# Bases de Datos Difusas Sensibles al Contexto: Ejemplo Laboratorio de Marcha

Autor: José Tomás Cadenas L.

## **Ejemplo: Marcha Humana**

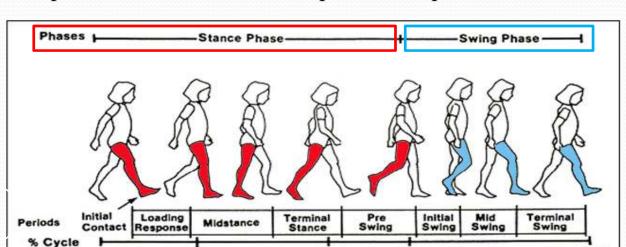
- Un Laboratorio de Marcha (LM) es un sistema de medición de avanzada tecnología para el diagnóstico de enfermedades del sistema locomotor y neuromuscular
- Está orientado al estudio analítico del movimiento y sus efectos durante la acción de caminar
- Es una herramienta para el análisis del movimiento en bipedestación
- Permite una evaluación pre-operatoria y post-operatoria de los pacientes
- Se observan y analizan las modificaciones que se presenten en el ciclo de marcha de acuerdo a alguna patología del paciente

## Ciclo de la Marcha Humana

Ejemplo de movimiento periódico Peso soportado alternativamente por ambas piernas

0%

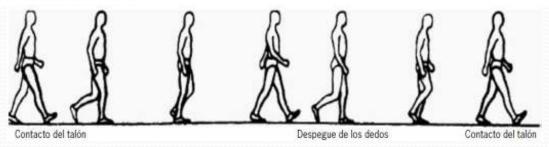
12%



Subfaces de la marcha: Tres tareas deben ser llevadas a cabo durante el ciclo de marcha :el soporte del peso, tarea muy exigente, involucra el traspaso del peso del cuerpo sobre una pierna hasta justo el final del swing y tiene un alineamiento inestable. La amortiguación y el mantenimiento del avance también son importantes en esta etapa. La siguiente tarea es el soporte de todo el peso corporal en una pierna única y la provisión de estabilidad al tronco durante el avance. La tarea final es el avance de la pierna, que requiere buen aseguramiento al piso.

50%

62%





100%

## Laboratorio de Marcha (LM)

- Comprende tres sistemas principales:
  - Tridimensional de captura de movimiento (cinemática)
  - Medición de fuerzas y potencias involucradas en el movimiento (cinética)
  - Registro de la actividad de contracción relacionada a músculos individuales o grupos musculares (Electromiografía dinámica)
- Los LM son generadores de grandes cantidades de datos, las cuales se utilizan para la toma de decisiones
- El médico puede tomar medidas como longitud del paso, cadencia, velocidad y actividad de los músculos involucrados
- En Venezuela, se cuenta con el Laboratorio de Marcha del Hospital Ortopédico Infantil (HOI) ubicado en Caracas

Tabla 1. Parámetros espacio-temporales, cinemáticos y cinéticos obtenidos generalmente en estudios de marcha humana.

#### PARÁMETROS DE LA MARCHA

| ESPACIOTEMPORALES                     | CINEMÁTICOS                                       | CINÉTICOS  |  |  |
|---------------------------------------|---|--|--|--|
| Temporales                            | Valores de los ángulos articulares con            | Gráficas de momentos en las articulaciones<br>(generalmente en el plano sagital) |  |  |
| Tiempo en fase de soporte (ms)        | el paciente de pie (valores de <i>offset</i> para |  |  |  |
| Tiempo en fase de balanceo (ms)       | la cinemática)                                    |  |  |  |
| Tiempo de soporte (% del ciclo)       | Plano frontal                                     |  |  |  |
| Tiempo de balanceo (% del ciclo)      | Oblicuidad de la pelvis                           | Gráficas de potencias en las articulaciones (generalmente en el plano sagital)   |  |  |
| Duración del ciclo o zancada (ms)     | Aducción-abducción de cadera                      | (generalmente en el piano sagitar)   |  |  |
| Cadencia (pasos/min)                  | Plano sagital                                     | Everzo de resoción entero nectorios  |  |  |
| Duración de doble soporte (ms)        | Basculación de pelvis                             | Fuerza de reacción antero-posterior  |  |  |
| Porcentaje de doble soporte (% ciclo) | Flexo-extensión de cadera                         | Fuerza de reacción medio-lateral   |  |  |
| Espaciales                            | Flexo-extensión de rodilla                        | Fuerza de reacción vertical  |  |  |
| Largo del paso (mm)                   | Dorsiflexión-plantiflexión de tobillo             | Coffee 1-1 and 1 and 1   |  |  |
| Longitud del ciclo o zancada (mm)     | Plano transversal                                 | Gráficas del centro de presión antero-posterior                                  |  |  |
| Ancho del paso (mm)                   | Rotación pelvis                                   |  |  |  |
| Espaciotemporales                     | Rotación interna-externa de cadera                |  |  |  |
| Velocidad (m/s)                       | Rotación interna-externa de rodilla               |  |  |  |
| Velocidad de balanceo (m/s)           | Ángulo de progresión del pie                      |  |  |  |
| Velocidad media (m/s)                 |   |  |  |  |

<sup>\*</sup>Las gráficas de rodilla y tobillo en el plano frontal no son tan significativas para el análisis, pero pueden obtenerse.

## Factores que modifican la marcha

- Cada individuo tiene una forma peculiar de caminar, son muchos los factores que pueden modificar el esquema general de la marcha
  - Extrínsecos: Naturaleza del suelo, Calzado, Vestido, Profesión, Consumo de sustancias tóxicas, transporte de carga,
  - *Intrínsecos*: Género, Raza, Fatiga, Edad, Peso, Talla, Personalidad, Estado de ánimo,
  - Patológicos: traumas, infecciones, tumores; problemas neurológicos o genéticos tales como: Hemiplejía, Parkinson, Parálisis Cerebral Dipléjica, Ataxia, Ateotosis

# LM Hospital Ortopédico Infantil

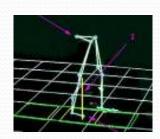
- Cada persona muestra en su desarrollo unas características propias que están determinadas por diversos factores como las diferencias existentes en la masa y longitud de los distintos segmentos corporales
- Se almacenan datos de Identificación del Paciente, Examen Físico Articular, registros de cinemática, cinética (videos y señales) y de electromiografía

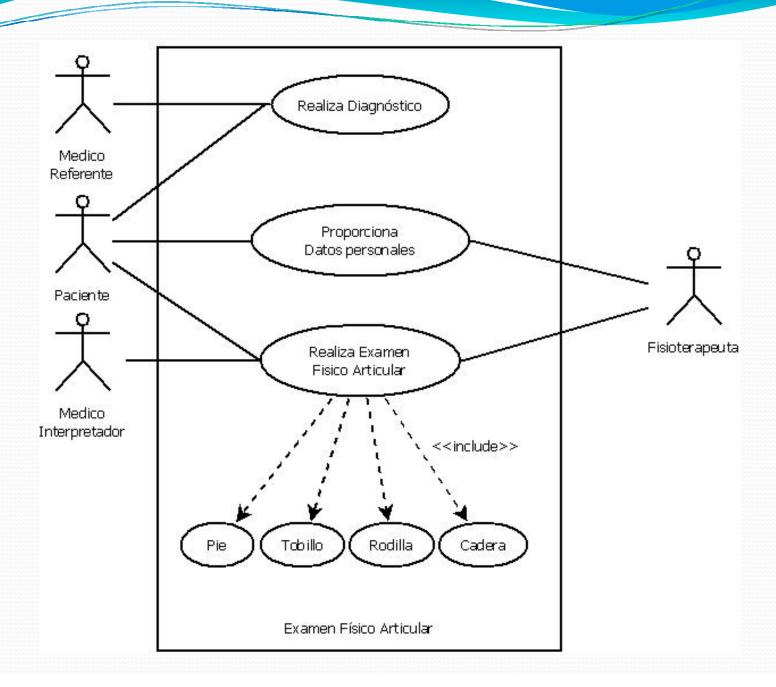












## Caso de uso: Realiza Diagnóstico

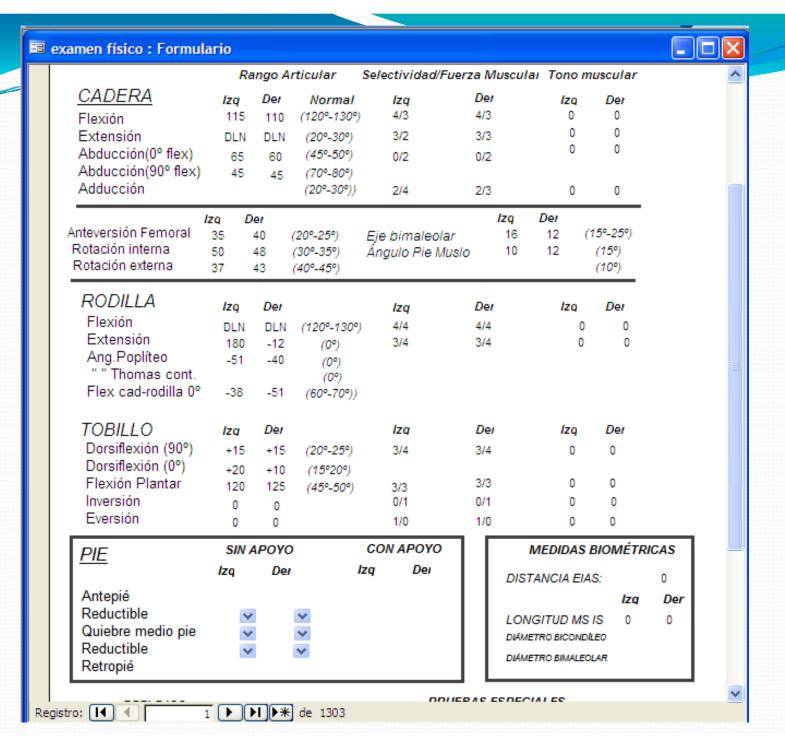
- Actores participantes: Médico Referente, Paciente Precondiciones: El paciente asiste a consulta con el Médico Referente
   Escenario principal de éxito (Curso básico): El médico referente realiza un diagnóstico del paciente analizando síntomas y posibles enfermedades. Decide enviar al paciente al Laboratorio en Marcha HOI para un estudio completo en el caso de disfunciones neuromotoras (Parálisis Cerebral, Espina Bífida, Mielodisplasia, malformaciones congénitas, entre otras)
- Éxito garantizado (Poscondiciones): El paciente es referido a un Laboratorio en Marcha con un diagnóstico de referencia

## Caso de uso: Proporciona Datos Personales

- **Actores participantes:** Paciente; Fisioterapeuta **Precondiciones:** El paciente asiste al Laboratorio de Marcha HOI Escenario principal de éxito (Curso básico): El Fisioterapeuta registra los datos del Paciente: — Número de la historia médica ; — Estudio Preoperatorio o Postoperatorio; — Número de video bidimensional; — Número de historia en el LM; — Apellidos del paciente; Nombres del paciente; fecha en la que se realizó el examen físico; — fecha de nacimiento; — Edad (en años); Lugar donde vive el paciente; — Médico que envió al paciente al LM; — Fisioterapeuta que realiza el Examen Físico; — Diagnóstico con el que llega el paciente al LM; — Espástica: presencia de rigidez en el tono muscular del paciente; —Intervenciones quirúrgicas a las que se ha sometido el paciente antes de llegar al LM;— Dispositivos que utiliza el paciente para mejorar la marcha indicados por sus médicos (andaderas, bastón, muletas, férulas, AFO, etc.) — Altura medida en metros; — Peso medido en kilogramos.
- Éxito garantizado (Poscondiciones): Se registran los datos personales del Paciente en la BD del Laboratorio en Marcha del HOI

## Caso de uso: Realiza Examen Físico-Articular

- Actores participantes: Paciente, Médico Interpretador, Fisioterapeuta Precondiciones: El paciente acude a la cita con el Fisioterapeuta Escenario principal de éxito (Curso básico): El Fisioterapeuta evalúa las características biomecánicas en las articulaciones (cadera, rodilla, tobillo y pie) de los miembros inferiores del paciente y el movimiento característico asociado a cada una de ellas. Por ejemplo, la cadera es una articulación denominada enartrosis debido a que realiza todos los movimientos articulares, tales como: flexión, extensión, abducción, aducción, rotación interna, rotación externa. Se evalúa el rango articular, selectividad / fuerza muscular y tono muscular en ambos miembros. El Médico Interpretador utiliza estos datos junto con los datos personales y otros estudios para efectuar el diagnóstico.
- Éxito garantizado (Poscondiciones): Se registran los datos del examen Físico- Articular en la BD del HOY y el Médico Interpretador los utiliza para el diagnóstico



## Lógica Difusa en aplicaciones médicas

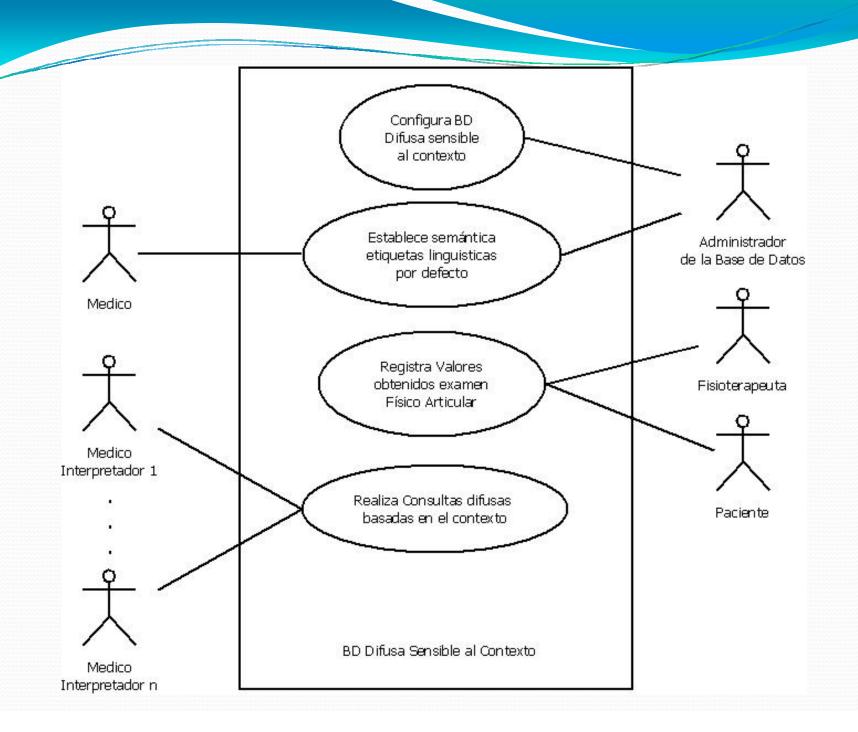
- El examen médico genera frecuentemente datos imprecisos o subjetivos
- La decisión médica está basada en incertidumbre y es el producto de un juicio que se basa en preferencias
- A través de la lógica difusa se puede proporcionar semántica diferente a etiquetas lingüísticas de acuerdo a preferencias del usuario (contexto), ampliando los resultados que los sistemas tradicionales aportan, logrando una mejor comprensión de los mecanismos de razonamiento del ser humano

## Datos imperfectos

- El examen físico articular evalúa las características biomecánicas en las articulaciones (cadera, rodilla, tobillo y pie de los pacientes), algunos datos aportados dependen de la apreciación del médico, por ejemplo:
  - Rango Articular: Limites de grados en que el paciente logra realizar el movimiento con cualquier articulación
  - **Selectividad** (capacidad de realizar un movimiento) puede especificarse con etiquetas como *muy bajo*, *bajo*, *medio*, *alto* y *muy alto*
  - Fuerza muscular (capacidad del músculo para vencer una fuerza que se opone al movimiento) se puede representar con etiquetas como muy poca, poca, moderada, buena y mucha.

## Datos imperfectos

- Las pruebas de las articulaciones (cadera, rodilla, tobillo, pie) son realizadas al paciente por medio de la observación del movimiento, se pueden definir como variables lingüísticas cuyos valores son imperfectos adaptados a las preferencias del especialista, p.e.:
  - Tono Muscular (Capacidad de contracción de un músculo), sus valores se pueden representar con las etiquetas atonía (falta de tono), hipotonía, normotonía, hipertonía (exceso de tono con espasticidad)
  - **Reflejos osteotendinosos** variable lingüística cuyos valores son las etiquetas *ausente*, *hiporrefléxico*, *normal*, *hiperrefléxico* y *hiperrefléxico* con clonus



### Caso de uso: Configura BD Difusa sensible al contexto

- Actores participantes: Administrador de la Base de Datos Precondiciones: El Administrador de la BD dispone del código del modelo de la BD Difusa (creación de tipos de datos, tablas, sinónimos, fuentes de PLSQL) Escenario principal de éxito (Curso básico): El Administrador de la Base de Datos efectúa la creación de clases para definir dominios difusos, crea las tablas que utilizan dominios difusos y sinónimos que permitan utilizar las tablas por todos los usuarios, compila funciones y procedimientos de PL/SQL
- Éxito garantizado (Poscondiciones): Se crea la estructura lógica de la Base de Datos Difusa sensible al contexto

#### Caso de uso:

#### Establece semántica etiquetas lingüísticas por defecto

- Actores participantes: Administrador de la BD, Medico Precondiciones: El Médico (usuario por defecto) define valores por defecto para etiquetas pertenecientes a los diferentes dominios difusos
   Escenario principal de éxito (Curso básico): El Administrador de la BD ingresa datos de los dominios difusos, usuario por defecto y etiquetas lingüísticas definidas por el médico
- Éxito garantizado (Poscondiciones): Se tiene iniciada la BD difusa sensible al contexto para poder ingresar otros datos y hacer consultas difusas

#### Caso de uso:

#### Registra valores obtenidos examen Físico-Articular

- Actores participantes: Fisioterapeuta, Paciente
   Precondiciones: El Fisioterapeuta conoce los tipos de datos
   (precisos y difusos) que puede proporcionar al sistema
   Escenario principal de éxito (Curso básico): El
   Fisioterapeuta registra los datos en la BD Difusa utilizando
   los métodos, funciones, procedimientos y constructores de
   las clases de acuerdo a los resultados del examen Físico Articular realizado al paciente
- Éxito garantizado (Poscondiciones): Se ingresa los datos del examen Físico-Articular del Paciente en la BD difusa sensible al contexto

#### Caso de uso:

#### Realiza consulta difusas basadas en el contexto

- Actores participantes: Médico Interpretador 1, ..., Médico Interpretador n
  Precondiciones: La BD difusa esta configurada y poblada Escenario principal de éxito (Curso básico): El Médico Interpretador x (x=1,...,n) realiza consultas a la BD Difusa basadas en el contexto, utilizando la definición de etiquetas lingüísticas de acuerdo a su preferencia
- Éxito garantizado (Poscondiciones): Se obtiene el resultado de las consultas que permite al médico interpretador hacer el diagnóstico

## Consultas Difusas

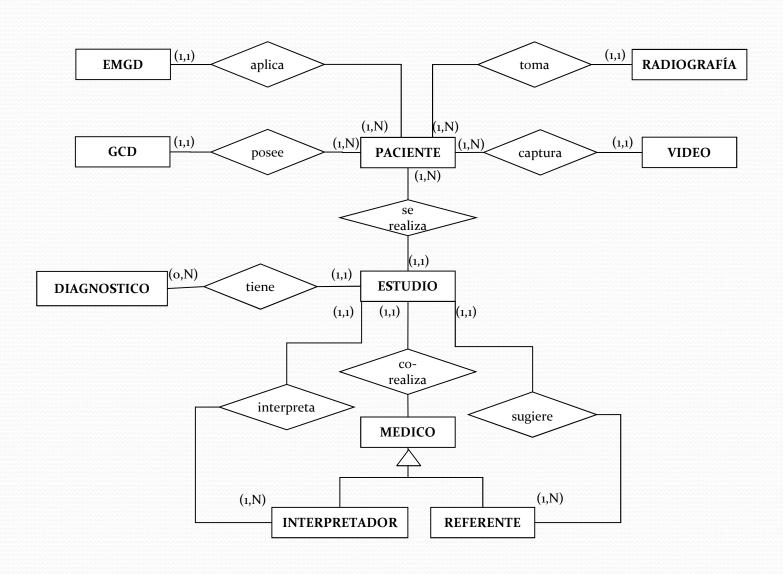
- Se pueden definir dominios difusos de referencial continuo tales como infante, niño, joven, adulto, viejo, sobre la "edad"; ligero, liviano, medio, pesado, obeso sobre "peso"; bajo, mediano y alto sobre "talla"
- Luego se pueden obtener consultas tales como
  - Pacientes viejos y obesos con atonía en extensores rodilla izquierda
  - Pacientes jóvenes con hipotonía en los flexores rodilla derecha
  - Pacientes viejos que tienen atonía en la flexión de la cadera derecha
  - Pacientes ligeros que tienen normotonía en los plantares izquierdos

# Bibliografía

- Aguilera, A.; Cala, L. y Subero, A. Modelo basado en metaclasificadores para diagnóstico en marcha patológica mediante análisis cinético. Rev. Ingeniería UC, 17(2): 7-16, 2010, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela
- Aguilera, A. y Rodríguez, R. Representación y manipulación de datos médicos en marcha patológica. *Revista Multiciencias*, 11(1): 76-84, 2011. Universidad del Zulia, Punto Fijo, Venezuela
- Cerda, L. Evaluación del Paciente con Trastorno de La Marcha. Revista Hospital Clínico Universitario de Chile, 21: 326-336, 2010
- Cifuentes, Ch., Martínez, F. y Romero, E. Análisis Teórico y Computacional de la Marcha Normal y Patológica: Una revisión. Revista Fac.Med, 18(2): 182-196, 2010, Colombia.
- Collado, S. Análisis de la Marcha Humana con plataformas dinamométricas. Influencia del Transporte de Carga. Disertación doctoral, Universidad Complutense de Madrid, España, 2002.
- Crespo, M. Laboratorio de marcha y análisis de movimiento. *Archivos de Neurología, Neurocirugía y Neuropsiquiatría,* 18(2): 49-55, 2009. Buenos Aires, Argentina.
- Cuaya, G., Muñoz, M. y Morales, E. Detección automática del decaimiento de habilidades motrices en la marcha de adultos mayores. Reporte Técnico. Coordinación de Ciencias Computacionales, INAOE, 2010. Puebla, México.

## Anexos

## **BD Laboratorio Marcha HOI**



# **Entidades BD LM HOI**

| Entidad       | Semántica  |  |  |  |  |  |
|---------------|--|--|--|--|--|--|
| PACIENTE      | Nombre, apellido, sexo, fecha nacimiento, número de                |  |  |  |  |  |
|               | historia, diagnóstico al llegar al laboratorio                     |  |  |  |  |  |
| ESTUDIO       | Valores medidos durante el examen físico (cadera, rodilla,         |  |  |  |  |  |
|               | tobillo y pie). Son 153 atributos, entre ellos: fecha del estudio, |  |  |  |  |  |
|               | valores biomecánicos, pruebas especiales realizadas                |  |  |  |  |  |
| DIAGNÓSTICO   | Nombre de la enfermedad diagnosticada por el médico. Se            |  |  |  |  |  |
|               | determina dentro del laboratorio de marcha                         |  |  |  |  |  |
| REFERENTE     | Médico que refiere a paciente al laboratorio de marcha             |  |  |  |  |  |
| INTERPRETADOR | Médico especialista que realiza el informe del estudio             |  |  |  |  |  |
|               | realizado  |  |  |  |  |  |
| RADIOGRAFÍA   | Imágenes de radiografías y su descripción                          |  |  |  |  |  |
| VIDEO         | Archivos de video bidimensional y su descripción                   |  |  |  |  |  |
| EMGD          | Archivos de electromiografías y su descripción                     |  |  |  |  |  |
| GCD           | Archivos de cinemática y cinética                                  |  |  |  |  |  |

# Detección automática del decaimiento de habilidades motrices en la marcha de adultos mayores

German Cuaya Simbro, Angélica Muñoz Meléndez, Eduardo F. Morales Manzanares

Puebla, México

Reporte Técnico No. CCC-10-003 16 de marzo de 2010

La Lógica Difusa (FL) ha sido utilizada para diagnosticar la presencia de cojera en vacas [9] y los mapas cognitivos difusos se han aplicado para la predicción de enfermedades infecciosas [41]. En los trabajos revisados que utilizan Lógica Difusa no se modela la información temporal relacionada con los datos procesados para hacer la predicción, generalmente este tipo de trabajos se enfoca en la representación del conocimiento del experto en el domino. Una de las carencias del uso de FL en dominios médicos es que esta técnica se aplica sobre un pequeño número de parámetros de los datos analizados (generalmente dados por los expertos en el dominio), además de que esta técnica llega a verse limitada para representar la incertidumbre, así como las dependencias y evolución de los datos en el tiempo.

#### ESTUDIO DE LOS PARAMETROS CINÉTICOS DE LA MARCHA DEL PACIENTE HEMIPLÉJICO MEDIANTE PLATAFORMAS DINAMOMÉTRICAS

La velocidad de marcha representa la longitud de zancada y la frecuencia del paso (Jones, 1996), motivo por el que muchos clínicos prefieren utilizar este término (metros/minuto), por expresar de esta forma la cadencia y el gasto energético en función de los metros recorridos.

La velocidad media espontánea en adultos es de 82 m/min (Perry, 1992), y varía entre 60 m/min y 100 m/min (Backer, 1996). Los varones son un 5% más rápidos que la media (86 m/min) y las mujeres un 6% más lentas (77 m/min) (Perry, 1992). Smidt (1990) recoge una clasificación de la velocidad de marcha con finalidad de estandarización clínica. De esta manera se clasifica a la población en siete grupos y viene expresada en cm/seg. La correspondencia en la unidad de medida más empleada (m/min) queda como sigue:

| - Sujetos muy lentos            | <= 24m/min  |
|---------------------------------|-------------|
| - Sujetos lentos                |             |
| - Sujetos moderadamente lentos  | 42-60m/min  |
| - Sujetos de velocidad normal   | 60-78m/min  |
| - Sujetos moderadamente rápidos | 78-96m/min  |
| - Sujetos rápidos               | 96-114m/min |
| - Sujetos muy rápidos           |             |

|                    | Velocidad (m/s) |       | Cadencia (p/min) |       | Longitu     | id de la |
|--------------------|-----------------|-------|------------------|-------|-------------|----------|
|                    |                 |       |                  |       | zancada (m) |          |
|                    | Varón           | Mujer | Varón            | Mujer | Varón       | Mujer    |
| Murray(1964, 1970) | 1,53            | 1'30  | 117              | 117   | 1,57        | 1,33     |
| Chao (1983)        | 1,20            | 1,10  | 102              | 108   | 1,42        | 1,22     |
| Kadaba (1990)      | 1,34            | 1,27  | 112              | 115   | 1,41        | 1,30     |
| Perry (1992)       | 1,43            | 1,28  | 111              | 117   | 1,46        | 1,28     |

Tabla 1. Valores normales de distintos parámetros de la marcha

Collado, S. (2002)

# CAMBIOS CON EL ENVEJECIMIENTO Disminución de los componentes horizontal y vertical Disminución de los movimientos de balanceo y rotaciones y disminución Anomalías posturales Hipertonía muscular, sobre todo en cinturas escapular y pélvica. Distanciamiento del primer dedo del suelo Disminución de la velocidad y cadencia de la marcha. Disminución de la longitud del paso Aumento de la anchura del paso

Collado, S. (2002)