Ekaia, 2023, 43, 209-220
https://doi.org/10.1387/ekaia.22912

ekaia
ZIENTZIA eta TEKNOLOGIA ALDIZKARIA

ISSN 0214-9001 – eISSN 2444-3255

2D:4D indizearen zeharkako neurketa: software bidezko irudien analisiaren behatzaile arteko/barneko fidagarritasuna

(Indirect measurement of 2D:4D ratio: Inter/intra observer reliability of image analysis by software)

Izaro Babarro[1,2,*], *Ainara Andiarena*[1,2], *Eduardo Fano*[1,2], *Nerea Lertxundi*[1,2], *Jesus Ibarluzea*[1,2,3,4]

[1] Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)
[2] Biodonostia Osasun Ikerketa Institutua. Donostia
[3] Osasun Saila. Eusko Jaurlaritza. Donostia
[4] Epidemiologia eta Osasun Publikorako biomedikuntza ikerketarako zentroen sarea (CIBERESP), Madril, Espainia.

LABURPENA: Sexu hormonek eragina dute garunaren garapenean, egituretan eta funtzionamenduan, eta, ondorioz, gizakion jokaeran. Haurdunaldiko hormona-esposizio mailen adierazle bat da 2D:4D indizea. Indize honen fidagarritasunaren inguruko ikerketek erakutsi dutenez, 2D:4D indizea neurtzeko metodo fidagarria da ordenagailuko irudien analisirako programak erabiltzea. Hau horrela izanik ere, ez dago adostasunik erabili beharreko programa egokienaren inguruan. Lan honen helburuak bi dira: 2D:4D ratioa neurtzeko erabili diren bi softwareen fidagarritasuna aztertzea (behatzaile-barneko eta behatzaile arteko fidagarritasunari erreparatuz) eta neurketen ekonomia ezagutzea. Horretarako, 11 urteko 180 parte-hartzaileren eskuetako eskanerrak jaso ziren. Neurketak irudien analisirako ordenagailuko bi programa erabiliz egin ziren (GIMP eta AutoMetrik). Emaitzek erakutsi dute, nahiz eta AutoMetrik programa bizkorragoa izan, GIMP programak behatzaile-barneko eta behatzaile arteko fidagarritasun altuagoa erakusten duela. Ondorio gisa esan daiteke 2D:4D indizearen neurketak egiteko irudien analisia erabiltzen duten metodoen desberdintasunak ikertzen dituzten lan gutxi daudenez, ikerketa gehiago egin beharko liratekeela gai honen inguruan.

HITZ GAKOAK: 2D:4D indizea; neurketa; fidagarritasuna; softwarea; sexua; haurrak.

ABSTRACT: *Sex hormones have an effect on brain structures and so they have on human behavior. The 2D:4D index is a non-invasive indicator of prenatal sex hormone exposure. Previous literature on its reliability indicated that the software analysis method is reliable, but, still, there is no consensus about which program should be used. The objectives of the present study are to analyze the intraobserver and interobserver reliability of two softwares used to measure the 2D:4D ratio, and to explore the measurements' economy. Scans of the hands of 180 11 year-old participants were collected, and measurements were made by using the GIMP and AutoMetric programs. The results showed that although AutoMetric is a faster program, GIMP presented higher intra and interobserver reliability. To sum up, further research should be carried out on this subject, because few studies exist which analyze the differences among the available image analysis methods.*

KEYWORDS: 2D:4D ratio, measurement, reliability, software, sex, children.

**** Harremanetan jartzeko / Corresponding author:*** Izaro Babarro. Biodonostia Osasun Ikerketa Institutua, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) (Donostia-Espainia). – izaro.babarro@ehu.eus – https://orcid.org/0000-0002-3626-7036

Nola aipatu / How to cite: Babarro, Izaro; Andiarena, Ainara; Fano, Eduardo; Lertxundi, Nerea; Ibarluzea, Jesus (2023). «2D:4D indizearen zeharkako neurketa: software bidezko irudien analisiaren behatzaile arteko/barneko fidagarritasuna». *Ekaia*, 43, 2023, 209-220. (https://doi.org/10.1387/ekaia.22912).

Jasotze-data: 2021, ekainak 5; Onartze-data: 2022, martxoak 14.

ISSN 0214-9001 - eISSN 2444-3255 / © 2023 UPV/EHU

Lan hau *Creative Commons Aitortu-EzKomertziala-LanEratorririkGabe 4.0 Nazioartekoa* lizentzia baten mende dago

1. **SARRERA**

Aurrerapen teknologikoek posible egin dute prozesu biologikoek eta biokimikoek portaeran izan ditzaketen efektuen azterketa [1]. Hormonek eragina dute nerbio-sistemaren garapenean, garuneko funtzionamenduan ere eragina dutenez gero. Hortaz, efektua izan dezakete garuneko egitura horietan oinarritzen diren funtzio kognitibo eta jokabideetan [2, 3].

Phoenix, Goy, Gerall, eta Young (1959) ikertzaileak lehenak izan ziren proposatzen, animalia-eredu bat erabiliaz, jaio aurretiko sexu-hormonekiko esposizioak eragina izan zezakeela haurren nerbio-sistemaren garapenean eta helduaroko portaeretan [4]. Ikerketa hau abiapuntutzat hartuz, hainbat autorek aztertu du jaio aurreko sexu-hormonek —testosteronak eta estradiolak batik bat— gizon eta emakumeen garunean duten zeregina. Lau urteko haurrekin egindako ikerketa batean, esaterako, Finegan Niccols-ek eta Sitarenios-ek (1992) aurkitu zuten jaio aurreko testosterona mailek alderantzizko harremana erakusten zutela haurren hizkuntzaren ulermen- eta taldekatze-kontzeptuarekin. Harreman hau nesketan soilik izan zen estatistikoki esanguratsua [5]. Bere aldetik, Grimshau, Sitarenios eta Finegan-ek (1995) likido amniotikoan testosterona kontzentrazio handiagoak zituzten neskek, 7 urteko adinean garapen kognitibo hobea zutela aurkitu zuten. Beste lan batzuek ere erakutsi dute jaio aurreko testosterona mailak eragina izan dezakeela haurraren garapeneko zenbait adin eta arlotan, hala nola soziabilitatean (12 hilabetetan), lexikoan (18 eta 24 hilabetetan) edo harremanen kalitatean (48 hilabetetan) [6, 7].

Erabilgarria da jaio aurreko sexu-hormona mailak ezagutzea, baina hormona mailak zuzenean neurtzeak metodo konplexuak, inbaditzaileak eta muga etikoak dituztenak erabiltzea eskatzen du [8, 9]. Hori dela eta, jaio aurreko sexu-hormona mailak ezagutzeko, biomarkatzaile ez-inbaditzaile, ekonomiko eta eskuragarri baten erabilera proposatu zen: 2D:4D indizea [10].

2D:4D indizea bigarren eta laugarren hatzetako luzera neurtzean oinarritzen da, zehazki bigarren hatzaren luzera-balioa laugarren hatzaren luzeraren balioaz zatituz [11-13]. 2D:4D indizearen eta jaio aurreko hormonen arteko loturari dagokionez, ikertzaileek ondorioztatu dute indize baxuak jaio aurreko testosterona maila altuekin eta estradiol maila baxuekin erlazionatzen direla [14, 15]. Zenbait ikerketak erakutsi dute 2D:4D indizean estatistikoki esanguratsuak diren desberdintasunak daudela sexuaren arabera, indize baxuak gizonezkoetan ohikoagoak direlarik [1, 12, 16-22, 23-28, 13]. Hala ere, badaude 2D:4D indizean sexuaren arabera estatistikoki esanguratsuak diren desberdintasunak aurkitu ez dituzten ikerketak ere [1, 18, 26].

1998. urtean bereganatu zuen 2D:4D indizeak ikertzaileen arreta, orduan ikusi baitzen fetuaren testosterona eta estradiol mailek 2D:4D indi-

zearen garapenean eragiten zutela [10]. Ordutik handituz joan da 2D:4D indizearekin ikertzeko interesa. Lutchmaya eta lankideak (2004) lehenak izan ziren likido amniotikoan neurtutako testosterona eta estradiol mailek 2D:4D indizearekin zuten korrelazioa aztertzen. Lan honek bi aldagai hauen artean erlazioa zegoela erakutsi zuen, harreman estatistikoki esanguratsua agertzen zelarik soilik eskuineko eskuetan [8]. Gizakietan egin diren ikerketa gehienek erakutsi dute jaio aurreko androgeno eta estrogeno mailek korrelazioa dutela 2D:4D indizearekin, nahiz eta mekanismoak oraindik ezezagunak izan. Animaliekin egindako ikerketa batek —zehazki saguekin— jaio aurreko androgeno eta estrogeno mailek 2D:4D indizea kontrolatzen zutela erakutsi zuen. Horretaz gain, lan honek erakutsi zuen 4. hatzak androgeno- eta estrogeno-hartzaile gehiago zituela 2. hatzarekin alderatuz, eta hartzaile hauen aktibitateak 2D:4D indizean eragiten zuela gene eskeletogenikoen espresioaren eta zelulen espresioaren bitartez. Ondorioztatu zuten androgeno-hartzaileen inaktibazioak 4. hatzaren hazkundea gutxitzen zuela, 2D:4D ratio handiagoak zirelarik horren erakusle. Bestalde, estrogeno mailen inaktibazioak 4. hatzaren hazkuntza sustatzen zuela, 2D:4D ratio txikiagoak zirelarik orduan erakusle.

Indize hau neurtzeko metodoari dagokionez, metodo zuzenak (kalibrea edo erregela erabiliz) nahiz zeharkakoak (eskatutako irudiak, fotokopiak, kamera digitalen irudiak edo X izpiak) erabili daitezke. Metodo zuzena hatzak kalibre edo erregela baten bitartez neurtzea da. Zeharkako metodoan, ordea, eskuaren irudia lortzen da (eskaneatuta, fotokopiatuta, kamera digitalak edo X izpiak erabiliz) eta, ondoren, irudian egiten da hatzen neurketa, kalibrea, erregela edo software espezifikoak erabiliz [16, 19, 25, 29]. Alde batetik, neurketa zuzenen abantaila nagusiena da metodo hauetan erabilitako materiala (kalibrea edo erregela) erraza dela garraiatzen. Hala ere, metodo hauekin zailagoa izan ohi da baldintza esperimetalei eustea; hau da, neurketan zehar eskuak posizio berean mantentzeko zailtasunak agertu daitezke, eta horrek erraza egiten du neurketa-akatsak agertzea. Bestalde, zeharkako neurketei dagokienez, datuak biltzeko denbora gutxiago behar dute eta irudiak behin betiko gordetzeko aukera eskaintzen dute. Baina metodo hauen desabantaila nagusia da irudiak aztertzeko erabiltzen diren gailuak ez direla eramangarriak eta askotan garraiatzen zailak direla. Gainera, ikertzaileek ez dute adostasunik erakutsi parte-hartzaileek gailuan (eskanerra edo fotokopiagailua) egin behar duten presioari buruz, ez eta, behin irudiak lortuta, neurketak egiteko erabili beharreko prozeduraren inguruan ere.

Fidagarritasunari dagokionez, zuzeneko eta zeharkako metodoak alderatu dituzten ikerketek erakutsi dute handiagoa dela zeharkako metodoen behatzaile-barneko eta behatzaile arteko fidagarritasuna [16, 17, 19-21, 24, 27, 28, 30]. Era berean, zeharkako metodoen arteko desberdintasunak aztertu dituzten lanek frogatu dute eskanerraren

bidez lortutako indizeak fotokopien bitartez neurtutakoak baino fidagarriagoak direla [16]. Eta, behin irudiak lortuta, neurketak egiteko prozeduretatik irudien analisirako ordenagailuko programak erabiltzean ikusi da fidagarritasun mailarik altuena [16, 22, 31]. Hala ere, oraindik eztabaida handia dago komunitate zientifikoan. Esaterako, ikerketa batek ondorioztatu zuen gomendagarria litzatekeela lagin txikiekin metodo zuzena erabiltzea eta, aldiz, lagin handietan edota datuak azkar jasotzea beharrezkoa denean aukera egokiena litzatekeela zeharkako metodoak erabiltzea [24].

Bi ikerketek irudien analisirako ordenagailu-programa desberdinek duten fidagarritasuna konparatu zuten. Lan hauek AutoMetric, GIMP eta Photoshop programek antzeko fidagarritasuna erakusten zutela ondorioztatu zuten, nahiz eta neurketak egiteko orduan AutoMetrik programarekin besteekin baino denbora gutxiago behar zela ikusi zen [1, 31]. Hala ere, oraindik ez dago adostasun handirik 2D:4D indizea neurtzeko metodo egokienaren inguruan; bestalde, oso ikerketa gutxik aztertu ditu 2D:4D indizea neurtzeko irudien analisirako eskura dauden ordenagailuko programek erakusten dituzten aldeak.

Lan honetan bi helburu proposatzen dira: lehenik, 11 urteko haurrengan 2D:4D indizea neurtzean, irudien analisirako bi ordenagailu-programak (AutoMetrik eta GIMP) erakusten duten behatzaile-barneko eta behatzaile arteko fidagarritasuna aztertzea (Autometric and GIMP). Bigarrena, neurketak egitean programa bakoitzarekin behar den denbora ezagutzea.

2. **MATERIALA ETA METODOAK**

2.1. **Partaideak**

Parte-hartzaileak INMA Proiektuko (Haurtzaroa eta Ingurumena, www.proyectoinma.org) Gipuzkoa kohorteko 11 urteko 180 haur izan ziren (% 53,9 neskak eta % 46,1 mutilak). INMA proiektu prospektibo bat da, Espainiako emakume haurdunak eta beren haurrak lurraldekako kohorteetan banaturik aztertzen dituena [32]. Lan honetarako, etika-batzordearen (07/2008) onarpena eta gurasoen baimen informatuak lortu ziren.

2.2. **2D:4D indizearen neurketa**

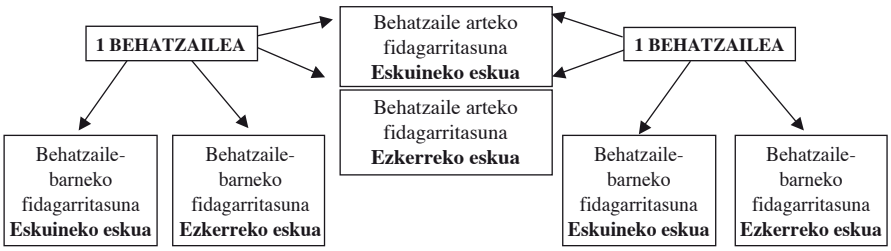
Behatzaile bakar batek haurren eskuen irudiak atera zituen eskaner eramangarri bat erabiliz (Epson Perfection V39). Eskuak eskaneatzeko, Mikac eta lankideen 2016ko lana oinarritzat zuen *ad hoc* protokolo bat jarraitu zen. Behin eskuak eskaneatuta, irudiak ordenagailura pasa ziren, irudianalisietarako bi programa erabiliz hatzak neurtzeko eta, horrela, indizeak kalkulatu ahal izateko. 2D:4D indizearen neurketak bi behatzailek egin zi-

tuzten. Behatzaile-barneko eta behatzaile arteko fidagarritasuna neurtzeko helburuarekin, honako prozedura jarraitu zen: behatzaile bakoitzak hiru aldiz kalkulatu zuen 2D:4D indizea esku bakoitzeko. Partaideak 180 izanik, guztira 4.320 neurketa egin ziren (180 parte hartzaile × 2 esku × 3 neurketa eskuko × 2 behatzaile × 2 programa). Behatzaile bakoitzak programa bakoitzarekin neurketak egiten igarotzen zuen denbora kalkulatu zen (behatzaile bakoitzak 20 parte-hartzaileren neurketak egiten), eta bi metodoen konparazioa egiteko, batez bestekoak erabili ziren.

Hatzak neurtu eta 2D:4D indizea neurtzeko, irudien analisirako AutoMetric eta GIMP ordenagailu-programak erabili ziren. AutoMetric [33] doako programa da eta bi parametro ditu, lehenengoak bigarren hatzaren luzera neurtzeko balio du eta bigarrenak, aldiz, laugarren hatzaren luzera neurtzeko. Behatzaileak lerro bat marraztu behar zuen hatz bakoitzaren tolesduraren erdialdetik hatzaren puntaraino. Bi hatzen balioak erabiliz, programak automatikoki kalkulatzen zuen 2D:4D indizea. Bestalde, GIMP irudi digitalak aztertzeko doako programa da [34]. Hatzen luzera neurtzeko, programak neurketarako tresna bat eskaintzen du, eta tresna honek hatzen beheko tolesturaren erdialdetik hatzaren puntaraino lerro bat botatzea ahalbidetzen du. Ez du, ordea, 2D:4D indizea modu automatikoan kalkulatzeko aukera ematen.

2.3. **Analisi estatistikoak**

Datuak IBM SPSS 25 (Statistical Package for Social Science) programa erabiliz aztertu ziren. Lehenik eta behin, aldagaien normaltasuna begiratu zen Kolmogorov-Smirnov estatistikoa kalkulatuz. Aldagai guztiek normaltasuna betetzen zutela ikusi zen (ikus 1. eranskina). Behatzaile-barneko eta behatzaile arteko fidagarritasuna kalkulatzeko, klase-barneko korrelazio-koefizienteak (ICC: Infraclass Correlation Coefficient) erabili ziren. Behatzaile-barneko fidagarritasuna pertsona batek egindako neurketen arteko akordioa gisa definitzen da, eta, behatzaile arteko fidagarritasuna, aldiz, behatzaile ezberdinek egindako neurketen adostasunari dagokio.



1. irudia. Fidagarritasuna kalkulatzeko prozedura.

3. **EMAITZAK**

3.1. **Behatzaile-barneko fidagarritasuna**

Bi behatzaileek lortutako behatzaile-barneko fidagarritasuna altua izan zen programa bakoitzerako (ikus 1. eta 2. taulak).

1. taula. Behatzaile-barneko fidagarritasuna AutoMetric programa erabiltzean

Behatzailea	Eskua	Batez bestekoa (DT)	KBKK	KT % 95		Estatistika	KBKK klasifikazioa
1 Behatzailea	Eskuineko eskua	0.966 (0.031)	0.995	0.993	0.996	187.104***	Bikaina
	Ezkerreko eskua	0.961 (0.032)	0.985	0.993	0.996	196.339***	Bikaina
2 Behatzailea	Eskuineko eskua	0.979 (0.035)	0.975	0.968	0.981	39.821***	Bikaina
	Ezkerreko eskua	0.973 (0.035)	0.972	0.964	0.979	35.82***	Bikaina

Oharrak: DT: Desbiderapen Tipikoa; KBKK=klase-barneko koefiziente korrelazioa, KT = konfiantza -tartea; KBKK klasifikazioa (Rosner, 2011). KBKK< 0.7 ez onargarriak, 0.71 < KBKK < 0.79 onargarriak, 0.80 < KBKK < 0.89 oso onak eta KBKK >0.90 bikainak; *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001.

2. taula. Behatzaile-barneko fidagarritasuna GIMP programa erabiltzean

Behatzailea	Eskua	Batez bestekoa (DT)	KBKK	KT % 95		Estatistika	KBKK klasifikazioa
1 Behatzailea	Eskuineko eskua	0.959 (0.031)	0.984	0.979	0.987	60.663***	Bikaina
	Ezkerreko eskuak	0.963 (0.035)	0.967	0.958	0.975	30.590***	Bikaina
2 Behatzailea	Eskuineko eskua	0.955 (0.032)	0.974	0.967	0.980	38.308***	Bikaina
	Ezkerreko eskuak	0.963 (0.033)	0.946	0.931	0.959	19.083***	Bikaina

Oharrak: KBKK=klase-barneko koefiziente korrelazioa, KT = konfiantza-tartea; KBKK klasifikazioa (Rosner, 2011). KBKK< 0.7 ez onargarriak, 0.71 < KBKK < 0.79 onargarriak, 0.80 < KBKK < 0.89 oso onak eta KBKK >0.90 bikainak; *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001.

3.2. **Behatzaile arteko fidagarritasuna**

Bi programek behatzaile arteko fidagarritasun maila egokia erakutsi zuten, baina GIMPek bietatik fidagarritasun altuena.

3. taula. Behatzaile arteko fidagarritasuna AutoMetrik eta GIMP erabiltzean

Eskua	AutoMetric				GIMP			
	Batez bestekoa (DT)	KBKK	KT % 95	KBKK klasifikazioa	Batez bestekoa (DT)	KBKK	KT % 95	KBKK klasifikazioa
Eskuinekoa	0,972 (0,030)	0,784	0,608-0,869	Onargarria	0,957 (0,029)	0,861	0,814-0,897	Oso ona
Ezkerrekoa	0,967 (0,030)	0,746	0,612-0,828	Onargarria	0,963 (0,031)	0,814	0,751-0,862	Oso ona

Oharrak: KBKK=klase-barneko koefiziente korrelazioa, KT = konfiantza-tartea; KBKK klasifikazioa (Rosner, 2011). KBKK < 0.7 ez onargarriak, 0.71 < KBKK < 0.79 onargarriak, 0.80 < KBKK < 0.89 oso onak eta KBKK > 0.90 bikainak; *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001.

3.3. **Neurketen ekonomia**

GIMP programa erabiltzean, behatzaile bakoitzak, batez beste, bi minutu eta erdi igaro zituen esku bakoitzeko; AutoMetric programa erabiltzean, ordea, minutu eta erdi.

4. **EZTABAIDA**

Ikerketa honek bi helburu zituen: lehenengoa, 2D:4D indizea neurtzeko ordenagailuko bi programaren fidagarritasuna ezagutzea. Bigarrena, programa bakoitzarekin egindako neurketen ekonomia aztertzea, programa bakoitzarekin neurketak egiten pasatako denbora neurtuz.

Lehenengo eta bigarren helburuei dagokienez, emaitzek erakusten dutena da AutoMetric programa GIMP baino bizkorragoa dela, behatzaile-barneko fidagarritasun ona duela, baina behatzaileen arteko fidagarritasun ertaina duela. Bestalde, GIMP programak, behatzaile-barneko eta behatzaile arteko fidagarritasun ona izan arren, denbora gehiago eskatzen du neurketak egiteko. Ikerketa honetako datuak bat datoz beste ikerketetan ikusitakoarekin. Lan honek, beraz, 2D:4D indizea neurtzeko irudi-analisietarako bi programaren fidagarritasunari buruzko informazioa eskaintzen du. Dakigunez, ikerketa gutxik konparatzen dituzte 2D:4D indizea neurtzeko ordenagailuzko metodoak [1, 31]. Ikerketa hauek erakutsi dute AutoMetric programa egokiena dela denbora-inbertsioari dagokionez [1, 31]. Hala ere,

gure ikerketan AutoMetric programak GIMP programak baino behatzaile arteko fidagarritasun altuagoa erakutsi du. Ildo honetatik, lan bakar batek ikertu du bi programa hauen fidagarritasuna, eta erakutsi zuen AutoMetric GIMP baino fidagarriagoa zela [1]. Hori dela eta, ondoriozta dezakegu ez dagoela programa hauen fidagarritasuna alderatzen duten azterketa nahikorik.

4.1. **Indarguneak eta mugak**

Ikerketa honek muga batzuk ditu. Lehenik, txikia da parte-hartzaile kopurua. Gainera, ikerketa honetan bi programa alderatzen dira eta ez eskuragarri dauden irudien analisirako ordenagailu-programa guztiak eta, beraz, gertatu liteke beste programa batzuk aztertutakoek baino fidagarritasun handiagoa erakustea. Hala ere, bi software hauek hautatu izanaren arrazoi nagusia da eskuragarriak eta doakoak direla eta AutoMetric programa 2D:4D neurketak egiteko irudi analisien programa espezifikoa dela. Muga hauek eduki arren, lan honek 2D:4D indizearen fidagarritasunaren inguruko datu berriak eskaintzen ditu eta irudiak aztertzeko ordenagailuko bi programa alderatzen ditu.

4.2. **Ondorioak**

Gai honi buruzko ikerketa gehiago egin beharko lirateke, urria baita irudien analisi-metodoen desberdintasunak aztertzen duten ikerketa kopurua. Etorkizuneko lanetarako, interesgarria izan daiteke lagina zabaltzea eta adin desberdinetako pertsonen datuak erabiltzea. Gai honetan ebidentzia berriak erakusteak ebidentzian oinarritutako protokolo estandarizatu bat sortzen lagundu dezake, eta, horrela, murriztu egingo litzateke 2D:4D indizearen neurketetako aldakortasuna .

ESKER ONA

Gure esker onak adierazi nahi genizkieke INMA proiektua posible egin duten familia eta haurrei eta, azpi-kohorte guztietan, eta bereziki Gipuzkoako kohortean, lan egin duten profesional guztiei eta ospitale eta osasunzentroetan arreta eskaintzen duten langileei.

Ikerketa honek kanpoko finantzaketa jaso du: Carlos III Osasun Institutua (Red INMA G03 / 176, FIS-PI041436, PI06 / 0867, PI081151, PI09 / 00090, PI09 / 02311, PI11 / 0610, PI13 / 02187, PI13 / 02406, PI13 / 02429, PI13 / 1944, PI13 / 2032, PI14 / 0891, PI14 / 1687, PI16 / 1288, CB06 / 02/0041), Eusko Jaurlaritzako Osasun Saila (2005111093, 2009111069, 2013111089 eta 2015111065) eta Gipuzkoako Gobernua (DFG06 / 002, DFG08 / 001 eta DFG08 /001. Emaitza horietara bidera-

tutako ikerketek Europako Erkidegoko Zazpigarren Esparru Programaren (FP7 / 2007-2013) diru-laguntza jaso dute 308333 zenbakidun HELIX proiektuaren laguntzarekin. Gainera, urteroko hitzarmenak egin dira azterketa eremuko udalekin. (Beasain, Zumarraga, Urretxu, Legazpi, Azkoitia eta Azpeitia). IB ikertzaileak eskerrak eman nahi dizkio Eusko Jaurlaritzako Hezkuntzako Sailari, lan hau posible egin duen doktoretza aurreko ikerketarako prestakuntza-beka bat eskaintzeagatik.

BIBLIOGRAFIA

[1] Mikac, U., Buško, V., Sommer, W., Hildebrandt, A. 2016. «Analysis of different sources of measurement error in determining second-to-fourth digit ratio, a potential indicator of perinatal sex hormones exposure». *Review of Psychology*, **23**, 39-49.

[2] Sisk, C. L., Zehr, J. L. 2005. «Pubertal hormones organize the adolescent brain and behavior». *Frontiers in Neuroendocrinology*, **26**, 163-174.

[3] Sisk, C. L. 2016. «Hormone-dependent adolescent organization of socio-sexual behaviors in mammals». *Current Opinion in Neurobiology*, **38**, 63-68.

[4] Phoenix, C. H., Goy, R. W., Gerall, A. A., Young, W. C. 1959. «Organizing action of prenatally administered testosterone propionate on the tissues mediating mating behavior in the female guinea pig». *Endocrinology*, **65**, 369-382.

[5] Finegan, J. K., Niccols, G. A., Sitarenios, G. 1992. «Relations between prenatal testosterone levels and cognitive abilities at 4 years.». *Developmental Psychology*, **28**, 1075-1089.

[6] Lutchmaya, S., Baron-Cohen, S., Raggett, P. 2002. «Foetal testosterone and eye contact in 12 month old infants.». *Infant Behavior and Development*, **25**, 327-335.

[7] Knickmeyer, N., Levitt, H. M., Horne, S. G., Bayer, G. 2003. «Responding to Mixed Messages and Double Binds: Religious Oriented Coping Strategies of Christian Battered Women». *Journal of Religion and Abuse*, **5**, 29-51.

[8] Lutchmaya, S., Baron-Cohen, S., Raggatt, P., Knickmeyer, R., Manning, J. T. 2004. «2Nd To 4Th Digit Ratios, Fetal Testosterone and Estradiol». *Early Human Development*, **77**, 23-28.

[9] Manning, J., Kilduff, L., Cook, C., Crewther, B., Fink, B. 2014. «Digit ratio (2D:4D): A biomarker for prenatal sex steroids and adult sex steroids in challenge situations». *Frontiers in Endocrinology*, **5**, 1-5.

[10] Manning, J. T., Scutt, D., Wilson, J., Lewis-Jones, D. I. 1998. «The ratio of 2nd to 4th digit length: A predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen». *Human Reproduction*, **13**, 3000-3004.

[11] Lutchmaya, S., Baron-Cohen, S., Raggatt, P., Knickmeyer, R., Manning, J. T. 2004. «2Nd To 4Th Digit Ratios, Fetal Testosterone and Estradiol». *Early Human Development*, **77**, 23-28.

[12] Trivers, R., Manning, J., Jacobson, A. 2006. «A longitudinal study of digit ratio (2D:4D) and other finger ratios in Jamaican children». *Hormones and Behavior*, **49**, 150-156.

[13] Hönekopp, J., Bartholdt, L., Beier, L., Liebert, A. 2007. «Second to fourth digit length ratio (2D:4D) and adult sex hormone levels: New data and a meta-analytic review». *Psychoneuroendocrinology*, **32**, 313-321.

[14] Malas, M. A., Dogan, S., Hilal Evcil, E., Desdicioglu, K. 2006. «Fetal development of the hand, digits and digit ratio (2D : 4D)». *Early Human Development*, **82**, 469-475.

[15] Myers, L., van't Westeinde, A., Kuja-Halkola, R., Tammimies, K., Bölte, S. 2018. «2D:4D Ratio in Neurodevelopmental Disorders: A Twin Study». *Journal of Autism and Developmental Disorders*, **48**, 3244-3252.

[16] Allaway, H. C., Bloski, T. G., Pierson, R. A., Lujan, M. E. 2009. «Digit ratios (2D:4D) Determined by computer assisted analysis are more reliable than those using physical measurements, photocopies and printed scans». *American Journal of Human Biology*, **21**, 365-370.

[17] Almasry, S. M., El Domiaty, M. A., Algaidi, S. A., Elbastawisy, Y. M., Safwat, M. D. 2011. «Index to ring digit ratio in Saudi Arabia at Almadinah Almonawarah province: A direct and indirect measurement study». *Journal of Anatomy*, **218**, 202-208.

[18] Caswell, N., Manning, J. T. 2007. «A comparison of finger 2D:4D by self-report direct measurement and experimenter measurement from photocopy: Methodological issues». *Archives of Sexual Behavior*, **38**, 143-148.

[19] Costas, L., Papadopoulou, E., Perez-Gomez, B., Basagaña, X., Alarcon, F., Casabonne, D., Benavente, Y., Castaño-Vinyals, G., Kogevinas, M., de Sanjosé, S. 2013. «Reliability of 2D:4D measurements using a direct method suitable for clinical settings». *Personality and Individual Differences*, **55**, 339-342.

[20] Dressler, S. G., Voracek, M. 2011. «No association between two candidate markers of prenatal sex hormones: Digit ratios (2D:4D and other) and finger-ridge counts». *Developmental Psychobiology*, **53**, 69-78.

[21] Fink, B., Manning, J. T. 2018. «Direct versus indirect measurement of digit ratio: New data from Austria and a critical consideration of clarity of report in 2D:4D studies». *Early Human Development*, **127**, 28-32.

[22] Medland, S. E., Loehlin, J. C. 2008. «Multivariate genetic analyses of the 2D:4D ratio: Examining the effects of hand and measurement technique in data from 757 twin families». *Twin Research and Human Genetics*, **11**, 335-341.

[23] Mitsui, T., Araki, A., Goudarzi, H., Miyashita, C., Ito, S., Sasaki, S., Kitta, T., Moriya, K., Cho, K., Morioka, K., Kishi, R., Shinohara, N., Takeda, M., Nonomura, K. 2016. «Effects of adrenal androgens during the

prenatal period on the second to fourth digit ratio in school-aged children». *Steroids*, **113**, 46-51.

[24] Ribeiro, E., Neave, N., Morais, R. N., Manning, J. T. 2016. «Direct versus indirect measurement of digit ratio (2D:4D): A critical review of the literature and new data». *Evolutionary Psychology*, **14**, 1-8.

[25] Robertson, J., Zhang, W., Liu, J. J., Muir, K. R., Maciewicz, R. A., Doherty, M. 2008. «Radiographic assessment of the index to ring finger ratio (2D:4D) in adults». *Journal of Anatomy*, **212**, 42-48.

[26] Voracek, M., Manning, J., Dressler, S. G. 2007. «Repeatibility and Interobserver Error of Digit Ratio (2D:4D) Measurements Made by Expert». *American Journal of Human Biolog*, **19**, 142-146.

[27] Voracek, M., Offenmüller, D. 2007. «Digit Ratios (2D:4D and Other) and Relative Thumb Length: a Test of Developmental Stability». *Perceptual and Motor Skills*, **105**, 143-152.

[28] Xi, H., Li, M., Fan, Y., Zhao, L. 2014. «A comparison of measurement methods and sexual dimorphism for digit ratio (2D:4D) in Han ethnicity». *Archives of Sexual Behavior*, **43**, 329-333.

[29] Ranson, R. M., Taylor, S. R., Stratton, G. 2013. «Reliability of a field based 2D:4D measurement technique in children». *Early Human Development*, **89**, 589-592.

[30] Gremba, A., Weinberg, S. M. 2018. «Measuring digit lengths with 3D digital stereophotogrammetry: A comparison across methods». *American Journal of Human Biology*, **30**, 1-6.

[31] Kemper, C. J., Schwerdtfeger, A. 2009. «Comparing indirect methods of digit ratio (2D:4D) measurement». *American Journal of Human Biology*, **21**, 188-191.

[32] Guxens, M., Ballester, F., Espada, M., Fernández, M. F., Grimalt, J. O., Ibarluzea, J., Olea, N., Rebagliato, M., Tardón, A., Torrent, M., Vioque, J., Vrijheid, M., Sunyer, J. 2012. «Cohort profile: The INMA-INfancia y Medio Ambiente-(environment and childhood) project». *International Journal of Epidemiology*, **41**, 930-940.

[33] DeBruine LM. 2004.AutoMetric software for measurement of 2D:4D ratios, www.facelab.org/debruine/Programs/autometric.php.

[34] Kimball, S., Mattis, P., & G. D. T.GIMP 2.6.12 [GNU Image Manipulation Program]., http://www.gimp.org/.

1. ERANSKINA. **ALDAGAIEN NORMALTASUNA**

Behatzailea	Programa	Eskua	Normaltasuna (Kolmogorov-Smirnov)
1. Behatzailea	Autometric	Eskuineko eskua	*KS* (177) = 0.046; *p* = 0.200
		Ezkerreko eskua	*KS* (177) = 0.044; *p* = 0.200
	GIMP	Eskuineko eskua	*KS* (177) = 0.031; *p* = 0.200
		Ezkerreko eskua	*KS* (177) = 0.033; *p* = 0.200
2. Behatzailea	Autometric	Eskuineko eskua	*KS* (177) = 0.055; *p* = 0.200
		Ezkerreko eskua	*KS* (177) = 0.058; *p* = 0.200
	GIMP	Eskuineko eskua	*KS* (177) = 0.045; *p* = 0.200
		Ezkerreko eskua	*KS* (177) = 0.044; *p* = 0.200