

**CARACTERIZACIÓN DEL CONTROL POSTURAL DINÁMICO MEDIANTE
PARÁMETROS BIOMECÁNICOS Y ELECTROFISIOLÓGICOS**

Resumen extendido de tesis para obtener el grado académico de

DOCTOR EN INGENIERÍA

Mención en Bioingeniería

de las Facultades de

Ciencias de la Alimentación, Ciencias Agropecuarias e Ingeniería

de la

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS



Autora: Yanina Verónica Atum

Director de la Tesis: José Alberto Biurrún Manresa.

Co-directora de la Tesis: Paola Andrea Catalfamo Formento.

Noviembre de 2021

Motivación

El control postural es el conjunto de mecanismos que le dan estabilidad al cuerpo humano y le permiten adoptar y mantener diferentes posturas. Es una habilidad compleja que se requiere para desenvolverse cotidianamente, y hace uso de múltiples recursos tal como las representaciones de los límites biomecánicos, el control dinámico, la orientación en el espacio, la integración sensorial, las estrategias de movimiento y los procesos cognitivos asociados. Múltiples factores pueden afectar uno o varios de estos recursos, como es el caso de afecciones en los miembros inferiores, afecciones en los sistemas sensoriales, enfermedades como la diabetes, neuropatologías periféricas, patologías neurológicas, tales como accidentes cerebrovasculares, Parkinson, entre otras. El estudio del control postural en relación con estos recursos en condiciones fisiológicas normales permite una mejor comprensión de los sistemas involucrados, lo que podría resultar en mejoras en las estrategias de diagnóstico y rehabilitación de esta habilidad en pacientes. Es por eso que en esta tesis se estudia el balance natural y dinámico a través del análisis de parámetros biomecánicos y electrofisiológicos en voluntarios sanos y en una pequeña muestra de pacientes con amputación de miembro inferior.

Objetivo general

Establecer un marco de registro y procesamiento de parámetros biomecánicos y electrofisiológicos que permitan caracterizar el control postural dinámico.

Objetivos particulares

- Elaborar protocolos de experimentación para el registro de señales biomecánicas y electrofisiológicas en humanos durante la ejecución de tareas de control postural.
- Determinar los parámetros de análisis en base a la caracterización de las señales registradas.
- Establecer la validez y confiabilidad de los parámetros cuantificados.
- Aplicar técnicas de procesamiento de señales para explorar las funciones del sistema nervioso central asociada al control postural dinámico.
- Describir el comportamiento de los parámetros propuestos en voluntarios sanos y en una muestra de pacientes amputados.

Metodología

Para el desarrollo de esta tesis se diseñó y desarrolló una interfaz que controla el registro de las señales del centro de presión (CP) y del electroencefalograma (EEG),

configurada según lo establecido en los protocolos de experimentación que se formularon para cumplir con los objetivos de esta tesis, que contemplan la participación de voluntarios sanos en dos sesiones de registros con una separación de una semana y una sesión de registros de voluntarios amputados.

En los experimentos se realizaron distintas tareas:

- La primera tarea era conservar la bipedestación con los pies paralelos, para estudiar el balanceo natural de los voluntarios en condiciones estáticas.
- Las demás tareas consistieron en generar asimetría lateral en la descarga de peso (postura bipodal con traslación, BT) o disminuir la superficie de apoyo a través de la adopción de una postura unipodal (U) o en punta de pies (P). Estas tareas están conformadas por la transición desde la postura bipodal hasta alcanzar la nueva postura con la consecuente prolongación de la postura final por unos segundos. El balance dinámico se caracterizó a partir de los registros obtenidos de la ejecución de estas tareas. Salvo para los amputados que no realizaron la postura P.

A partir de los registros del CP se calcularon variables globales, como el valor medio, desvío y velocidad del mismo, y variables estructurales, como la entropía muestral. Para estudiar las dinámicas de la transición entre posturas se calcularon el tiempo de retardo y de levantamiento. La evaluación de la confiabilidad de los parámetros calculados se realizó a través del análisis de Bland-Altman para cada uno de los parámetros obtenidos.

Los registros de EEG fueron procesados para obtener los potenciales corticales relacionados al movimiento (PCRM), para evaluar tanto la planificación como la ejecución de los movimientos necesarios para cambiar de una postura a otra. Por otro lado, también con estos registros, se realizó un análisis tiempo-frecuencia para analizar cómo fluctúa la potencia del EEG en los distintos ritmos sensorimotrices en el transcurso de las tareas propuestas.

Resultados

De los experimentos realizados participaron 18 voluntarios sanos y 4 voluntarios amputados. Todos los voluntarios realizaron las tareas establecidas en los protocolos de experimentación que fueron debidamente presentados y aprobados por los comités de ética correspondientes.

En relación con las variables globales en bipedestación en voluntarios sanos, los valores obtenidos muestran que el CP medio se mueve unos pocos milímetros, y el balanceo natural se aprecia tanto en los desvíos como en los máximos desplazamientos.

Las variables indican que en este balanceo la dirección anteroposterior es predominante. Las variaciones en el tiempo del CP presentan una mayor regularidad en la dirección de mayor desplazamiento (dependiente del tipo de postura), de acuerdo con los valores calculados de entropía muestral.

De los tiempos calculados de los registros de CP de tareas de transición de posturas, se observa una mayor dispersión entre los voluntarios sanos en la dirección de menor desplazamiento. Del análisis de las variables globales, se estableció que la disminución de la superficie de apoyo genera una inestabilidad comparable en ambas direcciones y la conservación de la superficie de apoyo genera un mayor desvío en la dirección de traslado del peso corporal durante el periodo de estabilidad de la postura final. El aumento en la dificultad de la tarea con una disminución de la superficie de apoyo resultó en un aumento en recorrido y velocidad del CP. Esta situación también se observó en valores mayores de entropía muestral para las posturas P y U respecto de la BT. Se observaron diferencias mínimas entre sesiones para los distintos parámetros calculados.

Los PCRM extraídos de los registros de EEG de los voluntarios sanos no mostraron diferencias entre la primera sesión y la segunda, pero se observó un cambio en la morfología del promedio entre todos los sujetos mostrando una mayor sincronía con la consiga en la segunda sesión. También se observaron diferentes pendientes del primer componente de los PCRM para las distintas posturas, principalmente en el canal Cz. Se observó en los promedios un aumento en la potencia de la banda delta durante el cambio de postura.

Los voluntarios amputados presentaron una asimetría en la descarga del peso corporal en bipedestación. Los valores de las variables globales aumentados en bipedestación, pero disminuyeron para las posturas más desafiantes en comparación con los voluntarios sanos. Respecto de los parámetros electrofisiológicos, se realizó una descripción para cada individuo por contar con una sola sesión y una muestra pequeña.

Conclusión

En la presente tesis se logró caracterizar el control postural dinámico a nivel del sistema nervioso central y de las variaciones del CP ante posturas de nivel de complejidad incrementado por la disminución de la superficie de apoyo en voluntarios sanos y pacientes amputados.