

Evolución de la locomoción bípeda humana: el nivel socioeconómico como factor ambiental

Human bipedal locomotion evolution: socioeconomic status as environment factor

Paul Medina González, Eladio Mancilla Solorza

Académico Departamento de Kinesiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Católica del Maule - Chile. Av. San Miguel N° 3605.

Profesor Paul Medina González: Correo electrónico: pmedina@ucm.cl

Palabras clave: evolución de la marcha humana; ambiente; nivel socioeconómico; movimiento; envejecimiento

Keywords: human gait evolution; environment; socioeconomic status; movement; aging

Resumen

El origen del bipedalismo constituye una de las principales líneas de investigación para las ciencias que tienen como objeto de estudio al ser humano, al respecto, para conocer su presente y proyectar su futuro es necesario descubrir el pasado. La locomoción bípeda como hito motor filogenético y ontogenético se relaciona con la evolución cultural y cognitiva, además de ser un indicador de funcionalidad, esta evolución y desarrollo motor es ambiente dependiente, por tanto, la caracterización del movimiento debe considerar el impacto de factores pertinentes al periodo histórico en el cual se desarrolla. Es por esto, que el presente trabajo busca resaltar la locomoción bípeda humana desde una mirada evolutiva, considerando al ambiente como un regulador fundamental de ésta y extrapolando su relación hacia el ciclo vital del ser humano, su proceso de envejecimiento y carga socioeconómica.

Abstract

The bipedalism origin is one of the main lines of research for science whose object of study the human being, in this respect, for their present and plan for the future is necessary to discover the past. The bipedal locomotion as phylogenetic and ontogenetic motor milestone relates to cultural and cognitive evolution, as well as being an indicator of functionality, this evolution and motor development is dependent on the environment, therefore, the movement characterization must be consider the impact of relevant factors historical period in which it develops. For this reason, the present work aims will highlight human bipedal locomotion from an evolutionary look, considering the environment as a key regulator and extrapolating this relationship to the life cycle of the human being, the process of aging and socioeconomic burden.

Introducción

El estudio de la evolución de la postura y locomoción bípeda ha cobrado relevancia para la comprensión de los mecanismos que desde una perspectiva biológica y conductual, junto a interacciones con el ambiente, ayudarían a explicar el origen del hombre (Lovejoy 1981, Wood 1992). Se sabe que la adquisición de la postura bípeda fue crucial en la manifestación de aspectos sociales, reproductivos, alimentarios y culturales, ya que se liberaron las manos y se logró un desplazamiento fisiológicamente eficiente en comparación a la cuadrupedia (Crompton et al., 2008). El desarrollo de los patrones de marcha durante el ciclo vital del ser humano está claramente definido, es así como antes del año post natal se logra ejecutar de manera independiente con esquemas motores característicos, los cuales evolucionan ontogénicamente (Hausdorf et al., 1999) teniendo cierta correspondencia directa con la filogenia hasta la etapa adulta temprana. Posterior a esto, durante el proceso de envejecimiento se desencadenan alteraciones en la expresión y variabilidad de estos patrones espaciotemporales de marcha, provocando alteraciones en dimensiones del movimiento avanzadas (Allen 2007), expresión de indicadores de fragilidad dados por la disminución de velocidad y riesgo de caídas (Fried et al., 2001; Fritz y Lusardi, 2009), lo que se traduce en limitaciones funcionales y pérdida del estado de salud. En este escenario, y dadas las consecuencias dependientes de su ejecución hábil y eficiente, se puede considerar a la marcha como un elemento central del desarrollo humano. Consecuentemente, la expresión efectiva de locomoción bípeda, considera para su ejecución el aporte de diferentes características al servicio del movimiento, las cuales se han definido como atributos específicos, que requieren de aportes fisiológicos, mecánicos y actitudinales que otorgan especificidad para cualificar o cuantificar este acto motor, además de complejidad al momento de ser un traductor del comportamiento.

Se ha documentado que el ambiente tendría influencia sobre la expresión de movimiento, al respecto, existen trabajos que relacionan de manera inversa y significativa aspectos ecológicos pertinentes al hombre contemporáneo tales como nivel de ingresos y cultura, junto con la manifestación de limitaciones funcionales (Koster et al., 2005; Nilsson et al., 2011). En este contexto, Chile es un ejemplo de inequidades sociales y económicas, lo que se traduce en menores niveles de salud en los quintiles más bajos de la población (Fundación para la superación de la Pobreza 2009). Además esta brecha se potencia con el envejecimiento encontrándose mayores tasas de discapacidad para niveles socioeconómicos bajos (Olivares-Tirado 2006). En este escenario, el propósito de la presente investigación, es entregar el estado del arte de los aspectos filogenéticos y ontogenéticos de la locomoción bípeda y analizar el impacto que tendría el contexto social sobre los atributos que determinan este hito motor de funcionalidad humana.

Filogenia de la locomoción bípeda

Durante los últimos cincuenta años, el estudio del origen del hombre ha recibido particular atención, al respecto, los modelos de investigación entregan información de manera indirecta mediante el análisis de restos fósiles (Bennett et al., 2009) y el comportamiento de primates (Nakatsukasa 2004; Schmitt 2010). No obstante, se plantea que existen cinco características adaptativas que separan al hombre de los otros homínidos las cuales son: mayor tamaño del neocórtex, reducción de la dentición anterior con dominancia molar, cultura, comportamiento reproductivo y sexual monógamo y bipedestación (Lovejoy 1981; Rebato et al., 2005), considerada esta última como un evento fundamental, ya que en base a ella, se desarrollarían las cuatro primeras adaptaciones declaradas.

Bajo este escenario teórico, un evento clave en el proceso de evolución humana sería la adquisición de postura bípeda con su correspondiente estado de locomoción, sin embargo, este comportamiento no es exclusivo para el hombre, pues existen diferentes tipos de bipedia que caracterizan la locomoción de otros primates, aves y reptiles inclusive (Niemitz 2010). En este contexto se encuentra documentación del Gibón, el cual se traslada habitualmente “suspendido” en los árboles con postura bípeda, denominada “braquiación”. Del mismo modo, los grandes simios como el Chimpancé Común (*Pan troglodytes*) y el Chimpancé Bonobo (*Pan paniscus*) se desplazan tanto en cuadrupedia como bipedia, predominando la cuadrúpeda (Thorpe et al., 2007; Crompton et al., 2008). Las características de locomoción que distinguen de otros mamíferos a la

mayoría de los primates han sido asociadas directamente con los requerimientos del ambiente, lo que se fundamenta en cambios que provocaron diferenciaciones anatómicas y funcionales (Thorpe et al., 2007; Lovejoy 2005 a,b,c). En este escenario, emerge con fuerza el estudio comparativo de diferentes especies de primates, los que podrían entregar elementos claves al momento de explicar los mecanismos evolutivos involucrados en el desarrollo de la locomoción bípeda, desde las especies arborícolas hasta el hombre moderno. Investigaciones con modelos animales han descrito el comportamiento de patrones cinéticos y cinemáticos, que han entregado información complementaria para comprender la evolución de la marcha humana (Hirasaki et al., 2004; Ogihara et al., 2010). Complementando lo anterior, desde el punto de vista metabólico, el costo de transporte basado en mediciones del ritmo de producción de dióxido de carbono (CO₂), muestra que la locomoción bípeda de los Macacos japoneses (*Macaca fuscata*) es menos eficiente que la cuadrúpeda (Hirasaki et al., 2004). Cabe destacar, que este tipo de investigaciones también se ha desarrollado en humanos en diferentes etapas del ciclo vital, ante lo cual las tendencias cinemáticas y metabólicas de la locomoción bípeda, se relacionan a procesos de evolución ontogénica favorable hacia la función del movimiento, durante los primeros años de vida post natal (Hausdorf et al., 1999). Por su parte, la etapa del ciclo vital que comprende el inicio del envejecimiento, se caracteriza por una recapitulación inversa (Bohannon y Andrews 2011), es decir, hacia la disfunción del movimiento, dada principalmente por la disminución de la velocidad de marcha (Fritz et al., 2009) con un correspondiente aumento del costo fisiológico que esta conlleva (Saibene y Minetti 2003). Investigaciones basadas en registros fósiles demuestran que el bipedalismo es una adaptación clave que tiene al menos seis millones de años, en este sentido, hasta la década pasada se planteaba que los *Australopithecus afarensis* fueron los primeros seres que bipedestaron (3.2 millones de años), siendo el hallazgo de la denominada “Lucy” (A.L.288-1) clave para tal aseveración (Lovejoy 1981; Lovejoy 1988; Wood 1992). Sin embargo, durante los últimos diez años han cobrado relevancia las características del *Ardipithecus ramidus*, cuya antigüedad data de aproximadamente seis millones de años y estuvo adaptado a una bipedestación que se complementaba mayoritariamente por desplazamiento arborícola, es así como su anatomía post craneal revela que funcionalmente era capaz de realizar marcha vertical en suspensión (Lovejoy 2009). En este escenario, la morfología del pie entrega información relevante para inferir patrones de movimiento, es así como se ha documentado que pudiese ser una forma de explicación conformacional para la adquisición de bipedia (Bennett et al., 2009; Rolian et al., 2009). A su vez, la huella plantar de humanos muestra características de adaptación para la carga de peso en la bipedestación, al respecto el orjejo mayor se encuentra en aducción máxima, el calcáneo y la región tarsal es grande y robusta, existe un arco longitudinal medial pronunciado y los pies son relativamente cortos, estas características anatómicas entregan una función especializada, siendo relevante para una marcha con temporalidades prolongadas (Bramble y Lieberman, 2004). En el *Homo sapiens* el patrón de distribución para la descarga de peso es bastante regular y se caracteriza por presentar una secuencia temporal la cual se inicia con el contacto del talón en el suelo, esto es seguido por el contacto del borde lateral del pie y la cabeza de los metatarsianos, trasladando la presión hacia el borde medial del pie para culminar con la salida a nivel del orjejo mayor. Se ha documentado que en los primeros homínidos que realizaban locomoción bípeda este patrón característico tenía particularidades que se traducían en una marcha más costosa desde el punto de vista mecánico y fisiológico (Richmond et al., 2001; Preuschoft 2004). Aquí el talón y la superficie lateral del pie contactan al mismo tiempo durante el inicio del apoyo, luego el traslado del peso llega al orjejo mayor, el cual está ampliamente abducido, lo que condiciona mecánicamente la eficiencia de las fases de apoyo y propulsión (Rolian et al., 2009). Este marco conceptual orienta la toma de decisiones hacia lo que es relevante medir y analizar como atributo de marcha, considerando la cualificación y cuantificación de parámetros témporo-espaciales y fisiológicos para contextos ambientales, antropométricos y demográficos específicos.

Uno de los fundamentos más difundidos en la literatura que intenta explicar la adquisición de la locomoción bípeda se enfoca en los cambios anatómicos y funcionales a nivel de la pelvis (Lovejoy 2005a). Sobre el tema, se han publicado investigaciones que describen las ventajas mecánicas basadas en su variabilidad conformacional, que a su vez condiciona la relación longitud-tensión muscular otorgando una función con predominio estabilizador proximal.

Considerando esto, las teorías que explican la adquisición de marcha bípeda, coinciden en que esta característica es un hito en la evolución y por tanto, es el gesto motor básico de funcionalidad humana, la cual durante el ciclo vital está sujeta a cambios dependientes del ambiente, lo que durante el proceso de envejecimiento cobra relevancia pues es en esta etapa del ciclo vital en donde comienzan a vislumbrarse déficits en diferentes áreas del movimiento, condicionando negativamente la expresión de funcionalidad (Teixeira y Guariento, 2010). Los marcos epistémicos disponibles convergen en la necesidad de caracterizar el *movimiento* y relacionarlo con la *vida* y la *funcionalidad*, es así como existe una íntima relación entre estos tres dominios. En este escenario, dentro del paradigma de la Kinesiología, la expresión de movimiento con intención se da en diferentes dimensiones de complejidad interrelacionada (Medina et al., 2011: 47-48).

Se sabe que la *compliance* de la locomoción bípeda, entendida como un comportamiento cinemático de predominio flexor en miembros inferiores durante la fase de apoyo, difiere entre humanos y otros primates. Estas diferencias siguen patrones que podrían explicar su evolución, al respecto, se ha reportado que una menor *compliance* de marcha en humanos se traduce en menores oscilaciones del centro de masa, alterando la expresión cinética de la fuerza de reacción vertical (Schmitt 2003). Por tanto, se aprecia que durante una marcha normal, la curva de la fuerza de reacción del suelo exhibe dos puntos máximos, los cuales son mayores al peso corporal y se explican por un patrón de fuerza característico de piernas rígidas (*stiff-legged*) en el cual la altura del centro de masa es mayor durante la fase de apoyo medio y más baja en el doble soporte (Niemitz 2010). Estos trabajos entregan información relevante a la hora de encontrar explicaciones desde el punto de vista cinemático y cinético para el patrón particular de marcha en humanos, además es necesario considerar que estas adaptaciones se dan con cierta tendencia durante el proceso de ontogenia.

La locomoción del ser humano se caracteriza una tendencia casi absoluta hacia la bipedia, la cual desde el punto de vista funcional difiere de los otros homínidos en que tiene la posibilidad de permanecer de pie durante un tiempo prolongado, además de correr a distintas velocidades con diferentes costos metabólicos (Bramble y Lieberman 2004). Desde el punto de vista morfológico, la bipedia humana se acompaña de nuevos caracteres, los cuales tienen su fundamento en la evolución funcional hacia condiciones óptimas estáticas y dinámicas. En este contexto, la locomoción es una descripción genérica del desplazamiento de un lugar a otro para gran parte de los seres que conforman el Reino Animal, la bipedia asociada a ella no es exclusividad del hombre, ante esto, emerge la dificultad conceptual para describir la locomoción en el ser humano, la cual puede tener dos características principales: marcha y carrera (Saibene y Minetti 2003: 298). Por tanto, las particularidades de ésta dado por ciertos atributos tales como el comportamiento cinético, cinemático, el costo fisiológico y la actitud asociada a aspectos emocionales y culturales la definimos como marcha confortable.

En este escenario, existe información disponible que menciona adaptaciones anatómicas específicas a nivel de rodilla, cadera, pelvis y columna como fundamentos para explicar la evolución de la postura y marcha humana (Lovejoy 2005: a, b, c). Al respecto, la rodilla en humanos disfruta de los beneficios de la larga historia de selección natural, la cual condicionó positivamente su función en marcha y carrera habitualmente bípeda. Dentro de las características evolutivas particulares se incluyen: a) una posición distintiva de valgo durante la fase de apoyo, la cual es el origen más probable de un efecto de fuerzas diferenciales que actúan sobre la placa de crecimiento y el cartilago articular; b) un mecanismo genómicamente especificado de retención patelar, otorgado mediante la elevación del labio condilar lateral; c) cambio conformacional de ambos cóndilos femorales, lo que permite dominancia tibial, reduciendo el estrés del cartilago en extensión máxima y además modula la rotación externa tibial para la congruencia articular durante la máxima extensión; d) prolongaciones anteriores de ambos cóndilos lo que funcionalmente incrementa el brazo de palanca a nivel de patela, reduciendo los requerimientos de fuerza para cuádriceps durante la extensión de rodilla. Cabe destacar que los primeros tres mecanismos mencionados también se desarrollaron en la locomoción bípeda del *Australopithecus afarensis*, sin embargo, la aparición de la eficiencia mecánica para la contracción de cuádriceps es exclusiva del *Homo sapiens* (Lovejoy 2005c). La evolución a nivel de cadera contempla cambios en la estructura cortico-trabecular del cuello femoral, al respecto, se ha documentado una distribución especializada en humanos, lo que se podría explicar por las características únicas del

grupo muscular abductor, el cual produce un gran componente de fuerza horizontal, que tiene la función de controlar la inclinación de cadera durante la fase de apoyo monopodal en el ciclo de marcha, es así como la distribución de la carga de peso sería la explicación para este fenómeno (Lovejoy 2005b). Con respecto a la evolución de columna, se plantea que uno de los primeros ajustes para alcanzar la bipedestación habitual fue la mayor longitud en la zona lumbar, la cual previamente era corta como mecanismo de adaptación para la vida preferentemente arborícola. La característica distintiva de lordosis a nivel lumbar permite el reposicionamiento del centro de masa de cabeza, brazos y tronco, los cuales se ubican sobre los miembros inferiores completamente extendidos (Lovejoy 2005a).

El bipedalismo en humanos se caracteriza en posición estática por un módulo de elasticidad bajo a nivel de cadera y rodilla, del mismo modo la compliance articular o segmentaria aumenta a medida que también aumenta la velocidad. En consecuencia, a velocidades sobre 2,3 m/s comienza una fase de transición entre marcha y carrera, la cual depende del almacenamiento de energía elástica a nivel del tendón de Aquiles y la aponeurosis plantar (Saibene y Minetti, 2003). La posibilidad de desarrollar trote o carrera, lo que contempla fases de vuelo, es una característica típica del ser humano, en este sentido, se plantea que esta estrategia motora tuvo su fundamento antropológico en las adaptaciones dependientes del ambiente, las que contemplaban el ciclo de cazador-recolector, durante el cual se realizaba marcha, trote y carrera por intervalos (Bramble y Lieberman 2004; Rolian et al., 2009). El *Homo sapiens* exhibe una gran variedad de especializaciones musculoesqueléticas para el desarrollo de bipedalismo, considerando esto, la mayor parte de la literatura, que involucra un análisis evolutivo de la bipedia y ciclos energéticos, converge en establecer que la marcha bípeda humana es energéticamente ventajosa en comparación al cuadrupedalismo primate (Aiello y Wells, 2002). Al respecto, se estima que a una velocidad promedio de 4,5 Km/hora (1,25 m/s) el bipedalismo humano es ligeramente más eficiente que el cuadrupedalismo de mamíferos promedio. Es relevante complementar la información con lo que se denomina el gasto energético diario, el cual depende tanto de características morfológicas y funcionales (recorrido diario y masa corporal) como de aspectos culturales y sociales. Los ciclos de actividad física asociados al cazador-recolector, se relacionan íntimamente con la evolución de la marcha bípeda, la cual podemos considerar como el hito motor tanto en la filogenia como ontogenia humana, pues entrega los elementos básicos de función. Sin embargo, este patrón depende de su utilización, considerando con esto el conflicto implícito con la teoría “úsalo o piérdelo”, pues las limitaciones funcionales en la sociedad actual son un problema epidemiológico importante, el cual se fortalece con el descenso del consumo energético diario asociado a la actividad física. Está reportado que el consumo energético diario para el desarrollo de actividades cotidianas, así como las distancias de recorrido diario han disminuido desde los primeros homínidos hasta el hombre actual (Eaton y Eaton, 2003; OKeffe et al., 2010), esta tendencia es negativa, considerando que el hombre ha evolucionado en base a adaptaciones del movimiento en relación al ambiente.

Ontogenia de la marcha humana

Si se considera a la ontogenia como la evolución durante el ciclo vital y además que la marcha es el hito motor para la expresión de funcionalidad, es necesario establecer qué sucede con los patrones de locomoción bípeda en humanos desde la adquisición de ésta, aproximadamente al primer año postnatal, hasta su pérdida, lo que se traduce en limitaciones funcionales durante el proceso de envejecimiento tardío. En este escenario, la expresión de movimiento es relevante como traductor de este fenómeno, ante lo cual se dispone de información completa en la literatura acerca de las metodologías de medición de marcha así como datos de variabilidad para distintas etapas ontogénicas del hombre (Hausdorff et al., 1999; Bohannon y Andrews, 2011).

Cuando los niños comienzan a caminar alrededor del año post natal, se aprecia un control inmaduro de postura y marcha lo que se traduce en grandes fluctuaciones en la longitud de la zancada y caídas frecuentes. Hausdorff et al. 1999, determinaron la dinámica de la maduración de la marcha mediante la medición de la variabilidad temporal de la zancada en niños entre 3 y 14 años, el protocolo de medición consistió en marcha confortable en 400 metros. Encontraron que a medida que aumenta la edad, la variabilidad temporal de la zancada disminuye ($p < 0,00001$), de

este modo los niños entre 3-4 años presentaban un Coeficiente de Variación (%CV) de $6,1 \pm 0,5\%$, los niños entre 6-7 años presentaban un $CV=3,3 \pm 0,2\%$, mientras que aquellos entre 11-14 años obtuvieron valores de $CV=2,1 \pm 0,1\%$. Por su parte, Dini y David 2009, estudiaron parámetros espacio-temporales de marcha en niños de 6 a 13 años asintomáticos y con parálisis cerebral (PC), los resultados muestran que la longitud de la zancada, velocidad y cadencia es mayor en los niños asintomáticos, mientras que los tiempos de apoyo y balanceo son mayores en los niños con PC ($p < 0,05$). Estos estudios demuestran que la marcha presenta una evolución ontogénica en su expresión espacio-temporal, además las disfunciones del movimiento afectan negativamente estos patrones, lo que podría asociarse de manera directa o indirecta con la recapitulación de la filogenia, al respecto se puede inferir que el proceso de envejecimiento tendría efectos negativos sobre la expresión de marcha, por tanto, recapitularía la filogenia de manera inversa (involución funcional).

La evolución humana ha tenido impacto en sus características demográficas, en este contexto Lovejoy 1982, en un artículo denominado “el origen del hombre”, plantea un modelo mecánico de variables demográficas en homínidos, que establece una relación directa entre el proceso de longevidad y la expresión de cuatro periodos (gestación, nacimiento, dependencia infantil y madurez sexual), de esto se desprende una tesis que intenta explicar el aumento de la esperanza de vida y, por consiguiente, la manifestación del proceso de vejez. A su vez, el envejecimiento se define como los cambios que experimenta un ser durante el ciclo vital, se plantea que es un proceso que se inicia con la concepción y continúa hasta que ocurre la muerte (Kirkwood 1997; Texeira y Guariento, 2010). Además, durante la fase tardía de este período ocurre disminución progresiva de la capacidad funcional y en consecuencia un descenso en la adaptabilidad ante los cambios ambientales, ante esto, sale a la luz la relación inversa que pudiese tener esta manifestación con el proceso de evolución filogenética, más aún si nos percatamos que ambos son ambiente dependientes para su expresión. Skoyles 2006 plantea la posibilidad de relacionar el balance, evolución del bipedalismo y síndrome de desequilibrio en humanos, este nuevo modelo es presentado en el contexto de encontrar la causa de los desórdenes del balance, planteando que la adquisición de la marcha bípeda es un fenómeno relativamente nuevo y por ende, el hombre se encuentra en pleno contexto de evolución. Esta hipótesis resulta interesante pues implícitamente expone que la ontogenia y su correspondiente expresión de funcionalidad recapitularían aspectos filogenéticos.

Durante la ontogenia humana, el tiempo y modo de formación estructural y funcional para la expresión de marcha sufre cambios, los cuales guardan un correlato con el envejecimiento, en este escenario, resulta interesante considerar que la variabilidad de los patrones de marcha se corresponde con la evolución de los homínidos. Del mismo modo, el proceso de involución ontogénica dada por el paso de los años (aproximadamente desde los 30 años) considera pérdidas de funcionalidad asociada a alteraciones de patrones espacio-temporales y costo fisiológico de marcha (Bohannon y Andrews, 2011).

Contexto social y expresión de marcha

La realidad del hombre es el resultado de la co-evolución de los sistemas culturales, socioeconómicos y biológicos que cada población desarrolla de acuerdo al medio donde vive. Durante el primer cuarto del siglo XX, los investigadores toman conciencia de ampliar la visión, otorgándole una óptica ecológica con el fin de obtener una mejor comprensión de los fenómenos humanos (Rebato et al., 2003). Sin embargo, por definición la ecología humana ha pasado a ser un elemento de conflicto, sobre todo considerando la validez interna de las investigaciones que derivan de ella, este sentido ambicioso y amplio se debe delimitar a cada una de las disciplinas que intenten, desde su perspectiva, explicar las relaciones del hombre con su medio. Bajo este escenario, la pertinencia del experto en la interpretación del movimiento parece relevante pues los patrones de éste describen y condicionan aspectos de funcionalidad y salud (Grundy y Holt, 2001; Rebato et al., 2003).

Existen cuatro componentes estructurales y reguladores del ecosistema humano, a saber: poblaciones humanas y medio geográfico, los que funcionan en base a ciclos de energía nutritiva, y los medios biológicos y culturales, los que derivan del ciclo de energía cultural (Rebato et al.,

2003), los cuales condicionarían a modo de factores tanto positivos como negativos, su manifestación hacia función o disfunción de un contexto o acción determinada, de este modo el movimiento estaría inmerso en un complejo continuo interrelacionado, desde niveles moleculares hasta lo que es la sociedad (Cott et al., 1995: 89). Cabe destacar, que estos componentes son transversales y deben considerarse en cualquier mirada que intente explicar un fenómeno humano, además están regulados por aspectos derivados a la accesibilidad tanto de información como recursos económicos. Por tanto, los cuatro componentes interactúan entre sí a través del intercambio continuo de energía vital y cultural que mantiene al ser humano como unidad biológica y social, a su vez existen dos superestructuras que modulan la cantidad y calidad de ambos tipos de energía, los cuales son los recursos monetarios y la información. En tal escenario, el considerar que los fenómenos humanos dependen de elementos que se destacan por la desigualdad, al menos invita a la reflexión, ante esto, se dispone de información específica para caracterizar el nivel socioeconómico (NSE) de las poblaciones, considerando los recursos monetarios y la información como factores (Grundy y Holt, 2001). Es así como se ha profundizado específicamente el estudio ecológico de la población de adultos mayores (AM), pues generalmente se encuentran inmersos durante todo su ciclo vital bajo los mismos componentes estructurales, funcionales y reguladores de su ecosistema, por tanto, expresarían estas diferencias con mayor amplitud. Desde el punto de vista demográfico, se encuentran en un proceso de transición, aumentando significativamente su población (Olivares-Tirado, 2006). En este contexto, se plantea que las teorías que explican la relación entre NSE y estatus de salud se enfocan esencialmente en tres mecanismos, los cuales desde una perspectiva del movimiento y su análisis condicionarían su expresión: a) Materialismo, el cual permite según el nivel de ingresos la accesibilidad a elementos básicos tales como: vestimenta, alimentación, vivienda, seguridad y cuidados de salud; b) Estilos de vida, los cuales se enfocan en la presencia de hábitos negativos como consumo de tabaco, alcohol o dieta desequilibrada, además del acceso a información y c) Factores psicosociales, tales como empoderamiento, integración social, autonomía y roles. Estos mecanismos tienen un impacto particular en la población de AM, pues durante todo su ciclo vital la mayoría se encuentra inmersa en ellos. Grundy y Holt 2001, publican un estudio que considera una muestra representativa de 3543 AM británicos para establecer cuáles pueden ser los criterios fundamentales de evaluación para el NSE específico de AM, los resultados sugieren que la cantidad de bienes básicos $OR=2$ ($IC_{95\%}=1,2-4,5$) y nivel educacional $OR=2,5$ ($IC_{95\%}=1,5-3,5$) son los mejores indicadores para determinar el NSE particular de población AM británica. Cabe destacar que estos criterios coinciden con los propuestos según la encuesta ADIMARK en Chile para determinar el NSE de la población general.

Es indudable que la mirada ecológica humana basada en el NSE llama poderosamente la atención, sobre todo considerando que unidas explicarían fenómenos y comportamientos humanos. En este contexto, la expresión de movimiento no está ajena y los patrones de función física asociados a diferentes niveles de ingresos o accesos a información han sido estudiados. Al respecto, Koster et al. 2005, publican los resultados de un estudio de cohorte realizado en 3075 AM holandeses en los cuales se determinó la incidencia de limitación funcional (entendida como cualquier dificultad para caminar 400 metros o subir 10 peldaños de escalera) según el NSE. Encontraron que existe una mayor incidencia de limitación funcional, en los AM con menores ingresos anuales, nivel educacional y bienes básicos. Complementando lo anterior, Nillson et al. 2011, estudiaron el inicio de limitaciones en la movilidad asociado al efecto de las relaciones sociales y posición socioeconómica. Para esto, analizaron los datos de un estudio poblacional compuesto por 2839 AM daneses a los cuales se les realizó un seguimiento de tres años y se determinó el nivel de movilidad mediante la aplicación de una escala descriptiva de seis ítems (*Mobility Help Scale*) que comprende actividades tales como: transferencias, marchas en distintas condiciones ambientales y ascenso de escaleras. Encontraron que los factores bajo nivel financiero [Hombres: $OR=1,97$ ($IC_{95\%}=1,33-2,91$), Mujeres: $OR=1,34$ ($IC_{95\%}=1,03-1,75$)]; vivir solo [Hombres: $OR=1,68$ ($IC_{95\%}=1,19-2,37$), Mujeres: $OR=1,19$ ($IC_{95\%}=0,93-1,52$)]; y la baja participación social [Hombres: $OR=1,96$ ($IC_{95\%}=1,31-2,93$), Mujeres: $OR=1,57$ ($IC_{95\%}=1,03-2,39$)]; determinaban significativamente el inicio de limitación en movilidad. Otros autores han incluido dentro de los análisis del efecto del NSE sobre patrones de funcionalidad con una mirada más específica, considerando además, el factor racial. Al respecto Thorpe et al. 2011, publican los

resultados de un estudio longitudinal (seguimiento 5 años) realizado en 2969 AM de raza negra y blanca de Estados Unidos, en el cual se determinó la declinación de movilidad mediante la aplicación de un cuestionario y la velocidad de marcha. Ellos encontraron que existe una mayor tasa de pérdida de movilidad en los AM de raza negra versus los blancos, cabe destacar que los autores son cautelosos al momento de analizar estos resultados pues esta asociación se podría explicar por la desigualdad socioeconómica asociada al aspecto racial, además, desde el punto de vista de velocidad de marcha, no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas. En este escenario, Chile es un ejemplo de inequidades sociales y económicas, lo que se traduce en menores niveles de salud en los quintiles más bajos de la población (Fundación para la superación de la Pobreza 2009). Complementando lo anterior, esta brecha aumenta con el proceso de envejecimiento encontrándose mayores tasas de discapacidad y dependencia funcional en los niveles socioeconómicos bajos (Olivares-Tirado 2006). Cabe destacar, que la información disponible proporciona puntos de análisis con un enfoque de medición predominantemente cinemático hacia una explicación del comportamiento de marcha en relación al ambiente, tampoco se dispone de información acerca del impacto en las áreas fisiológica y psicológica, lo que podría ser interesante a la hora de considerar que la medición del costo de marcha debería estar influida por los ciclos de regulación nutricional y cultural dados por contextos de vestimenta, alimentación y acceso a la información.

Si consideramos que el movimiento condiciona la expresión de función (Cott et al., 1995; Allen 2007) y a su vez la marcha es un hito motor relevante, podemos intuir que la limitación funcional podría tener una asociación con atributos de marcha. Es así como algunos autores intentan relacionar estas variables, Brunner et al. 2009, en el contexto del estudio *Whitehall*, evaluaron la relación entre la inequidad social y la velocidad de marcha para AM de edad temprana, encontrando que la combinación de factores demográficos, psicosociales y biológicos explican el 40% del efecto de inequidad social sobre velocidad de marcha, la cual se relacionaba de manera directa y significativa. No obstante, los esfuerzos de este estudio para valorar el efecto ecológico sobre un patrón espacio-temporal de marcha, la metodología para evaluar la expresión de movimiento es limitada no dando cuenta del marco conceptual conocido además de las manifestaciones intrasujeto, que sin lugar a dudas pueden complementar información pertinente al desempeño específico. Del mismo modo, se ha intentado establecer específicamente cómo el NSE incide en patrones de marcha en condiciones de disfunción neuromotora y diferencias geográficas, Ebersbach et al. 2000, estudiaron el efecto de diferentes contextos socioculturales para dos cohortes de sujetos sanos y con Enfermedad de Parkinson (EP) pertenecientes a dos localidades de Alemania (rural y urbana). Para esto se reclutaron 90 sujetos asintomáticos y 23 con EP, se midieron patrones espacio-temporales tales como: velocidad, longitud y duración de la zancada, encontraron que la velocidad de marcha de los sujetos evaluados era significativamente mayor ($p < 0,001$) para los habitantes urbanos (Berlín) que para los rurales (Tyrol), estas diferencias se daban tanto en el contexto de sujetos asintomáticos como con EP, por tanto, los autores concluyen que el ambiente tiene un impacto en la expresión de parámetros espacio-temporales de marcha. Cabe destacar, que la documentación pertinente a establecer el efecto del NSE sobre los atributos de la marcha es escasa, así como las metodologías para la obtención de datos concernientes a la expresión de movimiento son dudosas, sin embargo, la importancia de evaluar estos aspectos está demarcada.

En consecuencia, la adquisición de la postura y locomoción bípeda sería el hito fundamental de la evolución del ser humano, esta manifestación motora y dependiente del ambiente tiene una recapitulación durante el ciclo vital, la cual se condicionaría ante factores ecológicos que regulan en este momento histórico el comportamiento humano, por tanto, es razonable plantear la pregunta acerca de ¿cuál es el comportamiento de atributos de la marcha humana según condicionantes culturales y económicas? Responder esta pregunta, otorgaría mayor información acerca de cuál es nuestro punto actual en la evolución y cuál sería nuestro siguiente paso, además de profundizar el rol de los profesionales que trabajan con la función/disfunción del movimiento para determinar si las desigualdades sociales condicionarían la forma de moverse hábil y eficientemente.

Bibliografía

- Aiello L, Wells J. 2002. Energetics and the evolution of the genus *Homo*. *Annu. Rev. Anthropol*; 31: 323-338.
- Allen DD. 2007. Proposing 6 dimensions within the construct of movement in the Movement Continuum Theory. *Phys Ther*; 87: 888-898.
- Bennett M, Harris J, Richmond B, et al. 2009. Early hominin foot morphology based on 1.5 million year old footprints from Ileret, Kenya. *Science*; 323: 1197-1201.
- Bohannon R, Andrews W. 2011. Normal walking speed: a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy*; 97: 182-189.
- Bramble D, Lieberman D. 2004. Endurance running and the evolution of *Homo*. *Nature*; 432: 345-352.
- Brunner E, Shipley M, Spencer V, et al. 2009. Social inequality in walking speed in early old age in the Withehall II study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*; 64A: 1082-1089.
- Chiu MC, Wang MJ. 2007. The effect of gait speed and gender on perceived exertion, muscle activity, joint motion of lower extremity, ground reaction force and heart rate during normal walking. *Gait & Posture*; 25: 385-392.
- Cott C, Finch E, Gasner D, Yoshida K, Scott T, Verrier C. 1995. The movement continuum theory of Physical Therapy. *Physiotherapy Canada*. 47;2: 87-95.
- Crompton RH, Vereecke EE, Thorpe SKS. 2008. Locomotion and posture from the common hominoid ancestor to fully modern hominins, with special reference to the last common panin/hominin ancestor. *J. Anat*; 212: 501-543.
- Dini PD, David AC. 2009. Repeatability of spatial gait parameters: comparison between normal children and children with hemiplegic spastic cerebral palsy. *Rev Bras Fisioter*; 13(3): 215-222.
- Eaton S, Eaton SB. 2003. An evolutionary perspective o human physical activity: implications for health. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*; 136: 153-159.
- Ebersbach G, Sojer M, Muller J, Heijmenberg M, Poewe W. 2000. Sociocultural differences in gait. *Movement Disorders*; 17(6): 1145-1147.
- Fundación para la Superación de la Pobreza. Panorama general de la pobreza y su dinámica en Chile: últimas mediciones. 2009. En línea, disponible en: http://www.superacionpobreza.cl/info-pobreza-archivo/panorama_general_pobreza.pdf (visitado el 6 de diciembre del 2013).
- Fried LP, Tangen CM, Walston J. 2001. Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 56 (3): M146-56.
- Fritz S, Lusardi M. 2009. White paper: "walking speed: the sixth vital sign". *J Geriatr Phys Ther*; 32(2): 46-9.
- Gross M, Crane E. and Fredrickson E. 2010. Methodoly for assessing bodily expression of emotion. *J Nonverbal Behav*; 34: 223-248.
- Grundy E, Holt G. 2001. The socioeconomic status of older adults: how should we measure it in studies of health inequalities? *J Epidemiol Community Health*; 55: 895-904.
- Hausdorf JM, Zeman L, Peng CK, Golderger L. 1999. Maturation of gait Dynamics: stride to stride variability and this temporal organization in children. *J Apply Physiol*; 86(3): 1040-1047.
- Hirasaki E, Ogihara N, Hamada Y, et al. 2004. Do hightly trained monkeys walk like humans? A kinematic study of bipedal locomotion in bipedally trained Japanese macaques. *Journal of Human Evolution*; 46: 739-750.
- Hollman J, McDade E, Petersen R. 2011. Normative spatiotemporal gait parameters in older adults. *Gait & Posture*; 34: 111-118.
- Kirkwood TBL. 1997. The origins of human ageing. *Phyl. Trans. R. Soc. Lond. B.*; 352: 1765-1772.
- Koster A, Penninx B, Bosma H, Kempen G, Harris T, et al. 2005. Is there a biomedical explanation for socioeconomic differences in incident mobility limitation? *Journal of Gerontology Medical Sciences*; 60A(8): 1022-1027.
- Lovejoy O. 1981. The origin of man. *Science*; 211 (4480): 341-350.

- Lovejoy O. 1988. Evolution of human walking.. *Scientific American*; 118-125.
- Lovejoy O. 2005a. The natural history of human gait and posture Part 1. Spine and Pelvis. *Gait & Posture*; 21: 95-112.
- Lovejoy O. 2005b. The natural history of human gait and posture Part 2. Hip and Thigh. *Gait & Posture*; 21: 113-124.
- Lovejoy O. 2005c. The natural history of human gait and posture Part 3. The Knee. *Gait & Posture*; 21: 325-341.
- Lovejoy O. 2009. Reexamining human origins in light of *Ardipithecus ramidus*. *Science*; 326: 74-74e8.
- Nakatsukasa M. 2004. Acquisition of bipedalism: the Miocene hominoid record and modern analogues for bipedal protohominids. *J. Anat*; 204: 385-402.
- Niemitz C. 2010. The evolution of upright posture and gait – a review and new synthesis. *Naturwissenschaften*; 97: 241-263.
- Nilsson CJ, Avlund K, Lund R. 2011. Onset of mobility limitations in old age: the combined effect of socioeconomic position and social relations. *Age and Ageing*; 0: 1-7.
- Ogihara N, Makishima H, Nakatsukasa M. 2010. Three-dimensional musculoskeletal kinematics during bipedal locomotion in the Japanese macaque, reconstructed based on an anatomical model-matching method. *Journal of Human Evolution*; 58: 252-261.
- OKeffe J, Vogel R, Lavie C, Cordain L. 2010. Organic Fitness: physical activity consistent with our hunter-gatherer heritage. *The Physician and Sport Medicine*; 4(38): 1-8.
- Olivares-Tirado P. 2006. Perfil Epidemiológico del Adulto Mayor en Chile. Gobierno de Chile. Superintendencia de Salud. Departamento de Estudios y Desarrollo; 1-20. En línea, disponible en: <http://www.supersalud.gob.cl/documentacion/569/fo-article-4020.pdf> (visitado el 6 de diciembre del 2013).
- Preuschoft H. 2004. Mechanisms for the acquisition of habitual bipedality: are there biomechanical reasons for the acquisitions of upright bipedal posture? *J. Anat*; 204: 363-384.
- Rebato E., Susanne C., Chiarelli B. 2005. Para comprender la antropología biológica. Evolución y biología humana (Editorial Verbo Divino, Primera Edición). pp. 780
- Richmond B, Begun D, Strait D. 2001. Origin of the human bipedalism: the knuckle-walking hypothesis revisited. *Yearbook of Physical Anthropology*; 44: 79-105.
- Rolian C, Lieberman D, Hamill J, Scott J, Werbel W. 2009. Walking, running and the evolution of short toes in humans. *The journal of experimental biology*; 212: 713-721.
- Saibene F, Minetti A. 2003. Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans. *Eur J Appl Physiol*; 88: 297-316.
- Schmitt D. 2003. Insights into evolution of human bipedalism from experimental studies of humans and other primates. *The journal of experimental biology*; 206: 1437-1448.
- Schrack J, Simonsick E, Ferrucci L. 2010. The energetic pathway to mobility loss: an emerging new framework for longitudinal studies of aging. *J Am Geriatr Soc*; 58 (suppl 2): S329-S336.
- Skoyles J. 2006. Human balance, the evolution of bipedalism and dysequilibrium syndrome. *Medical Hypotheses*; 66: 1060-1068.
- Teixeira IN, Guariento ME. 2010. Biología do envelhecimento: teorias, mecanismos e perspectivas. *Cien Saude Colet*; 15: 2845-2857.
- Thorpe R, Koster A, Kritchevsky S, et al. 2011. Race, socioeconomic resources, and late-life mobility and decline: findings from the health, aging, and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*; 66A: 1114-1123.
- Thorpe SKS, Holder RL, Crompton RH. 2007. Origin of human bipedalism as an adaptation for locomotion on flexible branches. *Science*; 316: 1328-1331.
- Wood B. 1992. Origin and evolution of the genus *Homo*. *Nature*; 355 (27).