

Determinació de la funció de comportament que indica normalitat en els estudis estabilomètrics estàtics, i intervals de normalitat, en individus sans amb una edat entre 18 i 65 anys

Pere Ramón Rodríguez Rubio

Dipòsit Legal: B 18917-2014

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

**Determinació de la funció de
comportament que indica normalitat en
els estudis estabilomètrics estàtics, i
intervalls de normalitat, en individus
sans amb una edat entre 18 i 65 anys**

Tesi doctoral per optar al grau de Doctor en el programa de Doctorat en
Fisioteràpia

Doctorand: Sr. Pere Ramón Rodríguez Rubio

Directores de tesi: Dra. Caritat Bagur Calafat
Dra. Montserrat Girabent i Farrés

2014

*“No existeixen més que dues regles per escriure: tenir alguna cosa
que dir i dir-ho”*

Oscar Wilde

AGRAÏMENTS

Un cop arribat a aquest punt, i després de seguir un llarg camí que m'ha portat a poder finalitzar la tesi doctoral, no puc deixar d'oblidar-me de totes les persones que m'han ajudat d'una manera o altra, al llarg d'aquest feixuc i costós procés d'aprenentatge.

Voldria agrair als meus pares haver-me ensenyat a ser el que sóc, guiar-me, ajudar-me i estimar-me, essent un dels pilars més importants en la meua vida. Gràcies pel sacrifici i esforç que heu fet en tots aquests anys, ja que de ben segur que no ha estat fàcil, i més tenint als dos fills fóra de casa.

L'altre pilar de la meua vida i que sinó fos per ella segurament no ho hagués aconseguit, és la meua esposa Ruth Gilberte. Gràcies pel teu amor, la teua comprensió, la teua paciència i per creure en mi.

No puc oblidar de donar les gràcies a la meua àvia, Ana Navas, a la meua germana, Sílvia Rodríguez, i a la seva parella i en breu espòs, Juanma Ferrera, per estar sempre al meu costat.

Per altra banda, destacar l'ajuda, paciència i els ànims que he rebut de la meua altra família, Antonio Gilberte, Juani Ríos i Sònia Gilberte.

Després de molts anys treballant conjuntament, costat a costat, destacar els ànims, la força i la paciència de l'amic i company batalla, Juanjo García.

Pel que fa a les dues persones amb les quals he treballat braç a braç per poder tirar aquest projecte endavant, són les meues directores de tesi; la Dra. Caritat Bagur i la Dra. Montserrat Girabent, amb les quals

he pogut comptar de debò des del primer fins a l'últim moment. Gràcies per la vostra tenacitat perquè pogués tirar endavant aquesta tesi doctoral, i treure les forces i les idees, d'on en moltes ocasions escassejaven, i ajudar-me de la forma en què ho heu fet.

Per altra banda també destacar el suport i la paciència que ha tingut especialment durant aquest últim any, a tot el Departament de Fisioteràpia de la Universitat Internacional de Catalunya.

En aquesta part de la meua vida no puc deixar de recordar-me, del meu amic Alberto Subrá, del que en guardo un agradable i dolç record.

Donar les gràcies a tota la Universitat Internacional de Catalunya en especial a la Facultat de Medicina i Ciències de la Salut, tant de professorat com de serveis, per haver-me facilitat el poder dur a terme aquest treball i pel suport rebut.

També voldria destacar l'ajuda de Patrick Savet, pel seu temps, i alhora per explicar-me les fórmules utilitzades pel càlcul de les diferents variables, sense les quals no hagués pogut fer el disseny d'aquesta tesi doctoral.

Per últim, agrair a totes les persones que han participat en l'estudi, així com a tots els estudiants de fisioteràpia de la Universitat Internacional de Catalunya, molts d'ells ja fisioterapeutes, per haver-me cedit el seu temps, per poder realitzar els registres amb la plataforma d'estabilometria, i per aportar-me un valor afegit i que en molts casos no es reflecteix en cap bibliografia.

SUMARI DE LES SIGLES, ABREVIATURES I ACRÒNIMS

En el present estudi s'han utilitzat les següents sigles, abreviatures i acrònims, que es detallen per ordre alfabètic:

AFP	Associació francesa de posturologia
AiguaT (kg)	Aigua total (kg)
BDMassaGrassa (%)	Braç dret massa grassa (%)
BDMassaGrassa (kg)	Braç dret massa grassa (kg)
BDMassaMagra (kg)	Braç dret massa magra (kg)
BEMassaGrassa (%)	Braç esquerre massa grassa (%)
BEMassaGrassa (kg)	Braç esquerre massa grassa (kg)
BEMassaMagra (kg)	Braç esquerre massa magra (kg)
CDMassaGrassa (%)	Cama dreta massa grassa (%)
CDMassaGrassa (kg)	Cama dreta massa grassa (kg)
CDMassaMagra (kg)	Cama dreta massa magra (kg)
CEMassaGrassa (%)	Cama esquerra massa grassa (%)
CEMassaGrassa (kg)	Cama esquerra massa magra (kg)
CEMassaMagra (kg)	Cama esquerra massa magra (kg)
CG	Centre de gravetat
CP	Centre de pressió
FC	Freqüència cardíaca
FDA	Anàlisi funcional de dades (<i>Functional Data Analysis</i>)
Fr	número de peu francès
ICC	Interval de correlació intraclasse
Hz	Hertz
IDESCAT	Institut Nacional d'Estadística de Catalunya

SUMARI DE LES SIGLES, ABREVIATURES I ACRÒNIMS

Kg	Kilograms
L	Longitud
Lx	Longitud en X
Ly	Longitud en Y
MassaGrassaT (%)	Massa grassa total (%)
MassaGrassaT (kg)	Massa grassa total (kg)
MassaMagraT (kg)	Massa Magra Total (kg)
màx.	Màxim
mín.	Mínim
OA	Ulls oberts
OC	Ulls tancats
pc1	component principal 1
pc2	component principal 2
ppm	pulsacions per minut
S	Superfície
s	segons
SNC	Sistema Nerviós Central
TA	Tensió Arterial
T ^a	Temperatura
TAD	Tensió Arterial Diastòlica
TAS	Tensió Arterial Sistòlica
TrMassaGrassa (%)	Tronc massa grassa (%)
TrMassaGrassa (kg)	Tronc massa grassa (kg)
TrMassaMagra (kg)	Tronc massa magra (kg)
UIC	Universitat Internacional de Catalunya
Xm	X mitjana
Ym	Y mitjana

ÍNDIX DE CONTINGUT

RESUM	23
1. INTRODUCCIÓ	27
1.1 HISTÒRIA DE LA POSTUROLOGIA	30
1.2 EVOLUCIÓ HISTÒRICA DE LA POSTURA HUMANA	33
1.2.1 <i>Desenvolupament filogenètic de la postura humana</i>	33
1.2.2 <i>Desenvolupament ontogenètic de la postura humana</i>	36
1.3 LA POSTURA HUMANA EN LA CERCA DE L'ESTABILITAT	38
1.3.1 <i>Definició d'equilibri</i>	39
1.3.2 <i>Definició d'equilibri estàtic</i>	40
1.3.3 <i>Definició d'equilibri dinàmic</i>	40
1.3.4 <i>Diferències entre el centre de gravetat i el centre de pressions</i>	41
1.3.5 <i>L'estabilitat postural</i>	43
1.4 EL SISTEMA TÒNIC POSTURAL	45
1.4.1 <i>Exoentrades</i>	46
1.4.1.1 <i>L'ull</i>	46
1.4.1.2 <i>Sistema vestibular</i>	48
1.4.1.3 <i>El peu</i>	51
1.4.2 <i>Endoentrades</i>	53
1.4.3 <i>Sistemes centrals integradors de la informació</i>	54
1.5 LA POSTUROLOGIA COM A CIÈNCIA INTEGRADORA EN EL TRACTAMENT DE PATOLOGIES	56
1.6 INFLUÈNCIES SOBRE EL CONTROL POSTURAL	58
1.6.1 <i>Influències internes</i>	58
1.6.2 <i>Influències externes</i>	60
1.7 L'ESTABILOMETRIA COM A INSTRUMENT DE MESURA	63

1.7.1	<i>Sistema de conversió de senyal analògica a senyal digital</i>	63
1.7.2	<i>Criteris de normalitat segons la AFP</i>	66
1.7.2.1	<i>Estudi de cohorts d'adults de les normes de 85</i>	67
1.7.2.2	<i>Estudi de cohorts d'infants de les normes de 85</i>	70
1.7.2.3	<i>Estudi de repetibilitat de les normes de 85</i>	72
1.7.3	<i>Criteris de normalitat Japonesos</i>	72
1.7.4	<i>Àmbits d'utilització de l'estabilometria</i>	74
1.7.5	<i>Inconvenients de l'estabilometria</i>	76
1.8	ELS ESTUDIS AMB ANÀLISI DE DADES FUNCIONALS	77
1.8.1	<i>Definició d'anàlisi de dades funcionals i dada funcional</i>	78
1.8.2	<i>Característiques del FDA</i>	79
1.8.3	<i>Paràmetres estadístics que estudia el FDA descriptiu</i>	83
1.8.4	<i>Tècniques del FDA</i>	90
1.8.5	<i>Interpretació i aplicació dels resultats del FDA</i>	95
2.	JUSTIFICACIÓ	99
3.	HIPÒTESI I OBJECTIUS	103
3.1	HIPÒTESI	105
3.2	OBJECTIUS	106
4.	MATERIAL I MÈTODES	107
4.1	TIPUS DE DISSENY DE L'ESTUDI	109
4.2	POBLACIÓ D'ESTUDI	110
4.2.1	<i>Definicions de la població d'estudi</i>	110
4.2.2	<i>Criteris d'inclusió i d'exclusió</i>	110
4.2.3	<i>Mostra</i>	111
4.2.4	<i>Mida de la mostra</i>	112
4.3	VARIABLES I INSTRUMENTS DE MESURA DE L'ESTUDI	114

4.4	DESCRIPCIÓ DEL PROCEDIMENT ESTABILOMÈTRIC _____	122
4.5	RECOLLIDA I ANÀLISI DE DADES _____	125
4.6	CONSIDERACIONS ÈTIQUES _____	139
5.	RESULTATS _____	141
5.1	RESULTATS DESCRIPTIUS DE LA MOSTRA _____	143
5.1.1	<i>Variables antropomètriques</i> _____	143
5.1.2	<i>Variables de FC, TAS i TAD</i> _____	146
5.1.3	<i>Descriptius de l'activitat física dels subjectes</i> _____	147
5.2	RESULTATS DELS INTERVALS DE NORMALITAT EN SITUACIÓ ESTÀTICA _____	150
5.2.1	<i>Resultats dels intervals de normalitat per a les variables de la Superfície, la coordenada posicional mitjana de l'el·lipse sobre l'eix de les X i les Y</i> _____	151
5.2.2	<i>Resultats dels intervals de normalitat per a les variables de la Longitud, la longitud realitzada sobre l'eix de les X i l'eix de les Y en tots els punts registrats</i> _____	161
5.2.3	<i>Resultats dels intervals de normalitat per a les variables de la amplitud, el valor màxim i mínim de l'estabilometria en X170</i>	
5.2.4	<i>Resultats dels intervals de normalitat per a les variables de l'amplitud, el valor màxim i mínim de l'estabilometria en Y</i>	179
5.3	RESULTATS SOBRE EL COMPORTAMENT QUE INDICA NORMALITAT EN SITUACIÓ ESTÀTICA _____	187
5.3.1	<i>Anàlisi exploratori FDA de les variables estabilomètriques</i> _____	188
5.3.2	<i>Anàlisi de components principals de les variables estabilomètriques</i> _____	215
5.3.3	<i>Anàlisi exploratori FDA i ANOVA FDA de les variables estabilomètriques comparant segons el sexe</i> _____	217

5.3.4	<i>Anàlisi de components principals de les variables estabilmètriques segons el sexe del subjecte</i>	244
5.3.5	<i>Anàlisi de la influència de l'edat en les corbes de comportament de les variables estabilmètriques</i>	246
6.	DISCUSSIÓ	253
6.1	LIMITACIONS DE L'ESTUDI	265
6.2	LÍNIES DE FUTUR	266
7.	CONCLUSIONS	269
8.	BIBLIOGRAFIA	273
9.	ANNEXES	289
	ANNEX 1. CONSENTIMENT INFORMAT I FULL INFORMATIU	291
	ANNEX 2. FULL DE REGISTRE	293
	ANNEX 3. CARTA D'APROVACIÓ DEL PROJECTE PEL CER DE LA UIC	297
	ANNEX 4. TAULA COMPARATIVA RESULTATS NORMES 85 VS. NORMES 2014	298
	ANNEX 5. CODI R	299

ÍNDIX DE TAULES

<i>Taula 1. Valors obtinguts en els resultats de les Normes del 85 per l'AFP.</i>	<i>70</i>
<i>Taula 2. Resultats de la distribució de la mostra segons el sexe i la franja d'edat.</i>	<i>143</i>
<i>Taula 3. Resultats variables antropomètriques.</i>	<i>144</i>
<i>Taula 4. Resultats de la bioimpedància total i segmentària.</i>	<i>146</i>
<i>Taula 5. Resultats de les variables relacionades amb la funció cardíaca abans del registre estabilomètric.</i>	<i>147</i>
<i>Taula 6. Resultats activitats de navegació.</i>	<i>149</i>
<i>Taula 7. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable S.</i>	<i>154</i>
<i>Taula 8. Resultats dels intervals les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Xm.</i>	<i>155</i>
<i>Taula 9. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Ym.</i>	<i>155</i>
<i>Taula 10. Resultats dels intervals de normalitat segons el sexe per a les variables de S, Xm i Ym.</i>	<i>156</i>
<i>Taula 11. Resultats dels intervals de normalitat de la variable S per als diferents grups d'edat.</i>	<i>157</i>
<i>Taula 12. Resultats dels intervals de normalitat de la variable Xm per als diferents grups d'edat.</i>	<i>157</i>
<i>Taula 13. Resultats dels intervals de normalitat de la variable Ym per als diferents grups d'edat.</i>	<i>158</i>
<i>Taula 14. Resultats dels intervals de normalitat per grups d'edat i sexe per a les variables de S, Xm i Ym.</i>	<i>159</i>
<i>Taula 15. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable L.</i>	<i>163</i>

<i>Taula 16. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Lx. _____</i>	<i>164</i>
<i>Taula 17. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Ly. _____</i>	<i>164</i>
<i>Taula 18. Resultats dels intervals de normalitat segons el sexe per a les variables de L, Lx i Ly. _____</i>	<i>165</i>
<i>Taula 19. Resultats dels intervals de normalitat de la variable L per als diferents grups d'edat. _____</i>	<i>166</i>
<i>Taula 20. Resultats dels intervals de normalitat de la variable Lx per als diferents grups d'edat. _____</i>	<i>166</i>
<i>Taula 21. Resultats dels intervals de normalitat de la variable Ly per als diferents grups d'edat. _____</i>	<i>167</i>
<i>Taula 22. Resultats dels intervals de normalitat per grups d'edat i sexe per a les variables de L, Lx i Ly. _____</i>	<i>168</i>
<i>Taula 23. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Estab_X_max. _____</i>	<i>172</i>
<i>Taula 24. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Estab_X_min. _____</i>	<i>172</i>
<i>Taula 25. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Estab_X_Amp. _____</i>	<i>173</i>
<i>Taula 26. Resultats dels intervals de normalitat segons el sexe per a les variables de l'Estabilometria en X màxima, mínima i en amplitud. _____</i>	<i>174</i>
<i>Taula 27. Resultats dels intervals de normalitat de la variable la Estab_X_max per als diferents grups d'edat. _____</i>	<i>175</i>
<i>Taula 28. Resultats dels intervals de normalitat de la variable la Estab_X_min per als diferents grups d'edat. _____</i>	<i>175</i>

Taula 29. Resultats dels intervals de normalitat de la variable la Estab_X_Ampl per als diferents grups d'edat. _____	176
Taula 30. Resultats dels intervals de normalitat per grups d'edat i sexe per a les variables de l'Estabilometria en X màxima, mínima i en amplitud. _____	177
Taula 31. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Estab_Y_max. _____	180
Taula 32. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Estab_Y_min. _____	181
Taula 33. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Estab_Y_Amp. _____	181
Taula 34. Resultats dels intervals de normalitat segons el sexe per a les variables de l'estabilometria en Y màxima, mínima i en amplitud. _____	182
Taula 35. Resultats dels intervals de normalitat de la variable la Estab_Y_max per als diferents grups d'edat. _____	183
Taula 36. Resultats dels intervals de normalitat de la variable la Estab_Y_min per als diferents grups d'edat. _____	183
Taula 37. Resultats dels intervals de normalitat de la variable la Estab_Y_Ampl per als diferents grups d'edat. _____	184
Taula 38. Resultats dels intervals de normalitat per grups d'edat i sexe per a les variables de l'Estabilometria en Y màxima, mínima i en amplitud. _____	185
Taula 39. Resultats dels estimadors que millor ajusten segons el Generalizad Cross Validation (GCV) _____	214
Taula 40. Resultats de l'anàlisi de components principals per a les diferents variables i condicions. _____	216

<i>Taula 41. Resultats dels estimadors que millor ajusten segons el Generalizad Cross Validation (GCV) en el cas dels homes.</i>	242
<i>Taula 42. Resultats dels estimadors que millor ajusten segons el Generalizad Cross Validation (GCV) en el cas dels homes.</i>	243
<i>Taula 43. Resultats de les diferències de les variables estabilomètriques segons el sexe.</i>	244
<i>Taula 44. Resultats de l'anàlisi de components principals segons el sexe dels subjectes i per a les diferents variables i condicions.</i>	246
<i>Taula 45. Resultats de la bondat d'ajust de les corbes patró.</i>	251

ÍNDIX DE FIGURES

<i>Fig. 1 Estratègia del CP i del pèndul invertit.</i>	42
<i>Fig. 2 Representació de les lleis de la mecànica en la estàtica postural.</i>	42
<i>Fig. 4 Estructures del globus ocular.</i>	47
<i>Fig. 5 Estructura del sistema vestibular.</i>	50
<i>Fig. 6 Mecanoreceptors que podem localitzar a la planta del peu.</i>	53
<i>Fig. 7 Interior de la plataforma Satel a on es poden observar els tres captors anomenats C0, C1 i C2 situats en una disposició triangular.</i>	65
<i>Fig. 8 Exemple de representació gràfica de dades funcionals, representant les temperatures brutes mitjanes anuals de 35 estacions meteorològiques de Canadà.</i>	79
<i>Fig. 9 Exemple de com les dades es poden mesurar mes ruidosament com pot se el cas de la temperatura d'una ciutat exemple o bé amb menys soroll com seria el cas de la precipitació.</i>	81
<i>Fig. 10 Representació gràfica de com les mesures que s'obtenen amb els FDA poden ser mesurades mes escassament, obtenint un baix soroll i la diferència de mesures intervàliques.</i>	82
<i>Fig. 11 Representació gràfica dels valors que pot prendre la covariància prenent valors entre el -1 i el 1 al igual que la correlació.</i>	85
<i>Fig. 12 Representació gràfica de la superfície creada a partir de la covariància amb el FDA.</i>	85
<i>Fig. 13 Representació gràfica de la normalització de la covariància per la variància.</i>	87

<i>Fig. 14 Primer gràfic de l'un exemple de representació gràfica dels anàlisis de components principals.</i>	88
<i>Fig. 15 Segon gràfic de l'un exemple de representació gràfica dels anàlisis de components principals.</i>	89
<i>Fig. 16 Representació gràfica de covariàncies mes complicades amb un component per a cada x i y coordenades.</i>	89
<i>Fig. 17 Representació gràfica de covariàncies mes complicades amb dos components per a cada x i y coordenades.</i>	90
<i>Fig. 18 Exemple de regressió lineal amb els IC.</i>	92
<i>Fig. 19 Exemple de la representació gràfica de l'acceleració obtinguda de la segona derivada.</i>	93
<i>Fig. 20 Exemple de la representació gràfica del dinamisme.</i>	94
<i>Fig. 21 Representació de la variància en l'exemple de criminologia.</i>	96
<i>Fig. 22 Els cercles són les 83 mesures de l'alçada d'un nen de 10 anys. La corba traçada en color verd, es un suavitzat monòton de les dades.</i>	98
<i>Fig. 23 Procés de càlcul de la variable S.</i>	127
<i>Fig. 24 Representació gràfica de la FC, TAS i TAD. A), B(, i C) respectivament.</i>	147
<i>Fig. 25 Corbes patró i primera derivada de les corbes de X_m en OA.</i>	191
<i>Fig. 26 Corbes patró i primera derivada de les corbes de X_m en OC.</i>	192
<i>Fig. 27 Corbes patró i primera derivada de les corbes de Y_m en OA.</i>	193
<i>Fig. 28 Corbes patró i primera derivada de les corbes de Y_m en OC.</i>	194
<i>Fig. 29 Corbes patró i primera derivada de les corbes de la Longitud en OA.</i>	195

<i>Fig. 30 Corbes patró i primera derivada de les corbes de la Longitud en OC.</i>	196
<i>Fig. 31 Corbes patró i primera derivada de les corbes de la Longitud en l'eix X en OA.</i>	197
<i>Fig. 32 Corbes patró i primera derivada de les corbes de la Longitud en l'eix X en OC.</i>	198
<i>Fig. 33 Corbes patró i primera derivada de les corbes de la Longitud en l'eix Y en OA.</i>	199
<i>Fig. 34 Corbes patró i primera derivada de les corbes de la Longitud en l'eix Y en OC.</i>	200
<i>Fig. 35 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria màxima en l'eix X i en OA.</i>	201
<i>Fig. 36 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria màxima en l'eix X i en OC.</i>	202
<i>Fig. 37 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria mínima en l'eix X i en OA.</i>	203
<i>Fig. 38 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria mínima en l'eix X i en OC.</i>	204
<i>Fig. 39 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'amplitud estabilomètrica en l'eix X i en OA.</i>	205
<i>Fig. 40 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'amplitud estabilomètrica en l'eix X i en OC.</i>	206
<i>Fig. 41 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria màxima en l'eix Y i en OA.</i>	207
<i>Fig. 42 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria màxima en l'eix Y i en OC.</i>	208
<i>Fig. 43 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria mínima en l'eix Y i en OA.</i>	209
<i>Fig. 44 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria mínima en l'eix Y i en OC.</i>	210

<i>Fig. 45 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'amplitud estabilomètrica en l'eix Y i en OA.</i>	_____	211
<i>Fig. 46 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'amplitud estabilomètrica en l'eix Y i en OC.</i>	_____	212
<i>Fig. 47 Corbes patró de X_m, segons el sexe i en OA.</i>	_____	219
<i>Fig. 48 Corbes patró de X_m, segons el sexe i en OC.</i>	_____	220
<i>Fig. 49 Corbes patró de Y_m, segons el sexe i en OA.</i>	_____	221
<i>Fig. 50 Corbes patró de Y_m, segons el sexe i en OC.</i>	_____	222
<i>Fig. 51 Corbes patró de la Longitud, segons el sexe i en OA.</i>	_____	223
<i>Fig. 52 Corbes patró de la Longitud, segons el sexe i en OC.</i>	_____	224
<i>Fig. 53 Corbes patró de la Longitud en l'eix de les X, segons el sexe i en OA.</i>	_____	225
<i>Fig. 54 Corbes patró de la Longitud en l'eix de les X, segons el sexe i en OC.</i>	_____	226
<i>Fig. 55 Corbes patró de la Longitud en l'eix de les Y, segons el sexe i en OA.</i>	_____	227
<i>Fig. 56 Corbes patró de la Longitud en l'eix de les Y, segons el sexe i en OC.</i>	_____	228
<i>Fig. 57 Corbes patró de l'estabilometria màxima en l'eix de les X, segons el sexe i en OA.</i>	_____	229
<i>Fig. 58 Corbes patró de l'estabilometria màxima en l'eix de les X, segons el sexe i en OC.</i>	_____	230
<i>Fig. 59 Corbes patró de l'estabilometria mínima en l'eix de les X, segons el sexe i en OA.</i>	_____	231
<i>Fig. 60 Corbes patró de l'estabilometria mínima en l'eix de les X, segons el sexe i en OC.</i>	_____	232
<i>Fig. 61 Corbes patró de l'amplitud de l'estabilometria en l'eix de les X, segons el sexe i en OA.</i>	_____	233
<i>Fig. 62 Corbes patró de l'amplitud de l'estabilometria en l'eix de les X, segons el sexe i en OC.</i>	_____	234

<i>Fig. 63 Corbes patró de l'estabilometria màxima en l'eix de les Y, segons el sexe i en OA.</i>	_____	235
<i>Fig. 64 Corbes patró de l'estabilometria màxima en l'eix de les Y, segons el sexe i en OC.</i>	_____	236
<i>Fig. 65 Corbes patró de l'estabilometria mínima en l'eix de les Y, segons el sexe i en OA.</i>	_____	237
<i>Fig. 66 Corbes patró de l'estabilometria mínima en l'eix de les Y, segons el sexe i en OC.</i>	_____	238
<i>Fig. 67 Corbes patró de l'amplitud de l'estabilometria en l'eix de les Y, segons el sexe i en OA.</i>	_____	239
<i>Fig. 68 Corbes patró de l'amplitud de l'estabilometria en l'eix de les Y, segons el sexe i en OC.</i>	_____	240
<i>Fig. 69 Gràfic model dels estimadors de la variable X_m en OA.</i>	___	248
<i>Fig. 70 Gràfic model dels estimadors de la variable Longitud en OA.</i>	_____	249
<i>Fig. 71 Gràfic model dels estimadors de variable amplitud en l'eix X_i en OA.</i>	_____	250

RESUM



L'estabilometria és una de les tècniques utilitzades per la valoració del control postural. Els registres obtinguts, actualment, només són comparables amb els dels intervals de normalitat establerts per l'Associació francesa de posturologia (AFP), l'any 1985. Pel que fa als intervals establerts, la població no es diferenciava en franges d'edat ni per sexe. Per altra banda, tampoc es van establir les normes per altres variables com ara les d'estabilometria màximes, mínimes i en amplituds, tant en el pla frontal com en el sagitat. Pel que fa a aquests intervals, es varen determinar amb estimacions puntuals i no pel propi comportament de les diferents variables estabilomètriques segons el temps finit de registre. Per aquest motiu juntament amb l'avanç tecnològic experimentat, tant pel que fa a les plataformes com a les diferents tècniques d'anàlisi funcional de les dades (FDA), es va proposar aquest estudi en el que s'establissin les corbes patró de comportament, que indiquessin la normalitat en els registres estabilomètrics estàtics, per als individus sans, amb una edat de 18 a 65 anys, i per a les diferents variables estabilomètriques. Es van seleccionar 177 individus voluntaris. Per a cada un d'ells es van realitzar 3 repeticions dels registres, amb una plataforma estabilomètrica en situació estàtica, amb ulls oberts i ulls tancats. Es van analitzar els resultats segons les diferents tècniques de FDA (tècniques de suavitzat, B-splines, bootstrap i anàlisi de components principals en aquest cas), establint tres tipus de corbes patró de comportament segons el tipus de variable estabilomètrica. Per una banda trobem les variables posicionals amb una corba patró aplanada, una altra corba patró per a les variables de longitud en les que aquesta augmenta de forma quasi-lineal i una tercera per a les variables estabilomètriques d'amplitud així com els seus respectius màxims i mínims, en què observem una corba entre els 10 i els 20 primers segons amb molta pendent i a partir d'aquí una tendència a

aplanar-se. Destaquem que no trobem diferències estadísticament significatives (p -valor=0.000) entre les corbes patró de comportament entre homes i dones, a excepció de la variable d'estabilometria en amplitud, pel que fa al pla sagital en el cas de les dones. El coeficient de determinació R^2 , va anar de 29.65% a 46.59%, la qual cosa ens està informant que l'edat no va ser una variable que expliqui en gran mesura el comportament de les corbes, és a dir, la bondat d'ajust de la corba de regressió considerant com a variable explicativa l'edat va ser baixa, en tots els casos, però sobretot per l'amplitud en X ulls oberts, amplitud en Y en ulls oberts, i la Y mínima. Per altra banda en relació a la variable X_m en el grup d'edat de 18 a 35 anys destacar que la mitjana, tant en ulls oberts (OA) com en ulls tancats (OC), amb un valor de 3.64 ± 5.53 i 3.47 ± 6.20 respectivament, es va allunyar bastant dels valors obtinguts per als altres grups d'edat, així com de la mitjana global d'aquesta variable en la condició amb OA i OC, amb uns valor de 1.51 ± 6.35 i de 1.38 ± 6.58 respectivament. Finalment destacar que si existeixen les corbes patró de comportament estabilomètric per a cada una de les variables estabilomètriques pels individus sans amb una edat 18 a 65 anys, agrupant-les en tres tipus diferenciades segons la tipologia de variable. Destacar que no s'observen diferències estadísticament significatives entre sexe a excepció de l'amplitud en Y pel cas de les dones tant en OA com en OC.

1. INTRODUCCIÓ



L'estudi de l'equilibri de la postura mitjançant l'anàlisi estabilomètric del centre de pressions, és una de les moltes maneres que hi ha per objectivar o quantificar els mecanismes de regulació postural, a fi de conèixer les diferents estratègies que s'utilitzen en el manteniment de la postura bípeda. Hi ha diferents mètodes per a aquesta quantificació, des de l'estudi del centre de masses mitjançant la pressió exercida amb els peus sobre una plataforma estabilomètrica (1-3), o bé, utilitzant marcadors ubicats en la zona cefàlica (4), al maluc (5) o bé estudiant la relació dels moviments corporals en relació en l'espai, tot i que en aquests diferents sistemes (6-8) no es coneix la fiabilitat que tenen sobre l'avaluació de l'estabilitat de la postura, a excepció de la plataforma posturogràfica Satel (9). Pel que fa a l'estudi de validesa i fiabilitat de la plataforma estabilomètrica Satel, es va trobar que sí que era vàlida per als registre de les variables estabilomètriques a través del desplaçament del centre de pressions (CP), així com, es va obtenir una fiabilitat, per a les diferents variables estabilomètriques en condicions estàtiques, tan en ulls oberts com ulls tancats, entre adequada i bona. És a dir, que per a diferents variables estabilomètriques es va obtenir un coeficient de correlació intraclasse (ICC) entre 0.7 i 0.8 i en altres variables es va obtenir un ICC entre 0.8 i 0.9 respectivament. Tanmateix, en algunes variables la fiabilitat era molt bona, és a dir, entre 0.9 i 1.0, especialment per les variables que implicaven un component de longitud o desplaçament del CP (9).

1.1 Història de la posturologia

A mitjans del segle XIX, *Sir Charles Bell* ja es començava a plantejar qüestions sobre com els humans es podien mantenir en bipedestació, és a dir, com s'organitzava el control postural a més d'altres aspectes de com ha arribat l'home a ser com és en el seu aspecte més físic (10).

Posteriorment, *Vierordt*, l'any 1860 buscava instruments que valoressin el control postural, tot i que encara que no quantificaven l'anàlisi postural. El que utilitzava era un registre a la inversa del que actualment s'aplica, lligant una ploma al cap del pacient amb tinta, i un paper per sobre del cap, de tal manera que podia enregistrar els desplaçaments dels subjectes. Actualment es coneix que aquests tipus de registres, modificaven les valoracions posturogràfiques (11,12).

L'any 1952, *Scherrer* va construir la primera plataforma de forces francesa, en la que no hi havien diferents aspectes tal com plomes, fils, cintes o plomades que poguessin modificar l'objecte d'estudi, fabricant una plataforma que registrés unes dades sense aquestes influències externes, lliure de tots aquests aspectes, a excepció del soroll ambient, i enregistra els desplaçaments dels subjectes des del moviment del CP tal com succeeix en l'actualitat. Però en els anys cinquanta, la transformació analògica de la senyal captada per la plataforma, seguia essent rudimentària i difícil de processar degut a la velocitat dels ordenadors i programes de l'època. No va ser fins al desenvolupament d'ordinadors, als anys 80, que mitjançant

l'anàlisi del senyal, les plataformes de força, van fer augmentar l'interès per aquestes (13). Aquestes plataformes es van estendre ràpidament per tots els laboratoris d'investigació exceptuant pràcticament a tots els EEUU que utilitzaven la plataforma creada per Nashner l'any 1970 (14).

La primera escola de posturografia es va establir a Berlín, l'any 1890 per Vierordt, mentre que les primeres dades que es tenen sobre els ajustaments posturals associats al moviment voluntari, són de l'any 1899 realitzades per Babinski. Aquest autor va observar les alteracions que es produïen entre la coordinació de la postura i el moviment dels pacients cerebel·losos. Des de llavors, s'ha establert, tant en el cas de l'home com en el cas de l'animal, que el moviment intencional està acompanyat i seguit per fenòmens posturals (15).

Un dels canvis més importants en el camp de la posturologia, es va produir quan el professor J.B. Barón, en el Laboratori de Posturografia de l'Hospital St. Anne de París, va publicar una tesi l'any 1955 sobre la importància dels músculs oculomotors sobre l'actitud postural i que més tard es confirmaria amb els treballs de Da Cunha i posteriorment per Roll i col. l'any 1991 (16,17).

Actualment, el camp de la posturologia està interrelacionat amb diferents especialitats, havent d'augmentar la recerca en busca d'evidència científica i nous avanços que permetin restaurar les alteracions posturals i que aquestes, com es va demostrant cada vegada més, es veuen influenciades per molts factors. Dintre de la posturologia, actualment, existeixen diferents línies de recerca; des del control de la visió binocular o monocular

en el manteniment de l'estàtica fins a la implicació dels processos d'atenció i la seva relació en l'estàtica. Altres línies desenvolupades en els inicis de la posturologia i que continuen amb molta força són les que afecten directament al sistema vestibular, tot i que actualment s'utilitzen, amb la combinació de plataformes d'estabilometria i sistemes optocinètics. Tanmateix, hi ha una vessant de la posturologia que va encaminada cap a les diferents afectacions de l'oïda mitjà i que puguin afectar a l'audició, ja que com es detallarà més endavant, aquesta part del cos humà, és una de les entrades neurosensorials que poden afectar o influir en l'estabilitat postural.

La millora tecnològica, a més de la reducció del cost d'aquests tipus d'aparells i materials, ha portat al desenvolupament de plataformes de forces a nivell domèstic. En primer lloc buscant una diversió a través del joc, com també utilitzant-lo per a la fase de millora de l'equilibri o per a la rehabilitació, amb un entorn visual molt més gràfic i permetent que les puguin utilitzar un ampli ventall d'usuaris d'edats diferents (18-20).

1.2 Evolució històrica de la postura humana

1.2.1 Desenvolupament filogenètic de la postura humana

L'evolució filogenètica fa referència als canvis que s'han produït en l'evolució de l'espècie humana en el seu aspecte biològic. Des d'aquesta perspectiva, es vol remarcar que la postura humana ha anat canviant des dels inicis de la humanitat.

Els inicis i el desenvolupament de la humanitat és un dels temes amb més controvèrsia que existeix entre la comunitat científica. En uns inicis, es pensava en dues hipòtesis completament oposades però que amb els descobriments de les restes fòssils, van quedar relegades als cinc principals models sobre el desenvolupament dels humans actuals (21,22).

- El reemplaçament africà: També es coneix com a El jardí de l'Edèn, o bé com el "*Out of Africa*" on sembla que les primeres poblacions humanes s'haurien diferenciat a l'Àfrica i posteriorment aquestes s'haurien estès cap a Euràsia i Austràlia. Anatòmicament, els actuals humans emergeixen com una nova espècie; *homo sapiens*.
- *Weak Garden of the Edèn* (El jardí de l'Edèn atenuat): Postula que només una part d'aquestes

poblacions s'hauria estès a altres indrets i això explicaria la variabilitat genètica trobada en fòssils d'altres indrets.

- Hibridació africana i reemplaçament de Günter Bräuer: aquest model és similar al model del reemplaçament africà, però amb una hibridació amb les poblacions existents en altres indrets.
- El model d'assimilació de Fred H. Smith, on s'admet un component africà en l'origen dels humans moderns actuals, però que nega el reemplaçament dels habitants dels altres indrets, sinó l'assimilació dels habitants locals dels immigrants durant llargs períodes de temps.
- El model d'evolució multiregional de M. Wolpoff, A. Thorne i D. Frayer, on nega explícitament un origen recent africà per a tots els humans actuals i posa de manifest la continuïtat genètica de les diferents zones en el transcurs del temps (23).

Aquests diferents paradigmes, suggereixen bàsicament dues qüestions sobre l'origen humà; una és si l'actual anatomia humana va sorgir primer a l'Àfrica i després es va dispersar a la resta del "Vell Món", entenent que encara no estaven els continents en la ubicació en la que ens els trobem actualment, o bé si els humans moderns, van sorgir per mitjà de la barreja dels diferents canvis evolutius dels diferents indrets del "Vell Món". Segons diferents estudis

recollits en el llibre de John H. Relethford, l'any 2001, s'observa una tendència més correcta cap al model del reemplaçament africà atenuat sobre l'origen de l'humà actual, a on subratlla la idea de "*principalment, però no exclusivament des d'Àfrica*" (22,24).

Una de les característiques que diferencia als humans actuals dels altres primats, és l'habitual capacitat per caminar en bipedestació. Aquesta senzilla característica va implicar una sèrie de canvis perquè es pogués passar de la quadrupèdia a l'actual bipedisme havent-se de realitzar algunes adaptacions en l'esquelet que fessin possible el manteniment de la postura en una posició bípeda. Aquestes modificacions han fet que hi hagués una diferenciació entre els humans actuals i els avantpassats del homínids.

La bipedestació en el món animal és una estranya manera de moure's, exceptuant les aus que utilitzen dues potes, alguns rèptils (sauris), i els pingüins, hi ha diferents idees sobre el perquè el ser humà va arribar a desenvolupar el bipedisme i la conseqüent forma de locomoció actual. Aquests paradigmes, parlen de si el procés d'encefalització va desenvolupar la marxa bípeda amb el corresponent augment en el grau d'intel·ligència o bé si la evolució es va donar per un procés invers.

1.2.2 Desenvolupament ontogenètic de la postura humana

L'evolució ontogenètica humana fa referència als canvis individuals que es produeixen en un mateix individu al llarg de la seva vida. També cal remarcar el concepte d'adaptació ontogenètica que faria referència a les adaptacions fisiològiques derivades de l'entorn, i de la utilització del cos.

Tal com es conegut per tots, el nen al néixer, ho fa en una posició fetal sense tenir constituïda la seva postura que finalment el portarà a la bipedestació. Durant l'etapa evolutiva del nen, es portaran a terme una sèrie de modificacions en la seva columna que el portarà a la bipedestació.

Aquests canvis que afecten a la columna vertebral, s'inicien principalment en la columna lumbar, en la que en els primers dies de vida del nen, hi ha una concavitat anterior. Als cinc mesos de vida, aquesta curvatura continua essent de concavitat anterior, i no és fins als tretze mesos en el que no comença a fer-se rectilínia. A partir dels tres anys, es pot apreciar una lleugera lordosis lumbar que es consolidarà als 8 anys y finalment, no serà fins als 10 anys que aquesta adopti la curvatura definitiva.

D'aquesta manera, i a mesura que es continua amb el procés d'evolució individual fins a l'edat de maduresa o evolució màxima als 45-50 anys, no es comença un procés

d'involució fet que torna a haver-hi una modificació de les curvatures fisiològiques de l'home. Així, l'evolució ontogenètica, va d'una forma paral·lela a l'evolució de l'espècie humana (25).

1.3 La postura humana en la cerca de l'estabilitat

La postura és una posició del cos per tal de mantenir un recolzament en contra de la gravetat. Aquest manteniment és un acte motor automàtic i inconscient que ens permet adoptar una posició bípeda. La postura també, ha de permetre una estabilitat en una situació estàtica i dinàmica, a més a més de facilitar la relació de la postura amb l'entorn que l'envolta (26).

En aquest apartat es vol mencionar diferents aspectes de la física i de la biomecànica, per tal de poder contextualitzar diferents aspectes que ajudaran a la comprensió de la regulació de la postura humana. Un dels aspectes que cal tenir en compte és tot el que engloba a l'estudi de la dinàmica des de la definició conceptual, en el que seria la part de la mecànica, que estudia les forces que provoquen el moviment, alhora que estudia les forces que també hi interactuen. La dinàmica la desglossem en la estàtica i la cinètica. Pel que fa a la estàtica, s'estudiaria quan el cos que rep les forces està en repòs o a una velocitat constant, mentre que pel que fa a la dinàmica, el cos que rep les forces no està en repòs, sinó que hi ha una acceleració.

Es creu oportú diferenciar el concepte de postura estàtica, dintre del camp de la posturologia, de la definició del concepte d'estàtica com a part de la dinàmica. Definim una postura estàtica aquella en el que no hi ha la introducció d'un desequilibri provocat en el pla sagital o frontal que dificulti l'estabilitat, mentre que la postura dinàmica seria aquella en la que s'introdueix un desequilibri en algun dels plans, tant en l'eix de les X com en l'eix

de les Y per estudiar el comportament del sistema tònic postural en la regulació de la postura. Cal comentar que en la postura dinàmica, no hi ha un desplaçament de la base de sustentació, tot i que s'utilitza el concepte dinàmic per referir-nos a la introducció d'algun element que desequilibri el cos en algun dels plans, en conseqüència, l'estudi del control postural tant en una situació estàtica o dinàmica no implica un moviment de desplaçament del subjecte per la plataforma.

1.3.1 Definició d'equilibri

Un cos està en equilibri quan dues forces de mateixa magnitud i de sentit contrari generen un moment de força igual a zero.

El procés d'equilibri postural es realitza de dues maneres, per una banda de forma automàtica o subcortical, en la que aquest automatisme permeti realitzar altres funcions sense haver de pensar que estem intentant mantenir l'equilibri, de tal forma que l'organisme pugui ser el més eficient energèticament, i per l'altra banda aquest procés es realitza per actes més complexos i altres activitats apreses durant el procés de reeducació o desenvolupament psicomotor de l'individu, i que requereixen la utilització de les àrees corticals i cognitives del SNC.

1.3.2 Definició d'equilibri estàtic

Es defineix com equilibri estàtic, aquell en el que el cos projecta el seu centre de gravetat (CG) dintre de la base de sustentació i que en el cas de l'individu aquesta base es regeix per l'àrea delimitada pel contorn exterior del peu i la línia que uneix el cap del primer i cinquè metatarsià dels dos peus. En aquest equilibri no hi ha desplaçament de la base de sustentació, però sí que hi ha moviment del CP ja que això seria la base del que s'entén per estabilitat i que també forma part del control postural i que explicarem en més detall més endavant. En aquest equilibri estàtic s'hi inclouen totes les posicions adoptades pel subjecte mentre la base de sustentació no generi un desplaçament.

1.3.3 Definició d'equilibri dinàmic

En aquest cas, l'equilibri dinàmic, seria el que permet que la persona es mogui sense caure, és a dir, permet desplaçar la base de sustentació del subjecte, ja sigui d'una forma voluntària en la que seria el propi individu el que realitzaria el propi desplaçament o bé mitjançant algun objecte que canviés la ubicació de la base de sustentació. Pel que fa a aquest desequilibri, es pot gener a través de diversos mecanismes que alterin l'estabilitat tant en el pla frontal com sagital.

1.3.4 Diferències entre el centre de gravetat i el centre de pressions

Es creu oportú diferenciar aquests dos conceptes donada la importància que aquests tenen per a l'estudi. Per un costat tenim el CP que és la projecció del centre de masses recollit mitjançant el CG en el polígon de sustentació tal com es pot veure en la Fig. 1. Per l'altre costat tenim el CG que és aquella zona o punt d'aplicació de les diverses forces de gravetat que actuen sobre la distribució de masses d'un cos (Fig. 2). Aquest CG és extrínsec a l'objecte, i depèn de la situació gravitacional en la que es trobi el cos. El CP no es pot modificar per si sol a no ser que es canviï el CG a través de la reestructuració geomètrica del cos, actuant l'energia cinètica, ja que aquesta es modificaria al alterar la velocitat del cos.

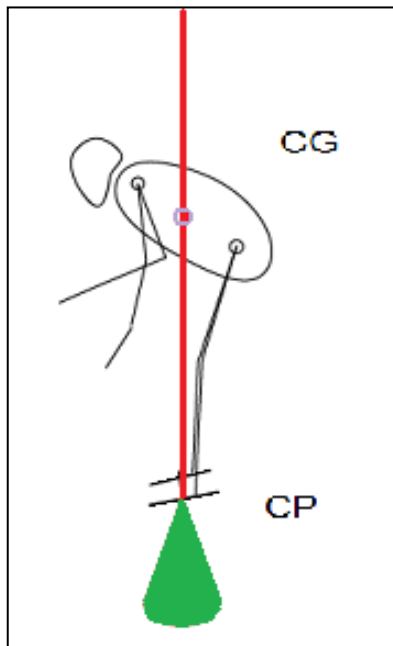


Fig. 1 Estratègia del CP i del pèndul invertit.
<http://ada-posturologie.fr/TactiqueDuPied.htm>

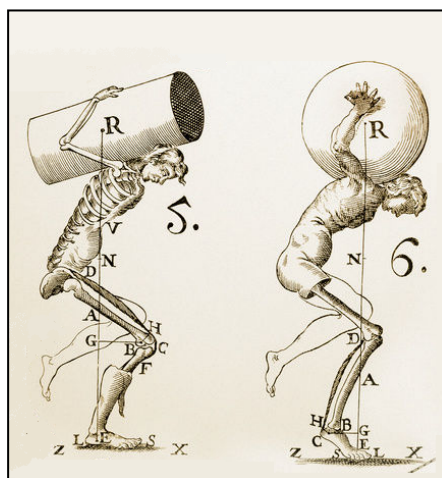


Fig. 2 Representació de les lleis de la mecànica en la estàtica postural.
De motu animalium. Borelli 1679.

1.3.5 L'estabilitat postural

Es descriu que l'home en bipedestació no està en equilibri, sinó que s'estabilitza, és a dir, que busca la situació d'equilibri, però les diferents forces que actuen sobre ell fa que no pugui quedar-se en aquesta situació.

L'estabilitat seria l'activació dels diferents mecanismes de regulació de la postura per poder aconseguir l'equilibri postural, a fi efecte, de mantenir el CP dintre del polígon de sustentació amb el mínim de cost energètic possible.

Per mantenir aquest equilibri el cos projecta el concepte descrit com a pèndul invertit, en el que l'individu manté l'estabilitat descrivint un pèndol invertit entre els 3° i els 4° Celsius. Tot i que també es podria considerar des dels 0° encara que degut a l'activitat tònic postural no es possible mantenir una oscil·lació de 0°. Quan aquests sistemes de regulació postural presenten alguna alteració en alguna de les entrades, i que es descriuran en el capítol 1.4, ja sigui en el sistema de les informacions procedents de les exoentrades o endoentrades, la oscil·lació postural resultant serà superior als 4°, evidenciant una dificultat en el subjecte per mantenir l'estabilitat, o bé per trobar una situació d'equilibri. Així, podem tenir un sistema que estigui en equilibri i sigui molt estable, també podem observar un sistema que estigui en equilibri però sigui poc estable, és a dir, que en aquest cas observariem una variable Superfície (S) amb valors de normalitat, però una Longitud (L) amb valors augmentats.

El CP segons els valors de normalitat hauria de mantenir-se dintre del baricentre de pressions tal com es pot veure en la Fig. 3 tot i que això no comporta que el subjecte es trobi dintre dels valors de normalitat segons les normes establertes per l'AFP.

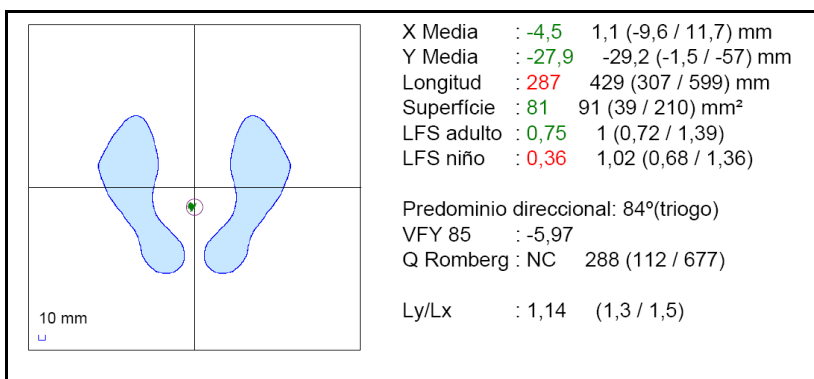


Fig. 3 Subjecte amb valors normals en l'establimetria mantenint el CP dins del baricentre de pressions però amb valors de la variable de L fora dels valors de les normes de 85.

1.4 El Sistema Tònic Postural

La postura humana, per mantenir-se estable i en equilibri, ha de vèncer constantment la força de la gravetat, ha de tenir uns mecanismes capaços de generar unes respostes que s'avancin a les respostes voluntàries (principalment la resposta neuromuscular), i a més a més, ha de poder adaptar-se a l'entorn que l'envolta. Tots aquests aspectes és el que es defineix com a sistema postural fi. En aquest sistema, segons d'on provingui l'entrada sensorial, les podem distingir entre exoentrades, endoentrades i centres d'interacció sensorial.

Una postura en bipedestació és una habilitat bàsica i important dels éssers humans i és també un punt de partida de moltes activitats de la nostra vida diària. La postura en aquesta posició vertical de l'individu, es produeix per tres estratègies diferents: la del turmell, la del maluc i una altra més complexa que seria la combinació entre la pròpia estratègia utilitzada segons la tàctica, és a dir, la del turmell i/o la de maluc, i el nivell d'integració (27-29).

En l'estratègia de turmell, la postura vertical es restableix en canviar l'angle de l'articulació de turmell, mantenint la resta d'articulacions més rígides. El moment de correcció es genera per músculs al voltant de l'articulació del turmell basant-se en a les diferents entrades neurosensorials de diferents estructures. Aquesta estratègia s'utilitza principalment quan les pertorbacions provinents de l'exterior són petites (29), i preferentment del pla sagital (30). Quan les pertorbacions són més elevades, s'utilitza l'estratègia de maluc, en la que no solament hi ha actiu el turmell sinó també es combina amb l'estratègia del maluc de forma cooperativa. Per últim, quan les

pertorbacions posturals de desequilibri són més grans, tant per a l'estratègia de turmell com per a la del maluc, l'equilibri del cos es restableix reubicant els peus en una nova posició més apropiada mitjançant l'ajuda de sistemes d'integració més complexos.

El control postural és l'habilitat de l'individu per mantenir l'equilibri en una situació gravitacional mitjançant l'activació del sistema tònic-postural (exocaptors, endocaptors i els centres superiors que integren la informació dels diferents receptors) i que fan mantenir el CP per sobre de la base de sustentació (31), alhora que es desencadena el que es defineix com a estabilitat postural.

1.4.1 Exoentrades

El nom d'exoentrades prové de la relació que s'estableix entre el sistema postural i el món exterior. Els exocaptors són receptors sensorials d'*inputs* procedents de l'exterior del cos, i que envien la informació al sistema nerviós central (SNC), permetent situar-nos en relació amb el nostre entorn. Aquests exocaptors estan formats pels ulls, el sistema vestibular i els receptors de la planta del peu (32,33).

1.4.1.1 L'ull

L'ull o globus ocular, és l'òrgan parell del sistema visual que capta la llum de l'exterior. Aquest òrgan conté principalment un 99% d'aigua, anomenat humor aquós,

i està format per una paret de tres capes; la més interna o porció sensorial que és la retina, la capa intermèdia que es divideix en dues parts; una més anterior formada per l'iris i el cos ciliar, i una més posterior anomenada coroides i la més externa formada per la escleròtica i la còrnia. La llum entra per la pupila, travessa el cristal·lí i es projecta a la retina a on aquesta es transforma en impulsos nerviosos mitjançant unes cèl·lules fotoreceptores i aquestes envien la informació al còrtex cerebral mitjançant el nervi òptic tal com es pot veure en la Fig. 4 (33).

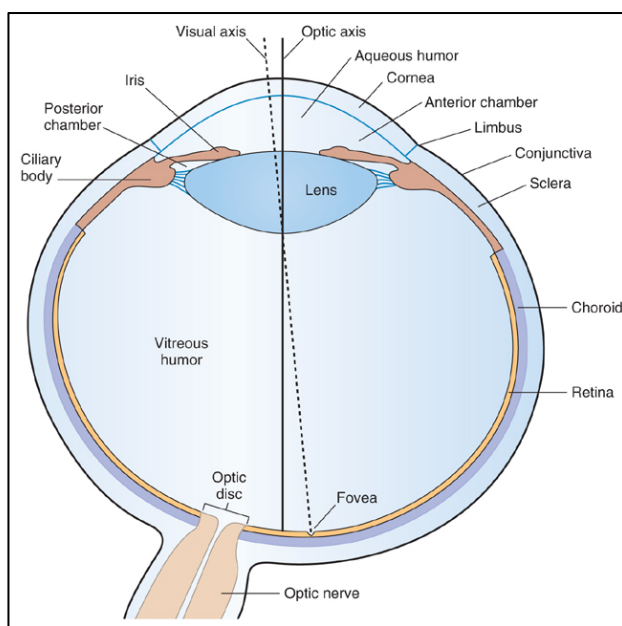


Fig. 4 Estructures del globus ocular.

Conzanzo: Physiology, 4th edition. 2010. Elsevier.

1.4.1.2 Sistema vestibular

El sistema vestibular o aparell vestibular es troba ubicat dintre de l'oïda interna, adjacent a l'aparell auditiu (la còclea) tal com es pot veure en la Fig. 5. L'òrgan vestibular es compon de tres canals semicirculars perpendiculars (horitzontal, superior i posterior) i dos òrgans otòlits (utricle i sàcul). Els canals semicirculars i els òrgans otòlits contenen en el seu interior endolimfa i estan envoltats de perilimfa, igual que l'òrgan auditiu. Els canals semicirculars es troben de forma perpendicular entre si i permeten detectar l'acceleració angular o de rotació del cap assegurant-se de la posició que ocupa el cap en l'espai gràcies als tres canals semicirculars i equiparant-se als eixos tridimensionals (x,y,z) (34,35). Cada canal conté endolimfa i en el seu extrem presenten unes ampliacions a on hi trobem les cèl·lules ciliades vestibulars que estan recobertes d'una capa gelatinosa anomenada cúpula. Durant una acceleració la cúpula es desplaça, provocant l'estimulació o inhibició de les cèl·lules ciliades (35,36).

Els òrgans otòlits, el utricle i el sàcul, s'utilitzen tant per a detectar l'acceleració lineal com les forces gravitatòries. A l'utricle i al sàcul, una massa composta per otòlits dels mucopolisacàrids i els cristalls de carbonat calci es superposa a les cèl·lules piloses vestibulars. Quan el cap està inclinat, les forces gravitatòries actuen sobre la massa dels otòlits, que es

desplaça, movent les cèl·lules piloses vestibulars. Aquestes cèl·lules s'activen o inhibeixen informant a la persona d'un canvi en la posició del cap (37).

A causa de la disposició bilateral dels òrgans otòlits, totes les orientacions possibles del cap, poden ser codificades per l'estimulació o inhibició de les cèl·lules piloses vestibulars. Per a cada posició del cap hi ha un patró únic d'activitat dels nervis aferents que innerven els òrgans otòlits i que proporciona una informació detallada per al SNC sobre la posició del cap en l'espai.

Les funcions d'aquest sistema són informar al SNC sobre qualssevol acceleració o desacceleració del cos, ja sigui en una posició angular o lineal, ajudar a la orientació dels ulls, mitjançant el control dels músculs oculars, i ajudar al control del to muscular, pel manteniment del control postural (28,38,39).

La informació sensorial del sistema vestibular s'utilitza per proporcionar una imatge visual estable de la retina, mentre el cap es mou, i fer els ajustos corresponents en la postura que es requereixen per mantenir l'equilibri.

Així doncs, el sistema laberíntic, constitueix el propioreceptor cefàlic sensible a les acceleracions lineals i angulars del cap en l'espai, constituint un

referent extremadament precís de la orientació espacial en relació al vector gravitacional (37,40,41).

Els nervis aferents de les cèl·lules piloses vestibulars acaben als nuclis vestibulars del bulb raquidi: el superior, el medial, el lateral i l'inferior. Els nuclis medial i el nucli superior rebran l'entrada d'informació dels canals semicirculars i enviaran la informació als nervis que innerven els músculs extraoculars, a través del fascicle longitudinal medial. El nucli vestibular lateral rep l'entrada dels utrícles i envia la informació a les motoneurons de la medulla espinal a través del tracte vestibul-espinal lateral. Les projeccions del nucli vestibular lateral tenen un paper important en el manteniment dels reflexos posturals. El nucli vestibular inferior rep l'aportació dels utrícles, els sàculs i els canals semicirculars. Es projecta la informació del tronc cerebral i del cerebel a través del fascicle longitudinal medial (34).

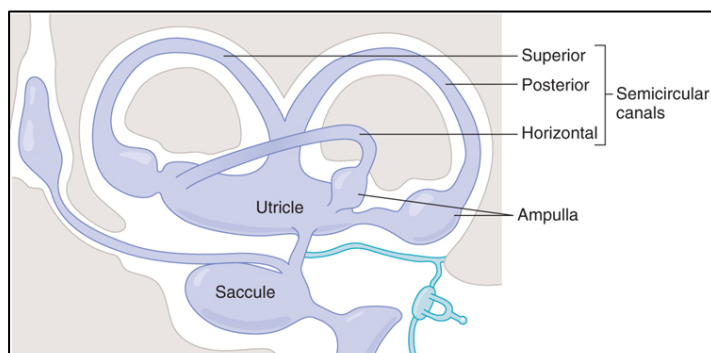


Fig. 5 Estructura del sistema vestibular.
Constanzo: Physiology, 4th edition. 2010. Elsevier.

1.4.1.3 El peu

El peu és la estructura sobre la que es sustenta tota la postura humana. Aquesta estructura, conté alguns dels receptors somestèsics cutanis i mioarticulars que ajudaran a informar de la irregularitat del terreny, desequilibris postural, etc (42-44). Pel que fa a la informació dels receptors cutanis, són de diferents tipus situats a la epidermis i a la dermis. La densitat d'aquests receptors depèn del territori, essent la planta del peu la zona amb més concentració (45). Les prolongacions centrals de les neurones sensibles primàries del gangli de l'arrel dorsal que entra a la medulla espinal a través de la divisió medial de la zona d'entrada de l'arrel dorsal són fibres mielíniques més grans que transporten senyals relacionades amb el tacte discriminatori, la vibració i la propiocepció. Moltes d'aquestes fibres formen sinapsis a nivell local amb la substància gris, mentre que altres passen a l'àrea de la columna dorsal i ascendeixen sense formar sinapsis fins a que arriben als nuclis de la columna dorsal de la part caudal del bulb. Allà, les fibres que porten la informació procedent de les extremitats formen sinapsis amb els nuclis gràcils (46). Els receptors cutanis ubicats a la planta del peu, estan en relació amb aquestes fibres grosses mielíniques A- α , a excepció de les terminacions nervioses lliures que estan relacionades amb el dolor, la termorecepció i la sensibilitat gruixuda.

Els mecanoreceptors cutani plantars (receptors de Paccini), són els que detecten la deformació física de la membrana del receptor o del teixit immediatament adjacent al receptor, com es pot veure en la Fig. 6, proporcionen informació sobre la posició del cos en relació al seu suport i amb el seu centre de gravetat, permetent de notar aquestes irregularitats del terreny i adaptar els reflexes d'adaptació o regulació en conseqüència, essent receptors amb una ràpida resposta d'acció.

Amb el temps, aquests mecanoreceptors, s'adapten al seu estímul de forma parcial o total. Aquesta acomodació es pot produir per dos mecanismes per que fa als mecanoreceptors. El primer mecanisme és quan l'estímul pot alterar les propietats fisicoquímiques del receptor i així, per exemple, modificant la permeabilitat de la membrana modificant el potencial receptor, i en el segon mecanisme, per la mateixa pròpia fibra sensitiva, proporcionant l'efecte fisiològic d'acomodació. Per aquest segon mecanisme, podem classificar els receptors com adaptadors lents o ràpids, en el que en el primer grup hi trobaríem els que denominem receptors tòncics (fusos neuromusculars, òrgans tendinosos de Golgi, receptors del dolor, baroreceptors i quimiorceptors), mentre que del segon grup hi trobem els que es denominen detectors de moviment o receptors de freqüència, on hi trobem els corpuscles de Paccini, els conductes semicirculars i els propis de les articulacions (propioreceptors) (46).

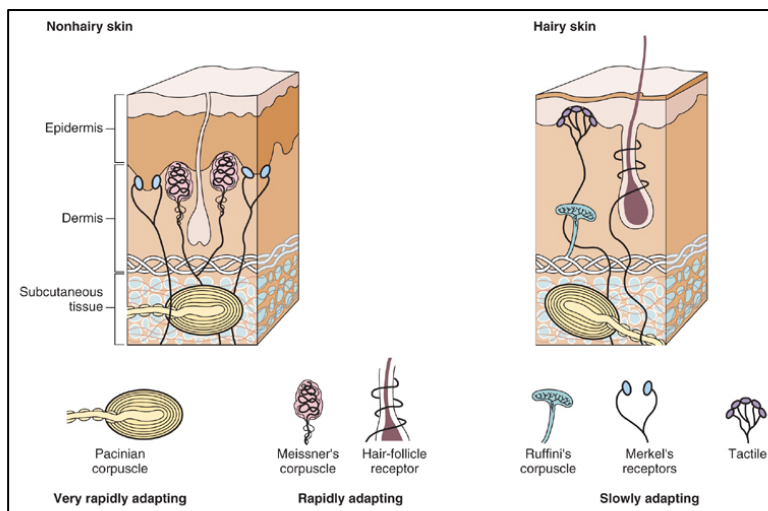


Fig. 6 Mecanoreceptors que podem localitzar a la planta del peu.
Constanzo: Physiology, 4th edition. 2010. Elsevier.

1.4.2 Endoentrades

El cos humà necessita també les informacions provinents de les endoentrades per a proporcionar l'estabilitat suficient ja que a través de les exoentrades descrites anteriorment, aquestes informacions s'originarien en òrgans mòbils. L'ull és un òrgan mòbil dintre de la cavitat orbital, el sistema vestibular està ubicat dintre del penyal del temporal, és a dir, aquestes informacions no poden ser correctes, a menys que no es conegui la seva posició relativa d'uns respecte amb els altres.

Per altra banda també cal destacar la viscoelasticitat dels teixits que envolten a les articulacions i que ahora contenen els mecanoreceptors que informen dels canvis

produïts en el que el subjecte realitzarà els mecanismes per mantenir l'estabilitat postural corresponent.

En aquest punt, hi ha certa controvèrsia, del coneixement que actualment tenim sobre aquests sistemes o tipus de teixits en la regulació del el sistema postural per mantenir la posició bípeda de forma estable (47).

1.4.3 Sistemes centrals integradors de la informació

Al SNC li arriben múltiples senyals procedents tant de les exoentrades com de les endoentrades ubicades físicament en els músculs, les articulacions, la pell, la oïda interna (formada per l'òrgan de corti i el sistema vestibular), la visió, l'olfacte i el gust. Totes aquestes informacions s'elaboren o integren a nivell dels diferents centres nerviosos (medul·la espinal, tronc encefàlic i encèfal) per a donar una resposta a la informació processada mitjançant les motoneurons o les neurones vegetatives per al control del medi intern (48).

Aquests centres integradors els podem diferenciar entre els centres integradors i de control segmentari (anomenats reflexes de bucle curt) i els centres d'integració i control supra-segmentari (anomenats reflexes de bucle llarg).

Pel que fa als centres de bucle curt, distingim reflex miotàtic, el reflex miotàtic invers i els reflexes segmentaris d'origen cutani, mentre que pel que fa als centres de bucle llargs ens trobem amb el rol integrador dels nuclis vestibulars i

el control vestibul-espinal de la funció motora, així com també hi ha una implicació de la formació reticular del tronc cerebral.

També trobem altres estructures implicades en la integració de la informació com seria el cerebel, els nuclis grisos, el còrtex cerebral i el nucli vermell situat a l'origen del fascicle rubro-espinal, participant en el control de la motricitat de la cara i de les extremitats, assegurant una regulació de la precisió dels moviments (35).

1.5 La posturologia com a ciència integradora en el tractament de patologies

La posturologia és la ciència que estudia les relacions que hi ha entre la postura humana i diferents disfuncions o patologies, mitjançant la realització d'un anàlisi clínic rigorós del pacient per a establir diferents objectius:

- Establir un diagnòstic objectiu funcional d'un síndrome postural.
- Determinar a través de diverses proves clíniques quins són els receptors posturals alterats.
- Realitzar una proposta terapèutica que serveixi per a restaurar la eficàcia de les entrades posturals i consegüentment del sistema postural.

Cada vegada més, durant l'estudi de la postura humana, és necessària la integració de diferents especialitats per a que puguin realitzar les exploracions pertinents per tal d'establir les diferents alteracions dels receptors posturals (49,50).

Pel que fa referència al concepte de síndrome postural, també conegut per síndrome de dèficit postural descrit per Da Cunha a l'any 1987, engloba una simptomatologia homogènia de desorganització de la simetria normal de to muscular. Aquestes asimetries musculars, es presenten en la musculatura tònica manifestant rotacions axials de les curvatures de la columna vertebral principalment en individus amb un elevat to muscular y amb contractures i que acostumen a manifestar dolor o a queixar-se d'un únic costat (17).

La posturologia ens permet poder donar un tractament molt més adequat a les persones que hagin patit qualsevol procés, lesió o enfermetat en la que s'hagin vist alterades les entrades de regulació dels mecanismes posturals, de tal forma que es pugin tornar a reajustar sense que aquests quedin alterats i proporcionin uns *inputs* posturals incorrectes, produint al subjecte una sobrecàrrega del sistema tònic postural fent disminuir l'eficiència muscular, articular, neurològica, etc., de l'individu.

1.6 Influències sobre el control postural

En aquest apartat es vol descriure les relacions que s'han trobat en la literatura, així com, aquestes poden influir directa o indirectament sobre el control postural. Per agrupar aquestes relacions, aquest apartat, es dividirà en influències internes al individu, que seran aquelles en les que intervé directament el sistema orgànic de l'individu com a causant de la influència postural i en influències externes al propi individu, en què el causant serà algun element extern que sigui el factor de la pertorbació postural.

1.6.1 Influències internes

- Relació entre la deglució, la oclusió i la postura. La llengua es capaç d'alterar l'equilibri postural per les seves connexions amb estructures anatòmiques (51,52); en un pla anterior es relaciona amb l'os hioïdes essent part del sistema miofascial que engloba l'aparell locomotor, posteriorment amb la musculatura glossofaríngia, en particular amb el múscul constrictor mig de la faringe afectant l'equilibri del raquis cervical, a nivell cranial amb les insercions dels músculs *estiloglossi* i *estilohioideo*, i a nivell mandibular directament a estructures dentals a través de l'acció del múscul *genioglossi*, *genihioideo* i *milohioideo*. Durant el moviment de la llengua en el que es produeix un moviment de deglució, es produeix un moviment de la resta d'estructures descrites, exercint una força de tracció del moviment

del crani. Aquesta seria la explicació teòrica segons les relacions anatòmiques de que qualssevol part del cos té una relació d'alguna manera amb la modificació del control motor que regula la postura. El os hioides, ha estat comparat com un giroscopi en el seu rol dintre del nivell propioceptiu i postural (53,54).

- Importància del sistema nerviós autònom. En aquest cas, aquest sistema que controla el medi intern de l'individu, per tant és important el control de les funcions que regula aquest sistema per a disminuir la variabilitat en els registres posturogràfics que es realitzin. Aquest sistema controla des de la digestió fins al procés de respirar de l'individu, passant per sistema cardiovascular (55).
- Substàncies medicamentoses que pugin crear una dependència física i/o psíquica així com altres tipus de drogues o substàncies tòxiques com per exemple begudes alcohòliques o drogues com pot ser la cafeïna (56,57).
- Cicatrius patològiques. Les cicatrius patològiques que sovint s'observen en la pràctica clínica, poden desequilibrar el cos a diferents nivells. Pot afectar a nivell postural per l'acció dels receptors cutanis i alterar el sistema tònic postural, a nivell muscular i facial, disminuint la extensibilitat del teixit local, a nivell limfàtic disminuint el retorn limfàtic local o bé a

nivell metabòlic amb una alteració en l'alliberació d'adrenalina, activant el sistema simpàtic (58,59).

La cicatriu pot ser entesa com una forma de memòria tissular comparable amb un traumatisme a nivell de teixits. La reacció exagerada al contacte de la cicatriu pot anar més enllà del simple estímul nociceptor induït pel contacte de la cicatriu, essent una característica patognomònica de l'aspecte psico-emocional amb el que el sol fet que el pacient pot sentir incomodat només mirant-la. Un cop identificada i diagnosticada com a patològica, la cicatriu ha de ser tractada independentment de l'inici en el que es va originar fins a quedar resolta i asimptomàtica. De tal forma es creu oportú la valoració manual i reflexògena de la mateixa per desensibilitar-la (60).

1.6.2 Influències externes

- Soroll ambient. No es relata en la bibliografia una dependència de l'audició per al control postural sinó que el sistema auditiu, que s'utilitza més aviat per obtenir referències espacials. Tot i que aquestes si que poden influir en els registres posturals ja que el soroll o qualsevol estímul auditiu no controlat podria desencadenar una contracció muscular de la regió crani cervical distraient al subjecte, però que aquest estímul no

intervé directament en el sistema tònic postural del subjecte (61).

- Referències visuals. En aquest apartat, podem utilitzar una visió propera o llunyana. Per altra banda es descriu la visió central utilitzant les referències subjectives verticals per a una millor eficàcia del sistema tònic postural per a la regulació del to muscular, i la visió perifèrica que és la que relaciona el moviment. Per altra banda, mantenir de forma constant la visió fixa en una referència de dimensió petita, i trobar-nos en el camp de visió proper, fa que en algun moment hi hagi un reajustament postural (62-64).

- Activitat física. Alguns autors relaten una millora en el control neuromuscular en els subjectes que practiquen una pràctica regular d'activitat física o esport. En la pràctica del loga, els autors Baptista i Dan l'any 2002, comenten que cada postura física realitzada en aquesta pràctica pot produir varis efectes orgànics, físics, emocionals i energètics, proporcionant un augment en la flexibilitat, influint en la homeòstasis endocrina fet que faria augmentar de forma significativa la prevenció en caigudes de gent d'edat avançada. També en aquest apartat caldria destacar l'activitat física desenvolupada a nivell domiciliari o en centres esportius mitjançant les plataformes domèstiques d'estabilometria (18,65).

- Hora del dia dels registres. La millora en el control postural dinàmic és produïda més pel matí que per la tarda o nit, mentre que la influència de l'hora del registre és menys consistent en el registre del control postural estàtic que l'observat en el situació dinàmica. Pels estudis que determinaven aquesta relació, es va utilitzar una plataforma de forces per la condició estàtica, mentre que per la situació dinàmica es va utilitzar el qüestionari *Star Excursion Balance Test* (SEBT) (66,67).

- Respectar el descans nocturn. Hi ha alguns autors que han estudiat si la pertorbació del son pot influir en el registre postural. Es descriu com l'alteració del son és mesurable establimètricament amb la variable S en un registre tant amb els OA com en OC i amb una duració de 40s. Es creu que l'alteració del son, afecta a la capacitat d'atenció dels individus i aquesta sobre el registre postural (68-71).

1.7 L'Estabilometria com a instrument de mesura

L'estabilometria és un registre que mesura els desplaçaments del centre de pressions mitjançant les plataformes posturogràfiques o també conegudes com a plataformes de forces. S'utilitza per a mesurar de forma objectiva el control postural mitjançant la posició del CP del cos sobre aquesta plataforma. Els desplaçaments es desglossen en diferents conceptes, un d'ells és la longitud que recorre el CP, la Superfície que necessita l'individu per mantenir l'equilibri, la X_m , Y_m , LFS, a més d'altres valors depenent de la plataforma que s'utilitzi (32).

El principi d'aquest sistema està basat en el canvi de posició (ΔX , ΔY) de la força resultant d'un conjunt de dues masses (M_1, M_2) col·locades sobre la plataforma. Aquesta variació de la posició que es genera per la variació de la massa (ΔM) d'una de les dues masses. El concepte sobre el que treballa l'estabilometria es comparar el valor del desplaçament mesurat (ΔX_{mes} , ΔY_{mes}) per la plataforma amb el desplaçament del CP, calculat per les lleis de la mecànica clàssica (72).

1.7.1 Sistema de conversió de senyal analògica a senyal digital

El principi d'aquest mètode consisteix en traduir les oscil·lacions mecàniques que genera la postura humana en senyals elèctriques que seran amplificades, gravades i analitzades pel *software* de la plataforma (73). Els tres

sensors col·locats en els vèrtexs del triangle equilàter son transductors “força de tensió” per proporcionar una senyal elèctrica segons la força que hagi captat (veure en la Fig. 7). L’equip de processament de les senyals que el transductor ha captat, requereix de la utilització d’una carta de captura capaç de traduir la senyal analògica a digital (A/D) que capta els tres transductors o captors de forma independent, a una determinada velocitat (temps discret), i la mesura de la mostra tallant en un nombre sencer i que no depengui de la resolució del convertidor digital i que seria el número de bits. Fet que, en aquest cas, la elecció d’una plataforma amb més velocitat de captura de dades o el que és el mateix, escollir una plataforma d’estabilometria amb una freqüència de mostreig i resolució de bits més alta, determina la precisió de la plataforma.

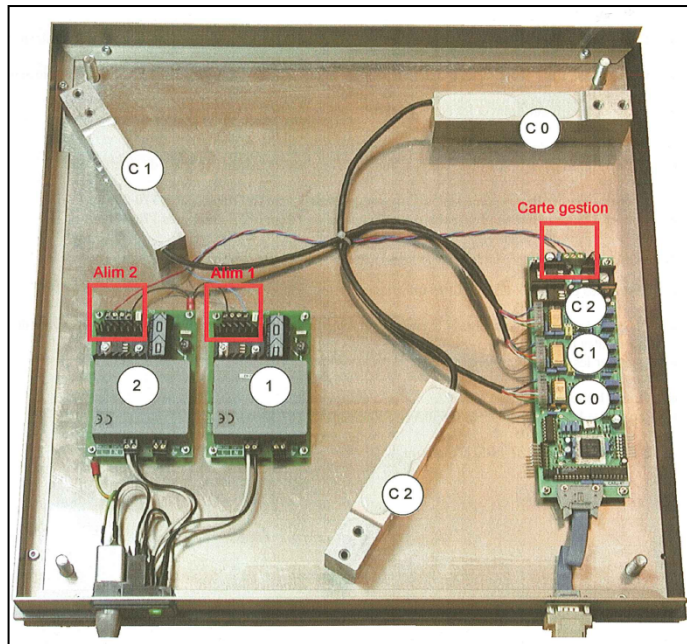


Fig. 7 Interior de la plataforma Satel a on es poden observar els tres captors anomenats C0, C1 i C2 situats en una disposició triangular.
Manual plataforma Satel-posture.

Hi ha factors neurofisiològics i clínics, en els que la seva objectivació tant pel pacient com pel professional en el seguiment del procés de diagnòstic i de tractament, que fan important el desenvolupament d'instruments de mesura sobre el control postural, ja que aquest es complex i no pot ser avaluat amb una medició global, sinó que ha de poder permetre realitzar una comparació estadística quantitativa amb valors de referència (31,74).

1.7.2 Criteris de normalitat segons la AFP

Els paràmetres de normalitat estabilomètrica van ser estudiats i publicats l'any 1985 en el document descrit com a Normes 85, utilitzant com a condicions en les proves estabilomètriques, que els pacients tinguessin els OA i OC. Per l'extensió del treball realitzat, hi havia certa dificultat en la publicació d'aquest tipus de treballs, dificultant la difusió a la resta de la comunitat científica, a on s'ha quedat relegat a la versió digital que es pot sol·licitar a la AFP o que, en algunes ocasions, es subministra per alguns fabricants en la compra d'una plataforma d'estabilometria.

Les normes descrites per Gagey i els seus col·laboradors varen suposar una segona edició, l'any 1988, de les normes establertes l'any 1985, essent aquesta l'única referència europea fins l'actualitat (75).

L'AFP es va adonar a posteriori que les Normes 85 no havien considerat el factor atencional, o el procés cognitiu en la regulació del control postural, factors dels que es coneguda la seva influència, però a la vegada de difícil control en que el subjecte ho pugui complir (76,77).

Les normes 85 es van realitzar a una freqüència de registre de 5Hz, possiblement per la tecnologia que hi havia en aquells moments, en la que no podien processar tantes dades per les limitacions en els càlculs dels ordenadors que tenien tot i que, a excepció dels valors dels paràmetres que depèn de la longitud del CP, no es modifiquen significativament, podent utilitzar clínicament les

plataformes que registren a 5 Hz malgrat cada vegada està més estès l'ús de plataformes que registren a 40 Hz (78).

Els estudis per tal d'establir les normes estabilomètriques de les normes que daten de l'any 1985 (75,79), consten de tres diferents estudis. Un estudi de cohorts en individus adults, un altre amb infants de menys de 7 anys i un altre de repetibilitat. Cal destacar que tots els registres els varen realitzar tant en la condició amb ulls oberts com tancats.

1.7.2.1 Estudi de cohorts d'adults de les normes de 85

Per a qualsevol dels estudis, es descriu el procediment metodològic pels registres estabilomètrics, mitjançant la construcció d'una cabina per a les exploracions assegurant una bona fiabilitat. També es detallen els aspectes de l'entorn visual en el que aquest haurà d'estar regulat a 100 lux d'intensitat de la llum, el subjecte es situarà a 70 cm del pla frontal d'un objecte de referència i de 50 cm en el pla lateral, els detalls sobre aspectes de l'entorn auditiu en el que ho detalla especificant un soroll ambient de 40 dB màxim aturant qualsevol registre o disminuint el soroll exterior. Pel que fa a l'entorn magnètic, es descriu que la plataforma estigui apartada de qualssevol font electromagnètica per assegurar-nos que no interfereixen en els captors.

Pel que fa al procediment dels subjectes, aquests es posicionaran en bipedestació a sobre de la

plataforma a uns 30° formats entre la bisectriu de l'angle que formarien els dos peus i aquesta coincidirà amb el pla sagitat de l'individu. Els talons tindran una separació de 2 cm. A la vegada, es descriuen una sèrie d'ordres que es donaran als subjectes prèviament als registres com ara que el pacient es situï a sobre de la plataforma el més relaxat possible, que no realitzi inspiracions forçades, no pot estossegar, rascar-se, girar el cap, etc.

Alguns dels voluntaris adults no van ser inclosos en l'estudi de subjectes sans, ja que en el registre presentaven una patologia en curs d'evolució. Per aquest motiu, finalment el criteri d'inclusió va ser la distància a la mitjana del grup; així van ser exclosos subjectes amb 3, 4 o fins i tot 5 desviacions estàndards de la mitjana del grup.

La mostra d'aquest estudi va estar constituïda per 50 homes i 50 dones amb una edat de 33 ± 10.1 anys i 31 ± 10.8 anys respectivament.

Pel que fa als valors obtinguts segons les normes de 85 per les diferents variables estabilomètriques, es poden veure en la Taula 1. En els resultats que es detallen en les normes del 85, destaquem que els autors, mostraven els valors mínims i màxims, la mitjana i la desviació estàndard, així com l'interval de normalitat mínim i màxim, corresponent a la mitjana menys o més dues desviacions estàndards (essent aquesta de 1.96).

Pel que fa al valor real de la variable superfície (S) amb homes i dones el valor de normalitat proporcionat és de 91 mm tot i que en els resultats estadístics en el mateix estudi proporcionaven un valor real de la S de 99.531 mm.

Cal comentar també que en les normes del 85 s'hi defineixen altres variables estabilomètriques que com el quocient de Romberg, la velocitat, la longitud en funció de la superfície així com les mateixes variables segons el sexe i per a una cohort de nens.

Taula 1. Valors obtinguts en els resultats de les Normes del 85 per l'AFP.

		mín.	màx.	\bar{x}	SD	Límit mín./màx. (2SD)
S	EOA	27.755	245.449	99.531	42.201	[16.816,182.246]
	EOA_H	27.755	182.324	96.191	39.723	[18.335,174.048]
	EOA_D	48.963	245.449	102.870	44.694	[15.270,190.471]
	EOC	58.137	774.645	258.944	145.727	[-26.700,544.588]
	EOC_H	58.137	774.645	260.084	142.763	[-19.732,539.901]
	EOC_D	68.296	707.858	257.803	150.093	[-36.379,551.985]
Xm	EOA	-10.887	16.833	1.056	5.429	[-9.584,11.697]
	EOA_H	-10.887	16.833	1.315	5.496	[-9.458,12.088]
	EOA_D	-10.806	16.741	0.798	5.403	[-9.793,11.388]
	EOC	-13.256	12.677	0.287	5.521	[-10.535,11.108]
	EOC_H	-13.256	12.677	-0.312	5.659	[-11.404,10.780]
	EOC_D	-12.922	10.593	0.855	5.369	[-9.639,11.409]
Ym	EOA	-64.196	12.814	-29.209	14.142	[-56.928,-1.491]
	EOA_H	-64.196	0.000	-33.184	13.556	[-59.753,-6.614]
	EOA_D	-48.203	12.814	-25.235	13.714	[-52.114,1.644]
	EOC	-52.161	4.154	-27.498	12.176	[-51.364,-3.633]
	EOC_H	-52.161	4.154	-31.656	12.802	[-56.748,-6.563]
	EOC_D	-41.783	2.074	-23.341	10.019	[-42.978,-3.704]
L	EOA	313.586	671.327	435.316	77,064	[284.270,586.361]
	EOA_H	313.586	671.327	427.377	88,722	[253.482,601.271]
	EOA_D	326.664	577.969	443.255	63.236	[319.311,567.198]
	EOC	369.344	987.144	613.149	136.221	[346.155,880.142]
	EOC_H	400.887	948.902	630.511	131.048	[373.657,887.366]
	EOC_D	369.344	987.144	595.785	140.364	[320.671,870.899]

En color blau es mostra el valor que difereix del que es mostra en les normes 85 com a normalitat.

1.7.2.2 Estudi de cohorts d'infants de les normes de 85

Es van realitzar en nens de fins a 7 anys en el que s'observa que manquen de normes de la població de referència per a l'equilibri estàtic cosa que fa que s'hagi de tenir certa desconfiança en els resultats obtinguts

en estudis mitjançant l'estabilometria en aquesta població. L'avaluació de l'eficàcia en els tractaments de pacients amb escoliosi seria de gran eficàcia, actualment utilitzant tècniques de radiodiagnòstic però això passa per generar un control sobre aquest procediment (80).

Els autors de les normes de 85 relataven que la repetibilitat, de l'estabilometria, no implicava absolutament cap efecte sobre aprenentatge en la regulació postural (75). Però l'estudi de Van Daele (81), en el que volien provar la fiabilitat en l'avaluació del control postural en sedestació de forma inestable, van trobar que si que hi havia un efecte d'aprenentatge quan s'utilitzava la plataforma en seqüències repetitives. En aquest estudi es realitzaven 16 proves per persona amb 10 minuts d'interval entre els registres. Aquests pacients estaven asseguts durant els registres, diferint així de l'observació en la que es basava l'AFP. Per altra banda altres autors si que relaten un cert efecte d'aprenentatge que caldria considerar alhora d'interpretar els resultats obtinguts, proporcionant ICC moderats (82,83).

Per establir un nivell de maduració homogeni en els subjectes de la mostra van seleccionar infants que no practiquessin esport, i infants que practiquessin un màxim de 2 dies d'esport a la setmana a part del que ja practicaven a l'escola, obtenint una mostra de 60 subjectes de 28 noies i 32 nois amb una edat mitjana

de $6,1 \pm 0,3$ anys en el que hi ha 31 subjectes que no practicaven esport i 29 que si.

1.7.2.3 Estudi de repetibilitat de les normes de 85

Pel que fa a la selecció de la mostra en l'estudi de repetibilitat, els criteris de selecció varen ser molt més rigorosos. No van admetre cap subjecte per l'estudi estabilomètric amb més de 2 desviacions estàndards respecte la mitjana normal establerta amb la del grup dels adults.

Pel que fa a la mostra de l'estudi de repetibilitat es va compondre de 40 subjectes de sexe masculí amb una mitjana d'edat de 26 ± 4 anys, quedant per dilucidar que és el succeiria amb subjectes d'edat més avançada.

1.7.3 Criteris de normalitat Japonesos

Després de l'abril de l'any 1994, l'estabilometria va assolir el recolzament de la seguretat social al Japó, fet que va propiciar que s'hagi estat utilitzat per tot el país de forma sistemàtica, però al igual que a la resta d'Europa i dels Estats Units d'Amèrica (EUA), els manquen unes normes de construcció estandarditzada, existint una única empresa constructora de les plataformes (Anima Corporation), en el que en els últims 20 anys ha realitzat una recollida de

dades sobre aquesta plataforma generant les normes d'estabilometria "Anima".

La plataforma G5500 de l'empresa Anima no es fabrica segons les normes que es van establir l'any 85 per l'AFP. Utilitza unes condicions diferents de d'estandardització o de protocol de mesura diferent. Una de les diferències que s'estableix és que es posa un objectiu visual d'1cm de diàmetre pels registres amb OA i es col·loca a 2 m, els peus del subjecte estaran junts i al centre de la plataforma, el temps del registre serà de 60 s i no hi haurà un control tan estricte o de vigilància sobre l'individu. Quan l'individu realitza el registre amb OC, es deixen 5-8 s sense registrar degut a que en aquest moment hi ha unes oscil·lacions més grans, començant la gravació de les dades passat aquest temps. Per tant, els estudis sobre plataformes estandarditzades, amb la base de l'AFP, no pot tenir en compte les normes publicades per la corporació Anima degut a la falta d'homogeneïtat en el protocol de mesura. Existeixen diferències entre les dades recollides entre les diferents normes, des del medi ambient o entorn de registre, la metodologia utilitzada pels exàmens, la col·locació dels peus, les característiques tècniques de la plataforma d'estabilometria en la que es realitza a una freqüència de 20 Hz, fent difícil la interpretació dels resultats obtinguts pels subjectes que no poguessin estar en bipedestació més que una estona més reduïda de temps sense que s'alteri el registre, essent aquesta la principal raó per la que els japonesos han establert una base de dades

de registre de 30 s per al registres dels nens i de la gent gran.

Per a l'anàlisi de la disparitat entre homes i dones, es van utilitzar les variables de longitud estabilomètrica amb subjectes amb una edat entre els 30 i els 50 anys ja que aquests mostren una distribució relativament uniforme (84).

1.7.4 Àmbits d'utilització de l'estabilometria

En l'actualitat, l'entrada de noves tecnologies en el camp de la salut, ha permès una millora en la qualitat de la recerca. L'estabilometria, com a instrument de mesura, dona un gran ventall de possibilitats a diferents professionals sanitaris.

Tal com es comenta anteriorment, en els inicis de l'estabilometria s'utilitzava per a establir un millor coneixement sobre el control postural mitjançant una sèrie de variables quantitatives. Aquest coneixement, era i és utilitzat per diferents col·lectius tals com metges, fisioterapeutes, podòlegs, posturòlegs, odontòlegs, òptics, neuròlegs, etc., tant pel diagnòstic com pel control de l'evolució en el tractament de les diferents alteracions de les entrades neurosensorials (3,85).

L'ús que s'està donant a l'estabilometria es cada vegada més ampli, on s'empra satisfactòriament en estudis tals com per provar estats psicofisiològics (86), així com en

la prevenció de lesions en diferents esports (biatló, gimnastes, atletes, etc.), així com en el món de la dansa (73,87). Altres autors també utilitzen l'estabilometria o posturografia per valorar els efectes que causen les drogues sobre el control postural mitjançant la superfície que necessiten per mantenir-se en equilibri ja que aquest és un dels valors que s'obté amb els establimètres (57,88,89).

En altres vessants de la rehabilitació, aquestes plataformes també s'estan utilitzant en fisioteràpia pediàtrica per a l'ajuda del desenvolupament psicomotor del nen, amb uns programes amb un entorn molt més gràfic, fins a la rehabilitació geriàtrica per a millora de la salut mitjançant taules d'exercicis per al treball de la coordinació en la gent gran (20,65).

En altres àrees dintre del camp de la salut, també s'utilitza l'estabilometria per a l'estudi d'alteracions neurològiques tals com les hemiplègies, migranyes o fins estats d'epilèpsia (90,91), en les que a part d'utilitzar-la com a un instrument de medició de la postura, també s'aplica com a mitjà de reeducació de la postura a fi de millorar l'esquema corporal de la zona afectada. Altres afectacions en les que l'estabilometria forma bona part de la rehabilitació són els diferents tipus de vertígens, des dels vertígens posicionals benignes paroxístics, fins a la Síndrome de Mèniere. A part de les situacions descrites anteriorment, la plataforma establimètrica es pot utilitzar per a totes les persones en la que es vulgui valorar el

control postural d'una forma més objectiva. Això també es constata amb que cada vegada hi ha un interès creixent per part de la població en aquest tipus de plataformes, que ja es poden tenir en el domicili, podent utilitzar-les de forma autònoma sense un professional qualificat que ajudi a cada subjecte a conèixer que és el que millor li convé per a la seva postura.

1.7.5 Inconvenients de l'estabilometria

La utilització de l'estabilometria dins el camp d'aplicació de la fisioteràpia, no obstant, presenta certs inconvenients o punts de controvèrsia. Un dels més importants és que l'estabilometria no substitueix cap diagnòstic en fisioteràpia, sinó que és un sistema més per poder objectivar les deficiències que pugui presentar el pacient i per poder controlar l'evolució en la millora de l'estabilitat postural.

Alguns fisioterapeutes, enquestats per Sourdain l'any 2010 en el seu estudi a l'institut de formació de fisioteràpia de Reenes, relaten diferents inconvenients com el cost de l'aparell, la dificultat en la interpretació de les dades captades per la plataforma, la dificultat per mantenir la posició descrita en bipedestació en segons algunes patologies especialment les neurològiques, la falta de consens en la fabricació de les plataformes, una falta de consens en les normes estabilomètriques i d'exploració (92).

1.8 Els estudis amb anàlisi de dades funcionals

L'anàlisi de dades funcionals, ha estat objecte d'estudi, com a model teòric dels matemàtics, dins de l'anàlisi funcional i en un marc conceptual, ja des dels primers treballs de originals de Deville, l'any 1974 (93). Actualment la millora en el processament de les dades, derivat de l'avanç tecnològic experimentat, ha permès un augment en la captura i el tractament d'aquestes mineries de dades procedents de vectors de resposta i de mesures no puntuals, fent despertar l'interès per aquests tipus d'estudis, en els que ens permet obtenir la informació que mostren les corbes, o bé a través de la imatge. S'han proposat diverses versions funcionals de tècniques de l'estadística clàssica considerada des d'un punt de vista funcional com és la regressió (94), l'anàlisi de la variància (ANOVA) o components principals, entre d'altres, és a dir, fent una extensió dels models quant la resposta no és un valor puntual sinó una funció, generalment dependent del temps.

Per al procés amb anàlisi de dades funcionals, es recullen variables funcionals, en les que en general, serien observacions que varien sobre un continu de possibles valors, podent-se considerar una dada funcional, per exemple els resultats d'un electrocardiograma, la T^a corporal, la T^a ambiental, etc.

1.8.1 Definició d'anàlisi de dades funcionals i dada funcional

L'anàlisi de dades funcionals (FDA) s'ocupa de la modelització estadística de les variables aleatòries que prenen vectors de valors en un espai de temps concret, trobant les funcions que millor ajusten al comportament d'aquestes variables en la població d'estudi. També es pot definir com l'estudi de la distribució de les variables aleatòries funcionals, i altres valors o magnituds (95,96). Per exemple, a nivell de representació gràfica en un FDA, veuríem el que es mostra a la Fig. 8.

Per altra banda podem definir una variable funcional com aquella variable aleatòria X que pren valors en un espai de funcions (de dimensió finita). De tal forma que una observació x d'un conjunt finit X s'anomena dada funcional.

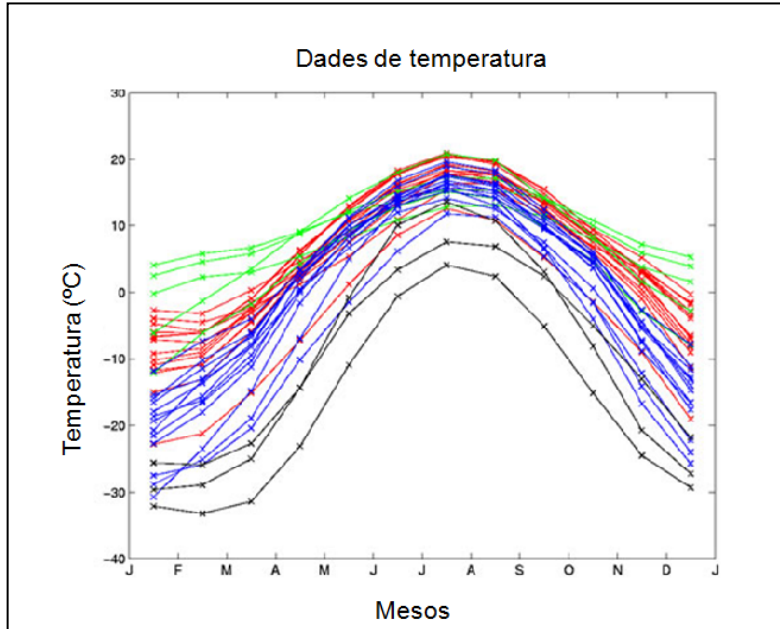


Fig. 8 Exemple de representació gràfica de dades funcionals, representant les temperatures brutes mitjanes anuals de 35 estacions meteorològiques de Canadà.

<http://www.psych.mcgill.ca/misc/fda/ex-weather-a1.html>

1.8.2 Característiques del FDA

Les dades que s'estudien mitjançant les tècniques de FDA, es treballen mitjançant tècniques de suavitzat (*splines*) al llarg del temps.

Com a norma general, no es volen fer suposicions paramètriques sobre aquests processos en els FDA, entenent com a estadística paramètrica aquella en la que es requereix que els elements que integren les mostres continguin elements paramètrics mesurables, plantejant principalment tres tipus de problemes:

- Donar una estimació puntual en que es pretén donar un valor a un paràmetre a estimar.
- Donar una estimació per intervals (buscant un interval de confiança).
- Contrastar hipòtesis a on es busca contrastar informació sobre el paràmetre a estudiar.

Pel que fa referència a l'estadística no paramètrica es una branca de l'estadística que estudia les proves i models estadístics amb una la distribució subjacent de la qual no s'ajusta als anomenats criteris paramètrics. La utilització d'aquests mètodes es fa recomanable quan no es pot assumir que les dades que tenim s'ajusten a una distribució normal o quan el nivell de mesura utilitzat no sigui com a mínim d'interval. Un dels llibres de referència és el llibre de Ferraty (97), on es tracten les dades funcionals des d'un punt de vista no paramètric i s'estableixen els marcs teòrics apropiats per al seu tractament estadístic.

Sovint els resultats tindran múltiples valors d'un mateix procés o variable, en la que ens interessa descriure com és la variació d'aquesta variable al llarg d'un interval de temps concret.

Es pot aplicar qualsevol estimació d'una dada funcional mitjançant un procés de suavitzat, a través d'una forma natural de modelar la forma de cada corba observada en el temps, escollint una base de p -dimensions $s_\ell(t)$, $\ell = 1, \dots, p$.

Pel que fa a la recollida de dades, podem escollir una manera en la que les dades siguin de forma molt sorollosa, definint el concepte de soroll com a terme de l'argot estadístic per la variació reconeguda que es troba dins d'una mostra o d'una fórmula donada de dades. Pel que fa al tret diferencial del FDA és que sovint, les dades recollides, tenen una alta resolució i un soroll baix, tal com es pot veure representat en la Fig. 9, tot i que s'ha de trobar un procés de suavitzat en les dades.

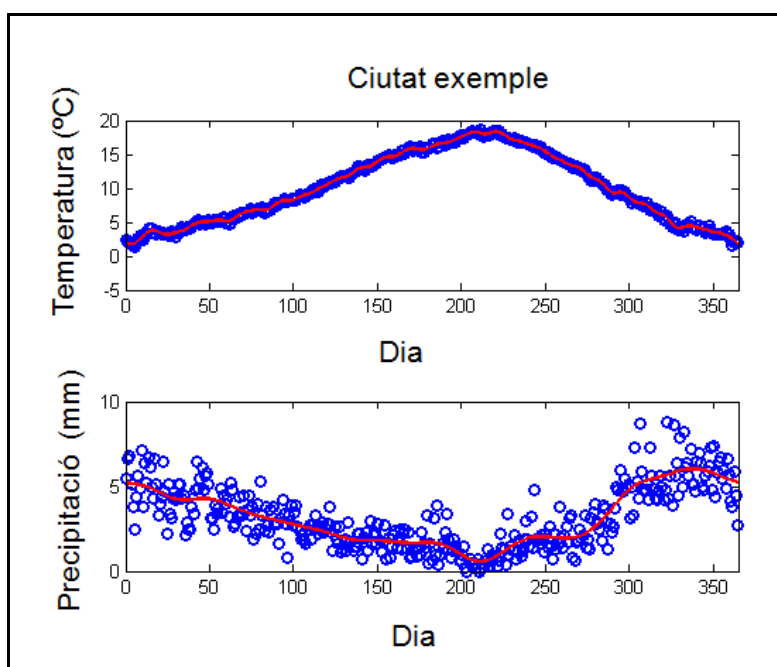


Fig. 9 Exemple de com les dades es poden mesurar més ruidosament com pot se el cas de la temperatura d'una ciutat exemple o bé amb menys soroll com seria el cas de la precipitació.
www.bscb.cornell.edu/~hooker/FDAWorkshop

Pel que fa a les dades, es poden mesurar més escassament ja que les dades presenten un baix soroll com hem vist anteriorment, però aquestes dades són de baixa

resolució. Per altra banda, les dades són mesurades amb una desigualtat d'interval, però les corbes acostumen a tenir una tendència, per la mateixa llei dels grans nombres i el teorema del límit central, com es pot veure en la Fig. 10.

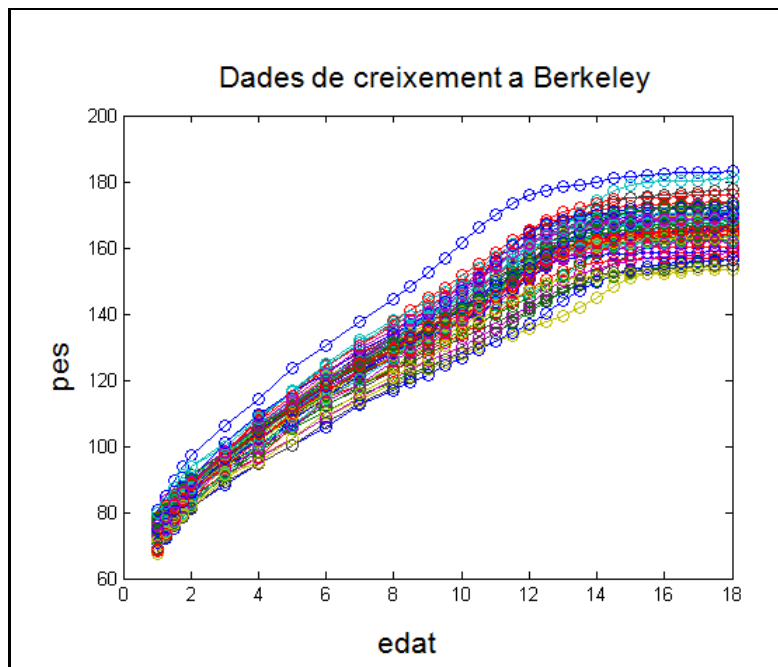


Fig. 10 Representació gràfica de com les mesures que s'obtenen amb els FDA poden ser mesurades mes escassament, obtenint un baix soroll i la diferència de mesures intervàliques.

www.bscb.cornell.edu/~hooker/FDAWorkshop

Les característiques d'una dada funcional, representa un conjunt de processos de suavitzat en el temps, o en l'espai, a més de ser comparables en un punt de temps, tenint sentit comparar-los en el temps t de la corba 1 amb el temps t de la corba 2. El procés de modelització no es pot realitzar per unes fórmules simples.

Per alta banda, la dada funcional, pot ser mesurada amb soroll de forma infreqüent, però tenint la suficient potència o les suficients dades per poder estimar un procés de suavitat subratllant la dada. Com es comentava anteriorment, aquesta dada no fa falta que es mesuri a tots als mateixos moments o intervals de temps.

1.8.3 Paràmetres estadístics que estudia el FDA descriptiu

El que explora la dada funcional són la mitjana, la variància, la covariància i la periodicitat de la covariància.

Donat l'àmbit en el que es situa aquest estudi, es creu convenient clarificar fórmules matemàtiques en el FDA.

La mitjana o mitjana aritmètica, també coneguda com a promig, és la suma dels valors de la variable funcional per les seves freqüències relatives, essent una mesura de tendència central i presentant la fórmula següent,

$$\bar{x}(t) = \frac{1}{n} \sum x_i(t)$$

La variància és una mesura de dispersió definida com l'esperança del quadrat de la desviació d'aquesta variable respecte de la seva mitjana, és a dir, mesura la dispersió dels seus valors funcionals respecte al seu valor central, presentant la següent expressió,

$$s^2(t) = \frac{1}{n-1} \sum (x_i(t) - \bar{x}(t))^2$$

La covariància és una mesura de la variació comuna a dos variables i per tant una mesura del grau i tipus de la seva relació. La covariància entre $x(s)$ i $x(t)$ és una superfície. En la Fig. 11 es poden veure els valors que pot prendre la covariància a on si la $cov(x,y)$ és positiva, si els valors alts de x estan associats a valors alts d' y i viceversa, on si $cov(x,y)$ és negativa, els valors alts d' x estan associats als valors baixos de y i viceversa, mentre que si x i y són variables aleatòries independents, $cov(x,y) = 0$. També entre funcions periòdiques, si una té un període múltiple de dos de l'altre, la correlació serà zero. En la Fig. 12, es pot veure la representació gràfica de la covariància mitjançant la creació de la superfície que s'estableix entre les dues variables.

L'estructura de la covariància espacial pot ser de dos tipus; per una banda, pot ser homogènia, quan l'estructura de la relació espacial és similar per a tot el domini espacial i totes les direccions, o bé pot ser no homogènia, que seria quan la relació espacial canvia amb la localitat i direcció. Aquesta funció juga un paper molt important en la predicció espacial, essent molt més complicada en covariàncies no homogènies o bé dificultant la modelització si la quantitat de dades no és molt àmplia. La covariació entre les observacions de la mostra de dades funcionals es resumeix amb la funció de covariància bivariada següent,

$$C(s,t) = \frac{1}{n-1} \sum (X_i(s) - \bar{X}(s))(X_i(t) - \bar{X}(t))$$

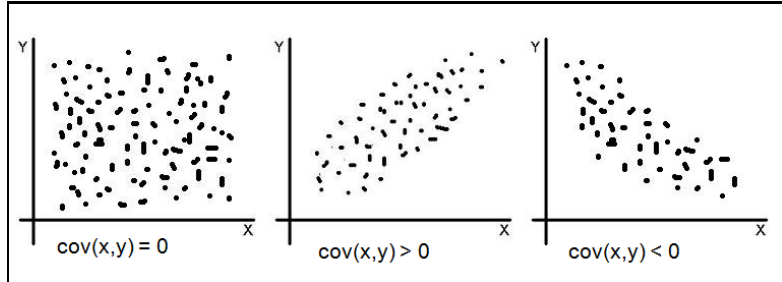


Fig. 11 Representació gràfica dels valors que pot prendre la covariància prenent valors entre el -1 i el 1 al igual que la correlació.

[http://www.ucm.es/info/genetica/Estadistica/estadistica_basica.htm#media aritmética de la variable](http://www.ucm.es/info/genetica/Estadistica/estadistica_basica.htm#media_aritmética_de_la_variable)

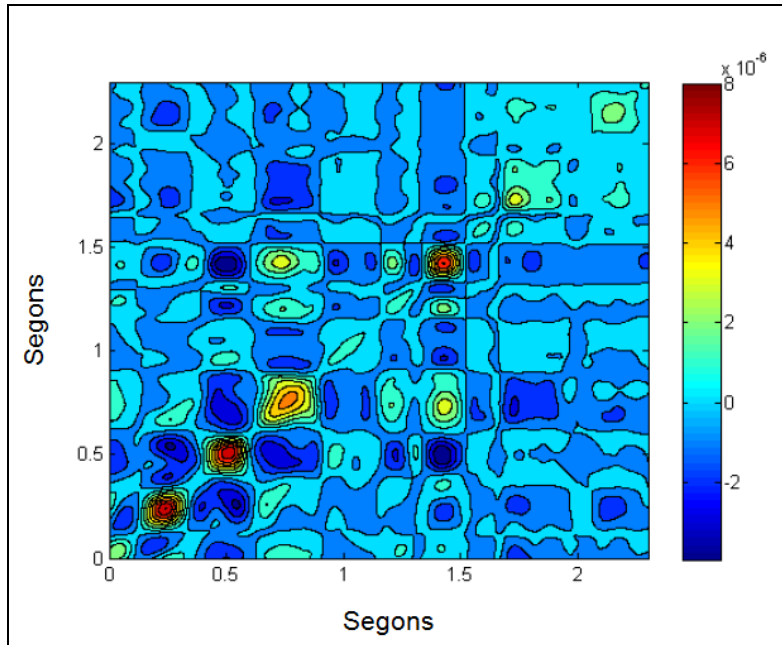


Fig. 12 Representació gràfica de la superfície creada a partir de la covariància amb el FDA.

www.bscb.cornell.edu/~hooker/FDAWorkshop

Així doncs, tenim expressada en forma de vector la mitjana, de forma compacta la variància com la covariància mitjançant el que es denomina matriu de variàncies i covariàncies, per tant, tindrem una expressió de la funció de la mitjana i variància com a funcions al llarg de t (vector amb infinits components), i les funcions covariància i de correlació entre diferents funcions que es situen al pla \mathcal{R}^2 o a la recta real \mathcal{R} .

Per poder arribar a aquest punt, s'ha d'estandarditzar la covariància per la variància mitjançant la fórmula que segueix, i amb representació gràfica a la que es mostra a la Fig. 13, relativitzant-ho a valors sense unitats i podent observar la forma que tindria si no es relativitzés respecte la magnitud observada.

$$R(s, t) = \frac{C(s, t)}{\sqrt{s^2(s)s^2(t)}}$$

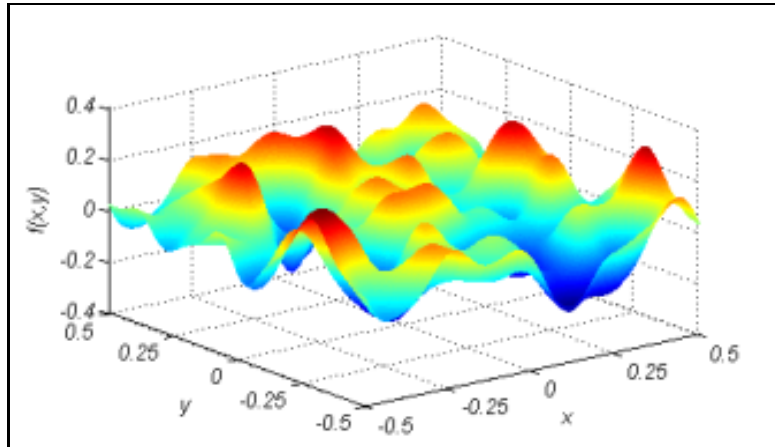


Fig. 13 Representació gràfica de la normalització de la covariància per la variància.

http://www.mysimlabs.com/surface_generation.html

Quan busquem descompondre la covariància, mitjançant l'anàlisi de components principals funcionals, o altres tècniques estadístiques, el que s'està fent, és buscar els factors funcionals que millor s'ajusten al comportament de les dades funcionals d'acord amb aquelles parts amb les quals es descompon la covariància, i que millor l'expliquin.

L'anàlisi de components principals el que fa és buscar la part o parts que representen de forma majoritària la variància, a través dels valors propis. Per exemple, en els dos gràfics següents, observem que les corbes del primer gràfic (veure Fig. 14) s'expliquen majoritàriament per la corba del segon gràfic (veure Fig. 15) que és la que anomenaríem primera component principal. En altres exemples, com els dels dos gràfics que una única component no explica tanta part de variància (veure Fig. 16) i necessitem una segona component (veure Fig. 17), i/o

tercera component principal, o tantes com el mateix anàlisi determini.

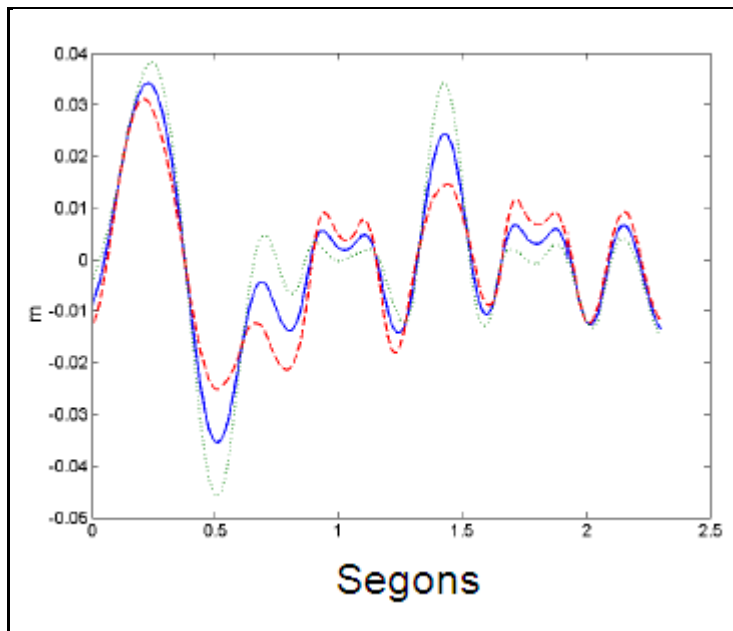


Fig. 14 Primer gràfic de l'un exemple de representació gràfica dels anàlisis de components principals.

www.bscb.cornell.edu/~hooker/FDAWorkshop

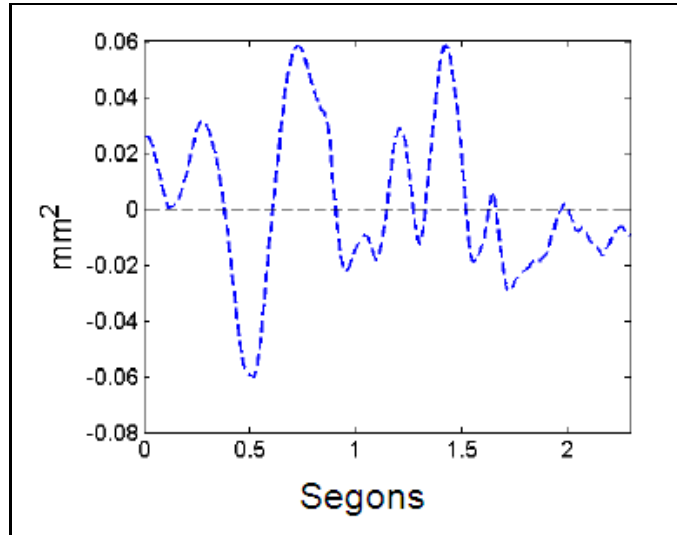


Fig. 15 Segon gràfic de l'un exemple de representació gràfica dels anàlisis de components principals.
www.bscc.cornell.edu/~hooker/FDAWorkshop

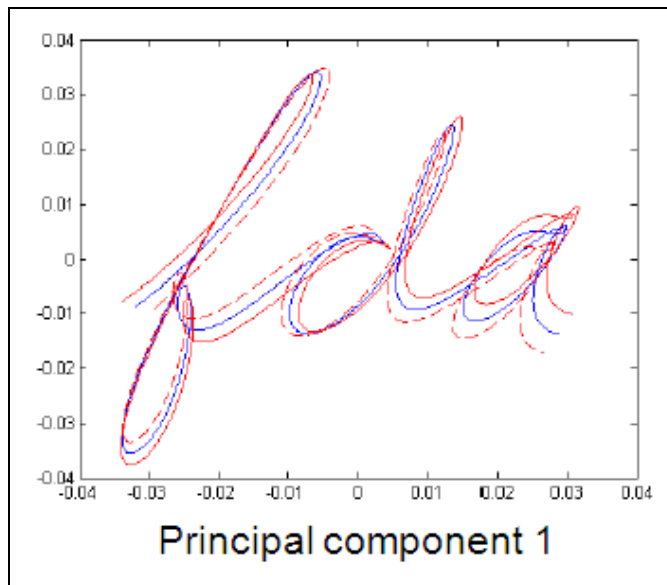


Fig. 16 Representació gràfica de covariàncies mes complicades amb un component per a cada x i y coordenades.
www.bscc.cornell.edu/~hooker/FDAWorkshop

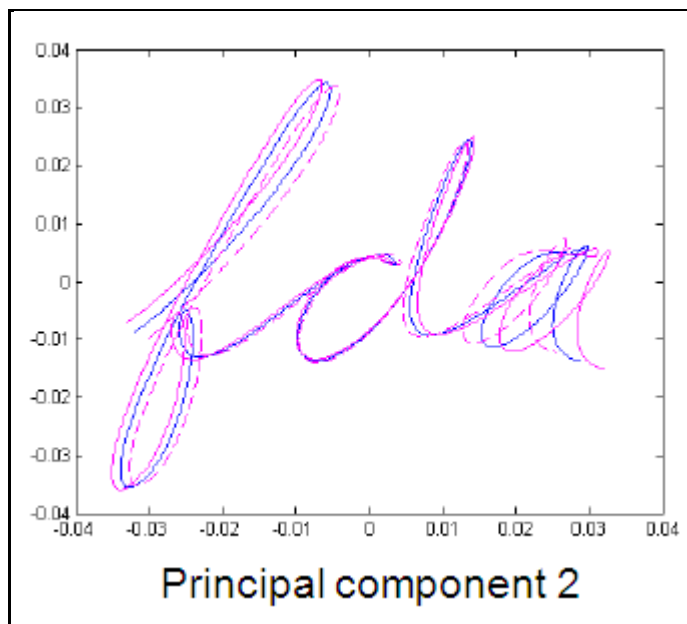


Fig. 17 Representació gràfica de covariàncies mes complicades amb dos components per a cada x i y coordinades.
www.bscc.cornell.edu/~hooker/FDAWorkshop

1.8.4 Tècniques del FDA

El cas mes senzill seria l'anàleg al t-Student Fisher quan no tenim funcions sinó valors puntuals, comparant diferències a través de la mitjana de les corbes, segons la funció de,

$$t(t) = \frac{\bar{X}_1(t) - \bar{X}_2(t)}{s(t)}$$

El problema d'aquest test és que no tenim un criteri establert i estable de significació, per tant el més recomanable és aplicar un model lineal. Dintre dels models

lineals, l'aproximació més simple seria una regressió lineal com es veu en la fórmula següent,

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ij} + \epsilon_i$$

o bé amb una regressió estàndard funcional, explicada amb la següent fórmula,

$$y_i = \beta_0 + \int \beta(t) X_i(t) dt + \epsilon_i$$

on busquem la recta que millor ajusta a aquestes funcions que es fa a través d'una integral tal com es pot observar en la última fórmula.

Com a característiques de la regressió lineal donat un valor, aquest serà modelar la relació entre una variable dependent Y , les variables independents X_i i un terme anomenat aleatori ϵ . Aquesta recta de regressió amb intervals de confiança, per tant d'una forma equivalent, ens permetria trobar els coeficients, en aquest cas de β (veure Fig. 18).

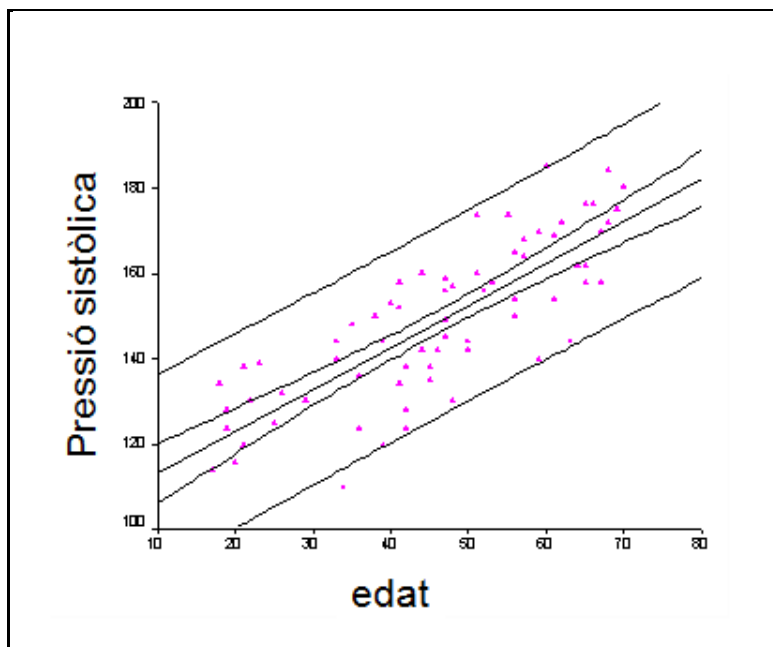


Fig. 18 Exemple de regressió lineal amb els IC.

www.bscc.cornell.edu/~hooker/FDAWorkshop

Com que la β que trobem no és un número sinó una funció del temps, com a tal, la podem derivar, i al derivar-la, ens indicaria en quina forma creix, és a dir, ens indica quan canvia. Si féssim una segona derivada, ens donaria l'acceleració, es a dir, quan de ràpid canvia o creix, essent aquest valor més interessant i/o més ric en informació (veure en la Fig. 19).

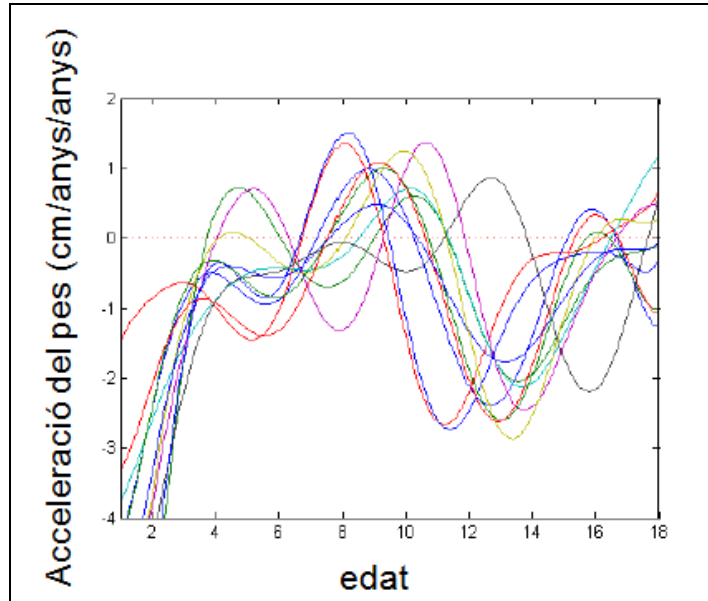


Fig. 19 Exemple de la representació gràfica de l'acceleració obtinguda de la segona derivada.

www.bscc.cornell.edu/~hooker/FDAWorkshop

Si per altra banda busquem la relació entre la primera i la segona derivada ens permet conèixer el dinamisme del sistema, descrivint les lleis físiques que descriuen un sistema (veure en la Fig. 20).

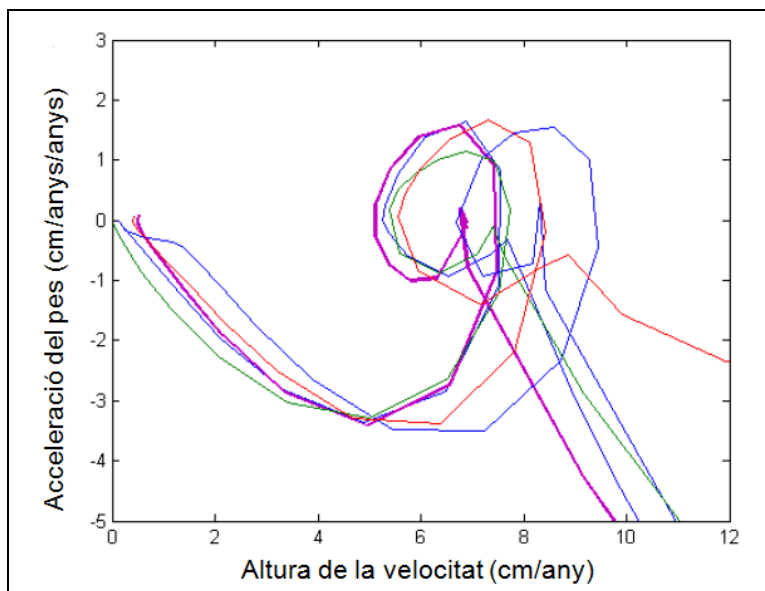


Fig. 20 Exemple de la representació gràfica del dinamisme.

www.bscb.cornell.edu/~hooker/FDAWorkshop

A partir dels models lineal podríem passar a models lineals mixtes, generalitzant qualssevol model estadístic en models puntuals en lloc de funcions, però aquests ja no es contextualitzarien en aquest treball.

Finalment, el FDA, s'implementarà a través de codi propi en R, utilitzant en aquest principalment dos paquets, el FDA R *package* i el FDA.USC R *package*, desenvolupats per Ramsay et al. (98-101) per treballar específicament aquest tipus de dades.

1.8.5 Interpretació i aplicació dels resultats del FDA

En aquest apartat es pretén posar de manifest alguns exemples d'aplicació del FDA. Aquest tipus d'estudi estan bastant més extensos en altres disciplines diferents a les de l'àmbit de la salut, essent extrapolables als conceptes detallats en aquest treball d'aplicació clínica dins l'àmbit de la fisioteràpia.

Una de les àrees en què s'està aplicant el FDA és en la criminologia. Una qüestió important en la criminologia és l'estudi de la forma en què el nivell d'activitat criminal varia en les persones a través de les seves vides. Són els patrons no particulars de persistència en els nivells de delictes comesos pels individus? Aquesta qüestió i d'altres s'han estudiat pels criminòlegs durant molts anys. La importància continua essent la d'establir diferents subgrups o grups dins de la població, i observar si les conductes delictives són part d'un continu. Es construeix per a cada individu una funció del temps que representa el seu nivell d'activitat delictiva, establint la variància (veure en la Fig. 21).

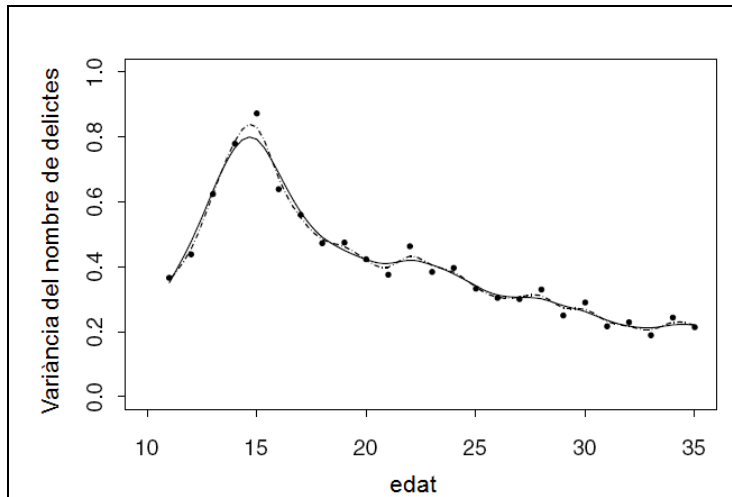


Fig. 21 Representació de la variància en l'exemple de criminologia.
Ramsay, applied functional data analysis. 2002.

La construcció de les observacions funcionals a partir de les dades discretes no sempre és senzill. Una de les característiques de les variables que afecten al curs de la vida, és que presenten una alta variabilitat de les dades funcionals individuals, amb el que després d'uns processos de suavitzat, sense els quals les dades funcionals no tindrien resultats molt significatius, van permetre crear uns models de delinqüència adolescent (102).

Un altre tipus d'estudis fa referència al creixement humà o el que seria el mateix, que és el que es considera com a creixement normal al llarg del desenvolupament des de la etapa de la infància a l'adolescència. És en aquest punt a on els FDA ens ajuden a poder establir aquests models, ja que així podem detectar quan abans millor quan alguna cosa

surt fora d'aquests estàndards i poder actuar en conseqüència a nivell clínic, tal com succeeix en el cas de la regulació de la postura humana. Es necessiten moltes dades d'un mateix valor o com també es coneix, dades de molt alta qualitat per poder millorar la nostra comprensió de com el cos regula el seu propi creixement. La recollida d'aquestes dades sempre són costoses, per exemple l'Institut Fels d'Ohio ha estat recollint dades de creixement des del 1929 trobant-se actualment amb mesures de la tercera generació. Per altra banda, la obtenció de la mesura precisa de l'alçada, és difícil a part de requerir certa formació, a part d'això, l'alçada disminueix al llarg del dia, les curvatures de la columna també derivades de la gravetat, alterant el registre segons la hora que es faci, al igual que succeeix en els mecanismes de regulació postural en condicions normals (103).

En un zoom sobre el creixement mitjançant l'ús de mesures de la talla d'un infant als 83 dies en un any escolar, podem observar el soroll de la mesura en les dades, la desviació estàndard de 3 mm on és evident tal com es pot veure en la Fig. 22.

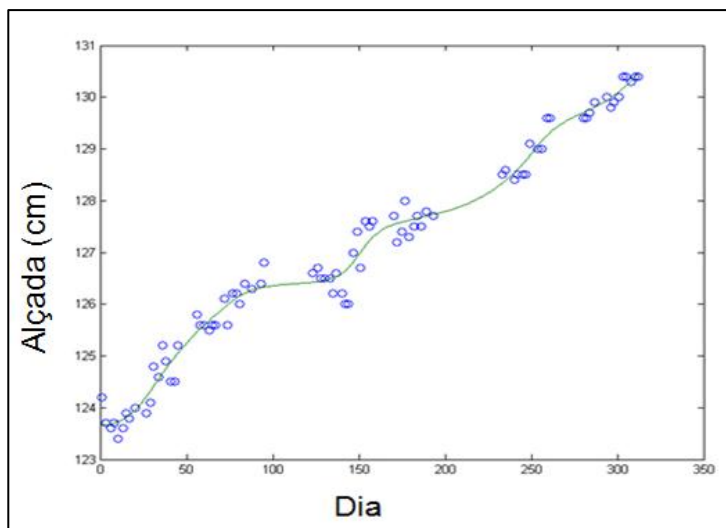


Fig. 22 Els cercles són les 83 mesures de l'alçada d'un nen de 10 anys. La corba traçada en color verd, es un suavitzat monòton de les dades.

<http://www.psych.mcgill.ca/misc/fda/ex-growth-a3.html>

2. JUSTIFICACIÓ



L'estudi de la postura estàtica, s'ha anat desenvolupant d'una manera subjectiva per part del clínic, observant des de possibles desalineacions o dèficits en els diferents plans anatòmics, fins a l'aplicació de diferents proves clíniques que ajudessin a establir un diagnòstic de les alteracions o dèficits posturals i que poguessin ocasionar una sèrie de simptomatologia per a l'individu.

Els patrons de normalitat estabilomètrica actuals, són els que daten de l'any 1985 registrats per AFP (79). Els estudis de validesa i fiabilitat de la plataforma estabilomètrica 40/16 on es millora la resolució envers la plataforma 5/12 amb la que es van establir els patrons de normalitat, permet justificar la necessitat d'establir uns nous intervals de normalitat, a més a més, de poder-ho realitzar amb unes franges d'edat molt més ajustades (2,104). Tal i com es van establir els primers patrons de normalitat, les cohorts tenien una mitja d'edat de 32 ± 10.45 anys, cosa que implica tenir un patró de normalitat amb un interval d'edat molt ampli [21.55,42.45], podent considerar a un individu com a posturalment normal i que no ho sigui, cometent un error en el diagnòstic.

Per altra banda, els resultats estabilomètrics són els resultats numèrics del càlcul geomètric de quina posició ha ocupat, segons els eixos de coordenades, el centre de pressions (CP), però sense observar quin és el seu comportament al llarg de tot el registre i per tant, és necessari poder establir un anàlisi de dades funcional (FDA) del comportament postural de l'individu en condicions estàtiques per a poder millorar l'aplicabilitat clínica dels resultats, aspecte que fins ara no ha estat abordat a la literatura científica, aportant-nos unes bases de coneixement fonamental sobre el comportament del individu en posició bípeda en la que ens permetrà poder establir una nova visió

sobre la valoració i enteniment del control postural i per altra banda també sobre diferents estratègies de tractament.

L'anàlisi de dades funcionals és una línia d'investigació emergent en l'estadística actual. Les causes d'aquesta eclosió les hauríem de buscar en la necessitat creixent de tractar realitats cada vegada més complexes que evolucionen ràpidament degut a l'avançament de les noves tecnologies en referència als sistemes de mesura. Així, ens trobem amb el paradigma en que les eines de mesura estan canviant tant per a l'aplicació clínica, com pel que fa a la investigació. Per altra banda, també les tècniques de l'anàlisi de dades així registrades, van experimentant canvis, cosa que fa que aquest tipus de treball sigui un punt d'inflexió i canvi en els models d'estudis especialment en el camp de la fisioteràpia.

3. HIPÒTESI I OBJECTIUS



3.1 Hipòtesi

En el present estudi s'han establert les següents hipòtesis,

- (1) Existeix una funció-patró comuna, en els subjectes sans entre 18 i 65 anys, com a model que millor ajusta les coordenades geomètriques dels registres estabilmètrics estàtics del control postural, que es mesuren durant un temps finit en una plataforma d'estabilometria, considerada la funció de comportament normalitzat, per les diferents variables posturogràfiques.

- (2) Existeix un interval de normalitat dels valors dels registres estabilmètrics estàtics del control postural mesurats a través de la plataforma estabilmètrica, que s'estima a partir del valor on convergeix la funció-patró comuna trobada i el seu IC95%, per les diferents variables posturogràfiques.

3.2 Objectius

Els objectius que s'han plantejat en l'estudi són els següents:

- (1) Estimar la funció-patró comuna, en els subjectes sans entre 18 i 65 anys, que millor ajusta les coordenades geomètriques dels registres estabílocmètrics estàtics del control postural, que es mesuren durant un temps finit en una plataforma d'estabílocmetria, considerada la funció de comportament normalitzat, per les diferents variables posturogràfiques.

- (2) Estimar l'interval de normalitat dels valors dels registres estabílocmètrics estàtics del control postural mesurats a través de la plataforma estabílocmètrica, que s'estima a partir del punt valor on convergeix la funció-patró comuna trobada i el seu IC95%, per les diferents variables posturogràfiques.

4. MATERIAL I MÈTODES



4.1 Tipus de disseny de l'estudi

El disseny del present estudi és transversal d'anàlisi funcional de dades (FDA) a partir del registre de mineria de dades.

4.2 Població d'estudi

4.2.1 Definicions de la població d'estudi

La població objectiu són persones sanes amb una edat compresa entre els 18 i els 65 anys. En el present s'entendrà per població sana aquella que no hagi tingut cap malaltia múscul esquelètica o neurològica diagnosticada, o que no hagi presentat simptomatologia, durant els últims 3 mesos, previs al reclutament de l'individu.

4.2.2 Criteris d'inclusió i d'exclusió

En el present estudi no s'estableix cap criteri d'inclusió diferent a la mateixa definició de la població objectiu, i com a criteris d'exclusió, es consideren els que es detallen a continuació:

- Persones que hagin tingut malalties múscul-esquelètiques diagnosticades en els tres mesos previs al registre de dades.
- Persones que presentin algun tipus de simptomatologia observable o bé comentada pel subjecte abans de realitzar el registre com dolor, conjuntivitis, algun tipus d'infecció, estats febrils, etc.
- Persones que hagin tingut malalties neurològiques diagnosticades.

- Persones sota tractament medicamentós o bé que n'hagin pres alguna dosis les 24 hores prèvies al registre, exceptuant: Medicació que reguli el colesterol, la hipertensió, i complements vitamínics.
- Persones que hagin tingut o presentin patologia del sistema vestibular.
- Persones que hagin tingut o presentin patologia inflamatòria de l'oïda mitjana en el moment del registre.
- Persones a les quals els hi hagin posat ortodòncia durant l'últim any.
- Persones a les quals els hi hagin posat algun tipus de material protèsic en l'àmbit bucal durant l'últim any.
- Utilització de material ortèsic a nivell plantar durant l'últim any.
- Persones que presentin patologia diagnosticada de l'articulació temporomandibular.
- Persones amb un estrabisme diagnosticat o que el presentin en el moment del registre sense la correcció ocular corresponent.
- Persones que hagin tingut o presentin, glaucoma, o desprendiment de retina prèvia al registre.
- Dones embarassades.

4.2.3 Mostra

La selecció de la mostra ha sigut per voluntaris fins a obtenir la mida de mostra calculada, realitzant-se un reclutament per quotes segons franja d'edat i sexe. Respecte al sexe, es va considerar una segmentació del

50% en cada grup. Per a l'edat, es van considerar tres franges d'edat, de 18 a 35 anys, de 36 a 50 anys i de 51 a 65 anys, establint unes quotes del 75% entre les dues franges d'edat més joves, i del 25% pels més grans, aproximant la distribució poblacional segons el cens del 2012 que consta a l'Institut Nacional d'Estadística de Catalunya (IDESCAT). Per tal de poder reclutar els individus s'ha demanat permís als òrgans de govern corresponents de la mateixa Universitat Internacional de Catalunya, ja que la difusió per reclutar individus es va fer des d'aquesta institució, en conseqüència els subjectes que han format part del present estudi, han tingut algun tipus de vinculació amb algú de la Universitat Internacional de Catalunya (UIC) ja sigui per motius contractuals o bé perquè siguin estudiants d'algunes de les titulacions que s'imparteixen, o bé per familiars o amics directes d'alguns dels anteriors subjectes descrits.

Per a poder reclutar els individus suficients segons la mida de la mostra necessària, s'han enviat diversos correus electrònics tant a personal contractat de la UIC com a estudiants de diferents cursos acadèmics així com algun cartell informatiu a la mateixa UIC.

4.2.4 Mida de la mostra

Pel càlcul de la mida de mostra necessària es va considerar com a premissa principal que les dades recollides per a poder respondre a l'objectiu principal de l'estudi serien

tractades amb tècniques estadístiques de FDA. En aquest supòsit, s'ha calculat aquesta mida de tal forma que els models ajustats complissin com a mínim els criteris clàssics de bondat d'ajust descrits per Satorra-Betler (105,106), essent aquests,

- The Root Mean Square Error of Aproximation, $RMSEA \leq 0.005$
- The weighted Root Mean Square Residual, $WRMR \leq 0.90$
- The comparative Fit index, $CFI \geq 0.95$
- The Tucker-Lewis index, $TLI \geq 0.95$

Per altre banda s'ha corregit la mida de mostra obtinguda tenint en compte les dades del cens de població entre 18 i 65 anys de Catalunya. Essent necessària una mida de mostra mínima de 150 individus.

4.3 Variables i instruments de mesura de l'estudi

En aquest apartat es detallen totes les variables que es varen recollir en l'estudi, classificant-les en variables soci-demogràfiques, prenent la variable edat, i enregistrant-la en nombres enters i presa com a vàlida en el moment abans dels diferents registres i el sexe.

Per altra banda es van prendre les variables antropomètriques i fisiològiques dels subjectes en relació al present estudi, essent les que es detallen a continuació:

- **Talla:** Es va utilitzar el tallímetre de la marca Asimed, model Barys, obtenint la mesura, just abans del primer registre posturogràfic. La unitat de mesura es va realitzar en metres (m).
- **Pes:** Vàrem utilitzar la bàscula marca Tanita, model BC-418MA Segmentària de bioimpedància amb un rang de mesura fins als 200 kg, amb augments de 0.1 kg i un error de ± 0.2 kg. Es va prendre en kilograms (kg).
- **IMC:** Es recull l'índex de massa corporal (IMC) a partir de la fórmula establerta per Quetelet ($\text{pes}/\text{talla}^2$). Per aquest indicador, l'OMS, estableix els següents criteris segons rang; un IMC de <18.5 , indica que el subjecte es troba per sota del pes normal, IMC entre 18.5 i 24.9 considerat normal, IMC entre 25.0 i 29.9 pre obès, IMC entre 30.0 i 39.9 obès i IMC per sobre de 40 molt obès. Aquesta escala està acceptada per a adults majors de 20 anys (107,108).

- **Variables referents a la bioimpedància;** es van recollir amb la bàscula descrita en el punt anterior, al mateix temps que s'obtenia el pes del subjecte. En concret, les variables que es van mesurar, varen ser la composició corporal del subjecte a través de la massa grassa total i també per segments corporals, és a dir, de la composició del tronc, de la cama dreta i cama esquerra, braç dret i braç esquerra. Es va mesurar en percentatge (%), així com també es va mesurar en kilograms (kg). També es va obtenir la quantitat d'aigua corporal amb la variable Aigua Total i es va mesurar en kg. Per altra banda es va determinar la massa magra total, de la composició del tronc, de la cama dreta i cama esquerra, braç dret i braç esquerra, mesurant-les en kg.
- **Longitud del peu dret:** Es va mesurar la longitud del peu dret del subjecte, per poder establir el baricentre de pressions, determinant recollir la dada amb el peu dret de tots els subjectes per evitar les diferències entre subjectes i fer més fiable la mesura. Es va prendre en centímetres (cm). Aquesta variables es va introduir al *software* de la plataforma per al càlcul del baricentre de pressions i establir l'eix de coordenades inicial. També es va classificar la mesura obtinguda segons el número de peu francès (fr) que és la que utilitza el programa de la plataforma.

Pel que fa a la informació fisiològica interna del subjecte i donada la seva influència mitjançant el sistema nerviós vegetatiu sobre la

regulació postural. Es van prendre les variables amb l'aparell Omron M3 (HEM-7200-E(V)), detallant-se una precisió pel que fa al pols de $\pm 5\%$ de la lectura mostrada i pel que fa a la tensió arterial de ± 3 mmHg. Les variables que es van recollir són les que es detallen a continuació:

- **Freqüència cardíaca (FC):** Són les pulsacions cardíques per minut.
- **Tensió Arterial (TA):** És la força exercida pel flux sanguini contra les parets de les arteries. El resultat d'aquesta mesura, proporciona el resultat en dues xifres, corresponent la primera xifra a la tensió arterial sistòlica TAS i la segona xifra, a la tensió arterial diastòlica TAD. Es prenen com a valors ideals; <100 mmHg per a la TAS, i de <60 mmHg per a la TAD, acceptant hipertensió quan els valors de la TAS se situen per sobre dels 140 mmHg i/o quan la TAD es situa per sobre dels 90 mmHg. La unitat de mesura en les dues variables va ser en mil·límetres de mercuri (mmHg). Aquesta dada es va valorar mantenint el subjecte en sedestació 3 minuts abans de la presa de dades situant l'aparell al del braç esquerre i col·locant el manegot de l'aparell entre 1 o 2 cm per sobre del nivell del colze deixant la marca que està al costat del tub a nivell del centre de la part interior del braç.

A continuació, descriurem les variables posturogràfiques que hem registrat amb la plataforma de posturologia Satel 40/16 validada per a la detecció del desplaçament del centre de pressions i els seus components i havent realitzat un estudi de fiabilitat previ, situant la

fiabilitat entre moderada i bona segons l'escala de Fleiss (109) arribant a una fiabilitat de molt bona en variables referents a paràmetres de longitud. Per a la recollida de les variables posturogràfiques, s'ha utilitzat el programa de la plataforma estabilomètrica Satel v 33.5 8C d'avaluació de les activitats posturocinètiques. Els diferents registres posturogràfics, els ha realitzat la mateixa persona, familiaritzada amb l'ús del programa Satel v 33.5 8C de la plataforma. La plataforma Satel, té unes dimensions de 48.0x48.0x6.5 cm i un pes de 12 kg té la possibilitat de pesar i mesurar de 0 a 100 kg amb una capacitat màxima de 100 kg per captor. Té una sensibilitat del 0,0017%, és a dir, de 2.0 ± 0.1 mV/V. Utilitza tres captors del tipus SP4, marca HBM o Scaime. Les variables estabilomètriques que s'han tingut en compte en els registres estabilomètrics són les següents:

- **Superfície (S):** La superfície de l'el·lipse de confiança, que comprèn el 95% de tots els punts mesurats, del centre de pressions. Es va expressar en mil·límetres quadrats (mm^2). Valora l'estabilitat de l'individu.
- **X mitjana (Xm):** Representa un punt posicional en l'el·lipse representant la coordenada sobre l'eix de les X per a tots els punts del registre. Es va mesurar en mil·límetres (mm). Valora la simetria del to postural.
- **Y mitjana (Ym):** Representa un punt posicional en l'el·lipse representant la coordenada sobre l'eix de les Y per a tots els punts del registre. Es va mesurar en mil·límetres (mm).
- **Longitud (L):** La longitud total de l'estabilograma representa la precisió del sistema postural fi per a

mantenir l'equilibri, prenent en aquest cas el 100% dels punts registrats. Es va mesurar en mil·límetres (mm).

- **Longitud en X (Lx):** Distància recorreguda pel centre de pressions en l'eix d'abscisses. En aquest paràmetre si es pot establir els valors de la fisiologia sensori-motor. Sensorial ja que indica l'amplitud del registre i motor pel que fa a la freqüència de la descàrrega motriu. Es va mesurar en mil·límetres (mm).
- **Longitud en Y (Ly):** Distància recorreguda pel centre de pressions en l'eix d'ordenades. En aquest paràmetre si es pot establir els valors de la fisiologia sensori-motor. Es va mesurar en mil·límetres (mm).
- **Estabilometria en X amplitud:** És la diferència entre el valor de l'Estabilometria en X màxima i de la Estabilometria en X mínima en valor absolut. Indica la amplitud que recorre el CP sobre l'eix de les X. Es va mesurar en mil·límetres (mm).
- **Estabilometria en X màxima:** És el valor màxim obtingut pel CP sobre l'eix de les X. Es va mesurar en mil·límetres (mm).
- **Estabilometria en X mínima:** És el valor mínim obtingut pel CP sobre l'eix de les X. Es va mesurar en mil·límetres (mm).
- **Estabilometria en Y amplitud:** És la diferència entre el valor de la Estabilometria en Y màxima i de l'Estabilometria en Y mínima en valor absolut. Indica la amplitud que recorre el CP sobre l'eix de les Y. Es va mesurar en mil·límetres (mm).

- **Estabilometria en Y màxima:** És el valor màxim obtingut pel CP sobre l'eix de les Y. Es va mesurar en mil·límetres (mm).
- **Estabilometria en Y mínima:** És el valor mínim obtingut pel CP sobre l'eix de les Y. Es va mesurar en mil·límetres (mm).

Tal com hem pogut veure en l'apartat 1.6 (pàgina 58) de la introducció hi ha molts factors que poden modificar els registres estabilomètrics o tenir una influència en els mecanismes de control postural, és per aquest motiu que en el full de registre, tal com es pot veure en l'Annex 2, s'ha tingut en compte les següents variables respecte als seus hàbits d'activitat física. Les variables que s'han tingut en compte són les següents:

- **Pràctica d'activitat esportiva o físic-activa de forma regular:** En aquest apartat es va tenir en compte si el subjecte va realitzar activitat o no, per la relació que es pot establir entre la seva agilitat neuromuscular i la regulació postural, podent influir en els resultats obtinguts, i en el cas afirmatiu, que establís les següents opcions de resposta:
 - a) Córrer
 - b) Ciclisme Indoor/Outdoor
 - c) Fitness
 - d) Natació
 - e) Esports d'equip (futbol, bàsquet, handbol, waterpolo)
 - f) Patinatge
 - g) Esports de raquetes (tennis, pàdel, bàdminton)

- h) Ioga, pilates
 - i) Activitats aquàtiques (aquagym, aquasalus, etc.)
 - j) Trekking
 - k) Altres
- **Dedicació setmanal de l'activitat:** Es va tenir en compte la dedicació del subjecte de forma global amb la resta d'activitats amb uns rangs de [0-2,3-5,6-8,>10] hores per setmana.
 - **Anys de pràctica esportiva:** Es va tenir en compte el temps que el subjecte practicava esport de forma regular, amb uns rangs de [0-5,5-10,>15] mesurant-ho amb anys.
 - **Temps de descans:** Es van establir els següents rangs de [0-2,4-6,>8], per conèixer les hores de descans prèvies als registres establimètrics.
 - **Pràctica d'activitats de navegació:** Es va recollir si el subjecte practicava algun tipus d'activitat de navegació i en cas afirmatiu de quina es tractava, ja que en aquests casos hi podria haver una estimulació molt més accentuada del sistema vestibular, millorant els registres en el pla de l'eix de les X.
 - **Utilització i familiarització amb les plataformes establimètriques:** Es va recollir si el subjecte utilitzava alguna plataforma establimètrica a nivell domiciliari o com a entrenament i en el cas de quina es tractava.

- **Tractament de teràpia física:** Es va voler controlar si el subjecte havia estat sotmès a algun tractament de teràpia física o no i en el cas afirmatiu de quina es tractava.
- **Motius pels que ha acudit a teràpia física:** Es va considerar conèixer els motius pels que el subjecte acudeix a teràpia física sense entrar en detall de les lesions, ja que aquest no era d'interès en aquest estudi. Es varen considerar les següents opcions de resposta:
 - a) A nivell preventiu
 - b) Després d'un intervenció quirúrgica
 - c) Després d'haver donat a llum
 - d) Vertígens
 - e) Dolor
 - f) Altres
- **Temps de la última sessió de teràpia física:** Es va enregistrar el temps aproximat de la última sessió de teràpia física tenint en compte les següents opcions de resposta; ahir, una setmana i més d'un més.

4.4 Descripció del procediment estabílo mètric

Com s'ha comentat anteriorment, amb l'estabílo metria s'ha quantificat l'activitat del sistema postural de l'individu en una posició bípeda. Aquest sistema postural s'adapta a estímuls que procedeixen de l'entorn, fet que fa que a la sala on es van realitzar el registres, presentés unes condicions homogènies per a tots els registres pel que es varen adoptar les següents mesures per a l'augment de la fiabilitat en la presa de dades, minimitzant possibles alteracions en els resultats originats d'estímuls externs a l'individu.

La sala d'exploració és una sala de 2.5x4.0 m que queda resguardada de qualsevol soroll exterior a la sala i resguardada de qualsevol interrupció. Val a dir que, donada la complexitat del sistema elèctric dels sensors de la plataforma i de la transmissió de dades d'aquesta al *software*, és possible que en alguna valoració dels registres estabílo mètrics s'interrompi la connexió, en aquests casos el més adequat és anul·lar la part de dades transmesa i reiniciar el registre. Per altra banda, es va mantenir un absolut silenci dintre de la sala durant el registre, informant als participants que apaguessin el mòbil durant els registres. Si algú volia conèixer la informació del registre que havia realitzat es va fer després dels registres estabílo mètrics i no durant les proves, explicant-los que no es podia informar durant la prova, per no condicionar els resultats, de tal forma que es va mantenir un silenci absolut durant els registres entre explorador, observador i entorn.

Per a establir la metodologia de l'estudi amb persones es van prendre com a referència les Normes 85 que va establir l'AFP.

Es va establir una la franja horària de matins per als registres, tenint en compte que l'individu no hagués realitzat prèviament a l'enregistrament de les dades, una activitat intensa i hagués respectat el descans nocturn.

Tots els subjectes es van enregistrar amb els ulls oberts (OA) i ulls tancats (OC) situant-se en bipedestació sobre la plataforma sense calçat, ni mitjons. La posició dels peus, va formar un angle de 30° a on la bisectriu coincidís amb l'eix sagital de la plataforma. Els talons estaven separats 2 cm utilitzant una plantilla de posicionament podal. El subjecte es va col·locar a una distància de 90 cm de la paret blanca, situant-hi una referència vertical de color taronja. Aquesta referència es va col·locar des del sostre fins a terra i estava enganxada a la paret, utilitzant-la com a referència visual en el registre amb OA. Per altra banda el subjecte va mantenir els braços al costat del cos, situant-se a sobre de la plataforma el més relaxat i tranquil possible i sense moure el cap.

Durant els registres es va informar al pacient que si havia de tossir, esternudar, badallar, gratar-se, avisés a l'observador per tornar a repetir el registre, ja que qualssevol moviment afegit, hagués alterat el registre sobre el control postural.

Per a cada individu es va realitzar una primera seqüència de registres en una situació estàtica amb OA, obtenint la posturografia a una freqüència de 40 Hz i 16 bits durant 51.2 s. Després es va realitzar un segon registre amb el mateix procediment sense que l'individu baixés de la plataforma amb OC. Per a la recollida de les

dades es van realitzar 3 repeticions de la seqüència descrita anteriorment.

4.5 Recollida i anàlisi de dades

En la recollida de dades es va elaborar un full de registre tenint en compte les variables soci-demogràfiques, antropomètriques i els diferents aspectes que afecten els criteris d'inclusió i exclusió, així com a les diferents variables que podrien influir en els resultats dels registres. Per altra banda es va utilitzar el programa d'estabilometria Satel v 33.5 8C d'avaluació de les activitats posturo-cinètiques. Els diferents registres posturogràfics, els va realitzar la mateixa persona, familiaritzada amb l'ús del programa Satel v 33.5 8C de la plataforma.

En el primer moment abans d'iniciar el registre, es va introduir la variable de longitud del peu dret, necessària per al càlcul del baricentre del polígon de sustentació, permetent establir l'eix de coordenades inicial. Per altra banda, també es va realitzar un calibratge automàtic dels tres captors per tal d'obtenir un voltatge similar.

Pel que fa a l'anàlisi de les dades, es van treballar amb els valors que varen capturar els tres captors de la plataforma estabilomètrica, en cada un dels punts que pot registrar la plataforma. Tal com s'ha comentat anteriorment, aquesta plataforma pot enregistrar a 40 Hz durant 51.2 s, el que proporciona una informació de 2048 valors que es tradueixen en moments de temps des del segon 0 fins al segon 51.2, en fraccions de 0,025 mil·lisegons (ms). Per conèixer el valor calculat de les diferents variables en cada un dels diferents temps per poder realitzar l'anàlisi funcional de les dades, es va realitzar un procés previ de càlcul, agafant els valors dels tres captors i desglossant els valors totals, així com els valors

totals en l'eix de les X i de les Y. Amb aquest càlcul, podem establir els valors màxims, mínims i les amplituds realitzades pel centre de pressions en cada un dels eixos. També d'aquest càlcul ens permet conèixer el valor de X_m i de Y_m en cada una de les diferents fraccions de temps.

Pels altres valors de les variables L_x i L_y , es va calcular la distància recorreguda pel CP en cada un dels eixos, realitzant la fórmula $\text{distancia} = |\text{valor2} - \text{valor1}|$, essent el valor 2 el moment de temps de 0,025 ms superior al valor 1 tant pel valor calculat en l'eix de les X i de les Y. Tenint en compte que aquests valors segueixen l'algoritme de càlcul següent tant en el cas de les X com de les Y's.

$$\frac{0,5 * (\text{captor sota dreta} - \text{Captor sota esquerra})}{\text{Captor dalt}} * 400$$

Aquest càlcul permet obtenir el valor de la variable L_x i L_y amb la suma dels valors obtinguts en la Longitud X i Longitud Y en totes les fraccions de temps.

Respecte a la variable superfície, es van determinar els dos eixos de l'el·lipse; eix gran i eix petit, tot i que en aquest cas no s'han realitzat els càlculs per fracció de temps donada la complexitat en els seus càlculs tal com es pot veure en la Fig. 23. Els valors que observem, són els obtinguts directament de la base de dades del present estudi.

Càlculs de la pendent	-0,42	
Suma dels quadrats	211083,45	247444,56
Variància X	14,54	
Variància Y	44,77	
Covariància	15,21	
Rho	0,60	
t	-1,99	
Arrel 1	2,40	-0,42
Arrel 2	-0,42	2,40
apa	2,40	
Var Gran eix	51,10	
Var Petit eix	8,22	

Fig. 23 Procés de càlcul de la variable S.

Pels intervals de normalitat estabilomètrica amb estimacions puntuals, així com per a la descripció de les variables descriptives de la mostra, es va utilitzar el paquet estadístic SPSS v.22. En un primer apartat es descriuen les variables referents a les dades antropomètriques, de freqüència cardíaca, de tensió arterial i de l'activitat física dels individus, donant les estimacions puntuals dels estadístics de tendència central i dispersió, i l'interval de confiança al 95% de la mitjana, per a les variables quantitatives, i els estadístics de freqüència per a les qualitatives. En un segon apartat es tracten cada una de les variables estabilomètriques, indicant també els estadístics de tendència central i dispersió, i interval de confiança al 95%. A més s'estudia si cada una d'elles es distribueix o no sota una Normal. En aquest mateix apartat es comparen els intervals de normalitat segons sexe i/o grup d'edat. En la comparació de dos

grups s'utilitza un test paramètric t-student per aquelles variables d'estabilometria que segueixen una distribució Normal, i un test no paramètric U-Mann-Whitney en cas contrari. Per a les comparacions entre grups d'edat, i per a les de grup d'edat i sexe, s'aplica el test paramètric ANOVA one way, quan la distribució segueix una llei Normal i un test de H de Kruskal-Wallis en cas contrari. El test utilitzat per a determinar si la variable es distribueix sota una Normal, ha estat el test de Kolmogorov-Smirnov. El nivell de confiança s'ha pres en $\alpha=0.05$ per a totes les proves.

Tal com s'ha descrit el tractament estadístic de les dades referent a les corbes de comportament de l'individu i per a les diferents variables posturogràfiques, es va realitzar a través de l'anàlisi de dades funcionals (FDA).

Tots aquests anàlisis es fan amb el software R, que és un entorn de *software* lliure per a l'anàlisi estadístic i que és compatible amb altres plataformes com ara UNIX, Windows i Mac, proporcionant una àmplia varietat de tècniques estadístiques i gràfiques, entre les que s'inclouen les metodologies bàsiques de FDA com ara les tècniques de reducció de la dimensió i la de models lineals funcionals. Per altra banda, amb R, s'utilitza un llenguatge de programació flexible que permet implementar qualsevol funció o algoritme matemàtic, permetent a la resta de la comunitat científica crear diverses eines de programació per a l'anàlisi de dades integrades en diferents paquets que proporcionen solucions integrades a diversos problemes estadístics plantejats amb anterioritat, i que es defineixen com a llibreries en llenguatge R. En concret s'ha usat el codi i desenvolupat per aquest projecte que es basa amb les llibreries (98-101),

- a) Llibreria `fda`; implementa les tècniques d'anàlisi de dades funcionals.
- b) Llibreria `fda.usc`; integra i complementa la llibreria `fda` amb mesures de profunditat, detecció de valors extrems funcionals, models de regressió funcional i mètodes de classificació d'un conjunt de dades funcionals o matrius.

Pel que fa a les tècniques concretes utilitzades en l'anàlisi de dades funcionals de la present (Programades amb R a l'Annex 5) són les que a continuació s'exposen per ordre d'execució:

1) Anàlisi exploratori de dades

En aquesta primera part de l'anàlisi, es presenten les característiques principals de les dades funcionals (96) i els seus elements descriptius bàsics, abordant principalment el càlcul de mesures de posició, variabilitat, associació i/o dependència, així com la seva representació numèrica i gràfica. Cal comentar, que es defineix com a dada funcional la observació de n variables funcionals idènticament distribuïdes, implicant que les dades funcionals poden ser corbes d'un sol argument obtingudes com a observacions d'un procés estocàstic de temps continu o funcions de varis arguments com és el cas de les dades espacials que son un tipus particular de dada funcional. Per altra banda, les dades funcionals, poden ser també multivariants en el sentit en el que en cada argument s'observen simultàniament vàries funcions. Un dels primers passos fonamentals en el FDA

(96,110) és la reconstrucció de les corbes mostrals mitjançant funcions suaus que permetin la seva avaluació en qualssevol punt, utilitzant les tècniques d'aproximació numèrica de funcions.

Entrant en la descripció estadística d'un conjunt de dades funcionals, s'expandeix al camp funcional els estadístics clàssics de resum per a les dades funcionals com les funcions mitjana i variància puntual, les funcions d'autocovariància i autocorrelació, i les funcions de covariància i correlació creuades. També es mostren algunes representacions gràfiques que ajuden a la interpretació d'aquestes mesures. Resulta d'especial interès el gràfic de la funció de correlació en termes de corbes mostrals de nivell per observar els moments de temps d'alta relació lineal així com el comportament d'aquesta correlació al allunyar-se o aproximar-se en els diferents moments de temps.

Pel que fa a aquesta tècnica utilitzada, es procedeix a la representació gràfica i al càlcul de les principals mesures descriptives; la mitjana funcional amb la funció *func.mean* i la variància funcional amb la funció *func.var*, i la covariància amb la funció *func.cov*, entre d'altres.

Pel que fa a la representació gràfica de les corbes, el primer pas en FDA es reconstruir la verdadera forma funcional de les corbes mostrals a partir de les observacions discretes. D'aquesta manera s'aconsegueix reduir la dimensió computacional del problema i utilitzar àlgebra matricial en els desenvolupadors teòrics sense imposar limitacions pràctiques

en l'anàlisi de dades funcionals. Destaquem que una base de funcions és un conjunt de funcions matemàticament independent unes de les altres, de tal forma que qualssevol funció es pugui aproximar com una combinació lineal d'un número suficientment gran d'aquestes funcions, i d'aquesta manera les dades funcionals s'aproximen en un subespai de dimensió finita convertint el problema de dimensió infinita en un problema multidimensional. La selecció de la base és molt important i ha de ser realitzada tenint en compte la naturalesa de les corbes mostrals amb les bases més utilitzades en la pràctica; com és el cas de la base de Fourier que s'utilitza per aproximar funcions periòdiques i la base de funcions B-spline adequada per aproximar corbes suaus (98,101).

La funció bàsica implementada en la llibreria `fda` per la representació gràfica de corbes que s'ha utilitzat és la Base de Fourier; `create.fourier.basis`.

Amb l'objectiu d'obtenir les dades com un objecte de R funcional, també s'ha usat la funció `Data2fd`.

L'aproximació mínim quadràtica d'un conjunt d'observacions discretes amb soroll mitjançant una corba suau, no controla en molts casos, el grau de suavitzat de la corba estimada. En el cas dels *splines* de regressió, el grau de suavitzat depèn de la mida de la base de B-splines considerada que és una funció del nombre de nodes i del grau del *spline*. Això significa que en augmentar el nombre de nodes, l'ajust a la funció suau subjacent a les dades amb soroll, empitjora a causa del fet que el soroll no es filtra

eficientment. Per resoldre aquest problema s'introduiran mètodes més flexibles i potents d'aproximar dades discretes mitjançant funcions suaus. Els estimadors basats en la penalització de la falta de suavitzat de les corbes mitjançant la minimització de l'error de mínims quadrats penalitzats respecte a una representació bàsica en termes de B-splines. Si s'utilitza una penalització continua basada en la integral del quadrat de la segona derivada, s'obtenen els *splines* de suavitzat (*smoothing splines*), mentre que si es considera una penalització discreta basada en diferències entre coeficients bàsics adjacents, s'obtenen els *splines* penalitzats (P-splines). Els tres tipus d'aproximació *splines* de les corbes mostrals anomenades, han estat comparats recentment en un estudi amb dades reals i simulats (111).

Un aspecte essencial en el mètode d'estimació penalitzada amb B-splines és l'elecció del paràmetre de suavitzat. El paper que juga el paràmetre de suavitzat és controlar el grau de suavitzat de la corba. A mesura que aquest paràmetre augmenta la funció es fa més suau. Per altra banda, a mesura que el paràmetre de suavitzat es fa més petit, la corba ajustada té més variabilitat. Un dels mètodes més usats de l'elecció automàtica del paràmetre de suavitzat és el de validació creuada. Així doncs, en aquest cas, s'han aplicat diferents mètodes de suavitzat per B-spline i usant un *bootstrap* de 200 (112). Aquest anàlisi ha permès obtenir la funció FM trim al 25%. Funció que representa la corba patró dels individus per a la variable estabilomètrica. Controlant la bondat d'ajust d'aquestes corbes a les dades i escollint la

corba estimada que millor ajusti segons els estimadors, “*Generalized Cross Validation (GCV)*” (113,114): Nadaraya-Watson (SNW) amb i sense la informació d’Akaike’s Information Criteria (AIC), Local Linear Smoothing (SLLR) i K-Nearest Neighbor (SKNN) (113). Així es dona, la corba de normalitat i les bandes al 95% de confiança d’aquesta per a cada punt de l’interval de temps.

Un cop trobada la forma de la funció patró de cada una de les variables, en cas d’existir s’ha determinat a través de l’anàlisi de components principals quina era la variabilitat explicada de cada una de les components principals en què es descompon la covariància, amb l’objectiu de veure quina part era explicada pel temps. Així doncs, el segon pas dins del tractament FDA, és el que es detalla a continuació.

2) Anàlisi de components principals

Pel que fa al següent anàlisi que vam realitzar, consisteix en una altra de les tècniques fonamentals en el FDA anomenada anàlisi en components principals funcionals. El motiu fonamental pel que vàrem utilitzar aquesta tècnica, és que ens permet reduir la dimensió d’un conjunt de dades funcionals, permetent interpretar les seves principals característiques i modes de variació, és a dir, tipus de corbes, variabilitat, estructura de la correlació, etc. (96).

Les tècniques de les components principals radica en una propietat probabilística clàssica, anomenada

desenvolupament de Karhunen-Loève, que proporciona una representació ortogonal d'una variable funcional (procés estocàstic) com a una suma de funcions ortogonals (corbes principals) ponderades per variables aleatòries incorrelades (components principals). Aquest desenvolupament és òptim perquè la representació en components principals truncada, proporciona la millor representació ortogonal del procés en el sentit de mínims quadrats. A més, les components principals estan ordenades a partir de les seves variàncies i la variància total de la variable funcional és la suma de les variàncies de totes les components principals. Això significa que la informació recollida en les corbes mostrals, queda resumida en les primeres components principals tals que la proporció de la variància explicada, sigui tan pròxima a un com sigui possible (115,116).

Per obtenir amb el programa R les components principals funcionals, el primer pas és obtenir la matriu de coeficients bàsics estimats mitjançant l'ordre `data2fd(...)$coefs`. El següent pas és l'obtenció de la matriu de productes escalars entre funcions bàsiques mitjançant la funció `inprod` de la llibreria `fda`. La seva arrel quadrada es calcula mitjançant la funció `mroot(matriz,method='svd')` de la llibreria `mgcv`. Finalment, s'obté l'anàlisi de components principals de la matriu de disseny mitjançant la funció `fdata2pc`. Per obtenir els resultats de l'anàlisi s'executarà la funció `summary`. Alternativament, es poden obtenir tots els elements de l'anàlisi a través de la funció `pca.fd` del paquet `fda` de R.

Per la selecció dels components principals, s'utilitzaran els mètodes clàssics d'anàlisi multivariant basats en seleccionar aquelles components que acumulin un cert percentatge de la variabilitat total, o bé utilitzar un gràfic de valors propis i seleccionar aquelles components o bé amb un valor més alt a la unitat, o bé que produeixin un colze en el gràfic. Per a la majoria de les tècniques multivariants, que es basen molt en l'àlgebra matricial, pot ser un problema casi insalvable tractat amb dades funcionals d'alta freqüència amb una segura molt forta col·linealitat segons augmenta el grau de resolució amb el que som capaços de veure una corba. Més difícil resulta, per a les tècniques multivariants, obtenir un resultat convertint l'augment de resolució en una dificultat més que en una oportunitat d'obtenir més informació. Com a conjunt de dades funcionals, l'objectiu és resumir la informació i el resultat serà sempre una dada funcional (veure codi a l'Annex 5).

3) Anàlisi de la variància per a dades funcionals

Amb l'objectiu de comparar les corbes estimades entre homes i dones, es realitza un test ANOVA per a dades funcionals basat en projeccions aleatòries, conegut com a ANOVAF. El test fou proposat al 2004 per Cuesta et al. (117), i extensa pels mateixos al 2007 (118). Test que s'implementa mitjançant la funció *anovaf.onefactor* de la llibreria *fda.usc* (veure codi a l'Annex 5). Aquesta prova està dissenyada per determinar si existeix l'efecte dels factors principals i

d'interacció, així com per determinar possibles efectes de covariables funcionals. En el cas que ens ocupa, el nostre interès només fou el de veure si factors d'una variable qualitativa (grups) com sexe, influenciaven en la corba patró. Així, si es tenen k grups, la mitjana de la variable funcional per a cada grup es pot representar com $E(X_i(t))=m_i(t)$ i la covariància entre dos instants determinats dins d'una corba com $K_i(s,t)$, tal que,

$$\widehat{K}_i(s,t) = \sum_{j=1}^{n_i} \left(\frac{(X_{ij}(s) - \bar{X}_{i.}(s)) (X_{ij}(t) - \bar{X}_{i.}(t))}{n_i - 1} \right)$$

Per tant l'objectiu del test és contrastar la hipòtesi H_0 : $m_1 = m_2 = \dots = m_k$, a través de l'estadístic,

$$V_n = \sum_{i < j} n_i \cdot \|\bar{X}_{i.} - \bar{X}_{j.}\|^2$$

Aquest estadístic evita el requeriment de homoscedasticitat que es té en una ANOVA usual. De tal forma, que la distribució de V_n sota la hipòtesi nul·la coincideix amb l'estadístic V ,

$$V := \sum_{(i < j)} \| Z_i(t) - C_{ij} \cdot Z_j(t) \|^2.$$

En els que els C_{ij} i $Z_i(t)$ són processos gaussians independents de mitjana zero i covariància $K_i(s, t)$. Així doncs, el càlcul d'aquest estadístic sota la hipòtesi nul·la mitjançant un *bootstrap* paramètric i amb mètodes de Monte Carlo, permeten calcular el quantil V_α , de forma que si $V_n > V_\alpha$ es rebutja la H_0 , i en conseqüència la funció mitjana és diferent pels diferents grups.

No obstant, en el cas però de variables quantitatives com l'edat, per veure si aquestes influeixen en la forma de la corba estimada es realitza amb tècniques de

4) Models de regressió funcional

Un model de regressió es diu "regressió funcional" quan com a mínim una de les variables implicades (tant si és predictora com de resposta) és funcional. Així, pel cas que ocupa la variable funcional és la de resposta, essent aquesta alguna de les variables estabilmètriques.

En aquest anàlisi s'assumeix un model lineal de tipus,

$$y = \langle X, \beta \rangle + \epsilon = \frac{1}{\sqrt{T}} \int_T X(t) \beta(t) dt + \epsilon$$

On ϵ són els errors aleatoris amb mitjana zero i variança σ^2 .

Seguint el descrit per Ramsay i Silvermann, l'any 2005, el model és una relació entre la resposta escalar (per exemple,

edat) i la variable funcional observada a través d'una representació lineal bàsica amb paràmetres desconeguts,

$$\beta(t) = \sum b_k \phi_k(t)$$

Aquesta expressió permet estimar els paràmetres mitjançant la funció matricial,

$$\hat{y} = \langle X, \hat{\beta} \rangle \approx \mathbf{C}^\top \psi(\mathbf{t}) \phi^\top(\mathbf{t}) \hat{\mathbf{b}} = \tilde{\mathbf{X}} \hat{\mathbf{b}}$$

En la que

$$\tilde{\mathbf{X}}(\mathbf{t}) = \mathbf{C}^\top \psi(\mathbf{t}) \phi^\top(\mathbf{t})$$

$$\hat{\mathbf{b}} = (\tilde{\mathbf{X}}^\top \tilde{\mathbf{X}})^{-1} \tilde{\mathbf{X}}^\top$$

$$\hat{y} = \tilde{\mathbf{X}} \hat{\mathbf{b}} = \tilde{\mathbf{X}} (\tilde{\mathbf{X}}^\top \tilde{\mathbf{X}})^{-1} \tilde{\mathbf{X}}^\top y$$

Aquest model i l'estimació dels paràmetres s'aconsegueix a través de la funció *fregre.basis* del paquet *fda.usc*. La mateixa funció, de la mateixa forma que per l'anàlisi exploratori incorpora els criteris GCV per poder testar la bondat d'ajust del model, tot i que pel que fa a l'*output*, aquests es tradueixen més, a la típica R^2 de determinació del model de regressió lineal clàssic. La mateixa funció també estudia el comportament aleatori dels residus i detecta corbes atípiques i les més influents.

4.6 Consideracions ètiques

Es va informar als individus de la finalitat i de la naturalesa de l'estudi, i posteriorment dels resultats i les conclusions via correu electrònic que van facilitar a l'inici de l'estudi. Per altra banda, també se'ls va informar que no se'n derivaven riscos ni conseqüències negatives per a la salut ni per als drets com a persona en aquest estudi. A tots els participants se'ls va fer signar el consentiment informat, que autoritzaven a l'equip investigador de l'estudi a utilitzar les dades pel present estudi. Es va sol·licitar l'aprovació de la realització del mateix al comitè d'ètica d'investigació en humans de la Universitat Internacional de Catalunya (UIC), tal com es pot veure en l'Annex 3, amb la carta d'aprovació com a resposta a la sol·licitud.

En tot moment, tant en la recollida com en l'anàlisi estadístic, com *a posteriori*, s'ha mantingut la confidencialitat de les dades segons la llei de protecció de dades vigent (LOPD 15/1999, de 13 de setembre).

5. RESULTATS



5.1 Resultats descriptius de la mostra

La mostra final va estar conformada per 177 individus que van acudir a la sala de valoració de fisioteràpia de la UIC després de les diferents accions informatives, dels quals, 87 (49.2%) varen ser homes i 90 (50.8%) dones, amb una mitjana d'edat de 37.28 ± 13.87 anys, essent l'individu més jove de 18 anys i el més gran de 64. Tenint en compte els grups d'edat establerts pel reclutament de la mostra, la distribució final fou de 80 (45.2%) individus de 18 a 35 anys, de 57 (32.2%) individus de 36 a 50 anys i de 40 (22.6%) de 51 a 65 anys. La distribució d'homes i dones en cada grup d'edat va ser homogènia en tots ells ($p\text{-valor}=0.992 > 0.05$), tal i com es pot veure a la Taula 2.

Taula 2. Resultats de la distribució de la mostra segons el sexe i la franja d'edat.

Edat	Homes	Dones	Total
De 18 a 35	39 (48.8%)	41 (51.2%)	80
De 36 a 50	28 (49.1%)	29 (50.9%)	57
De 51 a 65	20 (50.0%)	20 (50.0%)	40
Total	87 (49.2%)	90 (50.8%)	177

5.1.1 Variables antropomètriques

Tal com es pot observar en la Taula 3, es mostren les dades de l'antropometria de la mostra, on la talla mitjana va ser de 1.69 m amb una desviació estàndard petita de l'ordre de 0.09. S'observa que hi ha va haver un individu amb una talla de 1.88 m i un de 1.46 m, on si no consideréssim aquests dos individus,

tindríem una mostra molt homogènia, és a dir, al voltant de la mitjana, i per tant, la talla de 1.69 m és un valor representatiu d'aquesta població. Pel contrari, la distribució del pes va tenir una dispersió gran i uniforme en els quartils, prenent valors des de 43 kg a 113 kg amb una desviació estàndard de 13.04. El comportament de la talla i el pes, es veu reflectit en la distribució del IMC obtenint una mitjana de $24.58 \pm 3.80 \text{ kg/m}^2$, amb un valor mínim i un màxim de 17.51 kg/m^2 i de 42.87 kg/m^2 respectivament.

Cal destacar també, que la mitjana del número de peu segons la numeració francesa va ser de 39.77 ± 2.62 fr, mentre que en la variable de longitud del peu dret (cm), es va obtenir un resultat amb una mitjana de 25.59 ± 1.67 cm, sense seguir en els dos casos una distribució de normalitat (p -valor=0.000), tal com es pot observar en la Taula 3.

Taula 3. Resultats variables antropomètriques.

N=177	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat
Talla (m)	1.46	1.88	1.69	0.09	[1.68,1.71]	0.200*
Pes (kg)	43.00	113.00	70.75	13.04	[68.82,72.69]	0.200*
IMC (kg/m²)	17.51	42.87	24.58	3.80	[24.02,25.15]	0.000
NúmeropeuFr (fr)	33.00	45.00	39.77	2.62	[39.38,40.16]	0.000
LongPeuD (cm)	21.60	29.00	25.59	1.67	[25.34,25.83]	0.000

* p -valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

A continuació es mostren els resultats de la massa corporal dels subjectes mitjançant una bioimpedància realitzada abans dels registres establimètrics de la mostra, en la que tal com es descrivia anteriorment, obteníem una alta dispersió en la variable pes, generant, consegüentment, una dispersió en les diferents variables que mesuren el percentatge de massa

grassa corporal, tant del total com de la mesura del percentatge de massa grassa segmentaria, com es pot veure en color taronja en la Taula 4. Per altra banda, podem observar un augment de la massa magra de la cama dreta respecte de la cama esquerra on la mitjana de la massa magra de la cama dreta és de 9.23 ± 2.03 kg, respecte de la cama esquerra que és de 8.99 ± 1.95 kg. També observem aquest augment de la massa magra de l'extremitat superior dreta respecte de l'esquerra, en el que obtenim una mitjana de 3.03 ± 1.64 kg per a la massa magra del braç dret respecte d'una mitjana de 2.90 ± 0.85 kg per a la massa magra del braç dret, i ressaltat en color lila en la Taula 4. Per altra banda, pel que fa a la massa grassa, no observem una disminució de la mitjana de la massa grassa de la cama dreta 3.12 ± 1.48 kg, respecte de la cama esquerra amb una mitjana de 3.12 ± 1.42 kg. Pel que fa a la massa grassa del braç dret si que hi ha una lleugera disminució del braç dret respecte del braç esquerra, obtenint un resultat de 0.90 ± 0.46 kg i 0.95 ± 0.51 kg respectivament.

Taula 4. Resultats de la bioimpedància total i segmentària.

N=150	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat
MassaGrassaT (%)	7.60	47.70	24.37	8.78	[22.95,25.79]	0.200*
MassaGrassaT (kg)	5.60	49.00	17.44	8.00	[16.15,18.73]	0.010
MassaMagraT (kg)	33.70	77.10	53.50	11.06	[51.71,55.28]	0.000
AiguaT (kg)	24.70	56.40	39.17	8.10	[37.86,40.47]	0.000
CDMassaGrassa (%)	6.10	52.90	25.30	10.57	[23.60,27.01]	0.010
CDMassaGrassa (kg)	0.80	10.20	3.12	1.48	[2.88,3.36]	0.050
CDMassaMagra (kg)	5.40	14.40	9.23	2.03	[8.91,9.56]	0.000
CEMassaGrassa (%)	8.80	53.10	25.82	10.20	[24.17,27.46]	0.010
CEMassaGrassa (kg)	0.90	10.00	3.12	1.42	[2.89,3.35]	0.010
CEMassaMagra (kg)	5.30	14.20	8.99	1.95	[8.67,9.30]	0.000
BDMassaGrassa (%)	9.70	55.00	23.74	9.06	[22.28,25.20]	0.070
BDMasaGrassa (kg)	0.20	3.70	0.90	0.46	[0.82,0.97]	0.000
BDMasaMagra (kg)	1.60	20.00	3.03	1.64	[2.76,3.29]	0.000
BEMassaGrassa (%)	9.60	56.20	24.55	9.19	[23.07,26.03]	0.070
BEMassaGrassa (kg)	0.20	4.10	0.95	0.51	[0.86,1.03]	0.000
BEMassaMagra (kg)	1.60	4.40	2.90	0.85	[2.76,3.04]	0.000
TrMassaGrassa (%)	5.70	44.90	23.46	8.99	[22.01,24.91]	0.200*
TrMassaGrassa (kg)	0.80	26.60	9.33	4.81	[8.55,10.11]	0.020
TrMassaMagra (kg)	16.50	39.60	29.50	5.50	[28.61,30.38]	0.000

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Es destaquen en color taronja els valors mínims i màxims de cada una de les variables de la bioimpedància que fan referència al percentatge. També es destaquen en color verd la mitjana i la desviació estàndard de la massa magra de la cama dreta i esquerra, així com en color lila la mitjana i la desviació estàndard de la massa magra del braç dret i esquerre.

5.1.2 Variables de FC, TAS i TAD

A continuació es mostren els resultats obtinguts de les mesures realitzades abans dels registres establimètrics. Tal com podem observar a la Taula 5, es presenten les dades que fan referència a les constats vitals de la FC, la TAS i la TAD, amb una mitjana de la FC de 69.83 ± 10.73 ppm i amb un mínim i un màxim de 43 i 102 ppm, mentre que per la TAS, observem una

mitjana de 130.65 ± 15.97 mmHg, tot i que amb un valor extrem d'un subjecte, de 183 mmHg. Pel que fa a la TAD vàrem trobar menys dispersió que en la TAS, on la mitjana va ser de 78.04 ± 10.47 mmHg.

Taula 5. Resultats de les variables relacionades amb la funció cardíaca abans del registre estabilmètric.

N=168	mín.	màx.	\bar{X}	SD	IC 95%	Normalitat
FC (ppm)	43.00	102.00	69.83	10.73	[68.20,71.47]	0.000
TAS (mmHg)	96.00	183.00	130.65	15.97	[128.22,133.09]	0.010
TAD (mmHg)	55.00	115.00	78.04	10.47	[76.45,79.64]	0.010

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

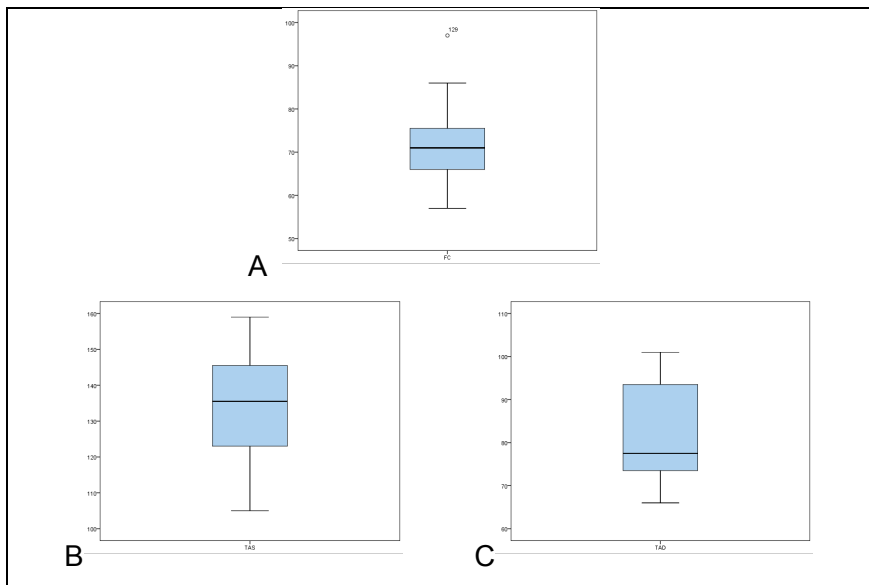


Fig. 24 A), B) i C) Representació gràfica de la FC, TAS i TAD respectivament.

5.1.3 Descriptius de l'activitat física dels subjectes

En aquest apartat es descriuen els hàbits de salut relacionats amb l'activitat física que presentaven els subjectes de l'estudi tal com es recull en l'Annex 2. Pel que fa als subjectes que van participar en l'estudi, hi va haver un 69.89% que practicava algun tipus d'esport, mentre que un 30.11% dels subjectes no practicaven cap tipus d'exercici físic, ni tan sols caminar, tal com s'ha recollit en el ítem k, de la pregunta 3.1.1.

De tots els subjectes que practicaven alguna activitat, l'activitat física que més subjectes la practicaven, va ser córrer (ítem a), amb un 30.68%, mentre que les dues activitats menys practicades varen les de patinatge (ítem f) amb un 2.27% o bé la d'activitats aquàtiques dirigides (ítem i) amb un altre 2.27%. Destaquem, d'altra banda, que un grup important de subjectes varen manifestar que realitzen activitats de *fitness* (ítem c) i que representaven un 22.16% del participants en l'estudi.

Dels subjectes que sí que practicaven exercici físic, pel que fa a la seva dedicació setmanal en hores, vàrem trobar que el 30.5% hi dedicava entre menys de 2 hores, el 37.4% hi dedicava entre 3 i 5 hores, el 25.1% entre 6 i 8 hores, i el 6.8% més de 10 hores. Si tenim en compte els anys que fa que practicaven exercici físic, vàrem trobar que el 14.0% feia menys de 5 anys, el 16.4% es troba entre 5 i 10 anys i el 46.9% feia més de 15 anys que practicava alguna activitat.

Si tenim en compte el descans mantingut pels subjectes abans dels registres tal com recull la pregunta 3.3, ens vàrem trobar amb que el 2.5% de la mostra havia descansat menys de

2 hores, el 3.1% entre 4 i 6 hores, mentre que el 94.4% havia descansat més de 8 hores. En el cas de les persones que havien contestat que havien descansat menys de 2 hores, era degut a que havien realitzat la seva rutina d'activitat física pel matí.

Pel que fa a la pregunta 3.4 en la que es preguntava si practicaven algun tipus d'activitat de navegació i quina, al respecte hi va haver un 7.9% dels subjectes que eren practicants algun tipus d'activitat de navegació, mentre que el 91.0% de la mostra varen manifestar que no en practicaven. Hi va haver dos subjectes que no varen contestar a aquesta pregunta. En quant a la resposta c de la pregunta 3.4, les activitats que predominen són el *windsurf*, el *kayak* i la vela com a esports predominants tal com es pot veure en la Taula 6.

Taula 6. Resultats activitats de navegació.

	N	Percentatge (%)
No Navegació	161	92.0
Windsurf	3	1.7
Surf	3	1.7
Vela	2	1.1
Kayak	2	1.1
Catamaran	2	1.1
Circ	2	1.1
TOTAL	175	100.0

Segons la pregunta 3.5, que es tractava sobre si els individus utilitzaven plataformes estabilomètriques a nivell domiciliari i que es pot veure en l'Annex 2, varem poder constatar que hi havia un 92.7% dels subjectes que no utilitzaven de

forma habitual plataformes estabilomètriques a nivell domiciliari o esportiu, mentre que hi va haver un 6.2% que si. Dels que si l'utilitzaven, el 0.6% dels subjectes utilitzava el bosu® de forma habitual com a forma d'entrenament de l'equilibri i un 5.1% utilitzava la wii fit®, mentre que el 94.4% no utilitzen plataformes d'estabilometria. Cal comentar que el que es pretenia amb aquesta pregunta era controlar el possible aprenentatge amb plataformes estabilomètriques i no directament el treball propioceptiu que hagués fet l'individu.

De la pregunta 3.6, on s'interrogava sobre si seguia algun tractament de teràpia física, hi va haver un 88.7% (n=157), que no seguien cap tipus de tractament, mentre que un 9.0% (n=16), que si en seguien. Les teràpies físiques descrites pels subjectes varen ser: l'acupuntura amb un 0.6%, la fisioteràpia, amb un 3.4%, i l'osteopatia, amb un 4.0%. En quan a les causes per les que aquests individus acudien a teràpia física en un 41.2% per dolor i un 17.6% que hi acudien per altres motius no especificats.

Pel que fa a la pregunta 3.6.2 que feia referència al temps en que el pacient havia rebut la última sessió, en un 5.8% va ser el dia anterior al registre, en un 64.7% en la setmana anterior, i en un 29.4% feia més d'un més.

5.2 Resultats dels intervals de normalitat en situació estàtica

5.2.1 Resultats dels intervals de normalitat per a les variables de la Superfície, la coordenada posicional mitjana de l'el·lipse sobre l'eix de les X i les Y

A continuació presentarem els resultats dels intervals de normalitat mitjançant la descripció de les variables de S, X_m , i de Y_m per a les 3 repeticions en les que es va realitzar el procediment estabilomètric de registre, i posteriorment, les mitjanes de les 3 repeticions (en color blau), tal com es pot veure en la Taula 7. En qualsevol dels valors tant en OA com en OC, els resultats estabilomètrics varen presentar un valor negatiu per a la variable Y_m indicant que el centre de masses es situaria per darrera del baricentre de pressions, amb una mitjana amb OA i OC de -41.23 ± 12.05 i de -40.16 ± 12.60 respectivament.

Destaquem que en la variable de superfície, el mín. i el màx. en OA, varen millorar la mesura en que es realitzaven els registres, passant de la primera a la tercera repetició dels valors 60.78 al 37.14 per als mín. i de 1133.63 al 732.68 per al màx. No obstant, vàrem trobar que en la segona repetició en OA de la S, el valor va ésser més baix (203.52 ± 122.2) i la desviació estàndard més petita que en els altres casos tant amb OA com en OC. Vàrem poder contrastar que l'error de l'estimació de la mitjana va ser petit ja que l'amplitud de l'IC, va ésser estret en la majoria dels casos (veure Taula 7). Els intervals entre els mínims i màxims, varen ser molt amplis en tots els casos de la

S, amb un rang que va oscil·lar entre el valor 37.14 i el 1133.63 mm² com podem observar en la Taula 7.

Pel que fa al valor de X_m en qualsevol de les tres repeticions, els valors de les mitjanes varen ser positius, tant per que fa a les repeticions com a les mitjanes entre elles, amb una mitjana amb OA de 1.51 ± 6.35 i de 1.38 ± 6.58 amb OC, fet que denotaria certa tendència al desequilibri del centre de pressions cap a la dreta, tal com queda reflectit en la Taula 8. En qualsevol dels resultats obtinguts en la X_m , la desviació estàndard va ser molt àmplia, mentre que cal ressaltar que la mitjana va augmentar en la mesura que s'anaven fent les repeticions, passant de la primera repetició amb OA amb un valor de 1.2 ± 6.33 a 1.93 ± 7.14 en la tercera repetició, al igual que succeeix per als OC.

Per altra banda, es presenten els resultats segons homes i dones de les variables de S, X_m i Y_m en la que no es varen observar diferències significatives entre homes i dones, tal com mostra la Taula 10. Destacar que en la variable S, les mitjanes tant en OA com en OC varen ser millors en el cas de les dones, tot i que la diferència no va arribar al nivell de la significació estadística (p-valor=0.061). En les variables de X_m i de Y_m tant en OA com en OC que serien les variables posicionals, la amplitud de significació per a les variables de X_m i Y_m es situaria amb un p-valor que va entre 0.517 i 0.923, segons variable.

En l'anàlisi dels resultats de les variables S, X_m i Y_m , segons els grups d'edat de 18 a 35, de 36 a 50 i de 51 a 65 anys, vàrem trobar que no hi va haver diferències

estadísticament significatives entre els diferents grups d'edat per a les variables de S i de Ym, tant en OA com en OC, (p-valor >0.05), però si que hi varen ser per la variable de Xm, amb un p-valor=0.05, tal com es pot trobar en la Taula 12, i ressaltades en color vermell.

Les diferències que vàrem trobar per a la variable Xm després del Post-hoc tant per a la condició amb OA i OC amb correcció de Bonferroni, assenyalen una diferència en la variable Xm entre el grup d'edat de 18 a 35 anys (p-valor<0.05) respecte dels dos altres grups d'edat. En relació a la variable Xm en el grup d'edat de 18 a 35 anys destacar que la mitjana tant amb OA 3.64 ± 5.53 com amb OC 3.47 ± 6.20 es va allunyar bastant dels valors obtinguts per als altres grups d'edat com de la mitjana global d'aquesta variable en la condició amb ulls oberts i amb un valor de 1.51 ± 6.35 , o bé amb un valor de 1.38 ± 6.58 en la condició amb ulls tancats.

En els resultats obtinguts per a l'anàlisi segons els diferents grups d'edat i per sexe no es varen detectar diferències significatives per a les variables de S i de Xm, amb un p-valor>0.05, tot i que si es varen trobar per a la variable Ym tal com podem veure en la Taula 14.

Taula 7. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable S.

S	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat
OA_R1	60.78	1133.63	237.58	143.66	[216.27,258.89]	0.000
OC_R1	56.73	899.66	226.46	148.69	[204.40,248.52]	0.000
OA_R2	46.16	738.27	203.52	122.20	[185.39,221.65]	0.000
OC_R2	55.13	1319.73	237.14	177.10	[210.87,263.41]	0.000
OA_R3	37.14	732.68	223.16	145.10	[201.64,244.68]	0.000
OC_R3	38.40	878.91	234.29	153.96	[211.45,257.13]	0.000
OA	57.51	729.85	221.42	118.65	[203.82,239.02]	0.000
OC	60.29	955.75	232.63	146.49	[210.90,254.36]	0.000

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

En color blau es mostra la mitjana de les tres repeticions

Taula 8. Resultats dels intervals les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Xm.

Xm	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat
OA_R1	-16.39	15.53	1.20	6.33	[0.26,2.14]	0.200*
OC_R1	-16.52	18.19	1.02	6.87	[0.00,2.04]	0.200*
OA_R2	-17.53	19.61	1.41	6.69	[0.42,2.41]	0.200*
OC_R2	-17.28	21.26	1.50	7.30	[0.42,2.59]	0.200*
OA_R3	-17.42	22.21	1.93	7.14	[0.87,2.98]	0.200*
OC_R3	-16.14	20.07	1.62	6.61	[0.64,2.60]	0.200*
OA	-15.52	18.38	1.51	6.35	[0.57,2.45]	0.200*
OC	-15.60	18.26	1.38	6.58	[0.41,2.36]	0.200*

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

En color blau es mostra la mitjana de les tres repeticions

Taula 9. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Ym.

Ym	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat
OA_R1	-65.11	-6.39	-40.91	11.82	[-42.66,-39.15]	0.033
OC_R1	-66.65	-7.14	-39.62	12.39	[-41.46,-37.78]	0.200*
OA_R2	-68.62	-1.60	-40.78	12.76	[-42.68,-38.89]	0.200*
OC_R2	-67.52	-5.13	-40.26	13.21	[-42.22,-38.30]	0.200*
OA_R3	-71.65	-0.49	-42.00	13.01	[-43.93,-40.07]	0.200*
OC_R3	-72.46	-3.98	-40.61	13.60	[-42.63,-38.59]	0.200*
OA	-66.94	-5.21	-41.23	12.05	[-43.02,-39.44]	0.200*
OC	-68.03	-6.36	-40.16	12.60	[-42.03,-38.29]	0.200*

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

En color blau es mostra la mitjana de les tres repeticions

Taula 10. Resultats dels intervals de normalitat segons el sexe per a les variables de S, X_m i Y_m.

	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_S_H	57.91	628.36	236.22	120.18	[210.60,261.83]	0.000	0.061
EOA_S_D	57.51	729.85	207.12	116.04	[182.81,231.42]	0.000	
EOC_S_H	57.51	955.75	244.44	150.95	[212.27,276.61]	0.000	0.218
EOC_S_D	61.65	882.50	222.21	141.95	[191.48,250.94]	0.000	
EOA_Xm_H	-15.52	18.38	1.24	7.17	[-0.29,2.77]	0.200*	0.576
EOA_Xm_D	-9.88	13.82	1.78	5.48	[0.63,2.92]	0.200*	
EOC_Xm_H	-15.60	18.26	1.43	7.66	[-0.20,3.06]	0.200*	0.923
EOC_Xm_D	-11.25	14.10	1.33	5.38	[0.21,2.46]	0.200*	
EOA_Ym_H	-66.94	-12.89	-41.03	12.57	[-43.71,-38.35]	0.200*	0.831
EOA_Ym_D	-62.05	-5.21	-41.42	11.59	[-43.85,-38.99]	0.200*	
EOC_Ym_H	-68.03	-9.28	-39.54	13.67	[-42.45,-36.62]	0.070	0.517
EOC_Ym_D	-63.43	-6.36	-40.77	11.52	[-43.18,-38.36]	0.200	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Taula 11. Resultats dels intervals de normalitat de la variable S per als diferents grups d'edat.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_S	De 18 a 35	63.07	610.57	205.26	91.33	[184.92,225.57]	0.010	0.673
	De 36 a 50	57.91	628.36	233.18	124.59	[200.12,266.24]	0.000	
	De 51 a 65	57.51	729.85	237.01	152.85	[188.13,285.89]	0.000	
EOC_S	De 18 a 35	62.53	627.32	209.62	107.66	[185.66,233.58]	0.000	0.411
	De 36 a 50	60.29	955.75	251.34	162.16	[208.31,294.37]	0.000	
	De 51 a 65	61.65	882.50	251.98	183.36	[193.34,310.62]	0.010	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Taula 12. Resultats dels intervals de normalitat de la variable Xm per als diferents grups d'edat.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_Xm	De 18 a 35	-14.14	18.38	3.64	5.83	[2.34,4.94]	0.200*	0.000
	De 36 a 50	-9.79	14.01	0.30	5.63	[-1.20,1.79]	0.200*	
	De 51 a 65	-15.52	12.68	-1.01	7.06	[-3.27,1.25]	0.200*	
EOC_Xm	De 18 a 35	-15.60	18.26	3.47	6.20	[2.09,4.85]	0.200*	0.000
	De 36 a 50	-11.16	15.40	0.03	6.00	[-1.56,1.62]	0.200*	
	De 51 a 65	-13.41	13.04	-0.88	6.99	[-3.11,1.36]	0.200*	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Es destaquen en color vermell els p-valor estadísticament significatius amb un nivell de significació de $p < 0.05$

Taula 13. Resultats dels intervals de normalitat de la variable Ym per als diferents grups d'edat.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_Ym	De 18 a 35	-63.28	-5.21	-40.42	13.00	[-43.31,-37.53]	0.200*	
	De 36 a 50	-66.94	-9.13	-42.41	11.25	[-45.39,-39.42]	0.200*	0.638
	De 51 a 65	-59.08	-16.22	-41.17	11.31	[-44.78,-37.55]	0.090	
EOC_Ym	De 18 a 35	-63.43	-6.36	-39.14	13.26	[-42.09,-36.19]	0.200*	
	De 36 a 50	-68.03	-9.10	-42.08	11.58	[-45.15,-39.00]	0.200*	0.378
	De 51 a 65	-59.70	-9.28	-39.48	12.65	[-43.52,-35.43]	0.080	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Taula 14. Resultats dels intervals de normalitat per grups d'edat i sexe per a les variables de S, Xm i Ym.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_S	De 18 a 35_H	63.07	416.46	213.99	84.93	[186.46,241.52]	0.200*	0.324
	De 36 a 50_H	57.91	628.36	266.89	149.38	[208.97,324.81]	0.069	
	De 51 a 65_H	78.50	519.80	236.61	129.76	[175.89,297.34]	0.012	
	De 18 a 35_D	68.58	610.57	196.93	97.34	[166.20,227.65]	0.028	
	De 36 a 50_D	98.06	506.32	200.63	85.40	[168.15,233.12]	0.090	
	De 51 a 65_D	57.51	729.85	237.41	176.40	[154.85,319.97]	0.118	
EOC_S	De 18 a 35_H	62.53	627.32	221.47	123.27	[181.52,261.43]	0.076	0.279
	De 36 a 50_H	60.29	955.75	283.13	197.51	[206.55,359.72]	0.009	
	De 51 a 65_H	79.93	472.60	235.05	118.01	[179.82,290.28]	0.200*	
	De 18 a 35_D	63.02	495.21	198.35	90.50	[169.67,226.91]	0.043	
	De 36 a 50_D	85.51	627.10	220.64	113.97	[177.29,264.00]	0.007	
	De 51 a 65_D	61.65	882.50	268.91	233.41	[159.67,378.14]	0.002	
EOA_Xm	De 18 a 35_H	-14.14	18.38	3.13	6.51	[1.02,5.24]	0.200*	0.509
	De 36 a 50_H	-9.79	14.01	0.80	6.40	[-1.68,3.29]	0.200*	
	De 51 a 65_H	-15.52	12.68	-1.84	8.50	[-5.81,2.14]	0.200*	
	De 18 a 35_D	-8.61	13.82	4.13	5.13	[2.51,5.75]	0.200*	
	De 36 a 50_D	-7.81	13.54	-0.20	4.83	[-2.03,1.64]	0.200*	
	De 51 a 65_D	-9.88	10.86	-0.19	5.35	[-2.69,2.32]	0.200*	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Taula 14 (Continuació). Resultats dels intervals de normalitat per grups d'edat i sexe per a les variables de S, X_m i Y_m.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOC_Xm	De 18 a 35_H	-15.60	18.26	3.51	7.48	[1.09,5.39]	0.200*	0.433
	De 36 a 50_H	-11.16	15.40	0.83	6.78	[-1.79,3.46]	0.200*	
	De 51 a 65_H	-13.41	13.04	-1.79	8.24	[-5.65,2.07]	0.200*	
	De 18 a 35_D	-6.10	14.10	3.44	4.78	[1.93,4.95]	0.200*	
	De 36 a 50_D	-8.56	10.97	-0.74	5.14	[-2.70,1.22]	0.200*	
	De 51 a 65_D	-11.25	12.43	0.03	5.53	[-2.55,2.62]	0.200*	
EOA_Ym	De 18 a 35_H	-63.28	-12.89	-39.90	13.45	[-44.26,-35.54]	0.200*	0.028
	De 36 a 50_H	-66.94	-21.90	-45.24	11.11	[-49.55,-40.93]	0.200*	
	De 51 a 65_H	-52.92	-16.22	-37.36	11.61	[-42.79,-31.92]	0.007*	
	De 18 a 35_D	-62.05	-5.21	-40.92	12.70	[-44.93,-36.91]	0.200*	
	De 36 a 50_D	-57.60	-9.13	-39.67	10.88	[-43.81,-35.53]	0.200*	
	De 51 a 65_D	-59.08	-20.34	-44.97	9.85	[-49.58,-40.36]	0.200*	
EOC_Ym	De 18 a 35_H	-62.22	-12.93	-38.19	14.27	[-42.81,-33.56]	0.200*	0.013
	De 36 a 50_H	-68.03	-19.72	-44.90	11.43	[-49.33,-40.47]	0.200*	
	De 51 a 65_H	-54.55	-9.28	-34.66	13.49	[-40.97,-28.35]	0.145*	
	De 18 a 35_D	-63.43	-6.36	-40.05	12.32	[-43.94,-36.16]	0.200*	
	De 36 a 50_D	-55.36	-9.10	-39.35	11.26	[-43.63,-35.07]	0.200*	
	De 51 a 65_D	-59.70	-20.66	-44.29	9.88	[-48.92,-39.66]	0.200*	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Es destaquen en color vermell els p-valor estadísticament significatius amb un nivell de significació de $p < 0.05$

5.2.2 Resultats dels intervals de normalitat per a les variables de la Longitud, la longitud realitzada sobre l'eix de les X i l'eix de les Y en tots els punts registrats

Pel que fa referència a les variables amb un component de la longitud que recorre el CP, tals com la L, la Lx i la Ly, es descriuen els resultats obtinguts en les tres diferents repeticions i la mitjana de les mateixes per cada una de les variables, tant per a la condició amb OA i en OC. Els resultats els mostrem per a una mateixa variable de forma global en la Taula 15, Taula 16 i Taula 17. Pel que fa a la mitjana de la variable Longitud, trobem un valor més baix en la condició en OA respecte de la condició amb OC, obtenint una mitjana de 490.38 ± 144.60 mm i de 614.82 ± 223.20 mm respectivament. En qualsevol dels casos, vàrem obtindre una desviació estàndard estreta encara que pel que fa als valors mínims i màxims hi trobem molta amplitud, especialment en la condició de la L amb OC [189.21,1369.49].

En la variable Lx destaquem que la desviació estàndard va ésser molt estreta [92.21,94.50] pels valors de OA a diferència de la que es va obtindre en OC [135.66,153.04], tot i que aquests també són estrets. Per altra banda, val a dir, que per a la condició en OC de la variable Lx, totes les mesures obtingudes en els mín., màx., i en les mitjanes, van millorar a mesura que s'anaven fent les repeticions, és a dir, $R1 > R2 > R3$, tal com es pot observar en la Taula 16, passant d'una

mitjana de 351.36 ± 150.55 mm en la primera repetició a una de 323.11 ± 135.66 mm en la tercera.

Assenyalarem que en la variable Ly es varen trobar valors de longitud més grans tant en OA com en OC, així com per les diferents repeticions que en la variable Lx. En la variable Lx en OA, el resultat va ser de 266.37 ± 86.41 , mentre que en la variable Ly, en la mateixa condició, el resultat va ser de 359.40 ± 110.86 , donant idea de que hi havia molta més inestabilitat en el pla sagitat que en el pla frontal (veure en la Taula 16 i Taula 17).

En els valors de L, no hi va haver diferències significatives entre sexe (p -valor > 0.218), com es pot observar en la Taula 17, ni tampoc hi va haver diferències significatives entre els diferents grups d'edat, amb un p -valor > 0.367 (veure Taula 18 i 19). Pel que fa als resultats de L, Lx i Ly, segons els diferents grups d'edat, en OA, els resultats varen ser més baixos que en OC, tot i que el rang entre el mín. i màx. varen ser molt amplis, trobarem un IC 95% estret en tots els casos, exceptuant la L i la Ly en OC, on l'IC 95% va ser més ampli pel grup d'edat de 51 a 65 anys.

Cal destacar que el grup d'edat de 18 a 35 anys, tant pel que fa a la L, Lx com Ly, el resultats es van trobar per sota de la mitjana global tant en OA com en OC, podent observar-ho a la Taula 19, Taula 20 i Taula 21. En canvi la mitjana de la Lx en OA (269.85 ± 103.75) va ser més petita pel grup de 51 a 65 anys, en comparació al grup de 36 a 50 anys, però, en qualssevol dels 2 casos, aquests

resultats varen estar per sobre de les mitjanes obtingudes per aquesta variable i per a la mateixa condició en OA.

Pel que fa als resultats trobats per les variables L, Lx i Ly, no es varen detectar diferències significatives entre els diferents grups d'edat i sexe, tal com es pot veure en la Taula 22.

Taula 15. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable L.

L	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat
OA_R1	212.40	1084.45	517.42	155.46	[494.36,540.49]	0.001
OC_R1	206.98	1419.20	630.51	238.98	[595.06,665.96]	0.000
OA_R2	163.64	978.68	470.22	151.16	[447.80,492.65]	0.000
OC_R2	177.75	1395.47	619.60	241.72	[583.74,655.46]	0.000
OA_R3	192.45	947.70	483.50	161.26	[459.58,507.42]	0.010
OC_R3	182.89	1336.62	594.36	225.85	[560.86,627.87]	0.000
OA	189.50	895.90	490.38	144.60	[468.93,511.83]	0.008
OC	189.21	1369.49	614.82	223.20	[581.71,647.93]	0.000

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

En color blau es mostra la mitjana de les tres repeticions

Taula 16. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Lx.

Lx	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat
OA_R1	113.17	581.75	290.48	94.50	[276.46,304.5]	0.028
OC_R1	99.80	1013.76	351.36	150.55	[329.03,373.69]	0.000
OA_R2	78.83	630.69	253.79	92.21	[240.11,267.47]	0.001
OC_R2	93.78	967.94	339.78	153.04	[317.08,362.49]	0.000
OA_R3	92.84	555.36	254.83	94.33	[240.84,268.82]	0.048
OC_R3	78.01	715.17	323.11	135.66	[302.99,343.23]	0.001
OA	97.67	541.66	266.37	86.41	[253.55,279.18]	0.001
OC	90.53	767.96	338.08	137.41	[317.70,358.47]	0.000

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

En color blau es mostra la mitjana de les tres repeticions

Taula 17. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Ly.

Ly	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat
OA_R1	154.87	780.77	364.88	114.22	[347.94,381.82]	0.001
OC_R1	149.29	1036.99	446.68	172.75	[421.05,472.3]	0.000
OA_R2	117.17	711.77	340.58	112.48	[323.9,357.27]	0.000
OC_R2	132.09	1062.83	442.89	174.39	[417.02,468.76]	0.000
OA_R3	113.56	824.97	372.73	144.41	[351.3,394.15]	0.000
OC_R3	113.84	1019.77	428.86	169.93	[403.66,454.07]	0.001
OA	128.75	664.71	359.40	110.86	[342.95,375.84]	0.000
OC	132.56	1004.79	439.48	162.54	[415.36,463.59]	0.001

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

En color blau es mostra la mitjana de les tres repeticions

Taula 18. Resultats dels intervals de normalitat segons el sexe per a les variables de L, Lx i Ly.

	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_L_H	265.01	878.21	496.31	141.81	[466.09,526.54]	0.000	0.688
EOA_L_D	189.50	895.90	484.65	147.81	[453.69,515.61]	0.200*	
EOC_L_H	304.69	1369.49	617.13	222.58	[569.70,664.57]	0.000	0.981
EOC_L_D	189.21	1232.70	612.59	225.02	[565.46,659.72]	0.200*	
EOA_Lx_H	108.86	507.47	262.03	85.21	[243.87,280.19]	0.010	0.433
EOA_Lx_D	97.67	541.66	270.56	87.82	[252.17,288.96]	0.010	
EOC_Lx_H	128.64	767.96	329.30	141.87	[299.07,359.54]	0.000	0.230
EOC_Lx_D	90.53	751.59	346.57	133.19	[318.68,374.47]	0.030	
EOA_Ly_H	198.98	664.71	370.05	108.77	[346.87,393.23]	0.000	0.218
EOA_Ly_D	128.75	636.27	349.10	112.49	[325.54,372.66]	0.050	
EOC_Ly_H	203.49	1000.85	450.73	157.36	[417.19,484.27]	0.000	0.374
EOC_Ly_D	132.56	1004.79	428.60	167.56	[393.50,463.69]	0.040	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Taula 19. Resultats dels intervals de normalitat de la variable L per als diferents grups d'edat.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_L	De 18 a 35	189.50	812.32	478.01	137.80	[447.34,508.68]	0.200*	0.632
	De 36 a 50	265.01	819.83	496.54	128.53	[462.43,530.64]	0.080	
	De 51 a 65	212.13	895.90	506.36	177.59	[449.57,563.16]	0.050	
EOC_L	De 18 a 35	189.21	1369.49	597.94	210.18	[551.16,644.71]	0.200*	0.765
	De 36 a 50	267.30	1089.72	621.38	202.22	[567.73,675.04]	0.080	
	De 51 a 65	239.60	1232.70	639.25	274.52	[551.46,727.05]	0.010	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$ **Taula 20.** Resultats dels intervals de normalitat de la variable Lx per als diferents grups d'edat.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_Lx	De 18 a 35	97.67	478.85	260.69	83.17	[242.18,279.20]	0.060	0.637
	De 36 a 50	129.17	487.38	271.89	78.26	[251.12,292.65]	0.200*	
	De 51 a 65	108.86	541.66	269.85	103.75	[236.67,303.03]	0.000	
EOC_Lx	De 18 a 35	90.53	742.26	330.63	132.59	[301.13,360.14]	0.000	0.763
	De 36 a 50	144.66	613.99	341.34	121.29	[309.16,373.52]	0.200*	
	De 51 a 65	128.64	767.96	348.35	168.03	[294.61,402.09]	0.000	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Taula 21. Resultats dels intervals de normalitat de la variable Ly per als diferents grups d'edat.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_Ly	De 18 a 35	156.38	587.90	345.58	101.79	[322.92,368.23]	0.010	0.367
	De 36 a 50	189.40	613.52	364.72	101.50	[337.79,391.66]	0.010	
	De 51 a 65	128.75	664.71	379.44	137.26	[335.55,423.34]	0.200*	
EOC_Ly	De 18 a 35	146.54	1000.85	427.16	148.53	[394.11,460.22]	0.200*	0.863
	De 36 a 50	186.55	823.38	443.73	157.61	[401.91,485.55]	0.010	
	De 51 a 65	132.56	1004.79	458.04	195.41	[295.54,520.53]	0.070	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Taula 22. Resultats dels intervals de normalitat per grups d'edat i sexe per a les variables de L, Lx i Ly.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_L	De 18 a 35_H	306.72	802.33	484.19	130.39	[441.92,526.45]	0.200*	0.995
	De 36 a 50_H	265.01	819.83	503.38	142.39	[448.16,558.59]	0.200*	
	De 51 a 65_H	279.52	878.21	510.07	166.23	[432.27,587.87]	0.027	
	De 18 a 35_D	189.50	812.32	472.13	145.88	[426.08,518.18]	0.200*	
	De 36 a 50_D	270.61	817.02	489.93	115.74	[445.90,533.95]	0.200*	
	De 51 a 65_D	212.13	895.90	502.66	192.54	[412.54,592.77]	0.200*	
EOC_L	De 18 a 35_H	304.69	1369.49	591.46	202.22	[525.91,657.01]	0.151	0.901
	De 36 a 50_H	311.67	1052.86	632.03	229.51	[543.04,721.03]	0.019	
	De 51 a 65_H	358.06	1202.69	646.34	255.01	[526.99,765.69]	0.004	
	De 18 a 35_D	189.21	1051.13	604.10	219.82	[534.71,673.48]	0.115	
	De 36 a 50_D	267.30	1089.72	611.10	175.41	[544,38,677.82]	0.200*	
	De 51 a 65_D	239.60	1232.70	632.16	299.25	[492.11,772.21]	0.093	
EOA_Lx	De 18 a 35_H	156.08	452.80	256.64	78.30	[231.26,282.02]	0.091	0.993
	De 36 a 50_H	129.17	487.38	266.42	89.06	[231.89,300.96]	0.200*	
	De 51 a 65_H	108.86	507.47	266.38	96.02	[221.44,311.32]	0.049	
	De 18 a 35_D	97.67	478.85	264.55	88.34	[236.66,292.43]	0.200*	
	De 36 a 50_D	154.98	414.55	277.16	67.40	[251.52,302.80]	0.200*	
	De 51 a 65_D	132.99	541.66	273.33	113.35	[220.28,326.37]	0.077	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Taula 22 (Continuació). Resultats dels intervals de normalitat per grups d'edat i sexe per a les variables de L, Lx i Ly.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOC_Lx	De 18 a 35_H	170.98	742.26	312.17	124.64	[271.77,352.58]	0.018	0.664
	De 36 a 50_H	144.66	613.99	335.44	138.68	[281.67,389.21]	0.026	
	De 51 a 65_H	128.64	767.96	354.11	177.20	[271.18,437.04]	0.006	
	De 18 a 35_D	90.53	638.70	348.19	138.97	[304.33,392.06]	0.008	
	De 36 a 50_D	152.22	575.09	347.03	103.97	[307.48,386.58]	0.200*	
	De 51 a 65_D	162.68	751.59	342.60	162.75	[266.43,418.76]	0.003	
EOA_Ly	De 18 a 35_H	200.67	587.90	355.15	97.97	[323.40,386.91]	0.049	0.804
	De 36 a 50_H	198.98	555.27	382.37	109.08	[340.07,424.67]	0.104	
	De 51 a 65_H	235.30	664.71	381.86	128.93	[321.52,442.20]	0.068	
	De 18 a 35_D	156.38	547.86	336.47	105.70	[303.11,369.83]	0.180	
	De 36 a 50_D	189.40	613.52	347.69	92.29	[312.58,382.79]	0.050	
	De 51 a 65_D	128.75	636.27	377.03	148.45	[307.56,446.51]	0.200*	
EOC_Ly	De 18 a 35_H	203.49	1000.85	436.88	147.70	[389.00,484.76]	0.038	0.921
	De 36 a 50_H	237.29	823.38	461.66	174.06	[394.16,529.15]	0.068	
	De 51 a 65_H	282.88	839.70	462.45	157.12	[388.91,535.98]	0.006	
	De 18 a 35_D	146.54	745.31	417.92	150.55	[370.41,465.44]	0.200*	
	De 36 a 50_D	186.55	818.60	426.42	140.83	[372.85,479.99]	0.090	
	De 51 a 65_D	132.56	1004.79	453.63	231.64	[345.22,562.04]	0.200*	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

5.2.3 Resultats dels intervals de normalitat per a les variables de la amplitud, el valor màxim i mínim de l'estabilometria en X

A continuació es mostren els resultats que es van obtenir per a les variables estabilomètriques en màximes, mínimes i en amplitud per a l'eix de les X segons la mitjana de les tres repeticions. Alhora, també es detallen els resultats segons el sexe i per franges d'edat i diferenciant aquestes per sexe.

Pel que fa a la variable de Estab_X_max, el resultat de la mitjana de la primera i segona repetició es va situar per sota del valor mitjà de les tres repeticions realitzades degut a que en la tercera repetició aquest valor va augmentar. En la segona repetició es va enregistrar el millor resultat, que va ser de 10.23 ± 6.88 en OA. Destaquem que a diferència de la condició amb OA, en la condició en OC, la segona i tercera repetició va empitjorar en relació a la mitjana obtinguda de les tres, que va ser de 11.05 ± 7.22 , com podem veure en la Taula 23.

Pel que fa a la variable Estab_X_max vàrem trobar que, tant en OA com en OC, es va situar en la part positiva del baricentre, mentre que la variable Estab_X_min, tant en OA com en OC es va situar en la part negativa del mateix. D'altra banda, dir que no vàrem trobar diferències significatives en les variables de l'Estabilometria en X màx., mín. i en amplitud en les comparacions per sexe, tot i que els valors dels homes va ser lleugerament superior en l'amplitud en X tant en OA

com en OC, tal com podem observar en la Taula 26, mentre que per altra banda, trobem un augment en els dos sexes en la condició en OC. En canvi, es varen trobar diferències estadísticament significatives per a les variables de l'Estabilometria màx. i mín., en fer les comparacions per grups d'edat, localitzant aquestes diferències, en els dos casos, entre el grup de 18 a 35 anys respecte amb els de 36 a 50 anys i respecte el de 51 a 65 anys en les dues variables i en la condició amb OA i OC. Tanmateix no es varen trobar diferències significatives entre el grup de 36 a 50 anys amb el grup de 51 a 65 anys, un cop realitzat el Post-hoc amb la correcció de HSD de Turkey, amb la de Scheffé i amb la de Bonferroni (veure Taula 27 i Taula 28).

En la variable Amplitud en X, destaquem que el grup de 18 a 35 anys dels homes, varen obtenir uns resultats superiors als altres dos grups d'edat del mateix sexe, tot i que amb un interval més estret. Pel que fa a la resta de resultats en la variable Estabilometria en X amplitud, en la condició de OA, ens vàrem trobar uns resultats al voltant del 17 mm, amb un IC 95% que avarca un rang de [4.10,6.55] segons el grup d'edat i sexe, tal com es pot veure en la Taula 30, mentre que per l'Estabilometria en X amplitud, en la condició amb OC, les mitjanes augmenten en tots els casos, així com també el rang de l'IC 95% que seria en aquest cas de [4.44,8.68].

Taula 23. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Estab_X_max.

Estab_X_max	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat
OA_R1	-10.61	41.88	10.13	7.24	[90.6,11.21]	0.200 [*]
OC_R1	-7.62	28.16	10.63	7.39	[9.54,11.73]	0.200 [*]
OA_R2	-10.38	25.63	9.87	7.26	[8.79,10.95]	0.200 [*]
OC_R2	-9.15	41.94	11.36	8.37	[10.12,12.6]	0.200 [*]
OA_R3	-9.50	31.42	10.68	8.06	[9.48,11.88]	0.200 [*]
OC_R3	-9.83	36.67	11.17	7.96	[9.98,12.35]	0.200 [*]
OA	-8.03	25.65	10.23	6.88	[9.21,11.25]	0.200[*]
OC	-7.65	32.31	11.05	7.22	[9.98,12.12]	0.200[*]

*p-valor>0.05 ⇒X~N(\bar{x} ,SD)

En color blau es mostra la mitjana de les tres repeticions

Taula 24. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Estab_X_min.

Estab_X_min	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat
OA_R1	-27.96	8.28	-7.83	6.91	[-8.86,-6.81]	0.200 [*]
OC_R1	-46.94	8.84	-8.65	8.29	[-9.88,-7.43]	0.068
OA_R2	-25.28	13.00	-6.82	7.41	[-7.92,-5.72]	0.200 [*]
OC_R2	-29.93	14.83	-8.57	8.12	[-9.77,-7.36]	0.200 [*]
OA_R3	-44.48	13.26	-7.29	8.47	[-8.54,-6.03]	0.200 [*]
OC_R3	-46.65	10.76	-8.42	8.05	[-9.62,-7.23]	0.200 [*]
OA	-26.27	10.19	-7.31	6.82	[-8.33,-6.30]	0.200[*]
OC	-34.23	11.18	-8.55	7.50	[-9.66,-7.44]	0.200[*]

*p-valor>0.05 ⇒X~N(\bar{x} ,SD)

En color blau es mostra la mitjana de les tres repeticions

Taula 25. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Estab_X_Amp.

Estab_X_Amp	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat
OA_R1	-53.53	-7.32	-17.97	6.08	[-18.87,-17.07]	0.000
OC_R1	-68.32	-7.87	-19.29	7.85	[-20.45,-18.12]	0.000
OA_R2	-39.86	-7.20	-16.69	5.67	[-17.54,-15.85]	0.000
OC_R2	-61.01	-9.08	-19.92	7.76	[-21.08,-18.77]	0.000
OA_R3	-40.31	-4.86	-17.79	7.04	[-18.83,-16.74]	0.000
OC_R3	-66.84	-7.29	-19.63	7.86	[-20.8,-18.47]	0.000
OA	-32.40	-7.80	-17.48	5.12	[-18.24,-16.72]	0.001
OC	-44.79	-9.39	-19.61	6.73	[-20.61,-18.62]	0.002

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

En color blau es mostra la mitjana de les tres repeticions

¹

¹ Els resultats obtinguts en l'amplitud, es proporcionen amb el signe negatiu, ja que aquest proporciona la ubicació de l'amplitud respecte del baricentre calculat del subjecte.

Taula 26. Resultats dels intervals de normalitat segons el sexe per a les variables de l'Estabilometria en X màxima, mínima i en amplitud.

	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_Estab_X_Max_H	-8.03	25.65	10.10	7.94	[8.41,11.79]	0.200*	0.806
EOA_Estab_X_Max_D	-2.40	23.28	10.35	5.73	[9.15,11.55]	0.200*	
EOC_Estab_X_Max_H	-7.65	32.31	11.02	8.29	[9.26,12.79]	0.200*	0.960
EOC_Estab_X_Max_D	-4.65	25.02	11.08	6.06	[9.81,12.35]	0.200*	
EOA_Estab_X_Min_H	-26.27	10.19	-7.64	7.34	[-9.20,-6.07]	0.200*	0.535
EOA_Estab_X_Min_D	-21.00	8.02	-7.00	6.30	[-8.32,-5.68]	0.200*	
EOC_Estab_X_Min_H	-34.23	11.18	-8.71	8.48	[-10.52,-6.90]	0.200*	0.782
EOC_Estab_X_Min_D	-26.76	7.09	-8.39	6.45	[-9.74,-7.04]	0.200*	
EOA_Estab_X_Ampl_H	-32.40	-7.80	-17.74	5.34	[-18.88,-16.60]	0.040	0.483
EOA_Estab_X_Ampl_D	-32.19	-8.12	-17.24	4.91	[-18.27,-16.21]	0.020	
EOC_Estab_X_Ampl_H	-44.29	-9.39	-19.76	7.21	[-21.30,-18.22]	0.000	0.890
EOC_Estab_X_Ampl_D	-44.79	-9.81	-19.47	6.27	[-20.79,-18.16]	0.070	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Taula 27. Resultats dels intervals de normalitat de la variable la Estab_X_max per als diferents grups d'edat.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_Estab_X_Max	De 18 a 35	-5.19	25.65	12.41	6.44	[10.98,13.84]	0.200*	
	De 36 a 50	-3.23	25.08	8.97	6.30	[7.30,10.65]	0.200*	0.000
	De 51 a 65	-8.03	21.91	7.65	7.35	[5.30,10.00]	0.200*	
EOC_Estab_X_Max	De 18 a 35	-7.65	26.58	12.75	6.73	[11.24,14.24]	0.200*	
	De 36 a 50	-4.73	32.31	9.92	7.18	[8.01,11.82]	0.200*	0.016
	De 51 a 65	-4.65	25.02	9.28	7.66	[6.83,11.73]	0.200*	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Es destaquen en color vermell els p-valor estadísticament significatius amb un nivell de significació de $p < 0.05$

Taula 28. Resultats dels intervals de normalitat de la variable la Estab_X_min per als diferents grups d'edat.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_Estab_X_Min	De 18 a 35	-21.35	10.19	-5.27	6.20	[-6.65,-3.89]	0.200*	
	De 36 a 50	-18.14	8.02	-8.57	6.00	[-10.16,-6.97]	0.200*	0.001
	De 51 a 65	-26.27	7.50	-9.62	8.00	[-12.18,-7.07]	0.200*	
EOC_Estab_X_Min	De 18 a 35	-21.38	11.18	-5.95	6.66	[-7.43,-4.46]	0.200*	
	De 36 a 50	-25.17	8.69	-10.39	6.41	[-12.09,-8.68]	0.200*	0.000
	De 51 a 65	-34.23	6.47	-11.14	8.89	[-13.98,-8.29]	0.200*	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Es destaquen en color vermell els p-valor estadísticament significatius amb un nivell de significació de $p < 0.05$

Taula 29. Resultats dels intervals de normalitat de la variable la Estab_X_Ampl per als diferents grups d'edat.

	Edat	mín.	màx.	\bar{X}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_Estab_X_Ampl	De 18 a 35	-31.78	-9.70	-17.55	4.71	[-18.60,-16.50]	0.020	0.958
	De 36 a 50	-32.40	-8.79	-17.54	5.41	[-18.97,-16.11]	0.020	
	De 51 a 65	-32.19	-7.80	-17.27	5.60	[-19.07,-15.48]	0.200*	
EOC_Estab_X_Ampl	De 18 a 35	-38.18	-9.53	-18.72	5.24	[-19.89,-17.56]	0.010	0.525
	De 36 a 50	-44.29	-9.55	-20.30	7.25	[-22.23,-18.38]	0.060	
	De 51 a 65	-44.79	-9.39	-20.41	8.39	[-23.10,-17.73]	0.090	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Taula 30. Resultats dels intervals de normalitat per grups d'edat i sexe per a les variables de l'Estabilometria en X màxima, mínima i en amplitud.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_Estab_X_Max	De 18 a 35_H	-5.19	25.65	12.06	7.15	[9.74,14.38]	0.200*	0.451
	De 36 a 50_H	-3.23	25.08	9.74	7.46	[6.85,12.63]	0.200*	
	De 51 a 65_H	-8.03	21.91	6.77	9.18	[2.48,11.07]	0.200*	
	De 18 a 35_D	-1.48	23.28	12.75	5.76	[10.93,14.56]	0.200*	
	De 36 a 50_D	-0.73	19.58	8.23	4.95	[6.35,10.12]	0.200*	
	De 51 a 65_D	-2.40	15.61	8.53	5.00	[6.19,10.87]	0.173	
EOC_Estab_X_Max	De 18 a 35_H	-7.65	26.58	12.88	8.10	[10.26,15.50]	0.200*	0.355
	De 36 a 50_H	-4.73	32.31	10.66	8.39	[7.40,13.91]	0.200*	
	De 51 a 65_H	-4.60	20.67	7.92	7.92	[4.21,11.62]	0.200*	
	De 18 a 35_D	1.51	23.08	12.62	5.22	[10.97,14.27]	0.200*	
	De 36 a 50_D	-2.94	19.11	9.20	5.85	[6.98,11.43]	0.200*	
	De 51 a 65_D	-4.65	25.02	10.64	7.34	[7.21,14.07]	0.200*	
EOA_Estab_X_Min	De 18 a 35_H	-21.35	10.19	-5.95	6.62	[-8.09,-3.80]	0.200*	0.595
	De 36 a 50_H	-17.29	7.28	-8.12	6.70	[-10.72,-5.53]	0.200*	
	De 51 a 65_H	-26.27	5.66	-10.26	8.90	[-14.42,-6.09]	0.200*	
	De 18 a 35_D	-15.98	6.02	-4.62	5.79	[-6.45,-2.80]	0.200*	
	De 36 a 50_D	-18.14	8.02	-8.99	5.32	[-11.01,-6.97]	0.200*	
	De 51 a 65_D	-21.00	7.50	-8.99	7.16	[-12.34,-5.64]	0.200*	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Taula 30 (Continuació). Resultats dels intervals de normalitat per grups d'edat i sexe per a les variables de l'Estabilometria en X màxima, mínima i en amplitud.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOC_Estab_X_Min	De 18 a 35_H	-21.38	11.18	-6.01	7.93	[-8.58,-3.44]	0.200*	0.726
	De 36 a 50_H	-25.17	8.69	-10.10	6.93	[-12.79,-7.41]	0.200*	
	De 51 a 65_H	-34.23	4.98	-12.03	10.11	[-16.76,-7.30]	0.200*	
	De 18 a 35_D	-17.05	7.09	-5.89	5.28	[-7.56,-4.22]	0.200*	
	De 36 a 50_D	-20.27	3.87	-10.66	5.98	[-12.94,-8.39]	0.200*	
	De 51 a 65_D	-26.76	6.47	-10.24	7.64	[-13.82,-6.67]	0.200*	
EOA_Estab_X_Ampl	De 18 a 35_H	-27.90	-9.70	-18.01	4.70	[-19.53,-16.48]	0.200*	0.782
	De 36 a 50_H	-32.40	-8.79	-17.87	6.55	[-20.41,-15.33]	0.047*	
	De 51 a 65_H	-26.94	-7.80	-17.03	4.82	[-19.29,-14.77]	0.200*	
	De 18 a 35_D	-31.78	-10.88	-17.11	4.73	[-18.60,-15.62]	0.034*	
	De 36 a 50_D	-28.89	-10.91	-17.22	4.10	[-18.79,-15.66]	0.200*	
	De 51 a 65_D	-32.19	-8.12	-17.52	6.40	[-20.52,-15.52]	0.200*	
EOC_Estab_X_Ampl	De 18 a 35_H	-38.18	-9.53	-18.95	6.02	[-20.91,-17.00]	0.020*	0.798
	De 36 a 50_H	-44.29	-9.55	-20.75	8.68	[-24.12,-17.39]	0.017*	
	De 51 a 65_H	-39.26	-9.39	-19.94	7.27	[-23.35,-16.54]	0.137*	
	De 18 a 35_D	-29.57	-9.81	-18.51	4.44	[-19.91,-17.11]	0.200*	
	De 36 a 50_D	-34.34	-11.21	-19.87	5.66	[-22.02,-17.71]	0.200*	
	De 51 a 65_D	-44.79	-10.22	-20.88	9.55	[-25.35,-16.42]	0.104*	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

5.2.4 Resultats dels intervals de normalitat per a les variables de l'amplitud, el valor màxim i mínim de l'estabilometria en Y

A continuació tal com hem descrit per les anterior variables, s'exposen els resultats dels intervals de normalitat, per les variables de l'Estabilometria en Y màx., mín., i en amplitud segons les repeticions realitzades, segons el sexe, segons el grup d'edat i segons el grup d'edat i sexe.

Destaquem el resultat que es va obtenir en OC per a la variable Estab_Y_max amb una mitjana de 28.10 ± 12.94 respecte l'obtingut en OA, on el resultat va ser de 28.76 ± 12.22 . Cal comentar també que l'IC en OA és més estret i que els valors són molt aproximats. En la variable de Estab_Y_min, el valor de OA també va ser més gran que en OC, obtenint una mitjana de -53.57 ± 12.64 i de 52.29 ± 13.05 respectivament. En ambdós casos, tal i com s'ha exposat, els valors obtinguts en la condició amb OA, va ser més gran, a més, en l'estabilometria màx. i mín. en OA, vàrem trobar punts posicionals més extrems que en la condició amb OC (veure Taula 31 i Taula 32). Pel que fa les amplituds obtingudes en l'estabilometria en Y, es varen enregistrar igualment valors per la condició en OA, lleugerament superiors respecte als de la condició en OC, amb un resultat en la condició amb OA de 53.57 ± 12.64 i de 52.29 ± 13.05 , respectivament, tal com es pot veure en la Taula 33.

En les comparacions entre sexes, es varen trobar diferències estadísticament significatives per a la variable

Estabilometria en Y Amplitud tant per homes com per les dones, tant en la condició amb OA com amb OC, amb un p-valor de 0.041 i de 0.042, respectivament, tal com es pot apreciar en la Taula 34, destacat en color vermell. Tanmateix, no vàrem trobar diferències significatives, quan la comparació entre sexes es va fer per la mateixa variable, però en l'eix X. Tampoc es varen trobar diferències significatives per a les variables Estabilometria en Y màx., mín. i en Amplitud, en fer comparacions per franges d'edat (Taula 35, Taula 36 i Taula 37).

Alhora de comparar els resultats segons l'edat i el sexe, vàrem trobar que en la variable Estab_Y_max en OC, Estab_Y_min en OA i en OC, es varen detectar diferències significatives amb un p-valor de 0.029, 0.025 i 0.005 respectivament, tal com mostra la Taula 38 ressaltat en color vermell, mentre que en la comparació respecte la variable Estab_Y_max en OA, es va obtenir un p-valor de 0.064, per sobre del nivell de significació que s'havia establert de <0.05.

Taula 31. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Estab_Y_max.

Estab_Y_max	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat
OA_R1	-54.69	7.60	-27.66	12.25	[-29.48,-25.84]	0.045
OC_R1	-57.09	9.91	-26.74	12.64	[-28.61,-24.86]	0.200 [*]
OA_R2	-56.82	10.90	-28.81	13.21	[-30.77,-26.85]	0.200 [*]
OC_R2	-55.28	15.46	-28.30	13.79	[-30.35,-26.26]	0.005
OA_R3	-60.96	15.12	-29.81	13.93	[-31.87,-27.74]	0.070
OC_R3	-63.51	13.59	-29.25	14.21	[-31.35,-27.14]	0.004
OA	-56.38	6.54	-28.76	12.22	[-30.57,-26.95]	0.200[*]
OC	-58.63	8.00	-28.10	12.94	[-30.02,-26.18]	0.200[*]

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

En color blau es mostra la mitjana de les tres repeticions

Taula 32. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Estab_Y_min.

Estab_Y_min	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat
OA_R1	-82.64	-17.17	-53.78	12.97	[-55.71,-51.86]	0.200 [*]
OC_R1	-79.97	-20.21	-51.36	12.89	[-53.27,-49.45]	0.200 [*]
OA_R2	-90.31	-19.70	-52.72	13.60	[-54.74,-50.7]	0.200 [*]
OC_R2	-88.44	-17.72	-52.82	14.25	[-54.94,-50.71]	0.200 [*]
OA_R3	-84.21	-19.36	-54.20	14.06	[-56.29,-52.12]	0.200 [*]
OC_R3	-85.74	-19.51	-52.69	13.82	[-54.74,-50.64]	0.200 [*]
OA	-80.21	-19.52	-53.57	12.64	[-55.44,-51.69]	0.200[*]
OC	-82.56	-19.67	-52.29	13.05	[-54.23,-50.36]	0.200[*]

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

En color blau es mostra la mitjana de les tres repeticions

Taula 33. Resultats dels intervals segons les diferents repeticions i les mitjanes de les tres repeticions per la variable Estab_Y_Amp.

Estab_Y_Amp	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat
OA_R1	-70.65	-12.36	-26.05	8.85	[-27.30,-24.73]	0.000
OC_R1	-48.10	15.54	-24.28	8.61	[-25.56,-23.00]	0.003
OA_R2	-53.05	-10.21	-23.85	7.93	[-25.03,-22.68]	0.002
OC_R2	-67.87	-11.43	-24.52	8.62	[-25.80,-23.24]	0.000
OA_R3	-69.22	-10.19	-24.40	8.99	[-25.73,-23.07]	0.000
OC_R3	-51.80	-8.45	-23.63	8.00	[-24.82,-22.45]	0.001
OA	-51.39	-11.62	-24.77	6.78	[-25.77,-23.76]	0.000
OC	-49.60	-11.69	-24.14	7.10	[-25.20,-23.09]	0.001

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

En color blau es mostra la mitjana de les tres repeticions

Taula 34. Resultats dels intervals de normalitat segons el sexe per a les variables de l'estabilometria en Y màxima, mínima i en amplitud.

	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_Estab_Y_Max_H	-51.39	-12.79	-26.00	7.31	[-27.56,-24.45]	0.200 [*]	0.495
EOA_Estab_Y_Max_D	-40.82	-11.62	-23.57	6.03	[-24.84,-22.31]	0.200 [*]	
EOC_Estab_Y_Max_H	-43.00	-11.98	-24.99	6.71	[-26.42,-23.56]	0.200 [*]	0.280
EOC_Estab_Y_Max_D	-49.60	-11.69	-23.33	7.41	[-24.88,-21.78]	0.200 [*]	
EOA_Estab_Y_Min_H	-56.38	5.03	-28.12	12.83	[-30.85,-25.38]	0.070	0.572
EOA_Estab_Y_Min_D	-52.73	6.54	-29.38	11.63	[-31.81,-26.94]	0.200 [*]	
EOC_Estab_Y_Min_H	-58.63	8.00	-27.02	13.95	[-30.00,-24.05]	0.200 [*]	0.961
EOC_Estab_Y_Min_D	-50.33	7.24	-29.13	11.87	[-31.62,-26.65]	0.200 [*]	
EOA_Estab_Y_Ampl_H	-80.21	-22.25	54.12	13.34	[-56.96,-51.27]	0.000	0.041
EOA_Estab_Y_Ampl_D	-74.58	-19.52	53.04	11.97	[-55.55,-50.53]	0.040	
EOC_Estab_Y_Ampl_H	-82.56	-24.84	52.24	14.06	[-55.24,-49.25]	0.060	0.042
EOC_Estab_Y_Ampl_D	-75.86	-19.67	52.34	12.07	[-54.87,-49.81]	0.000	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Es destaquen en color vermell els p-valor estadísticament significatius amb un nivell de significació de $p < 0.05$

Taula 35. Resultats dels intervals de normalitat de la variable la Estab_Y_max per als diferents grups d'edat.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_Estab_Y_Max	De 18 a 35	-52.73	6.54	-28.67	12.33	[-31.41,-25.92]	0.200*	0.867
	De 36 a 50	-56.38	5.40	-29.39	11.52	[-32.45,-26.34]	0.200*	
	De 51 a 65	-50.55	5.03	-28.04	13.19	[-32.26,-23.82]	0.200*	
EOC_Estab_Y_Max	De 18 a 35	-50.33	7.24	-27.57	13.19	[-30.50,-24.63]	0.200*	0.720
	De 36 a 50	-58.63	5.74	-29.70	11.73	[-32.81,-26.59]	0.200*	
	De 51 a 65	-48.00	8.00	-26.87	14.14	[-31.39,-22.35]	0.030	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Taula 36. Resultats dels intervals de normalitat de la variable la Estab_Y_min per als diferents grups d'edat.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_Estab_Y_Min	De 18 a 35	-80.21	-22.25	-52.45	13.57	[-55.47,-49.43]	0.200*	0.622
	De 36 a 50	-77.58	-19.52	-54.96	12.11	[-58.17,-51.18]	0.200*	
	De 51 a 65	-74.58	-31.92	-53.83	11.48	[-57.50,-50.15]	0.010	
EOC_Estab_Y_Min	De 18 a 35	-77.16	-19.67	-50.73	13.77	[-53.79,-47.67]	0.200*	0.187
	De 36 a 50	-82.56	-29.61	-54.83	12.05	[-58.03,-51.63]	0.200*	
	De 51 a 65	-75.86	-25.94	-51.80	12.69	[-55.86,-47.74]	0.200*	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Taula 37. Resultats dels intervals de normalitat de la variable la Estab_Y_Ampl per als diferents grups d'edat.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_Estab_Y_Ampl	De 18 a 35	-39.52	-11.62	-23.69	5.68	[-24.95,-22.43]	0.090	0.220
	De 36 a 50	-51.39	-12.79	-25.56	6.93	[-27.40,-23.73]	0.030	
	De 51 a 65	-44.57	-12.99	-25.78	8.29	[-28.43,-23.13]	0.070	
EOC_Estab_Y_Ampl	De 18 a 35	-38.47	-11.69	-22.91	5.60	[-24.16,-21.67]	0.200*	0.228
	De 36 a 50	-43.00	-11.98	-25.32	7.43	[-27.29,-23.35]	0.010	
	De 51 a 65	-49.60	-12.03	-24.93	8.89	[-27.77,-22.09]	0.160	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Taula 38. Resultats dels intervals de normalitat per grups d'edat i sexe per a les variables de l'Estabilometria en Y màxima, mínima i en amplitud.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOA_Estab_Y_Max	De 18 a 35_H	-48.86	-0.13	-28.32	12.56	[-32.40,-24.25]	0.200 [*]	0.064
	De 36 a 50_H	-56.38	0.23	-30.98	12.17	[-35.70,-26.26]	0.200 [*]	
	De 51 a 65_H	-44.71	5.03	-23.71	13.66	[-30.10,-17.32]	0.200 [*]	
	De 18 a 35_D	-52.73	6.54	-28.99	12.25	[-32.86,-25.12]	0.200 [*]	
	De 36 a 50_D	-44.79	5.40	-27.86	10.84	[-31.98,-23.73]	0.200 [*]	
	De 51 a 65_D	-50.55	-4.44	-32.37	11.45	[-37.73,-27.02]	0.158	
EOC_Estab_Y_Max	De 18 a 35_H	-49.84	0.60	-26.37	13.89	[-30.88,-21.87]	0.200 [*]	0.029
	De 36 a 50_H	-58.63	-0.99	-31.69	12.01	[-36.35,-27.03]	0.200 [*]	
	De 51 a 65_H	-39.28	8.00	-21.75	15.10	[-28.82,-14.69]	0.005	
	De 18 a 35_D	-50.33	7.24	-28.70	12.56	[-32.66,-24.74]	0.200 [*]	
	De 36 a 50_D	-42.20	5.74	-27.78	11.33	[-32.09,-23.47]	0.175	
	De 51 a 65_D	-48.00	-4.24	-31.99	11.27	[-37.26,-26.71]	0.200 [*]	
EOA_Estab_Y_Min	De 18 a 35_H	-80.21	-22.25	-52.57	14.59	[-57.30,-47.84]	0.200 [*]	0.025
	De 36 a 50_H	-77.58	-34.03	-58.79	11.67	[-63.31,-54.27]	0.200 [*]	
	De 51 a 65_H	-71.00	-31.92	-50.59	11.66	[-56.04,-45.13]	0.013	
	De 18 a 35_D	-73.42	-23.17	-52.34	12.71	[-56.35,-48.33]	0.200 [*]	
	De 36 a 50_D	-73.43	-19.52	-51.25	11.54	[-55.64,-46.86]	0.200 [*]	
	De 51 a 65_D	-74.58	-34.17	-57.07	10.61	[-62.03,-52.10]	0.200 [*]	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Es destaquen en color vermell els p-valor estadísticament significatius amb un nivell de significació de p<0.05

Taula 38 (Continuació). Resultats dels intervals de normalitat per grups d'edat i sexe per a les variables de l'Estabilometria en Y màxima, mínima i en amplitud.

	Edat	mín.	màx.	\bar{x}	SD	IC 95%	Normalitat	p-valor
EOC_Estab_Y_Min	De 18 a 35_H	-77.16	-24.84	-50.35	15.03	[-55.22,-45.47]	0.200*	0.005
	De 36 a 50_H	-82.56	-37.85	-58.69	11.92	[-63.31,-54.07]	0.200*	
	De 51 a 65_H	-64.28	-25.94	-46.91	11.92	[-52.49,-41.33]	0.023*	
	De 18 a 35_D	-73.07	-19.67	-51.10	12.62	[-55.08,-47.11]	0.200*	
	De 36 a 50_D	-73.14	-29.61	-51.10	11.15	[-55.34,-46.86]	0.200*	
	De 51 a 65_D	-75.86	-31.78	-56.69	11.76	[-62.19,-51.19]	0.200*	
EOA_Estab_Y_Ampl	De 18 a 35_H	-39.27	-16.14	-24.26	5.46	[-26.03,-22.49]	0.159*	0.357
	De 36 a 50_H	-51.39	-12.79	-27.81	8.22	[-31.00,-24.62]	0.200*	
	De 51 a 65_H	-44.57	-15.68	-26.88	8.61	[-30.90,-22.85]	0.159*	
	De 18 a 35_D	-39.52	-11.62	-23.15	5.90	[-25.01,-21.29]	0.200*	
	De 36 a 50_D	-32.21	-15.37	-23.40	4.59	[-25.14,-21.65]	0.200*	
	De 51 a 65_D	-40.82	-12.99	-24.69	8.02	[-28.45,-20.94]	0.200*	
EOC_Estab_Y_Ampl	De 18 a 35_H	-38.47	-13.79	-23.45	5.74	[-25.31,-21.59]	0.200*	0.546
	De 36 a 50_H	-43.00	-11.98	-27.00	7.81	[-30.03,-23.97]	0.200*	
	De 51 a 65_H	-39.37	-16.35	-25.16	6.33	[-28.12,-22.19]	0.200*	
	De 18 a 35_D	-34.34	-11.69	-22.40	5.48	[-24.13,-20.67]	0.200*	
	De 36 a 50_D	-39.22	-12.66	-23.70	6.78	[-26.28,-21.12]	0.006	
	De 51 a 65_D	-49.60	-12.03	-24.70	11.05	[-29.88,-19.53]	0.045	

*p-valor>0.05 $\Rightarrow X \sim N(\bar{x}, SD)$

Es destaquen en color vermell els p-valor estadísticament significatius amb un nivell de significació de p<0.05

5.3 Resultats sobre el comportament que indica normalitat en situació estàtica

En aquest apartat es descriuen els resultats obtinguts després d'analitzar les corbes de comportament a través d'un anàlisi funcional de dades (FDA). En un primer punt s'exposa l'anàlisi exploratori de les dades, englobant els diferents gràfics en diferents tipus de comportament a través d'aplicar un suavitzat (96) a les corbes de tots els individus per tal de reduir el soroll de la variabilitat, trobat a partir de la primera derivada. En concret es fa un *spline* amb *bootstrap*. En un altre apartat, descriurem l'anàlisi de components principals per a FDA prenent només aquelles components que tenen un vector propi, de tal forma que la variabilitat explicada sigui superior al 5%. Aquest anàlisi es fa per a cada una de les tres repeticions, observant que no hi ha diferències significatives entre aquestes, fet que dona sentit a que es consideri la mitjana d'aquestes com a variable resposta, i en conseqüència, que siguin aquestes els resultats que s'aporten en aquest apartat. Al finalitzar tot aquest anàlisi FDA es proporcionen les corbes patrons obtingudes dels individus sans. Un cop analitzada tota la població sana, s'estudia si l'edat i el sexe influeixen en la corba patró de comportament. Per a la variable sexe, es fa un anàlisi exploratori de les dades per a cada un dels grups, de la mateixa forma que s'ha exposat abans. Així mateix, es contrasta amb un test ANOVA a un factor, per veure si hi ha diferències estadísticament significatives entre les corbes estàndard dels homes i la de les dones per a cada una de les variables resposta. Per a veure si la corba patró de comportament de cada variable es

modifica segons edat, al ésser aquesta una covariable quantitativa, s'analitza a través d'un anàlisi de regressió per FDA.

5.3.1 Anàlisi exploratori FDA de les variables estabilomètriques

En l'exploració realitzada per a les diferents variables, destaquem tres tipus de gràfics de comportament dels subjectes. És a dir, que la corba suavitzada per aproximació *bootstrap* respon a tres possibles formes.

Per una banda, trobaríem aquelles variables que el gràfic va mostrar una corba que pràcticament és una recta paral·lela a l'eix de les abscisses (veure Fig. 25-Fig. 28). Aquest tipus de comportament, es va donar principalment en les variables posicionals del CP: la X_m i la Y_m tant per a la condició amb ulls oberts com tancats. Si s'observen els gràfics de les derivades de les corbes de cada un dels individus, a totes elles, es veu clarament com la variabilitat els 5-6 primers segons va ser gran, però a partir d'aquí aquesta es va reduir molt.

Un segon grup de variables, varen mostrar un comportament quasi-lineal, de recta de pendent positiva amb origen a (0,0) i angle entre 30° i 40° (veure Fig. 29-Fig. 34). En aquest cas, hi trobarem les variables de longitud del CP, com són la L , L_x i la L_y , tant en ulls oberts com tancats. És a dir, la longitud adquirida pels individus després de 51.2 segons damunt la plataforma va arribar a ser del triple o una mica més, que la longitud a la que varen arribar durant els primers 10 segons de mesura, augmentant progressivament.

Per aquest grup de variables la variabilitat que es va observar a les gràfiques de la derivada de les corbes va ser aproximadament la mateixa durant els 51.2 segons de temps.

Un últim grup de variables descriuen gràfics de resposta amb funcions de tendència exponencial entre el segon 0 i el 10, aproximadament. Aquest va ser el cas de les posicions màximes o mínimes en l'eix X o Y. El temps restant la funció va ésser lineal de poca pendent (veure Fig. 35-Fig. 44). El mateix va passar amb les variables d'amplitud, però el creixement exponencial es va allargar fins a 20 segons en algun dels casos (veure Fig. 39, Fig. 40, Fig. 45 i Fig. 46). Ambdós comportaments es varen donar per igual amb ulls tancats i oberts. Cal destacar que aquests tipus de gràfics, inicien en el moment de temps 0, amb un valor 0 (és a dir tenen origen en $(0,0)$), i segons la variable, la corba pot tenir un sentit positiu o negatiu. En el cas de les variables descrites en l'estabilometria màxima, tant l'eix X com en l'eix Y, i en OA i en OC el sentit va ser positiu, en canvi el sentit va ser negatiu per a les variables de l'estabilometria mínima i amplitud, tant l'eix X com en l'eix Y en OA i en OC. Aquest sentit negatiu de les variables de l'estabilometria en amplitud X i Y és degut a que la ubicació del CP calculat a l'inici del registre estabilomètric a partir del que es fan els diferents registres (tal i com s'ha exposat en l'apartat 4.5, pàgina 125). En aquest cas, la variabilitat que es va observar per a la derivada de les corbes va ser gran en els 4-5 primers segons de mesura, disminuint lleugerament a la resta del temps de registre.

En cap de les variables registrades es van trobar corbes *outliers*, és a dir, no hi va haver cap individu que mesures valors extrems respecte als altres, per a cap variable estabilomètrica.

Estàtica de X_m en OA

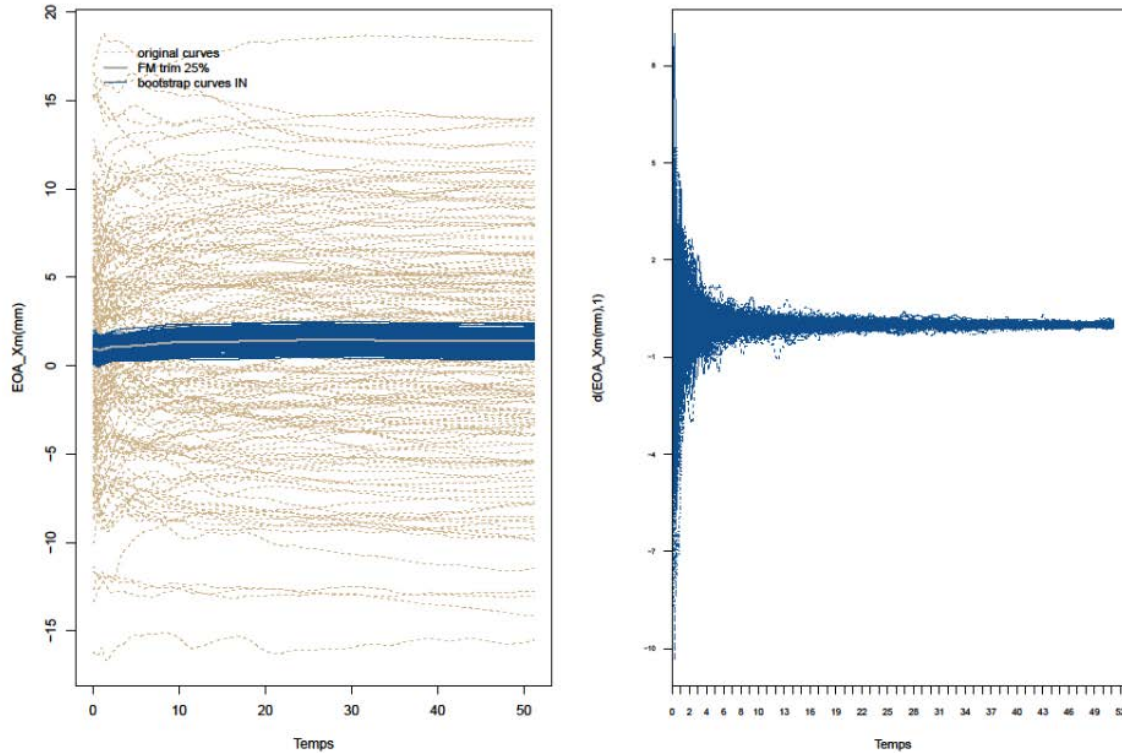


Fig. 25 Corbes patró i primera derivada de les corbes de X_m en OA.

Estàtica de Xm en OC

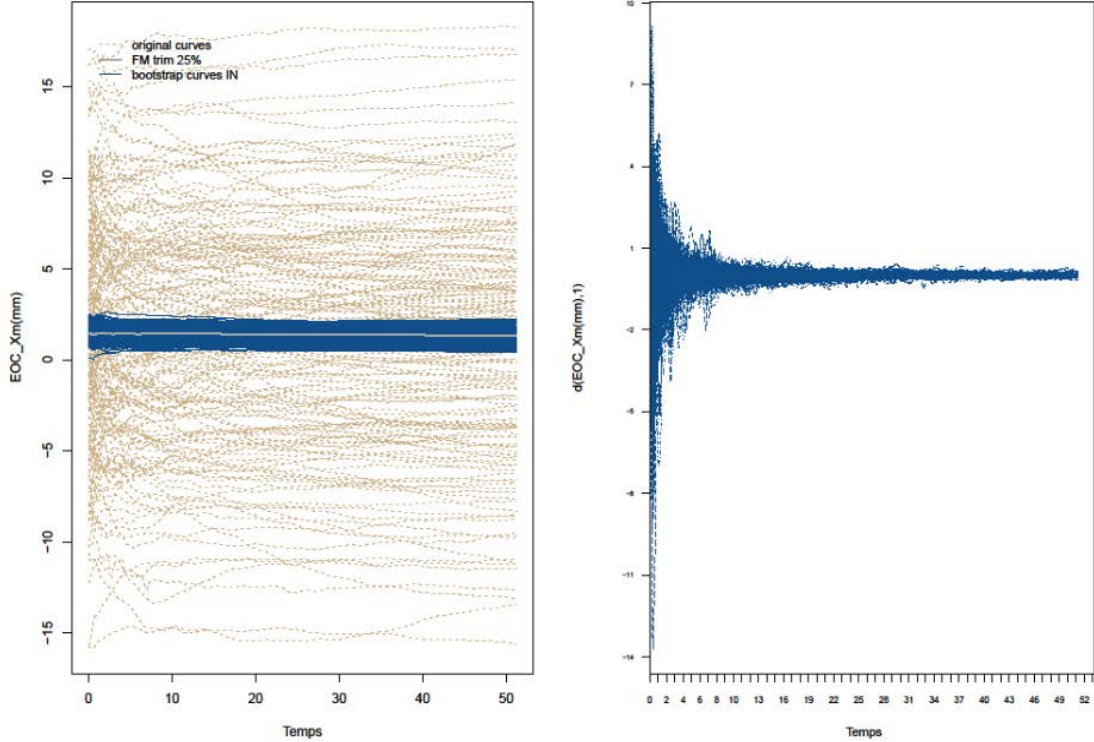


Fig. 26 Corbes patró i primera derivada de les corbes de Xm en OC.

Estàtica de Ym en OA

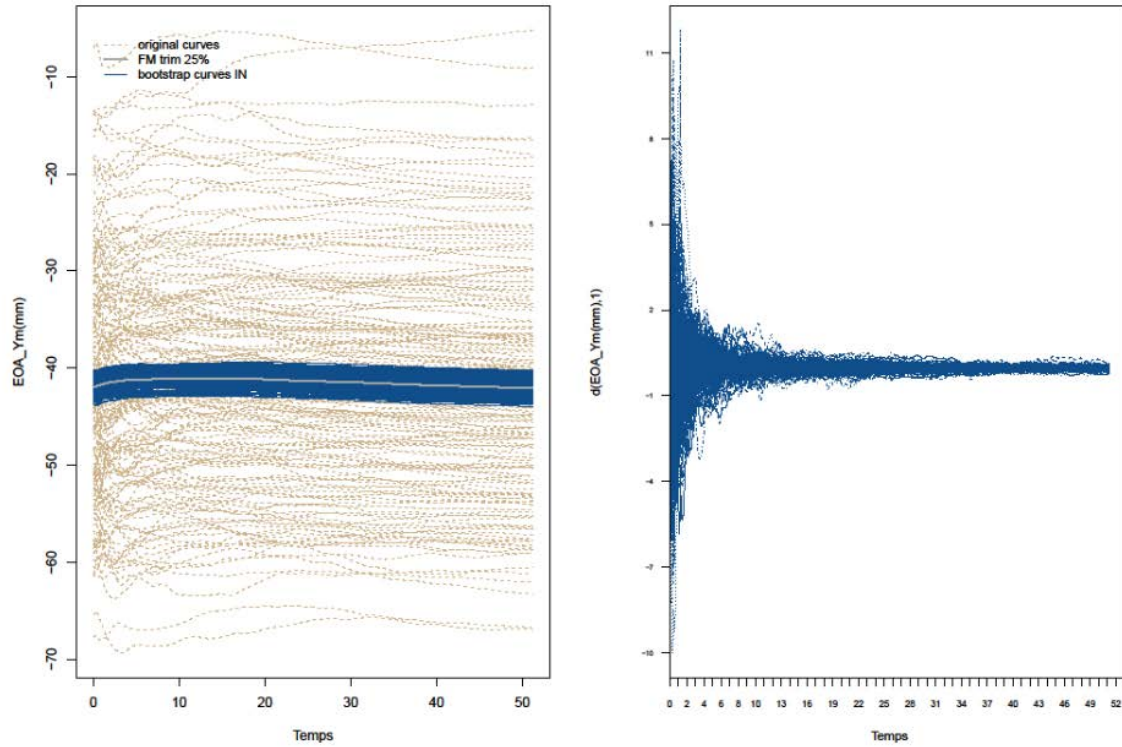


Fig. 27 Corbes patró i primera derivada de les corbes de Ym en OA.

Estàtica de Ym en OC

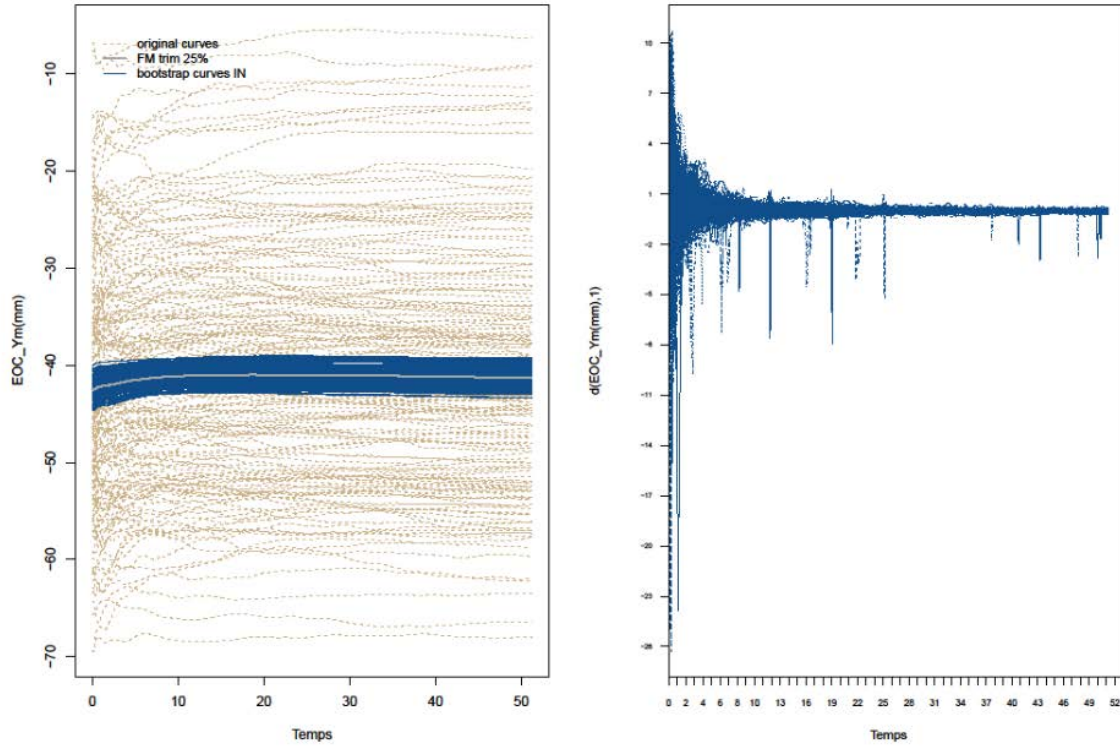


Fig. 28 Corbes patró i primera derivada de les corbes de Ym en OC.

Estàtica de la Longitud en OA

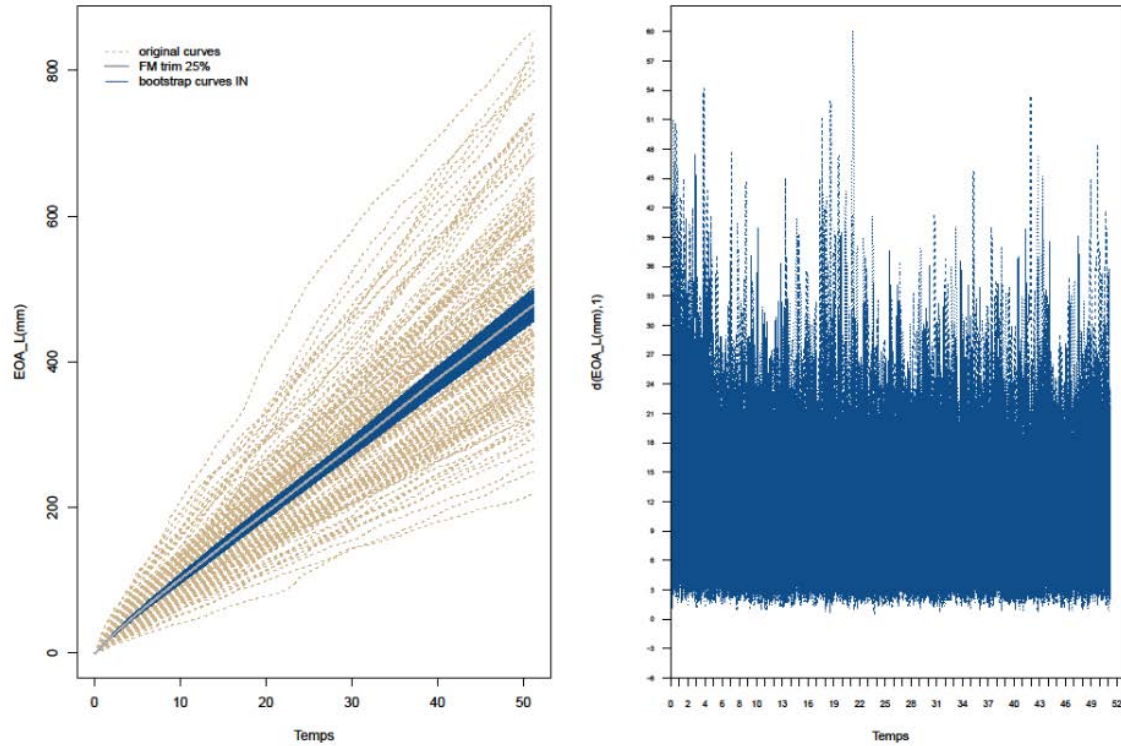


Fig. 29 Corbes patró i primera derivada de les corbes de la Longitud en OA.

Estàtica de la Longitud en OC

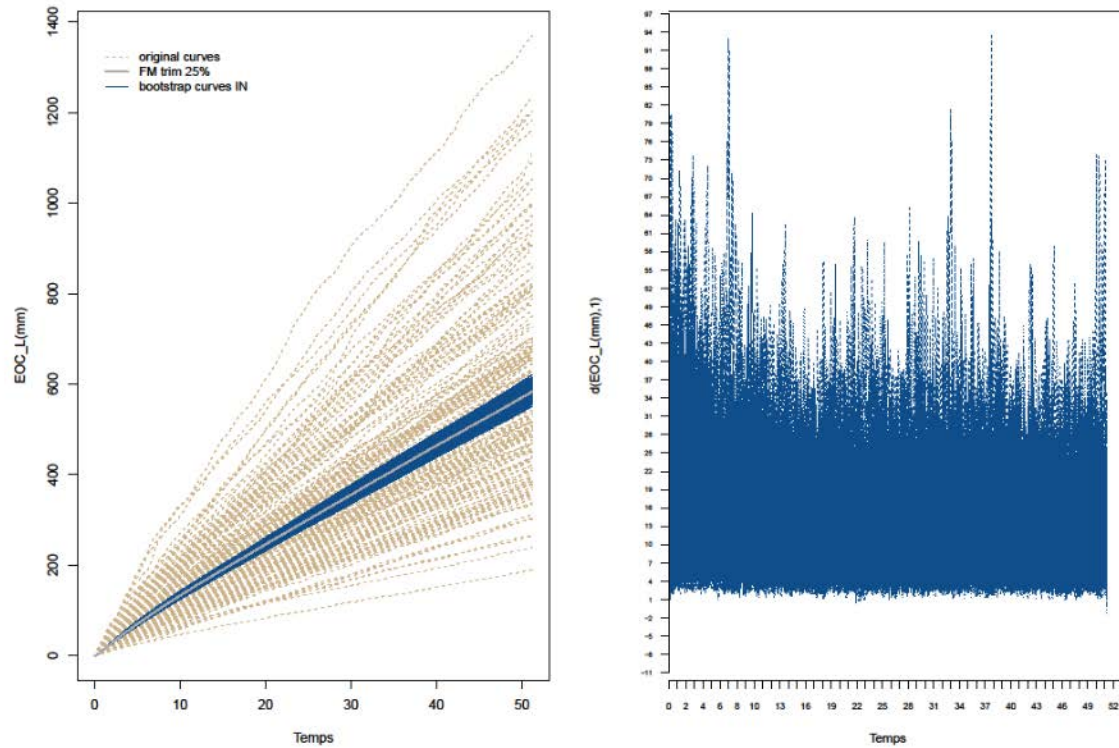


Fig. 30 Corbes patró i primera derivada de les corbes de la Longitud en OC.

Estàtica de la Longitud en l'eix X i en OA

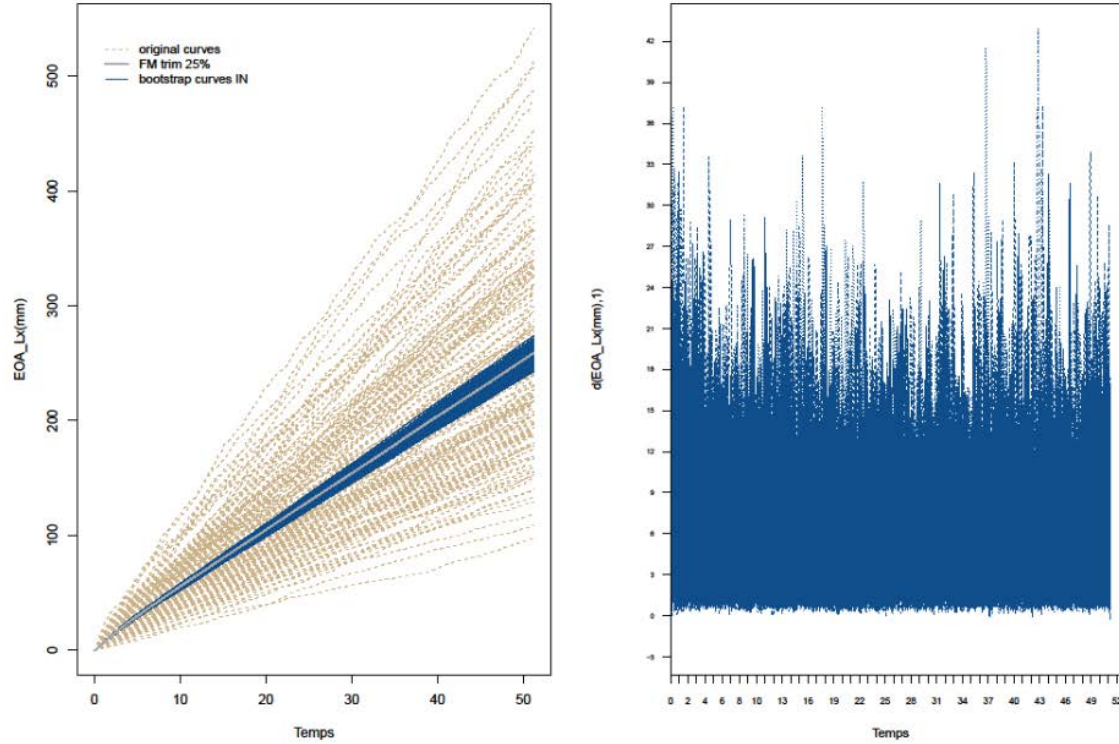


Fig. 31 Corbes patró i primera derivada de les corbes de la Longitud en l'eix X en OA.

Estàtica de la Longitud en l'eix X i en OC

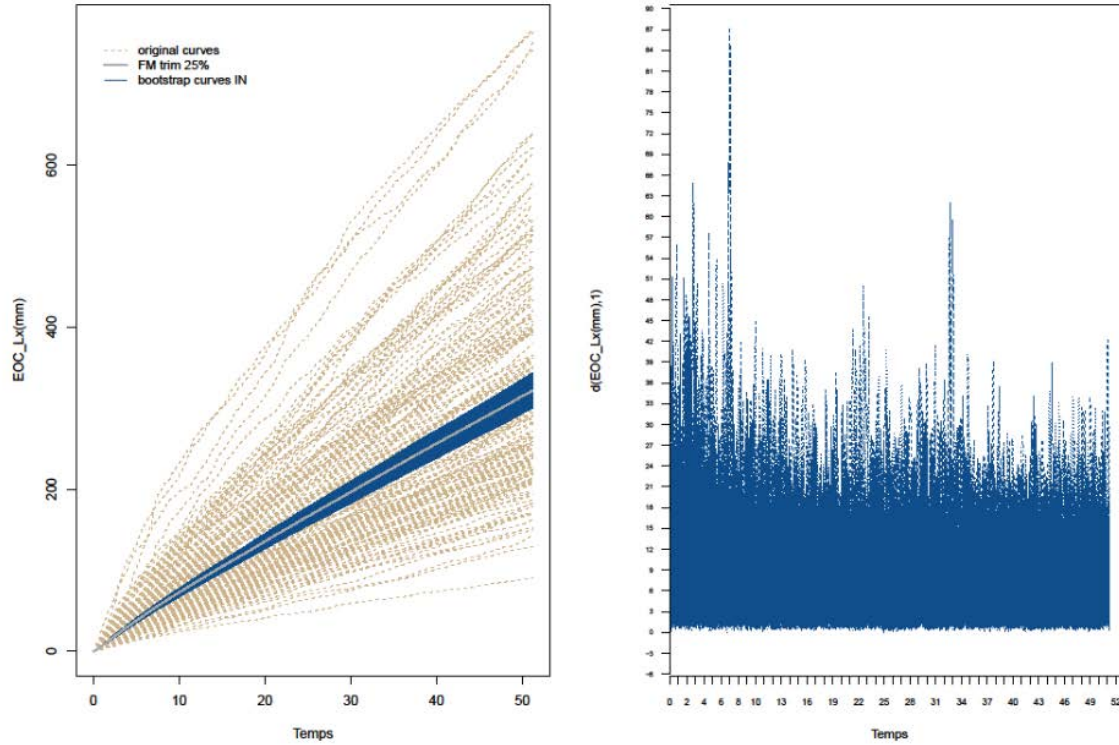


Fig. 32 Corbes patró i primera derivada de les corbes de la Longitud en l'eix X en OC.

Estàtica de la Longitud en l'eix Y i en OA

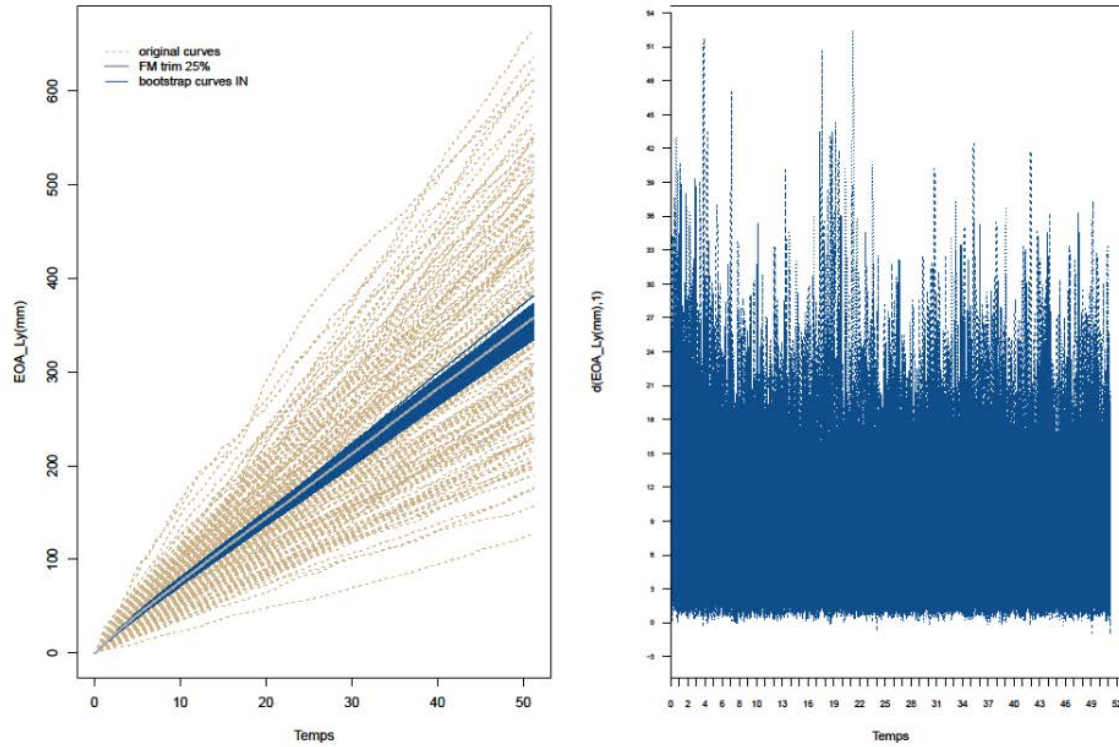


Fig. 33 Corbes patró i primera derivada de les corbes de la Longitud en l'eix Y en OA.

Estàtica de la Longitud en l'eix Y i en OC

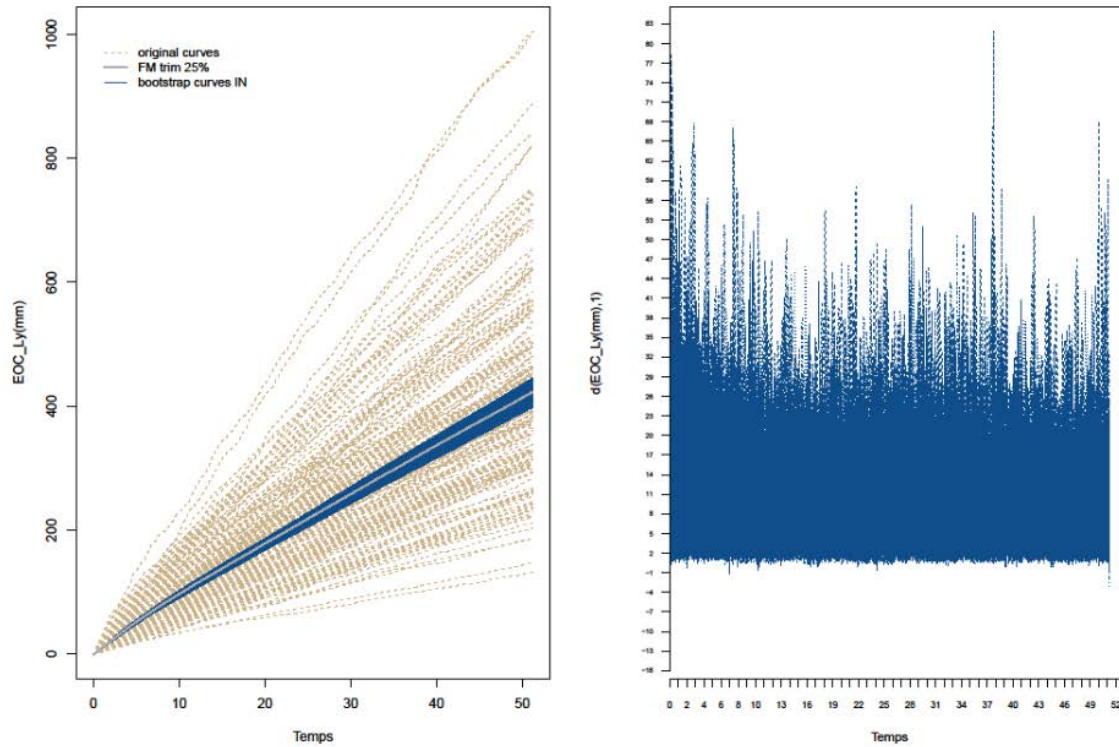


Fig. 34 Corbes patró i primera derivada de les corbes de la Longitud en l'eix Y en OC.

Estàtica de l'estabilometria màxima en l'eix X i en OA

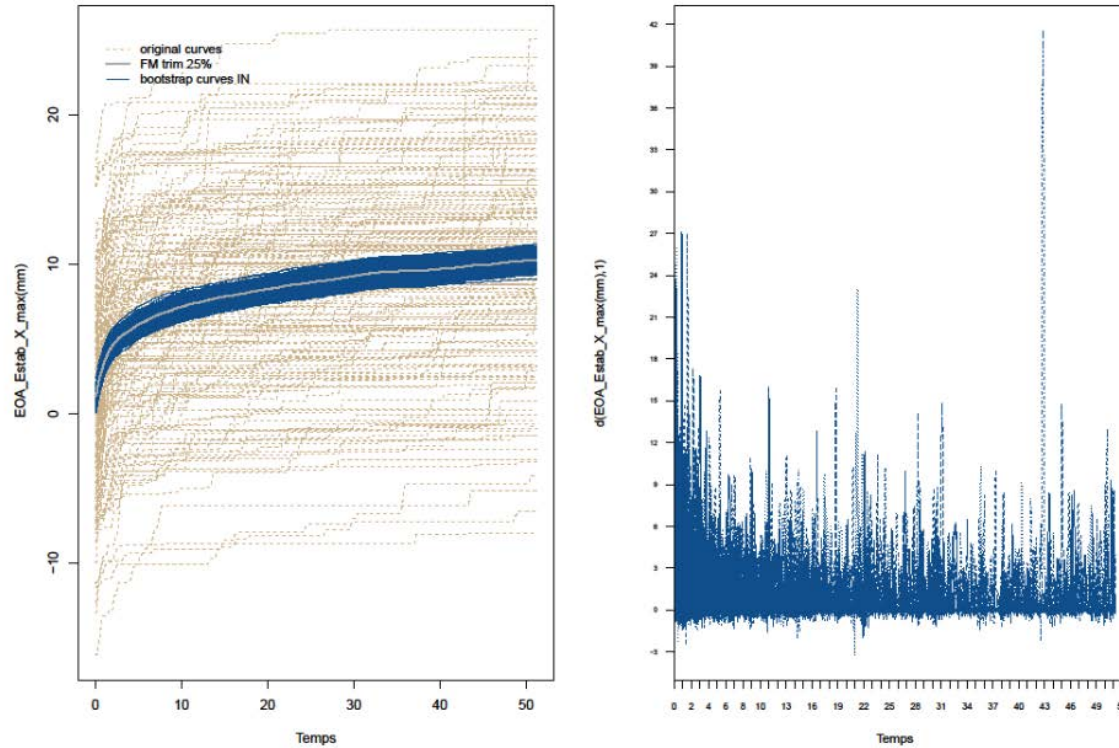


Fig. 35 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria màxima en l'eix X i en OA.

Estàtica de l'estabilometria màxima en l'eix X i en OC

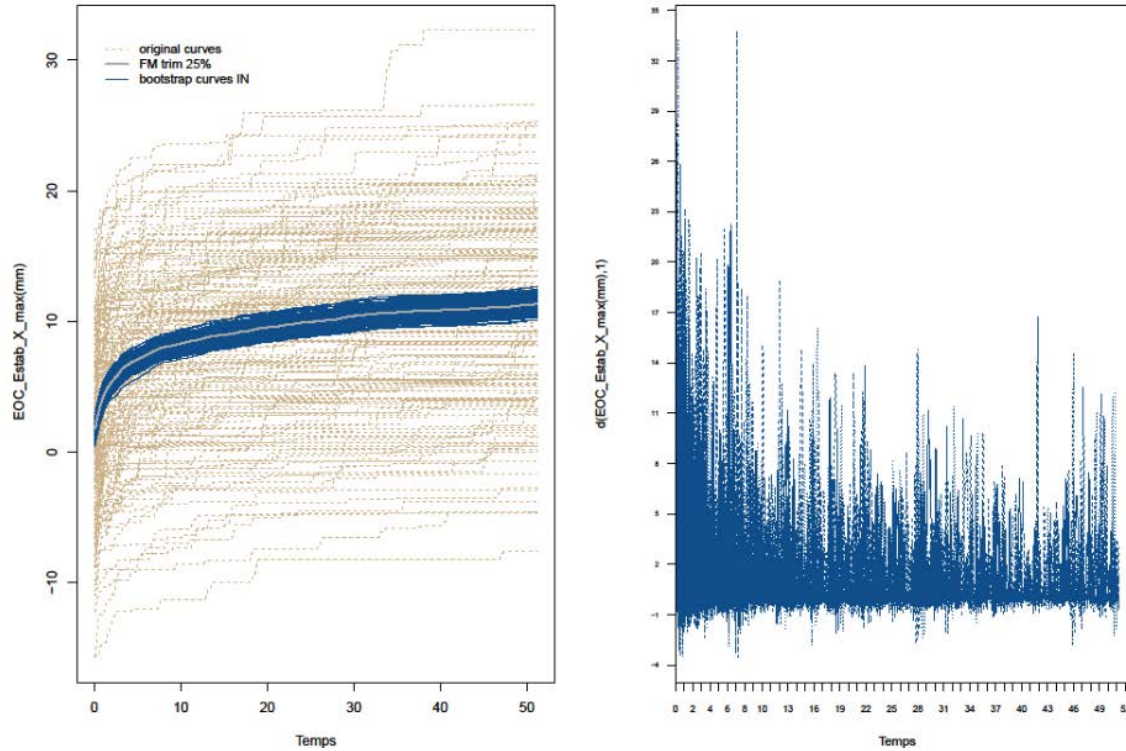


Fig. 36 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria màxima en l'eix X i en OC.

Estàtica de l'estabilometria mínima en l'eix X i en OA

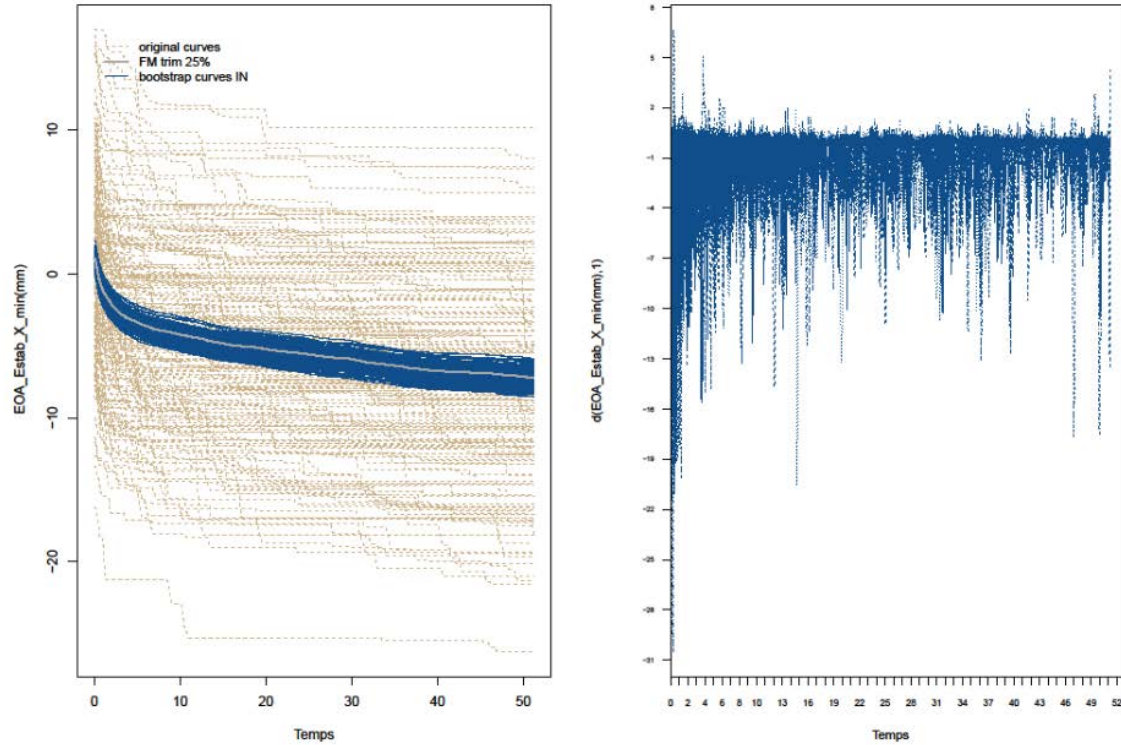


Fig. 37 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria mínima en l'eix X i en OA.

Estàtica de l'estabilometria mínima en l'eix X i en OC

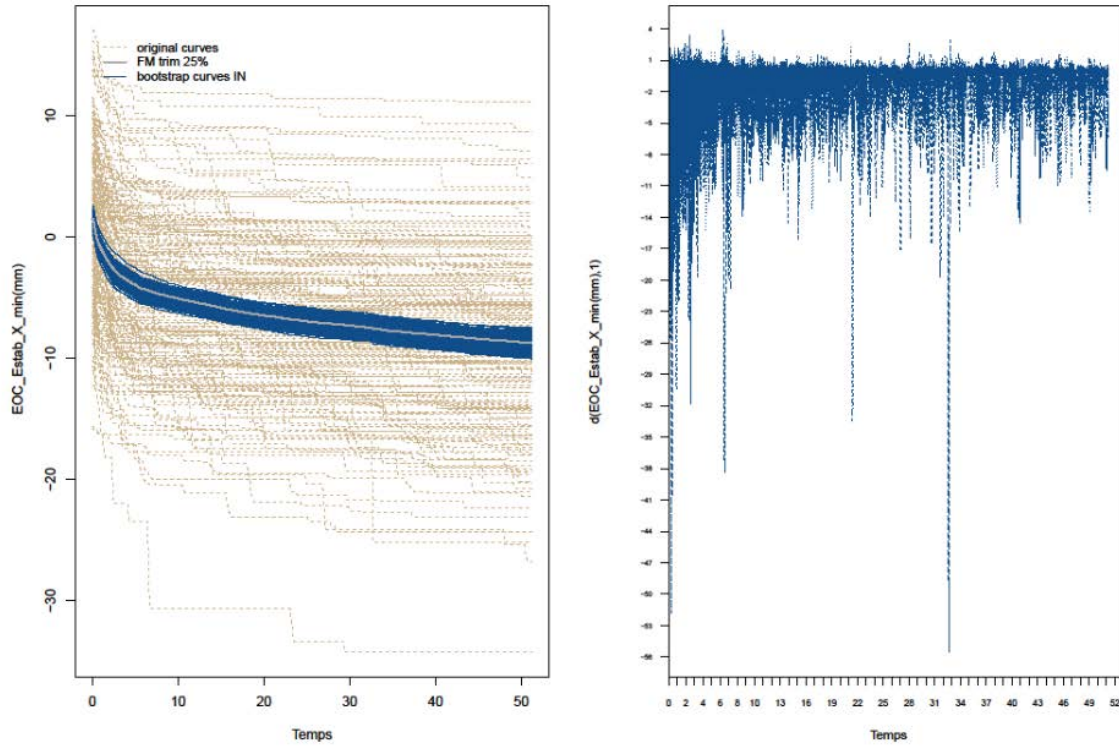


Fig. 38 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria mínima en l'eix X i en OC.

Estàtica de l'amplitud de l'estabilometria en l'eix X i en OA

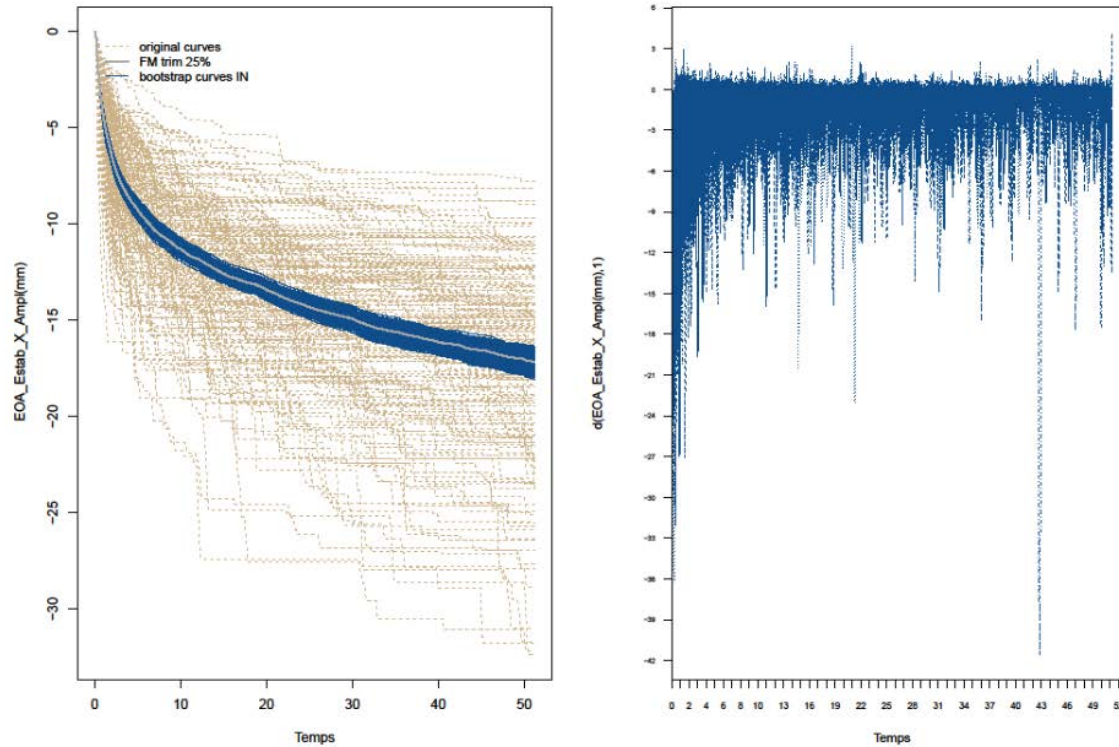


Fig. 39 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'amplitud estabilomètrica en l'eix X i en OA.

Estàtica de l'amplitud de l'estabilometria en l'eix X i en OC

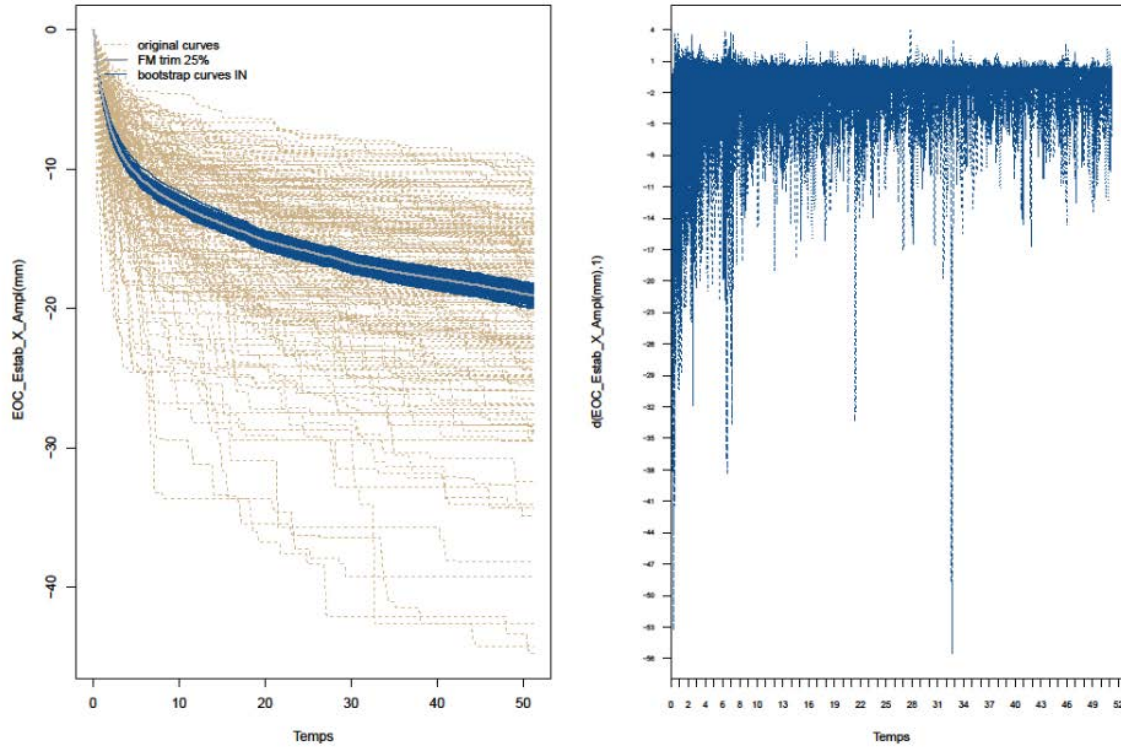


Fig. 40 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'amplitud estabilomètrica en l'eix X i en OC.

Estàtica de l'estabilometria màxima en l'eix Y i en OA

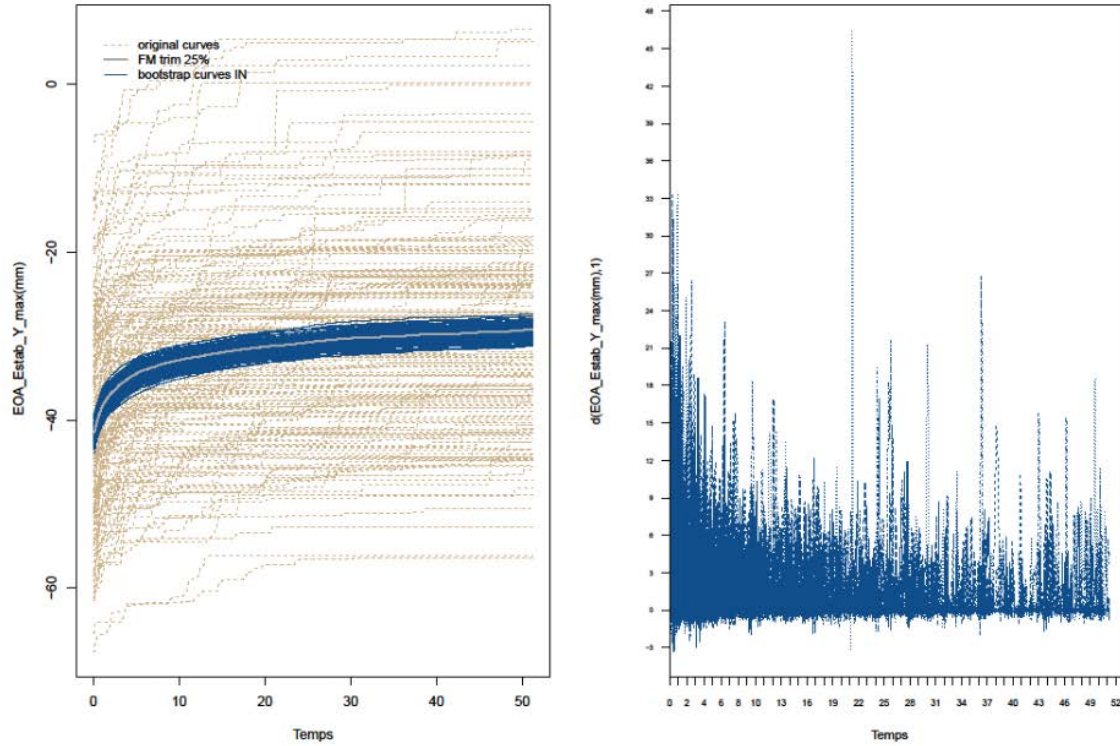


Fig. 41 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria màxima en l'eix Y i en OA.

Estàtica de l'estabilometria màxima en l'eix Y i en OC

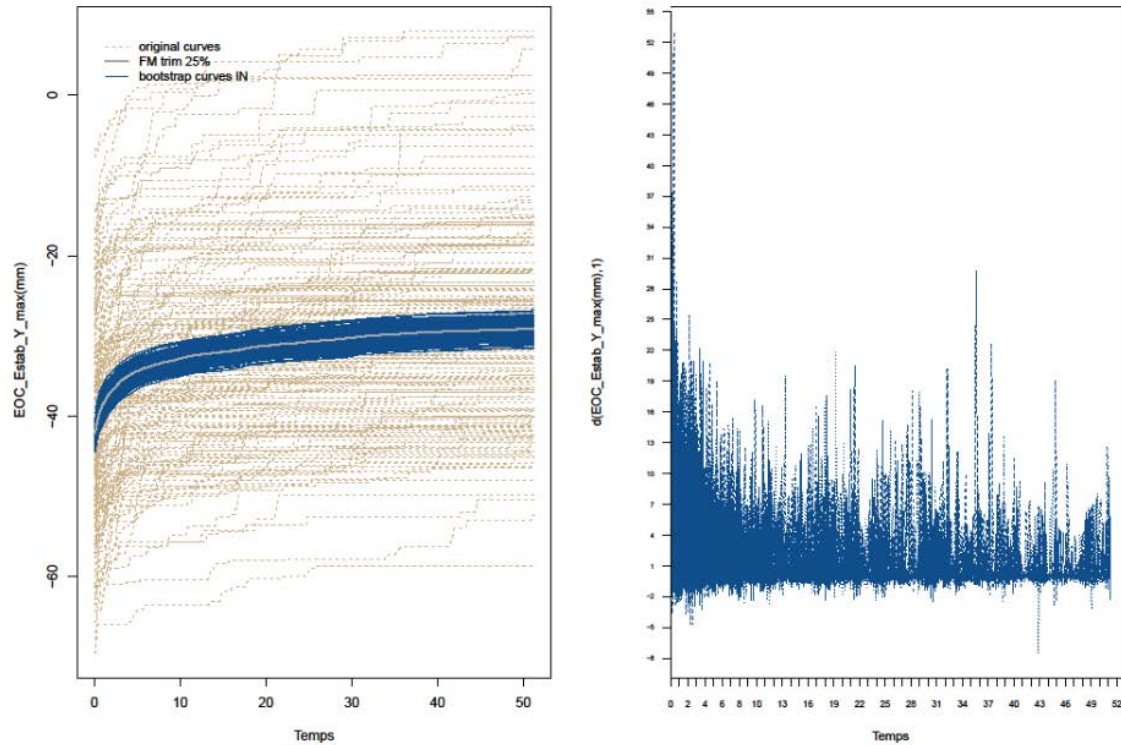


Fig. 42 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria màxima en l'eix Y i en OC.

Estàtica de l'estabilometria mínima en l'eix Y i en OA

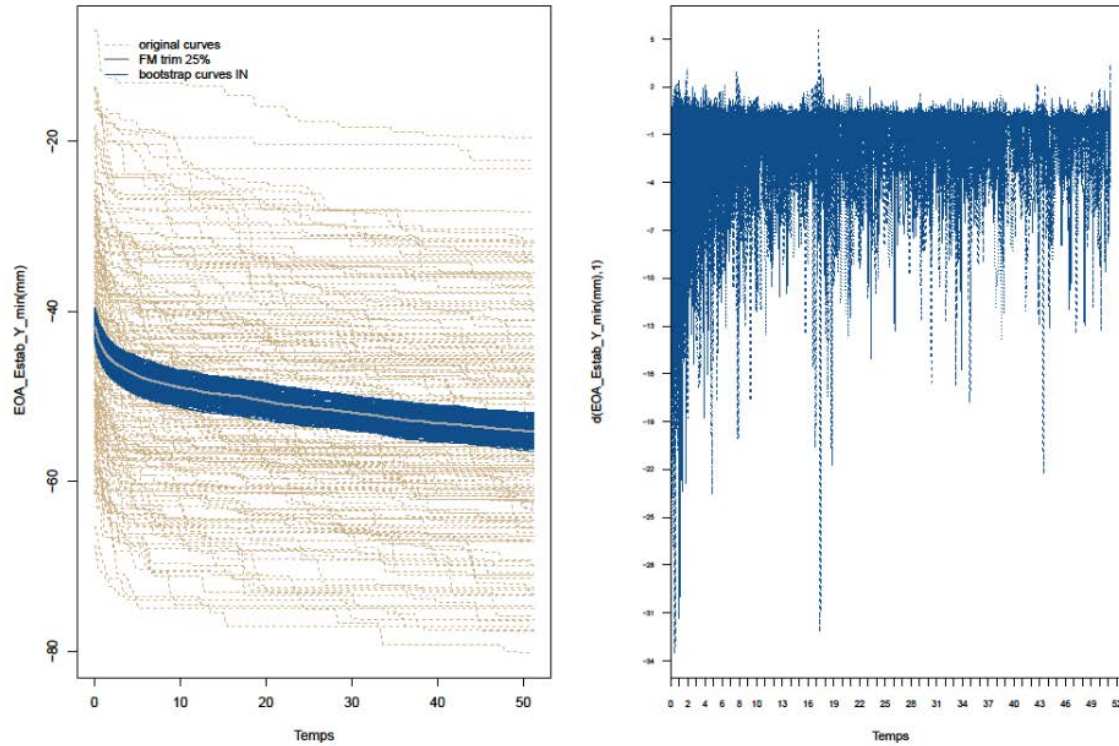


Fig. 43 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria mínima en l'eix Y i en OA.

Estàtica de l'estabilometria mínima en l'eix Y i en OC

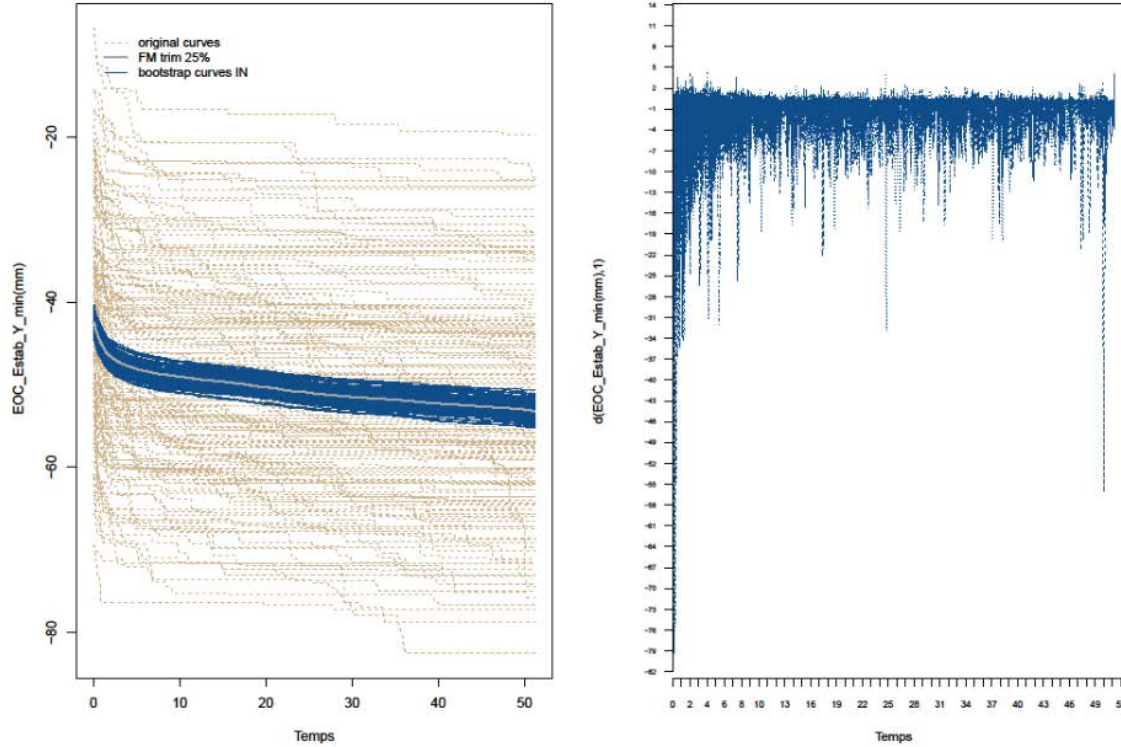


Fig. 44 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'estabilometria mínima en l'eix Y i en OC.

Estàtica de l'amplitud de l'estabilometria en l'eix Y i en OA

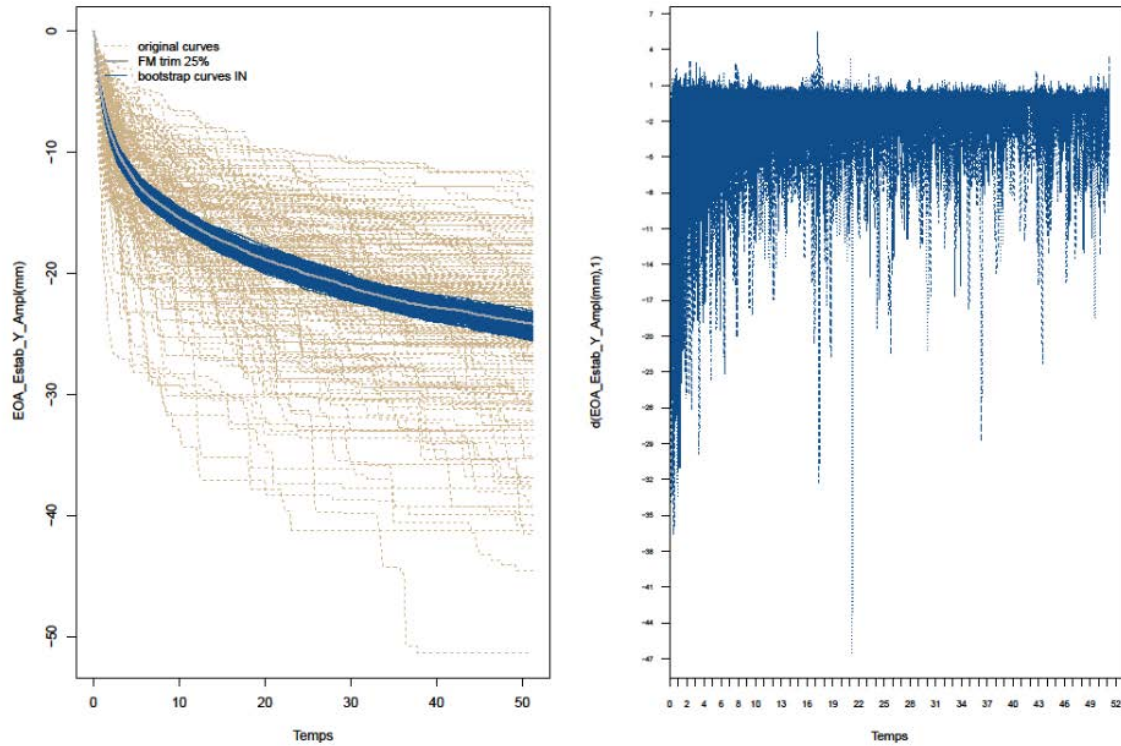


Fig. 45 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'amplitud estabilomètrica en l'eix Y i en OA.

Estàtica de l'amplitud de l'estabilometria en l'eix Y i en OC

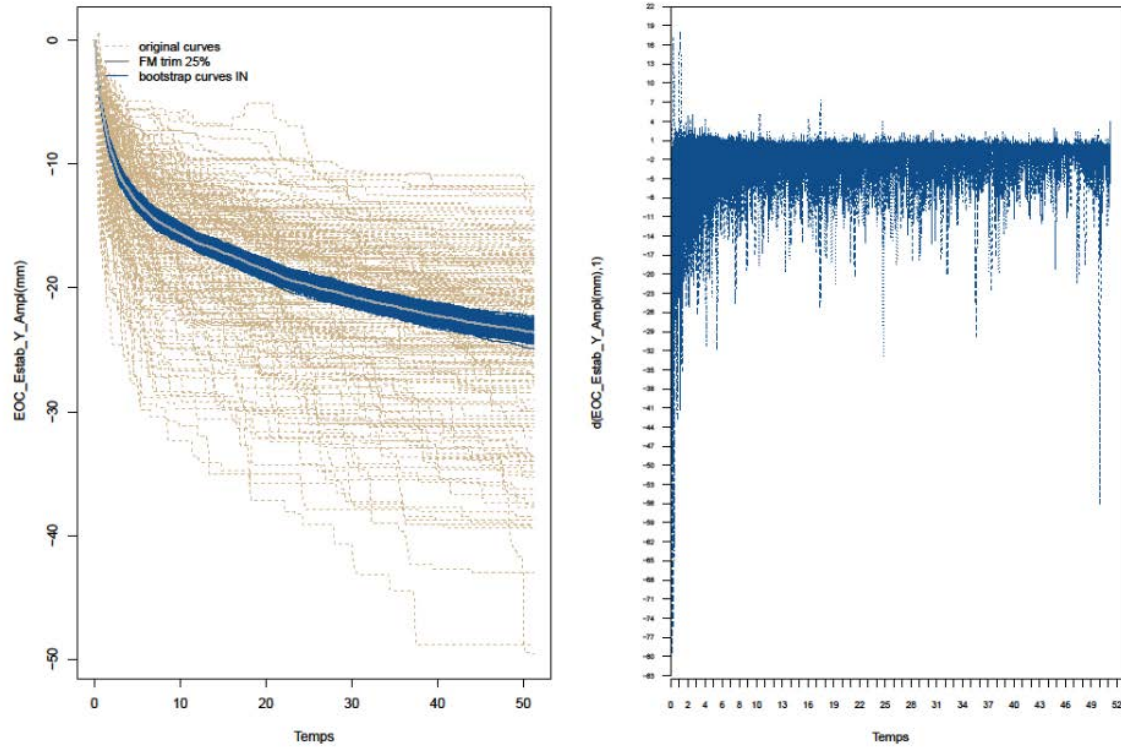


Fig. 46 Corbes patró i primera derivada de les corbes de l'amplitud estabilomètrica en l'eix Y i en OC.

Per a cada una de les variables estabilomètriques s'ha mostrat la corba suavitzada obtinguda per *splines* a través d'un *bootstrap* de 200, amb la funció FM trim al 25% (corba mitjana un cop suavitzades les corbes, i les bandes de confiança al 95%) i escollint l'estimació que millor ajusta segons els criteris descrits a la Taula 39 per la validació del mètode, "*Generalized Cross Validation (GCV)*" (113,114): Nadaraya-Watson (SNW) amb i sense la informació d'Akaike's Information Criteria (AIC), Local Linear Smoothing (SLLR) i K-Nearest Neighbor (SKNN). On es considera de les quatre estimacions diferents, es consideraria aquella que obté un valor de GCV més petit. Tal com es pot observar a la Taula 39, a excepció de les variables que fan referència a la longitud, el millor estimador va ser el SKNN. A totes elles però, es va validar el model. És a dir, en tot cas es va trobar una corba que és la corba que millor estima el comportament estàndard de la variable per a individus.

Taula 39. Resultats dels estimadors que millor ajusten segons el Generalized Cross Validation (GCV)

	SNW	SNW-AIC	SLLR	SKNN
EOA_Xm	2.93E-01	2.85E-02	2.61E-01	6.55E-03
EOC_Xm	4.21E-02	4.09E-01	3.58E-01	9.46E-03
EOA_Ym	4.67E-01	4.54E-02	4.08E-01	3.75E-02
EOC_Ym	1.02E+00	9.90E-02	8.05E-02	3.28E-02
EOA_L	1.65E-04	1.61E-04	6.74E+01	8.41E+00
EOC_L	2.84E-04	2.76E-04	1.12E-04	1.40E+01
EOA_Lx	8.35E+01	8.12E+01	344E+01	4.05E+00
EOC_Lx	1.42E-04	1.38E-04	5.71E+01	6.65E+00
EOA_Ly	1.56E-04	1.52E-04	6.02E+01	8.39E+00
EOC_Ly	2.59E-04	2.52E-03	9.69E+01	1.35E+01
EOA_Estab_X_max	6.50E+00	6.32E-01	3.28E+00	3.97E-01
EOC_Estab_X_max	9.60E+00	9.33E+00	4.54E+00	6.47E-01
EOA_Estab_X_min	6.27E+00	6.09E+00	3.22E+00	3.91E-01
EOC_Estab_X_min	1.09E+01	1.06E+01	5.22E+00	7.30E-01
EOA_Estab_X_Ampl	1.30E+01	1.26E+01	6.87E+00	7.88E-01
EOC_Estab_X_Ampl	2.09E+01	2.03E+01	1.03E+01	1.38E+00
EOA_Estab_Y_max	1.14E+01	1.11E+01	5.59E+00	6.74E-01
EOC_Estab_Y_max	1.75E+01	1.70E+01	8.45E+00	1.19E+00
EOA_Estab_Y_min	1.18E+01	1.14E+01	5.46E+00	7.78E-01
EOC_Estab_Y_min	1.61E+00	1.56E+01	7.60E+00	1.12E-02
EOA_Estab_Y_Ampl	2.39E+01	2.32E+00	1.18E+01	1.47E+00
EOC_Estab_Y_Ampl	3.48E+01	3.38E+01	1.75E+01	2.34E+00

*Es ressalten en color verd els valors que més ajusten i els que alhora validen el model per als càlculs.

5.3.2 Anàlisi de components principals de les variables estabilomètriques

En una primera fase, es va realitzar un anàlisi dels components principals segons les diferents repeticions de cada una de les variables, obtenint un percentatge de variabilitat amb un rang entre el 91.53% i el 99.45%, cosa que ens va fer decidir escollir la mitjana entre les tres diferents repeticions, ja que el comportament de les mateixes va ésser similar. Pel que fa al percentatge de variabilitat de les mitjanes, vàrem obtenir un rang entre el 95.55% i el 99.76% tal com es pot veure en la Taula 40. Observem en la mateixa taula, la descomposició pels dos primers components principals, en el que el component principal 1 (pc1) es situa entre el 90.25% i el 99.19%, mentre que el component principal 2 (pc2) obtingut es troba per sota del 6. Aquests resultats, ens permeten afirmar que la variabilitat de cada una de les variables estabilomètriques registrades es va explicar, majoritàriament, pel temps duració de la mesura que era de 51.2 segons. Un percentatge molt petit d'aquesta variabilitat va ser deguda a la influència d'altres factors extrínsecs i/o a l'error aleatori de mesura. Per altre banda, ens diu també que l'aproximació de les corbes, descrita a través de l'anàlisi exploratori FDA, exposada a l'apartat anterior té una bona bondat d'ajust a la corba patró d'individus sans de la població general entre 18 i 65 anys.

Taula 40. Resultats de l'anàlisi de components principals per a les diferents variables i condicions.

	pc1	pc2	% de variabilitat
EOA_Xm	98.51	1.04	99.55
EOC_Xm	98.65	0.83	99.48
EOA_Ym	98.99	0.67	99.67
EOC_Ym	99.04	0.68	99.72
EOA_L	98.53	0.92	99.45
EOC_L	99.19	0.57	99.76
EOA_Lx	98.71	0.74	99.45
EOC_Lx	98.99	0.72	99.71
EOA_Ly	98.57	0.95	99.52
EOC_Ly	99.12	0.59	99.71
EOA_Estab_X_max	97.03	1.79	98.81
EOC_Estab_X_max	97.33	1.45	98.78
EOA_Estab_X_min	97.11	1.83	98.93
EOC_Estab_X_min	96.64	2.14	98.78
EOA_Estab_X_Ampl	91.64	4.15	95.55
EOC_Estab_X_Ampl	94.99	2.33	97.33
EOA_Estab_Y_max	98.33	0.97	99.30
EOC_Estab_Y_max	98.34	1.04	99.38
EOA_Estab_Y_min	98.23	1.07	99.30
EOC_Estab_Y_min	98.57	0.93	99.50
EOA_Estab_Y_Ampl	90.25	5.35	95.59
EOC_Estab_Y_Ampl	92.74	3.79	96.53

*Es ressalten en color verd els valors de rang més alts i més baix.

5.3.3 Anàlisi exploratori FDA i ANOVA FDA de les variables estabilomètriques comparant segons el sexe

En l'anàlisi exploratori de cada una de les diferents variables de forma separada pels homes i les dones, es va observar que, a excepció de la variable amplitud en Y, tant en ulls oberts com tancats, no es varen trobar diferències visuals entre els gràfics obtinguts. De la mateixa manera que en l'anàlisi pel grup sencer, es destaquen tres tipus de gràfics de comportament diferents. És a dir, la corba suavitzada per aproximació bootstrap respon a tres possibles funcions.

En un primer grup, trobaríem aquelles variables en les que el gràfic va mostrar una corba pràcticament recta, essent aquesta paral·lela a l'eix de les abscisses (veure Fig. 25-Fig. 28). Aquesta forma estàndard de comportament, es va trobar en les variables posicionals del CP, X_m i Y_m , tant per a la condició amb ulls oberts com tancats, per homes i per dones.

En segon terme, les variables de longitud del CP, L , L_x i L_y , varen mostrar un comportament quasi-lineal. La recta que es desdibuixa és de pendent positiva amb origen a (0,0) i d'angle entre 30° i 40° , en ambdues condicions i ambdós grups (veure Fig. 29-Fig. 34). És a dir, la longitud adquirida pels individus després de 51.2 segons damunt la plataforma va arribar a ser el triple o més, que la longitud a la que arriben durant els primers 10 segons de mesura, augmentant progressivament.

Un últim grup es trobaren les variables de les posicions màximes i mínimes en el eix X i en Y, i també per a l'amplitud en X. Per aquestes, tant en ulls oberts com tancats, com per homes i dones, la funció predominant entre el segon 0 i 10 aproximadament, va tendir a una funció exponencial i entre el segon 10 i 51.2 va ser una funció lineal (veure Fig. 57-Fig. 66). La variable amplitud en Y, al diferenciar entre homes i dones, els nivells dels valors inicial i final varen ser iguals. Pel contrari l'evolució al llarg del temps d'aquesta variable, va ser una corba de pendent més pronunciada en el tram fins el punt d'inflexió per les dones, tant en ulls oberts com tancats (veure Fig. 67 i Fig. 68). Tot i que, en ulls tancats la pendent de les corbes a partir dels 10 primers segons va ser més petita que en ulls oberts, tant per homes com per dones.

El sentit positiu o negatiu de cada una de les corbes d'aquest tercer grup, va ser només degut a que la ubicació del CP calculat a l'inici del registre estabilomètric (tal i com s'ha exposat en l'apartat de material i mètodes).

Per a cap de les variables registrades es varen trobar corbes extremes (*outliers*), ni en el cas dels homes ni en el de les dones. És a dir, no hi ha cap individu que prenguéss valors extrems respecte als altres per a cap variable estabilomètrica.

Estàtica de X_m en OA

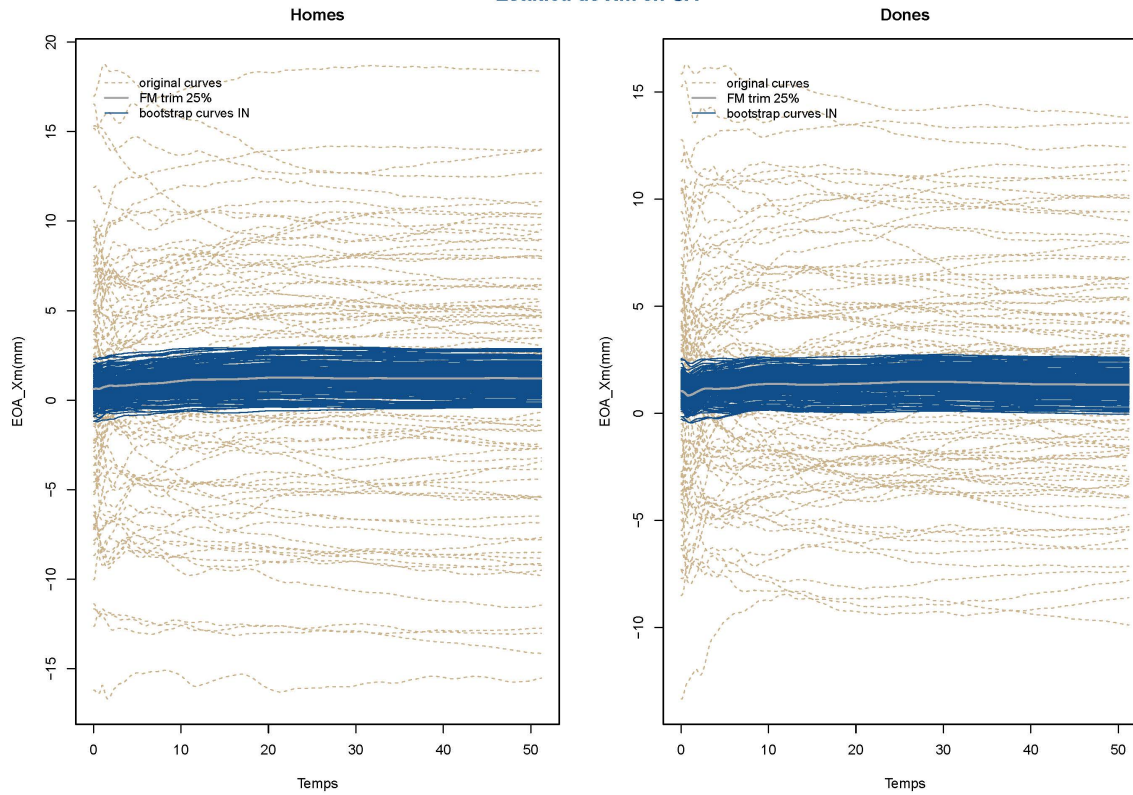


Fig. 47 Corbes patró de X_m , segons el sexe i en OA.

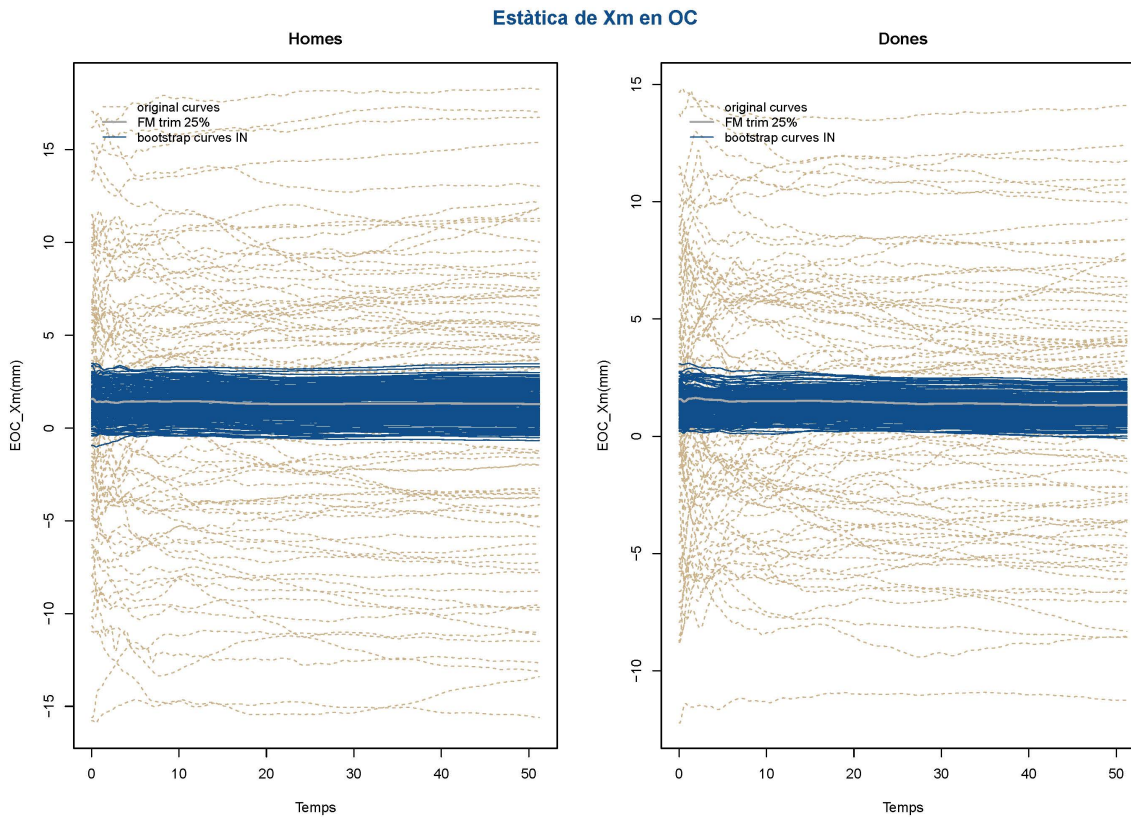


Fig. 48 Corbes patró de X_m , segons el sexe i en OC.

Estàtica de Ym en OA

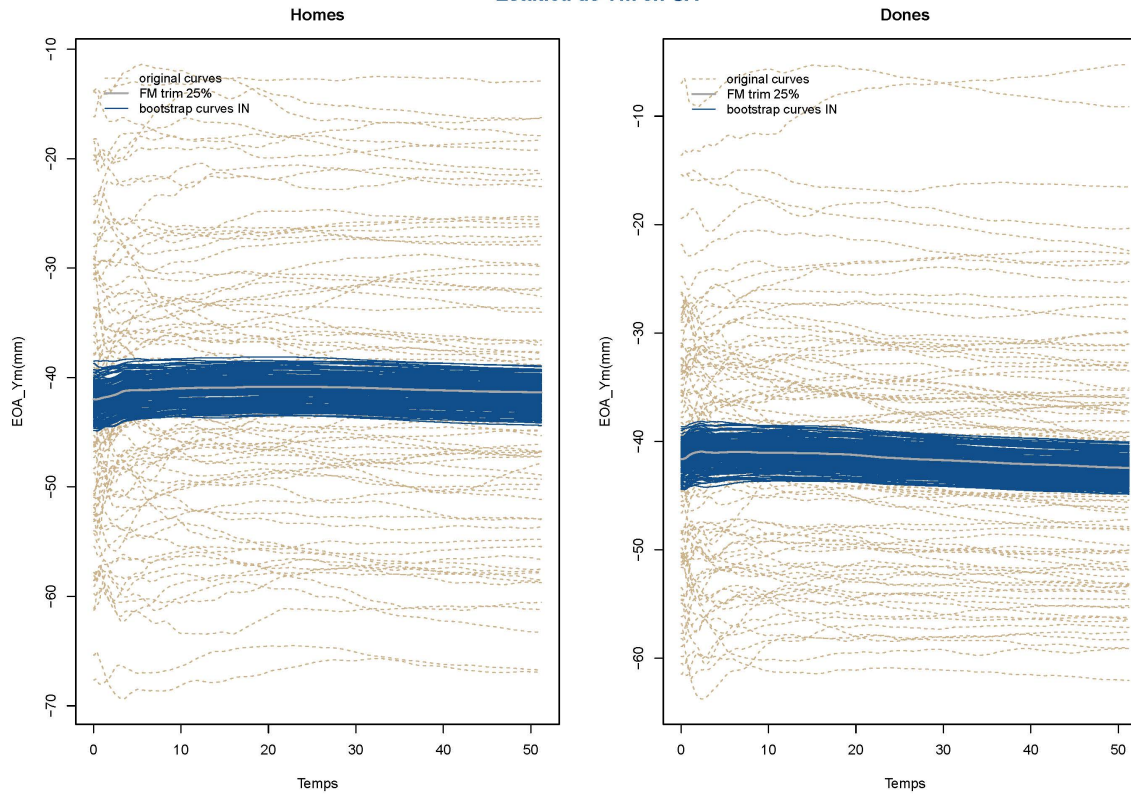


Fig. 49 Corbes patró de Ym, segons el sexe i en OA.

Estàtica de Ym en OC

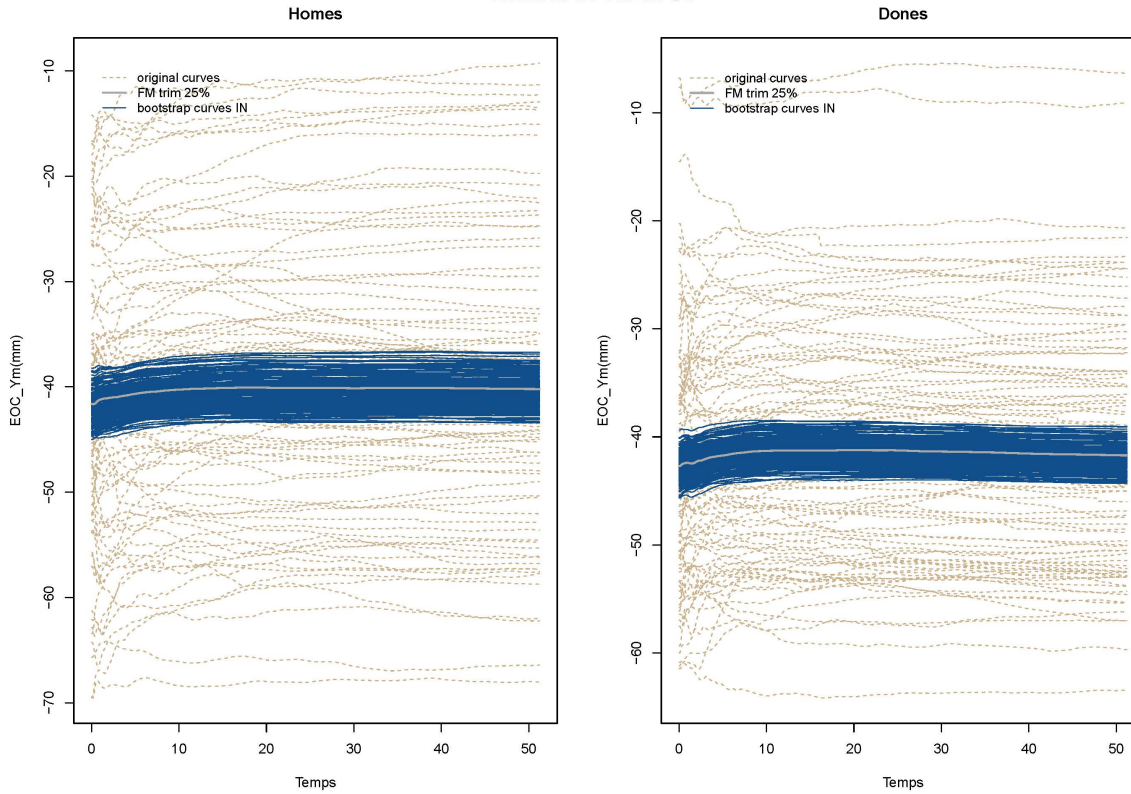


Fig. 50 Corbes patró de Ym, segons el sexe i en OC.

Estàtica de la Longitud en OA

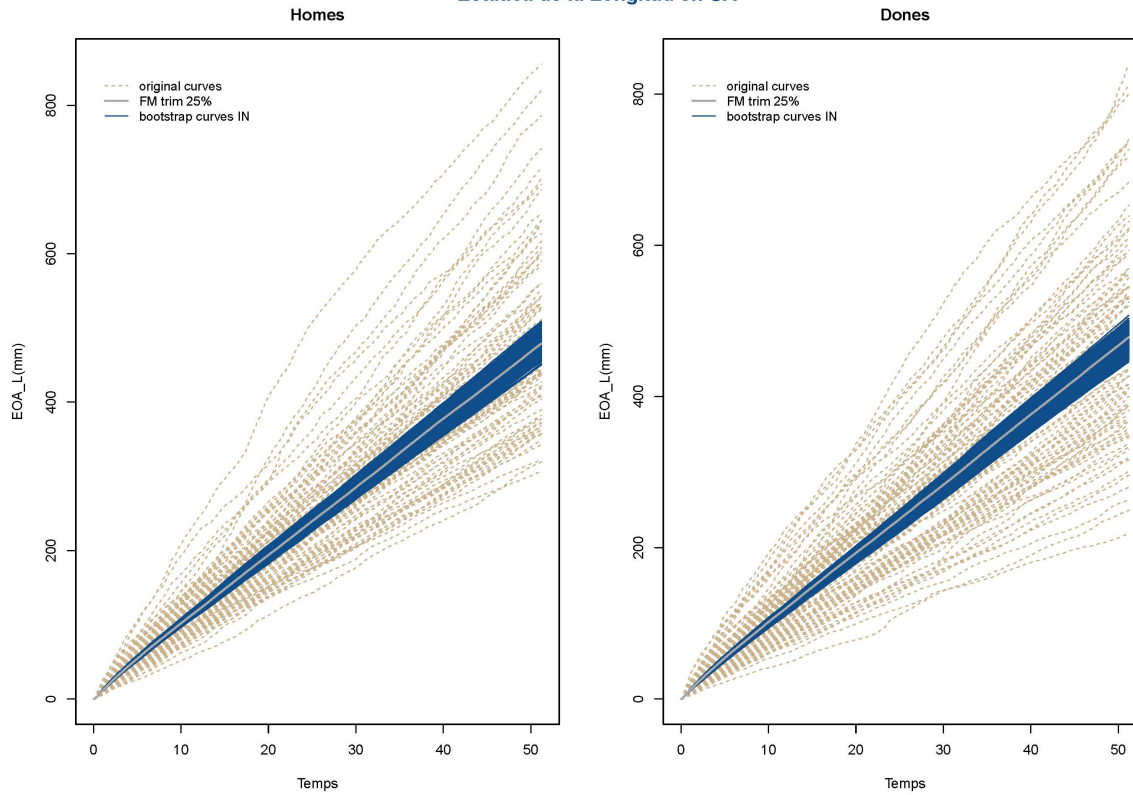


Fig. 51 Corbes patró de la Longitud, segons el sexe i en OA.

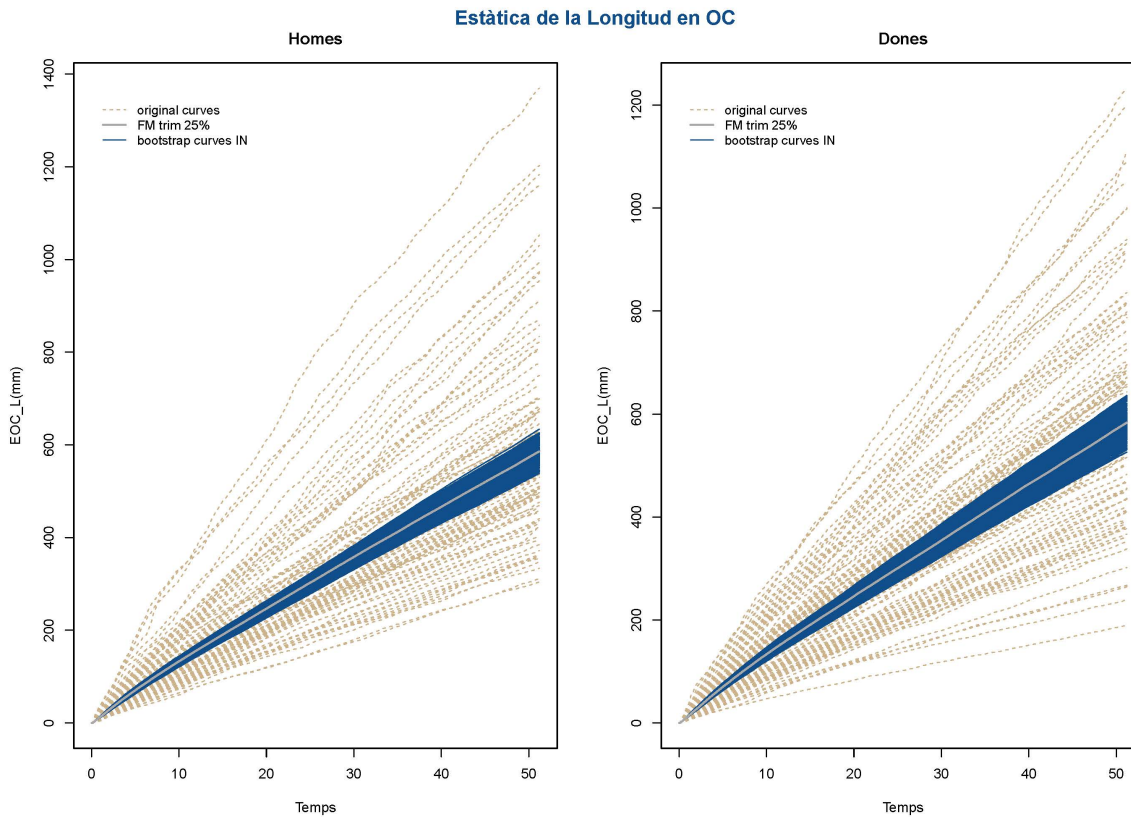


Fig. 52 Corbes patró de la Longitud, segons el sexe i en OC.

Estàtica de la Longitud en l'eix X i en OA

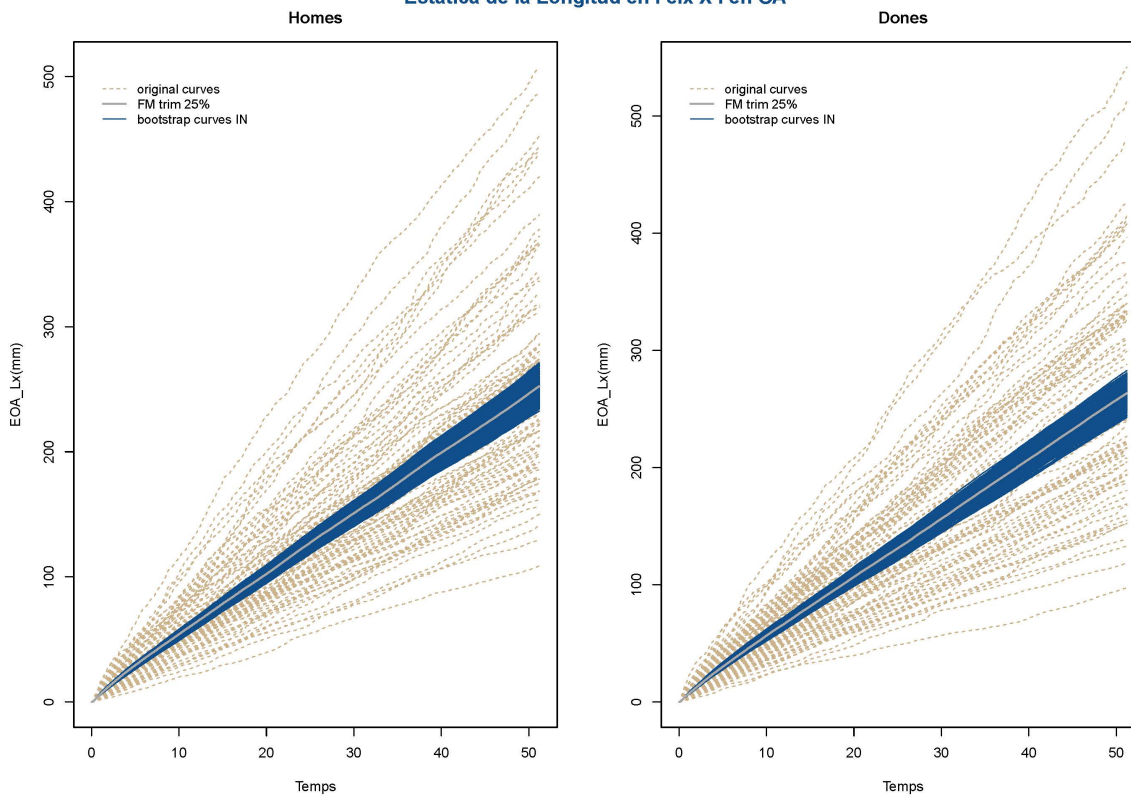


Fig. 53 Corbes patró de la Longitud en l'eix de les X, segons el sexe i en OA.

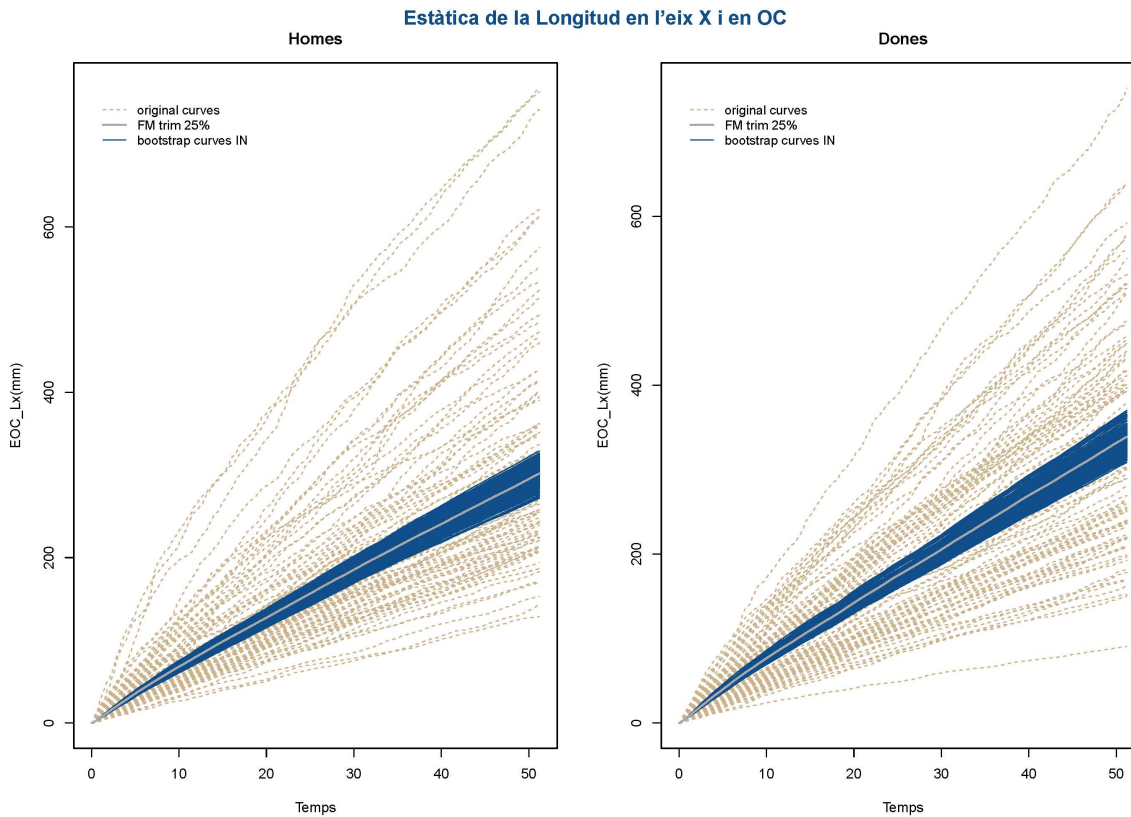


Fig. 54 Corbes patró de la Longitud en l'eix de les X, segons el sexe i en OC.

Estàtica de la Longitud en l'eix Y i en OA

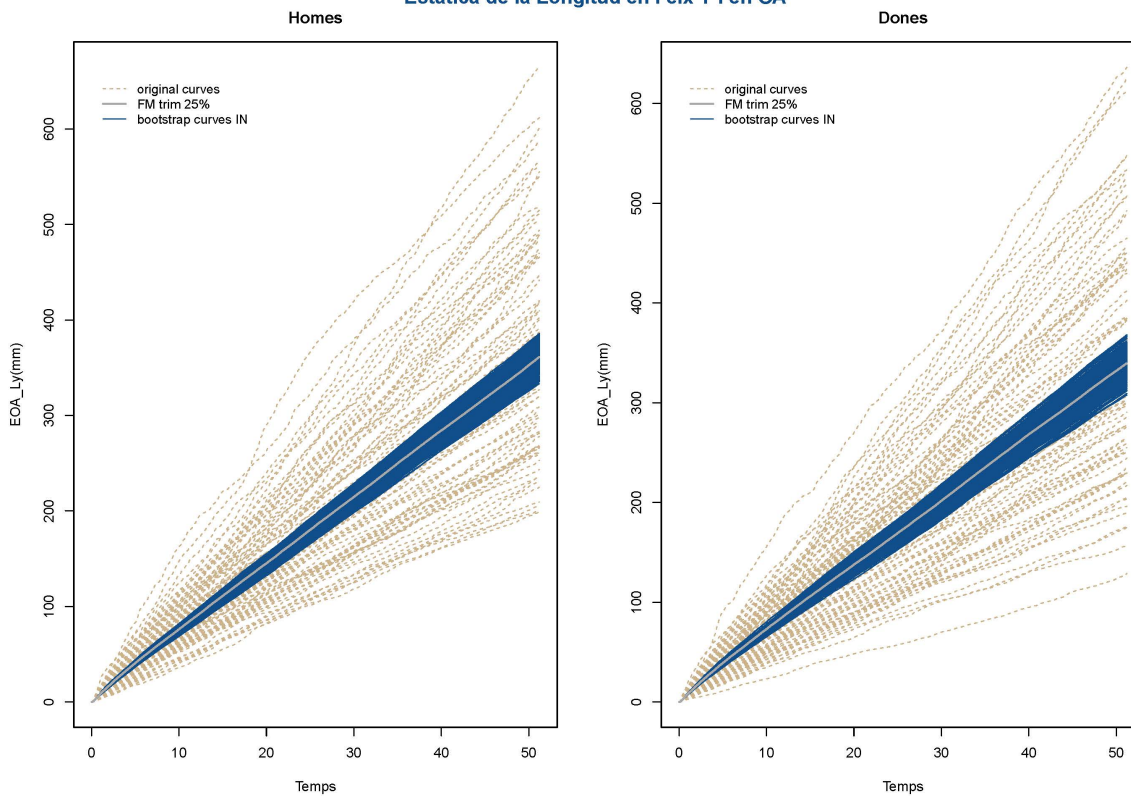


Fig. 55 Corbes patró de la Longitud en l'eix de les Y, segons el sexe i en OA.

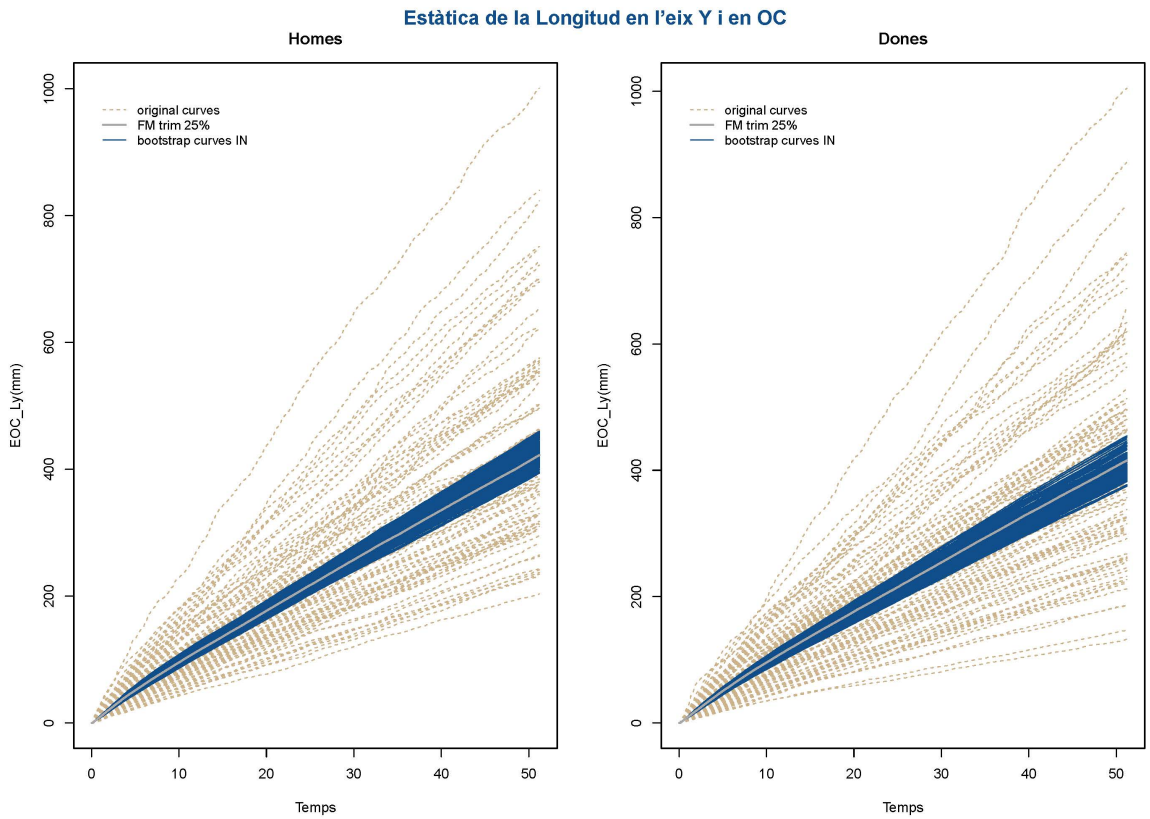


Fig. 56 Corbes patró de la Longitud en l'eix de les Y, segons el sexe i en OC.

Estàtica de l'estabilometria màxima en l'eix X i en OA

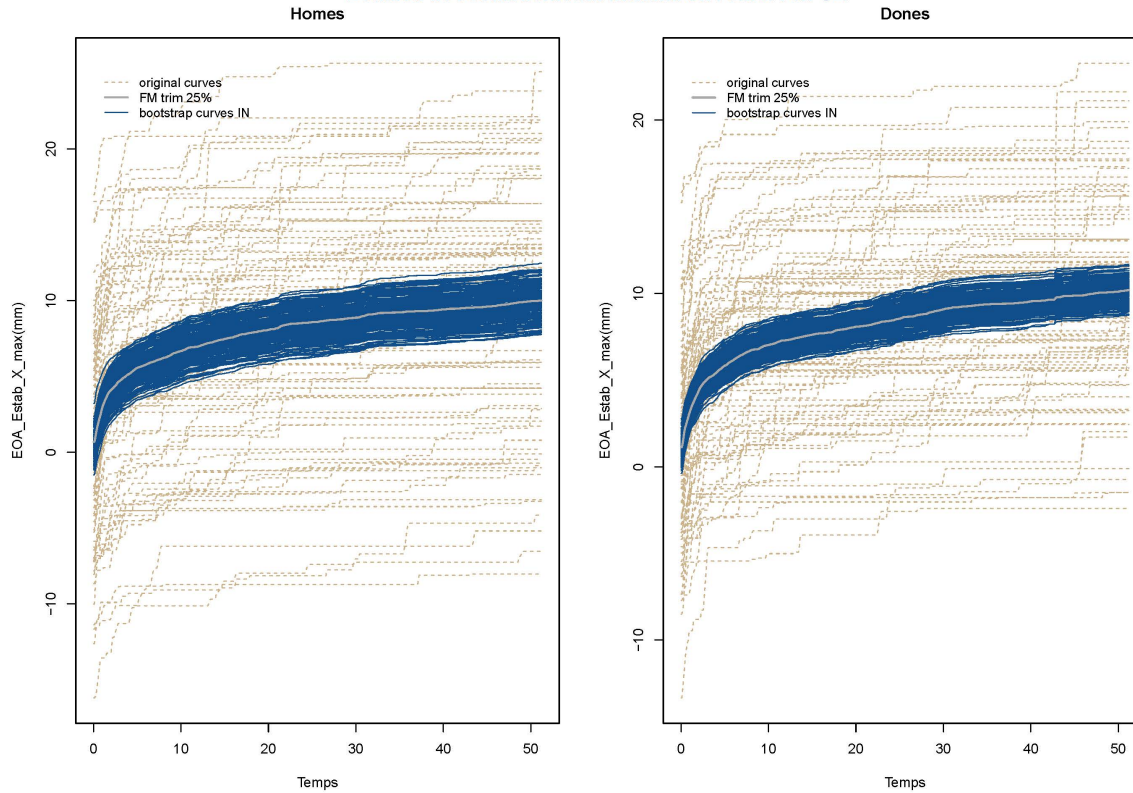


Fig. 57 Corbes patró de l'estabilometria màxima en l'eix de les X, segons el sexe i en OA.

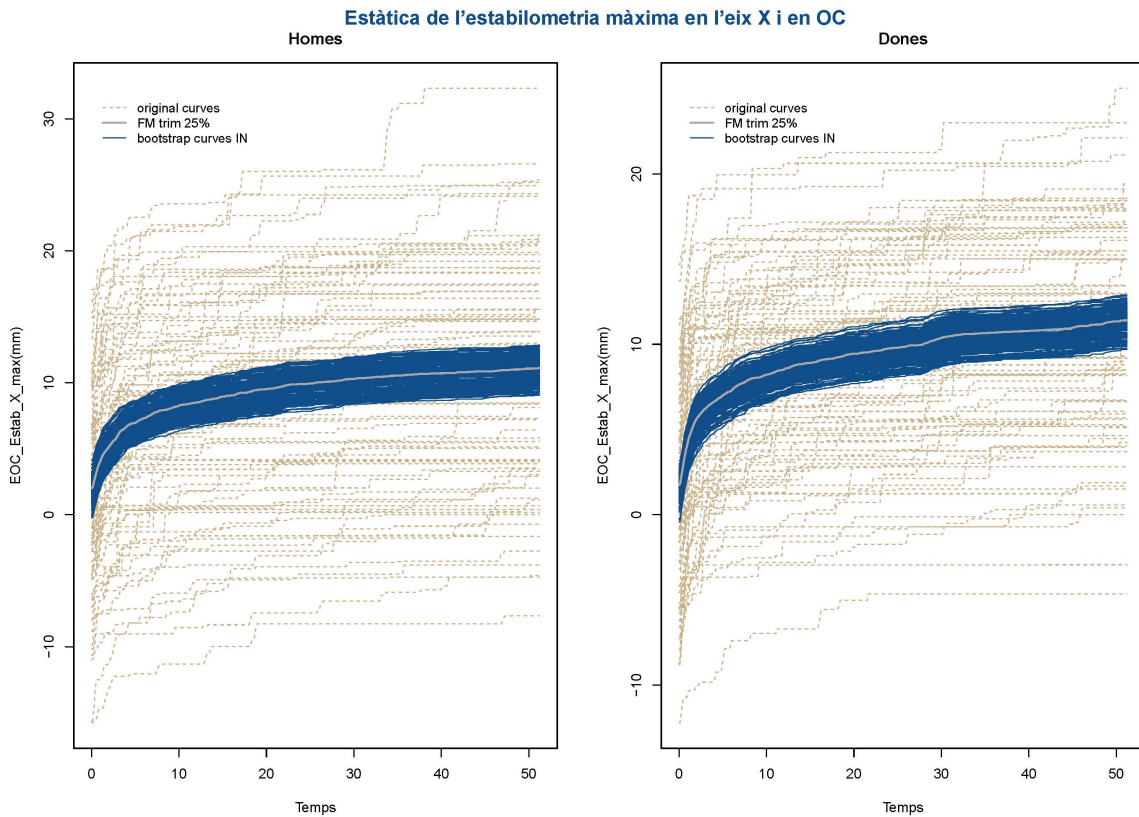


Fig. 58 Corbes patró de l'estabilometria màxima en l'eix de les X, segons el sexe i en OC.

Estàtica de l'estabilometria mínima en l'eix X i en OA

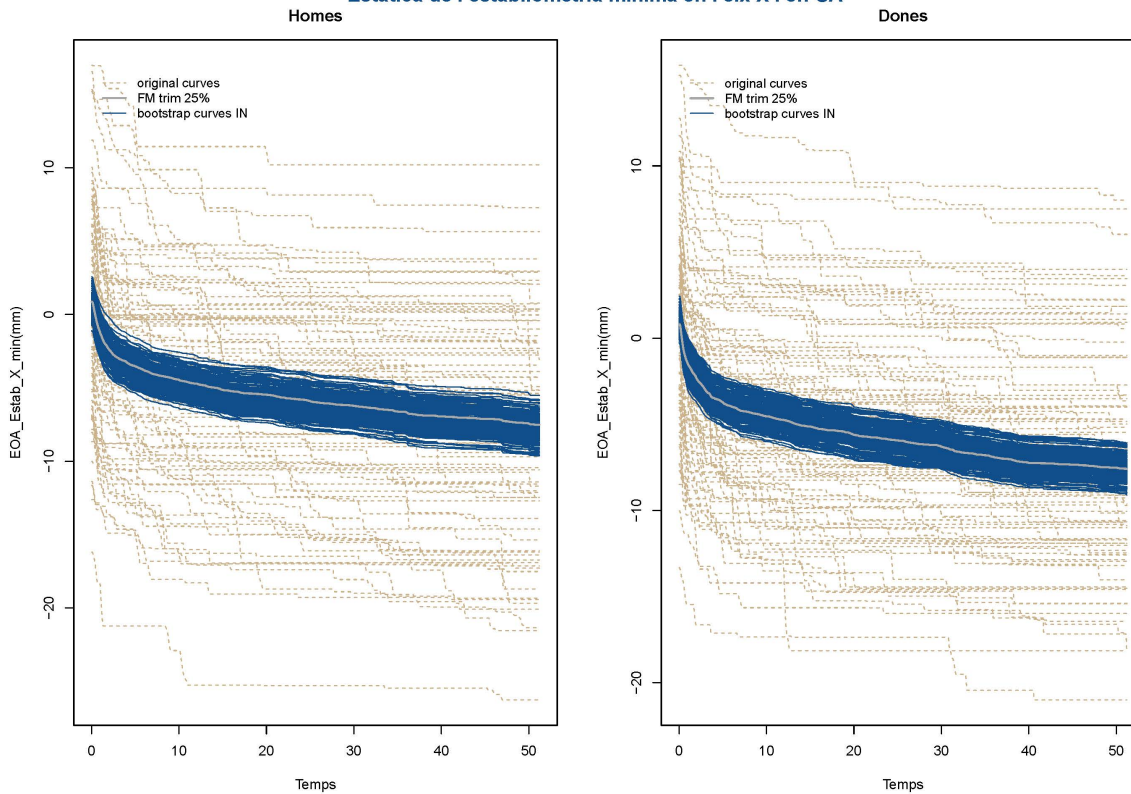


Fig. 59 Corbes patró de l'estabilometria mínima en l'eix de les X, segons el sexe i en OA.

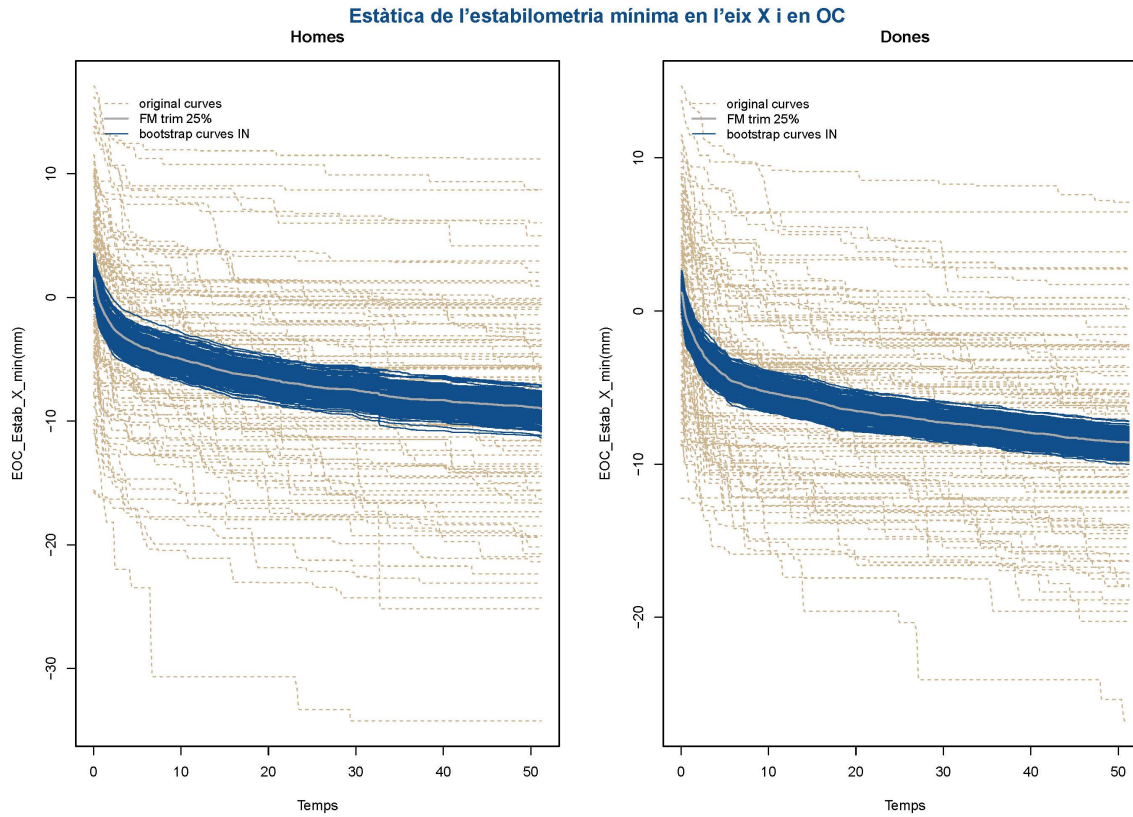


Fig. 60 Corbes patró de l'estabilometria mínima en l'eix de les X, segons el sexe i en OC.

Estàtica de l'amplitud de l'estabilometria en l'eix X i en OA
Homes Dones

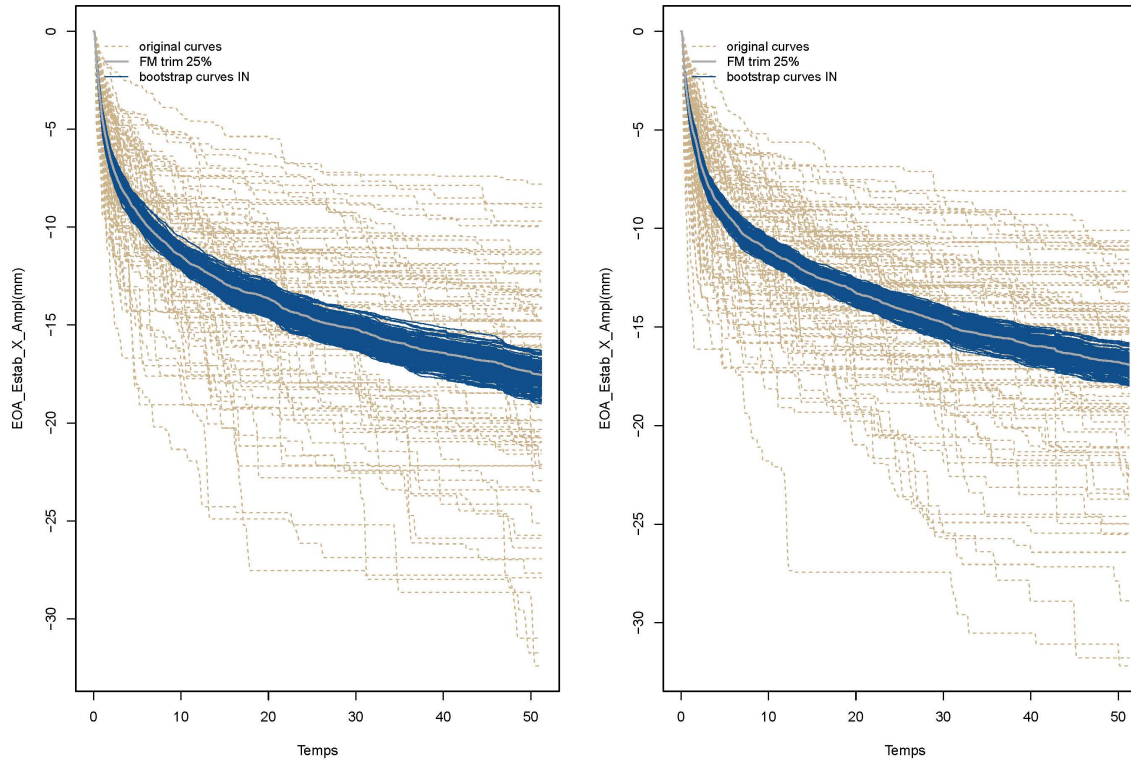


Fig. 61 Corbes patró de l'amplitud de l'estabilometria en l'eix de les X, segons el sexe i en OA.

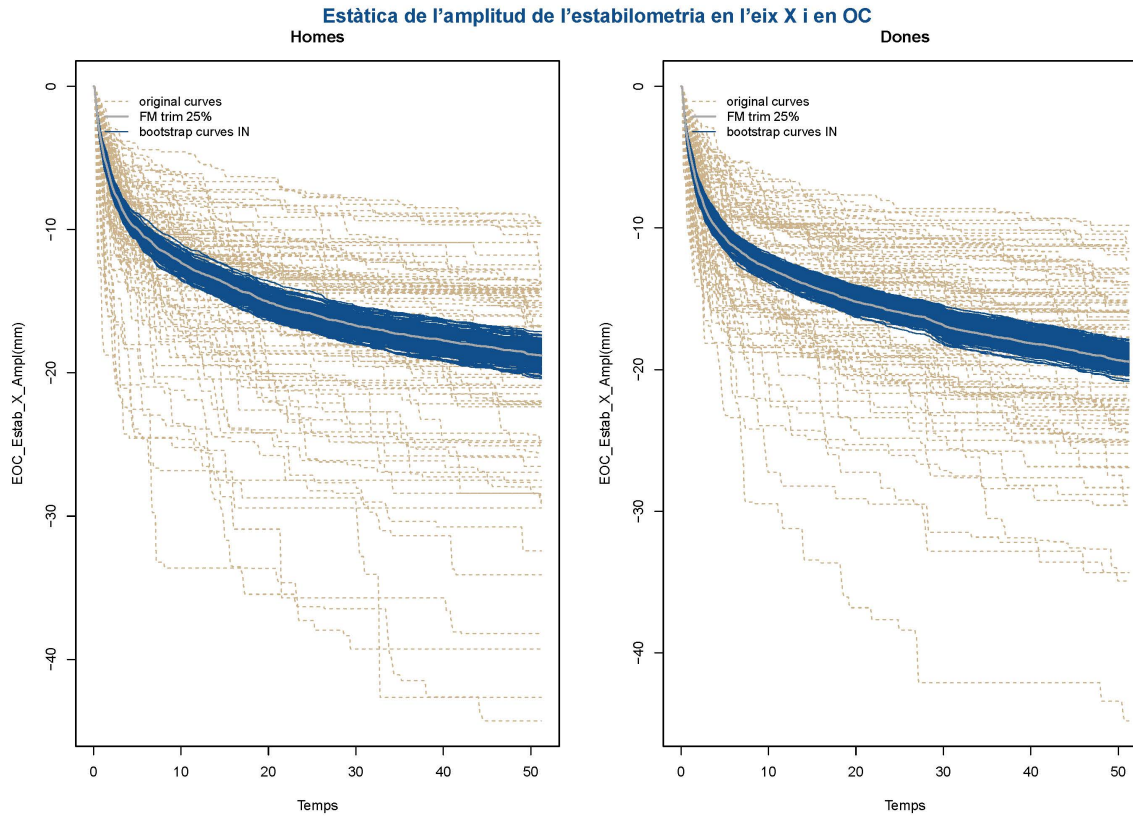


Fig. 62 Corbes patró de l'amplitud de l'estabilometria en l'eix de les X, segons el sexe i en OC.

Estàtica de l'estabilometria màxima en l'eix Y i en OA

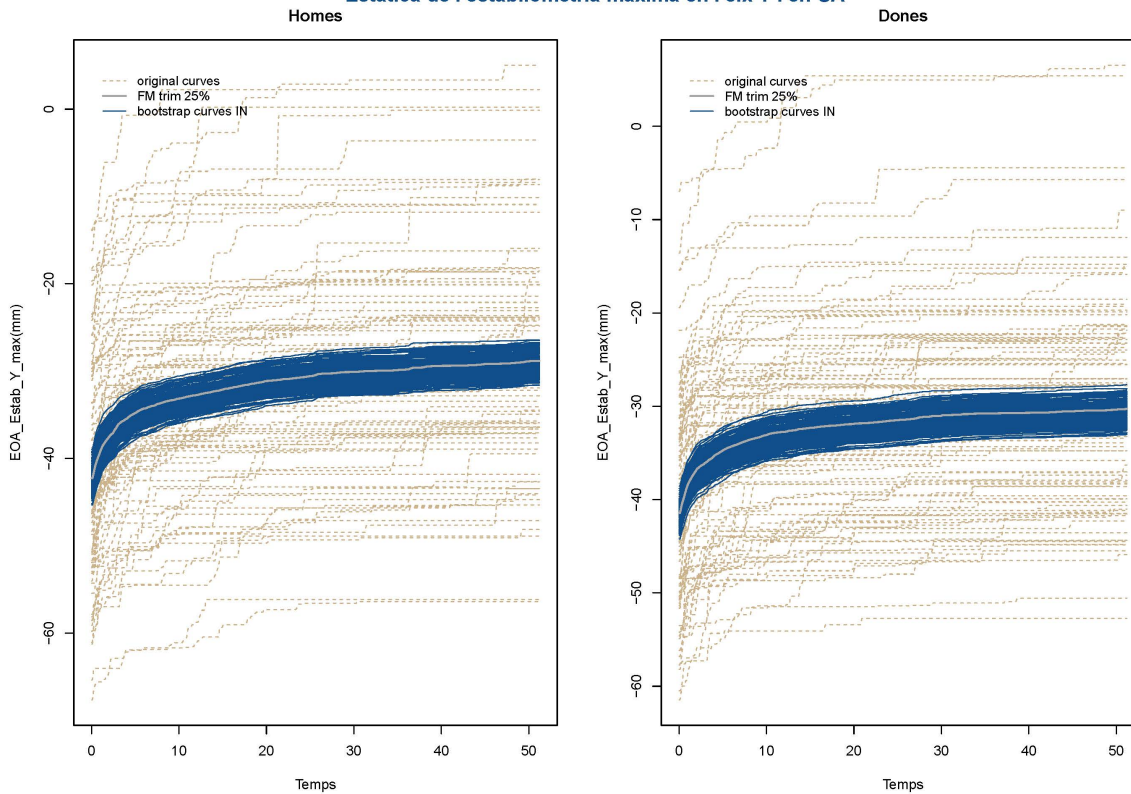


Fig. 63 Corbes patró de l'estabilometria màxima en l'eix de les Y, segons el sexe i en OA.

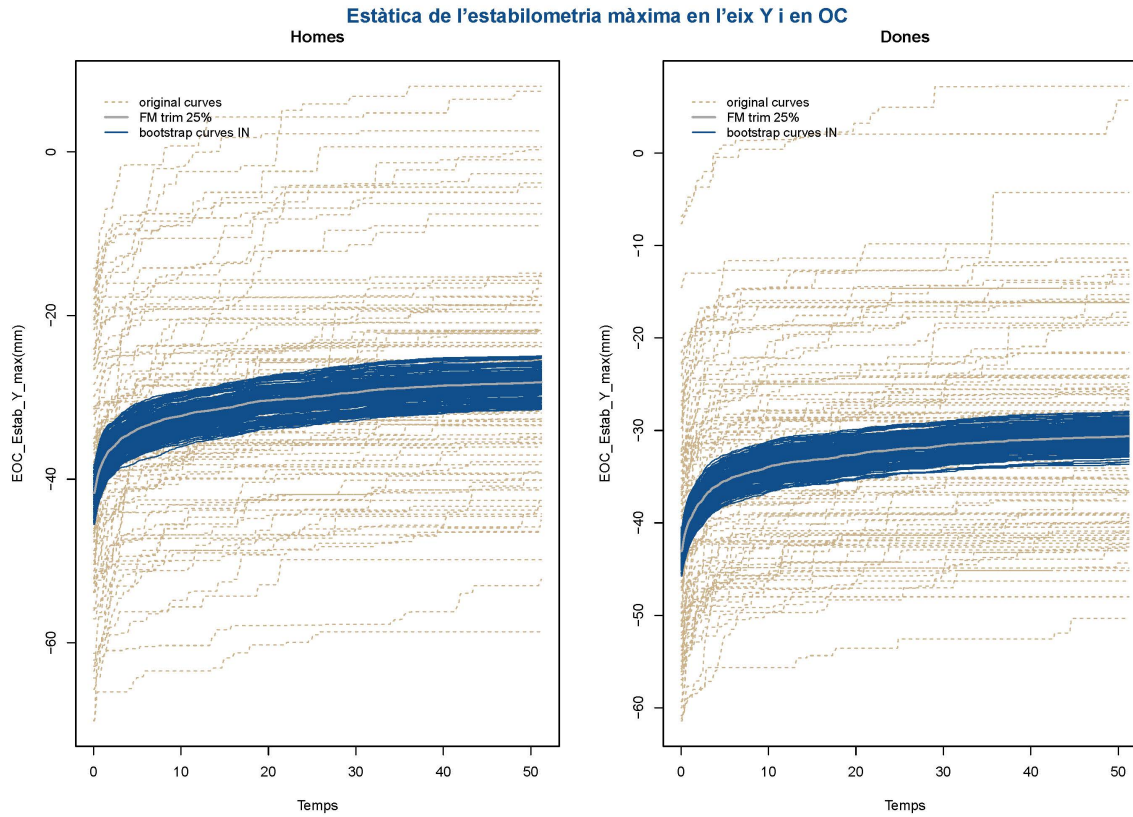


Fig. 64 Corbes patró de l'estabilometria màxima en l'eix de les Y, segons el sexe i en OC.

Estàtica de l'estabilometria mínima en l'eix Y i en OA

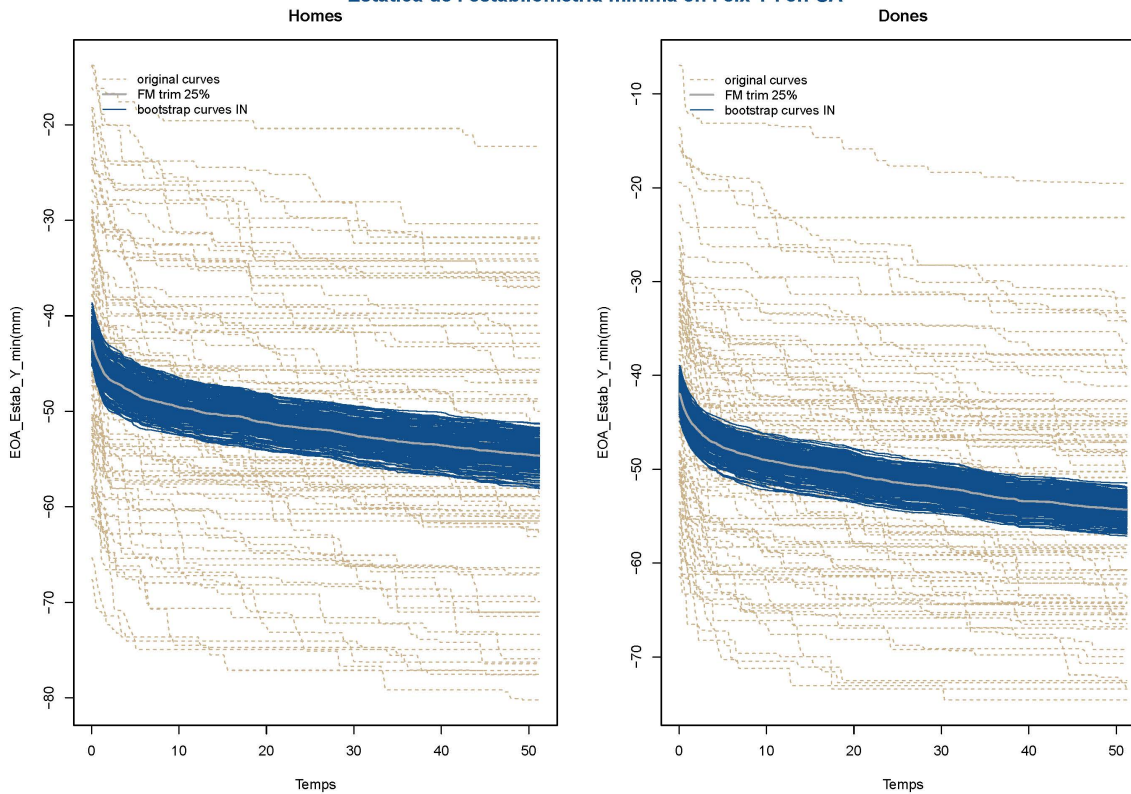


Fig. 65 Corbes patró de l'estabilometria mínima en l'eix de les Y, segons el sexe i en OA.

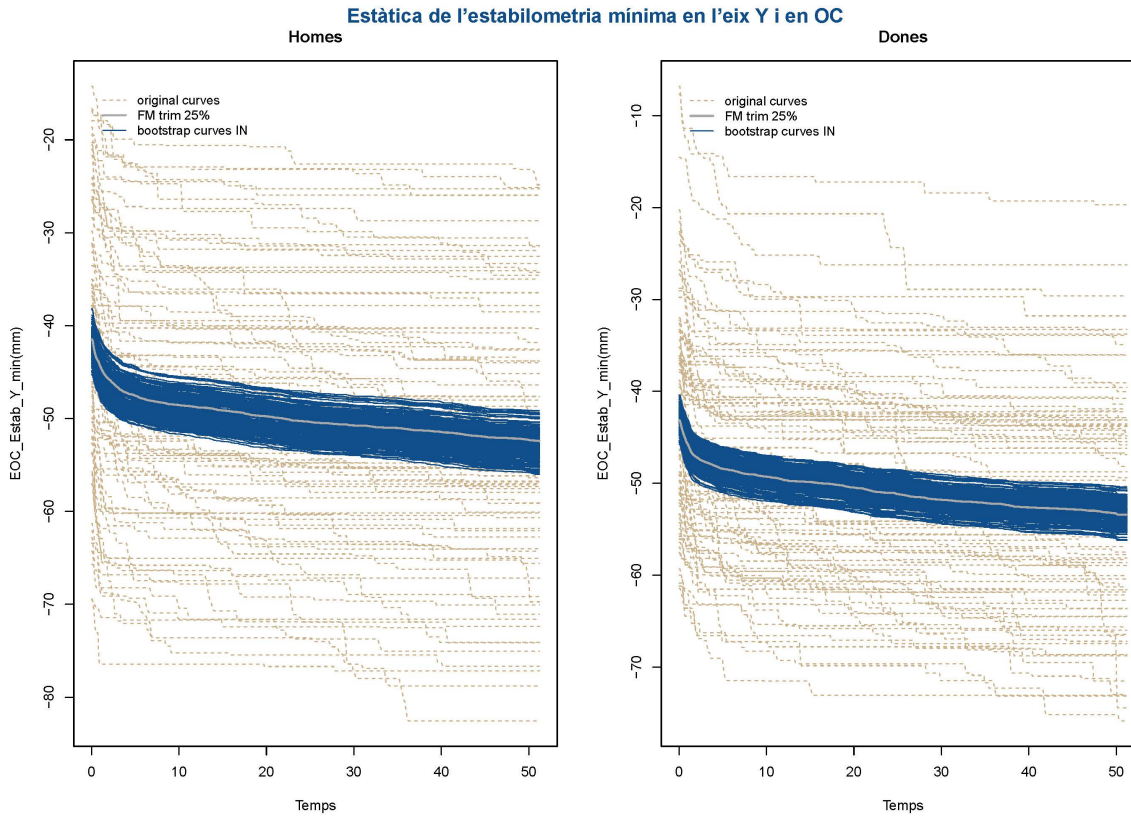


Fig. 66 Corbes patró de l'estabilometria mínima en l'eix de les Y, segons el sexe i en OC.

Estàtica de l'amplitud de l'estabilometria en l'eix Y i en OA

Homes

Dones

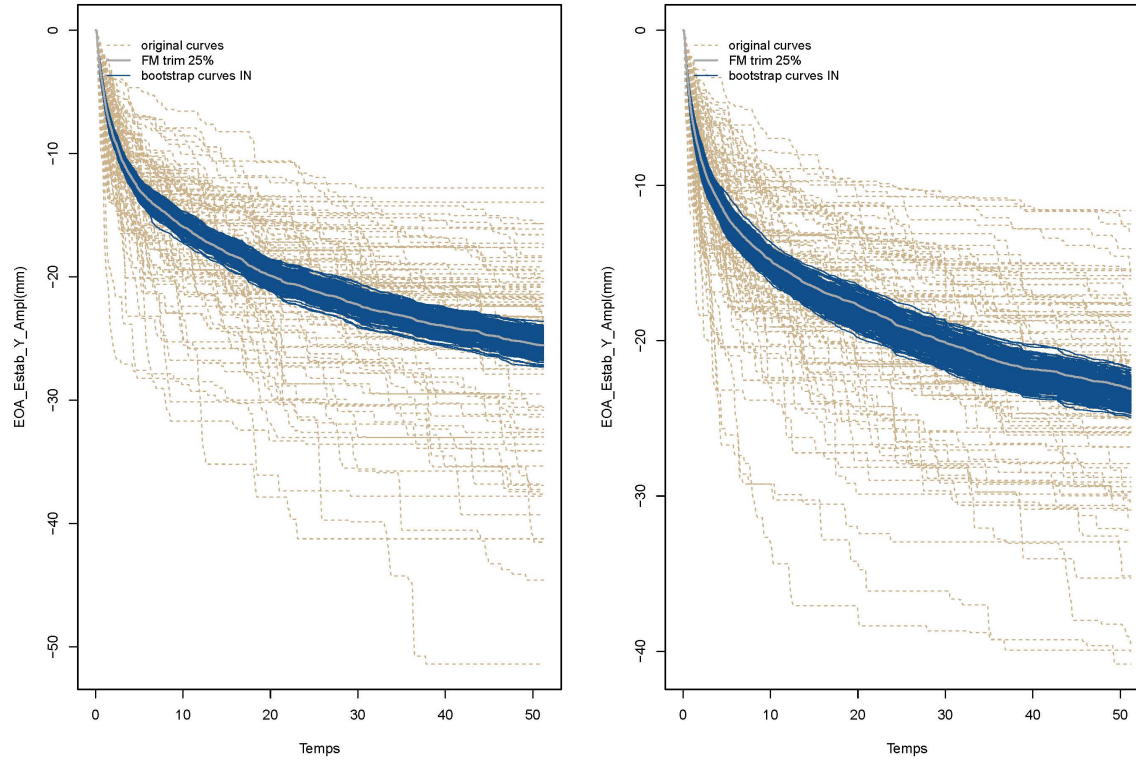


Fig. 67 Corbes patró de l'amplitud de l'estabilometria en l'eix de les Y, segons el sexe i en OA.

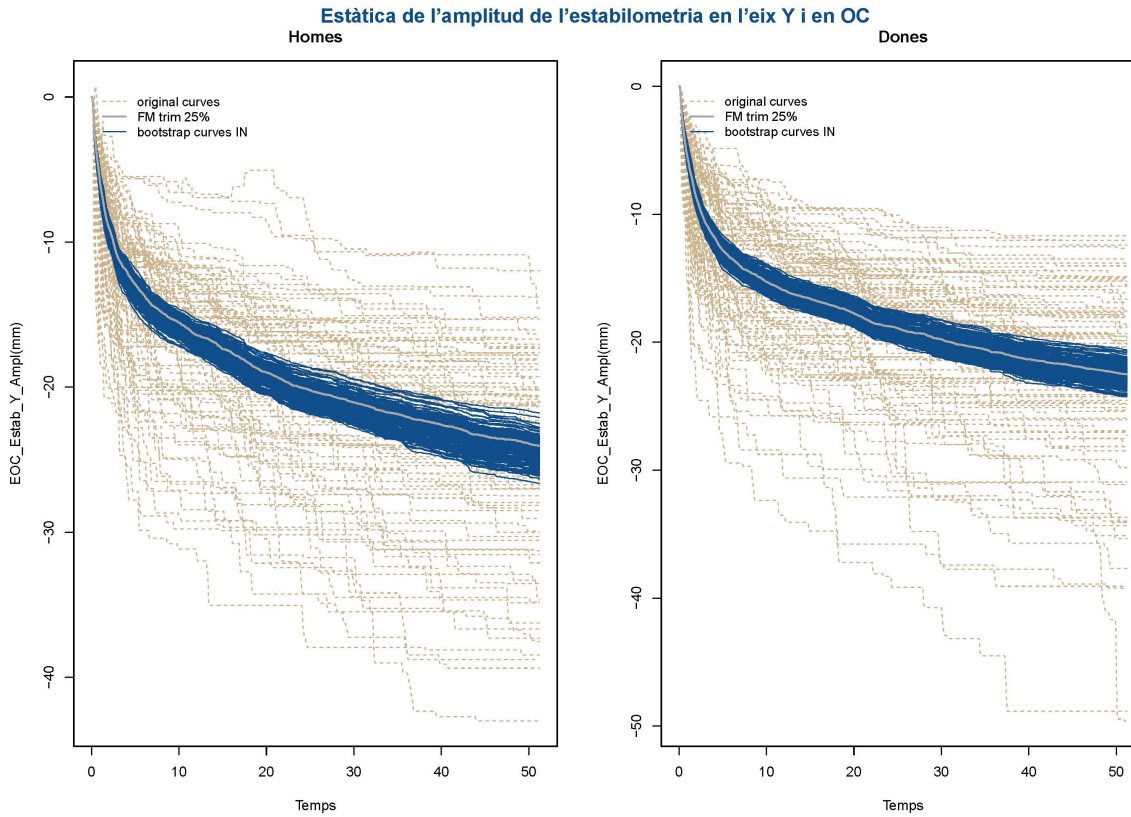


Fig. 68 Corbes patró de l'amplitud de l'estabilometria en l'eix de les Y, segons el sexe i en OC.

Per a cada una de les variables estabilomètriques i per cada un dels grups s'ha mostrat la corba suavitzada obtinguda per *splines* a través d'un bootstrap de 200, amb la funció *FM trim al 25%* i escollint l'estimació que millor ajusta segons els mateixos criteris que els descrits a l'apartat 5.3.1 (pàgina 188), GCV, AIC, SLLR, SKNN (veure la Taula 41 i Taula 42). En tots els casos es va trobar una bona bondat d'ajust i, per tant, es valida el model, trobant la corba que millor estima el comportament estàndard de la variable per els homes i per a les dones.

Taula 41. Resultats dels estimadors que millor ajusten segons el Generalizad Cross Validation (GCV) en el cas dels homes.

HOMES				
	SNW	SNW-AIC	SLLR	SKNN
EOA_Xm	2.82E-01	2.74E-01	2.51E-01	6.33E-03
EOC_Xm	4.52E-01	4.39E-01	3.78E-01	1.03E-02
EOA_Ym	4.51E-01	4.38E-01	3.97E-01	1.05E-02
EOC_Ym	1.10E+00	1.07E+00	8.69E-01	3.25E-02
EOA_L	1.66E-04	1.61E-04	6.72E+01	8.57E+00
EOC_L	2.89E-04	2.81E-04	1.13E-04	1.47E+01
EOA_Lx	8.09E+01	7.86E+01	3.25E+01	4.10E+00
EOC_Lx	1.40E-04	1.36E-04	5.59E+01	6.78E-01
EOA_Ly	1.64E-04	1.59E-04	6.30E+00	9.01E+00
EOC_Ly	2.67E-04	2.59E-04	9.94E+01	1.45E+01
EOA_Estab_X_max	6.62E+00	6.43E-01	3.25E-01	4.16E-01
EOC_Estab_X_max	9.33E+00	9.07E+00	4.55E+00	6.41E-01
EOA_Estab_X_min	6.01E+00	5.84E+00	3.00E+00	3.87E-01
EOC_Estab_X_min	1.18E+01	1.15E+01	5.68E+00	7.63E-01
EOA_Estab_X_Ampl	1.28E+01	1.24E+01	6.47E+00	7.94E-01
EOC_Estab_X_Ampl	2.17E+01	2.11E+01	1.10E+01	1.41E-01
EOA_Estab_Y_max	1.30E+01	1.27E+01	6.21E+00	7.62E-01
EOC_Estab_Y_max	1.91E+01	1.86E+01	8.76E+00	1.31E+00
EOA_Estab_Y_min	1.22E+01	1.19E+01	5.86E+00	7.91E-01
EOC_Estab_Y_min	1.71E-01	1.67E+01	8.41E+00	1.12E+00
EOA_Estab_Y_Ampl	2.61E+01	2.53E+01	1.29E+01	1.57E+00
EOC_Estab_Y_Ampl	3.77E+01	3.66E+01	1.86E+01	2.47E+00

Es ressalten en color verd els valors que més ajusten i els que alhora validen el model per als càlculs.

Taula 42. Resultats dels estimadors que millor ajusten segons el Generalizad Cross Validation (GCV) en el cas dels homes.

	DONES			
	SNW	SNW-AIC	SLLR	SKNN
EOA_Xm	3.04E-02	2.96E-03	2.71E-01	6.77E-03
EOC_Xm	3.91E-01	3.80E-01	3.38E-01	8.65E-03
EOA_Ym	4.83E-01	4.69E-01	4.18E-01	6.37E-02
EOC_Ym	9.44E-01	9.17E-01	7.43E-01	3.32E-02
EOA_L	1.64E-04	1.60E-04	6.76E+01	8.26E+00
EOC_L	2.80E-04	2.72E-04	1.12E-04	1.33E+01
EOA_Lx	8.61E+01	8.37E+01	3.62E+01	4.00E+00
EOC_Lx	1.44E-04	1.40E-04	5.82E+01	6.52E+00
EOA_Ly	1.50E-04	1.45E-04	5.74E+00	7.80E+00
EOC_Ly	2.52E-04	2.44E-04	9.45E+01	1.25E+01
EOA_Estab_X_max	6.39E+00	6.21E+00	3.31E-01	3.79E-01
EOC_Estab_X_max	9.86E+00	9.58E+00	4.53E+00	6.52E-01
EOA_Estab_X_min	6.52E+00	6.33E-01	3.43E+00	3.96E-02
EOC_Estab_X_min	1.01E+01	9.77E+00	4.77E+00	6.97E-01
EOA_Estab_X_Ampl	1.32E+01	1.29E+01	7.25E+00	7.83E-02
EOC_Estab_X_Ampl	2.01E+01	1.96E+01	9.74E+00	1.36E+00
EOA_Estab_Y_max	9.90E+00	9.63E-01	4.99E+00	5.89E-01
EOC_Estab_Y_max	1.59E+01	1.54E+01	8.14E+00	1.08E+00
EOA_Estab_Y_min	1.13E+01	1.10E+01	5.07E+00	7.64E-01
EOC_Estab_Y_min	1.51E+01	1.47E+01	6.83E+00	1.12E+00
EOA_Estab_Y_Ampl	2.19E+01	2.12E+01	1.07E+01	1.37E+00
EOC_Estab_Y_Ampl	3.19E+01	3.10E+01	1.64E+01	2.21E+00

Es ressalten en color verd els valors que més ajusten i els que alhora validen el model per als càlculs.

A fi d'estudiar si les corbes suavitzades tenen funcions Standard significativament diferents segons sexe, es va realitzar un test ANOVA a un factor adaptat a l'FDA (*ANOVA.F.onefactor*) (120). Tal i com s'observa a la Taula 43, i com mostraven els gràfics exploratoris, només es varen trobar diferències estadísticament significatives per a les variables d'amplitud en Y, tant en ulls oberts com tancats ($p\text{-valor}=0,000<0.05$)

Taula 43. Resultats de les diferències de les variables establimètriques segons el sexe.

	p-valor	Estadístic
EOA_Xm	0.600	4.212
EOC_Xm	1.000	0.537
EOA_Ym	1.000	2.458
EOC_Ym	0.600	6.759
EOA_L	0.800	42.801
EOC_L	1.000	26.674
EOA_Lx	0.600	32.824
EOC_Lx	0.200	62.022
EOA_Ly	0.400	87.929
EOC_Ly	0.400	89.080
EOA_Estab_X_max	0.600	2.891
EOC_Estab_X_max	1.000	1.065
EOA_Estab_X_min	0.600	3.736
EOC_Estab_X_min	1.000	2.104
EOA_Estab_X_Ampl	0.600	2.460
EOC_Estab_X_Ampl	0.400	3.047
EOA_Estab_Y_max	0.800	5.871
EOC_Estab_Y_max	0.600	11.465
EOA_Estab_Y_min	0.800	7.345
EOC_Estab_Y_min	1.000	1.098
EOA_Estab_Y_Ampl	0.000*	13.168
EOC_Estab_Y_Ampl	0.000*	9.441

*Es ressalten en color vermell els p-valors estadísticament significatius amb un p-valor<0.005.

5.3.4 Anàlisi de components principals de les variables establimètriques segons el sexe del subjecte

En aquest apartat s'exposa l'anàlisi de components principals obtinguts segons el sexe, però en aquest cas, ja directament a partir del les mitjanes de les tres repeticions observades.

En el cas dels homes, el percentatge de variabilitat es va trobar en un rang entre el 95.04% i el 99.78%, i en el de les dones entre 95.66% i 99.77%, tal com es pot veure en la Taula 44 en color verd. Observem en la mateixa taula, la descomposició pels dos primers components principals, en el que el component principal 1 (pc1) es va situar entre el 88.42% i el 99.07% en el cas dels homes i entre un 90.98% i 99.24% per a les dones. Mentre que el component principal 2 (pc2) obtingut es va trobar per sota del 7, en el cas dels homes, i per sota del 5, en el cas de les dones. Observem que la variable per la que la variabilitat explicada en el component principal pc1, així com el % de variabilitat total explicat, va ser menor, és l'amplitud en Y ulls oberts en homes. Mentre que no va ser així en les dones.

Aquests resultats, tant en el grup d'homes com de dones permeten deduir que la variable que més va explicar la variabilitat de cada una de les variables estabilmètriques registrades va ser el temps de duració de la mesura, 51.2 segons. Per altre banda, la variabilitat deguda a factors externs i/o a l'error aleatori de mesura va explicar en un percentatge petit la forma que adquireix la corba estàndard de comportament, vistes en l'anàlisi exploratori FDA exposat a l'apartat anterior. És a dir, tenim una bona bondat d'ajust de les corbes pels d'individus sans entre 18 i 65 anys.

Taula 44. Resultats de l'anàlisi de components principals segons el sexe dels subjectes i per a les diferents variables i condicions.

	Homes			Dones		
	pc1	pc2	% de variabilitat	pc1	pc2	% de variabilitat
EOA_Xm	98.67	0.94	99.60	98.27	1.22	99.49
EOC_Xm	98.27	1.22	99.49	98.18	1.04	99.22
EOA_Ym	99.01	0.63	99.63	99.02	0.70	99.72
EOC_Ym	99.07	0.70	99.78	99.04	0.61	99.64
EOA_L	98.16	1.23	99.39	98.82	0.69	99.52
EOC_L	99.17	0.59	99.76	99.24	0.53	99.77
EOA_Lx	98.71	0.84	99.56	98.72	0.65	99.37
EOC_Lx	99.03	0.70	99.73	99.00	0.69	99.69
EOA_Ly	98.42	1.02	99.44	98.70	0.90	99.60
EOC_Ly	99.03	0.67	99.70	99.20	0.53	99.73
EOA_Estab_X_max	97.54	1.49	99.03	96.20	2.29	98.50
EOC_Estab_X_max	97.99	1.10	99.09	96.15	2.11	98.26
EOA_Estab_X_min	97.38	1.65	99.03	96.80	2.10	98.90
EOC_Estab_X_min	96.86	2.08	98.94	96.33	2.24	98.57
EOA_Estab_X_Ampl	92.04	3.74	95.78	90.98	4.68	95.66
EOC_Estab_X_Ampl	95.11	2.41	97.53	94.95	2.28	97.23
EOA_Estab_Y_max	98.13	1.05	99.18	98.69	0.80	99.49
EOC_Estab_Y_max	98.44	1.00	99.44	98.33	0.99	99.32
EOA_Estab_Y_min	98.15	1.12	99.27	98.33	1.02	99.35
EOC_Estab_Y_min	98.75	0.85	99.61	98.32	1.05	99.37
EOA_Estab_Y_Ampl	88.42	6.62	95.04	92.39	3.70	96.09
EOC_Estab_Y_Ampl	92.48	4.07	96.55	92.96	3.57	96.53

*Es ressalten en color verd els valors de rang més alts i més baix.

5.3.5 Anàlisi de la influència de l'edat en les corbes de comportament de les variables establimètriques

En aquest apartat es va estudiar si les corbes de comportament trobades per a tot el grup d'individus estaven influenciades per l'edat d'aquest. L'edat al ser tractada l'edat com a variable

quantitativa continua, es planteja un model de regressió funcional (98). Per a cada un d'aquests models es valora la bondat d'ajust a través de l'estadístic R^2 i la desviació, així mateix, s'estudia per a cada regressió el gràfic de residus versus els valors ajustats. Per a totes les variables el comportament dels residus és aleatori. S'observa a la Taula 45, que el coeficient de determinació R^2 , va anar de 29.65% a 46.59%, la qual cosa ens està informant que l'edat no va ser una variable que expliqui en gran mesura el comportament de les corbes, és a dir la bondat d'ajust de la corba de regressió considerant com a variable explicativa l'edat va ser baixa, en tots els casos, però sobretot per l'amplitud en X ulls oberts, amplitud en Y en ulls oberts, i la Y mínima. Respecte a les corbes que més varen influenciar, es pot veure que no hi va haver individus que influenciessin de forma determinant en totes les variables estabilomètriques o en la majoria d'elles. És a dir, les corbes influents varen ser diferents segons variable. Si que en alguns casos es varen repetir, però sense que es veiés algun patró comú per tipus de mesures. A manera d'exemple, dels gràfics resultants de la regressió, es mostren a continuació tres exemples, un per cada tipus de funció de la corba patró trobades i descrites a l'apartat 5.3.1, en concret es mostren les variables: La posició de X_m en ulls oberts (Fig. 69), Longitud en ulls oberts (Fig. 70) i l'amplitud estabilomètrica en l'eix de les X en ulls oberts (Fig. 71).

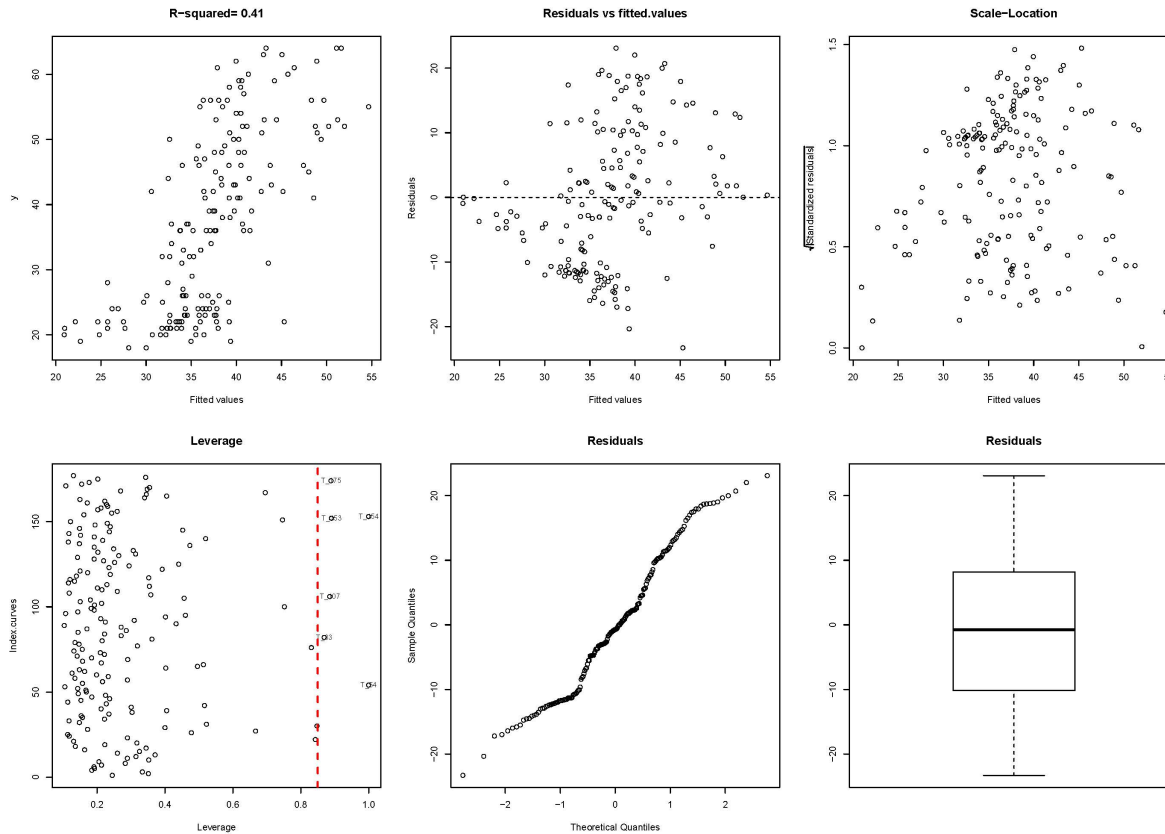


Fig. 69 Gràfic model dels estimadors de la variable X_m en OA.

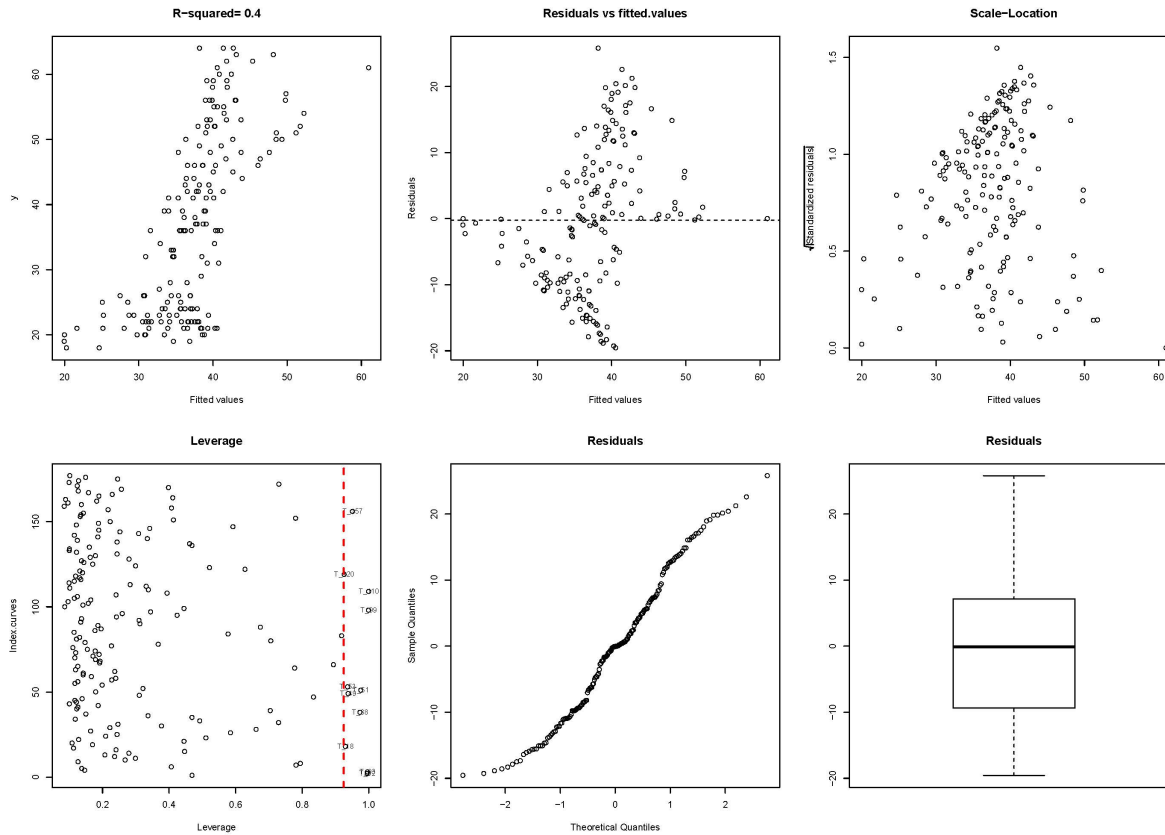


Fig. 70 Gràfic model dels estimadors de la variable Longitud en OA.

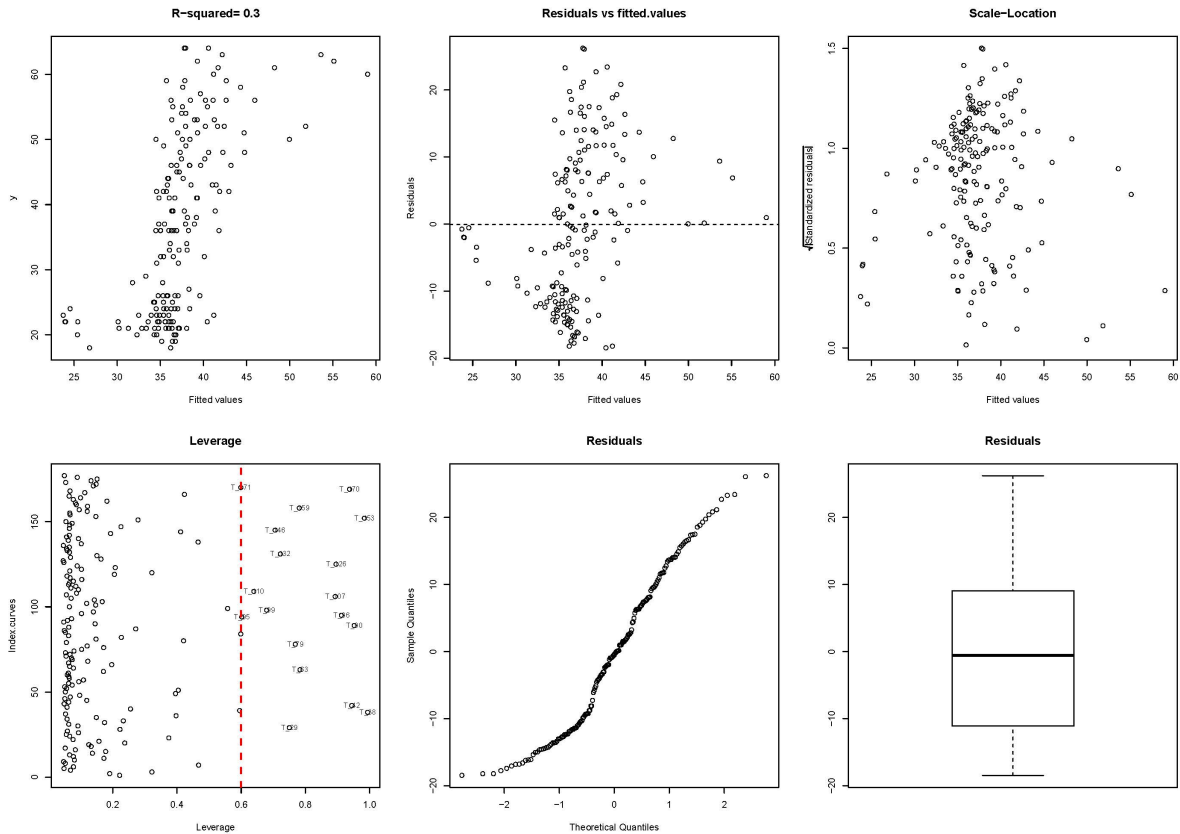


Fig. 71 Gràfic model dels estimadors de variable amplitud en l'eix X i en OA.

Taula 45. Resultats de la bondat d'ajust de les corbes patró.

Variable	R²	Desviació	gl	Corbes atípiques	Corbes influents
EOA_Xm	41.24%	156.715	126.867	NO existeixen	54,83,107,153,154,175
EOC_Xm	46.43%	147.826	122.620	NO existeixen	54,57,106,123,154
EOA_Ym	45.55%	155.044	118.827	NO existeixen	74,84,88
EOC_Ym	43.46%	160.246	119.378	NO existeixen	23,74,77,84,127
EOA_L	39.66%	166.727	122.442	NO existeixen	2,3,18,38,49,51,53,99,110,120
EOC_L	43.38%	169.409	113.089	NO existeixen	NO n'hi han
EOA_Lx	43.55%	156.073	122.368	NO existeixen	3,38,51,85,96,110,111,120,138,148
EOC_Lx	43.64%	163.398	116.699	NO existeixen	NO n'hi han
EOA_Ly	44.43%	153.690	122.351	NO existeixen	2,7,110,123,138,148,150,173
EOC_Ly	45.83%	157.406	116.440	NO existeixen	NO n'hi han

Taula 45 (Continuació). Resultats de la bondat d'ajust de les corbes patró.

Variable	R ²	Desviació	gl	Corbes atípiques	Corbes influents
EOA_Estab_X_max	41.18%	154.348	128.941	NO existeixen	38,42,54,90,95,106,107,121,126,132
EOC_Estab_X_max	39.57%	154.401	133.289	NO existeixen	7,54,66,77,106,123,147,167,170
EOA_Estab_X_min	42.43%	152.670	127.585	NO existeixen	30,54,77,79,83,96,100,152,153,154
EOC_Estab_X_min	40.70%	159.022	126.180	NO existeixen	57,77,111,123,153,154,160,171
EOA_Estab_X_Ampl	29.65%	168.066	141.638	NO existeixen	29,38,42,63,79,90,95,96,99,107
EOC_Estab_X_Ampl	37.17%	155.887	136.367	NO existeixen	7,40,79,85,96,100,110,111,138,145
EOA_Estab_Y_max	41.42%	158.138	125.338	NO existeixen	49,99,110,111,171
EOC_Estab_Y_max	46.59%	148.121	122.011	NO existeixen	71,77,99,111,169,175
EOA_Estab_Y_min	32.31%	173.483	132.038	NO existeixen	74,84,88,107,127
EOC_Estab_Y_min	34.77%	177.274	124.518	NO existeixen	7,74,84,127,159,170
EOA_Estab_Y_Ampl	29.92%	168.596	140.640	NO existeixen	2,7,16,49,51,85,90,96,99,110
EOC_Estab_Y_Ampl	35.28%	157.324	139.190	NO existeixen	7,33,77,85,111,127,153,159,170,171

En color verd es ressalten els intervals de bondat d'ajust màxims i mínims de les corbes patró. R²: R quadrada, gl: graus de llibertat.

6. DISCUSSIÓ



En l'elaboració d'aquest estudi destaquem la importància en la quantificació i objectivació dels mecanismes de regulació postural en una posició bípeda, englobant un gran nombre de subjectes sans. Posteriorment ens permetrà veure aquests mecanismes en diversos col·lectius, ja sigui agrupats per patologies, o bé per grups de subjectes específics, segons diferents interessos, com podria ser l'esport. Cal destacar també, que aquest projecte s'ha realitzat amb un instrument validat i amb els índexs de fiabilitat comentats en l'apartat de la introducció.

En aquest estudi s'han contemplat subjectes sans entre 18 i 65 anys tenint en compte que la distribució per edat i sexe sigui representativa de la població sana en aquesta franja d'edat. Només es troba un altre estudi a la literatura, fet l'any 1985 i revisat l'any 1988 (75,78), que també va establir els patrons de normalitat d'aquests individus, si bé a diferència del present, és que aquests ho feien considerant una estimació puntual en lloc d'estudiar quina és la corba patró de comportament normal, és a dir, mitjançant estimacions de funcions. La importància d'aquesta aportació, rau en el fet que en tenir el comportament durant un espai de temps, permet veure no només els paràmetres estabilomètrics d'un individu, sinó com aquest s'estabilitza al llarg del registre. Per tant, podria passar que en mitjana, un individu, sí que tingués un valor normal, però la forma d'arribar a aquest valor al llarg del temps no tingués un comportament normal. S'ha de tenir present que això és important, ja que els paràmetres estabilomètrics, com s'ha vist al llarg de la introducció d'aquest treball en l'apartat 1.6 (pàgina 58) són variables biològiques amb molta variabilitat per un mateix individu (121-123). En conseqüència una estimació puntual pot ser molt poc representativa dels valors que realment pren aquest. En canvi, conèixer la corba de

registres durant 51.2 segons de l'individu, ens permet valorar si l'individu té un registre dins de la banda de comportament que representa una evolució de la variabilitat normal d'aquest paràmetre, o té una evolució al llarg del temps que fa pensar en una possible alteració de les entrades i sortides de la informació que regula el control postural. Tal com s'ha vist en alguns estudis en què la por a caure pot desenvolupar certes estratègies de regulació postural modificant el patró de normalitat i en molts casos disminuint el control postural de la persona (124,125).

Pel que fa a l'anàlisi de les dades per a obtenir els resultats, ha calgut desenvolupar models específics, que considerin els registres com una funció del temps, ja que el *software* de la plataforma no els proporciona directament. És en aquest sentit, que s'ha hagut de fer un pas enrere, i previ a estudiar en més profunditat quins factors estaven associats al comportament estabilomètric, s'ha hagut de posar base en els models estadístics dins de l'anàlisi de dades funcionals que s'ajustessin a aquest tipus de problemes, i a les característiques de les dades que registra una plataforma estabilomètrica. Si bé, el valor de l'aportació d'aquests models seran la base per a partir d'ells tenir ben establert el patró de normalitat i determinar els factors que el modifiquen i/o l'alteren. D'aquesta manera, s'ha buscat el model del procediment a seguir en tots els estudis, en aquest i en els futurs. A la vegada que l'anàlisi de dades funcionals és una de les branques en més desenvolupament en l'actualitat, a causa de la demanda social de les noves formes de registrar dades a partir de diferents instruments, com les plataformes, que han desenvolupat en el camp de la biotecnologia. Contextos dins l'àmbit de la salut, que tots ells tenen el pas de temps en comú, en els que es vol obtenir la seqüència de comportament en una

durada de temps fixada per certa població i veure'n els factors associats a aquesta, que el condicionen o modifiquen. Si bé, per a poder fer la comparació entre els paràmetres de normalitat establimental establerts en l'estudi de l'AFP (79), i donat que aquests són els que fins ara estan implementats a les plataformes establimentals de forma més estandarditzada, també es va fer l'estudi amb el mateix procediment d'estimació puntual, ja que hi ha certa falta d'uniformitat en els mateixos procediments posturogràfics alhora de poder comparar resultats (126).

De l'estudi amb estimacions puntuals, es desprèn que,

Pel que fa a la variable posicional de X_m , com també en l'estudi de l'AFP de l'any 1985, no s'han trobat diferències estadísticament significatives entre els valors en la condició amb ulls oberts i les obtingudes en ulls tancats, com tampoc hi ha diferències entre homes i dones. S'ha observat una lleugera desviació entre 1.2 i 1.8 mm cap a la dreta respecte de l'eix de coordenades en qualsevol dels grups, fet que seria indicatiu de què predominen els casos amb lateralitat dreta. D'acord amb el que passa a la població general, hi ha una majoria d'individus que utilitzen més el costat dret (extremitat superior o inferior), tot i que hi ha bastanta discussió sobre aquest aspecte en les línies de recerca, en el que la hipòtesi en què es treballa, és que no hi havia més dretans que esquerrans amb estudis que es remunten a la prehistòria. Tot i que actualment s'estima una proporció d'un 13% de la població que és esquerrana per un 87% de dretans (119). Si bé, per poder avaluar si hi ha diferències significatives del valor posicional, X_m , entre els individus amb dominància dreta i esquerra, els grups tenen mides de mostra massa

diferents, i massa petita en el cas de la dominància esquerra. Caldria doncs, plantejar un proper estudi dissenyat per aquest fi. Tanmateix, per aquesta mateixa variable, X_m , sí que s'han vist diferències estadísticament significatives en comparar per franges edat. Concretament el grup d'edat entre els 18 i els 35 anys tenen més tendència a posicionar-se cap a la dreta, és a dir, a obtenir un valor negatiu més gran a mesura que l'individu té més anys, tant per a ulls oberts com tancats. Això es podria explicar per la pèrdua d'elasticitat tissular derivada del procés d'envelliment humà, en el que les reaccions corporals per a mantenir l'estàtica corporal es veuen reduïdes, fent que el subjecte desplaci el seu centre de pressions cap a l'extremitat no dominant (127,128).

Una de les variables posicionals, la Y_m , ha donat valors negatius tant en ulls oberts com tancats. És a dir, que en tot cas, el centre de pressions s'ha posionat per darrere del baricentre. En conseqüència, implica que la majoria dels individus tenen una predominança en el recolzament posterior del trípod podal de sustentació tant en ulls oberts com tancats. Destacar que en el cas d'ulls tancats, hi ha una correcció del centre pressions per anterioritzant-lo. Una possible causa, és que l'individu tendeix a augmentar l'estabilitat posterior a expenses de reduir l'anterior quant té els ulls tancats, ja que en aquesta condició hi ha un augment de la percepció dels receptors cutani plantars del peu. Es produeix per tant un desequilibri posterior, generant una resposta reequilibradora que recentraria el centre de pressions a expenses d'augmentar la despesa energètica, però guanyant percepció de seguretat ja que tens més recorregut

posterior. Els resultats en Y_m , no són diferents entre homes i dones, tal com es conclouïa a l'estudi de l'AFP de l'any 1985.

Referent a les variables estabilomètriques d'amplitud, es troben diferències entre homes i dones en el cas de l'eix Y però no per l'eix X, tant en ulls oberts com tancats. És a dir, hi ha diferències en el pla sagital però no en el pla frontal. En aquest fet cal destacar que estudis recents suggereixen aquestes diferències entre sexe poden comportar una alteració en els patrons de moviment (137,138). Caldria, en un altre estudi registrar si per diferents causes com per exemple l'ús de tacons, o d'altres factors associats a les dones, es poguessin explicar aquestes diferències, com ara les diferències estructurals anatòmiques entre homes i dones (139). L'ús de tacons podria donar un escurçament de tríceps sural, un augment del to muscular de la extremitat inferior en el que s'ha vist que aquest últim factor si que augmentaria el control postural en persones d'edat avançada. El fet que el calçat de les dones, pugui tenir diferents alçades, genera més treball muscular i propioceptiu, fet que millora el control postural en el pla sagital. Els valors màxims i mínims, tant en l'eix X com Y no mostren diferències entre homes i dones. Si bé, en el cas de l'eix X, pla frontal, els valors màxims i mínims són diferents entre el grup d'edat de 18 a 35 anys i la resta. En el pla sagital les diferències s'observen quan s'estudia la interacció entre sexe i grup d'edat. Si bé, no hi ha cap evidència anterior que expliqui possibles causes d'aquests resultats, ni hi ha causes aparents que expliquin aquest canvi just en el punt de tall de 35 anys. Caldria, estudiar amb més profunditat quines covariables poden associar-se a aquestes

diferències com a possibles causes de la mateixa. Per altra banda, aquests són paràmetres que no han estat estudiats prèviament en l'estudi de l'AFP i que utilitzem com a referència fins a l'actualitat.

Una de les variables amb les què trobem certes diferències respecte als valors que s'indiquen a les normes estandarditzades de l'AFP és la de superfície. De fet, però, si observem els valors obtinguts per l'AFP, en ulls oberts, el valor mínim fou de 28 mm^2 i el màxim de 245 mm^2 , mentre que en ulls tancats és de 58 mm^2 i 775 mm^2 respectivament, i les mitjanes són de 96 mm^2 per ulls oberts i 259 mm^2 per ulls tancats. Valors que fan pensar en possibles errors en aquestes dades, ja que estaríem dient que es duplica o triplica la superfície només pel fet de tancar els ulls en el registre, mentre que diuen que no hi ha diferències significatives entre aquestes dues condicions de mesura, resultat que no sembla ser coherent amb els valors presentats. En el nostre cas, no es produeixen aquestes diferències tan grans entre ulls tancats i oberts, no trobant tampoc diferències entre condicions. Es dona la mateixa casuística quan considerem homes i dones per separat.

Pel que respecte a totes les variables de longitud, no hi ha cap associació entre els valors obtinguts i la condició d'ulls tancats o oberts, ni per sexe ni per edat. Només comentar que els valors de normalitat obtinguts són similars als descrits l'any 1985 per l'estudi de l'AFP. Tanmateix també coincidim en què els desplaçaments en el pla sagital predominen envers al pla frontal tal com succeeix amb altres autors (126,129,130).

De l'anàlisi de les dades en funció del temps mitjançant tècniques d'anàlisi funcional de dades (FDA),

Per a tots els registres s'observa que els valors que pren l'individu depenen del moment de temps. La variabilitat, existent durant els 51.2 segons de mesura és gran en tots els casos, tot i que sí s'ha pogut veure que existeix un patró de comportament durant aquests segons comú als individus. Les funcions que es desdibuixen, en tots els casos, denoten que prendre un únic valor resum del registre, tal com s'ha fet en l'anàlisi anterior, no és representatiu del que realment passa durant els segons de mesura. El fet de tenir determinada la corba de comportament, permet minimitzar l'impacte del problema actual en la mesura de paràmetres establimètrics quan el resultat és un únic valor. És a dir, el fet de no haver-hi un consens en el procediment de mesura, en el cas de l'estudi per corbes, es controla mitjançant els procediments de suavitzat de l'anàlisi exploratori, mentre que no és així en l'anàlisi per estimacions puntuals. Per exemple, en la variable de posició Y_m , en funció del procediment de mesura escollit, si només donem l'estimació puntual, es podria arribar a tenir que, segons sigui aquest, els individus sans tenen una mitjana que pot prendre valors tan diferents com -40 mm o -20 mm entre d'altres, que és el que ens passa quan comparem aquesta variable amb les normes 85. Mentre que en l'estimació per corbes, indistintament, al valor en l'eix Y de partida, el fet important és que aquest es manté durant tot el registre. Clínicament no importa de quant és, sinó que un individu sa, en aquest cas, no fa fluctuacions. Així doncs, un individu que presentés variabilitat fora dels marges de les

bandes de confiança, indicaria una alteració en el control postural. De l'anàlisi de components principals, en què es veu clarament que en un percentatge de l'ordre del 90% la corba de comportament depèn del factor temps, confirma que la transferència d'aquests models trobats tant per a la recerca com en l'aplicació clínica obre un nou paradigma en l'estudi del control postural tant dels individus sans com no.

Donades aquestes corbes de comportament comú amb les seves bandes de confiança al 95%, pren sentit veure en altres estudis, si per exemple el comportament és el mateix en cas de tenir alguna patologia, o si hi ha diferents factors que estan associats a la seva forma. És a dir, permet la comparabilitat entre grups d'individus, o diferents condicions de mesura, com per exemple abans i després d'un tractament fisioterapèutic. Cal destacar també que aquest procés de comparabilitat per facilitar la recerca s'hauria de poder incorporar al software de les mateixes plataformes, és a dir, les corbes patró en els propis programes d'estabilometria.

Les corbes patró dels paràmetres de longitud, han permès confirmar que la longitud incrementa amb el pas del temps, és a dir, no arriba a estabilitzar-se. De fet, això respon al fet que l'individu amb bipedestació, busca una situació d'equilibri activant tots els mecanismes de control postural per tal de mantenir-se estable, tant en ulls oberts com tancats. Per contra, les variables d'estabilometria, mínimes, màximes i en amplitud, generen a l'inici, que és quant fa la màxima expressió, una corba amb una pendent molt pronunciada, per passar a estabilitzar-se quan han passat entre 10 i 20 segons. Això respon a la teoria que hi ha que durant els primers

segons del registre, l'individu sa el que fa és buscar el punt en què té major estabilitat amb la mínima despesa d'energètica. Per altra banda, tal com es descriu en la introducció, en subjectes sans, en bipedestació, primer s'utilitza la tàctica de turmell fent que en els primers segons hi hagi major moviment del centre de pressions fins que aquest es va estabilitzant tal com també descriu Karlsson, l'any 1997 (140). És a dir, aquestes variables s'estabilitzen un cop l'individu ha trobat la seva zona de confort, i no succeint així per les variables de longitud, en les que l'interès és en tenir com menys longitud millor, i que seria en aquells casos en què hi ha més estabilitat. De fet, el comportament dels paràmetres de longitud tenen una dependència amb el comportament dels paràmetres d'estabilometria, mínimes, màximes i en amplitud, que caldria estudiar ara que s'han determinat les corbes de cada un d'ells, a través de superfícies de comportament.

Tot i que s'hauria de plantejar un futur estudi que a partir dels models trobats, prengué més variabilitat en edat. S'ha observat que l'edat no és un factor determinant, per a cap variable, de la forma de la corba de comportament, tot i que si podria estar relacionada en els valors presos. És a dir, a un mateix comportament però a diferent nivell, que conduiria a què les bandes de confiança fossin més precises si es determinessin aquestes corbes per grups d'edat. Resultat que estaria en consonància amb els estudis que a escala d'estimació puntual, troben una relació entre l'edat i els valors estabilomètrics (131-133). No és d'estranyar que la forma de les corbes no s'hagi relacionat amb l'edat, ja que tenint present que en edats molt avançades hi ha una disminució de

l'estabilitat, associada a la pèrdua coordinació i/o a l'augment de la rigidesa del teixit o per altres motius com patologies pròpies de l'envelliment humà. Destacar que es va dissenyar l'estudi amb la finalitat de trobar el comportament de normalitat entre 18 i 65 anys, essent aquesta a l'edat en què es troba la població activa.

Al comparar el comportament, mitjançant l'anàlisi funcional de dades, entre homes i dones, observem que només hi ha diferències significatives quan valorem l'amplitud en el pla sagital, tant en la mesura en ulls oberts com tancats. Resultat que coincideix amb el trobat en fer l'anàlisi amb estimacions puntuals. Així, ja que el mateix motiu exposat anteriorment com a possible causa d'aquesta diferència la justificaria, és a dir, el fet que les dones hagin pogut realitzar més treball muscular i propioceptiu (47,134), especialment a nivell de peu i turmell, a causa diferents causes pròpies de l'activitat de la vida diària de les dones. Per altra banda, destacar la importància de l'efecte de la musculatura flexora i dorsiflexora del peu en control postural (135,136).

L'anàlisi de dades funcional utilitzat, clarament dona resposta al tipus de dades registrades amb plataformes d'estabilometria. Ha permès obtenir un mètode per estudiar el comportament del control postural a partir del qual queden establertes la forma de les corbes que representen el comportament estàndard d'individus sans. Així doncs, adquireix sentit aprofundir a partir d'aquest en la concreció de les fórmules de les funcions per implantar-les en els *software* de les plataformes posturogràfiques i en l'estudi dels factors que modifiquen o causen aquest comportament.

6.1 Limitacions de l'estudi

Per començar aquest apartat, pensem que és important assenyalar que en un primer moment del projecte d'aquest estudi es va plantejar realitzar-lo tant en condicions estàtiques com dinàmiques. Si bé, a mesura que es va avançar en els procediments per a l'anàlisi de les dades, ens trobàrem que hi havia una mancança de models estadístics en els quals basar-nos. En conseqüència trobar algorismes que permetessin trobar les funcions de les condicions es feia difícil en ambdós casos, però especialment en el cas de la condició dinàmica. És per això, que es va optar per adaptar models de l'anàlisi funcional de dades, a aquest tipus de mesura, però començant només pel cas de la condició estàtica.

Un dels altres factors limitant que ens hem trobat en l'estudi, és l' heterogeneïtat en els procediments de registre estabilomètric i de consens, a la vegada que tampoc hi han altres *Gold's Standard*, que puguem utilitzar a l'hora d'establir els criteris de normalitat, afegint que els únics existents, daten de l'any 1985 establerts per l'AFP tal com han estat comentats en diferents punts d'aquesta tesi. És per aquest motiu, que nosaltres hem optat per seguir el procediment de mesura establert per l'AFP, tot i no mesurar exactament el mateix.

Malgrat haver enregistrat la dominància dels individus, ens hem trobat amb què, pràcticament, no hi havia subjectes amb dominància esquerra, i per tant no s'ha pogut comparar si hi havia diferències segons aquesta variable.

6.2 Línies de futur

Un dels primers passos a continuar com a línia de futur, que ja s'ha iniciat pel que fa al registre, és la de continuar amb la part dinàmica, ja que ara ja es disposa dels models estadístics adequats per a l'anàlisi exploratori funcional de les dades.

Una altra línia de futur possible, un cop trobats els models que determinen les corbes patró, seria establir els patrons del comportament en altres situacions, o per altres col·lectius de característiques especials en els que tingui interès conèixer el seu control postural, com per exemple esportistes, persones amb certes patologies, essent aquesta una de les prioritats en la recerca que hem ja iniciat.

Possiblement, i donada la dificultat que això comporta en els estudis de lateralitat, pensem que aquesta podria ser un altre línia a poder desenvolupar en un futur pròxim.

Un cop vist que es pot trobar una corba patró de comportament dels paràmetres establimètrics en individus sans de 18 a 65 anys, caldria determinar l'algoritme d'aquesta funció i les bandes de confiança, per incorporar-les en el *software* de les plataformes establimètriques, i així poder detectar quan un individu no té un comportament que s'ajusti al comportament de normalitat o estandarditzat. A la vegada, poder veure per a grups d'individus que no tinguin un comportament normal a quines patologies i/o factors podria estar associat, és a dir, estudiar grups patològics d'individus, com per exemple amb patologia neurològica, o amb característiques específiques que ens puguin interessar, com per exemple esportistes

d'elit, per tal de poder definir el seu comportament específic en l'àmbit postural i les variables que hi són associades per tal de determinar-lo.

7. CONCLUSIONS



Les conclusions principals d'aquesta tesi es concreten en les següents,

1. Existeix una funció o corba patró comú per a cada una de les variables estabilomètriques registrades en condicions estàtiques, tant en ulls oberts com tancats, per individus sans entre els 18 i els 65 anys. Així com s'estableixen els intervals de normalitat estabilomètrica.
2. Les corbes patró estabilomètriques descrites en l'anàlisi exploratori per a individus sans entre 18 i 65 anys s'agrupen en tres tipus de comportament. Un mes aplanat corresponent a les variables posicionals d' X_m i de Y_m , un altre amb una tendència creixent i quasi-lineal en funció del temps per a les variables que es relacionen amb la longitud del centre de pressions, i un altre tipus més curvilini de signe positiu o negatiu a l'inici del registre i amb una tendència a aplanar-se a mesura que avança el registre. Aquests tres models són comuns en la condició d'ulls oberts i ulls tancats.
3. No es troben diferències significatives entre homes i dones per a les variables estabilomètriques, tant en ulls oberts com tancats, a excepció de la variable amplitud en l'eix Y. En aquesta les dones presenten una major estabilitat en el pla sagital, tant en ulls oberts com tancats en estàtic. Aquest mateix resultat s'obté amb l'anàlisi funcional de dades trobant diferències significatives per a les corbes patró d'aquesta variable tant en ulls oberts com tancats.

4. Pel que fa a l'edat, s'ha trobat que és una covariable que explica molt poc el comportament de la corba patró de les variables estabilomètriques d'individus sans entre 18 i 65 anys.
5. Trobem una mitjana de la variable X_m de signe positiu en la població sana de 18 a 65 anys, i amb diferències estadísticament significatives quan la X_m es refereix al grup d'edat de 18 a 35 anys, i no entre la resta de grups de la població sana de 36 a 65 anys, en ulls oberts i ulls tancats.
6. Per altra banda, pel que fa a la variable Y_m s'observa una mitjana de signe negatiu en tots els casos. Alhora, quan aquesta variable està associada a l'edat i al sexe, trobem diferències estadísticament significatives pel que fa al grup d'edat de 18 a 35 anys i en el cas de les dones amb respecte la resta de grups, tant en ulls oberts com tancats.

8. BIBLIOGRAFIA



- (1) Straube A, Krafczyk S, Paulus W, Brandt T. Dependence of visual stabilization of postural sway on the cortical magnification factor of restricted visual fields. *Exp Brain Res* 1994;99(3):501-506.
- (2) Baloh RW, Fife TD, Zwierling L, Socotch T, Jacobson K, Bell T, et al. Comparison of static and dynamic posturography in young and older normal people. *J Am Geriatr Soc* 1994 Apr;42(4):405-412.
- (3) Kapteyn TS, Bles W, Njiokiktjien CJ, Kodde L, Massen CH, Mol JM. Standardization in platform stabilometry being a part of posturography. *Agressologie* 1983 Jun;24(7):321-326.
- (4) Tokita T, Miyata H, Matsuoka T, Taguchi T, Shimada R. Correlation analysis of the body sway in standing posture. *Agressologie* 1976;17:7-16.
- (5) Fitzgerald JE, Murray A, Elliott C, Birchall JP. Comparison of body sway analysis techniques. Assessment with subjects standing on a stable surface. *Acta Otolaryngol* 1994 Mar;114(2):115-119.
- (6) Taguchi K. Relationship between the head's and the body's center of gravity during normal standing. *Acta Otolaryngol* 1980;90(1-2):100-105.
- (7) Koles ZJ, Castelein RD. The relationship between body sway and foot pressure in normal man. *J Med Eng Technol* 1980 Nov;4(6):279-285.
- (8) Winter DA, Patla AE, Prince F, Ishac M, Gielo-Perczak K. Stiffness control of balance in quiet standing. *J Neurophysiol* 1998 Sep;80(3):1211-1221.
- (9) Rodríguez PR, Bagur C, Girabent M. Estudi sobre la validesa i la fiabilitat de la plataforma de posturografia 40/16 Satel, tant per a estudis estàtics com dinàmics. [Tesina doctoral-DEA] Sant Cugat del Vallès: Universitat Internacional de Catalunya; 2010.
- (10) Bell C. *The Hand: Its Mechanism and Vital Endowments as Evincing Design*. London; 1837.164-184.
- (11) Gurfinkel VS. Muscle afferentation and postural control in man. *Agressologie* 1973 Sep;14(Spec No C):1-8.

- (12) Gurfinkel VS, Kots YM, Shik ML. Regulation of Human Posture. 1965.
- (13) Ranquet J. Essai d'objectivation de l'équilibre normal et pathologique. Paris; 1953.
- (14) Nashner LM. Sensory feedback in human posture control. Cambridge; 1970.
- (15) Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture* 2002;16(1):1-14.
- (16) Gagey PM. Oculomotoricity as an endo-input of the postural system. *Agressologie* 1987 Oct;28(9):899-903.
- (17) Da Cunha HM. Postural deficiency syndrome. *Agressologie* 1987 Oct;28(9):941-943.
- (18) Nitz JC, Kuys S, Isles R, Fu S. Is the Wii Fit a new-generation tool for improving balance, health and well-being? A pilot study. *Climacteric* 2009 Nov 12.
- (19) Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait Posture* 2010 Mar;31(3):307-310.
- (20) Shih CH, Shih CT, Chu CL. Assisting people with multiple disabilities actively correct abnormal standing posture with a Nintendo Wii Balance Board through controlling environmental stimulation. *Res Dev Disabil* 2010 Apr 8.
- (21) Turbón D. La evolución humana. 1ª ed. Barcelona: Ariel; 2006.
- (22) Relethford JH. Genetic evidence and the modern human origins debate. *Heredity* 2008 06;100(6):555-563.
- (23) Wolpoff MH, Hawks J, Caspari R. Multiregional, not multiple origins. *Am J Phys Anthropol* 2000 05;112(1):129-136.
- (24) Relethford JH. Genetics and the search for modern human origins. New York: Wiley-Liss; 2001.

- (25) Kapandji AI. Fisiología Articular. 5ª ed. ed. Madrid: Maloine; 2001.
- (26) Greenstein B, Greenstein A. Control of posture. Color atlas of neuroscience: neuroanatomy and neurophysiology. Stuttgart: Thieme; 2000. 206-207.
- (27) Peterka RJ. Sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol* 2002 Sep;88(3):1097-1118.
- (28) Mergner T, Maurer C, Peterka R. A multisensory posture control model of human upright stance. *Prog Brain Res* 2003;142:189-201.
- (29) Nashner LM, McCollum G. The organization of human postural movements: a formal basis and experimental synthesis. *Behav Brain Sci* 1985;8(01):135-150.
- (30) Uimonen S, Laitakari K, Sorri M, Bloigu R, Palva A. Effect of positioning of the feet in posturography. *J Vestib Res* 1992 Winter;2(4):349-356.
- (31) Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. *Phys Ther* 1987 Dec;67(12):1881-1885.
- (32) Gagey PM, Weber B. Posturologia : regulación y alteraciones de la bipedestación. 1a ed. Barcelona: Masson; 2001.
- (33) Redfern MS, Yardley L, Bronstein AM. Visual influences on balance. *J Anxiety Disord* 2001 4;15(1-2):81-94.
- (34) Lacour M, Borel L. Vestibular control of posture and gait. *Arch Ital Biol* 1993;131(2):81-104.
- (35) Lacour M, Dupui P, Montoya R. Physiologie, techniques, pathologies. Marseille: Solal; 2003.
- (36) Dupui P, Montoya R. Approche physiologique des analyses posturographiques statiques et dynamiques, physiologie, techniques, pathologies. *Posture et équilibre*. Solal 2003:13-29.
- (37) Berthoz A. Cooperation and substitution between the saccadic system and vestibular origin reflexes: Should we revise the notion of reflex. *Rev Neurol* 1989;145:513-526.

- (38) Borel L, Harlay F, Magnan J, Lacour M. How changes in vestibular and visual reference frames combine to modify body orientation in space. *Neuroreport* 2001;12(14):3137-3141.
- (39) Lopez C, Borel L, Magnan J, Lacour M. Relation entre posture, oculomotricité et perception de la verticalité au cours de la compensation vestibulaire: stratégies individuelles et processus communs. *Posture et équilibre. Physiologie, techniques, pathologies. Solal, Marseille* 2003:103-116.
- (40) Lacour M, Borel L. Noyaux vestibulaires et contrôle postural. A. Berthoz, & PP Vidal Noyaux vestibulaires et vertiges 1993:117-151.
- (41) Berthoz A, Vidal PP. Noyaux vestibulaires et vertiges: Arnette; 1993.
- (42) Fitzpatrick RC, Gorman RB, Burke D, Gandevia SC. Postural proprioceptive reflexes in standing human subjects: bandwidth of response and transmission characteristics. *J Physiol* 1992 Dec;458:69-83.
- (43) Fitzpatrick R, McCloskey DI. Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *J Physiol* 1994 Jul 1;478 (Pt 1)(Pt 1):173-186.
- (44) Fitzpatrick R, Rogers DK, McCloskey DI. Stable human standing with lower-limb muscle afferents providing the only sensory input. *J Physiol* 1994 Oct 15;480 (Pt 2)(Pt 2):395-403.
- (45) Snell RS. *Neuroanatomía clínica*. Ed. Médica Panamericana: 2007.
- (46) Guyton AC, Hall JE, Guyton AC. *Tratado de fisiología médica*. Brasil: Elsevier; 2006.
- (47) Winter DA, Patla AE, Ishac M, Gage WH. Motor mechanisms of balance during quiet standing. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2003;13(1):49-56.
- (48) Calderón FJ, Legido JC, Teijón JM. *Neurofisiología aplicada al deporte*. Madrid: Tebar; 2002.

- (49) Gagey PM, Baron JB, Ushio N. Introduction à la posturologie clinique. *Agressologie* 1980;21(E):119-123.
- (50) Gori L, Firenzuoli F. Posturology. Methodological problems and scientific evidence. *Recenti Prog Med* 2005 Feb;96(2):89-91.
- (51) Huggare J, Harkness E. Associations between head posture and dental occlusion. *J Dent Res* 1993;72:255.
- (52) Bracco P, Deregibus A, Piscetta R, Ferrario G. Observations on the correlation between posture and jaw position: a pilot study. *Cranio* 1998 Oct;16(4):252-258.
- (53) Nobili A, Adversi R. Relationship between posture and occlusion: a clinical and experimental investigation. *Cranio* 1996 Oct;14(4):274-285.
- (54) Milani RS, De Periere DD, Lapeyre L, Pourreyron L. Relationship between dental occlusion and posture. *Cranio* 2000 Apr;18(2):127-134.
- (55) Arbeille P, Kerbeci P, Besnard S, Montoya A, Dupui P. Influence of eye closing on the cardiovascular response to stand test on stable and unstable platforms. *J Gravit Physiol* 2004 Jul;11(2):P85-6.
- (56) Kubo T, Sakata Y, Koshimune A, Sakai S, Ameno K, Ijiri I. Positional nystagmus and body sway after alcohol ingestion. *Am J Otolaryngol* 1990 Nov-Dec;11(6):416-419.
- (57) Kubo T, Sakata Y, Matsunaga T, Koshimune A, Sakai S, Ameno K, et al. Analysis of body sway pattern after alcohol ingestion in human subjects. *Acta Otolaryngol Suppl* 1989;468:247-252.
- (58) Scoppa F AG. Cicatrices pathologiques et déséquilibres posturaux. 9 Congrès International de la S.I.R.E.R. (Société Internationale de Recherche et d'Etude sur le Rachis). Septembre 2004. Lion (France).
- (59) Montisci M, Cecchetto G, Viel G, Favretto D, Ducolin G, Giorgetti R, et al. Low blood alcohol levels. Experimental study on attention and body sway control functions. *Forensic Science International Supplement Series* 2009;1(1):63-65.

(60) Scoppa F AG. Cicatrici patologiche e squilibri posturali pathological scars and postural disorders. 9 Congrès Internacional de la S.I.R.E.R. (Société Internationale de Recherche et d'Etude sur le Rachis). Setembre 2004. Lion (France).

(61) Qu X. Low-level noise affects balance control differently when applied at different body parts. *J Biomech* 2010 11/16;43(15):2936-2940.

(62) Asakawa K, Ishikawa H, Kawamorita T, Fujiyama Y, Shoji N, Uozato H. Effects of ocular dominance and visual input on body sway. *Jpn J Ophthalmol* 2007 Sep-Oct;51(5):375-378.

(63) Laurens J, Awai L, Bockisch CJ, Hegemann S, van Hedel HJ, Dietz V, et al. Visual contribution to postural stability: Interaction between target fixation or tracking and static or dynamic large-field stimulus. *Gait Posture* 2010 Jan;31(1):37-41.

(64) Earhart GM, Henckens JM, Carlson-Kuhta P, Horak FB. Influence of vision on adaptive postural responses following standing on an incline. *Exp Brain Res* 2010 May;203(1):221-226.

(65) Hue OA, Seynnes O, Ledrole D, Colson SS, Bernard PL. Effects of a physical activity program on postural stability in older people. *Aging Clin Exp Res* 2004 Oct;16(5):356-362.

(66) Jorgensen MG, Rathleff MS, Laessoe U, Caserotti P, Nielsen OBF, Aagaard P. Time-of-day influences postural balance in older adults. *Gait and Posture* 2012;35(4):653-657.

(67) Gribble PA, Tucker WS, White PA. Time-of-Day Influences on Static and Dynamic Postural Control. *J Athl Train* 2007 Jan-Mar;42(1):35-41.

(68) Schlesinger A, Redfern MS, Dahl RE, Jennings JR. Postural control, attention and sleep deprivation. *Neuroreport* 1998;9(1):49-52.

(69) Nakano T, Araki K, Michimori A, Inbe H, Hagiwara H, Koyama E. Nineteen-hour variation of postural sway, alertness and rectal temperature during sleep deprivation. *Psychiatry Clin Neurosci* 2001;55(3):277-278.

- (70) Robillard R, Prince F, Filipini D, Carrier J. Aging worsens the effects of sleep deprivation on postural control. *PLoS ONE* 2011;6(12).
- (71) Bougard C, Lepelley M-, Davenne D. The influences of time-of-day and sleep deprivation on postural control. *Experimental Brain Research* 2011;209(1):109-115.
- (72) Parre F. Metrologie en stabilométrie. Qualification d'une plate-forme de stabilométrie. 2005. 48p. Rapport de stage d'une DESS de Physique. Disponible en: <http://ada-posturologie.fr/signal.htm> Consultat el 4 de maig de 2012.
- (73) Terekhov Y. Stabilometry as a diagnostic tool in clinical medicine. *Can Med Assoc J* 1976 Oct 9;115(7):631-633.
- (74) Johansson R, Magnusson M. Human postural dynamics. *Crit Rev Biomed Eng* 1991;18(6):413-437.
- (75) Gagey PM, Gentaz R, Guillaumon JL. et al. Etudes statistiques des mesures faites sur l'homme normal à l'aide de la plate-forme de stabilométrie clinique normalisée. Normes 85. Association Française de Posturologie (AFP). 2ème édition Paris. 1988.
- (76) Floirat N, Bares F, Ferrey G, Kemoun G, Carette P, Larvaron-Appert I, et al. 9.5 Aporia of stabilometric standards. *Gait Posture* 2005 6;21, Supplement 1(0):S52-S53.
- (77) Kemoun G, Carette P, Watelain E, Floirat N. Thymocognitive input and postural regulation: A study on obsessive-compulsive disorder patients. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* 2008 4;38(2):99-104.
- (78) Aufauvre V, Kemoun G, Carette P, Bergeal E. Évaluation posturale à domicile chez la personne âgée : comparaison chuteurs-non chuteurs. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique* 2005 5;48(4):165-171.
- (79) AFP. Normes 85. Avenue de Corbéra, 4, 75012Paris: Association Française de Posturologie; 1985.

- (80) Bernard JC VJ. Mesures stabilométriques des paramètres de l'équilibre statique de 26 patients scoliotiques avant et après traitement. *Annales de Kinésithérapie*. 1999;26 (4):145-153.
- (81) Van Daele U, Huyvaert S, Hagman F, Duquet W, Van Gheluwe B, Vaes P. Reproducibility of postural control measurement during unstable sitting in low back pain patients. *BMC Musculoskelet Disord* 2007 May 22;8:44.
- (82) Mientjes MI, Frank JS. Balance in chronic low back pain patients compared to healthy people under various conditions in upright standing. *Clin Biomech* 1999; 14(10):710-716.
- (83) Muller F. Analyse de la posture statique et/ou dynamique sur plate-forme de force (posturographie) : statokinésigraphie informatisée. Haute Autorité de Santé [en ligne]. 20 aout2007. Disponible en : http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/rapport_analyse_de_la_posture.pdf Consultat el 5 de maig de 2012.
- (84) Imoaka K, Murase H, Fukuhara M. Collecte des données stabilométriques sur des sujets sans. Traduit du Japonais par Yukako Akinaga. Disponible en: <http://ada-posturologie.fr/signal.htm>. *Equilibrium research* Oct 1997;12.
- (85) Kantner RM, Rubin AM, Armstrong CW, Cummings V. Stabilometry in balance assessment of dizzy and normal subjects. *Am J Otolaryngol* 1991 Jul-Aug;12(4):196-204.
- (86) Krivoshei IV, Skvortsov DV, Shinaev NN, Talambum EA. Stabilometry parameters in some mental disorders. *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova* 2006;106(8):62-64.
- (87) Hugel F, Cadopi M, Kohler F, Perrin P. Postural control of ballet dancers: a specific use of visual input for artistic purposes. *Int J Sports Med* 1999 Feb;20(2):86-92.
- (88) Robin DW, Hasan SS, Lichtenstein MJ, Shiavi RG, Wood AJ. Dose-related effect of triazolam on postural sway. *Clin Pharmacol Ther* 1991 May;49(5):581-588.
- (89) Granados García A, Rojo González J. Alteraciones del equilibrio en consumidores de hachís. *Kronos* 2008;7(14).

- (90) Ishizaki K, Mori N, Takeshima T, Fukuhara Y, Ijiri T, Kusumi M, et al. Static stabilometry in patients with migraine and tension-type headache during a headache-free period. *Psychiatry Clin Neurosci* 2002 Feb;56(1):85-90.
- (91) Inukai K, Koizuka I, Takahashi S. Investigation into dizziness before and after Epley's maneuver for benign paroxysmal positional vertigo using stabilometry. *Auris Nasus Larynx* 2007 Mar;34(1):15-17.
- (92) Sourdain G. Stabilométrie Statique: Place de la plate-form de force on kinésithérapie. Disponible en: http://www.ifpek.org/pmb/opac_css/doc_num.php?explnum_id=368 Consultat el 5 de maig de 2012.
- (93) Deville J. Méthodes statistiques et numeriques de l'analyse harmonique. *Ann Insee* 1974;15:3-104.
- (94) Cardot, H., Ferraty, F., Sarda, P. Functional Linear Model. 1999;45:11-22.
- (95) Ramsay JO, Silverman BW. Functional data analysis. New York etc.: Springer; 1997.
- (96) Ramsay JO, Silverman BW. Applied functional data analysis methods and case studies. 2nd ed. New York: Springer; 2005.
- (97) Ferraty F. Nonparametric functional data analysis models, theory, applications and implementations. New York, NY: Springer; 2006.
- (98) Febrero-Bande M, Oviedo de la Fuente, Manuel. Statistical computing in functional data analysis: the R package fda. *usc. Journal of Statistical Software* 2012;51(4):1-28.
- (99) Ramsay J, Wickham H, Graves S, Hooker G. fda: Functional Data Analysis. R package version 2.2.8. 2012; Disponible en: <http://CRAN.R-project.org/package=fda>. Consultat el 10 de gener de 2014.
- (100) Ramsay J, Wickham H, Ramsay MJ. Package 'fda'. 2013. Disponible en: <http://cran.r-project.org/web/packages/fda/fda.pdf> Consultat el 10 de gener de 2014.

(101) Shang HL HR. rainbow: Rainbow Plots, Bagplots and Boxplots for Functional Data. R package version 3.0. 2012; Disponible en: <http://CRAN.R-project.org/package=rainbow>. Consultat el 10 de gener de 2014.

(102) Ramsay JO, Silverman BW. Applied functional data analysis methods and case studies. New York: Springer; 2002.

(103) Functional data analysis. Disponible en: <http://www.psych.mcgill.ca/misc/fda/index.html>. Consultat el 8 de maig, 2012.

(104) Gagey P, Ouaknine M, Sasaki O. Demonstrating the dynamics of stabilisation: the AFP 40/16 platform. Disponible en: <http://pmsgagey.club.fr/AFP4016Dyn-a.htm>. Consultat el 18 de maig de 2012.

(105) Satorra A. Alternative test criteria in covariance structure analysis: A unified approach. *Psychometrika* 1989;54(1):131-151.

(106) Satorra A, Bentler PM. A scaled difference chi-square test statistic for moment structure analysis. *Psychometrika* 2001;66(4):507-514.

(107) Quetelet A, Boccardo G. Fisica Sociale ossia svolgimento delle facoltà dell'uomo" Cap. 2: Relazioni tra il peso e la statura. *Economía Política*", G.Boccardo (ed.), Torino: Unione Tipografico-Editrice Torinese 1875.

(108) OMS CdE. El estado físico: uso e interpretación de la antropometría. Ginebra: OMS 1995.

(109) Fleiss JL. Design and analysis of clinical experiments. John Wiley&Sons; 2011: 186–194.

(110) Becker HB. Functional analysis of information networks a structured approach to the data communications environment. New York John Wiley & Sons; 1973.

(111) Aguilera-Morillo MC, Aguilera AM, Escabias M, Valderrama MJ. Penalized spline approaches for functional logit regression. *Test* 2013;22(2):251-277.

(112) Cuevas A, Febrero M, Fraiman R. On the use of the bootstrap for estimating functions with functional data. *Comput Stat Data Anal* 2006;51(2):1063-1074.

(113) Ferraty F. Nonparametric functional data analysis models, theory, applications and implementations. New York, NY: Springer; 2006.

(114) Wasserman L. All of nonparametric statistics: Springer; 2006.

(115) Smith LI. A tutorial on principal components analysis. Cornell University, USA 2002;51:52.

(116) Jolliffe I. Principal component analysis: Wiley Online Library; 2005.

(117) Cuevas A, Febrero M, Fraiman R. An anova test for functional data. *Comput Stat Data Anal* 2004;47(1):111-122.

(118) Cuesta-Albertos J, Febrero-Bande M. A simple multiway ANOVA for functional data. *Test* 2010;19(3):537-557.

(119) Hardyck C, Petrinovich LF. Left-handedness. *Psychological Bulletin* 1977;84:385-404.

(120) Mertler CA, Vannatta RA. Advanced and multivariate statistical methods. Los Angeles, CA: Pyrczak 2002.

(121) Baron JB, Goumot H, Gagey PM, Filliozat R, Gentaz R, Koitcheva V, et al. Disturbance of tonic postural activity of oculomotor origins due to head injury. Neuro-ophthalmological and pharmacological aspects. *Agressologie* 1975;16 Spec No D:53-64.

(122) Magnæs B. Body position and cerebrospinal fluid pressure: Part 1: Clinical studies on the effect of rapid postural changes. *J Neurosurg* 1976;44(6):687-697.

(123) Coughlan GF, Fullam K, Delahunt E, Gissane C, Caulfield BM. A comparison between performance on selected directions of the star excursion balance test and the Y balance test. *J Athl Train* 2012 Jul-Aug;47(4):366-371.

(124) Carpenter MG, Frank JS, Silcher CP, Peysar GW. The influence of postural threat on the control of upright stance. *Exp Brain Res* 2001 May;138(2):210-218.

(125) Adkin AL, Frank JS, Carpenter MG, Peysar GW. Fear of falling modifies anticipatory postural control. *Experimental brain research* 2002;143(2):160-170.

(126) Baydal-Bertomeu J, Guillem BI, Soler-Gracia C, Peydro De Moya M, Prat J, Barona De Guzmán R. Determinación de los patrones de comportamiento postural en población sana española. *Acta Otorrinolaringológica Española* 2004;55(6):260-269.

(127) Choy NL, Brauer S, Nitz J. Changes in postural stability in women aged 20 to 80 years. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 2003;58(6):M525-M530.

(128) Amiridis IG, Hatzitaki V, Arabatzi F. Age-induced modifications of static postural control in humans. *Neurosci Lett* 2003;350(3):137-140.

(129) Kapteyn T, Wit Gd. Posturography as an auxiliary in vestibular investigation. *Acta Otolaryngol* 1972;73(2-6):104-111.

(130) Exploration des afférences sensorielles et du contrôle moteur de l'équilibration par la posturographie statique et dynamique. *Annales d'oto-laryngologie et de chirurgie cervico-faciale*: Elsevier Masson; 1996.

(131) Shumway-Cook A, Woollacott MH. The growth of stability: postural control from a developmental perspective. *J Mot Behav* 1985;17(2):131-147.

(132) Hytönen M, Pyykkö I, Aalto H, Starck J. Postural control and age. *Acta Otolaryngol* 1993;113(1-2):119-122.

(133) Maki BE, McIlroy WE. Postural control in the older adult. *Clin Geriatr Med* 1996 Nov;12(4):635-658.

(134) Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture* 1995;3(4):193-214.

(135) Lundin TM, Feuerbach JW, Grabiner MD. Effect of Plantar Flexor and Dorsiflexor Fatigue on Unilateral Postural Control. *Journal of Applied Biomechanics* 1993;9(3).

(136) Baier M, Hopf T. Ankle orthoses effect on single-limb standing balance in athletes with functional ankle instability. *Arch Phys Med Rehabil* 1998 Aug;79(8):939-944.

(137) MALONE, T.R et al. Relationship of gender to anterior cruciate ligament injuries in intercollegiate basketball players. *J. Southern Orthop Assoc* 1993;2:36-39.

(138) TAUNTON, J.E et al. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J. Sports Med* 2002;36:95-101.

(139) FERBER, R. et al. Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clin Biomech* 2003;18:350-357.

(140) Karlsson A, Lanshammar Hakan. Analysis of postural sways strategies using an inverted pendulum model and force plate data. *Gait & Posture* 1997;5:198-203.

9. ANNEXES



Annex 1. Consentiment Informat i full informatiu

Determinació de la funció del comportament que indica normalitat en els estudis establimètrics estàtics i dinàmics, i intervals de normalitat, en individus sans amb una edat entre 18 i 65 anys.

2013

Consentiment informat per als individus participants en la investigació quantitativa

Nº ID:

Pere Rodríguez Rubio amb DNI. 40.560.665 informa al participant o familiar del participant Sr/Sra amb DNI. de l'existència d'un projecte de recerca sobre les normes establimètriques per individus sans en el registres sobre el control postural mitjançant un anàlisi de dades funcionals.

Informació per als participants

Projecte d'estudi: Determinació de la funció del comportament que indica normalitat en els estudis establimètrics estàtics i dinàmics, i intervals de normalitat, en individus sans amb una edat entre 18 i 65 anys.

Investigador principal: Sr. Pere Rodríguez

Investigadors Col·laboradors: Dra. Caritat Bagur i Sra. Montserrat Girabent

Objectius:

- (1) Estimar la funció-patró comuna, en els subjectes sans entre 18 i 65 anys, que millor ajusta les coordenades geomètriques dels registres establimètrics estàtics i dinàmics del control postural, que es mesuren durant un temps finit en una plataforma d'establimetria, considerada la funció de comportament normalitzat, per les diferents variables posturogràfiques.
- (2) Estimar l'interval de normalitat dels valors dels registres establimètrics estàtics i dinàmics del control postural mesurats a través de la plataforma establimètrica, que s'estima a partir del punt valor on convergeix la funció-patró comuna trobada i el seu IC95%, per les diferents variables posturogràfiques.

Procediment:

La establimetria és un instrument d'avaluació del control motor de la postura a través de la mesura dels desplaçaments del Centre de Pressió.

Per als registres es demana al subjecte que es col·loqui a sobre de la plataforma i fixi la mirada sobre una referència visual que li faciliti la regulació postural. Cada registre té una durada de 52,2 segons en els registres estàtics i de 26,1 segons per als registres en una condició dinàmica.

En els registres dinàmics s'utilitza un plat de metacrilat que desestabilitza a l'individu en un sol pla al mateix temps i desequilibrant-lo en el pla frontal i el pla sagital.

Segons la metodologia de l'estudi, seran necessàries tres repeticions de la següent seqüència de registre establimètric; Un registre en condicions estàtiques amb ulls oberts i amb ulls tancats, un registre en condicions dinàmiques en el pla de desequilibri frontal i sagital i amb ulls oberts i ulls tancats per a cada desequilibri. El total de la seqüència descrita consta de 6 registres que es repetiran 3 vegades de forma consecutiva, deixant un període de blanqueig de 5 minuts entre registres.

En els registres posturogràfics no hi ha cap risc conegut per a la salut del participant. El benefici de l'estudi serà conèixer quin són els valors establimètrics que utilitza l'individu per al control postural en situacions estàtiques i dinàmiques i com es troba en relació als resultats obtinguts que es consideraria el patró-funció d'equilibri establimètric.

Compromís d'anonimat:

Els investigadors es comprometen a garantir la confidencialitat respecte a la identitat de cada participant i a mantenir els registres de la investigació a bon recapte per assegurar l'anonimat dels participants de l'estudi. La còpia de les dades del registre establimètric i els fulls de registre, estaran conservats en el departament de Fisioteràpia de la Universitat Internacional de Catalunya. Els resultats de l'estudi podran ser publicats o presentats en reunions científiques sense revelar la identitat dels seus participants.

Participació lliure i voluntària en l'estudi.

El/la participant, pot també abandonar l'estudi en qualsevol moment que ho desitgi sense donar explicacions i sense que això comporti cap conseqüència de ningun tipus per a l'individu.

La seva firma a continuació, confirma que ha llegit aquest document o que algú se l'ha llegit. Se li ha donat i se li continuarà donant la oportunitat de fer preguntes al llarg de l'estudi i de concretar la seva participació en el projecte.

Vostè ha escollit participar en l'estudi d'investigació lliure i voluntàriament.

	Nom i cognoms	Data	Signatura
Participant			
Informant			

Annex 2. Full de registre

Determinació de la funció del comportament que indica normalitat en els estudis estabilmètrics estàtics i dinàmics, i intervals de normalitat, en individus sans amb una edat entre 18 i 65 anys.

2013



Full de recollida de dades de l'estudi

Home /Dona: _____

Nº ID:

Data de naixement: ____/____/____

Edat: _____

E-mail: _____/_____

Tel.: _____

1. Marca amb una X en la casella Si/No la resposta de les següents preguntes, i en el cas de contestar que SI, explica el motiu en la casella d'observació:

	SI	NO	Especificació
Has tingut alguna malaltia diagnosticada a nivell de l'esquena i/o cervicals en els últims tres mesos?			
Has tingut alguna Intervenció quirúrgica a nivell del sistema múscul-esquelètic?			
Has tingut alguna patologia degenerativa diagnosticada en els últims tres mesos?			
Presentes algun tipus de simptomatologia abans de realitzar el registre estabilmètric com ara dolor, conjuntivitis, algun tipus d'infecció, estats febrils, etc?			
Has tingut alguna patologia neurològica diagnosticada en els últims tres mesos?			
Has pres algun medicament en les últimes 24 hores (excepte complements vitamínics)?			
Has tingut o presentes alguna alteració o patologia del sistema vestibular?			
Has tingut o presents alguna patologia inflamatòria de l'oïda mitja abans del moment del registre?			
Utilitzes algun tipus de material ortèsic a nivell plantar?			
Portes algun tipus de material d'ortodòncia?			
Portes algun tipus de material protèsic dental col·locat en els últims tres mesos?			
Presentes dolor o alguna simptomatologia a nivell de l'articulació temporomandibular abans del registre estabilmètric?			
Presentes alguna patologia ocular diagnosticada en la última setmana o simptomatologia ocular en el moment abans del registre?			

Pàgina 1 de 4

Determinació de la funció del comportament que indica normalitat en els estudis establimètrics estàtics i dinàmics, i intervals de normalitat, en individus sans amb una edat entre 18 i 65 anys.

2013

T'han diagnosticat d'estrabisme o creus que pots presentar-lo en el moment del registre?

SI	NO	Especificació

Estàs embarassada?

2. A complementar per l'investigador.

Talla: _____ m Pes: _____ Kg.

Longitud peu Dret: _____ cm

Registre FC/hora (Puls x/hh:mm:ss): _____ / _____

TA/hora (TAS/TAD, hh:mm:ss): _____, _____

Has menjat o begut alguna cosa en els últims 30 min? _____

Procediment d'exploració:

Estàtic (51,2s) Rep 1	Ulls Oberts	
	Ulls Tancats	
Estàtic (51,2s) Rep 2	Ulls Oberts	
	Ulls Tancats	
Estàtic (51,2s) Rep 3	Ulls Oberts	
	Ulls Tancats	
Dinàmica (25,6s) Rep 1	AP Ulls Oberts	
	AP Ulls Tancats	
Dinàmica (25,6s) Rep 2	AP Ulls Oberts	
	AP Ulls Tancats	
Dinàmica (25,6s) Rep 3	AP Ulls Oberts	
	AP Ulls Tancats	
Dinàmica (25,6s) Rep 1	Lateral Ulls Oberts	
	lateral Ulls Tancats	
Dinàmica (25,6s) Rep 2	Lateral Ulls Oberts	
	lateral Ulls Tancats	
Dinàmica (25,6s) Rep 3	Lateral Ulls Oberts	
	lateral Ulls Tancats	

3. Informació sobre les activitats desenvolupades pel participant.

3.1. Practiques una activitat esportiva o fisico-activa de forma regular senya la resposta que més s'ajusta a les teva?

3.1.1. Encercla un màxim de tres activitats

- a) Córrer
- b) Ciclisme *Indoor/Outdoor*
- c) *Fitness*
- d) Natació
- e) Esports d'equip (fútbol, bàsquet, handbol, waterpolo...)
- f) Patinatge
- g) Esports de raquetes (tenis, pàdel, bàdminton...)
- h) Ioga, Pilates
- i) Activitats aquàtiques (aquagym, aquasalus...)
- j) Trekking
- k) Altres

- l) NO

3.1.2. Temps de dedicació setmanal de l'activitat o activitats de forma conjunta de la pregunta 3.1.1?

- a) Entre 0 i 2 hores
- b) Entre 3 i 5 hores
- c) Entre 6 i 8 hores
- d) Més de 10 hores

3.2. Anys que practiques esport de forma regular

- a) Entre 0 i 5 anys
- b) Entre 5 i 10 anys
- c) Mes de 15 anys
- d) Mai

3.3. En cas que hagi respost afirmativament a la pregunta 3.1, quin és el temps de descans abans del moment de registre?

- a) Entre 0 i 2 hores
- b) Entre 4 i 6 hores
- c) Més de 8 hores

3.4. Practiques algun tipus d'activitat de navegació?

- a) Sí
- b) No
- c) Quina? _____

3.5. Utilitzes de forma habitual plataformes estabilmètriques a nivell domiciliari o esportiu com la wii fit?

- a) Sí
- b) No
- c) Quina? _____

3.6. Segueixes actualment algun tractament de teràpia física?

- a) Sí
- b) No
- c) Quina? _____

3.6.1. En el cas d'haver contestat que sí en la pregunta 3.6, quin és el motiu pel qual et vas haver de sotmetre a tractament?

- a) A nivell preventiu i exploració rutinària
- b) Després d'una intervenció quirúrgica
- c) Després d'haver donat a llum
- d) Vertígens
- e) Dolor
- f) Altres

3.6.2. En el cas d'haver contestat que sí en la pregunta 3.6, quan va ser la última sessió en la que et vas sotmetre a tractament?

- a) Ahir (abans del registre)
- b) Farà una setmana
- c) Fa més d'un mes

Annex 3. Carta d'aprovació del projecte pel CER de la UIC



CARTA APROVACIÓ PROJECTE PEL CER

Codi de l'estudi: FIS-2012-03

Versió del protocol: 1.0

Data de la versió: 12/06/12

Títol: "Determinació de la funció del comportament que indica normalitat en els estudis establimètrics estàtics i dinàmics, i intervals de normalitat, en individus sans amb una edat entre 18 i 65 anys".

Sant Cugat del Vallès, 19 de juny de 2012

Investigador: Pere Ramón Rodríguez Rubio

Títol de l'estudi: "Determinació de la funció del comportament que indica normalitat en els estudis establimètrics estàtics i dinàmics, i intervals de normalitat, en individus sans amb una edat entre 18 i 65 anys".

Benvolgut(da),

Valorat el projecte presentat, el CER de la Universitat Internacional de Catalunya, considera que, des del punt de vista ètic, reuneix els criteris exigits per aquesta institució i, per tant, ha

RESOLT FAVORABLEMENT

emetre aquest CERTIFICAT D'APROVACIÓ per part del Comitè d'Ètica de la Recerca, per que pugui ser presentat a les instàncies que així ho requereixin.

Em permeto recordar-li que si en el procés d'execució es produís algun canvi significatiu en els seus plantejaments, hauria de ser sotmès novament a la revisió i aprovació del CER.

Atentament,

Dr. Josep Argemí
President CER-UIC

Annex 4. Taula comparativa resultats normes 85 vs. normes 2014

Normes 85						Normes 2014						
		min.	màx.	x	SD	Límit mín./ màx .(2SD)	min.	màx.	x	SD	Límit mín./ màx .(2SD)	IC95%
S	EOA	27,76	245,45	99,53	42,20	[16.816,182.246]	57.51	729.85	221,42	118,65	[-11.134,453.974]	[203.82,239.02]
	EOA_H	27,76	182,32	96,19	39,72	[18.335,174.048]	57.91	628.36	236,22	120,18	[0.667,471.773]	[210.60,261.83]
	EOA_D	48,96	245,45	102,87	44,69	[15.270,190.471]	57.51	729.85	207,12	116,04	[-20.318,434.558]	[182.81,231.42]
	EOC	58,14	774.65	258,94	145,73	[-26.700,544.588]	60.29	955.75	232,63	146,49	[-54.490,519.750]	[210.90,254.36]
	EOC_H	58,14	774.65	260.08	142,76	[-19.732,539.901]	57.51	955.75	244,44	150,95	[-51.422,540.302]	[212.27,276.61]
	EOC_D	68,30	707.86	257,80	150,09	[-36.379,551.985]	61.65	882.50	222,21	141,95	[-56,012,500.432]	[191.48,250.94]
Xm	EOA	-10,89	16,83	1,06	5,43	[-9.584,11.697]	-15.52	18.38	1,51	6,35	[-10,936,13.956]	[0.57,2.45]
	EOA_H	-10,89	16,83	1,32	5,50	[-9.458,12.088]	-15.52	18.38	1,24	7,17	[-12.813,15.293]	[-0.29,2.77]
	EOA_D	-10,81	16,74	0,80	5,40	[-9.793,11.388]	-9.88	13.82	1,78	5,48	[-8,961,12.521]	[0.63,2.92]
	EOC	-13,26	12,68	0,29	5,52	[-10.535,11.108]	-15.60	18.26	1,38	6,58	[-11.517,14.277]	[0.41,2.36]
	EOC_H	-13,26	12,68	-0,31	5,70	[-11.404,10.780]	-15.60	18.26	1,43	7,66	[-13.584,16.444]	[-0.20,3.06]
	EOC_D	-12,92	10,59	0,86	5,37	[-9.639,11.409]	-11.25	14.10	1,33	5,38	[-9.215,11.875]	[0.21,2.46]
Ym	EOA	-64,20	12,81	-29,21	14,14	[-56.928,-1.491]	-66.94	-5.21	-41,23	12,05	[-64.848,-17.612]	[-43.02,-39.44]
	EOA_H	-64,20	0,00	-33,18	13,56	[-59.753,-6.614]	-66.94	-12.89	-41,03	12,57	[-65.667,-16.393]	[-43.71,-38.35]
	EOA_D	-48,20	12,81	-25,24	13,71	[-52.114,1.644]	-62.05	-5.21	-41,42	11,59	[-64.136,-18.704]	[-43.85,-38.99]
	EOC	-52,16	4,15	-27,50	12,18	[-51.364,-3.633]	-68.03	-6.36	-40,16	12,60	[-64.856,-15.464]	[-42.03,-38.29]
	EOC_H	-52,16	4,15	-31,66	12,80	[-56.748,-6.563]	-68.03	-9.28	-39,54	13,67	[-66.333,-12.747]	[-42.45,-36.62]
	EOC_D	-41,78	2,07	-23,34	10,02	[-42.978,-3.704]	-63.43	-6.36	-40,77	11,52	[-63.349,-18.191]	[-43.18,-38.36]
L	EOA	313,59	671.33	435,32	77,06	[284.270,586.361]	189.50	895.90	490,38	144,60	[206.964,773.796]	[468.93,511.83]
	EOA_H	313,59	671.32	427.38	88,72	[253.482,601.271]	265.01	878.21	496,31	141,81	[218.362,774.258]	[466.09,526.54]
	EOA_D	326,66	577.97	443,26	63,24	[319.311,567.198]	189.50	895.90	484,65	147,81	[194.942,774.358]	[453.69,515.61]
	EOC	369.34	987.14	613,15	136.22	[346.155,880.142]	189.21	1369.49	614,82	223,20	[177.348,1052.292]	[581.71,647.93]
	EOC_H	400.89	948.90	630.51	131.05	[373.657,887.366]	304.69	1369.49	617,13	222,58	[180.873,1053.387]	[569.70,664.57]
	EOC_D	369.34	987.14	595.79	140.36	[320.671,870.899]	189.21	1232.70	612,59	225,02	[171.551,1053.629]	[565.46,659.72]

No es proporcionen els IC95% en el cas de les normes del 85 ja que aquest es mostren com a límit mínim i màxim.

Annex 5. Codi R

```
####INSTRUCCIONS PROPIAMENT
```

```
##Paquets a instal.lar
```

```
install.packages("fda")
install.packages("fda.usc")
install.packages("MASS")
```

```
### carregar llibreries i paquets:
```

```
library("fda")
library("fda.usc")
```

```
# Exemple per a la variable EOA_Xm
```

```
#Carregar Excel
```

```
#Si llegim les dades de l'EXCEL
```

```
library(RODBC)
data=odbcConnectExcel(file.choose()) #arxiu
promitjos
sqlTables(data)
D=sqlFetch(data, "EOA_Xm", colnames =FALSE,
rownames =
TRUE)
odbcClose(data)
```

```
#LLEGIR EL VECTOR DEL PUNTS DE TEMPS ON ES MERUSRA
LA VARIABLE
```

```
interv<-seq(0.025,51.200, by=0.025)
```

```
#TRASPOSSEM LA MATRIU
```

```
Dt<-t(D)
```

```
#Convertir les dades en fdata
```

```
Dat<-
```

```
fdata(Dt, argvals=interv, rangeval=NULL, names=NULL, fd
ata2d=FALSE)
```

```
class(Dat)
```

```
#Derivem
```

```
Dat.d1<-fdata.deriv(Dat, nderiv=1)
```


#ANALISIS EXPLORATORI

```

Mdat<-func.mean(Dat)
Vdat<-func.var(Dat)
Ddat<-depth.FM(Dat)

pdf("EOA_Xm.pdf",width=14,height=10)par(mfrow =
c(1,2))
control=list("col"=c("navajowhite3 ","darkgray ","
dodgerblue4"))Dat$names$main<-" " #títol del
gràfic
Dat$names $xlab<-"Temps" #títol eix x
Dat$names $ylab<-"EOA_Xm (mm) " #títol eix y
out.boot=fdata.bootstrap(Dat,statistic=func.trim.FM
,nb=200, draw=TRUE,
draw.control=control,legend=FALSE)

```

#derivada

```

miniDatd1<-round(min(Dat.d1))-3
maxiDatd1<-round(max(Dat.d1))+4

```

```

plot(Dat.d1, main=" ",xlab="Temps",
ylab="d(EOA_Xm (mm), 1) " , type="l", axes=FALSE,
cex.lab=0.9,col=" dodgerblue4")

```

```

axis(1, seq(0,55, by=1), las=1,cex.axis=0.7)
axis(2, at=seq(miniDatd1,maxiDatd1,3),pos=0,
cex.axis=0.5,las=2)
axis(3, seq(0,55, by=1), labels=FALSE, lwd.ticks=0)
axis(4, at=seq(miniDatd1,maxiDatd1,1),
labels=FALSE, lwd.ticks=0)

title("\n \n Estàtica de Xm en OA", outer=TRUE,2,
cex.main=1.5 , col.main="dodgerblue4")

```

```
dev.off()
```

#The generalized cross-validation (GCV) score.

```

tt<-1:ncol(Dat)
S1 <- S.NW(tt,2.5)
S2 <- S.LLR(tt,2.5)
S3 <- S.KNN(tt,2.5)
gcv1 <- GCV.S(Dat, S1)

```

```

gcv2 <- GCV.S(Dat, S2)
gcv3 <- GCV.S(Dat, S3)
gcv4 <- GCV.S(Dat, S1,criteria="AIC")
gcv1; gcv2; gcv3; gcv4

##### arxius de resultats que gravem

capture<-capture.output(gcv1, gcv2, gcv3, gcv4)
write(capture, file="Cross validation.doc",
append=T)

#OUTLIERS

outliers<-
outliers.depth.trim(Dat,nb=20,smo=0.1,trim=0.05)

#Components principals

temp.fd = fdata2fd(Dat, type.basis = "fourier",
nbasis = 15)
#plot(temp.fd)
pc <- fdata2pc(Dat)
summary(pc)

##### arxius de resultats que gravem

capture<-capture.output(summary(pc))
write(capture, file=" components_principals.doc",
append=T)

#comparació sexe i Edat

#Llegim vector sexe i edat
library(RODBC)
data=odbcConnectExcel(file.choose()) #arxiu
sexe_edat
sqlTables(data)

```

```

sexe=sqlFetch(data, "S", colnames =FALSE, rownames
=
TRUE)
edat=sqlFetch(data, "edat", colnames =FALSE,
rownames =
TRUE)
odbcClose(data)
sexe<-sexe[,1]
edat<-edat[,1]

DatO<-order.fdata(sexe,Dat)
DatH<-DatO[1:87,1:2048]
DatD<-DatO[88:177,1:2048]

DatH.mean<-func.mean(DatH)
DatD.mean<-func.mean(DatD)

pdf("EOA_Xm_sexe.pdf",width=14,height=10)
par(mfrow = c(1,2))

control=list("col"=c("navajowhite3 ","darkgray ","
dodgerblue4"))

DatH$names$main<-" \n Homes " #titol del gràfic
DatH$names $xlab<-"Temps" #titol eix x
DatH$names $ylab<-"EOA_Xm (mm) " #titol eix y
out.bootH=fdata.bootstrap(DatH,statistic=func.trim.
FM,nb=200, draw=TRUE,
draw.control=control,legend=FALSE)

DatD$names$main<-" \n Dones " #titol del gràfic
DatD$names $xlab<-"Temps" #titol eix x
DatD$names $ylab<-"EOA_Xm (mm) " #titol eix y
out.bootD=fdata.bootstrap(DatD,statistic=func.trim.
FM,nb=200, draw=TRUE,
draw.control=control,legend=FALSE)

```

```
title("\n \n Estàtica de Xm en OA", outer=TRUE,2,
cex.main=1.4 , col.main="dodgerblue4")
dev.off()
```

```
pcH <- fdata2pc(DatH)
summary(pcH)
pcD <- fdata2pc(DatD)
summary(pcD)
```

arxius de resultats que gravem

```
capture<-capture.output(summary(pcH) , summary(pcD))
write(capture, file="
components_principals_sexe.doc", append=T)
```

#The generalized cross-validation (GCV) score by sex

```
tt<-1:ncol(DatH)
S1 <- S.NW(tt,2.5)
S2 <- S.LLR(tt,2.5)
S3 <- S.KNN(tt,2.5)
gcv1H <- GCV.S(DatH, S1)
gcv2H<- GCV.S(DatH, S2)
gcv3H <- GCV.S(DatH, S3)
gcv4H <- GCV.S(DatH, S1,criteria="AIC")
gcv1H; gcv2H; gcv3H; gcv4H
```

```
gcv1D <- GCV.S(DatD, S1)
gcv2D<- GCV.S(DatD, S2)
gcv3D <- GCV.S(DatD, S3)
gcv4D <- GCV.S(DatD, S1,criteria="AIC")
gcv1D; gcv2D; gcv3D; gcv4D
```

arxius de resultats que gravem

```
capture<-capture.output(gcv1H, gcv2H, gcv3H, gcv4H,
gcv1D, gcv2D, gcv3D, gcv4D)
```

```
write(capture, file="Cross validation_sex.doc",
append=T)
```

```
#ANOVAF (comparació per sexe)
```

```
anov.res<-anova.onefactor(Dat, sexe,
nboot=5,plot=FALSE)
summary(anov.res)
```

```
##### arxius de resultats que gravem
```

```
capture<-capture.output(anov.res)
write(capture, file="anova_sex.doc", append=T)
```

```
#Regressió amb EDAT
```

```
basis1 <- create.fourier.basis(rangeval = rinterv,
nbasis = 5)
#res.basis1 <- freqre.basis(Dat.d1, Dat.trim.FM25,
basis.x = basis1)
```

```
res.basis.edat <- freqre.basis(Dat, edat, basis.x =
basis1)
summary(res.basis.edat)
```

```
res.pc.edat <- freqre.pc(Dat, edat, l = 1:2)
summary(res.pc.edat)
```

```
res.nonp<-freqre.np(Dat, edat)
summary(res.nonp)
```

```
##### arxius de resultats que gravem
```

```
capture<-capture.output(summary(res.nonp))
write(capture, file="Regressió_Edat.doc", append=T)
```

```
pdf("EOA_Xm_Edat.pdf", width=14, height=10)
plot(summary(res.nonp))
dev.off()
```

