



Recibido: -/-/—

Aceptado: -/-/—

### Validación del sensor Kinect como herramienta de captura para la realización de estudios de desempeño postural.

Andrés Henriquez Pérez<sup>1,1</sup> Roberto Giordano Estrada Leyva<sup>1,2</sup> Reynaldo Solorzano  
Pérez<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Holguín, Cuba,

<sup>1</sup>ahenriquezp@uho.edu.cu, <sup>2</sup>restradal@uho.edu.cu, <sup>3</sup>reynaldosp1988@gmail.com

#### RESUMEN

Assessing the degree of a person's postural performance constitutes a high-value clinical and therapeutic tool. Different tests and clinical scales are applied to quantify the postural performance. The different technologies used to study the postural performance and the limitations of the hardware used in the captures cause that the results can not be objectively compared. On the other hand, the high costs of specialized laboratories have led to an increase in the use of the Kinect sensor to assess posture. However, this is not yet fully accepted as a clinical tool by the scientific community. In this work, an experiment was conducted to verify if the Kinect is sensitive enough to detect the differences between two age groups (older and younger) with respect to their postural performance. The application of hypothesis tests allowed to verify that there are significant differences between both groups, which shows that the Kinect sensor can be used to perform studies of postural performance.

Valorar el grado de rendimiento postural de una persona constituye una herramienta clínica y terapéutica de alto valor. Para cuantificar el rendimiento postural se aplican diferentes exámenes y escalas clínicas. Las diferentes tecnologías empleadas para estudiar el rendimiento postural y las limitaciones del hardware empleado en las capturas provoca que los resultados no se puedan comparar objetivamente. Por otro lado, los altos costos de laboratorios especializados han provocado un aumento en la utilización del sensor Kinect para evaluar la postura. Sin embargo, éste no es aun completamente aceptado como una herramienta clínica por la comunidad científica. En este trabajo se realizó un experimento para comprobar si el Kinect es lo suficientemente sensible como para detectar la diferencias existentes entre dos grupos etarios (adultos mayores y jóvenes) con respecto a su rendimiento postural. La aplicación de pruebas de hipótesis permitió comprobar que existen diferencias significativas entre ambos grupos, lo cual demuestra que el sensor Kinect puede ser empleado para realizar estudios de rendimiento postural.

**PALABRAS CLAVES:** Kinect, pruebas de hipótesis, postura.

## 1. Introducción

El mantenimiento del balance y la orientación del cuerpo en la posición erecta son esenciales para el rendimiento de las actividades cotidianas y la práctica de deportes. Desde la primera mitad del siglo XIX, médicos y terapeutas describieron pérdida de control postural en pacientes con el sistema sensorial comprometido seriamente, en condiciones de oscuridad. Al principio se asoció directamente con el desgaste progresivo del nervio dorsal, pero estudios posteriores demostraron que una amplia gama de enfermedades neurológicas afectan el rendimiento postural. Para estudiar los efectos del daño neurológico en la postura, se han desarrollado gran variedad de pruebas clínicas, simples pero progresivamente



más sensibles. También se han desarrollado instrumentos para medir y grabar con precisión el balanceo postural en pacientes con enfermedades neurológicas [?].

Las investigaciones concernientes a los mecanismos de balance y orientación han llamado la atención de muchos profesionales de diversas áreas, incluyendo Terapia Física, Educación Física, Ingeniería, Física, Medicina y Psicología, entre otras [?]. La habilidad de mantener el balance del cuerpo humano yace en la compleja organización de los sistemas involucrados en él. Este proceso se ha desarrollado con entradas sensoriales y está basado en la geometría y orientación del cuerpo, cinética y percepción de verticalidad [?].

Las investigaciones concernientes a los mecanismos de balance y orientación han llamado la atención de muchos profesionales de diversas áreas, incluyendo Terapia Física, Educación Física, Ingeniería, Física, Medicina y Psicología, entre otras [?]. La habilidad de mantener el balance del cuerpo humano yace en la compleja organización de los sistemas involucrados en él. Este proceso se ha desarrollado con entradas sensoriales y está basado en la geometría y orientación del cuerpo, cinética y percepción de verticalidad [?].

Las patologías que perturban el sistema sensorial, el control de la fuerza y el movimiento, y la orientación espacial, afectan el control postural. Generalmente, todas las patologías que afectan órganos específicamente involucrados en el control postural y del movimiento del cuerpo humano, eventualmente, degradan el control de la postura. Por ejemplo, las enfermedades como Alzheimer y Parkinson, los síndromes cerebrales y vestibulares, baja visión y torceduras de tobillos, respectivamente, afectan la corteza cerebral, el ganglio basal, el cerebelo, el sistema vestibular, visual y el ligamento de los tobillos, y como resultado afectan el control postural [?, ?, ?, ?, ?, ?, ?].

La postura corporal es la relación de las posiciones de todas las articulaciones del cuerpo y su correlación entre la situación de las extremidades con respecto al tronco y viceversa. O sea, es la posición del cuerpo con respecto al espacio que le rodea y como se relaciona el sujeto con él y está influenciada por factores: culturales, hereditarios, profesionales, hábitos, modas, psicológicos, fuerza, flexibilidad, etc. Es afectada por diversas patologías y síndromes que generalmente degradan la calidad de vida. De ahí que medir el grado de afección de la postura puede ayudar a identificar las causas que la originan. El rendimiento postural constituye una herramienta para medir, evaluar y rehabilitar personas aquejadas por diversas patologías o enfermedades, especialmente neuro-degenerativas, como las ataxias o el Parkinson.

## 2. Aspectos teóricos

Para llevar a cabo la investigación propuesta se necesitan analizar y detallar ciertos aspectos teóricos que sirven como base de la misma. Entre estos se encuentra los fundamentos teóricos básicos sobre el análisis del control postural y las principales variables utilizadas con este fin.

### 2.1. Principios del análisis del control postural

El estudio del control postural se conoce como posturografía y se divide en estática, cuando se estudia la postura quieta erecta, y dinámica, cuando se estudia la respuesta a perturbaciones aplicadas durante la prueba. Se estudia en diferentes ramas del conocimiento [?].

**Análisis cuantitativo y cualitativo.** El control postural puede ser cuantificado midiendo el movimiento del centro de masa (Center of Mass, COM por sus siglas en inglés), o el centro de presión (Center of Pressure, COP por sus siglas en inglés, el punto de aplicación de la fuerza de reacción vertical con respecto al suelo). Se considera también el estudio de los segmentos del cuerpo, y también se puede cuantificar mediante la medición la actividad electromiográfica del sistema sensorial. Por otro lado el análisis cualitativo consiste en describir como está organizado el control postural con respecto a los aspectos mecánicos y neurofisiológicos.



**Rendimiento postural.** El control postural se puede caracterizar en términos de rendimiento de acuerdo con las condiciones posturales en consideración. Esto se refiere a la habilidad de mantener el balance del cuerpo en condiciones posturales desafiantes, y así evitar el desbalance postural y caídas. El rendimiento postural puede también caracterizar la habilidad de minimizar las oscilaciones del cuerpo en posturas más convencionales.

**Estrategias posturales.** Se puede definir en la base de la organización espacial y temporal de diferentes segmentos del cuerpo, así como la extensión y orden de los diferentes músculos activados en una postura específica. Los sistemas sensoriales involucrados así como el peso de la información sensorial y/o la intervención de diferentes ciclos neurales pueden también contribuir a describir estrategias posturales.

Las variables más usadas para cuantificar estabilidad postural son el COP y el COM. Estas variables permiten analizar el movimiento en el plano medio-lateral (ML) y el anterior-posterior (AP). Muchas variables globales han sido empleadas para medir estabilidad postural, a continuación se listan las más comunes y relevantes [?].

- **Media de las coordenadas:** refleja las características topográficas del punto en cuestión [?, ?].
- **El área de elipse:** cuantifica entre el 90 y el 95 % del total del área cubierta en las direcciones ML y AP. Es considerada como un índice general del rendimiento postural (mientras menor sea la superficie cubierta, mejor el rendimiento) [?].
- **Amplitud de desplazamiento:** es la distancia entre el máximo y el mínimo desplazamiento en cada dirección (mientras mayor sea el valor, peor es la estabilidad postural) [?].
- **Desviación estándar y error medio cuadrático:** son índices de variabilidad del movimiento, que ofrecen gran fiabilidad para discriminar entre jóvenes y adultos mayores con respecto a sanos y aquellos con patologías [?].
- **Distribución de bandas de frecuencia:** el contenido frecuencial del COP se estudia incorporando amplitudes dentro de las bandas de frecuencia para caracterizar la inclinación o parcialidad de específicos ciclos neurales involucrados en la regulación postural [?, ?]. Usualmente se consideran tres bandas de frecuencias: bajas (0-0,02/0,5 Hz), que mayormente informan acerca de regulaciones vestibulares. Frecuencias medias (0,2/0,5-2 Hz) indicando participación cerebelar y altas frecuencias (>0,2 Hz) para la participación propioceptiva. Los límites de estas bandas varían dependiendo de los autores [?].

Los datos del COP pueden ser mostrados de dos formas diferentes: a través de un estatocinetograma o mediante un estabilograma. El estatocinetograma es el mapa del COP en el plano AP con respecto al plano ML. Mientras que el estabilograma es la representación de ambos planos en función del tiempo.

## 2.2. Relación entre el COM y el COP

La posición del COM es una medida del desplazamiento y es independiente de la velocidad o aceleración total del cuerpo y sus segmentos. El COP es también una medida de desplazamiento y es dependiente del centro de gravedad, pero el COP expresa la localización del vector resultante de la reacción con la superficie en una plataforma de fuerza. Este vector es igual y opuesto a la media pesada de las localizaciones de todas las fuerzas que actúan en la plataforma de fuerza (de los músculos y las articulaciones) transmitidas a la superficie. En este contexto el desplazamiento del COM es la variable que indica el balanceo de todo el cuerpo, y el COP es una combinación de la respuesta neuro-muscular al desplazamiento del COM y la posición del mismo COM. Estas dos variables expresan conceptos diferentes, pero en situaciones específicas como en las posturas erectas estáticas presentan variaciones similares [?, ?].



### 2.3. Introducción al sensor Kinect

En 2009 fue lanzado el Kinect en su versión 1 para Xbox 360 (Figura 1), y en 2011 la versión para computadoras junto al su biblioteca de desarrollo (Kinect-SDK). La frecuencia de muestreo de este sensor es de 30 Hz para la cámara de color y la de profundidad, con una resolución de 640x480 píxeles, cuyos ángulos de apertura horizontal y vertical son de 57.5° y 43.5° respectivamente. También cuenta con un motor en el cabezal que permite girar la cámara 27° en el plano vertical [?]. Triangulación en estéreo es usada para obtener la proyección 3D de los puntos desde su proyección. Esto provee una reconstrucción 3D incluso en condiciones de baja iluminación [?]. El Kinect también tiene un arreglo de 10 micrófonos esparcidos a lo largo del dispositivo para ayudar a identificar de cuál sujeto proviene lo ordenada. La biblioteca de código Kinect Software Development Kit (Kinect-sdk) brinda los drivers para acceder a la información obtenida por el sensor, entre otras funcionalidades para desarrollar aplicaciones que interactúen con el sensor. La funcionalidad más importante que brinda esta biblioteca, consiste en el algoritmo de rastreo de esqueletos. Este detecta hasta seis personas en la escena, aunque solo dos esqueletos, del resto solo señala el centro del cuerpo.



Figura 1: Kinect para Xbox 360.

Varios estudios comparativos han sido desarrollados para validar el empleo del sensor Kinect como herramienta para la evaluación del desempeño postural [?, ?]. Sin embargo, éste no es aun completamente aceptado como una herramienta clínica por la comunidad científica. En este trabajo se realizó un experimento para comprobar si el Kinect es lo suficientemente sensible como para detectar la diferencias existentes entre dos grupos etarios (adultos mayores y jóvenes) con respecto a su rendimiento postural.

## 3. Diseño del experimento

Se grabaron dos grupos de voluntarios, uno de adultos mayores que realizan ejercicios periódicamente, y otro grupo de jóvenes estudiantes de la Universidad de Holguín. Las grabaciones se enfocaron en tres posturas ampliamente utilizadas en estudios de estabilidad postural, Romberg, Romberg sensibilizado y Tándem. Las posturas analizadas se muestran en la Figura 2. Cada postura fue grabada en dos modalidades (con ojos abiertos y cerrados) durante 30 segundos. Los datos generales de los participantes se muestran en la Tabla 1.

Luego de realizadas las capturas se computaron los valores de las medidas del desplazamiento total, del COM, una de las métricas que se ha empleado en estudios similares.

Grupos	Edad promedio	Peso promedio	Cantidad
Adultos mayores	70.7 años	71.5 Kg	10
Jóvenes	23 años	63.6 Kg	7

Cuadro 1: Datos generales de los grupos participantes en el estudio

Se realizaron pruebas de hipótesis con estos datos para cada prueba, como una vía de comprobación de la existencia de diferencias significativas entre los grupos de personas estudiados. Se conoce que



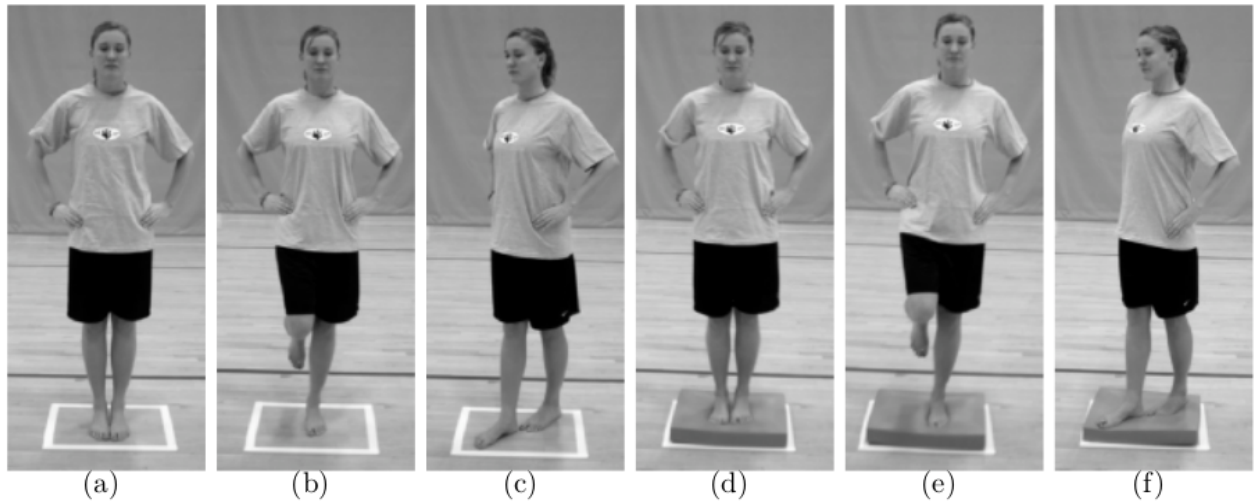


Figura 2: Posturas estudiadas: a) Romberg, b) Romberg sensibilizado, y c) Tándem, en una superficie dura. Las mismas posturas sobre una superficie inestable se muestran en d), e) y f). Tomado de [?].

existen diferencias entre jóvenes y adultos mayores con respecto a su rendimiento postural [2], [25], específicamente se ha demostrado que los jóvenes presentan mejor estabilidad. Por lo que se plantearon las siguiente hipótesis:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

Para llevar a cabo el análisis, primero se comprobó la normalidad a los datos, que permitió confirmar que los datos siguen una distribución normal al rededor de su media. Este resultado permite emplear pruebas paramétricas.

Debido a que la varianza  $\sigma^2$  de la población se desconoce, el estadígrafo empleado entonces fue:

$$T = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{s_0^2 * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (1)$$

para el caso en que las varianzas sean iguales, y

$$T = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (2)$$

para el caso en que las varianzas no sean iguales. Donde  $\bar{X}$  es la media de la muestra 1 y  $\bar{Y}$  es la media de la muestra 2.  $s_1^2$  es la estimación de la varianza de la muestra 1 y  $s_2^2$  de la muestra 2 respectivamente.

Para el caso de las varianzas iguales,

$$s_0^2 = \frac{(n_1 - 1) * s_1^2 + (n_2 - 1) * s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (3)$$

La región crítica queda definida por:



$$\{t\epsilon R||t| > t_{1-\alpha/2}\}$$

Bajo la suposición de normalidad de las distribuciones poblacionales, y bajo la  $H_0 : \mu_1 = \mu_2$  tiene aproximadamente distribución  $t$  de student con  $m = (n_1 + n_2 - 2)$  grados de libertad para el caso de varianzas iguales y

$$m = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 + 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 + 2}} - 2 \quad (4)$$

para el caso de varianzas distintas.

Prueba	Media		STD		Varianzas iguales
	Adultos	Jóvenes	Adultos	Jóvenes	
rsec **	0.35788	0.123455	0.206048	0.0487145	No
rsecm **	0.139869	0.0368243	0.0440747	0.0123804	No
rseo **	0.407265	0.1001	0.24849	0.0529189	No
rseom *	0.191032	0.0318999	0.225712	0.0132976	No
srec	0.383417	0.262452	0.161939	0.126758	Si
srecm	0.180311	0.104219	0.109835	0.0473502	Si
sreo **	0.691274	0.22086	0.44406	0.0833048	No
sreom **	0.221348	0.0882198	0.060323	0.0432729	Si
tsec	0.762365	0.537748	0.361485	0.371192	Si
tseo **	0.503029	0.18412	0.167797	0.0522227	No
tseom **	0.214786	0.0622001	0.0800329	0.0148207	No

Cuadro 2: Valores del desplazamiento total del COM para ambos grupos (jóvenes y adultos mayores). STD: desviación estándar; diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, \* para  $\alpha < 0,05$  y \*\* para  $\alpha < 0,01$ .

El análisis se realizó empleando el software StatGraphics (StatGraphics Centrium Release 15.1. Warrenton) con un  $\alpha$  mínimo de 0,05. La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en el estudio, los nombres de la pruebas fueron sustituidos por siglas, donde *rs* significa Romberg, *sr* Romberg sensibilizado y *ts* Tándem. De igual modo, *ec* equivale a ojos cerrados, mientras que *eo* a ojos abiertos, y por último se añadió *m* para identificar cuando la prueba se ejecutó sobre el colchón. La prueba *tsecm* (Tándem con ojos cerrados sobre colchón) no se analizó debido a errores en la captura. Los participantes fueron notificados acerca de las condiciones de ejecución de las pruebas y se les solicitó su aprobación por escrito.

## 4. Conclusiones

Este estudio estuvo enfocado en comprobar las diferencias significativas entre ambos grupos, reportadas en la literatura. Demostró que los jóvenes tienden a mostrar mayor estabilidad que los adultos mayores. De las 11 pruebas que finalmente fueron analizadas, 8 rechazaron la hipótesis nula, por lo que se puede afirmar que la media del desplazamiento total de los sujetos jóvenes es menor que la media de los adultos mayores para al menos un 95 % de certeza, y en 7 de estas pruebas para un 99 % de certeza, como se muestra en la Tabla 2. Es importante señalar que mientras menor sea el valor de este atributo, mayor es el control postural.

El empleo de pruebas de hipótesis permitió identificar diferencias significativas entre los grupos etarios seleccionados, lo que valida el empleo del sensor Kinect como una herramienta capaz de diferenciar



eficientemente la postura humana. Confirmando además la existencia de diferencias significativas entre jóvenes y adultos mayores, tal y como se ha reportado en la literatura. Estos aportes se traducen de forma general como una contribución al proceso de evaluación de los trastornos de la coordinación postural.

## 5. Referencias