehetasunez aipatutako haustura mota bakoitzaren aurkikuntza ekografiko bereizgarrienak deskribatuko dira.

- Errodete motako haustura

Balorzio ekografikoan hezur inpaktazioaren ondorioz sortutako mendixka edo tontorra ikusiko da, inolako haustura lerrorik gabe. Gehienetan haustura mota hori erradioaren edo kubituaeren metafisian kokatuko da.



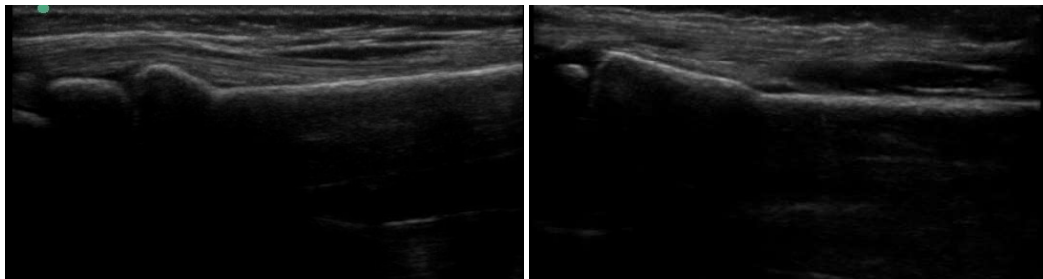
117. irudia. Errodete motako haustura erradiala.



118. irudia. Errodete motako haustura erradiala erradiologia arrunt eta ekografiako luzetarako proiektzioko plano desberdinetan ⁽⁹⁸⁾.

○ Zurtoin berde erako haustura

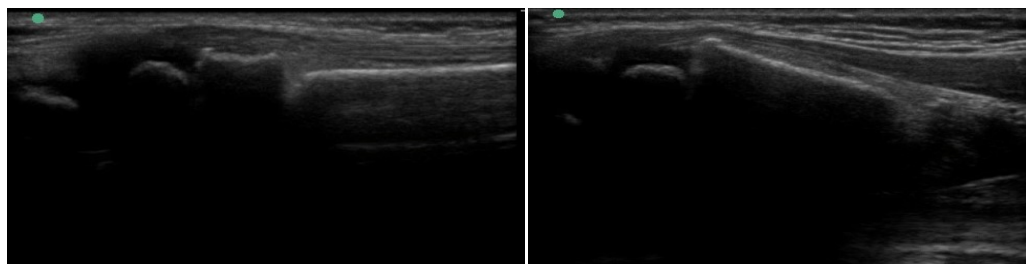
Zurtoin berde erako hausturen ezaugarri bereizgarria hezuraren kortikaletako bakar baten kaltea edo haustura da, bestea bere osotasunean mantenduz. Azterketa ekografikoan kaltetutako kortikalean bat bateko lerrokatze edo angeluazio aldaketa antzematen da.



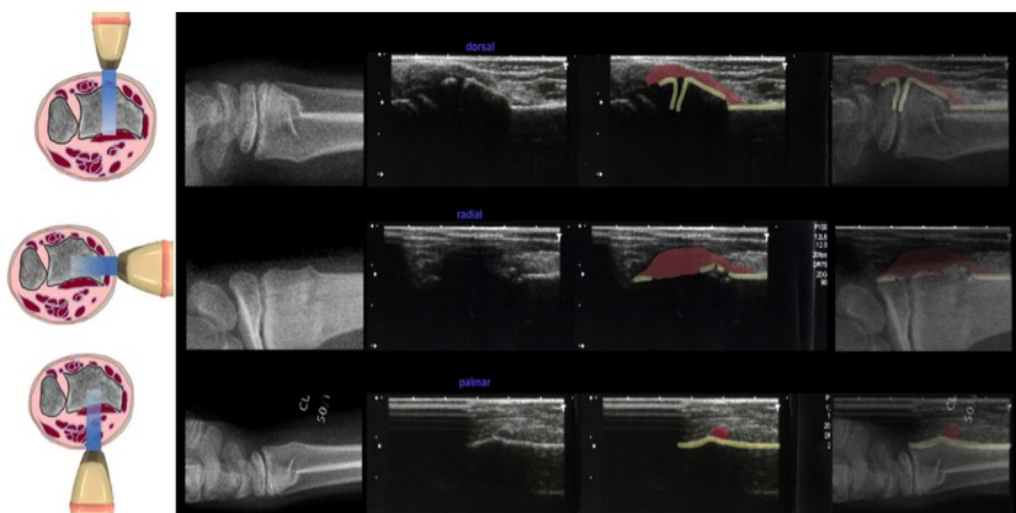
119. irudia. Zurtoin berde motako haustura metafisario erradiala.

○ Haustura osoa

Haustura osoen kasuan hezuraren kortikal biak kaltetuko dira; eta, sarritan, sortutako hezur zatien artean lerrokatze asaldurak gertatuko dira. Kasu horretan, hezur kortikaren etetea nabarmenduko da azterketa ekografikoan. Bi kortikalak plano berean ikusterik ez dagoenez, plano ezberdinak beharko dira haustura hori behar bezala definitzeko.

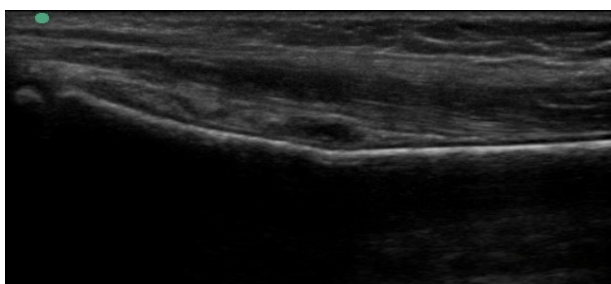


120. irudia. Haustura metafisario erradial osoa

121. irudia. Haustura metafisario erradial osoaren irudi ekografikoak eta erradiologikoak luzetarako proiezioko plano desberdinetan ⁽⁹⁸⁾.

- Inkurbazio plastikoa edo traumatikoa

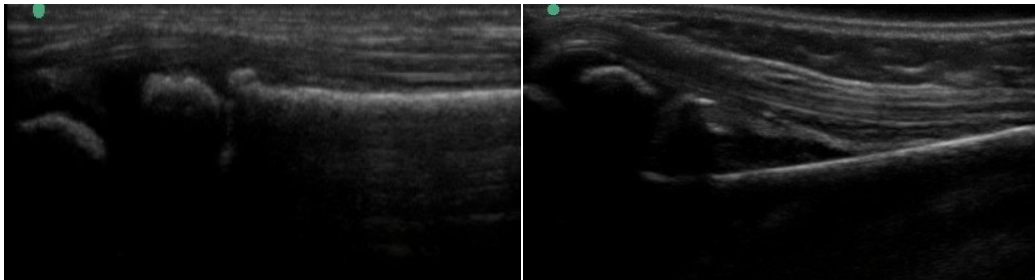
Orain arteko hausturekin alderatuz inkurbazio plastikoak badu berezitasun bat: balorazio ekografikoan ez da haustura lerro ez irregulartasun eremurik antzemango, eta horrek diagnostikoa zailduko du. Hezurraren miaketa osoa burutzen bada, ordea, horren gainazala ez dela guztiz lineala edo ibilbidean noranzko aldaketa ematen dela nabarituko da. Zurtoin berde erako hausturetan ez bezala, era horretakoetan noranzko aldaketa ez da bat-batekoa izango, progresiboa baizik. Oro har, mota horretako lesioak kubituan kokatuko dira; eta, gehienetan, erradio hausturekin batera aurkeztuko dira.



122. irudia. Inkurbazio plastikoaren irudi ekografikoa.

- Epifisiolisia

Epifisiolisiak hazkunde kartilagoa kaltetzen duten hausturak dira. Aurrez azaldu moduan, ekografian kartilagoa eremu anekoiko gisa marraztuko da; eta, beraz, bertan gertatutako edozein aldaketa ezin da xehetasunez behatu. Horrela, azterketa erradiologikoan bezala, fisia soilik kaltetzen duten Salter eta Harrisen I. eta V. motako hausturak nekez antzeman daitezke ekografian. Ostera, Salter eta Harrisen II., III. eta IV. motatakoak, metafisi edota epifisia ere mintzen dutenez, errazago bistaratuko dira. Jarraian, Salter eta Harrisen II. motako epifisiolisiari dagozkion irudiak ageri dira.



123. irudia. Besarurreko erradioko urruneko hereneko II.motako Salter eta Harris epifisiolisia. Eskuineko irudian, gainera, sortutako zatien desplazamendua ikus daiteke.

- Apofisi estiloidearen abultsio haustura

Besaurreko hezurrek beraien alderik distalenean apofisi bana dute, erradioaren edo kubituaeren apofisi estiloide izenaz ezagutua. Apofisi horien abultsio bidezko haustura soila aurkitzea ez da oso ohikoa haurtzaroan. Ahalegia, gehienetan, haustura horiek besaurreko hezurren lesio konbinatuen parte izaten dira, ohikoa izanik kubituaeren apofisi estiloidearen abultsioa eta erradioaren urruneko hereneko haustura batera gertatzea. Hori dela eta, gomendatzen da bi hezurren miaketa sakona burutzea. Azterketa ekografikoan apofisi estiloidearen eta gainerako kubituaeren arteko bereizketa hautematen da.

3.4.4. HEZUR ZATIEN ARTEKO LERROKATZE ASALDURAK ZEHAZTEA

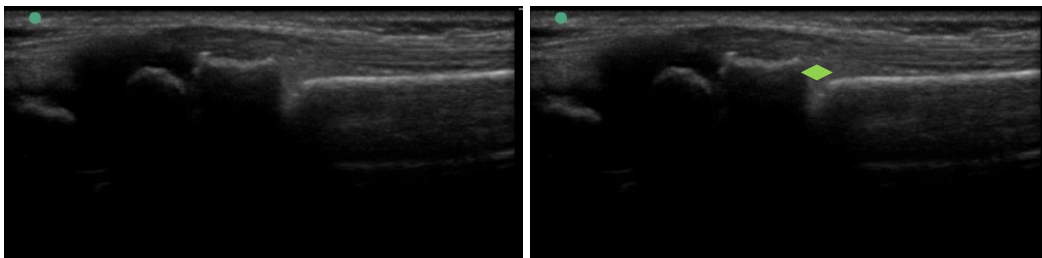
Arestian azaldu bezala, hausturen tratamenduaren oinarri nagusiak analgesia eta immobilizazioa dira. Zenbait kasutan ordea, bi puntu horiek ez dira aski izango eta neurri zehatzagoak ezarri beharko dira, hala nola haustura erredukzioa, odol hodi edo nerbioen konponketa,... Hori dela eta, edozein hausturaren tratamendua erabaki aurretik ondorengo hiru puntuak zehaztuko dira: haustura irekia den ala ez, odol hodi eta nerbioak bere osotasunean mantentzen diren ala ez; eta hezur zatien arteko lerrokatze asaldurarik dagoen ala ez. Lehenengo bi puntuak miaketa fisikoa egitean baloratuko dira. Bestalde, lerrokatze asaldurak, hau da, hezur zatien arteko desplazamendu edo angeluazioak, batzuetan ikuskapen soilarekin antzematen badira ere, oro har irudi proben bidez identifikatu ohi dira. Ekografia klinikoa erabilgarria da asaldura horien nondik norakoa zehazteko.

Hurrengo lerroetan ekografia bidez lerrokatze asaldurak nola ikusten diren eta horien magnitudea nola neurtzen den azaltzen da.

- **Desplazamendua**

Desplazamendu hitzak erreferentzia egiten dio hezur zatiak jatorrizko kokapenarekiko jasandako mugimenduari. Horrela bada, kontzeptu horrek hezur zatien arteko bereizketa edo bata bestearikiko gainezartzea hartzen ditu bere baitan.

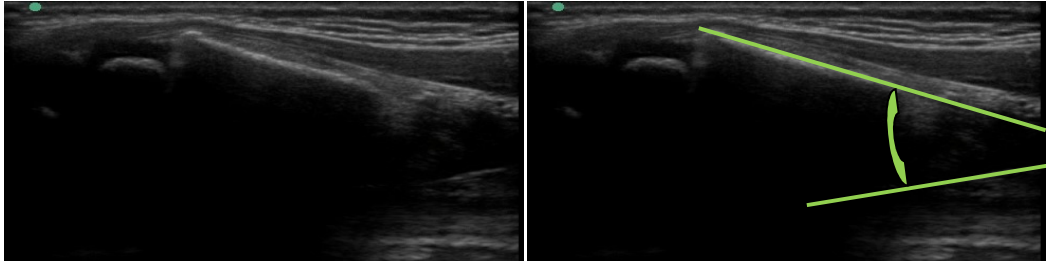
Hezur zatien arteko desplazamendua antzemanaz gero, haren dimentsioa zehaztuko da. Horretarako desplazamendu handieneko planoan irudia izoztu eta akatsa neurtuko da. Hurrengo irudian dugu horren adibideetako bat, zeinetan erradioko haustura metafisario oso desplazatua ikus daitekeen.



124. irudia. Erradioko haustura metafisario desplazatua.

- **Angeluazioa**

Aztertu beharreko beste parametroetako bat hezur zatien artean sortutako angelua edo angeluazioa da. Hori neurtzeko akats handieneko planoan lortutako irudia izoztu, eta hezur zati bakoitzaren kortikalari dagokion lerroa marraztuko da, bi lerroen ibilbideen elkargune edo ebakidurak angelua eratuz. Lerrokatze asaldura horren maila ezagutzeko sortutako angeluaren balio zehaztuko da. Balio hori haustura erreduzitzeko erabilitako irizpide nagusienetakoa da.



125 .irudia. Angeluaziodun erradioko haustura metafisarioa erradiala.

Oraindaino, ez da argitaratu hausturen erredukziorako irizpideak edo erreferentzia puntuak biltzen dituen kontsentsu gidarik. Hori dela eta, ospitale bakoitzak bere barne funtzionamendurako; eta, batez ere, erabakiak oinarritzeko protokoloak izan ohi ditu.

3.5. EKOGRAFIA KLINIKOA ETA HAUSTURA ERREDUKZIOA

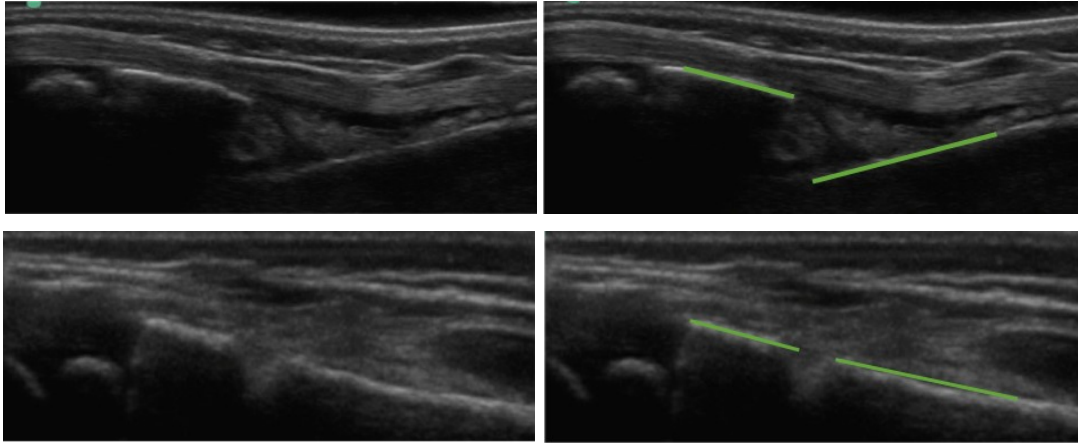
Aurreko puntuan azaldu bezala, haustura bakan batzuen maneirako analgesia eta immobilizazioaz gain, erredukzioa beharrezkoa izango da. Erredukzio behar hori adierazteko irizpideak ez dira argi ezagutzen eta hainbat aldagaik baldintzatzen dute. Hori dela eta, praktika klinikoan indikazio hori kasua daraman traumatologoaren araberakoa da.

Hausturaren erredukzio prozedura bi erataria egin daiteke. Batetik, forma itxia dago, kasu horretan haustura fokuan bertan zuzenean eragin gabe burutuko da erredukzioa. Bestetik, era irekia edo ebakuntza bidezko erredukzioa dago; zeinetan haustura eremuan bertan jardun eta zuzenketa anatomikoa bilatuko den.

Azken urteotan ekografia klinikoa gero eta garrantzi handiagoa hartzen ari da hausturen erredukzio itxian. Izan ere, erredukzio itxia burutzeko ohiko prozedura honakoa da: haustura motaren eta kokapenaren arabera traumatologoak teknika bat ala beste erabiliz horren erredukzioa burutuko du. Ondoren kaltetutako gorputz adarra immobilizatu eta kontrol erradiografikoa egingo da emaitza edo lortutako erredukzio maila egokia dela egiaztatzeko. Kasu gehienetan emaitza onargarria izango bada ere; batzuetan, lortutako lerrokatzea ez da egokitzat hartuko. Azken horietan, igeltsuzko ferula kendu eta prozedura behin eta berriz errepikatuko da hausturaren egokitasuna berretsi arte.

Testuinguru horretan, azken hamarkadan, hainbat artikulu argitaratu dira ekografiak klinikoak prozeduren jarraipenerako eskaintzen dituen abantailak goraiatuz. Hausturen erredukzioari dagokionez, azpimarratu beharra dago ekografia klinikoak irudiak denbora errealean ikusteko aukera ematen duela; eta, beraz, hezur kortikalak jasandako aldaketak unean bertan antzemango dira. Ekografia klinikoa prozedura burutzen den unean bertan edo hori bukatzean erabil daitekeenez, ekografiak gidatutako erredukzioaz zein ekografiaz lagundutako erredukzioaz hitz egiten da, hurrenez hurren ^(84,86,95,96,99).

Erredukzioaren jarraipen ekografikoak ez dakar inolako zailtasunik; izan ere, aldeztu aurretik egindako prozedura bera errepikatu eta bi azterketetan lortutako emaitzak alderatuko dira.



126. irudia. Erradioko urruneko hereneko haustura metafisario osoa eta honen erredukzioa. Goiko irudiak: erredukzio aurreko irudiak, 20° baino angeluazio handiagoarekin. Beheko irudiak: erredukzio itxi ostekoak.

II. JUSTIFIKAZIOA

II. KAPITULUA: IKERKETAREN JUSTIFIKAZIOA

Besurreko traumatismoak Pediatriako Larrialdi Zerbitzuetako kontsulta arrazoen artean ohikoenetakoak dira. Hautzaroan zehar hurrek besurreko traumatismo ugari jasaten dituzte; eta, beraz, ez da arraroa izaten paziente bera traumatismo horiengatik behin eta berriz artatu behar izatea osasun zentro zein larrialdi zerbitzuetan.

Literaturan irakur daitekeenez besurreko urruneko hereneko hausturak garai pediatrikoko haustura ohikoenak dira ^(20,21). Haustura horiek eragin ditzaketen traumatismoak aztertzerako orduan miaketa fisikoa da abiapuntu nagusia. Pediatriako paziente batzuen kasuan balorazio hori, ordea, zaila suerta daiteke, haurrak eskainitako laguntza urria izan daiteke eta. Hala, batzuetan, beharrezkoa izaten da miaketa fisikoa irudi proba batekin osatzea. Gaur egun, erradiografia arrunta da hezur hausturak hautemateko erreferentziazko irudi proba, bere sentikortasun eta espezifikotasun altuari esker ⁽¹⁰⁰⁾. Aipatutako azterketa erradiologiko hori kaltetutako eremuan erradiazio ionizatzailea edo X izpiak ezartzean oinarritzen da. Ezaguna da erradiazio ionizatzailea osasunerako kaltegarria dela, mutazio genetiko eta tumore batzuen eraketa prozesuen abiarazle izan daitekeelarik ^(35,44,45,47). Gainera, haurrak erradiazio mota horren aurrean bereziki sentikorrek direla onartzen da, bai eta metatutako erradiazioen ondorioak agertzeko urte gehiago dituztela ere ^(35,44).

Besurreko irudi erradiologikoak eskuratzeko erabilitako erradiazio ionizatzaile kantitatea gutxienekoa da (0.01 mSv baino txikiagoa); hala ere, ez da ezagutzen zein atalasetatik aurrera gerta daitezkeen deskribatutako albo ondorioak; eta, beraz, eskuratutako erradiografia bakoitzak bere garrantzia du.

Azken urteotan, ekografia klinikoa, hau da, erradiodiagnostikoan espezializatuta ez dagoen profesionalak pazientearen ohearen oinean egindako ekografia, medikuntzako hainbat esparrutan zabaltzen ari da. Izan ere, erradiazio ionizatzailek igorri gabe ohiko miaketa fisiko zabaltzea ahalbidetzen duen tresna klinikoa da ^(68,79,80). Hezur luzeen hausturak diagnostikatzeko ekografia klinikoa baliagarria dela frogatzen duten ikerketa ugari argitaratu dira azken hamarkadan; horien artean, besurreko urruneko hereneko hausturak barne hartzen dituztenak nabarmentzen direlarik. Esan bezala, horiek pediatriako haustura ohikoenak dira ^(34,84,96,98,99).

Beraz, guzti hori jakinik, premiazkoztat jotzen da ondorengo aztertzea: besaurreko urruneko hereneko hausturen diagnostikorako ekografia klinikoaren erabilgarritasuna Pediatriako Larrialdi Zerbitzuetan.

III. HIPOTESIA

III. KAPITULUA: HIPOTESIA

Azken urteotan, garai pediatrikoko besaurreko urruneko hereneko hausturen diagnostikorako ekografia klinikoak duen erabilgarritasuna aztertzen duten hainbat ikerlan argitaratu dira. Horien arabera, %97ko sentikortasuna eta %95eko espezifikotasuna dauka proba mota horrek.

Azterketa bibliografikoan lortutako datuak kontuan hartuta, ondorengo hipotesiak ezarri dira lan honen hasiera gisa:

1. Ekografia klinikoa Pediatriako Larrialdi Zerbitzuetan besaurreko urruneko hereneko hausturak diagnostikatzeko tresna kliniko erabilgarria da .
2. Erraza da profesionalen prestakuntza edota gaitasun maila egokia lortzea ekografia klinikoaren bitartez besaurreko urruneko hereneko hausturak diagnostikatzeko.

IV. HELBURUAK

IV. KAPITULUA: HELBURUAK

Aurreko kapituluaren adierazitako lan hipotesiak ezarri ondoren, ondorengoak dira lan honen bitartez lortu nahi diren helburuak:

HELBURU NAGUSIA

1. Pediatriako Larrialdi Zerbitzuetan ekografia klinikoaren erabilera eta zehaztasuna ebaluatzea besaurreko urruneko hereneko hausturen diagnostikorako, erradiografia arruntarekin alderatuta.

BIGARREN MAILAKO HELBURUAK

1. Besaurreko urruneko hereneko hausturen ekografia klinikoaren bidezko diagnostikorako gaitasun maila egokia lortzeko beharrezko prestakuntza zehatea.
2. Ekografia klinikoaren bidez haustura atzemanaz gero, haustura horren mota eta kokapena bereizteko teknika horren balioa ikertzea.
3. Haustura kasuetan, ekografia klinikoaren erabilgarritasuna aztertzea lerrokatze asaldurak antzeman eta horien kuantifikazioa burutzeko.

**V. MATERIALA ETA
METODOA**

V. KAPITULUA: MATERIALA ETA METODOA

1. IKERKETAREN GARAPENA

Ikerketa hau Basurtuko Unibertsitate Ospitaleko Larrialdi Pediatrikoen atalean burutu da. Larrialdi gune horretan haur jaioberrietatik hasi eta hamabost urtera arteko pazienteak artatzen dira; urtean, gutxi gorabehera, 26.000 kontsulta inguru izaten direlarik. Artatutako gaixoen %23 ingururen kontsulta arrazoia traumatismoekin lotua egon ohi da; eta, beraz, batzaz beste, 6.000 bisita eragiten dituzte urtean.

Ikerketa aldia 2015eko uztailaren 1etik 2016ko abenduaren 31ra bitartekoa izan da, hau da, hamazortzi hilabetetako.

Azterketa hasi baino lehen, lan proiektua Bilbo-Basurtuko Erakunde Sanitario Integratuko (ESI) Etika eta Ikerketa Klinikoko Batzordeak baloratua izan da, batzorde horren onespena jasoz.

2. IKERKETA MOTA

Ikerketa hau behaketa erako azterlan prospektiboa da. Lagina hautatzerako orduan erabilitako irizpide nagusia ikertzaileen eskuragarritasuna izan da, hori bakoitzaren lan ordutegiaren eta Pediatriako Larrialdi Zerbitzuko unean uneko lan kargaren arabera izanik. Hori horrela, gaixoak biltzeko era ondoz ondokoa izan da, eta ez da inolako ausazko hautaketa prozesurik izan.

3. IKERTUTAKO BIZTANLERIA

Aztertutako lagina Basurtuko Unibertsitate Ospitaleko Larrialdi Pediatrikoen atalean besaurreko urruneko hereneko traumatismoagatik artatu eta hurrengo puntuan zehaztutako irizpideak betetzen dituzten pazienteek osatzen dute.

4. IKERKETAN ONARTUA IZATEKO IRIZPIDEAK

Pazienteak ikerketan onartuak izateko bete beharreko irizpideak honako hauek izan dira:

- Pediatriako Larrialdi Zerbitzuan artatutako hamabost urtetik beherako pazienteak izatea.
- Besaurreko urruneko herenean traumatismoa jasan izanaren aurrekaria izatea.
- Miaketa ostean besaurreko urruneko hereneko haustura susmoa dela eta hezur erradiografia arrunta eskatzea.
- Pazientearen tutore edo legezko ordezkariak ikerketan parte hartzeko onespena ematea, baimen informatua sinatuz.

5. BAZTERTZEKO IRIZPIDEAK

Jarraian, pazienteak ikerketa honetatik kanpo uzteko aintzat hartu diren arrazoiak jasotzen dira:

- Hausturaren aurretiko diagnostiko erradiologikoa izatea.
- Haustura irekia izatea.
- Odol hodi edota nerbio sistemaren lesio susmoa izatea.
- Ezegonkortasun hemodinamikoa izatea.

6. IKERTZAILE TALDEA

Ikerketa hau profil profesional ezberdineko bi pediatrek burutu dute. Lehenengo ikertzailea, hamar urtetako esperientzia klinikoa duen Larrialdietako Pediatra da. Horrek ekografia klinikoan prestakuntza izateaz gain, azken hiru urteetan ekografia klinikoa bere eguneroko jardunean erabili du. Bigarren ikertzailea, berriz, lehen urteko pediatriako barne mediku egoiliarra (BAME) da, esperientzia kliniko mugatuduna eta ekografia klinikoan ezagutzarik gabea.

Azterlana hasi aurretik, barne mediku egoiliarrak ekografia klinikoari dagokion oinarrizko prestakuntza jaso du, zeina hiru ataletan bereizi den. Hasteko, hezur ekografia normala eta patologikoa ezberdintzeko saioa; ondoren, eredu osasuntsuekin praktika; eta bukatzeko, Larrialdietako Pediatrak gainbegiratuta larrialdietan artatuko hogeita bost pazienteri ekografia egitea.

7. IKERKETA PROTOKOLOA

Ikerketa hau egiteak ez du ohiko praktika klinikoan aldaketarik eragin, miaketako unean proba kliniko bat baino ez da gehitu. Hala, pazientea Pediatriako Larrialdietara iristean mediku ikertzaileak hura artatu eta ohiko azterketa fisikoa burutuko du. Puntu horretan gorputz adarraren miaketa zehatza egingo da, ikuskapena, haztapena eta odol hodi eta nerbioen balorazioa barne hartzen dituena.

Horrez gain, pazientea jasaten ari den mina ezagutu eta horren intentsitatea neurtuko da. Azken horretarako, pazientearen adinaren eta garapen kognitiboaren arabera min eskala ezberdinak erabiliko dira. Azterlan honetan erabilitako eskalak ondorengoak dira (41,61,65).

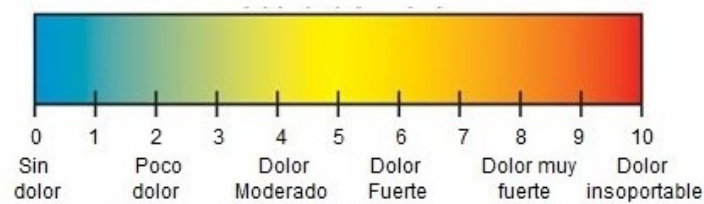
- FLACC eskala: hurrengo bost itemen balorazioan oinarritutako jokabide eskala objektiboa da: aurpegi adierazpena, hanken mugimenduak, jarduera, negarra eta kontsolatzeko aukera. Item horietako bakoitza zero puntutik bira balioesten da. Zenbat eta puntuazio handiagoa izan, orduan eta handiagoa izango da minaren intentsitatea; sei puntutik gorako puntuazio min handiaren adierazle da. Eskala hori haur ez kolaboratzaileetan erabiltzen da; oro har, lau urtetik beherakoetan.

Parámetros	Puntaje		
	0	1	2
Cara	Sin expresión particular o sonriente	Muecas o ceño fruncido en ocasiones, desinterés, reservado	Ceño fruncido de frecuente a constante, mandíbula apretada, temblor en la barbilla
Piernas	Posición normal o relajadas	Intranquilas, inquietas, tensas	Pataletas o las piernas suben y bajan
Actividad	Yace tranquilo, posición normal, se mueve con facilidad	Se retuerce, cambia de postura, tenso	Se arquea, está rígido, se sacude
Llanto	No llora (despierto o dormido)	Gime o lloriquea, quejas ocasionales	Llanto constante, chillidos o sollozos, quejas frecuentes
Consuelo	Contento, relajado	Se tranquiliza al tocarlo, arrullarlo o platicarle; se le puede distraer	Dificultad para consolarlo o confortarlo

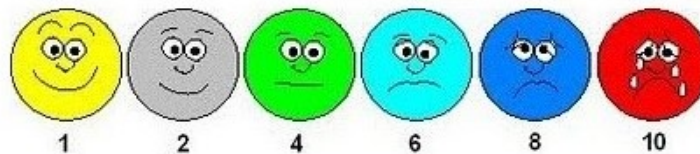
127. irudia. FLACC eskala: 0 puntu: minik ez. 1-2: min arina. 3-5: min moderatua. 6-8: min handia. 9-10: imajina daitekeen min handiena ⁽⁶⁵⁾.

- Aurpegiko marrazkien eskala edo kolore eskala: minaren intentsitatea sailkatzeko eskala subjektiboak dira bi hauek, pazientea delarik pairatzen duen minaren intentsitatea adierazten duena. Hori horrela izan dadin, emozio ezberdinak adierazten dituzten aurpegiak edo lehenetsitako kolore tartedun orria erakutsiko zaizkio gaixoari; eta horrek une horretan bere egoera hobekien laburbiltzen duen aurpegi adierazpena

edo kolorea aukeratuko du. Bi eskala horiek hiru-zazpi urteko adin tartean erabilgarriak izan ohi dira, betiere gaixoek laguntzen baldin badute.

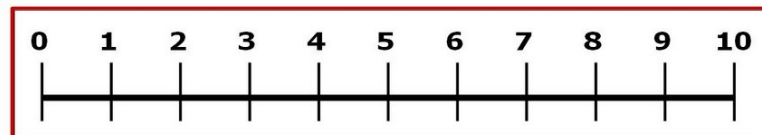


128. irudia. Min eskala subjektibo konbinatua: zenbaki eta koloreko eskala.



129. irudia. Eskala konbinatua: zenbaki, kolore eta aurpegien eskala.

- Mina baloratzeko zenbakizko eskala: beste eskala subjektiboetako bat da. Kasu horretan, pazienteari zerotik hamarrera bitarteko puntuazioz bere mina kuantifikatzeko eskatuko zaio. Gutxieneko garapen kognitiboa beharrezkoa da eskala hori ondo erabili ahal izateko; oro har, zazpi-zortzi urtetik aurrerako adin tartean erabiliko da.



130. irudia. Zenbakizko eskala. 0: minik ez. 1-2: min arina. 3-5: neurrizko mina. 6-8: min handia. 9-10: imajina daitekeen min handiena ⁽⁶⁴⁾.

Aldez aurreko balorazioak egin ondoren, neurri analgesiko ez farmakologiko eta farmakologikoak ezarriko dira, azken horretarako larrialdietako analgesia protokoloa hartuko da oinarritzat ⁽¹⁰⁰⁾.

Jarraian, ikertzaileak pazientearen datu demografiko (adina eta sexua) eta klinikoak (kaltetutako gorputz adarra, mina, hantura, ekimosia, deformitatea eta odol hodi edo nerbioen kaltea) jasoko ditu. Adina hilabetetan adieraziko da; sexua gizona ala emakumea; gorputz adarra eskuin ala ezker; eta gainontzekoak bai ala ez eran.

Pazientea	Adina (hilabetetan)	Sexua	Gorputz adarra	Mina	Hantura	Ekimosia	Deformitatea	Odol hodi/nerbio kaltea
1	153	Gizona	Ezkerra	Bai	Bai	Ez	Bai	Ez
2	167	Gizona	Ezkerra	Bai	Bai	Ez	Bai	Ez
3	99	Emakumea	Ezkerra	Bai	Ez	Ez	Ez	Ez
4	123	Emakumea	Ezkerra	Bai	Bai	Ez	Bai	Ez
5	105	Emakumea	Ezkerra	Bai	Ez	Ez	Ez	Ez
6	105	Gizona	Ezkerra	Bai	Bai	Ez	Bai	Ez
7	107	Emakumea	Ezkerra	Bai	Ez	Ez	Ez	Ez
8	108	Gizona	Eskuina	Bai	Bai	Ez	Ez	Ez
9	79	Emakumea	Eskuina	Bai	Bai	Ez	Ez	Ez
10	42	Emakumea	Eskuina	Bai	Ez	Ez	Ez	Ez

131. irudia. Ikerketako datu basearen irudia.

Ondoren, aztertzaileak, bere ezagutzen arabera, gaixo horren haustura probabilitatearen estimazioa burutuko du eta pazienteak hurrengo hiru taldeetako batean sailkatu: haustura probabilitate txikia, ertaina ala handia.

Jarraian, besurreko hezur luzeen azterketa ekografikoa egingo da. Balorazio hori egitean hezurretako bakoitza banan-banan miatuko da haustura zeinuen bila. Haustura zeinuak antzematen diren kasuetan, ondorengo aldagaiak zehaztuko dira:

- Hausturaren kokapena: erradio zein kubituaren urruneko hereneko zein atali eragiten dion ikertuko da. Horren arabera, haustura epifisario, fisario edo metafisario gisa sailkatuko da.
- Haustura mota: aurkikuntza ekografikoek zein haustura motaren aurrean aurkitzen garen zehazten lagunduko dute. Aurkikuntzotan oinarrituz hausturak inkurbazio traumatiko, epifisiolisi, apofisi abultsio, haustura ez oso (errodete zein zurtoin berde erakoak) edo osoen multzoan kokatuko dira.
- Lerrokatze asaldura: hausturaren ondorioz sortutako hezur zatien artean lerrokatze asaldurarik dagoen behatuko da. Baiezkotan, asaldura hori zein motatakoa den zehaztuko da, desplazamendu eta angeluazioa izaki ohikoenak.

Pazientea	Hezurra	Haustura	Kokapena	Mota	Desplazamendua	Angeluzioa
1	Erradioa	Bai	Epifisarioa	Epifisiolisia	Ez	Ez
	Kubitua	Ez				
2	Erradioa	Bai	Metafisarioa	Zurtoin berdea	Ez	10-20º
	Kubitua	Bai	Metafisarioa	Zurtoin berdea	Ez	10-20º
3	Erradioa	Ez				
	Kubitua	Ez				
4	Erradioa	Bai	Metafisarioa	Osoa	Bai	>20º
	Kubitua	Bai	Metafisarioa	Osoa	Bai	>20º
5	Erradioa	Ez				
	Kubitua	Ez				
6	Erradioa	Bai	Metafisarioa	Errodetea	Ez	Ez
	Kubitua	Ez				
7	Erradioa	Ez				
	Kubitua	Ez				
8	Erradioa	Ez				
	Kubitua	Ez				
9	Erradioa	Bai	Metafisarioa	Errodetea	Ez	Ez
	Kubitua	Ez				
10	Erradioa	Bai	Metafisarioa	Errodetea	Ez	<10º
	Kubitua	Ez				

132. irudia. Ikerketako datu basea: azterketa ekografikoko datuak.

Ekografia klinikoaren bidezko azterketa bukatzean, ikertzaileak bere iritzi diagnostikoa emango du aurkikuntza ekografikoetan oinarrituta. Ondoren, hezur erradiografia arrunta eskatu eta pazientea larrialdietako traumatologoak aztertuko du. Amaierako diagnostikoa azken horrek emango du balorazio klinikoan eta aurkikuntza erradiologikoetan oinarrituta; eta, betiere, pediatrek egindako balorazioaren berri izan gabe.

Paziente gehienentzat puntu horretan bukatuko da ikerketa, salbuespena izango dira ospitaleko protokoloaren arabera hausturaren erredukzio behar dutenak. Prozedura hori traumatologoaren irizpidearen arabera era itxian ala irekian eta larrialdi eremuan bertan zein ebakuntza gelan burutuko da. Pediatriako Larrialdi atalean erredukzio itxiak baino ez dira egingo. Kasu horietan, erredukzio aurreko eta osteko irudi ekografikoak jasoko dira, horrela bien arteko alderaketa egin eta bukaeran geratutako lerrokatze asaldura kalkulatu da. Prozedura farmako lasaigarri eta analgesikoen efektupean egingo da, eta aurkikuntza ekografikoak erradiografia arruntaren bidez baieztatuko dira.

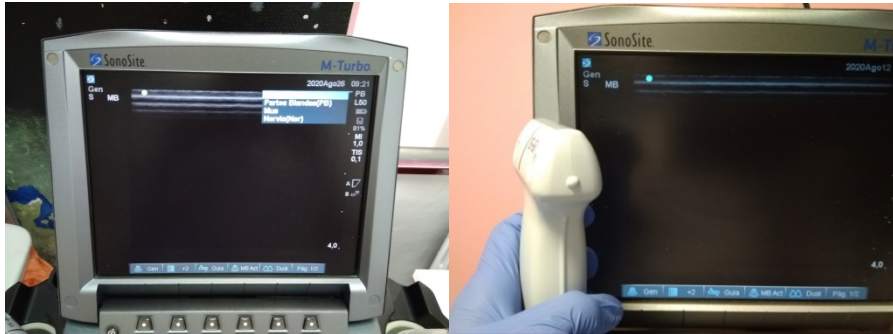
Pazienteen jarraipena, haurren traumatologiako eta ortopediako kontsultetan egingo da, ospitaleko protokoloaren arabera.

Datu guztiak sarbide mugatua duen datu basean jasoko dira.

Irudi teknikak

- Ekografia klinikoa

Azterketa ekografikorako Sonosite® enpresaren (FUJIFILM, SonoSite Ibérica, S.L., Madril, Espainia) M turbo motako ekografoa erabiliko da, maiztasun altuko (6-15 MHz) zunda linealarekin batera. Horrez gain, bi dimentsiotako modu ekografikoa eta aurre-konfigurazio muskulueskeletikoa aukeratuko dira balorazio burutzeko.



133. irudia. Azterketa ekografikorako erabilitako materiala.

Miaketa eremuan ekografia gela jarriz hasiko da azterketa ekografikoa. Gel geruzak, alde batetik, material eroale gisa jardungo du kaltetutako eremuaren irudia ikustea ahalbidetuz; eta, bestetik, zunda grafikoaren eta larruazalaren arteko zuzeneko kontaktua eragotziko du. Azken horrek miaketan zehar gaixoa mintzeko aukera gutxituko du.

Ondoren, zunda grafikoa hartu eta gel geruzaren gainean kokatuko da, aztertu nahi den hezur gainazalarekiko perpendikular. Gomendatzen da ikerketa pazienteak min handiena nabaritzen duen eremuan hastea. Kontuan hartu beharrekoa da zunda markagailuaren kokapena; izan ere, lortutako irudiaren interpretazioa baldintzatu dezake. Oro har, zunda markagailua aztertutako eremutik hurbilen aurkitzen den giltzadurarantz begira edo ekografoaren pantailan ageri den puntuaren orientazio berean jarriko da.



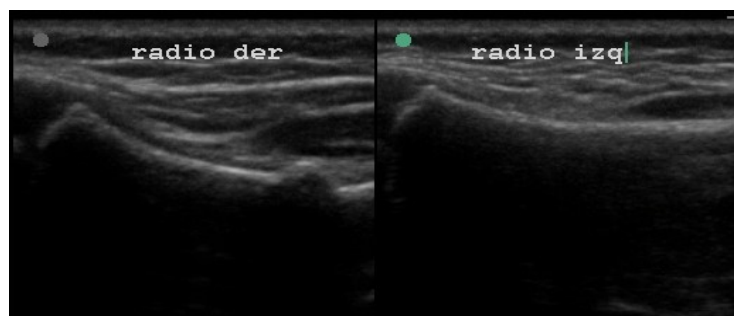
134. irudia. Azterketa ekografikoa: zunda markagailua.

Miaketa ekografikoa proiektzio eta plano ezberdinetan egingo da. Bi proiektzio nagusi ezagutzen dira: luzetarakoa, hezurraren ardatz luzearekiko paraleloa; eta zeharkakoa, ardatz horrekiko perpendikularra. Proiektzio horietako bakoitzean zunda grafikoaren kokapena aldatuz plano ezberdinak lortuko dira, horien artean aipamen berezia merezi dute besaurrearen atzealdekoak edo dortsalak, aurrealdekoak edo palmarrak, eta alboetakoak diren erradialak eta kubitalak.



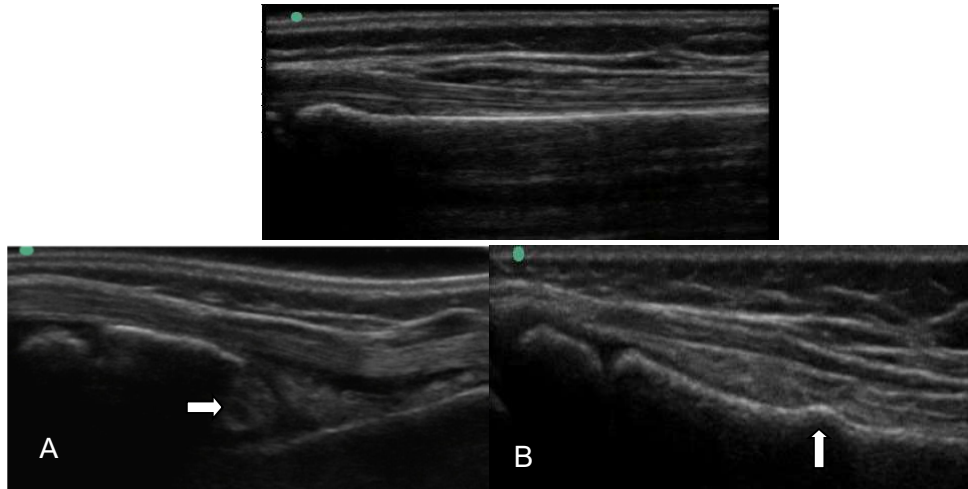
135. irudia. Kubituaren balorazio ekografikoa luzetarako proiektzioko bi plano ezberdinetan: plano dortsala (eskuinean) eta plano kubitala (ezkerrean).

Azterlan honetan, hezur bakoitzeko luzetarako proiektzioko bi plano elkarren artean perpendikular eskuratuko dira gutxienez. Zalantzazko kasuetan azterketa zeharkako proiektzioarekin osatuko da; horretarako, zunda grafikoa hezurraren ardatz luzearekiko perpendikularki jarriko da eta planokako balorazioa egin. Duda egoera horietan, lortutako irudiak kontrako aldeko gorputz adar asintomatikoarekin alderatzeko aukera dago. Azken hori fisi inguruko lesioak miazteko orduan bereziki baliagarria da, hazkunde kartilagoa barne hartzean horien balorazioa zailagoa da eta.



136. irudia. Irudi duala. Eskuinean minutako erradioa eta ezkerrean asintomatikoa.

Hezur kortikalaren egoera aztertuko da proiektzio eta plano ezberdinetan lortutako irudietan. Baldintza normaletan hezur kortikala irregulartasun edo etenik gabeko lerro hiperekogeniko gisa marraztuko da, hazkunde kartilagoari dagokion eremua jarraitasun horren salbuespena izanik. Ikerketa honetan hezur kortikalean antzemandako edozein eten edo irregulartasun hausturarekin bateragarria den aurkikuntza ekografikotzat hartuko da.



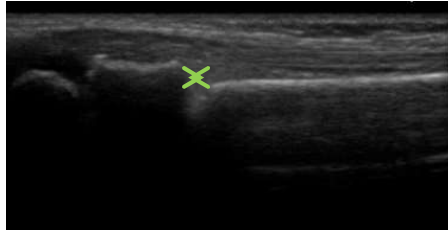
137. irudia. Goian: hezur kortikal normala. Behean: hausturarekin bateragarriak diren aurkikuntza ekografikoak: A) Kortikalaren etena. B) Kortikalaren irregulartasuna.

Horrez gain, haustura antzemanaz gero, haren kokapena zein den, zein motatakoa den eta lerrokatze asaldurarik dagoen zehaztuko da. Kokapenari dagokionez, lesioak metafisario, fisario eta epifisario gisa sailkatuko dira. Haustura mota definitzean honako bereizketa egingo da:

- Haustura metafisarioak: izenak adierazi bezala, metafisian kokatutako lesioak dira, eta oso ala ez oso gisa sailkatuko dira. Haustura metafisario osoa izango da hezuraren bi kortikalei eragiten dien lesioa; haustura ez osoa, ostera, kortikaletako bakarrari eragiten diona. Azken horien artean, aldi berean, errodetek eta zurtoin berde erako hausturak bereizi behar dira, lehena mendixka erako irregulartasun moduan ikusiz; eta bigarrena, berriz, bat-bateko kortikalaren angeluazio gisa.
- Haustura fisario edo epifisiolisiak: anatomikoki lesio metafisarioak badira ere, beraien berezitasunengatik beste talde batean sailkatuko dira. Haustura horien azpimotak Salter eta Harris sailkapenaren arabera zehaztuko dira.
- Haustura epifisarioak: talde honetan batez ere apofisiaren abultsio hausturak aurkituko dira. Gainerako lesioak, oro har, epifisiolisien parte izango dira.

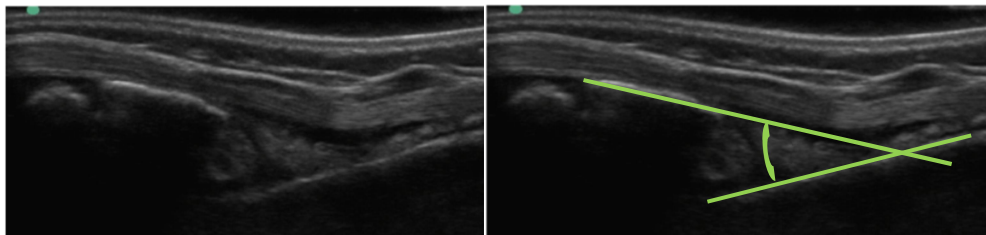
Horren ondoren, hezur zatien artean lerrokatze asaldurarik dagoen aztertuko da. Horretarako, sortutako hezur zatien arteko erlazioa ikertuko da, desplazamendu edo angeluaziorik dagoen ziurtatzeko.

Halaber, hezur zatien arteko desplazamenduzat hartuko da hezuraren jatorrizko kokapenarekiko jasandako edozein mugimendu. Desplazamendua neurtu ahal izateko, hezur zatien artean tarte gehien antzematen den planoan irudia izoztuko da; eta ondoren, bien arteko gehienezko distantzia neurtu.



138 irudia. Haustura erradial osoa sortutako hezur zatien arteko desplazamenduarekin.

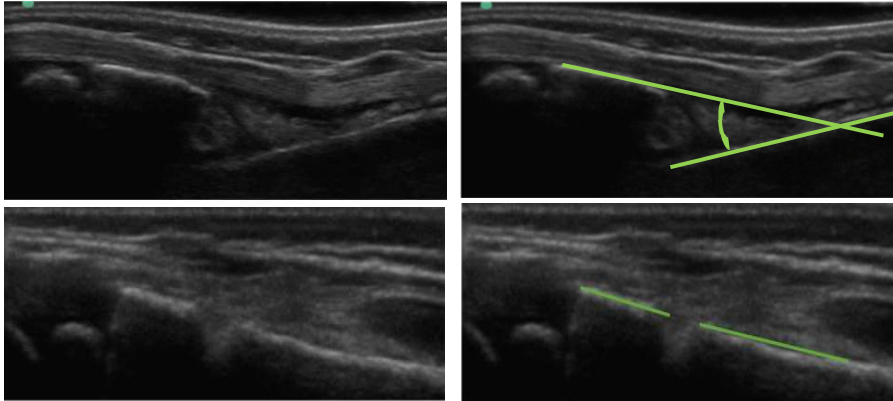
Bestetik, angeluazio asaldurak daude. Asaldura horietan hausturaren ondorioz hezur zatien arteko angelua aldatu egiten da. Hori neurtu edo mailakatzeko, lerrokatze alterazio handieneko planoak aukeratu, irudia gorde eta hezur zati bakoitzaren kortikalarekiko lerro paraleloa marraztuko da. Osteon, bi lerroen arteko elkarguneak sortutako angelua neurtuko da.



139. irudia. Erradioko haustura metafisario osoaren angeluazioa zehaztea plano erradialaren. Urruneko zatiaren goranzko desbideraketa.

Anegluazioari dagokionez, lortutako balioaren arabera pazienteak hurrengo hiru azpitalde hauetan sailkatuko dira: 10° baino angeluazio txikiagokoak, 10° eta 20° arteko angeluaziodunak; eta, azkenik, 20° tik gorako angeludunak. Informazio gehiago biltze aldera, desbideratutako zatiaren noranzkoa zehaztuko da, angeluazioa dortsala, palmarra, erradiala edo kubitala den adieraziz. Hautsitako hezur zatiaren noranzkoa behar bezala izendatzeko, kontuan hartu behar da, alboko planoetan ematen diren angeluazioak palmarrak (besaurrearen aurrealderanzkoak) edo dortsalak (besaurrearen atzelalderanzkoak) direla. Angeluazio erradialak edo kubitalak, bestalde, plano palmar zein dortsalean antzemango dira.

Lerrokatze asaldurak direla eta hausturaren erredukzioa adieraziko da zenbait kasutan. Prozedura hori gehienetan larrialdi zerbitzuan eta modu itxian burutuko da. Kasu horietan, orain arte deskribatutako miaketa ekografikoa errepikatuko da erredukzio ostean, horrela lerrokatze asaldurarik geratu den zehaztuko da, bai eta horren maila.



140. irudia. Haustura metafisario erradial osoari dagozkion irudiak plano erradialean. Goialdeko irudietan urruneko hezur zatiaren desbideraketa dortsala ikus daiteke. Beheko irudiak erredukzio itxiaren ondoren jasotakoak dira.

- Hezur erradiografia arrunta:

Besaurreko urruneko herena aztertzeko aurre-atzeko eta alboko proiektzio erradiologikoak eskatuko dira. Horietan haustura lerroaren presentzia ebaluatzeaz gain, hausturek eragin ditzaketen zeharkako zeinuak ere bilatuko dira. Izan ere, batzuetan, haustura lerroa ikusi ez eta horiek dira hausturaren adierazle bakarrak. Gogoratu beharra dago, erradiografietan lesio eremuaren alboko bi giltzadurak agertzea komeni dela batzuetan haustura anitzak aurki daitezke eta.



141. irudia. Besaurreko hezurren erradiografia arrunta. Aurre-atzeko eta alboko proiektzioak ⁽²¹⁾.

8. METODO ESTADISTIKOA

Ikerlan honetan pazientearen adina bezalako aldagai kuantitatibo jarraituak batuz besteko eta desbiderapen estandarren (DE) bidez deskribatuko dira, eta histogramen bidez irudikatu. Aztertutako aldagai gehienak ordea, aldagai kualitatibo nominalak dira, bai dikotomikoak (sexua, gorputz adar kaltetua, mina, hantura, ekimosia, deformazioa, odol hodi edo nerbioen kaltea, haustura, desplazamendua) zein politomikoak (haustura probabilitatea, angeluazio maila). Aldagai kualitatibo horiek zenbaki eta ehunekoen bidez adieraziko dira, eta sektore ala barra diagrama gisa irudikatu.

Horrez gain, ikertutako taldeen arteko alderaketak egiteko test estatistiko ezberdinak erabiliko dira. Esaterako, Z testa ⁽¹⁰¹⁾ aukeratuko da bi aldagai kuantitatibo jarraituen arteko erlazioa aztertu nahi den kasuetan. Aldagai kualitatibo kategorikoen arteko erkaketa burutzeko, ordea, χ^2 ⁽¹⁰²⁾ ala Fisherren test zehatza ⁽¹⁰³⁾ aukeratuko da. χ^2 -ren testa erabiltzeko kategorietako bakoitzak bost elementu baino gehiago izan beharko ditu; Fisherren test zehatza bost elementu edo gutxiagoko taldeetarako gordez.

Azkenik, besaurreko urruneko hereneko hausturen diagnostikorako ekografia klinikoak duen zehaztasuna kalkulatu da, hezur erradiografia arruntaren emaitzetan oinarrituta. Horretarako, Fleiss eta lankideek ⁽¹⁰⁴⁾ deskribatu bezala, ekografia klinikoaren sentikortasuna, espezifikotasuna, auresate balioak eta egiantza arrazoiak aztertuko dira. Emaitza horiek konfiantza tarteak erabiliz adieraziko dira.

Analisi guztiak Stata 14.1 bidez egingo dira (STATA Corp, College Station, tx, AEB). Lortutako p -ren balioa $< 0,05$ den kasuetan emaitza estatistikoki esanguratsutzat hartuko da.

9. ETIKA ETA KONFIDENTZIALTASUNA

Ikerketa honek Bilbo-Basurtu Erakunde Sanitario Integratuko (ESI) Etika eta Ikerketa Kliniko Batzordearen onspena du. Azterlana burutzeko orduan, batetik, 2013. urtean berrikusitako Helsinkiko adierazpenean deskribatutako printzipio etikoak jarraitu dira; eta, bestetik, praktika kliniko ona zehazten duen araudia (CPMP/ICM/135/95) bete da. Ikerketako datuak Datu Pertsonalen Babeserako 15/1999 Lege Organikoa eta Ikerketa Biomedikoari buruzko 14/2007 Legea aintzat hartuz erabili dira.

Ikerlan honetarako bildutako informazioa datu base batean gorde da, indarrean dagoen Datu Pertsonalak Babeserako legediak adierazi bezala inolako identifikazio edo informazio pertsonalik gabe. Datuok Datu Pertsonalen Babeserako 15/1999 Lege Organikoaren eta Datu Pertsonalen Babeserako abenduaren 13ko 15/1999 Lege Organikoa garatzeko erregelamendua onartzen duen abenduaren 21eko 1720/2007 Errege Dekretuaren arabera tratatu dira.

Ikertzaileek adierazi dute ez dutela inolako interes-gatazkarik.

VI. RESULTADOS

CAPITULO VI: RESULTADOS

1. ANALISIS DESCRIPTIVO GENERAL

1.1. Datos demográficos

En el estudio se incluyen un total de 180 pacientes, valorándose así 360 huesos, 180 radios y 180 cúbitos. La edad media de los pacientes ha sido de 8.8 años con una desviación estándar (DE) de 2.9 años y una mediana de 9.0 años.

En la Figura 142 se representa la distribución de los pacientes según la edad en años el día de la consulta. El 52% de los pacientes evaluados se corresponde con edades de entre 8 y 11 años, siendo los 9 años la edad más prevalente. Los pacientes menores de 4 años constituyen el 3.8% del total de la muestra y no se ha valorado ningún paciente menor de un año.

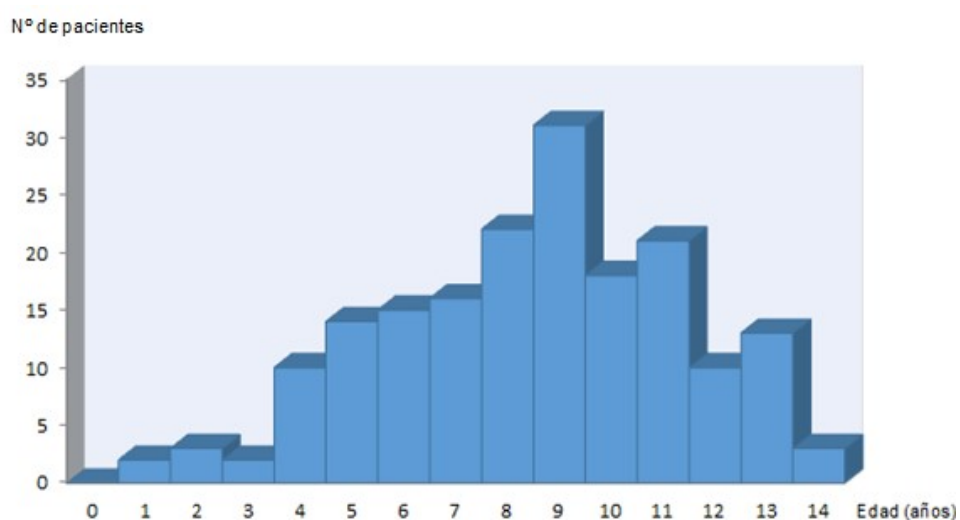


Figura 142. Distribución de los pacientes por edad en años.

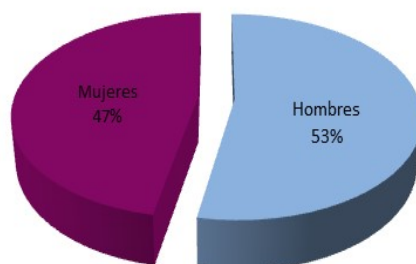


Figura 143. Distribución de la muestra de estudio según el sexo.

En cuanto al sexo de los pacientes, el 53% de los incluidos en el estudio han sido hombres. Aunque el género masculino ha sido mayoritario de forma global, la distribución no ha resultado homogénea en todos los grupos etarios. Tal y como se observa en la Figura 144 el género masculino predomina en las edades extremas de la muestra, mientras que el femenino destaca en las partes centrales de la misma.

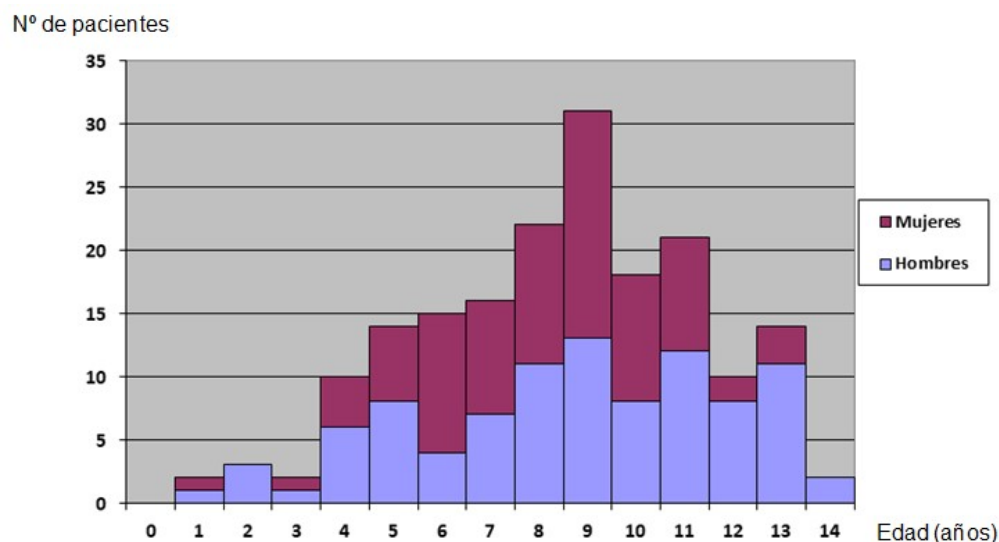


Figura 144. Distribución según el grupo de edad y el sexo.

En la Tabla 6 se presenta la distribución de los pacientes según edad y sexo clasificados en los 4 principales grupos etarios pediátricos, es decir, en lactantes (pacientes menores de 1 año), preescolares (edades correspondidas entre el año y los 6), escolares (entre los 6 y los 12 años) y adolescentes (mayores de 12 años).

Rango de edad	Mujeres	Hombres	Total
Lactantes (0 a 1 años)	0	0	0
Preescolares (1 a 6 años)	12	19	31
Escolares (6 a 12 años)	68	55	123
Adolescentes (12 a 15 años)	5	21	26
Total	85	95	180

Tabla 6. Distribución de los pacientes según el grupo de edad y el sexo

En la Tabla 6 se aprecia que la distribución de los pacientes no ha sido homogénea, siendo el grupo predominante el del paciente escolar, que ha constituido el 68% de toda la muestra. La aplicación del test exacto de Fisher por grupos de edad permite afirmar que

existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos ($p = 0.002709$).

Cuando se analiza la extremidad que ha sufrido el traumatismo (tabla 7), se detecta un ligero predominio del lado izquierdo (52%). No obstante, al fraccionar la muestra por sexos se observa que en las mujeres han sido más frecuentes los traumatismos en el hemicuerpo derecho (52%), mientras que en los hombres ha resultado más frecuente el izquierdo (56%). A pesar de esto, un análisis por medio de un test de Chi-cuadrado no encontró diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($p = 0.311091$).

	Hombres	Mujeres	Total
Derecha	42 (44%)	44 (52%)	86
Izquierda	53 (56%)	41 (48%)	94
Total	95	85	180

Tabla 7. Distribución de los traumatismos según la extremidad en el que se producen y el sexo del paciente.

1.2. Datos clínicos

En cuanto a los datos clínicos, cabe mencionar que el motivo de consulta de todos los pacientes ha constituido la presencia del dolor a nivel de antebrazo tras sufrir un traumatismo. En la exploración, en 82 (42%) de los casos se ha objetivado hinchazón o tumefacción en la región dolorida. En 29 (16%) pacientes de los previamente descritos, además de la tumefacción, se ha constatado deformidad de la extremidad, a la que se le ha asociado equimosis en 8 (4%) casos. En el transcurso del estudio no se ha evaluado ningún paciente con alteración neurovascular.

Datos clínicos	Total 180 n (%)
Dolor	180 (100)
Dolor + tumefacción	82 (46)
Dolor + tumefacción + equimosis	8 (4)
Deformidad	29 (16)
Alteración neurovascular	0 (0)

Tabla 8. Datos clínicos recogidos durante la exploración inicial.

Tras la exploración física, los pacientes se han clasificado en tres grupos según la probabilidad de fractura estimada por los investigadores, siendo el resultado el siguiente: 57 (32%) pacientes han sido etiquetados de probabilidad alta de fractura, 68 (38%) de probabilidad intermedia y los 55 (30%) restantes, se han encasillado en el grupo de probabilidad baja.

2. ANALISIS DESCRIPTIVO DE LOS PACIENTES CON FRACTURA DEL TERCIO DISTAL DEL ANTEBRAZO

2.1. Datos demográficos de los pacientes con fractura

De los 180 pacientes valorados, un total de 77 pacientes han presentado alguna fractura, dando lugar a una prevalencia de fractura del 42.7%. La media de edad de estos pacientes ha sido de 8.5 años con una desviación estándar de 3.1 años y una mediana de 8.7 años. El 26% de las roturas óseas ha ocurrido en pacientes de entre los 8 y 9 años de edad.

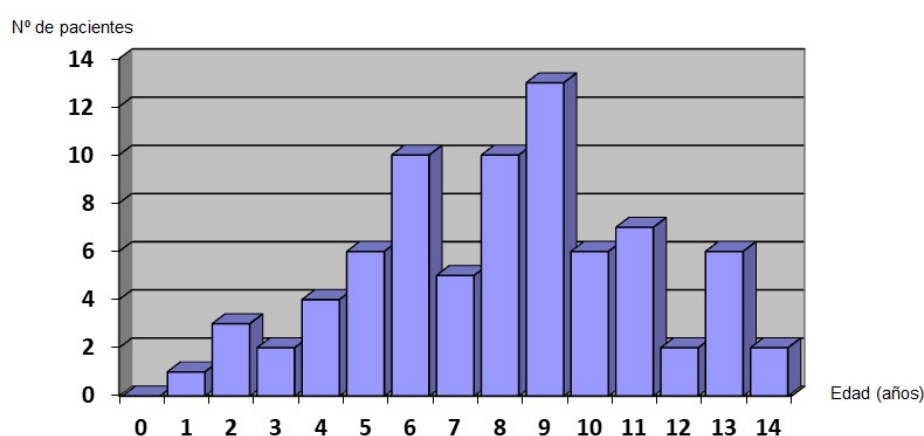


Figura 145. Distribución de los pacientes con fractura según su edad.

En cuanto al sexo de los pacientes con fractura, tal y como ocurre en la muestra general, la mayoría ha correspondido al sexo varón (53%). No obstante, se puede observar en la Figura 146 la distribución de los pacientes ha sido casi homogénea hasta los 11 años; a partir de dicha edad, se observa el predominio del sexo varón.

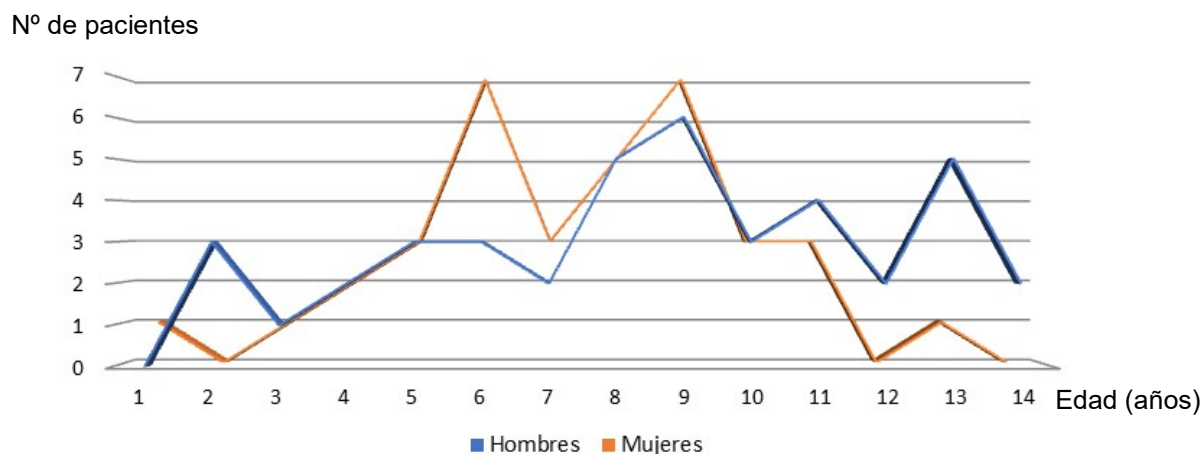


Figura 146. Distribución de las fracturas según edad y sexo.

En la Tabla 9 se recogen los datos de las fracturas según los periodos pediátricos preestablecidos.

Rango de edad	Mujeres			Hombres		
	Fractura (no)	Fractura (sí)	Total	Fractura (no)	Fractura (sí)	Total
Lactantes	0	0	0	0	0	0
Preescolares	5	7	12	10	9	19
Escolares	40	28	68	32	23	55
Adolescentes	4	1	5	12	9	21
Total	49	36	85	54	41	95

Tabla 9. Distribución de las fracturas según grupo de edad y sexo.

A pesar de observarse estas diferencias aparentes, la aplicación del test exacto de Fisher o el test de χ^2 , según corresponda, no aprecia la existencia de diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los cuatro grupos analizados: en el caso de los lactantes no hay fracturas en ninguno de los grupos; preescolares ($\chi^2 = 0.354, p = 0.5518$); escolares ($\chi^2 = 0.005, p = 0.9427$) y adolescentes ($\chi^2 = 0.891, p = 0.3451$).

Tal y como se describe en el apartado anterior, la extremidad que más frecuentemente ha resultado implicada ha sido la izquierda (52%). En la tabla 10 se recoge la relación entre la extremidad afecta y el sexo del paciente, así como el número de pacientes que presentan fractura en cada uno de los subgrupos.

Extremidad	Mujeres		Hombres	
	Fractura	Total	Fractura	Total
Derecha	18 (41%)	44	15 (36%)	42
Izquierda	18 (44%)	41	26 (49%)	53
Total	36 (42%)	85	41 (43%)	95

Tabla 10. Distribución de las fracturas según la extremidad en el que se producen y el sexo.

En lo relativo a la distribución de las fracturas según la extremidad, no existen diferencias estadísticamente significativas ni en mujeres ($\chi^2 = 0.078$, $gl = 1$, $p = 0.7802$), ni en hombres ($\chi^2 = 1.700$, $gl = 1$, $p = 0.1922$), ni en el global de ambos ($\chi^2 = 1.306$, $gl = 1$, $p = 0.2532$).

2.2. Datos clínicos de los pacientes con fractura

Cuando se analizan los datos clínicos de los pacientes que presentaron fractura, destaca que en la gran mayoría de los mismos (64 pacientes, 83%) se ha objetivado tumefacción a nivel de antebrazo. El segundo hallazgo más frecuente ha sido la deformidad de la extremidad, que se ha detectado en 29 (38%) pacientes. En todos aquellos en los que se ha apreciado deformidad aparente en la exploración se ha identificado una fractura. Algo similar ha ocurrido con los pacientes que han presentado dolor, tumefacción y equimosis; del total de 8 pacientes con la triada, 7 han sido diagnosticados de fractura.

Datos clínicos	Fractura 77 (n) (%)
Dolor	77 (100)
Dolor + tumefacción	64 (83)
Dolor + tumefacción + equimosis	7 (9)
Deformidad	29 (38)
Alteración neurovascular	0 (0)

Tabla 11. Datos clínicos de los pacientes que han presentado alguna fractura.

La estimación de fractura realizada por los investigadores en el caso de estos pacientes se resume en la Tabla 12: 52 niños se habían clasificado en el grupo de probabilidad elevada de fractura, mientras que los 25 restantes, se habían englobado en el de probabilidad intermedia.

Un 91% de los pacientes incluidos en el grupo de probabilidad alta de fractura ha presentado lesión ósea, mientras que en el grupo intermedio sólo se ha detectado rotura en un 38% de los pacientes. Ningún paciente con fractura ha sido incluido en el grupo de probabilidad baja.

Probabilidad de fractura	Total pacientes	Pacientes con fractura
Alta	57	52 (91%)
Intermedia	68	25 (38%)
Baja	55	0 (0%)
Total	180	77

Tabla 12. Distribución de los pacientes según probabilidad de fractura

3. VALIDEZ DE LA ECOGRAFÍA CLÍNICA PARA EL DIAGNÓSTICO DE FRACTURAS DEL TERCIO DISTAL DEL ANTEBRAZO

3.1. Detección y clasificación de las fracturas del tercio distal de antebrazo

De los 77 pacientes diagnosticados de fractura, 54 (70%) han presentado afectación de un único hueso, siendo en todos los casos el hueso implicado el radio. No se ha constatado ninguna fractura aislada del cúbito. En los 23 (30%) pacientes restantes, se han identificado fracturas combinadas del radio y cúbito. De ese modo, en el transcurso del estudio se han identificado un total de 100 huesos fracturados.

La distribución de las fracturas según la localización y el tipo de los hallazgos ha sido la siguiente: se han identificado 90 fracturas metafisarias, 5 fisarias y 5 epifisarias. En el subgrupo de las lesiones metafisarias, 67 se han correspondido con fracturas metafisarias incompletas, es decir, con lesiones de tipo rodete o de tipo tallo verde, siendo las otras 23 fracturas completas. El subgrupo de las lesiones fisarias lo conforman 5 fracturas de tipo epifisiolisis, mientras que el de las epifisarias se completa con otras 5 avulsiones de la apófisis estiloides.

Si se analizan los datos en función del hueso afectado, se objetiva que el 77% de las lesiones implican al radio, en el 72% de los casos en forma de fractura metafisaria y en el 5% como lesiones fisarias. La fractura metafisaria radial incompleta ha resultado ser la fractura más frecuente del estudio (58% del total de las fracturas). En cuanto a las fracturas cubitales se refiere, cabe destacar que, a diferencia de las roturas radiales, la distribución del tipo de las lesiones ha sido más homogénea. Se han contabilizado 18 fracturas metafisarias (9 incompletas y 9 completas) y 5 epifisarias, todas ellas avulsiones de la apófisis estiloides. No se han detectado avulsiones de estiloides radiales ni tampoco epifisiolisis cubitales.

Tipo de fractura	Total nº 100
Radio (total nº77)	
Metafisarias	72
- Incompletas	- 58
- Completas	- 14
Fisarias/epifisiolisis	5
Epifisarias	0
Cúbito (total nº23)	
Metafisarias	18
- Incompletas	- 9
- Completas	- 9
Fisarias/epifisiolisis	0
Epifisarias	5
- Avulsión del estiloides	- 5

Tabla 13. Distribución de las fracturas según su tipología.

A continuación, en la Tabla 14, se analiza la asociación entre la tipología de la fractura y el sexo de los pacientes. Para completar esta valoración se cuantifica cada una de las lesiones óseas por separado, aunque en 23 de los casos hayan formado parte de lesiones compuestas.

	Hombres	Mujeres	Total
Metafisaria incompleta	32	35	67
Metafisaria completa	18	5	23
Epifisiolisis	2	3	5
Avulsión de estiloides	4	1	5
Total	56	44	100

Tabla 14. Distribución de los tipos de fractura según el sexo del paciente.

La distribución del tipo de fractura ha resultado similar para ambos sexos en el caso de fracturas metafisarias incompletas y epifisiolisis. No obstante, la mayoría de las lesiones metafisarias completas y de las avulsiones de la apófisis estiloides han tenido lugar en el sexo varón. Según los resultados obtenidos de la aplicación del test de Fisher, se observan diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($p = 0.031418$).

En la Tabla 15 se analiza la relación entre el tipo de fractura y el rango de edad de los pacientes. En el primer año de vida no se ha identificado ninguna lesión. En el periodo preescolar solamente se han detectado fracturas metafisarias (22 en total), predominando entre ellas las lesiones incompletas (18). En el paciente escolar la muestra ha resultado más heterogénea, constatándose los cuatro tipos de fractura citados previamente. En este grupo etario las fracturas metafisarias incompletas ocupan la primera posición con 43 pacientes, seguidos de las metafisarias completas (15), epifisiolisis (4) y avulsiones de la apófisis estiloides cubital (3). En el paciente adolescente la distribución de las lesiones ha sido más diversa objetivándose 6 lesiones metafisarias incompletas, 4 completas, 1 epifisiolisis y 2 avulsiones de la estiloides cubital. No existen diferencias estadísticamente significativas por rango de edad entre grupos ($p = 0.2626$).

	Metafisaria incompleta	Metafisaria completa	Epifisiolisis	Avulsión del estiloides
Lactante	0	0	0	0
Preescolar	18	4	0	0
Escolar	43	15	4	3
Adolescente	6	4	1	2
Total	67	23	5	5

Tabla 15. Distribución de las lesiones según tipología y rango de edad.

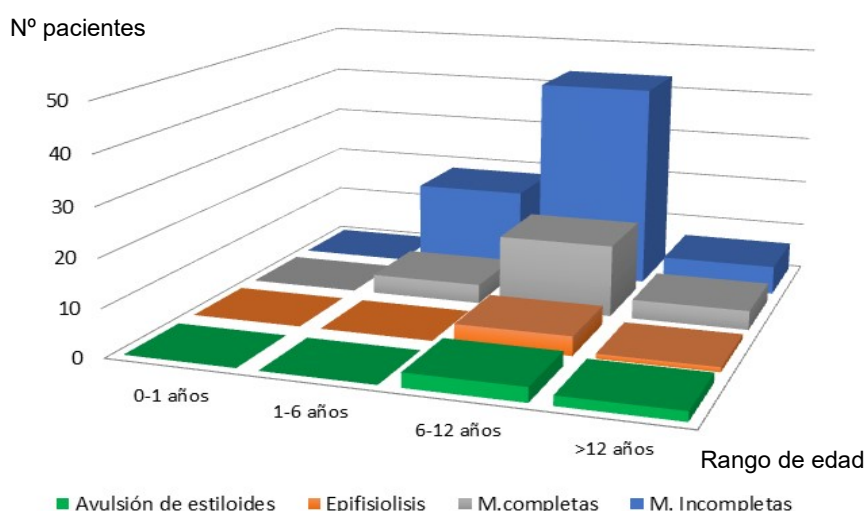


Figura 147. Distribución de las lesiones según tipología y rango de edad.

En lo referente a la distribución del tipo de fractura por sexo y rango de edad destacan los siguientes hallazgos:

Rango de edad	M. incompleta		M. completa		Epifisiolisis		Avulsión		Total
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	
Lactantes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prescolares	9	9	2	2	0	0	0	0	22
Escolares	18	25	12	3	2	2	2	1	65
Adolescentes	5	1	4	0	0	1	2	0	13
Total	32	35	18	5	2	3	4	1	100
	67		23		5		5		

Tabla 16. Tipo de fractura según el sexo y el rango de edad. M: metafisaria.

En pacientes prescolares no existen diferencias en la distribución de las fracturas entre hombres y mujeres, dado que presentan exactamente la misma distribución. En lo referente a pacientes escolares sí se aprecian diferencias estadísticamente significativas en la distribución por tipo de fracturas entre hombres y mujeres ($p = 0.0472$). En el caso de los adolescentes no se detectan diferencias entre hombres y mujeres por tipo de fractura ($p = 0.9999$).

En el estudio se han identificado 23 pacientes con fracturas compuestas. Tal y como se puede observar en la Tabla 17, se han constatado 5 diferentes combinaciones de fractura, siendo entre ellas las más frecuentes las fracturas metafisarias radiocubitales tanto completas como incompletas.

Fracturas combinadas		Nº pacientes (%)
Radio	Cúbito	
M. incompleta	M. incompleta	9 (39.1%)
M. completa	M. completa	9 (39.1%)
M. completa	Avulsión del estiloides	3 (13.0%)
M. incompleta	Avulsión del estiloides	1 (4.4%)
Epifisiolisis	Avulsión del estiloides	1 (4.4%)

Tabla 17. Distribución de las fracturas compuestas. M: metafisaria.

En cuanto al sexo de los pacientes con lesiones múltiples cabe destacar que la mayoría (15 de los 23 casos) se ha producido en el sexo varón. En lo referente a la edad de los pacientes, es preciso mencionar que no se objetivan cambios respecto a los hallazgos previos. El rango de edad correspondiente entre los 6 y 12 años es el que ha presentado más lesiones combinadas (13), seguido de los niños de la etapa preescolar (7) y, finalmente, los adolescentes (3).

3.2. Análisis estadístico

En la valoración ecográfica se han objetivado 101 huesos del tercio distal del antebrazo con criterios de fractura, es decir, con interrupción o irregularidad en la cortical ósea. Sin embargo, al comparar los resultados con el diagnóstico de referencia, en nuestro caso la radiografía ósea, se han identificado 6 falsos negativos y 7 falsos positivos. De este modo, la sensibilidad y especificidad de la ecografía clínica para la detección de fracturas de huesos del tercio distal del antebrazo, en comparación de la radiografía, han sido 93.9% (IC95%: 87.3-97.7) y 97.3% (IC95%: 94.6-98.9), respectivamente. El valor predictivo negativo ha resultado ser de 97.7% (IC95%: 95.1-98.9), mientras que el valor predictivo positivo ha sido de 93.0% (IC95%: 86.5-96.5). El valor para la razón de verosimilitud positivo ha sido de 35.0% (IC95%: 16.8 -72.9) y para el negativo de 0.06% (IC95%: 0.03-0.14).

Sensibilidad (IC95%)	Especificidad (IC95%)	VPP (IC95%)	VPN (IC95%)	RVP (IC95%)	RVN (IC95%)
93.9 (87.3-97.7)	97.3 (94.6-98.9)	93.0 (86.5-96.5)	97.7 (95.1-98.9)	35.0 (16.8-72.9)	0.06 (0.03-0.14)

Tabla 18. Estudio estadístico comparativo de la ecografía clínica respecto a la radiografía ósea. IC: intervalo de confianza. VPP: valor predictivo positivo. VPN: valor predictivo negativo. RVP: razón de verosimilitud positiva. RVN: razón de verosimilitud negativa.

En las próximas líneas se profundiza el análisis estadístico y en la Tabla 19 se presentan los resultados obtenidos por cada uno de los investigadores. No ha podido procederse a un reparto equitativo de los pacientes dado que la selección de los mismos no se ha realizado de forma aleatorizada, se ha aplicado el muestreo por conveniencia según la disponibilidad de los médicos integrantes del equipo investigador. Así, el pediatra de Urgencias ha valorado a 66 niños y 132 huesos, mientras que la médico residente ha examinado a 114 pacientes y 228 huesos.

En el caso del Pediatra de Urgencias, se han detectado 2 falsos negativos y 4 falsos positivos en relación a la prueba de referencia. Por otro lado, durante las valoraciones ecográficas clínicas, la médica residente ha errado en el diagnóstico emitido en 7 ocasiones, siendo 4 los falsos negativos y 3 los positivos. De tal forma, los resultados estadísticos obtenidos por cada uno de ellos se recogen en la Tabla 19.

	Sensibilidad (IC95%)	Especificidad (IC95%)	VPP (IC95%)	VPN (IC95%)	RVP (IC95%)	RVN (IC95%)
Pediatra de Urgencias (n= 132)	94.9 (82.7-99.4)	95.7 (89.4-98.8)	90.2 (77.9-96.0)	97.8 (92.0-99.4)	22.1 (8.4-57.7)	0.05 (0.01-0.21)
Médico residente (n=228)	93.4 (84.1-98.1)	98.2 (94.8-99.6)	95.0 (86.1-98.3)	97.6 (94.1-99.1)	52.0 (16.9-159.9)	0.07 (0.03-0.17)

Tabla 19. Estudio estadístico comparativo de la ecografía clínica respecto a la radiografía ósea, según investigador. IC: intervalo de confianza. VPP: valor predictivo positivo. VPN: valor predictivo negativo. RVP: razón de verosimilitud positiva. RVN: razón de verosimilitud negativa.

A continuación, se compara la probabilidad de fractura estimada por los examinadores con los hallazgos ecográficos y los radiológicos. Tal y como se describe en el apartado anterior, los pacientes incluidos en el estudio han sido clasificados en tres subgrupos en función de la probabilidad de fractura estimada por el médico investigador. En el grupo de

alta probabilidad se han incluido 57 pacientes, de los cuales 53 han padecido una fractura según la valoración ecográfica; no obstante, en 52 casos se ha identificado una fractura en la prueba de referencia. Por otro lado, 68 pacientes han sido considerados de probabilidad intermedia para sufrir una fractura. De éstos, 27 han contado con criterios ecográficos de fractura; sin embargo, la radiología lo ha confirmado en sólo 25 de ellos. Para finalizar con este apartado, cabe destacar que ninguno de los que ha sido catalogado de riesgo bajo de fractura ha presentado datos ecográficos o radiológicos que lo sugirieran.

Probabilidad de fractura estimada		Radiografía	Ecografía clínica		
Grupo	Nº pacientes	Nº de pacientes con fractura	Pacientes con fractura	Falsos negativos	Falsos positivos
Alta	57	52	53	2	1
Intermedia	68	25	27	4	6
Baja	55	0	0	0	0

Tabla 20. Relación entre probabilidad clínica de fractura estimada por los investigadores y los hallazgos radiológico-ecográficos.

4. PACIENTES CON INDICACIÓN DE REDUCCIÓN DE FRACTURA Y ECOGRAFÍA CLÍNICA

En el transcurso de este estudio se ha indicado, según el protocolo del hospital, la reducción de la fractura en 23 pacientes. Dicho procedimiento se ha realizado o bien en la sección de Urgencias Pediátricas, empleado en 18 de los pacientes, o bien en quirófano, en los 5 restantes.

Datos demográficos	Total 23 (nº) (%)
Sexo	
Hombre	15 (65)
Mujer	8 (35)
Edad (años)	
Media	9.6
Desviación estándar	2.7
Extremidad afecta	
Izquierda	15 (65)
Derecha	8 (35)

Tabla 21. Datos demográficos de los pacientes con reducción de la fractura.

En la Tabla 21 se recogen los datos relativos a los pacientes que han precisado reducción de la fractura. Cabe destacar que la edad media de estos pacientes ha sido de 9.6 años, con una desviación estándar (DS) de 2.7 años, incrementando casi en un año la media respecto al total de los pacientes con fractura. A continuación, en la Tabla 22, se analiza la distribución de dichos pacientes por rangos de edad preestablecidos.

Reducción de la fractura			
Rango de edad	No	Sí	Total
Lactantes	0	0	0
Preescolares	15	1	16
Escolares	34	17	51
Adolescentes	5	5	10
Total	54	23	77

Tabla 22. Reducción de fractura según el rango de edad.

Al realizar el análisis estadístico no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en la necesidad de reducción de las fracturas cuando éstas se clasifican por grupos de edad ($p = 0.1695$).

Otro de los datos demográficos que destaca entre los pacientes con indicación de reducción es que existe un predominio del sexo varón (65%). No obstante, al realizar el análisis estadístico entre los pacientes según el sexo, la presencia de fractura y la necesidad de reducción de la misma, tampoco se aprecian diferencias estadísticamente significativas ($\chi^2 = 1.888$, $gl = 1$, $p = 0.1695$).

Reducción de la fractura		
	Hombres	Mujeres
No	26	28
Sí	15 (37%)	8 (29%)
Total	41	36

Tabla 23. Reducción de fractura según el sexo del paciente.

Asimismo, el 65% de las lesiones que han precisado ser reducidas afectaban a la extremidad izquierda, aspecto que en la muestra global no sucede. Sin embargo, no existen diferencias significativas cuando se analiza la necesidad de reducción de fractura según la extremidad lesionada ($\chi^2 = 0.0006$, $gl = 1$, $p = 0.9801267$).

En la valoración clínica han presentado dolor todos ellos, asociando tumefacción en el 96% de los casos. La presencia de deformidad constituye el tercer dato clínico más frecuente, detectándose en el 65% de los casos. La equimosis ha sido un hallazgo poco frecuente que solamente se ha visualizado en 3 de los pacientes.

Datos clínicos	Nº pacientes (%)
Dolor	23 (100)
Tumefacción + dolor	22 (96)
Tumefacción + dolor + equimosis	3 (13)
Deformidad	15 (65)
Afectación neurovascular	0 (0)

Tabla 24. Datos clínicos de los pacientes con fractura con indicación de reducción.

De los pacientes que cumplían criterios para la reducción de la fractura, 14 han presentado lesiones compuestas de radio y cúbito, siendo las 9 restantes fracturas aisladas del primero. En el grupo de las fracturas compuestas, las lesiones predominantes han resultado ser las metafisarias completas de ambos huesos. Las roturas metafisarias incompletas y las combinaciones de fractura metafisaria radial o epifisiolisis radial con la avulsión de la apófisis estiloides cubital han completado este grupo. En el caso de las fracturas aisladas de radio, las lesiones metafisarias incompletas han sido las más prevalentes, seguidas por las metafisarias completas y finalmente las epifisiolisis.

Hueso fracturado	Nº pacientes (%)
Radio	9 (39)
Metafisaria incompleta	6
Metafisaria completa	2
Epifisiolisis	1
Radio y cúbito	14 (61)
Metafisarias incompletas	2
Metafisarias completas	9
Radial completa + avulsión estiloides cubital	2
Epifisiolisis radial + avulsión estiloides cubital	1

Tabla 25. Tipo de fractura reducida

En la valoración ecográfica, ante la presencia de fractura, se ha determinado la angulación máxima que existe entre los fragmentos óseos. En cuanto a los 23 pacientes que conforman este grupo, se han constatado los siguientes hallazgos: 14 pacientes presentaban una angulación entre fragmentos superior a 20°, mientras que los 9 restantes se han englobado en el rango de 10 a 20°.

Angulación ecográfica		
Lugar	10-20°	>20°
Urgencias	6	8
Quirófano	3	6
Total	9	14

Tabla 26. Relación entre la angulación máxima entre los fragmentos y lugar de reducción de fractura

En los 18 pacientes en los que la reducción de fractura se ha llevado a cabo en la sección de Urgencias, se ha cuantificado la angulación residual mediante ecografía, siendo inferior a 5° en todos los casos, lo que posteriormente se ha confirmado en la radiografía de control.

VII. DISCUSIÓN

CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN

1. ANALISIS DE LA MUESTRA

Tal y como se recoge en la introducción de este trabajo, la población en la que con mayor frecuencia se presentan las fracturas del tercio distal del antebrazo, se constituye por varones de entre 6 y 12 años de edad ^(7,9,19,20). Estos valores coinciden prácticamente con los obtenidos en nuestro estudio, lo cual puede sugerir que la muestra seleccionada haya sido representativa. Además, se observa un reparto demográfico similar en las publicaciones realizadas por Ransborg et al. ⁽¹⁹⁾ y De Pablos et al. ⁽⁷⁾, lo cual ratifica la idoneidad de la población diana. Precisamente, la distribución de las fracturas según la edad y el sexo descrita por Joeris et al. ⁽¹⁷⁾ y/o Hedström et al. ⁽²⁰⁾ se asemejan con los hallazgos de la muestra estudiada.

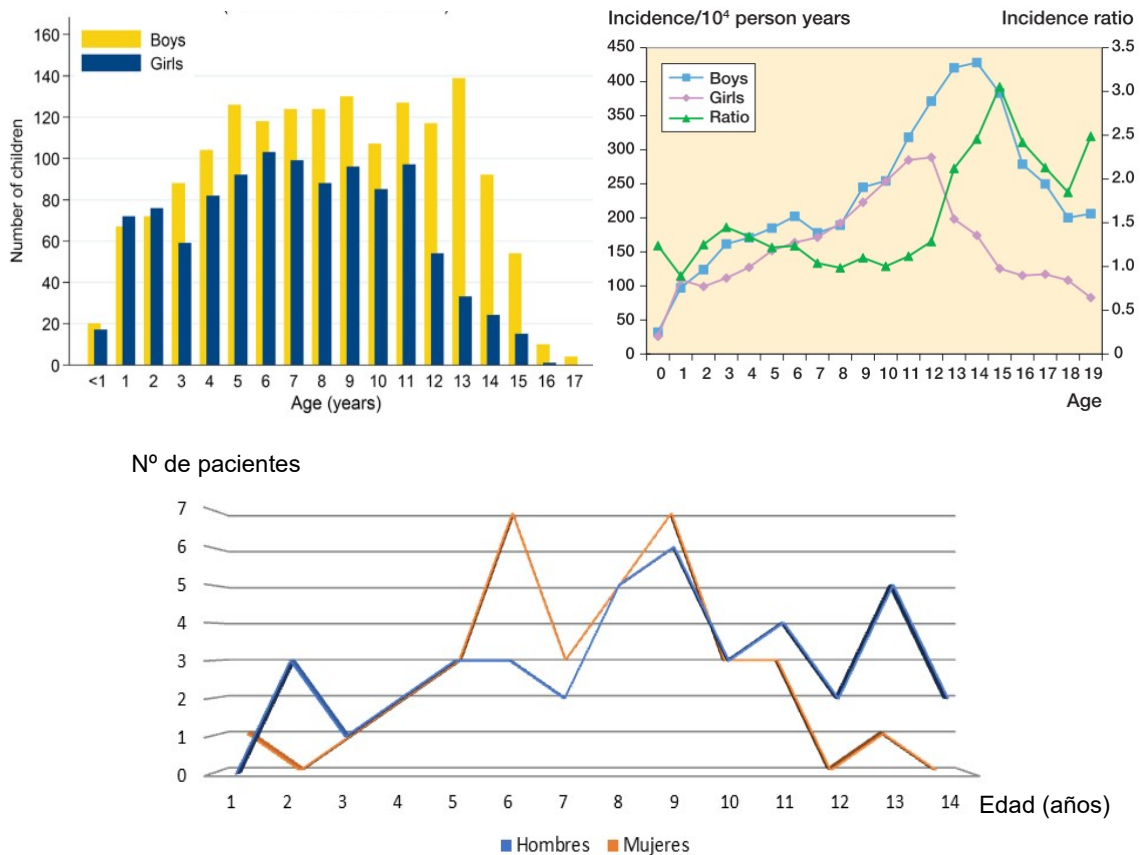


Figura 148. Distribución de los pacientes de acuerdo al sexo y la edad según Joeris et al. (arriba a la izquierda), según Hedström et al. (arriba a la derecha) y el presente estudio (abajo).

En ambas gráficas se observa el aumento progresivo del número de fracturas en el género masculino respecto al género femenino. La incidencia máxima de fractura en mujeres se identifica en el rango de edad correspondiente al paciente escolar, mientras que en los hombres esta frecuencia de fractura se mantiene estable en la edad escolar como en la adolescencia.

La prevalencia de fractura en este estudio ha sido de 42.7%. En los estudios publicados en éste ámbito existe una amplia variabilidad en cuanto a la prevalencia de fractura. Se podría afirmar que nuestros valores se localizan dentro del rango descrito, más bien cerca del rango superior del mismo ⁽¹⁰⁵⁾. Probablemente, en nuestro caso, este hecho esté en relación con el tipo de selección de muestra aplicado, ya que los pacientes han sido seleccionados mediante un muestreo por conveniencia según la disponibilidad de los investigadores. De modo que la población que se ha incluido en este trabajo no ha sido aleatorizada. Sin embargo, y a pesar de la elevada prevalencia de fractura, las características de los pacientes y la distribución de la muestra parecen coincidir con los valores descritos en la literatura ^(7,9,17,19,20).

2. CLINICA

La exploración física constituye la base de cualquier práctica clínica en medicina, de modo que los datos que se detectan en dicha exploración orientan al examinador a la hora de adoptar una actitud u otra. En este estudio se han recogido los datos clínicos identificados en la exploración de los pacientes siendo las variables analizadas las siguientes: dolor, tumefacción, equimosis, deformidad y la alteración neurovascular, resultando este último criterio de exclusión. Los pacientes han sido clasificados, en función de los hallazgos clínicos y la experiencia propia del investigador, en grupos de probabilidad alta, intermedia o baja de fractura. Dicha distribución se ha realizado de forma subjetiva ya que, hasta la fecha, no existe ninguna clasificación para la estratificación de estos pacientes. De tal manera que la decisión de encasillar a un paciente en un grupo u otro depende de los conocimientos y/o experiencia clínica de cada uno de los examinadores.

En el caso de las lesiones de tobillo, rodilla y pié están descritos unos criterios clínicos, conocidos como reglas de Ottawa, que permiten clasificar a los pacientes con posible fractura. En el caso de las lesiones de tobillo las reglas de Ottawa presentan una

sensibilidad próxima al 100% y una especificidad del 40% ^(106,107). No obstante, a la hora de valorar las lesiones del antebrazo distal no existen unas normas que permitan orientar la actitud clínica. Dada la elevada prevalencia de este tipo de fractura, más de una autor ha intentado solucionar este problema. Por ejemplo, en el año 2000, Pershad et al. ⁽⁹²⁾ realizaron un estudio con el fin de intentar relacionar los hallazgos clínicos, excluyendo la deformidad, con las fracturas de antebrazo. Estos concluyeron que los datos clínicos que mejor se relacionaban con las fracturas del tercio distal del antebrazo eran la presencia del dolor máximo a la palpación a nivel de radio distal y la disminución de la fuerza de agarre o de prensión. Otra de las variables analizadas fue la alteración del rango de movilidad, que en este caso, no se correlacionó con la presencia de fractura. Unos años más tarde, en el 2008, Calvo-Lorenzo et al. ⁽¹⁰⁸⁾ publicaron otro estudio con el fin de desarrollar unas normas de decisión clínica similares a las de Ottawa para la valoración de la articulación de la muñeca. Estos consiguieron describir unas reglas de decisión clínica que contaban con una sensibilidad del 100%; sin embargo, se percataron que su aplicabilidad se veía limitada dado que la tasa de radiografías que se ahorraba era insignificante (15.6%). Del mismo modo, en el año 2016, Slaar et al. ⁽¹⁰⁹⁾ validaron unos criterios clínicos, conocidos como Amsterdam Pediatric Wrist Rules, para facilitar la detección de las fracturas de antebrazo distal en pacientes pediátricos. Dichos criterios contaban con una sensibilidad del 95.9% y una especificidad del 37.3%; y se estimaba que permitirían reducir la tasa de radiografías en un 22%. No obstante, el año 2018 Mulders et al. ⁽¹¹⁰⁾ publicaron los datos obtenidos tras su implementación en cuatro hospitales, donde destacaba que la tasa final de radiografías evitadas resultó ser de un 6%. La diferencia de ahorro de radiografías observada entre este estudio y el previo de Slaar et al. ⁽¹⁰⁹⁾ lo atribuyen a que un 31% de los médicos no cumplió la recomendación de no realizar la radiografía. Asimismo, recalcan que si los profesionales se hubieran adherido a las recomendaciones se podrían haber evitado un 19% de las radiografías. De tal manera, hoy en día, persiste la dificultad para concretar o recopilar unas directrices para el manejo de los traumatismos de muñeca.

En nuestro trabajo, tal y como se describe en la literatura, el 100% de los pacientes que han presentado deformidad a nivel de antebrazo ha sido diagnosticado de fractura, constituyendo ésta la variable que mejor se ha correlacionado con el hallazgo de fractura. Por otro lado, se ha analizado la triada conformada por las siguientes tres variables: dolor, tumefacción y equimosis; que se ha relacionado con fractura en el 88% de los casos. Esta agrupación de síntomas, que hasta la fecha no ha sido estudiada por otros autores, podría resultar de utilidad a la hora de valorar a los pacientes con traumatismo a nivel de

antebrazo. No obstante, sería recomendable ampliar la muestra para evaluar asociación de fractura con la triada mencionada. La presencia aislada de dolor así como la asociación de dolor con tumefacción no parecen ser datos clínicos útiles para la clasificación de estos pacientes.

3. VALIDEZ DE LA ECOGRAFÍA CLÍNICA PARA EL DIAGNÓSTICO DE FRACTURAS

Los resultados de este estudio muestran que la ecografía clínica permite detectar fracturas del tercio distal del antebrazo con elevada sensibilidad (94%) y especificidad (97%), aun cuando ésta es realizada por un médico con limitada experiencia en ultrasonografía.

Los resultados obtenidos se asemejan a los recientemente publicados por Douma-Den Hamer et al. ⁽¹⁰⁵⁾ y Chartier et al. ⁽⁹⁶⁾ en sus respectivos metaanálisis. El primero de ellos, describe una sensibilidad del 97% y una especificidad del 95%, mientras que el segundo revela una sensibilidad y una especificidad del 93%.

3.1 Errores diagnósticos ecográficos

3.1.1 Falsos negativos

En el transcurso del estudio se han detectado 13 errores diagnósticos de la ecografía clínica en comparación con la radiografía ósea. En 6 de los 13 casos, en la prueba de referencia se ha visualizado una fractura ósea que ha pasado desapercibida en la exploración ecográfica; es decir, se han constatado 6 falsos negativos. Cuatro de esos falsos negativos corresponden a fracturas de tipo epifisiolisis, y los otros dos resultan avulsiones de la apófisis estiloides del cúbito.

Las epifisiolisis o las fracturas del cartílago de crecimiento son las lesiones que más dificultades plantean a la hora de su evaluación, ya que, como previamente se ha citado en el apartado de introducción, el cartílago en sí no es valorable por ultrasonografía. Por lo tanto, el examen se centra en el área perifisaria, área que en ausencia de fractura puede presentar irregularidades óseas. Además, en nuestro caso, las fracturas fisarias solamente han representado un 5% de todas las lesiones, constituyendo unas de las fracturas menos frecuentes del estudio. De modo que, su baja prevalencia asociada a la dificultad para la valoración del cartílago de crecimiento, ha supuesto una mayor dificultad diagnóstica y,

secundariamente, un incremento de la tasa de errores. En este contexto, autores como Barata et al. ⁽³⁴⁾, Weinberg et al. ⁽⁹⁹⁾ o Marshburn et al. ⁽¹¹¹⁾ que incluyeron la valoración fisaria y/o periarticular en sus estudios, presentaron una menor sensibilidad diagnóstica en comparación con aquellos investigadores que excluyeron dichas lesiones de su estudio.

Los dos falsos negativos restantes coinciden con avulsiones de la apófisis estiloides cubital, que forman parte de fracturas combinadas del radio y el cúbito. En ambos casos, se ha identificado correctamente la interrupción del radio mientras que la afectación del cúbito no ha sido detectada. Probablemente, tras el hallazgo de una primera fractura, el médico investigador no haya realizado una exploración lo suficientemente exhaustiva que hubiera permitido visualizar la avulsión de la apófisis estiloides cubital. En este estudio la técnica de exploración ecográfica que se ha aplicado ha sido la de valoración del tercio distal de cada uno de los huesos del antebrazo, con posterior adquisición de imágenes de ambos en al menos 2 planos, priorizando siempre el confort del paciente (no retirar la inmovilización previa si es que contaba con ella, no forzar cambios posturales,...). Esto último, probablemente, haya podido limitar la precisión de la exploración ecográfica en algunos casos; no obstante, el método de estudio utilizado también ha podido influir en los resultados obtenidos. En cuanto a la valoración ecográfica se refiere, en el año 2012, Eckert et al. ⁽⁹⁷⁾, publicaron un estudio donde hablaban de un análisis estandarizado en 6 planos ecográficos, 3 para cada hueso. Posteriormente, en el 2016, Douma-den Hamer et al. ⁽¹⁰⁵⁾, en su metanálisis, subrayan que la valoración en 6 planos permite la visualización circunferencial del hueso, reduciendo así el riesgo de no detectar las fracturas. Además de la valoración por planos, Kozaci et al. ⁽⁹⁵⁾, proponen una sistemática de estudio basándose en un cuestionario que consta de 8 preguntas. Es probable que el hecho de aplicar una secuencia de valoración facilite completar la misma.

1	Detect the presence of fracture (cortical disruption)
2	Determine the type of fractures (fissure, linear, fragmented, torus)
3	Measure the degree of angulation of the fracture
4	Measure the distance of stepping-off
5	Is there an extension of the fractures into the joint space?
6	Does the fracture include epiphyseal line?
7	Detect the presence of concomitant adjacent bone fracture (ulnar)
8	Control the presence of hematoma in the range of soft tissue and joint

Figura 149. Sistemática de estudio propuesta por Kozaci et al. ⁽⁹⁵⁾

En nuestro caso, únicamente se habían detectado las fracturas radiales, mientras que las cubitales pasaron desapercibidas. No obstante, en ambos casos y a pesar del error diagnóstico, el manejo o el tratamiento no se habría visto alterado.

3.1.2 Falsos positivos

Siguiendo con los errores presentados en el estudio, cabe mencionar que en 7 pacientes se ha informado la exploración ecográfica compatible con fractura ósea, mientras que en la prueba de referencia no se ha detectado su presencia. En todos ellos, en la valoración ecográfica, se han objetivado pequeñas irregularidades o interrupciones en la corteza radial, próximos a la articulación radio-carpiana o la placa fisaria. Tal y como se cita previamente, ambas localizaciones cuentan con superficies óseas difíciles de valorar, resultando así puntos frecuentes de error diagnóstico. Al respecto, Cho et al.⁽³²⁾ añaden que, anatómicamente, tanto la placa fisaria como los huesos accesorios, los centros de osificación secundarios y los canales de los vasos nutricios, se delinean como una discontinuidad de la superficie ósea, pudiendo así simular una fractura. En nuestro caso, conscientes de la ubicación tan conflictiva de los hallazgos, se ha comparado la extremidad en cuestión con la contralateral sana con el fin de discernir lo patológico de lo que pudiera ser normal. En los 7 casos, las imágenes comparativas han resultado diferentes a las del área a estudio. A pesar de no apreciar trazo de fractura en la prueba de referencia, en 5 de estos 7 casos, los traumatólogos de Urgencias, que se encuentran cegados a la valoración ecográfica, han decidido inmovilizar la extremidad afecta con férula de yeso. En estos pacientes, no se ha realizado radiografía comparativa de la extremidad contralateral en el momento agudo, y tampoco se ha podido valorar la posible existencia de callo óseo al no contar con una radiografía de control posterior.

3.2. Prueba de referencia: radiografía ósea

Aunque en este estudio se ha considerado gold estándar la radiografía ósea, se conoce que esta técnica no es infalible y que algunas fracturas resultan imperceptibles en ella. Weinberg et al.⁽¹⁰⁰⁾ describen una sensibilidad de 93.2% y una especificidad de 99.8% para esta prueba, mientras que Segal et al.⁽²⁹⁾ publican que entre un 2% y 18% de las fracturas óseas no son detectadas por radiografía ósea. Entre las posibles causas que conllevan a la no identificación de las fracturas, Segal et al.⁽²⁹⁾ destacan los factores relacionados con el paciente, la clínica, la técnica de adquisición de imagen y, por último, con la radiografía. En relación a esto último, algunos autores citan los siguientes motivos: fractura demasiado sutil

y/o oculta por estructuras superpuestas, así como la no impresión por la orientación de su trazado respecto al haz del rayo o por afectar al cartílago de crecimiento ⁽³¹⁻³³⁾. Para solventar el problema y detectar con mayor precisión las fracturas más sutiles, Swischuk et al. ⁽³⁰⁾ recomiendan obtener una imagen contralateral comparativa en caso de duda. En este contexto, Sivrikaya et al. ⁽¹¹²⁾ publicaron un estudio realizado en pacientes adultos en el que se comparaba la utilidad de la ecografía clínica y la radiografía ósea para el diagnóstico de las fracturas de antebrazo distal. En caso de discordancia entre ambos, ampliaban el estudio realizando una tomografía computarizada, considerándose ésta gold estándar. El resultado fue favorable a la ecografía clínica con una sensibilidad del 97.4%, mientras que para la radiografía ósea era del 93.1%. En lo referente a la especificidad de la prueba, la radiografía (98.1%) resultó ser superior a la ecografía clínica (92.6%). Dado a estos resultados, Rowlands et al. ⁽¹¹³⁾ dejan abierta la posibilidad de que las alteraciones detectadas en la ecografía clínica pudieran ser verdaderos positivos no visualizados en la radiografía. En estos casos lo ideal hubiera sido realizar una prueba adicional, o bien en el momento agudo, como en el caso de Sivrikaya et al. ⁽¹¹²⁾, o durante el seguimiento, donde con alta probabilidad se objetivarían los cambios relacionados con la remodelación ósea. Sin embargo, al margen de que éste no era el objetivo de nuestro estudio, por motivos éticos, no se ha realizado una segunda prueba que emitiera radiación ionizante en estos pacientes.

El paciente pediátrico es especialmente radiosensible y, además, dispone de más años de vida para que los efectos de las radiaciones acumuladas puedan desencadenarse, aumentando el riesgo de mutaciones genéticas y de desarrollo de lesiones cancerosas ⁽³⁵⁻³⁷⁾. Durante décadas se ha creído que los efectos secundarios se visualizaban en aquellos pacientes que habían recibido dosis altas de radiación, de modo que, en el ámbito médico, estos efectos se asociaban con la tomografía computarizada ⁽³⁵⁾. En el año 2013, Mathews et al. ⁽⁴⁵⁾ presentaron un estudio en el que se englobaban 680.211 pacientes que habían sido expuestos a radiación ionizante (TAC) durante la infancia y adolescencia. En ellos constataron un aumento de incidencia de cáncer de un 24%. Del mismo modo, Pearce et al ⁽⁴⁷⁾ demostraron asociación entre dosis acumulativas de tomografías cerebrales y tumores cerebrales y leucemias. No obstante, en los últimos años, dichos efectos se están relacionando cada vez con dosis más bajas, aunque se sigue sin conocer la dosis mínima necesaria para ello. Hall et al. ⁽³⁵⁾ y Einstein et al. ⁽⁴⁴⁾ han publicado diferentes estudios en los que dosis próximas a 10-50 mSv en fase aguda o 50-100 mSv en un periodo más prolongado ya se vinculan con efectos no deseados, como algunos tipos de cáncer. Además, Hall en su artículo añade que debido a las dificultades metodológicas inherentes a los estudios epidemiológicos de dosis bajas, es poco probable cuantificar de manera directa y precisa los riesgos de cáncer con dosis inferiores a 10 mSv. Según Cañas et al. ⁽¹¹⁴⁾, la

cantidad de radiación ionizante emitida para la obtención de una radiografía ósea de una extremidad en sí es poco significativa (inferior a 0.01 mSv). Sin embargo, el problema radica en las dosis acumulativas. Hoy en día es frecuente encontrar pacientes pediátricos con múltiples exploraciones radiológicas, favoreciendo este hecho la práctica de la medicina defensiva. Con los datos previos, los profesionales sanitarios deberían tomar consciencia del problema y basar su actuación en el principio ALARA (“As Low As Reasonably Achievable”) ⁽¹¹⁵⁾, una norma básica de la protección radiológica. Así, algunos médicos como Cañas ⁽¹¹⁴⁾ recomiendan plantear las siguientes 3 preguntas antes de solicitar una prueba de imagen: *¿Cuál es la mejor técnica para diagnosticar lo que sospecho? ¿Hay alguna prueba que no utilice radiación ionizante? ¿Los resultados van a cambiar la actitud terapéutica? Es decir, ¿es imprescindible realizar la prueba de imagen?*

4. ECOGRAFÍA CLÍNICA

4.1. Formación en ecografía clínica

En el contexto previamente descrito, la introducción de la ecografía clínica en la práctica médica diaria no parece ser una mala idea. Sin embargo, una de las principales dudas que se genera al respecto es la formación necesaria para su uso integrado. Con el fin de solventar este problema y normalizar el uso de la ecografía clínica, en la última década, en los programas de formación de los fellows de las especialidades de Urgencias, se está incluyendo un apartado dirigido a ultrasonografía clínica ⁽⁸⁹⁾. La valoración musculoesquelética se engloba dentro de estos proyectos, dedicando al menos dieciséis horas lectivas al mismo ⁽¹¹⁶⁾. Al margen de los programas formativos, en los artículos publicados hasta el momento, se describe que una formación mínima en ecografía clínica ósea resulta suficiente para adquirir los conocimientos básicos. Weinberg et al. ⁽⁹⁹⁾ y Marshburn et al. ⁽¹¹¹⁾ relatan que con una formación de una hora de duración es suficiente, mientras que Rowlands et al ⁽¹¹³⁾ abogan por una formación de al menos dos horas. Por otro lado, Douma den-Harmer et al. ⁽¹⁰⁵⁾ hacen referencia a un mínimo de 25 ecografías realizadas para alcanzar las competencias. En cualquier caso, el aprendizaje de la ecografía ósea no parece revertir gran complejidad. Si se analiza la relación entre la experiencia del investigador y los resultados obtenidos, según Rowlands et al. ⁽¹¹³⁾ y Hedelin et al ⁽⁹⁰⁾ éstos son mejores a mayor experiencia; sin embargo, Douma Den-Harmer et al. ⁽¹⁰⁵⁾ no confirman este hecho. Por consiguiente, existen controversias al respecto. En nuestro caso, el Pediatra de Urgencias tenía experiencia en ecografía clínica y la médico residente no, de forma que ésta recibió una formación básica. Dicha formación consistía en una

sesión de lectura de ecografía ósea normal y patológica, con posterior práctica con modelos sanos y la realización de 25 ecografías bajo supervisión del Pediatra de Urgencias. En cuanto a los resultados obtenidos en este estudio, es preciso reseñar que no ha habido gran variabilidad entre los investigadores, siendo la sensibilidad alcanzada por el pediatra de Urgencias mínimamente superior a la del médico residente. Los resultados de ambos se asemejan a los publicados en la literatura.

4.2. Ventajas de la ecografía clínica

4.2.1. Prueba rápida

Además de tratarse una herramienta clínica de fácil aprendizaje, se trata de una técnica de exploración rápida que no necesita, según Eckert et al.⁽⁹⁷⁾, más de 3-4 minutos adicionales para ser realizada por un profesional con conocimientos básicos. En nuestro caso, la variable tiempo no ha sido estudiada ni medida objetivamente. A pesar de ello, se considera que el periodo de tiempo empleado para la realización de la ecografía ha sido inferior a los 5 minutos.

4.2.2. Indolora

Eckert et al.⁽⁹⁷⁾ subrayan que la ecografía clínica ósea es un procedimiento no doloroso ya que el contacto con el área a estudio es mínimo, aspecto que también lo resaltan Chen et al.⁽⁸⁶⁾ en su manuscrito. Tal y como se describe en el apartado de metodología, al inicio de la exploración se aplica el gel de ecografía en la zona a analizar. De este modo, se genera una película que, por un lado, permite la transmisión de los ultrasonidos y por otro lado, impide el contacto directo con la zona lesionada. Además, la ecografía presenta, a diferencia de la radiografía ósea, la ventaja de poder realizar la exploración en la posición, generalmente antiálgica, que haya adquirido el paciente. En el caso de la radiografía, las proyecciones en las que se adquieren las imágenes están predeterminadas y, frecuentemente, los pacientes refieren dolor con la movilización de la extremidad para colocarla en la postura indicada. En el transcurso del estudio ningún paciente ha referido dolor debido a la exploración.

En los últimos años, progresivamente, está cobrando mayor importancia el manejo del dolor en pediatría. Se ha evidenciado que el ser humano tiene memoria del dolor y que los procedimientos dolorosos de repetición pueden provocar una disminución del umbral del mismo, además del aumento del estrés y de las reacciones fóbicas ante dichas situaciones^(60-62,66,117,118). Por lo tanto, la creencia popular de que “no tratar o aguantar el dolor te hace más fuerte” queda totalmente invalidada. En el abordaje del dolor se deben diferenciar dos

componentes: el sensorial y el emocional. Para afrontar el primero de ellos, se pueden aplicar medidas de inmovilización y tratamiento farmacológico analgésico, administrando diferentes fármacos según la intensidad del dolor. El componente emocional del dolor no se tenía en cuenta hasta hace pocos años. Éste engloba la ansiedad, el miedo y/o el estrés que presenta el paciente. En los últimos años se han publicado diversos artículos ^(61,66,117) en los que se habla de medidas no farmacológicas para el tratamiento del dolor, refiriéndose la mayoría de ellas al manejo de la parte emocional del dolor. Thrane et al. ⁽¹¹⁷⁾ publicaron en el año 2016 unas recomendaciones para el tratamiento no farmacológico del dolor según la edad o el desarrollo cognitivo del niño. Así, describían que en los lactantes tanto la succión (amamantar, uso del chupete,...) como el balanceo consiguen controlar o mitigar el dolor, mientras que a partir de esta edad, las medidas de distracción serían las más importantes. Aunque cualquier forma de distracción resulta útil (jugar, leer, contar un cuento,...), en esta era de la tecnología uno de los distractores más utilizados son las pantallas, es decir, móviles, tabletas o televisores.

En el transcurso del estudio, la sensación de los investigadores ha sido que la pantalla del ecógrafo portátil les resultaba “familiar” a los pacientes y que funcionaba, generalmente, como distractor. En algunos casos los pacientes se interesaban por la exploración y preguntaban detalles para su comprensión. Además de las actuaciones mencionadas, la presencia de los padres en sala de exploración es una de las mejores medidas para el manejo del dolor.

4.2.3. Reproducible

La ecografía clínica presenta otra ventaja: se trata de una prueba fácilmente reproducible. En ocasiones las imágenes obtenidas pueden resultar dudosas, de modo que puede ser necesaria una nueva valoración, tanto por parte del mismo investigador o como por otro profesional.

5. REDUCCIÓN DE FRACTURA ECOGUIADA O ECOFACILITADA

Debido a la reproductibilidad mencionada, en los últimos años la ecografía clínica ósea se está aplicando cada vez más en el ámbito de la reducción cerrada de las fracturas. Para ello, se realiza una exploración inicial valorando la presencia de fractura; en caso de identificarla, se indica si existe angulación y/o desplazamiento entre los fragmentos óseos, así como la orientación de los mismos. En aquellos casos que la fractura es subsidiaria de reducción cerrada, se realiza el procedimiento, bien guiado por la ecografía o se completa la exploración ecográfica una vez finalizada la maniobra. Se comprueba si la reducción de la fractura ha sido adecuada y se determina la alteración residual antes de inmovilizar la extremidad.

En los últimos 5-10 años han sido publicados múltiples estudios que analizan la utilidad de la ecografía clínica para determinar la correcta reducción de las fracturas de huesos largos ^(84,86,95,96,99). En los estudios de Dubrovsky et al. ⁽⁸⁴⁾ y Chen et al. ⁽⁸⁶⁾ se compara la utilidad de la ecografía frente a la fluoroscopia, obteniendo unos resultados muy dispares, sobre todo en lo que se debe a la sensibilidad. Dubrovsky et al. ⁽⁸⁴⁾ describen una sensibilidad del 50% y una especificidad del 89%, mientras que Chen et al. ⁽⁸⁶⁾ presenta una sensibilidad del 97% y especificidad del 100%. Por otro lado, Patel et al. ⁽⁹⁸⁾ comparan la ecografía con la radiografía convencional; alcanzando resultados similares a los de Chen et al. ⁽⁸⁶⁾; que asimismo, se asemejan a los publicados por Chartier et al. ⁽⁹⁶⁾ en su revisión sistemática. Destacar que Patel et al. ⁽⁹⁸⁾ añaden que la reducción de fractura con comprobación ecográfica inmediata disminuye el tiempo de estancia hospitalaria. Para ello se basan en que la valoración ecográfica a pie de cama evitaría el proceso habitual que se utiliza para la confirmación de la correcta alineación de los fragmentos. Generalmente, tras el procedimiento de reducción, se inmoviliza a la extremidad afectada y se traslada al paciente a la sala de radiología para obtener la radiografía de control que verifique el resultado de la maniobra; posteriormente, el paciente es movilizadado al box correspondiente a la espera de que la prueba de imagen sea interpretada. En caso de que el resultado sea exitoso el procedimiento finaliza en este punto. No obstante, no es infrecuente que la alineación conseguida que no sea la óptima. En dichos casos, se debe repetir el procedimiento desde el principio hasta alcanzar el resultado deseado. Las maniobras de reducción de fractura se suelen realizar bajo efectos de fármacos sedantes y analgésicos; el fracaso de una primera técnica de reducción conlleva a la necesidad de adecuar el tratamiento sedoanalgésico, perpetuando así la estancia en el área de Urgencias. No obstante, resulta preciso reseñar que la exploración ecográfica se realiza previa a la inmovilización de la extremidad, procedimiento que no está exento de riesgo y que puede propiciar una nueva alteración de

la alineación de los fragmentos óseos.

Aunque el objetivo de este estudio era determinar la utilidad de la ecografía para el diagnóstico de las fracturas, se han recogido los datos correspondientes a la reducción de las mismas. En este caso 23 de los 180 pacientes evaluados han precisado reducción de la fractura. Dicho procedimiento se ha llevado a cabo en la Sección de Urgencias en 18 de los casos, siendo preciso asistir en quirófano a los 5 restantes. En lo que se refiere a los hallazgos ecográficos, en 14 pacientes se ha identificado una angulación máxima mayor a 20°, mientras que en los demás se ha detectado un defecto de entre 10-20°. El desplazamiento máximo entre los fragmentos no ha superado los 2 mm. A pesar de que en este trabajo se han realizado estas determinaciones, cabe destacar que no existe consenso o criterios establecidos para indicar la reducción de una fractura. De modo que, generalmente, cada hospital funciona con protocolos internos y la decisión de reducción depende del traumatólogo responsable de cada paciente.

En aquellos 18 pacientes que se ha procedido a la reducción cerrada en Urgencias, se ha realizado valoración ecográfica posterior, donde se confirmaba la correcta alineación de los fragmentos óseos con defectos residuales inferiores a 5°. Dicho aspecto se ha reafirmado posteriormente en la radiografía de control. Tal y como ocurre con las indicaciones para la reducción de fractura, no se conocen los criterios idóneos para hablar de una correcta reducción de los fragmentos óseos. En este caso se ha considerado aceptable un defecto de alineación menor a 5 grados; ya que ese valor se incluye entre las alteraciones de alineación consideradas como tolerables o subsidiarios de tratamiento médico por algunos autores ⁽¹⁶⁾.

La aplicación de la ecografía en este ámbito ha sido valorada de forma positiva por los traumatólogos de nuestro centro hospitalario.

6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

6.1. Selección de muestra y tipo de estudio

La principal limitación del estudio está relacionada con la selección del paciente. Se ha aplicado una técnica de muestreo no probabilístico en el que los pacientes se incluían en el estudio según conveniencia, atendiendo a la disposición de los investigadores. La disponibilidad de ambos dependía de los horarios de trabajo y de la afluencia de los

pacientes en el servicio de Urgencias Pediátricas. Consecuentemente, no todos los pacientes que cumplían los criterios de inclusión han sido incluidos en nuestro estudio. De esta manera, la muestra de estudio se reduce a 180 pacientes y 360 huesos. Además, la valoración de cada uno de ellos ha sido realizada por un único investigador, de tal forma que no se ha podido evaluar la concordancia interobservador.

En probable relación con el tipo de selección de la muestra, la prevalencia de fractura del estudio ha sido de 42.7%. Aunque parece corresponderse con el intervalo de prevalencia de entre 20% y 50% que se describe en la literatura ⁽¹⁰⁵⁾, probablemente esté sobreestimada y en la población general sea inferior.

6.2. Gold estándar

En este estudio la radiografía ósea convencional ha sido considerada prueba de referencia o gold estándar. De este modo, los hallazgos obtenidos mediante la ecografía clínica se han comparado con la radiografía convencional, que a su vez era interpretada por un traumatólogo del Servicio de Urgencias cegado al resultado de la exploración ecográfica. Se acepta que la radiografía ósea no es una técnica de imagen infalible y que puede presentar falsos negativos. Por la tanto cabe la posibilidad de que los hallazgos ecográficos puedan no ser detectados por radiografía, sin que esto indique un error o falso positivo ecográfico. Para confirmación de este hecho se debería ampliar el estudio a otras pruebas de imagen, motivo que no es el objetivo del presente trabajo.

A la hora de plantear este estudio, a pesar de conocer las limitaciones que acarrea la selección de la radiografía ósea como gold estándar, se consideró que, en la práctica clínica, la radiografía ósea ocupaba el primer lugar en la valoración musculoesquelética en los Servicios de Urgencias. Asimismo, los investigadores postulaban que la ecografía clínica podría resultar de ayuda para completar la exploración física habitual, permitiendo, de este modo, seleccionar mejor a los pacientes en los que se sospecha una fractura y que, por lo tanto, se beneficiarían de la realización de una radiografía ósea. Se trataría de un hecho similar a la aplicación del estetoscopio ante un paciente en el que se sospecha de una neumonía. En este caso el estetoscopio permite recabar más información sobre el paciente, clasificando así a aquellos que presentan mayor posibilidad de neumonía y por consiguiente, seleccionando a quiénes se les realizará una radiografía de tórax.

6.3. No multicéntrico

Es necesario destacar que se trata de un estudio no multicéntrico, realizado en un único servicio de Urgencias Pediátricas, de tal manera que los resultados obtenidos podrían no ser extrapolables a la práctica clínica de otros centros.

Para finalizar, es preciso mencionar que son necesarias futuras investigaciones para llegar a conocer cuál es el lugar que debe ocupar la ecografía clínica ósea o en qué punto podría reforzar la práctica clínica habitual. Son aspectos a considerar para el desarrollo de investigaciones futuras la mejora del diseño del estudio así como la metodología aplicada en la misma, introduciendo la valoración sistemática de 2 proyecciones y 6 planos. Finalmente, podría resultar interesante evaluar el impacto económico de la implementación de la ecografía clínica además de la reducción de la tasa de radiación ionizante evitable en los niños.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. La ecografía clínica parece ser una herramienta clínica útil para el diagnóstico de fracturas de huesos largos en Urgencias Pediátricas debido a su alta sensibilidad (93.9%, IC95%:87.3-97.7) y especificidad (97.3%, IC95%: 94.6-98.9).
2. La EC permite detectar las fracturas metafisarias (100%), fracturas más frecuentes de la edad pediátrica, corroborando su aplicabilidad en estos eventos.
3. A pesar de las diferencias de formación en EC existentes previas al estudio, los resultados obtenidos por los investigadores han sido equiparables, constatándose que una formación básica puede ser suficiente para su correcto empleo.
4. La EC es una prueba clínica indolora, confortable y de fácil aplicación a pie de cama del paciente, por lo que resulta especialmente útil para la edad pediátrica.
5. La EC no emite radiación ionizante, de forma que se evitan los adversos relacionados con la misma.
6. Se trata de una prueba fácilmente reproducible y que no radia, lo que propicia la repetición de la prueba e incluso la comparación con la extremidad contralateral.
7. La EC posiblemente presente limitaciones para el diagnóstico de fracturas que implican al cartílago de crecimiento y/o epífisis, ya que los errores diagnósticos se han localizado a dicho nivel. Dichas lesiones han sido poco frecuentes en nuestro estudio, por lo que se precisan futuras investigaciones con muestras más extensas.
8. La EC puede ser una herramienta útil para el seguimiento ecoguiado o ecofacilitado de las reducciones cerradas de las fracturas. Resultaría conveniente que estudios posteriores comprobaran esta posible aplicación.
9. Son necesarias futuras investigaciones multicéntricas, aleatorizadas y con un gold estándar de referencia. Asimismo, se podría analizar la disminución de la radiación y el impacto económico al emplear EC en lugar de la radiografía.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. Peden M, Oyegbite K, Ozanne-Smith J, Hyder AA, Branche C, Rahman F, et al. World report on child injury prevention. World Health Organization. 2008.
2. Boyce AM, Gafni RI. Approach to the child with fractures. *J Clin Endocrinol Metab.* 2011;96(7):1943–52.
3. Olmedo JL. Fracturas infantiles más frecuentes. Esguinces y epifisiolisis. *Pediatr Integral* 2019; XXIII (4): 221.e1–221.e14
4. Mathison DJ, Agrawal D. General principles of fracture management: Fracture patterns and description in children [internet]. [revisado 2015] Disponible en: www.uptodate.com/contents/general-principles-of-fracture-management-fracture-patternes-and-description-in-children
5. Ruiz J, Del Castillo D, Delgado A. *Ortopedia Infantil Práctica para Pediatras*. Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2017.
6. Guyton E.C, Hall J.E. Hormona paratiroidea, calcitonina, metabolismo del calcio y el fosfato, vitamina D, huesos y dientes. En: Guyton A.C, Hall J.E. *Tratado de fisiología médica*. 11ª edición. Elsevier, 2006. 979-995.
7. De Pablos J, Gonzalez P. Fracturas Infantiles: conceptos y principios [internet]. 3º edición. Global Help; 2010 [revisado 2010, consultado 2015]. Disponible en: https://global-help.org/publications/books/help_fracturasinfantiles.pdf
8. Shapiro F, Forriol F. El cartilago de crecimiento: biología y biomecánica del desarrollo. *Rev Ortop Traumatol.* 2005;49:55–67.
9. Schweich P. Distal forearm fractures in children: Initial management [internet].[revisado 2019] . Disponible en: www.uptodate.com/contents/distal-forearm-fractures-in-children-initial-management
10. Brüel A, Christensen E, Tranum-Jenses J, Geneser F. *Geneser Histología*. 4ª edición. Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2013.
11. Chávez M, Andrea L. Fracturas en tallo verde. *Revista de Actualización Clínica.* 2013;34:1741-1744.
12. González-Herranz P, Rodríguez Rodríguez ML, Castro Torre MA. Fracturas diafisarias del fémur en el niño: Actualización en el tratamiento. *Rev esp cir ortop traumatol.* 2011;55(1):54—66 2011.
13. Dwek JR. The periosteum: What is it, where is it, and what mimics it in its absence?

- Skeletal Radiol. 2010;39(4):319–23.
14. Guede D, González P, Caeiro JR. Biomecánica y hueso (I): Conceptos básicos y ensayos mecánicos clásicos. *Rev Osteoporos y Metab Miner.* 2013;5(1):43–50.
 15. Berg EE, Bone NH. Pediatric Distal Double Bone Forearm Fracture Remodeling Fracture healing involves the same repair process, or sequence of biological events, regardless of patient age. *Orthopaedic nursing.* 2005;24(1):55–9.
 16. Azar F, Canale ST, Beaty J. *Campbell's Operative Orthopaedic* [internet]. 13a ed. Philadelphia, PA: Elsevier. 2016.
 17. Joeris A, Lutz N, Wicki B, Slongo T, Audigé L. An epidemiological evaluation of pediatric long bone fractures - a retrospective cohort study of 2716 patients from two Swiss tertiary pediatric hospitals. *BMC Pediatr.* 2014; 14:314.
 18. Amin S, Melton LJ, Achenbach SJ, Atkinson EJ, Dekutoski MB, Kirmani S, et al. A distal forearm fracture in childhood is associated with an increased risk for future fragility fractures in adult men, but not women. *J Bone Miner Res.* 2013; 28(8): 1751–1759
 19. Randsborg PH, Gulbrandsen P, Benth JŠ, Sivertsen EA, Hammer OL, Fuglesang HFS, et al. Fractures in children: Epidemiology and activity-specific fracture rates. *J Bone Jt Surg - Ser A.* 2013; ;95:e42(1-7).
 20. Hedström EM, Svensson O, Bergström U, Michno P. Epidemiology of fractures in children and adolescents: Increased incidence over the past decade: A population-based study from northern Sweden. *Acta Orthop.* 2010; 81 (1): 148–153.
 21. Schweich P. Distal forearm fractures in children: Diagnosis and assessment [internet]. [revisado 2019]. Disponible en: www.uptodate.com/contents/distal-forearm-fractures-in-children-diagnosis-and-assessment
 22. Nellans KW, Kowalski E, Chung KC. The Epidemiology of Distal Radius Fractures. *Hand Clinics.* 2012. 28(2): 113–125
 23. Little JT, Klionsky NB, Chaturvedi A, Soral A, Chaturvedi A. Pediatric Distal Forearm and Wrist Injury: An Imaging Review. *RadioGraphics.* 2014; 34:472–490.
 24. Cortez VJ, Cortez ME. Epifisiolisis Traumática En Huesos Largos En Niños Según Clasificación Salter Y Harris. Hospital “Ruiz Y Páez”, Ciudad Bolívar. Mayo 2007-Febrero 2011.
 25. Tisosky AJ, Werger MM, McPartland TG, Bowe JA. The Factors Influencing the Refracture of Pediatric Forearms. *J Pediatr Orthop.* 2015;35(7).

26. Musharafieh RS, Macari G. Salter-Harris I fractures of the distal radius misdiagnosed as wrist sprain. *J Emerg Med.* 2000;19(3):265–70.
27. Abid A, Accadbled F, Kany J, De Gauzy JS, Darodes P, Cahuzac JP. Ulnar styloid fracture in children: A retrospective study of 46 cases. *J Pediatr Orthop Part B.* 2008;17(1):15–9.
28. Hinzpeter D. Diagnóstico y tratamiento del dolor cubital de muñeca en deportistas. *Rev. Med.Clin.Condes.* 2012;23(3):299–312.
29. Segal LS, Shrader MW. Missed fractures in paediatric trauma patients. *Acta Orthop Belg.* 2013;79(6):608–15.
30. Swischuk LE, Hernandez JA. Frequently missed fractures in children (value of comparative views). *Emerg Radiol.* 2004;11(1):22–8.
31. Bañuelos Peña PM, Herrera Carcedo C, Alameda González C, Rad Moradillo ME. Utilización de la ecografía en el diagnóstico de una fractura ósea. *EuroEco* 2011;2(1):1-2
32. Cho KH, Lee SM, Lee YH, Suh KJ. Ultrasound diagnosis of either an occult or missed fracture of an extremity in pediatric-aged children. *Korean J Radiol.* 2010;11(1):84–94.
33. Herren C, Sobottke R, Ringe MJ, Visel D, Graf M, Müller D, et al. Ultrasound-guided diagnosis of fractures of the distal forearm in children. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2015;101(4):501–5.
34. Barata I, Spencer R, Suppiah A, Raio C, Ward MF, Sama A. Emergency ultrasound in the detection of pediatric long-bone fractures. *Pediatr Emerg Care.* 2012;28(11):1154–7.
35. Hall EJ, Brenner DJ. Cancer risks from diagnostic radiology. *Br J Radiol.* 2008;81(965):362–78.
36. Bartley K, Metayer C, Selvin S, Ducore J, Buffler P. Diagnostic X-rays and risk of childhood leukaemia. *Int J Epidemiol.* 2010;39(6):1628–37.
37. Osakidetza. Estrategia de seguridad del paciente. 2013-2016. 1º. 2013. 51-54 p.
38. European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images. Eur 16260 En. 1996. 71 p.
39. Hernández Muñiz S, Mitjavila Casanovas M. Introducción a la tomografía computarizada. *Rev Española Med Nucl.* 2006;25(3):206–14.
40. Ramírez Giraldo J, Arboleda C, McCollough C. Tomografía computarizada por rayos x: Fundamentos y actualidad. *Rev Ing Biomédica.* 2008;2(4):54–66.

41. Capapé S, Bárcena E, Benito J, Fernández Y, Martín de ña Rosa L, Míguez C, et al. Manual de analgesia y sedación en Urgencias de Pediatría. 2ª ed. Madrid: Ergon. 2012.
42. Míguez Navarro C, Oikonomopoulou N, Rivas García A, Mora Capín A, Guerrero Márquez G. Eficacia, seguridad y satisfacción de los procedimientos de sedoanalgesia en las urgencias españolas. *An Pediatría*. 2019;90(1):32–41.
43. Malviya S, Voepel-Lewis T, Prochaska G, Tait A. Prolonged Recovery and Delayed Side Effects of Sedation for Diagnostic Imaging Studies in Children. *Proc IEEE Sensors*. 2009;105(3):1640–3.
44. Einstein AJ. Beyond the bombs: Cancer risks of low-dose medical radiation. *Lancet*. 2012;380(9840):455–7.
45. Mathews JD, Forsythe A V., Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB, et al. Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: Data linkage study of 11 million Australians. *BMJ*. 2013;346(7910):1–18.
46. Bailey HD, Armstrong BK, De Klerk NH, Fritschi L, Attia J, Lockwood L, et al. Exposure to diagnostic radiological procedures and the risk of childhood acute lymphoblastic leukemia. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2010;19(11):2897–909.
47. Pearce MS, Salotti JA, Little MP, McHugh K, Lee C, Kim KP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: A retrospective cohort study. *Lancet*. 2012;380(9840):499–505.
48. Nikkilä A, Raitanen J, Lohi O, Auvinen A. Radiation exposure from computerized tomography and risk of childhood leukemia: Finnish register-based case-control study of childhood leukemia (FRECCLE). *Haematologica*. 2018;103(11):1873–80.
49. Gold G, Shapiro L, Hargreaves B, Bangerter N. Advances in musculoskeletal magnetic resonance imaging. *Top Magn Reson Imaging*. 2010;21(5):335–8.
50. Ahn J.M., El-Khoury G.Y. Role of Magnetic Resonance Imaging in Musculoskeletal Trauma. *Top Magn Reson Imaging*. 2007; 18(3), 155–168.
51. Kumaravel M, Weathers WM. Emergency Magnetic Resonance Imaging of Musculoskeletal Trauma. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2016;24(2):391–402.
52. Roth E, Hoff M, Richardson ML, Ha AS, Porrino J. Artifacts Affecting Musculoskeletal Magnetic Resonance Imaging: Their Origins and Solutions. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2016;45(5):340–6.
53. Largo-Pineda CE, Arenas-Correa ID, Ángel-González GJ, Vélez-Arango JM, Calvo-

- Betancur VD, Arango-Zapata AN. Eventos adversos en pacientes pediátricos sometidos a resonancia magnética bajo sedación o anestesia. *Rev Colomb Anesthesiol*. 2017;45(1):8–14.
54. Cravero JP, Blike GT, Beach M, Gallagher SM, Hertzog JH, Havidich JE, et al. Incidence and nature of adverse events during pediatric sedation/anesthesia for procedures outside the operating room: Report from the pediatric sedation research consortium. *Pediatrics*. 2006;118(3):1087–96.
55. Bellolio MF, Puls HA, Anderson JL, Gilani WI, Murad MH, Barrionuevo P, et al. Incidence of adverse events in paediatric procedural sedation in the emergency department: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2016;6(6).
56. George A, Bruyn AW. Musculoskeletal ultrasonography: Clinical applications [internet]. [revisado 2015]. Disponible en www.uptodate.com/contents/muculoesqueletal-ultrasonography-clinical-applications
57. Diaz-Rodriguez N, Garrido-Chamorro P, Castellano-Alarcón J. Ecografía: principios físicos, ecógrafos y lenguaje ecográfico. *SEMERGEN*. 2007;33(7):362-9.
58. Borrego R. Fundamentos básicos de ecografía. In: Manual de ecografía SECIP [Internet]. [revisado 2014] Disponible en: <https://secip.com/wp-content/uploads/2018/09/1-FUNDAMENTOS-BASICOS-DE-ECOGRAFÍA.pdf>
59. Ali S, McGrath T, Drendel AL. An evidence-based approach to minimizing acute procedural pain in the emergency department and beyond. *Pediatr Emerg Care*. 2016;32(1):36–42.
60. Srouji R, Ratnapalan S, Schneeweiss S. Pain in Children: Assessment and Nonpharmacological Management. *Int J Pediatr*. 2010;2010:1–11.
61. Beltramini A, Milojevic K, Pateron D. Pain assessment in newborns, infants, and children. *Pediatr Ann*. 2017;46(10):e387–95.
62. Rosen DA, Dower J. Pediatric pain management. *Pediatr Ann* [Internet]. 2011;40(5):243–52. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.emc.2017.12.002>
63. Ortiz L, de Noriega I. Diagnóstico y manejo del dolor pediátrico. *An Pediatr (Barc)*. 2019;91(2):71-72
64. Hauer J, Jones B. Evaluation and management of pain in children [internet]. [revisado 2019]. Disponible en: www.uptodate.com/contents/evaluation-and-management-of-pain-in-children
65. Trottier ED, Ali S, Thull-Freedman J, Meckler G, Stang A, Porter R, et al. Treating and reducing anxiety and pain in the paediatric emergency department - TIME for ACTION

- The TRAPPED quality improvement collaborative. *Paediatr Child Heal*. 2018;23(5):e85–94.
66. Paul S, Anne M. Closed reduction and casting of distal forearm fractures in children [Internet].[Revisado 2016]. Disponible en: <http://www.uptodate.com/contents/closed-reduction-and-casting-of-distal-forearm-fractures-in-children>
67. Newman P, Rozyck G. The history of ultrasound. *Surg ultrasound*. 1998;78: 179-195.
68. Moore CL, Copel JA. Point-of-Care Ultrasonography. *N Engl J Med*. 2011;364:749–57.
69. Firestone F. The Supersonic Reflectoscope, an Instrument for Inspecting the Interior of Solid Parts by Means of Sound Waves. *J Acoust Soc Am*. 1946;17(3).
70. Kendall JL, Hoffenberg SR, Smith RS. History of emergency and critical care ultrasound: The evolution of a new imaging paradigm. *Crit Care Med* 2007 Vol. 35, No. 5 (Suppl.)
71. Cohen HL, Moore WH. Ultrasound. *J Ultrasound Med*. 2004; 23:451–458.
72. Goldberg B, Gramiak R, Freimanis A. Early history of Diagnostic Ultrasound: The Role of American Radiologists with engineers. 1993;189–94.
73. Granados MA. Principios básicos de ecografía [internet]. [revisado 2016]. Continuum Portal de Formación de la AEP. Disponible en: https://continuum.aeped.es/files/guias/Material_descarga_unidad_1_ecocardiografia.pdf
74. García G, Torres J. Manual de ecografía clínica [internet]. Madrid: Sociedad Española de Medicina Interna (SEMI): 2012. Disponible en: <https://www.fesemi.org/grupos/ecografia/publicaciones>
75. Yen K, Gorelick M. Ultrasound applications for the pediatric emergency department: A review of the current literature. *Pediatr Emerg Care*. 2002;18(3).
76. Doniger S. *Pediatric Emergency and Critical Care Ultrasound*. Cambridge medicine. 2013.
77. Martínez R. La ecografía a pie de cama y el pediatra de urgencias. Presentado en: 1^{er} Curso Seup: Ecografía a pie de cama para pediatras de Urgencias. 22-23 de febrero de 2019, Bilbao.
78. Cuenca B, Garcia M, Garre MC, Gil LA, Gomez RA, Lopez A, et al. Tratado de ultrasonografía abdominal. Diaz de Santos. 2010. 8-9 p.
79. Díaz Águila HR. Clinical echography: What? who? what for? *Medwave*.

- 2016;16(8):e6547.
80. Vieira RL, Bachur R. Bedside ultrasound in pediatric practice. *Pediatrics*. 2014;133(1):1–3.
 81. Chacko J, Brar G. Bedside ultrasonography: Applications in critical care: Part I. *Indian J Crit Care Med*. 2014;18(5):301–9.
 82. Chacko J, Brar G. Bedside ultrasonography-Applications in critical care: Part II. *Indian J Crit Care Med*. 2014;18(6):376–81.
 83. Álvarez-Fernández JA, Núñez-Reiz A. Ecografía clínica en la unidad de cuidados intensivos: Cambiando un paradigma médico. *Med Intensiva*. 2016;40(4):246–9.
 84. Dubrovsky AS, Kempinska A, Bank I, Mok E. Accuracy of ultrasonography for determining successful realignment of pediatric forearm fractures. *Ann Emerg Med* [Internet]. 2015;65(3):260–5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.annemergmed.2014.08.043>
 85. Levy JA, Bachur RG. Bedside ultrasound in the pediatric emergency department. *Current Opinion in Pediatrics* 2008, 20:235–242.
 86. Chen L, Kim Y, Moore CL. Diagnosis and Guided Reduction of Forearm Fractures in Children Using Bedside Ultrasound. *Pediatric Emergency Care*. 2007; 23:528-531.
 87. Marin JR, Abo AM, Arroyo AC, Doniger SJ, Fischer JW, Rempell R, et al. Pediatric emergency medicine point-of-care ultrasound: summary of the evidence. *Crit Ultrasound J*. 2016;8(1):16
 88. Hoppmann RA, Rao V V., Bell F, Poston MB, Howe DB, Riffle S, et al. The evolution of an integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students: 9-year experience. *Crit Ultrasound J*. 2015;7(1).
 89. Vieira RL, Hsu D, Nagler J, Chen L, Gallagher R, Levy JA. Pediatric emergency medicine fellow training in ultrasound: Consensus educational guidelines. *Acad Emerg Med*. 2013;20(3):300–6.
 90. Hedelin H, Tingström C, Hebelka H, Karlsson J. Minimal training sufficient to diagnose pediatric wrist fractures with ultrasound. *Crit Ultrasound J*. 2017;9(1).
 91. Platzer W. Atlas de anatomía. Tomo 1, aparato locomotor. Panamericana. 2008. 122-123 p.
 92. Pershad J, Monroe K, King W, Batle S, Hardin E, Zinkan L.. Can clinical parameters predict fractures in acute pediatric wrist injuries? *Acad Emerg Med*. 2000;7(10):1152–5.

93. Do TT, Strub WM, Foad SL, Mehlman CT, Crawford AH, Reduction versus remodeling in pediatric distal forearm fractures: a preliminary cost analysis. *J Pediatr Orthop B*. 2003;12(2):109–15.
94. Sinha TP, Bhoi S, Kumar S, Ramchandani R, Goswami A, Kurrey L, et al. Diagnostic accuracy of bedside emergency ultrasound screening for fractures in pediatric trauma patients. *J Emergencies, Trauma Shock*. 2011;4(4):443–5.
95. Kozaci N, Ay MO, Akcimen M, Turhan G, Sasmaz I, Turhan S, et al. Evaluation of the effectiveness of bedside point-of-care ultrasound in the diagnosis and management of distal radius fractures. *Am J Emerg Med [Internet]*. 2015;33(1):67–71. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2014.10.022>
96. Chartier LB, Bosco L, Lapointe-Shaw L, Chenkin J. Use of point-of-care ultrasound in long bone fractures: A systematic review and meta-analysis. *Can J Emerg Med*. 2017;19(2):131–42.
97. Eckert K, Ackermann O, Schweiger B, Radeloff E, Liedgens P. Sonographic Diagnosis of Metaphyseal Forearm Fractures in Children: A safe and Applicable Alternative to Standard X-Ray. *Pediatr Emer Care* 2012;28: 851-854
98. Patel DD, Blumberg SM, Crain EF. The Utility of Bedside Ultrasonography in Identifying Fractures and Guiding Fracture Reduction in Children. *Pediatr Res*. 2009;25(4):221–5.
99. Weinberg ER, Tunik MG, Tsung JW. Accuracy of clinician-performed point-of-care ultrasound for the diagnosis of fractures in children and young adults. *Injury [Internet]*. 2010;41(8):862–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2010.04.020>
100. Samson F. Prevenir y tratar el dolor en los procedimientos habituales en Urgencias de Pediatría. *Guia Terapéutica Práctica*. Ergon. 2016.
101. Sprinthall RC. *Basic Statistical Analysis*. 9th editio. Pearson; 2011.
102. Greenwood PE, Nikulin MS. *A Guide to Chi-Squared Testing*. John Wiley & Sons; 1996.
103. Fisher RA. *Statistical Methods for Research Workers*. Oliver and boyd; 1954.
104. Fleiss JL, Levin B, Paik M. *Statistical Methods for Rates and Proportions*. 3rd ed. John Wiley & Sons; 2003.
105. Douma-Den Hamer, Djoke Blanker MH, Edens MA, Buijteweg LN, Boomsma MF, Helden SH van, Mauritz1[□] G-J. Ultrasound for Distal Forearm Fracture: A Systematic Review and Diagnostic MetaAnalysis. *PLoS One*. 2016; 1-16.

106. Stiell IG, Greenberg GH, McKnight RD, Nair RC, McDowell I, Worthington JR. A study to develop clinical decision rules for the use of radiography in acute ankle injuries. *Ann Emerg Med.* 1992;21(4):384–90.
107. Bachmann LM, Kolb E, Koller MT, Steurer J, Ter Riet G. Accuracy of Ottawa ankle rules to exclude fractures of the ankle and mid-foot: Systematic review. *Br Med J.* 2003;326(7386):417–9.
108. Calvo-Lorenzo I, Martínez-de la Llana O, Blanco-Santiago D, Zabala-Echenagusia J, Laita-Legarreta A, Azores-Galeano X. Criterios de decisión clínica: ¿es posible desarrollar unas normas de Ottawa de muñeca? *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2008;52(5):315–21.
109. Slaar A, Walenkamp M, Bentohami A, Maas M, Van Rijn R, Steyerberg E et al. A clinical decision rule for the use of plain radiography in children after acute wrist injury: development and external validation of the Amsterdam Pediatric Wrist Rules. *Pediatr Radiol.* 2016;46: 50-60.
110. Mulders M, Walenkamp M, Slaar M, Ouwehand F, Van Velde R, Goslings J et al. Implementation of the Amsterdam Pediatric Wrist Rules. *Pediatr Radiol.* 2018; 48: 1612-1620.
111. Marshburn TH, Legome E, Sargsyan A, Melton S, Li J, Noble VA, et al. Goal-directed ultrasound in the detection of long-bone fractures. *J Trauma.* 2004;57:329–332
112. Sivrikaya S, Aksay E, Bayram B, Oray NC, Karakasli A, Altintas E. Emergency physicians performed Point-of-Care-Ultrasonography for detecting distal forearm fracture. *Turkish J Emerg Med [Internet].* 2016;16(3):98–101. Disponible: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tjem.2016.04.002>
113. Rowlands R, Rippey J, Tie S, Flynn J. Bedside Ultrasound vs X-Ray for the Diagnosis of Forearm Fractures in Children. *J Emerg Med [Internet].* 2017;52(2):208–15. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jemermed.2016.10.013>
114. Cañas T. Técnicas de diagnóstico por imagen en Pediatría: ¿cuándo usar cada una?. *Continuum Portal de Formación de la AEP.* 2015.
115. Strauss KJ, Kaste SC. ALARA in Pediatric Interventional and Fluoroscopic Imaging: Striving to Keep Radiation Doses as Low as Possible During Fluoroscopy of Pediatric Patients-A White Paper Executive Summary. *J Am Coll Radiol.* 2006;3(9):686–8.
116. Mandavia D, Aragona J, Chan L, Chan D, Henderson S. Ultrasound Training for Emergency Physicians— A Prospective Study. 2000;7; 1008-1014.
117. Thrane S, Wanless S, Cohen S, Danford C. The Assessment and Non-Pharmacologic

- Treatment of Procedural Pain from Infancy to School Age Through a Developmental Lens: A Synthesis of Evidence with Recommendations Susan. *J Pediatr Nurs*. 2016;31(1):e23–32.
118. Wente SJK. Nonpharmacologic Pediatric Pain Management in Emergency Departments: A Systematic Review of the Literature. *J Emerg Nurs* [Internet]. 2013;39(2):140–50. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jen.2012.09.011>



ANEXOS

The utility of clinical ultrasonography in identifying distal forearm fractures in the pediatric emergency department

Iratxe Gallettebeitia Laka^a, Frederic Samson^a, Inigo Gorostiza^b,
Andrés Gonzalez^a and Carlos Gonzalez^a

Objective The aim of this study is to evaluate the utility of Point-Of-Care Ultrasound (POCUS) for diagnosing distal forearm fractures in pediatric emergency departments (ED).

Patients and methods A prospective observational study was carried out in children aged younger than 15 years attended in an ED with an indication of radiography because of a suspected distal forearm fracture. The POCUS was performed considering cortical irregularity or disruption compatible with fracture. Then, the radiography was requested and the patient was evaluated by an ED traumatologist. Both tests were blinded to each other. The radiograph was considered to be the reference diagnostic test. Diagnostic validation tests were performed.

Results A total of 115 patients [mean age: 9.1 (SD: 3.1) years; 50.4% males] were included, with 57 of these presenting fractures: 42 (73.7%) single bone fractures and 15 (26.3%) combined fractures of the radius and ulna. As such, 72 fractures were detected (prevalence 31.3%). The sensitivity and specificity of POCUS for detecting fractures were 94.4% [95% confidence interval (CI): 86.4–98.5] and 96.8% (95% CI: 92.8–99.0), respectively. The positive and

negative predictive values were 93.2% (95% CI: 84.7–97.7) and 97.5% (95% CI: 93.6–99.3), respectively.

Conclusion POCUS enables the clinical diagnosis of distal forearm fractures in ED. In addition, this is a highly accurate technique that can be applied easily by the ED pediatrician. As such, its inclusion as part of the physical examination could improve the accuracy of the clinical diagnosis and the global management of the patient. *European Journal of Emergency Medicine* 00:000–000 Copyright © 2017 Wolters Kluwer Health, Inc. All rights reserved.

European Journal of Emergency Medicine 2017, 00:000–000

Keywords: emergency department, forearm fracture, pediatrics, ultrasound diagnosis

^aDepartment of Pediatrics, Division of Pediatric Emergency Medicine and
^bDepartment of Research, REDISSEC, Basurto University Hospital, Bilbao, Spain

Correspondence to Frederic Samson, PhD, Division of Pediatric Emergency Medicine, Basurto University Hospital, Avenida de Montevideo, 18, 48013 Bilbao, Spain
Tel: +34 944 006 129; fax: +34 944 006 187;
e-mail: frederic.sams on@osakidetza.eus

Received 16 February 2017 Accepted 22 September 2017

Introduction

Fractures of the long bones are the most common fractures in children [1–4]. Their distribution varies with age (higher frequency between 6 and 11 years), sex of the patient (more common in males), and location [5,6]. The majority of fractures (60–65%) occur in the upper limbs, with those in the distal forearm (radius and/or ulna) being most prevalent, representing around 30% of all fractures [3,7,8].

The reference test for diagnosing long bone fractures is currently radiography. However, this technique has some important disadvantages, such as exposure to ionizing radiation or the need to move the patient for the test to be performed, thereby generating costs in terms of resources and time, which increase if the images need to be repeated to make a diagnosis [4]. Moreover, fractures may occasionally be indiscernible in the radiography (2–36%) as a result of being very subtle, being hidden by overlying structures, because of the orientation of their path with respect to the radiographic beam, or by affecting cartilage, as is the case in the immature skeleton of children [9,10].

The point-of-care ultrasound (POCUS), in other words, beside ultrasound procedure performed by a physician not specialized in radiology, is increasingly being used in a greater number of pediatric emergency departments (EDs). Numerous studies over the past few decades have shown the utility of this technique for diagnosing long bone fractures (mainly those of the distal forearm) with good sensitivity and specificity in comparison with radiography [1,4,8,10–12]. Moreover, it has the advantage that it can be performed at the patient's bedside, is reproducible, and does not emit ionizing radiation. The latter advantage makes it highly suitable for use in the pediatric population, which is particularly sensitive to such radiation [4,13,14]. As such, POCUS enables different planes of the lesion to be visualized without requiring an evaluation of the risk/benefit of acquiring a new image. Consequently, it offers the possibility of comparing the concerned bone with its asymptomatic contralateral counterpart without further ionising radiation exposure [1,14–16] and performing ultrasound-guided reductions using real-time imaging [8,15,16].

In light of the above, the aim of this study was to evaluate the utility of POCUS in EDs in comparison with radiography for the diagnosis of distal forearm fractures, which are the most common childhood fractures.

Patients and methods

Study design and patient selection

A prospective observational study was carried out in the ED of the Basurto University Hospital, Bilbao (Spain)

(tertiary hospital), between July 2015 and May 2016 after receiving approval from the Clinical Research Ethics Committee at the hospital. This department receives ~26 000 patients/year.

The study sample was selected for convenience according to the availability of the researchers. It included patients attended to in that department who fulfilled the pre-established inclusion criteria and who provided a signed informed consent.

The inclusion criteria were as follows: patients aged younger than 15 years attended to in the ED and with an indication of radiography for a suspected distal forearm fracture. Patients already diagnosed with a fracture or those with an open fracture, neurovascular lesion, and/or hemodynamic instability were excluded.

Research team

The research team comprised an ED pediatrician (F.S.), with 3 years' experience in POCUS, and a first-year pediatric resident (I.G.) with basic training in POCUS. This training included a session on interpreting normal and diseased bone ultrasound scans, practice with healthy models, and performing 25 ultrasound scans under the supervision of the ED pediatrician.

Procedure

This study does not represent a change to standard clinical practice – it merely involves performing an additional clinical test.

Upon arrival of the patients in the ED, they are examined by the investigator. Appropriate analgesic measures are performed on the basis of pain scales and the ED analgesia protocol. The clinical data (presence of pain, swelling, ecchymosis, and/or deformity) observed during the examination are then collected and the examiner estimates the probability of fracture in the patient as either high, intermediate, or low on the basis of his/her experience. The POCUS is then performed, analyzing each bone separately and evaluating the presence of fracture or not, and in the former case determining the maximum degree of angulation between the fragments. At this stage, the investigator makes a diagnostic judgment on the basis of the ultrasound findings. The radiography is then requested and the patient is evaluated by an ED traumatologist, who makes a final diagnosis on the basis of the clinical evaluation and

radiological findings. The traumatologist is blinded to the findings of the pediatricians. In those cases where a closed reduction of the fracture in the ED is indicated, prereluction and postreluction ultrasound images are obtained and a new radiograph is subsequently requested to confirm correct alignment of the fragments. Patients are followed up by traumatology according to protocol.

All data are recorded in a database with restricted access.

Imaging techniques

(1) Clinical ultrasonography: this is performed using a SonoSite M-Turbo ultrasonograph (Fujifilm Sonosite Iberica, S.L., Madrid, Spain) equipped with a high-frequency (6–15 MHz) linear transducer in two-dimensional mode. The ultrasound gel is applied to the region to be evaluated to create a film that prevents direct contact of the transducer with the surface of the skin. The transducer is placed perpendicular to the bone to be studied, pointing the probe marker in the direction of the closest joint. Analysis commences in the most painful region and each bone is studied in different projections, with images in at least two planes (dorsal, palmar, and/or lateral) being recorded. If considered necessary, the asymptomatic contralateral region is studied to obtain a comparative image for use as a reference. This is particularly useful when evaluating epiphyseal/metaphyseal fractures, given the added difficulty of interference from the transepiphyseal plate.

The ultrasound evaluation consisted of visualizing the bone cortex, which, under normal conditions, is seen as a hyperechogenic line with posterior acoustic shadow. Cortical irregularity or disruption was considered to be an ultrasound finding compatible with fracture in this study.

(2) Bone radiography: radiographs in two projections (anteroposterior and lateral) were requested to evaluate the distal forearm. These radiographs included the proximal and distal joints to rule out associated fractures and/or dislocations.

Statistical analysis

Results were expressed as mean and SD for normal continual variables, with median and interquartile range for those values that did not present this distribution. Categorical variables were reported as number and percentage. Student's *t*-test (or the Wilcoxon rank sum test), an analysis of variance (or the Kruskal–Wallis test), or the χ^2 -test (or Fisher's exact test) were used to compare groups, as applicable. Cohen's κ -test and the McNemar test were used to determine the concordance between the clinical ultrasonography and bone radiography findings. The precision of POCUS for the diagnosis of distal forearm fractures was calculated on the basis of the bone radiography findings, with this being considered the gold

standard. The sensitivity, specificity, and predictive values were calculated as described by Fleiss *et al.* [17] using exact methods for the confidence intervals. All analyses were carried out using Stata14.1 (STATA Corp., College Station, Texas, USA). A *P* value of less than 0.05 was considered to be statistically significant.

Results

A total of 115 patients were included in the study, with 230 bones being evaluated. The demographic and clinical data are presented in Table 1, which shows that the mean age of the patients was 9.1 (SD: 3.1) years and that 50.4% of the patients were male.

A total of 57 patients with a fracture were recruited (prevalence of 49.6%), with 42 (73.7%) of these presenting a fracture of the radius and 15 (26.3%) presenting combined fractures of the radius and the ulna. As such, 72 fractured bones were detected. The distribution by fracture type is shown in Table 2. A total of 61.1% were incomplete metaphyseal fractures of the radius.

The ultrasound evaluation found 73 bones that fulfilled the fracture criteria, with four false negatives and five false positives being found in comparison with the reference diagnosis.

Consequently, the sensitivity and specificity of POCUS for the detection of distal forearm bone fractures compared with radiography was 94.4% [95% confidence interval (CI): 86.4–98.5] and 96.8% (95% CI: 92.8–99.0), respectively. The positive and negative likelihood ratios were 0.06 (95% CI: 0.02–0.15) and 29.84 (95% CI: 12.57–70.84) (Table 3). The analysis of the data from the investigators' perspective is shown in Table 4.

Table 5 shows the relationship between the clinical probability of fracture estimated on the basis of the pediatrician's criteria and the ultrasound/radiological findings. Thirty nine of the 43 patients considered to

Table 1 Clinical and demographic data of patients (N = 115)

Characteristics	Total (%)
Sex	
Male	61 (53)
Female	54 (47)
Age (years)	
Mean	9.1
SD	3.1
Location	
Left	56 (49)
Right	59 (51)
Clinical data	
Pain	115 (100)
Pain + swelling	61 (53)
Pain + swelling + ecchymosis	4 (3)
Deformity	24 (21)
Probability of fracture	
High	43 (37.4)
Intermediate	48 (41.7)
Low	24 (20.9)

Table 2 Distribution of distal forearm fractures by fracture type (N = 72)

Types of fracture	Total (%)
Radial fracture (n = 57)	
Metaphyseal	
Incomplete	44 (61.1)
Complete	7 (9.7)
Salter–Harris	6 (8.3)
Ulnar fractures (n = 15) ^a	
Metaphyseal	
Incomplete	5 (6.9)
Complete	3 (4.2)
Salter–Harris	2 (2.8)
Styloid avulsion	5 (6.9)

^aAll ulnar fractures were associated with a fracture of the radius.

have a high probability of fracture presented fracture data in the POCUS, with 38 doing so in the radiograph; no patients categorized with a low probability presented a fracture.

In line with the hospital's protocol, reduction of the fracture was indicated in 15 patients. In 12 of these cases, the procedure was performed in the ED under sedation/analgesia, with prereduction and postreduction ultrasound images being recorded. The remaining three cases were treated in the operating theater. The maximum angulation between the bone fragments was determined in all these 15 cases by POCUS and was found to be greater than 20° in 12 patients and between 10° and 20° in the other three. In the case of fractures reduced in the ED, the residual angle postreduction was calculated and found to be less than 5°. The findings were confirmed in the control radiograph, with no further reduction procedures being necessary.

Discussion

The results of this study show that POCUS detects distal forearm fractures with high sensitivity and specificity even when performed by a physician with limited experience in ultrasonography. Our findings are similar to those published recently by Douma-den Hamer *et al.* [10], who obtained a sensitivity of 97% and a specificity of 95% (94 and 97%, respectively, in our study). The interinvestigator variability is shown in Table 4. The ED pediatrician achieved a higher sensitivity, probably because of his greater clinical experience and experience using the ultrasonograph.

Nine diagnostic errors were detected in the POCUS (Table 3) compared with radiography, with a total of four false negatives. The first two corresponded to a Salter–Harris fracture of the radius, a fracture that represented 11% of those in the study. It is difficult to evaluate the growth cartilage by ultrasound. Indeed, previous studies [14,18,19] involving the evaluation of intrapariarticular bones report a higher frequency of diagnostic errors in these locations, which therefore show a lower diagnostic sensitivity in comparison with those

Table 3 Statistical data comparing clinical ultrasonography for the diagnosis of distal forearm fractures with radiography

Radiography	POCUS		Total	Sensitivity (95% CI)	Specificity (95% CI)	PPV (95% CI)	NPV (95% CI)	PLR (95% CI)	NLR (95% CI)
	Positive	Negative							
Positive	68	5	73	94.4 (86.4–98.5)	96.8 (92.9–99.0)	93.2 (84.7–97.7)	97.5 (93.6–99.3)	0.06 (0.02–0.15)	29.84 (12.57–70.84)
Negative	4	153	157						
Total	72	158	230						

CI, confidence interval; NLR, negative likelihood ratio; NPV, negative predictive value; PLR, positive likelihood ratio; POCUS, Point-Of-Care Ultrasound; PPV, positive predictive value.

studies that consider them to be an exclusion criterion. The final two false negatives were avulsions of the ulnar styloid apophysis. Both were part of combined fractures in which disruption of the radius had been identified correctly. In these two patients, the diagnostic error would not have led to any change in their management.

A total of five false positives were detected, all of which showed small deformities of the radial cortex close to the radial-carpal joint or the transepiphyseal plate. This location probably contributed toward these diagnostic errors. As noted previously, both these surfaces are difficult to evaluate and often lead to a diagnostic error [1,4,18,19]. However, even though no trace of a fracture was observed in the radiograph, four of them were immobilized with a plaster splint. It was not possible to evaluate the presence of a fibrocartilage callus in these patients as no control radiograph was performed because of their good evolution according to the traumatologist criteria.

The technique used in this study involved obtaining images of each bone in at least two planes while prioritizing patient comfort, which probably limited the ability to perform an exhaustive ultrasound examination in some cases. In their study, Douma-den Hamer *et al.* [10] noted that the evaluation method involving six planes (three per bone) allows a circumferential view of each bone, thereby reducing the risk of not detecting these fractures.

In terms of the training required to perform bone ultrasonography, various authors [1,16,18] have reported that standardized training of around 1 h is sufficient, thus suggesting that learning bone POCUS is not particularly complex. Similarly, despite having no previous experience in POCUS and having received only basic theoretical/practical training, the pediatric resident achieved a diagnostic precision similar to that of the ED pediatrician and the results published in the literature. It was possible to perform real-time ultrasound follow-up of those patients in whom the fracture was reduced in the ED, thus confirming correct alignment of the bone fragments compared with the initial images. This was possible as this is a nonionizing and readily reproducible technique that allows images to be obtained in any desired plane. However, as recommended by standard clinical practice, a control radiograph was subsequently requested to confirm correct bone realignment. Numerous studies have shown the utility of POCUS in controlling the reduction of bone fractures [8,15,16,20].

The main limitation of the study is related to the selection of the patient as the sampling has been applied for convenience according to the availability of the researchers. Therefore, not all patients who fulfilled the inclusion criteria have been included. The data obtained have not been compared with the latter. In addition, interobserver agreement has not been analyzed as each patient has been evaluated by a single examiner.

Table 4 Statistical data for clinical ultrasonography for the diagnosis of distal forearm fractures on the basis of the investigator's experience

Investigator's experience	FN	FP	Sensitivity (95% CI)	Specificity (95% CI)	PPV (95% CI)	NPV (95% CI)
Emergency department pediatrician (n=132)	2	4	95.4 (84.2–99.4)	95.5 (88.9–98.8)	91.1 (78.8–97.5)	96.4 (87.5–99.6)
Resident (n=98)	2	1	93.1 (77.2–99.2)	98.3 (90.9–100)	96.4 (81.7–99.9)	96.7 (88.5–99.6)

CI, confidence interval; FN, false negative; FP, false positive; NPV, negative predictive value; PPV, positive predictive value.

Table 5 Relationship between the estimated probability of fracture and the ultrasound and radiological findings

Probability of fracture	Patients per group	Patients with fracture (%)	
		POCUS	Radiography
High	43	39 (90.7)	38 (88.4)
Intermediate	48	21 (43.8)	19 (39.6)
Low	24	0	0

POCUS, Point-Of-Care Ultrasound.

Moreover, it should be noted that the final diagnosis was made by a traumatologist on the basis of a physical examination and the radiological image. Although the latter is considered to be the reference test, given its high sensitivity and specificity (93.2 and 99.8%, respectively, according to Weinberg *et al.* [1]), it is not infallible as fractures are sometimes indiscernible. Consequently, fractures seen in the POCUS may not be visible in the radiograph. Ideally, a second imaging test would be performed during follow-up to detect such fractures as this would allow the changes related to bone remodeling to be identified with high probability. However, in selected cases, it was decided by Orthopedics-Traumatology not to perform control radiography. Therefore, in these cases, we cannot evaluate the presence of a fibrocartilaginous callus.

Finally, as this is not a multicenter study, it may not be possible to extrapolate our findings to clinical practice at all hospitals.

Conclusion

POCUS is a clinical tool with high sensitivity and specificity for the diagnosis of distal forearm fractures. In addition, this is a highly accurate technique that can be applied easily by the ED pediatrician. In our opinion, and given the high negative predictive value (97.45%, 95% CI: 93.61–99.30) obtained in this study, it may be possible to consider not performing a radiograph in those patients with a low fracture probability and normal POCUS. However, further studies are still required to optimize our understanding of this aspect.

Acknowledgements

Conflicts of interest

There are no conflicts of interest.

References

- Weinberg ER, Tunik MG, Tsung JW. Accuracy of clinician-performed point-of-care ultrasound for the diagnosis of fractures in children and young adults. *Injury* 2010; **41**:862–868.
- Waterbrook AL, Adhikari S, Stolz U, Adrion C. The accuracy of point-of-care ultrasound to diagnose long bone fractures in the ED. *Am J Emerg Med* 2013; **31**:1352–1356.
- Joeris A, Lutz N, Wicki B, Slongo T, Audigé L. An epidemiological evaluation of pediatric long bone fractures – a retrospective cohort study of 2716 patients from two Swiss tertiary pediatric hospitals. *BMC Pediatr* 2014; **14**:314.
- Barata I, Spencer R, Suppliah A, Raio C, Ward MF, Sama A. Emergency ultrasound in the detection of pediatric long-bone fractures. *Pediatr Emerg Care* 2012; **28**:1154–1157.
- Randsborg PH, Gulbrandsen P, Saltýt Benth J, Sivertsen EA, Hammer OL, Fuglesang HF, Aarén A. Fractures in children: epidemiology and activity-specific fracture rates. *J Bone Joint Surg Am* 2013; **95**:e42.
- Hedström E, Svensson O, Bergström U, Michno P. Epidemiology of fractures in children and adolescents. *Acta Orthop* 2010; **81**:148–153.
- Cross K. Bedside ultrasound for pediatric long bone fractures. *Clin Pediatr Emerg Med* 2011; **12**:27–36.
- Dubrovsky AS, Kempinska A, Bank I, Mok E. Accuracy of ultrasonography for determining successful realignment of pediatric forearm fractures. *Ann Emerg Med* 2015; **65**:260–265.
- Cho KH, Lee SM, Lee YH, Suh KJ. Ultrasound diagnosis of either an occult or missed fracture of an extremity in pediatric-aged children. *Korean J Radiol* 2010; **11**:84–94.
- Douma-den Hamer D, Blanker MH, Edens MA, Buijteweg LN, Boomsma MF, van Helden SH, *et al.* Ultrasound for distal forearm fracture: a systematic review and diagnostic meta-analysis. *PLoS One* 2016; **11**:e0155659.
- Herren C, Sobottke R, Ringe MJ, Visel D, Graf M, Müller D, Siewe J. Ultrasound-guided diagnosis of fractures of distal forearm in children. *Orthop Traumatol Surg Res* 2015; **101**:501–505.
- Neri E, Barbi E, Rabach I, Zanchi C, Norbedo S, Ronfani L, *et al.* Diagnostic accuracy of ultrasonography for hand bony fractures in pediatric patients. *Arch Dis Child* 2014; **99**:1087–1090.
- Hall EJ, Brenner DJ. Cancer risks from diagnostic radiology. *Br J Radiol* 2008; **81**:362–378.
- Bartley K, Metayer C, Selvin S, Ducore J, Buffler P. Diagnostic X-rays and risk of childhood leukaemia. *Int J Epidemiol* 2010; **39**:1628–1637.
- Sinha TP, Bhoi S, Kumar S, Ramchandani R, Goswami A, Kurrey L, Galwankar S. Diagnostic accuracy of bedside emergency ultrasound screening for fractures in pediatric trauma patients. *J Emerg Trauma Shock* 2011; **4**:443–445.
- Chen L, Kim Y, Moore CL. Diagnosis and guided reduction of forearm fractures in children using bedside ultrasound. *Pediatr Emerg Care* 2007; **23**:528–531.
- Fleiss J, Levin B, Paik M. *Statistical methods for rates and proportions*, 3rd ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc; 2003.
- Kozaci N, Ay MO, Akcimen M, Turhan G, Sasmaz I, Turhan S, *et al.* Evaluation of the effectiveness of bedside point-of-care ultrasound in the diagnosis and management of distal radius fractures. *Am J Emerg Med* 2015; **33**:67–71.
- Marshburn TH, Legome E, Sargsyan A, Li SMJ, Noble VA, Dulchavsky SA, *et al.* Goal-directed ultrasound in the detection of long-bone fractures. *J Trauma* 2004; **57**:329–332.
- Patel D, Blumberg S, Crain E. The utility of bedside ultrasonography in identifying fractures and guiding fracture reduction in children. *Pediatr Emerg Care* 2009; **25**:221–225.

