

Testosterona prenatal: digito D2:D4 y conducta. 1998-2010.

“Prenatal testosterone: digit D2: D4 and behavior. 1998-2010.”

Elkin Rodrigo Lozada Celis.¹ Nidia Jazmín Páez Castiblanco.² Fred G Manrique-Abril.³
Mario Andrés Valderrama Díaz.⁴

1. Psicólogo. Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia. Email: erlozada_c@hotmail.com
2. Psicóloga Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia. Email: nidiapaeti@hotmail.com
3. PhD Salud Pública. Profesor Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia. Email: fgma75@gmail.com
4. Psicólogo Esp. Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Profesor. Email:marioandresvalderramad@gmail.com

Recibido:	15	04	12	Revisado:	17	05	12
Corregido:	27	05	12	Aceptado:	11	06	12

Estilo de referencias:	Vancouver	APA 6 X	Harvard	ICONTEC
-------------------------------	-----------	------------	---------	---------

RESUMEN:

El presente artículo se basa en una revisión de la teoría disponible entre los años 1998 y 2010 a cerca de la correlación entre la longitud de los dedos de las manos y la testosterona prenatal, llamado índice o digito D2:D4, y que posteriormente fue relacionado con condiciones físicas y psicológicas en los seres humanos; se realiza un recuento de algunos estudios llevados a cabo en Europa, y corroborados o contrastados con diferentes teorías, que permiten conocer el sustento científico para investigaciones ejecutadas en la actualidad, en distintos lugares del mundo y que han tenido como objetivo evaluar los resultados de los primeros estudios acerca de la posible medición de la testosterona prenatal a través de los dedos índice y anular de las manos humanas y su asociación con características físicas y/o psicológicas.

Palabra clave: *Digito D2:D4 o Índice D2:D4, testosterona prenatal, manos, dedos, razón, conducta, dimorfismo sexual*

ABSTRACT:

This article is based on a review of the available theory between 1998 and 2010 about the correlation between the length of the fingers and prenatal testosterone, called index or digit D2: D4, and subsequently related with physical and psychological conditions in

humans, it takes a count of some studies conducted in Europe, and corroborated or contrasted with different theory, which allow the scientific basis for research conducted at present in different parts of the world and have aimed to evaluate the results of the first studies on the possible measurement of prenatal testosterone through the index and ring fingers of human hands and its association with physical and / or psychological.

Key Words: Digit D2:D4 or index D2:D4, prenatal testosterone, hands, finger, reason, behavior, sexual dimorphism.

INTRODUCCIÓN

La razón entre el índice D2 y D4 muestra la exposición prenatal a testosterona de manera cuantitativa, dicho indicador es considerado un marcador biológico; esta teoría se basa en los resultados de procedimientos clínicos-investigativos en fetos, que demuestran la relación de la testosterona prenatal con el crecimiento de los huesos de las manos, en un punto crítico del desarrollo fetal. Dicho índice fue descrito como una forma indirecta de medición de la exposición a testosterona prenatal, y tomo como nombre índice o dígito D2:D4, siendo este el resultado de la razón entre el dedo índice y anular de las manos de los humanos. Actualmente es utilizado para investigaciones en su asociación con características físicas y psicológicas como un explicativo para la presencia de habilidades y/o dificultades en las personas.

ÍNDICE D2 D4

Hasta 1988 se pensaba que los esteroides sexuales afectaban al esqueleto sólo de forma indirecta, regulando la secreción de hormonas calciotrópicas. Sin embargo, el hallazgo de receptores esteroideos en las distintas células óseas, gracias al desarrollo de técnicas de investigación más sensibles, puso de manifiesto la existencia de una acción directa de estas hormonas sobre el hueso. Los Andrógenos (A) estimulan el crecimiento radial, mientras que los Estrógenos (E) disminuyen la aposición de hueso perióstico. RE α (receptor estrogénico alfa) puede ser responsable, al menos en parte, del dimorfismo sexual esquelético (García et al., 2005).

El dimorfismo sexual también hace referencia a diferencias en el tamaño del núcleo cerebral o circuito bajo estudio. Estas diferencias en tamaño sin embargo, se pueden deber a diferencias en el volumen o área que el núcleo ocupe, así como a diferencias en el número de células (o densidad) del núcleo. Estas diferencias neuroanatómicas se asocian a sexo (macho o hembra), preferencia sexual (homosexual o heterosexual), o transexualismo (identidad de género correspondiente al sexo opuesto) (Jorge-Rivera, 1998). Lo cual permite ver la gran diferenciación entre hombres y mujeres desde el estado embrionario, en la formación y desarrollo de los mismos.

Recientemente se ha demostrado la existencia de receptores androgénicos (RA) en casi todas las células óseas y en el cartílago de crecimiento, lo que abre la posibilidad de que los A puedan actuar sobre el hueso no sólo a través de su aromatización a E y su

interacción con receptores estrogénicos (RE), sino de forma directa utilizando su propio receptor. La activación de RA estimula el crecimiento del hueso trabecular y el crecimiento radial del hueso cortical. Por otra parte, RE α favorece el crecimiento tanto cortical como trabecular, mientras que RE β (receptor estrogénico beta) ejerce un papel inhibitorio en mujeres, no desempeñando aparentemente ninguna función en varones, lo que podría explicar en parte el dimorfismo sexual del esqueleto adulto (García et al., 2005).

De estas circunstancias nace la hipótesis del dimorfismo sexual, que es definido como la diferencia de formas, coloración y tamaños entre machos y hembras de una misma especie. En el ser humano las hormonas sexuales marcarán el desarrollo de nuestra vida futura (testosterona en el hombre y estrógenos en la mujer). Estas hormonas son sintetizadas a partir de colesterol siguiendo una vía común. Los andrógenos, testosterona y androstenediona son precursores de la síntesis de los estrógenos en los testículos, ovarios, suprarrenales y placenta. La diferenciación sexual fetal se inicia a finales de la 6^o semana y concluye para la semana 14 aproximadamente con crecimiento posterior de los genitales. La testosterona, principal hormona masculina, es sintetizada en las células intersticiales (células de Leydig) del testículo, el feto puede producir grandes niveles de testosterona aproximadamente a partir de la semana 8 de desarrollo. El gen *hox* de los vertebrados es esencial para el desarrollo de las extremidades y genitales (Reyes, Loza, Lizarraga, Torres, & Ruiz, s.f).

Los genes *Hox* juegan un papel central durante el desarrollo embrionario, determinando la identidad de los somitas y regulando la organogénesis. Durante los últimos años los genes *Hox* han sido encontrados en contextos genéticos diferentes, tanto en el desarrollo embrionario como en el adulto (Hernández, Marrero, & Rodríguez, 2006).

La familia del gen *hox* se organiza en 4 racimos: *a*, *b*, *c* y *d*, se requiere para el crecimiento y patrón de los dedos y la diferenciación del brote genital. Por lo tanto las perturbaciones en la formación de los testículos pueden ser relacionados directamente con los patrones de la formación de los dedos, la testosterona puede estimular el crecimiento del cuarto dedo así como los estrógenos el segundo; las perturbaciones en la función testicular pueden reflejarse en la producción de testosterona del feto, y por lo tanto, en los patrones de crecimiento de los dedos (Reyes et al., s.f).

Se ha sugerido que la diferencia sexual en D2:D4 surge temprano en el desarrollo y aquella razón digital es una correlación de testosterona y estrógeno prenatal (Manning, Stewart, Bundred, & Trivers, 2004). La función de los estrógenos tiene lugar gracias a los dos receptores estrogénicos, α y β , presentes en los condrocitos de la fisis. Los estrógenos inhiben el crecimiento longitudinal, disminuyendo la proliferación de los condrocitos y reduciendo la altura del cartílago de crecimiento y, secundariamente, estimulando la invasión vascular. Los estrógenos llevan la proliferación de los condrocitos al límite, disminuyendo el índice de crecimiento, la proliferación y el número de condrocitos. Los estrógenos no son estimuladores de la osificación del cartílago de crecimiento. Por el

contrario, disminuyen la función de los condrocitos cuando se produce la osificación secundaria (Shapiro & Forriol, 2005).

A partir de estas razones, se han realizado diversos estudios que permiten justificar la relación directa establecida entre el desarrollo de los dedos y la exposición a las diferentes hormonas; es necesario para la presente investigación enfocarse en las hormonas sexuales, el desarrollo de los dedos, (recuento teórico tomado al iniciar texto) y la conducta humana para lo cual se tienen en cuenta una serie de estudios con dichas temáticas.

Algunos estudios longitudinales usando rayos X para medir el D2:D4 muestran que el índice se establece a los 2 años de edad, aunque estudios más recientes informan de que estas diferencias sexuales en el índice digital D2:D4 están presentes en fetos de 9 a 40 semanas de gestación. Un patrón de crecimiento lento continúa hasta la edad de 9 años, cuando la medida del índice se estabiliza; más tarde, en la pubertad, se vuelve permanente. El índice digital puede relacionarse con medidas o rasgos conductuales que tienen influencia hormonal (Albores-Gallo et al., 2009).

Aunque es evidente la relación entre crecimiento esquelético y hormonas, se desconocen sus mecanismos. Los estrógenos pueden suprimir la actividad del cartílago de crecimiento por un efecto indirecto, por la ausencia de receptores fisarios para derivados moleculares esteroideos o por un efecto directo que aumenta la calcificación de la matriz, un requisito para el cierre fisario. Como efecto adicional se ha considerado un aumento de la rigidez del periostio que disminuye el crecimiento longitudinal (Shapiro & Forriol, 2005). Es evidente que la proporción de 2D y 4D está correlacionada con la testosterona del adulto y el feto. Así mismo existen estudios que muestra que utilizando la proporción 2D-4D se puede predecir autismo, homosexualidad, enfermedades cardíacas, entre otras (Reyes et al., s.f).

Las hormonas son sustancias químicas secretadas por las glándulas endocrinas, las cuales son capaces de estimular o inhibir procesos fisiológicos como: crecimiento, metabolismo, digestión, reproducción, etc. (Reyes et al., s.f)

A continuación se presenta un recuento de la acción hormonal en el hombre, lo cual permite identificar las relaciones existentes entre la conducta y la fisiología:

El sistema nervioso central (SNC) es un blanco importante de acción para las hormonas esteroideas y probablemente se relaciona con las funciones de estimulación de las vías adrenérgicas y serotoninérgicas (Berlanga & Huerta, 2000).

Los esteroides gonadales pueden afectar los sistemas cerebrales mediadores de las funciones afectivas y de ansiedad en varios niveles. Entre estos se incluyen las alteraciones de las estructuras neurales, en la eficiencia del efecto de transmisión de las señales de los neurotransmisores y los neuropéptidos y en la excitabilidad neuronal y la plasticidad sináptica (Berlanga & Huerta, 2000).

Los estrógenos modulan diferentes neurotransmisores, entre ellos, serotonina, noradrenalina y dopamina (Téllez, 2003); cabe señalar que la hipoactividad dopaminérgica ha sido asociada con la fobia social (Guimón, 2004).

Los estrógenos influyen en la actividad serotoninérgica, y disminuyen la actividad de la monoaminoxidasa en las plaquetas, acciones que se traducen en un incremento de la biodisponibilidad de serotonina, que por un lado, mejoraría las funciones cognitivas de las mujeres posmenopáusicas y, por el otro, disminuiría la frecuencia de cuadros depresivos y de enfermedad de Alzheimer (Téllez, 2003).

La testosterona induce al desarrollo del sexo genital interno (epidídimo, conductos deferentes y vesícula seminal) y, junto con la enzima 5 α -reductasa, también del externo (próstata, bolsas escrotales y pene). La presencia de este andrógeno modifica algunas otras características, por ejemplo, se ha observado que en las mujeres los dedos índices y anular son casi de la misma longitud; en cambio, en hombres el índice es más corto en comparación con el anular de la misma mano. La relación entre estos dedos se ha tomado como un indicador que refleja la exposición prenatal de los hombres a la testosterona, el individuo será "más masculino" si el cociente entre ambas longitudes es menor (Martinez, 2008).

La diferenciación sexual está determinada por la presencia o ausencia del cromosoma Y, y por los niveles de testosterona. La secreción de la testosterona se realiza a partir de la novena semana de gestación, que hace parte del llamado período crítico del desarrollo cerebral, entre las semanas 9 y 18. Como efecto de la presencia y estimulación de esta hormona el cerebro desarrolla características \square masculinas \square y ante su ausencia, el cerebro se desarrolla como \square femenino \square (Téllez, 2003).

En el caso de las mujeres, los estrógenos deben estar en cierto rango para que se logre el equilibrio emocional ya que el exceso y el déficit interfieren con la respuesta al estrés. Respecto de los hombres, se ha visto que la testosterona puede proteger contra el estrés y la depresión a través de atenuar la respuesta del eje hipotálamo-hipófisis adrenal (Jadresic, 2010).

Es necesario conocer algunos componentes biológicos que se asocian a la conducta humana, por ejemplo, la acetilcolina, tiene bajo su responsabilidad el control neuromuscular, control de la reacción al despertar, induce al sueño de movimientos oculares rápidos, media la agresión, el sistema de recompensa, facilita la memoria, la conducta exploratoria y la sexual. Por su parte, la dopamina participa en la iniciación motora, media el afecto, la cognición y la motivación, participa en el sistema de recompensa, aumenta la conducta agresiva y sexual, mantienen la reacción del despertar e induce al sueño de ondas lentas, también inhibe la liberación de prolactina. La adrenalina participa en la reacción de alarma. La noradrenalina constituye un sistema neuromodulador siendo intermediaria entre el medio ambiente y el mundo visceral, orientación al ambiente, participa en el sistema de alarma, en el despertamiento y

atención, sistemas de recompensa, olfacción, ciclo vigilia sueño, respuesta al dolor y a la ansiedad, humor, disminuye la conducta agresiva y facilita la memoria (Moreno, 2006).

El GABA es el neurotransmisor inhibitor más importante en el Sistema Nervioso Central (SNC), donde aproximadamente el 30 % de las sinapsis son Gabaérgicas. Se han propuesto dos tipos de receptores para el GABA: los receptores GABAA y los GABAB; los primeros están asociados con receptores a benzodiazepinas y canales de membrana para el ión cloro. Los segundos se relacionan con la adenilato ciclasa y parecen no estar modulados por las benzodiazepinas (Rodríguez & Contreras, 1998).

La serotonina, eleva el umbral para la percepción del dolor, media en la agresión, el apetito, la termorregulación, control de la presión sanguínea, frecuencia cardíaca y respiración, participa en el sistema punitivo e inhibe la memoria. La GABA (ácido gammaaminobutírico) es el principal neurotransmisor inhibitorio del sistema nervioso, por lo cual actúa ampliamente sobre el mismo manteniendo el equilibrio y la amortiguación de muchas funciones. El glutamato y el aspartato son excitadores, teniendo el primero una amplia distribución en el cerebro y la glicina es inhibitora.

Los opioides endógenos participan en los estados conductuales, la memoria, la analgesia, la termorregulación, y control cardiovascular y del movimiento. Se encuentran las glándulas suprarrenales secretoras de adrenalina y noradrenalina, la tiroides secreta la hormona tiroxina que regula el metabolismo energético, la producción de calor y la velocidad del crecimiento. La paratiroides secreta la paratohormona que regula el contenido de calcio y fosfato en sangre y tejidos y participa en la formación de los huesos (Moreno, 2006).

La hormona de crecimiento ha mostrado que posee influencia sobre aspectos cognitivos y propiedades psicoactivas: mejora ciertas funciones cerebrales e induce respuestas endocrinológicas al estrés; tiene, pues, directa o indirectamente, efectos beneficiosos sobre la actividad cerebral (Ballesteros, s.f).

La testosterona se une en un 98% a las proteínas plasmáticas, entre ellas la globulina. Es transportada por la SHGB (sex human binding globulin) hasta las células blanco, donde se liga receptores localizados en la cromatina y es transformada a nivel celular, por acción de las enzimas citoplasmáticas 5-alfareductasa y la aromatasa, en dos metabolitos activos: la dehidrotestosterona (DHT) y el estradiol (E2) (Téllez, 2003).

Las gónadas que secretan las gonadotropinas que son hormonas relacionadas con el desarrollo y la actividad sexual y las características primarias y secundarias. La testosterona (desarrollo de caracteres sexuales masculinos secundarios) y las hormonas ováricas: foliculina (ensanchamiento de la pelvis, desarrollo mamario, crecimiento del útero y la vagina, desarrollo de genitales femeninos externos e inicio del ciclo menstrual), y progesterona (ciclos menstruales, implantación de huevo o cigote fertilizado, desarrollo mamario al final de la gestación, aparición de células que participan en la nutrición del embrión, inhibe el desarrollo de óvulos durante el embarazo). Las glándulas

suprarrenales secretan varias hormonas. La medula adrenal produce la adrenalina que a su vez se considera también un neurotransmisor (Moreno, 2006).

La testosterona está relacionada con la agresión y la hostilidad. La evidencia sugiere que los hombres con comportamientos sexuales violentos presentan mayores niveles de testosterona comparados con los hombres no violentos y, que existe una pequeña pero estadísticamente significativa relación entre la hostilidad y niveles elevados de testosterona. La testosterona y la DHT se ligan al receptor de andrógenos, activan la membrana celular, la membrana de los receptores y los segundos mensajeros, modulando la síntesis de enzimas, de proteínas estructurales y de receptores. La testosterona ejerce, de esta manera, una estimulación de la actividad celular de tipo no genómico. Las acciones de la testosterona se ejercen a diferentes niveles: procesos metabólicos, tejidos periféricos, como el pene, en la médula espinal y en el cerebro. La acción de la testosterona sobre el cerebro se realiza, no solamente por la unión de la hormona y de la DHT a los receptores cerebrales, sino que también se liga a los receptores estrogénicos localizados en cerebro. Se ha demostrado que la pubertad precoz, originada por el incremento de la testosterona, está relacionada con un interés sexual temprano y fantasías eróticas, emisiones nocturnas y masturbación (Téllez, 2003).

Basados en la evidencia científica anteriormente descrita, en los últimos doce años se han venido realizando una serie de estudios que muestran la relación entre testosterona prenatal y algunas características de personalidad, enfermedades médicas y mentales, habilidades deportivas, entre otras.

La longitud desproporcionada de dedos humanos ha generado mucho interés entre investigadores. Las longitudes del segundo dígito (2D) y del cuarto dígito (4D) han recibido la atención más grande, debido a las diferencias conocidas del sexo. El grado distal de 4D con respecto al dedo medio es relativamente mayor que el de 2D en la mayoría de los varones, mientras que sigue habiendo el patrón sin especificar en las hembras. Las diferencias en ambos sexos han sido probadas generalmente expresando el patrón como 2D al cociente 4D (2D: 4D). Según esta formulación, los varones tiene más bajo el índice 2D: 4D comparado con las hembras en la mayoría de las poblaciones (Benderlioglu & Nelson., 2004).

Un ejemplo de estos estudios, es el realizado en personas que practicaban fútbol, atletismo, artes marciales, rugby, tenis o squash, ski, natación y hockey; la testosterona que se produce en la etapa fetal repercutirán en el adulto y es importante en las habilidades asociadas con la competencia física. Es evidente que la proporción de 2D y 4D está correlacionada con la testosterona del adulto y el feto. Así mismo existen estudios que utilizando la proporción 2D-4D establecen que se puede predecir autismo, homosexualidad, enfermedades cardíacas, entre otras (Reyes et al., s.f).

A partir del índice D2:D4, algunos estudios en mujeres adultas han encontrado asociación entre la agresión reactiva, búsqueda novedosa de sensación, desinhibición, psicoticismo y fluidez verbal con índices digitales bajos de tipo masculino, mientras que

índices más elevados (tipo femenino) se relacionaron con neuroticismo (Albores-Gallo et al., 2009).

Mediante estas hipótesis surgen estudios como el Replicated nil associations of digit ratio (2D:4D) and absolute finger lengths with implicit and explicit measures of aggression donde se explica que el índice 2D:4D, como marcador indirecto de los niveles de andrógenos prenatales, puede poseer una fuerte y coherente relación con medidas implícitas y explícitas de algunas características humanas comportamentales, como los rasgos de personalidad (Voracek & Stieger, 2009). Este estudio utilizó medidas implícitas a partir del Test de Asociación Implícita, IAT no introspectivo puede reflejar las experiencias más tempranas e inaccesibles y medidas explícitas a través de autoinformes que reflejan las experiencias más recientes y necesariamente accesibles. Para verificar la validez del procedimiento y la normalidad de los datos, las experiencias de la investigación fueron replicadas en dos muestras, incluyendo las diferencias sexuales en el 2D:4D y la interrelación de la teoría conformista entre medidas psicométricas (Voracek & Stieger, 2009).

Manning citado por Albores, L; Fernández, A Hernández, L; List, C (2009) en su estudio a niños autistas con y sin lenguaje, encontró un índice D2:D4 más bajo, pero no significativo, en los niños sin lenguaje. Hasta ahora, la asociación del índice digital con el desarrollo del lenguaje o como predictor de atrasos del lenguaje no se ha investigado en niños sin autismo. Un estudio de fluidez verbal en adultos mostró una relación con índices digitales bajos (de tipo masculino) en mujeres. El propósito de este estudio fue determinar si existía una asociación entre el D2:D4 y el desarrollo del lenguaje en niños mexicanos (Albores-Gallo et al., 2009).

Las diferencias del sexo en el inicio, la epidemiología, la presentación clínica y la neuropatología de la esquizofrenia sugieren que el dimorfismo sexual en el desarrollo del cerebro pueda ser relevante a la patogénesis. Las hormonas de sexo, particularmente testosterona, se consideran cruciales en el desarrollo del cerebro, pero pocas investigaciones han examinado el papel potencial de la testosterona prenatal en esquizofrenia. En un estudio, se examinó un marcador retrospectivo del lanzamiento prenatal de la testosterona por medio del cociente de la longitud de los dedos 2 y 4 (D2:4D), la longitud relativa del 2do al 4to dígito, en 64 pacientes asiáticos con esquizofrenia y 64 controles sexo-emparejados. El cociente 2D:4D era perceptiblemente diferente entre los pacientes y los controles. La hipótesis sugería que la esquizofrenia se puede asociar a una anomalía en testosterona de circulación prenatal (Lewes et al., 2010).

En otro estudio, realizado con 161 fetos humanos (83 varones, 78 hembras) libres de patología externa o malformación con las edades que se extienden entre 9 y 40 semanas de gestación, se realizaron medidas externas generales, la longitud y la anchura de la mano, longitudes del dígito separadas para cada mano fueron medidas, el índice y el cociente de las longitudes del 2do dedo al 4to dedo (el índice D2:4D) fue computado. Teniendo en cuenta que las medias y las desviaciones estándar de los parámetros con respecto a semanas, a meses y a trimestres gestacionales eran calculados. Se encontró una correlación significativa entre todos parámetros y edad gestacional ($p < 0.001$). El cociente

D2:4D era perceptiblemente más alto en las hembras comparadas a los varones ($p < 0.05$) y la media D2:4D no cambió con la edad gestacional. La información detallada de los parámetros de la mano y del dígito relacionados con el período fetal revelará el grado de variaciones biológicas de los parámetros de la mano y del dígito (Malas, Dogan, Evcil, & Desdicioglu, 2006).

De esta manera es evidente que el cociente del dígito (2D: 4D) es ampliamente utilizado como marcador de la exposición prenatal del andrógeno. Se quiso establecer la relación anticipada entre la exposición prenatal del andrógeno en los segundos y terceros trimestres del embarazo (según lo medido por concentraciones de circulación maternas del andrógeno y el andrógeno del cordón umbilical) y el cociente del dígito en mujeres adolescentes. Las concentraciones del andrógeno (testosterona, índice libre del andrógeno, androstenediona, DHEAS) y la globulina obligatoria de la hormona de sexo (SHBG) fueron medidos en muestras almacenadas del plasma de madres embarazadas ($n = 118$) y 34/36 ($n = 114$) semanas de la gestación. Los niveles de circulación maternas de la androstenediona en 18 semanas de gestación y el cociente del dígito de la mano izquierda fueron considerados (Hickey, Doherty, Hart, & Norman, 2010).

La evidencia ahora sugiere que el cociente entre la longitud de los segundos y cuartos dígitos (D2:D4) se relaciona con la exposición prenatal de la testosterona. En un estudio se probó si el cociente del dígito está relacionado con el grado de habilidad de la mano tales que D2:D4 bajo (que indica niveles de la testosterona en el útero) se puede correlacionar con el funcionamiento (Fink, Manning, Neave, & 2004).

El índice D2:D4 correlaciona perceptiblemente en la dirección prevista solamente con la orientación sexual (para ambos sexos) y solamente para la mano izquierda D2:D4. A la luz de estos resultados se consideran sus implicaciones para entender la sincronización de acontecimientos de desarrollo (Putza, Gaulinb, Sporterc, & McBurney, 2004).

Las hormonas gonadales prenatales se han implicado como factores importantes en el desarrollo de la identidad del género. Hay evidencia de que el cociente de la longitud de los segundos y cuartos dígitos se asocia negativamente a testosterona prenatal y positivamente al estrógeno prenatal (Csatho et al., 2003a).

Los varones deben desarrollar mecanismos biológicos competitivos para dominar o para competir de otra manera el uno con el otro. Es confuso si tales mecanismos propuestos influenciarían jerarquías del estado en pequeños grupos humanos. Divulgamos los resultados de un estudio que investiga efectos posibles de exposición prenatal a testosterona (cociente 2d:4d) y testosterona salival, e identificación masculina, entre 71 estudiantes universitarios de sexo masculino que vivían en nueve grupos residenciales. Los resultados no indican ningún papel de la testosterona prenatal o salival en jerarquías del estado que mantienen en estos grupos. Una explicación posible es que el estado determinado en estos grupos fue acordado cooperativamente, relacionado con el dominio de competencias (McIntyre, Li, Chapman, Lipson, & Ellison, 2010).

Las hormonas gonadales prenatales se han implicado como factores importantes en el desarrollo de diversas capacidades espaciales, incluyendo la navegación espacial. El objetivo del estudio divulgado aquí era examinar la relación entre las capacidades navegacionales y el cociente entre el segundo y cuarto dedo (cociente 2d:4D) en mujeres sanas. Hay evidencia de que el cociente de la longitud del segundo y cuarto dígito se relaciona negativamente con la testosterona prenatal y se relaciona positivamente con el estrógeno prenatal. En este estudio, el cociente D2:D4 fue medido en una muestra de 46 estudiantes universitarios de sexo femenino. Estos resultados tienden a apoyar una asociación entre la concentración gonadal prenatal de la hormona y algunos aspectos de la navegación espacial (Csatho et al., 2003b).

PROPORCIÓN D2:D4

De acuerdo con lo anterior se establecen algunos criterios para la medición del índice D2:D4 que permiten encontrar la medida de la razón entre el dedo índice y anular donde se dice que la razón de la longitud de los dedos para hallar las proporciones de medida de testosterona prenatal en los dedos se realizan desde la longitud del pliegue basal a la punta del dedo con los calibradores del nonio electrónicos leyendo a 0.01mm. Este tipo de medida es favorablemente confiable.

I de Bruin, Verheij, Wiegman, & Ferdinand (2006), realizaron un estudio inter e intra ratio para verificar la fiabilidad. Los resultados arrojaron coeficientes de correlación intraclase para D2:D4 ratios de la mano izquierda 0,87 y en la mano derecha 0,86 que eran buenos. Evaluaron la clasificación de los mismos 30 pares de manos dos veces. Donde se encontró que para la mano izquierda existe una relación de 0,96 y para la mano derecha la relación fue de 0.96 lo cual arrojó resultados excelentes. También siguió el método de cuantificar las diferencias entre los valores según lo descrito por Bland y Altman, y mostró que alrededor de 95% de las diferencias entre los evaluadores (y también dentro de un evaluador) se redujo en el 95% de confianza (IC), y que las diferencias entre los calificadores (o dentro de un evaluador) se distribuyeron normalmente.

La medición del índice D2:D4 puede hacerse del pliegue proximal a la palma de la mano, a la punta de los dedos índice (D2) y anular (D4) en las dos manos, con vernier metálico marca Mitutoyo calibrado al 0.01mm. se deben excluir sujetos que hayan tenido lesiones como fracturas, luxaciones o cualquier deformidad de los dedos 2 y 4 (Reyes et al., s.f).

Se han usado con éxito diversas técnicas de medición para estudiar el índice digital: fotocopias, rayos X, medidas directas sobre la piel e indirectas sobre el contorno de los dedos. (Reyes et al., s.f), utilizaron un método semejante al trazado del contorno de los dedos, por ser una técnica factible, sencilla y apropiada para niños pequeños. Se marcaron cuatro puntos del perímetro de los dedos en una hoja de papel y, posteriormente, se midieron con una regla. Para esta medida, el niño colocó su mano sobre una hoja de papel con los dedos en abducción ligera. Se colocaron marcas en el papel en los espacios interdigitales del segundo y tercer dedo, y entre éste y el cuarto dedo. Con los dedos en aducción, se marcaron las puntas del segundo y del cuarto dedo.

Se trazaron líneas para unir los puntos de los espacios interdigitales con sus respectivas puntas en el extremo de cada dedo. Posteriormente, se midió esta longitud.

En un estudio realizado por Lutchmaya encontraron una relación inversa entre la testosterona fetal y el vocabulario. Un método menos invasivo para medir la exposición prenatal a andrógenos es el del índice digital del segundo dedo (índice) y el cuarto dedo (anular) (D2:D4). El índice se obtiene midiendo la distancia que va del último pliegue del dedo hasta su punta. Se considera un marcador de la influencia hormonal en la sexta semana de la vida intrauterina. Esto determina un índice D2:D4 menor en los hombres y mayor en las mujeres. La testosterona fetal y el estradiol fetal obtenidos por amniocentesis y medidos por radio-inmunoensayo confirmaron una correlación negativa con el D2:D4. Los estudios longitudinales usando rayos X para medir el D2:D4 muestran que el índice se establece a los 2 años de edad, aunque estudios recientes informan de que estas diferencias sexuales en el índice digital D2:D4 están presentes en fetos de 9 a 40 semanas de gestación (Reyes et al., s.f).

CONCLUSIONES

Las investigaciones llevadas a cabo para encontrar una relación entre testosterona prenatal y conducta humana, así como las capacidades o dificultades físicas y psicológicas de las personas, evidencia un sustento teórico importante que puede evaluar el grado de afectación de las hormonas en el humano; se encuentra una relación entre el desarrollo de los huesos de la mano al mismo tiempo con la exposición a testosterona, que puede ser un marcador biológico en los seres humanos, y que establece características en los individuos desde antes de su nacimiento, sin embargo se debe tener en cuenta que dichas características previamente establecidas también están influenciadas por otras condiciones biológicas durante el desarrollo fetal aportadas por información genética, y que puede participar en procesos físicos y psicológicos en los seres humanos de manera permanente.

REFERENCIAS

1. Albores-Gallo, L., Fernández-Guasti, A., Hernández-Guzmán, L., & List-Hilton, C. (2009). Índice digital D2: D4 y desarrollo del lenguaje. *Revista de Neurología*, 48(11), 577-581.
2. Arenas, M., & Puigcerver, A. (2009). Diferencias entre hombres y mujeres en los trastornos de ansiedad: una aproximación psicobiológica. *Escritos de Psicología: Psicobiología y Metodología de las Ciencias del Comportamiento*, 3(1), 20-29.
3. Ballesteros, M. (s.f). Fobia social en la infancia y la adolescencia Retrieved 21 de julio de 2011, from <http://www.centrelondres94.com/documento/fobia-social-en-la-infancia-y-la-adolescencia>
4. Benderlioglu, Z., & Nelson., R. J. (2004). Digit length ratios predict reactive aggression in women, but not in men. *Hormones and behavior*.

5. Csatho, A., Osvath, A., Bicsak, E., Karadi, K., Manning, J., & Kallai, J. (2003a). Sex role identity related to the ratio of second to fourth digit length in women. *Biological Psychology*, 63, 147-156.
6. Csatho, A., Osvath, A., Bicsak, E., Karadi, K., Manning, J., & Kallai, J. (2003b). Spatial navigation related to the ratio of second to fourth digit length in women. *Learning and Individual Differences*, 13, 239-249.
7. Dolado, M. (2010). Diferencias de género en los trastornos de ansiedad y del estado de ánimo. 11º Congreso Virtual de Psiquiatría Interpsiquis 2010. *Psiquiatria.com*.
8. Fink, B., Manning, J., Neave, N., & (2004). Second to fourth digit ratio and hand skill in Austrian children. *Biological Psychology* 67, 375-384.
9. García, E., Guadalix, S., Requejo, H., Jódar, E., & Hawkins, F. (2005). Esteroides sexuales y hueso: ¿tiene sexo el hueso? *Reemo*, 14(1), 5-14.
10. Guimón, J. (2004). Aspectos psicopatológicos de la desinhibición. *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 24(91), 23-36.
11. Hernández, O., Marrero, A., & Rodríguez, J. (2006). ¿Qué son los genes Hox? Su importancia en la enfermedad vascular y renal. *Nefrología*, 26(2), 195-205.
12. Hickey, M., Doherty, R., Hart, R. J., & Norman, E. (2010). Maternal and umbilical cord androgen concentrations do not predict digit ratio (2D:4D) in girls: A prospective cohort study. *Psychoneuroendocrinology* 35, 1235-1244.
13. I de Bruin, E., Verheij, F., Wiegman, T., & Ferdinand, R. (2006). Differences in finger length ratio between males with autism, pervasive developmental disorder-not otherwise specified, ADHD, and anxiety disorders. *Developmental Medicine and Child Neurology* Vol. 48(12), pg. 962, 964 pgs
14. Jadresic, M. (2010). La necesaria distinción de género. *Revista chilena de neuropsiquiatría*, 48(4), 261-263.
15. Jorge-Rivera, J. (1998). Dimorfismo Sexual en el Cerebro. *Ciencia al día*, 1(2).
16. Lowes, S., Lim, M., Hui, J., Verma, S., Sim, K., Rapisarda, A., et al. (2010). Increased ratio of 2nd to 4th digit (2D:4D) in schizophrenia. *Psychiatry Research*.
17. Malas, M., Dogan, S., Evcil, E., & Desdicioglu, K. (2006). Fetal development of the hand, digits and digit ratio (2D:4D). *Human Development* 82, 469-475.
18. Manning, J. T., Stewart, A., Bundred, P. E., & Trivers, R. L. (2004). Sex and ethnic differences in 2nd to 4th digit ratio of children. *Early Human Development*, 80(2), 161-168.
19. Martínez, M. (2008). ¿Somos muy diferentes los hombres y las mujeres? Paper presented at the Memoria Foro Identidad, Conocimiento y Aprendizaje, Plantel Cuauhtepc.,
20. McIntyre, M., Li, A., Chapman, J., Lipson, S., & Ellison, P. (2010). Social status, masculinity, and testosterone in young men. *Personality and Individual Differences*.
21. Moreno, M. (2006). Bases biológicas de la conducta. In Z. S. d. Banderali (Ed.), *Una Introducción a la Psicología* (pp. 50,67): <http://books.google.es>.
22. Putza, D., Gaulinb, S., Sporterc, R., & McBurney, D. (2004). Sex hormones and finger length What does 2D:4D indicate. *Evolution and Human Behavior* 25, 182-199.
23. Reyes, M., Loza, P., Lizarraga, R., Torres, R., & Ruiz, Y. (s.f). Testosterona fetal ¿dedos predictores? , Instituto vasco de quiroga.
24. Shapiro, F., & Forriol, F. (2005). El cartílago de crecimiento: biología y biomecánica del desarrollo. *Rev Ortop Traumatol*, 49, 55-67.

25. Téllez, J. (2003). Hormonas sexuales y cerebro. In E. M. Vieco (Ed.), *Climaterio: una visión integradora*. Medellín.
26. Voracek, M., & Stieger, S. (2009). Replicated nil associations of digit ratio (2D:4D) and absolute finger lengths with implicit and explicit measures of aggression. *Psicothema*, Vol. 21(3), 382-389

COMO CITAR ESTE ARTICULO:

Lozada-Celis, Elkin; Páez-Castiblanco, Nidia; Manrique-Abril, Fred; Valderrama-Díaz, Mario. Testosterona prenatal: dígito D2:D4 y conducta. 1998-2010. Rev salud hist sanid on-line 2012;7(1):81-94 Disponible en: <http://www.histosaluduptc.org/ojs-2.2.2/index.php?journal=shs>. Consultado en: (fecha de consulta)

*Los textos publicados en esta revista pueden ser reproducidos citando las fuentes.
Todos los contenidos de los artículos publicados, son responsabilidad de sus autores.*

Copyright. Revista Salud Historia y Sanidad ©

Grupo de Investigación en Salud Pública GISP-UPTC
Grupo de investigación Historia de la salud de Boyacá.

Tunja 2012