

El primer metacarpiano es la primera falange del pulgar

Carlos Y Valenzuela⁺, Raúl Berrios-Loyola ^{+a}, Edgardo Hidalgo^{*b},
Mauricio Canals[‡]

⁺Programa de Genética Humana, ICBM, Facultad de Medicina,
Universidad de Chile.

^{*}Escuela de Kinesiología, Facultad de Medicina, Universidad de
Chile

[‡]Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias,
Universidad de Chile.

^a Licenciado en Biología, Master en Ciencias Cuantitativas

^b Kinesiólogo

Correspondencia a

Carlos Y Valenzuela

Programa de Genética Humana, ICBM, Facultad de Medicina,
Universidad de Chile

Independencia 1027, Casilla 70061, Independencia, CHILE

FAX (56-2) 7373158; Phone (56-2) 9786456-9786302

E. Mail < cvalenzu@med.uchile.cl >

Resumen

Se propone reexaminar la naturaleza del primer metacarpiano que por su forma, por su desarrollo embrionario, fetal y postnatal es claramente la falange proximal del pulgar; lo que ya había sido señalado por Galeno hace más de 1.700 años. No se trata de un simple cambio de nomenclatura, sino que de abrir la posibilidad de incorporar esta catalogación a las teorías filogenéticas y ontogenéticas evolutivas (EvoDevo). Desde nuestros estudios de desarrollo del niño chileno podemos informar sobre algunos hallazgos importantes al respecto. El lado radial (pre-axial) de la mano madura más tardíamente que el lado cubital (post-axial), lo que estaría de acuerdo con el punto diferenciador embrionario que se ubica en la parte posterior del borde del esbozo de la extremidad superior (post-axial), pero también podría deberse su retraso a la necesidad de diferenciar el pulgar y sus interacciones osteo-mio-articulares, que son mucho más complejas que las de todos los otros dedos, lo que podría retrasar su desarrollo. Se discuten interesantes y novedosas perspectivas del desarrollo y de evolución humana y se propone realizar estudios comparados con el ortejo mayor que aparece teniendo una evolución, desde la complejidad orgánica, casi antitética con el pulgar.

Palabras claves: primer metacarpiano, primera falange del pulgar, desarrollo óseo, evolución, EvoDevo

The first metacarpal is the first phalanx of the thumb

ABSTRACT

We examine the status of the first metacarpal whose shape, embryo, fetal and post-natal development are rather those of the first or proximal phalanx of the thumb. Galen pointed to this, circa 170 AD. This is not a simple nomenclature change, since it yields an enlightening heuristic for EvoDevo (evolutionary ontogeny). Our radiographic data confirm that the radial (anterior or pre-axial) side of the hand matures later than its cubital (posterior or post-axial) side pre- and post-natally. This could be due to the fact that the anterior-posterior differentiation of the upper limb develops in the posterior end of the arm ridge at the upper limb bud. However, this could be also due to the fact that the human thumb is more complex than the thumb of any other anthropoidea. This complexity could delay its development, with allometry and heterochrony. New perspectives on human ontogeny and phylogeny are discussed and comparative observations of the thumb and the first toe development are proposed.

Key words: first metacarpal, first thumb phalanx, bone development, evolution, EvoDevo

INTRODUCCIÓN

El debate sobre la naturaleza del primer metacarpiano como la primera falange (proximal) del pulgar se remonta a Galeno que lo consideraba como una falange (1). Sin embargo, la nomenclatura anatómica (2,3) actual lo sigue considerando como metacarpiano. En un estudio longitudinal de crecimiento y desarrollo del niño chileno (4-8) notamos que la osificación del primer metacarpiano (MC-I) correspondía a la osificación de una falange, hecho presente en toda la literatura de maduración ósea (8-10), que no ha repercutido en la nomenclatura anatómica. En efecto, al observar la maduración ósea epifisiaria postnatal de MC-I, ésta ocurre, primero con un punto epifisiario proximal al igual que las otras falanges proximales y no con un punto de osificación distal como ocurre con los metacarpianos. Es interesante observar que el trapecio que articula con el primer metacarpiano (falange) lo hace en una compleja articulación de encaje recíproco (silla de montar) que permite los 5 movimientos articulares posibles (mas el integrado de oposición), distinta a las simples de las otras cuatro metacarpo-carpianas que permiten solo movimientos de deslizamientos (1). En cambio las 4 articulaciones metacarpo-falángicas, correspondientes a esos 4 metacarpianos, son condilartrosis más similares a la articulación por encaje recíproco del primer metacarpiano con la falange proximal del pulgar y que permiten los 5 movimientos (no el de oposición) aunque mas limitados que la del primer metacarpiano (1). Es interesante también constatar que la osificación del borde radial o pre-axial del carpo (trapecio, trapezoide y escafoides) es mucho más tardía que la del borde cubital o post-axial (hueso ganchoso, piramidal y semilunar). No puede escaparse al estudioso de los procesos del desarrollo y evolución (EvoDevo en la nomenclatura internacional anglosajona, de evolution y development) la asociación entre mayor complejidad ósea, muscular y articular, por una parte, y por otra, mayor tiempo de desarrollo o longitud del periodo neoténico (permanencia de estados embrionarios, fetales o inmaduros en general en relación a las especies hermanas o antecesoras). Un órgano más complejo, a igualdad de todas las

otras condiciones, necesitará de mayor tiempo para desarrollarse completamente.

No es nuestro interés reponer la nomenclatura de Galeno para esta falange. Nos motiva entroncar estos conocimientos con la ontogenia, filogenia, EvoDevo, patología del desarrollo, teratología, fisiología y anatomía comparadas en torno a *Homo sapiens*. Disponemos en nuestro estudio de edades de osificación de muñeca y mano de niños y adolescentes chilenos, varones y mujeres, de estratos socioeconómicos bajos (4-8, 11-15), que permite comparar el lado cúbito-carpo-metacarpo (III-V)-falanges proximales (III-V), lado también llamado post-axial (en relación al eje que delimita el plano antero-posterior de la mano o pulgar-meñique) con el radio-carpo-metacarpiano I-falange proximal I (lado pre-axial). Como estos datos proceden de un estudio longitudinal en una población humana, representan un punto en la microevolución de *Homo sapiens* y dado que están separados en varones y mujeres ofrecen una oportunidad para analizar el dimorfismo sexual óseo madurativo con implicancias evolutivas. Esta es la intención del presente trabajo.

MUESTRA Y MÉTODO

La muestra corresponde a niños (varones y mujeres) desde 0 a 20 años de edad, de dos estudios de seguimiento longitudinal, uno desde 0 a 6 años (4) y otro desde 5 a 20 años (5) con los que se confeccionó el atlas radiológico de maduración ósea de muñeca y mano para el niño chileno (8). A esos niños se practicó periódicamente radiografías de muñeca y mano para determinar su estado de maduración ósea. Cuando los niños del segundo seguimiento tenían cerca de 15 años las radiografías debieron discontinuarse ya que las normativas éticas internacionales recomendaron no tomar radiografías a personas sanas por el riesgo de mutaciones. Los detalles metodológicos pueden verse en los trabajos previos. Los estados madurativos corresponden usados por el método TW20 (10). Las edades fueron calculadas por el método de probitos para cada estado madurativo (11,15). En el caso que había dos estimadores de ambos estudios longitudinales se obtuvo el promedio ponderado según grados de libertad. En el

método TW20 los estados madurativos se extienden desde la letra B la I, aunque algunos huesos solo alcanzan el estado madurativo H (Piramidal, Semilunar, Trapezoide y Escafoides). El Pisiforme (lado cubital) no ha sido considerado pues se articula con el carpo y es extraordinariamente tardío. Consideramos huesos del lado cubital a la 5° falange proximal, 5° metacarpiano, hueso ganchoso, piramidal y semilunar; y del lado radial a la 1° falange proximal, 1° metacarpiano, trapecio, trapezoide y escafoides.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra los promedios de edad cuando el 50% de la población (estimados desde la muestra) alcanza el estado madurativo tipo, del lado cubital (post-axial) y radial (pre-axial) de los huesos del carpo, metacarpo y primera falange.

Es evidente que las mujeres maduran antes que los varones para todos los huesos, excepto para el hueso ganchoso en el estado C, cuyas cifras negativas indican que la madurez intrauterina es mas adelantada (negativa) en el varón. También es evidente el adelanto madurativo de los huesos post-axiales (cubitales) en relación a los pre-axiales (radiales). Tanto en el lado cubital como en el radial y en ambos sexos la maduración de la falange proximal es similar en edades promedios a la del metacarpiano.

DISCUSIÓN

Según el desarrollo, el primer metacarpiano es la primera falange del pulgar, porque si bien, en edad, madura similarmente como los otros metacarpianos en relación a su respectiva falange, esta maduración es proximal y no distal como las de los otros metacarpianos. El retraso madurativo del lado radial, donde está la articulación del pulgar, que es la más compleja de las articulaciones de la mano, podría deberse al proceso evolutivo de neotenia, en el que los órganos mas complejos demoran más en llegar a su estado adulto. Esto se estudiará posteriormente. Debe tenerse en cuenta que el diferenciador antero-posterior de la mano se encuentra en el extremo posterior del borde apical del esbozo de la extremidad, luego es esperable la diferenciación primaria del lado postaxial (16). El primer

metacarpiano podría ser el trapecio que se habría acortado para permitir la complejidad funcional del pulgar. Este acortamiento y retraso madurativo habría sido acompañado por el de los huesos vecinos. Los estudios onto- y filo-genéticos están orientados más bien al desarrollo comparado de toda la extremidad anterior y al curso evolutivo integrado, y no ofrecen nuevas evidencias para dilucidar el problema planteado (3,17).

Se sabe que, en las extremidades de los vertebrados, el desarrollo del eje próximo-distal (hombro-dedos; cadera-ortejos) necesita especialmente de los genes y proteínas del sistema de factores de crecimiento de fibroblastos (FGF); el eje ántero-posterior de la proteína Sonic hedgehog (*Shh*); y el eje dorso-ventral (nudillos-palma) del sistema Wnt (especialmente Wnt7a) (16, 18). Están involucrados otros sistemas genéticos regulados, pero el análisis actual no nos permite relacionar estos sistemas con la maduración retardada del lado pre-axial en relación al post-axial de la mano. Tampoco puede relacionarse la patología congénita donde está involucrado el pulgar ya que en ella toda la parte pre-axial se compromete (18, 19) y no hay información de desarrollo diferencial con otros primates; la patología genética como son las polidactilias diferenciadas en pre y postaxiales no informan sobre sistemas genéticos diferenciales involucrados en la embriología y desarrollo postnatal del lado radial (20). Se ve más atractivo y promisorio explorar la ontogenia y filogenia comparadas de los primates y entre el pulgar (la mano) y el ortejo mayor (pie), que han tenido al parecer una evolución antitética. Se ha relacionado el desarrollo complejo del pulgar humano con la habilidad para hacer herramientas o utensilios muy elaborados y con la prensión precisa (21), que parece darse ya en los australopitecos o parantropos (21-26). Además el pulgar humano tiene tres músculos más que el del chimpancé (21). Al disponer de datos sobre la ontogenia comparada de simios y humanos y de pulgar y ortejo mayor, a la luz de lo que los fósiles de sus filogenias muestran se abre un campo interesante y fértil para la investigación en EvoDevo humana. Este campo puede constituir una nueva disciplina como crono-ontogenia comparada, entre desarrollo de órganos en

una misma especie o entre desarrollo de órganos de distintas especies; esta perspectiva incorpora las alometrias y heterocronias cuantitativas comparadas. Es interesante constatar la controversia entre los autores citados (22-26) sobre el pulgar del Oreopiteco y la buena o mala identificación de las falanges de los pulgares fósiles encontrados, sobre la que nuestra proposición puede dar algunas contribuciones útiles. Por otra parte estos estudios pueden ayudar a la comprensión de la patología del desarrollo y funcional de la extremidad superior, especialmente de la mano.

REFERENCIAS

1. TESTUT L, LатарJET A. Tratado de Anatomía Humana. Barcelona: Salvat Editores. S. A, 1966.
2. FENEIS H. Nomenclatura anatómica ilustrada. Barcelona: Salvat, 1984.
3. PROCHEL J, VOGEL P, SÁNCHEZ-VILLAGRA MR. Hand development and sequence of ossification in the forelimb of the European shrew *Crocidura russula* (Soricidae) and comparisons across therian mammals. J Anat 2004;205:99-111.
4. PATRI A, SEPÚLVEDA H, VALENZUELA CY, DÍAZ E, GONZÁLEZ M, JARA H, et al. Estudio del crecimiento y desarrollo del niño de edad preescolar (1 a 6 años de edad) del Área Metropolitana Norte de Santiago. Seguimiento Longitudinal. I Parte: generalidades. Pediatría (Santiago) 1976;19:27-30.
5. AVENDAÑO A, VALENZUELA CY, FIGUEROA L, MANTEROLA A, PALOMINO H, SAMITH S, et al. Estudio longitudinal del crecimiento y desarrollo de un 10% de los niños que ingresan a la Enseñanza Básica fiscal. Area Hospitalaria Norte de Santiago. Pediatría (Santiago) 1976;19:156-9.
6. PATRI A, SEPÚLVEDA H, VALENZUELA CY, CORTÉS O. Antropometría del niño Chileno de 0 a 6 años. Santiago, Chile: Editorial Andrés Bello, 1984.
7. AVENDAÑO A, VALENZUELA CY. Seguimiento longitudinal de crecimiento y desarrollo 6 a 20 años de edad. Área Norte de Santiago. Pediatría (Santiago) 1988;31:4-58.
8. CANALS M, VALENZUELA CY, AVENDAÑO A. Atlas de la madurez ósea. Santiago, Chile: Editorial Mediterráneo, 1993.
9. GREULICH WW, PYLE SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford CA: Stanford University Press, 1959.
10. TANNER JM, WHITEHOUSE RH, MARSHALL WA, HEALY MJR, GOLDSTEIN H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 Method) London: Academic Press, 1975.
11. CANALS M, VALENZUELA CY, VERGARA P. Maduración ósea de niños de 0 a 6 años. Muñeca y mano. I Parte. Análisis cuantitativo. Rev Chil Pediatr 1985; 56:325-8.
12. VALENZUELA CY, CANALS P, VERGARA P. Maduración ósea de niños de

- 0 a 6 años. II Parte. Análisis de probitos para huesos aislados. Rev Chil Pediatr 1985;56:329-33.
13. CANALS M, VALENZUELA CY, VERGARA P. Maduración ósea de niños de 0 a 6 años. Muñeca y mano. III. Comparación de muestras y Métodos de evaluación. Rev Med Chile 1986;114:419-24.
 14. CANALS ML, VALENZUELA CY, AVENDAÑO A, SAMITH S. Maduración ósea de niños mayores de 6 años. Muñeca y mano. I Parte: Análisis Cuantitativo. Rev Chil Pediatr 1988;59:102-5.
 15. VALENZUELA CY, CANALS ML. Maduración ósea de niños de 6 a 19 años. Muñeca y Mano. II Parte. Análisis de probitos para huesos aislados. Rev Chil Pediatr 1988;59:178-82.
 16. GILBERT SF Developmental Biology. 7° Ed. Sunderland MA: Sinauer, 2003; 523-46.
 17. WAGNER GP, GAUTHIER JA. 1,2,3 = 2,3,4: A solution to the problem of the homology of the digits in the avian hand. PNAS (USA) 1999;96:5111-6.
 18. LETTICE LA, HEANEY SJH, PURDLE LA, LI L, DE BEER P, OOSTRA BA et al. A long *Shh* enhancer regulate expresión in the developing limb and fin and is associated with preaxial polydactily. Hum Mol Genet 2003;12:1725-35.
 19. WANG Z-Q, TIAN S-H, SHI Y-Z, ZHOU P-T, WANG Z-Y, SHU R-Z, et al. A single C to T transition in intron 5 of *LMBR1* gene is associated with triphalangeal thumb-polysyndactily syndrome in a Chinese family. Bioch Biophys Res Com 2007;355:312-7.
 20. CIFUENTES LO, NAZER JH, CAVIEDES AA, LUARTE AN. Polidactilia: Características clínicas y genético epidemiológicas en una muestra de población chilena. Rev Chil Pediatr 2007;78:46-53.
 21. FREEMAN S, HERRON JC. Análisis Evolutivo. Madrid: Prentice Hall, 2006; 549-84.
 22. SUSMAN RL. Hand of *Paranthropus robustus* from Member 1, Swartkrans: fósil evidence for tool behavior. Science 1988; 240:781-4.
 23. SUSMAN RL. Hand function and tool behavior in early hominids. J Hum Evol 1998;35:23-46.
 24. ALBA DM, MOYÀ-SOLÀ S, KÖHLER M Morphological affinities of the *Australopithecus afarensis* hand on the basis of manual

- proportions and relative thumb length. J Hum Evol 2003;44: 225-54.
25. SUSMAN RL. *Oreopithecus bambolii*: an unlikely case of hominidlike grip capability in a Miocene ape. J Hum Evol 2004;46:105-17.
26. MOYÀ-SOLÀ S, KÖHLER M, ROOK L. The *Oreopithecus* thumb: a strange case in hominoid evolution. J Hum Evol 2005; 49:395-404.

Tabla 1 Edad en meses al alcanzar el 50% de la población el estado madurativo correspondiente en Varones y Mujeres.

Varones								
Huesos del lado cubital								
	B	C	D	E	F	G	H	I
5° Fal Prox	27.2	29.9	37.5	63.4	134.1	160.5	185.8	197.1
5° Metacarp	29.5	34.7	45.3	67.9	120.4	155.6	189.8	196.8
Ganchoso		-6.0	37.1	54.9	73.9	116.7	145.9	164.0
Piramidal	34.9	43.6	60.8	81.4	114.7	139.4	162.1	-----
Semilunar	57.5	64.0	80.3	98.4	124.8	146.6	168.8	-----
Huesos del lado radial								
1° Fal Prox	36.8	48.8	54.2	83.8	130.8	164.0	192.4	204.0
1° Metacarp	36.4	46.6	61.7	98.9	134.0	157.9	177.5	204.0
Trapezio	78.7	90.7	88.7	106.2	123.9	144.4	160.9	179.9
Trapezoide	75.5	81.2	89.0	101.4	120.9	142.7	159.9	-----
Escafoides	71.9	82.6	89.7	104.7	124.4	145.4	172.2	-----
Mujeres								
Huesos del lado cubital								
	B	C	D	E	F	G	H	I
5° Fal Prox	17.1	19.6	26.0	44.2	106.3	129.4	154.4	172.4
5° Metacarp	18.2	23.3	32.4	54.7	105.7	130.7	161.7	177.0
Ganchoso		-2.6	27.3	40.4	62.3	96.8	118.5	139.3
Piramidal	26.3	32.4	46.9	62.5	98.7	114.9	134.3	-----
Semilunar	42.1	48.7	63.1	75.3	106.2	125.2	149.6	-----
Huesos del lado radial								
1° Fal Prox	27.2	32.8	35.6	60.2	107.1	130.9	161.6	174.2
1° Metacarp	23.4	28.6	42.3	76.5	108.9	128.6	152.9	176.0
Trapezio	50.6	57.4	60.3	78.1	97.2	118.4	132.7	159.1
Trapezoide	55.1	62.2	66.6	76.6	99.1	120.0	140.3	-----
Escafoides	53.1	60.6	69.0	82.4	101.1	120.5	152.4	-----