



IBV
INSTITUTO DE
BIOMECÁNICA

Análisis y mejora del control postural mediante el registro óptico de movimientos humanos y feedback en la realización de ejercicios y juegos físicos. (CONTPOST)

E.1.2. Protocolos experimentales para valoración y rehabilitación del equilibrio en forma de juegos interactivos

PROMECE

El contenido de este documento ha sido generado por el Instituto de Biomecánica (IBV) como resultado del proyecto IMAMCJ/2015/1 (PROMECE-CONTPOST) en el marco de la línea nominativa T8021000 aprobada por la Ley de Presupuestos de la Generalitat para 2015, cofinanciada en un 50% a través del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020: Eje Prioritario 1

ACTIVIDAD 4

ENTREGABLE E.1.2.

PROTOCOLOS EXPERIMENTALES PARA VALORACIÓN Y REHABILITACIÓN DEL EQUILIBRIO EN FORMA DE JUEGOS INTERACTIVOS

3. DEFINICIÓN DE LOS EJERCICIOS Y JUEGOS

3.1 SELECCIÓN DE CONTENIDOS Y HARDWARE

Como se ha mencionado, muchos de los estudios revisados utilizan juegos comerciales, que están limitados no solo por su forma de interacción sino también por sus contenidos. Kroll [102] señala que muchos de los ejercicios empleados no son adecuados para adultos mayores, y podrían dar lugar a lesiones. Además, se puede comentar que los juegos comerciales no proporcionan un esquema de progresión personalizado, que sería deseable para los usuarios sometidos a programas de rehabilitación.

En el entregable E1.1 se ha descrito una selección genérica de ejercicios adecuados para la valoración y la prevención del riesgo de caídas, que son adecuados para su implementación en el marco del proyecto. Teniendo en cuenta las opciones de monitorización ofrecidas por los distintos dispositivos que se han presentado en las secciones anteriores, esos ejercicios se pueden concretar en un programa con los elementos presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Ejercicios seleccionados y dispositivos tecnológicos viables para cada una

Ejercicio	Wii	EyeToy	Kinect
Prueba de valoración de "semitándem"	X		X
Prueba de valoración de tiempo de reacción	X	X	X
Prueba de valoración de levantarse/sentarse			X
Ejercicio Otago de fortalecer extensión de rodilla (sentado)			X
Ejercicio Otago de fortalecer flexión de rodilla (de pie)	X		X
Ejercicio Otago de fortalecer abducción de cadera (de pie)	X		X
Ejercicio Otago de fortalecer extensión de tobillo (de puntillas)			X

Ejercicio Otago de fortalecer flexión de tobillo (levantar dedos)			X
Ejercicio de equilibrio basado en caminar	X		X
Ejercicio de equilibrio basado en agacharse	X		X
Ejercicio de equilibrio basado en desplazamiento lateral			X

Las pruebas de valoración presentadas en la tabla 1 son las seleccionadas tras la revisión presentada en el entregable E1.1. Entre los ejercicios orientados a la prevención, se han seleccionado cinco pruebas del programa Otago [17] para reforzar las tres principales articulaciones de los miembros inferiores (cadera, rodilla y tobillo), que son realizables en un escenario instrumental simple, con desplazamientos limitados y garantizando la seguridad con medios sencillos. Por esa razón se han excluido pruebas de caminar o subir escaleras, o que han de realizarse sin apoyo. A los ejercicios del programa Otago se le han añadido, además, otros tres ejercicios de equilibrio basados en gestos de la vida diaria que tienen una influencia importante en el riesgo de caídas.

Se puede observar que Kinect es el único dispositivo que puede aplicarse para medir los distintos tipos de ejercicio, por lo cual seleccionaremos Kinect para PC como sensor para monitorizarlos. Una ventaja adicional es la disponibilidad gratuita tanto del SDK oficial de Microsoft como de APIs independientes, y librerías de programación que ayudan a desarrollar aplicaciones y entornos gráficos para las mismas basadas en las medidas de Kinect, como la construcción de “avatares” con Unity, o SIGVerse como alternativa gratuita [103] (ver figura 1).

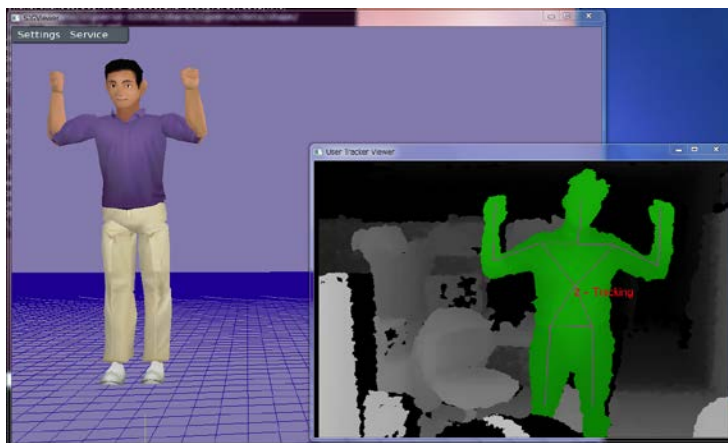


Figura 1. Reconocimiento de la silueta del usuario y el modelo esquelético mediante el SDK de Kinect (ventana inferior) y “avatar” creado con SIGVerse

3.2 PROTOCOLO PARA LAS PRUEBAS DE VALORACIÓN

Tal como se ha definido en el entregable E1.1, las pruebas de valoración consisten en una combinación de datos obtenidos de un cuestionario, y realización de los tres primeros ejercicios señalados en la tabla 1. Los cuestionarios sólo es necesario pasarlos una vez, lo cual se puede hacer por parte del personal investigador, técnico o cuidador, o también puede implementarse una aplicación para seleccionar mediante gestos (el SDK de Microsoft incluye utilidades programación de “punteros” y botones controlables mediante movimientos de la mano del usuario).

A continuación se detalla el protocolo para cada uno de los tres ejercicios de valoración física. En todos los ejercicios se hará una primera tanda de prueba, para reducir el efecto de adaptación.

3.2.1 Prueba de “semitándem” (equilibrio)

Se muestra en pantalla un avatar del usuario mirando de frente. Como escenario se propone un ejercicio de mantener el equilibrio sobre un puente estrecho, de modo que se fije la distancia en horizontal entre los pies en la postura llamada de “semitándem” (figura 2).

Una vez reconocida la postura objetivo (calcular distancia en horizontal relativa entre las articulaciones de tobillo, proporcionada por el SDK), comenzar una cuenta atrás. El objetivo es mantener la postura durante 10 segundos; como objetivo del juego, para aumentar la sensación de desafío, se plantea presentar una cuenta atrás de 30 segundos, aunque el riesgo de caídas se valorará en función de si se ha alcanzado el objetivo de 10 segundos.



Figura 2. Posición relativa de los pies en la postura de “semitándem”

3.2.2 Prueba de tiempo de reacción

Se muestra en pantalla un avatar del usuario, con interruptores delante de él a izquierda y derecha, en un mostrador al nivel de la cintura y en el suelo. Uno de los interruptores, de forma aleatoria, se iluminará tras un intervalo de entre 3 y 5 segundos, y al usuario se le indica que ha de pulsarlo con la mano o el pie del lado correspondiente lo más rápido posible. La prueba se repetirá 20 veces, y se contará el tiempo medio en milisegundos como referencia para la valoración. Al usuario se le mostrará en pantalla una puntuación inversa al tiempo consumido tras cada intento, para aumentar la motivación.

3.2.3 Prueba de levantarse y sentarse (fuerza)

Se muestra en pantalla un avatar del usuario, delante de una silla. Las instrucciones indican que ha de comenzar sentado con los brazos cruzados sobre el pecho, y levantarse y sentarse sin mover los brazos tan rápido como pueda (figura 3) varias veces. Como incentivo se puede añadir un indicador de puntos, monedas, etc., que se incremente una cantidad fija (p.ej. 10 unidades) o progresiva con cada objetivo (el ciclo completo ha de repetirse cinco veces), y se reduzca rápidamente durante el tiempo intermedio, con lo que para conseguir más puntos ha de realizar el movimiento más rápido. De cara a la evaluación, se fija un objetivo de menos de 12 segundos para completar los cinco ciclos.



Figura 3. Movimiento de la prueba de levantarse y sentarse

3.3 PROTOCOLO PARA LOS EJERCICIOS OTAGO

Los ejercicios seleccionados del programa de ejercicios Otago se basan en la repetición de una serie de movimientos para fortalecer la musculatura de las caderas, rodillas y tobillos. Para conseguir este objetivo, los movimientos han de realizarse de forma lenta, y se ha de mantener la postura objetivo moviendo lo menos posible el resto de articulaciones. Las instrucciones definidas por el programa incluyen que se “haga el movimiento de subida contando lentamente hasta 3, y el de bajada contando lentamente hasta 5”. El movimiento ha de repetirse 10 veces por tanda.

Se plantea presentar un escenario semejante al de la prueba de levantarse y sentarse, que proporcione incentivos para conseguir el objetivo deseado (en este caso realizar movimientos lentos, en lugar de rápidos). Como medida del rendimiento de los ejercicios, se calculará el número y duración acumulada de cada elevación, y el rango conseguido del ángulo articular objetivo. Esto requiere hacer cálculos sobre el modelo biomecánico articular del SDK del sensor, que se abordan en el segundo paquete de trabajo del proyecto.

Los gestos de cada uno de los ejercicios, y las articulaciones y objetivos considerados, son los que se presentan en la tabla 2 y la figura 4 a continuación.

Tabla 2. Objetivos de los ejercicios Otago seleccionados

Ejercicio	Articulación	Ángulo articular
Extensión de rodilla	Rodilla dercha/izquierda	Grado mínimo de flexión (en postura sentada es $\sim 90^\circ$).
Flexión de rodilla	Rodilla derecha/izquierda	Grado máximo de flexión (en postura de pie es $\sim 0^\circ$)
Abducción de cadera	Cadera derecha/izquierda	Grado máximo de abducción
Ponerse de puntillas	Tobillo derecho/izquierdo	Grado máximo de extensión
Levantar dedos del pie	Tobillo derecho/izquierdo	Grado máximo de flexión

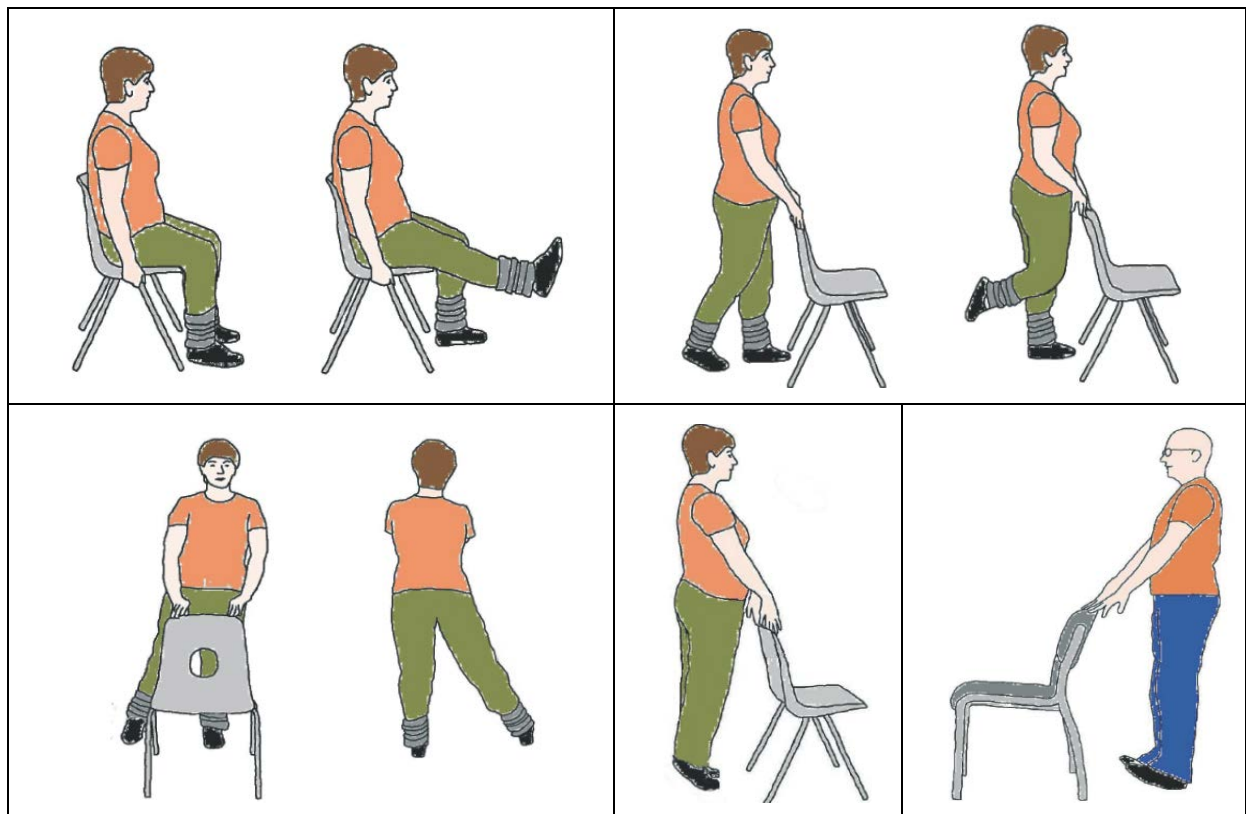


Figura 4. Ejercicios Otago implementados. De izquierda a derecha, y de arriba a abajo: extensión de rodilla, flexión de rodilla, abducción de cadera, extensión de tobillo, y flexión de tobillo

3.4 PROTOCOLO PARA LOS JUEGOS DE EQUILIBRIO

Los juegos de equilibrio se han definido con los siguientes objetivos, dirigidos a mejorar capacidades físicas relacionadas con el equilibrio y actividades de la vida diaria:

- Juego #1, basado en caminar. Orientado a ejercitar la marcha, particularmente los movimientos de elevación de piernas (figura 5a). El escenario será el paseo por un parque o laberinto. El objetivo principal es realizar el recorrido completo y conseguir puntos por tareas secundarias.
- Juego #2, basado en agacharse. Orientado a ejercitar la flexión de rodillas y tronco (figura 5b). El escenario será un recorrido de esquí. El objetivo es realizar el recorrido completo y conseguir puntos por tareas secundarias
- Juego #3, basado en el desplazamiento lateral. Orientado a ejercitar el control de movimiento del tronco y el cuerpo completo (figura 5c). El escenario será un lugar exterior en el que van cayendo objetos del cielo en distintas posiciones (laterales). El objetivo es recorrer la pantalla de lado a lado para recoger la mayor cantidad de objetos posibles, y ganar puntos por ellos.

Todos los juegos incorporan tareas secundarias con objetivos físicos (p.ej. flexionar el tronco lateralmente, elevar los brazos, figura 5d), y cognitivos (memorizar a la vez que se hace el ejercicio).

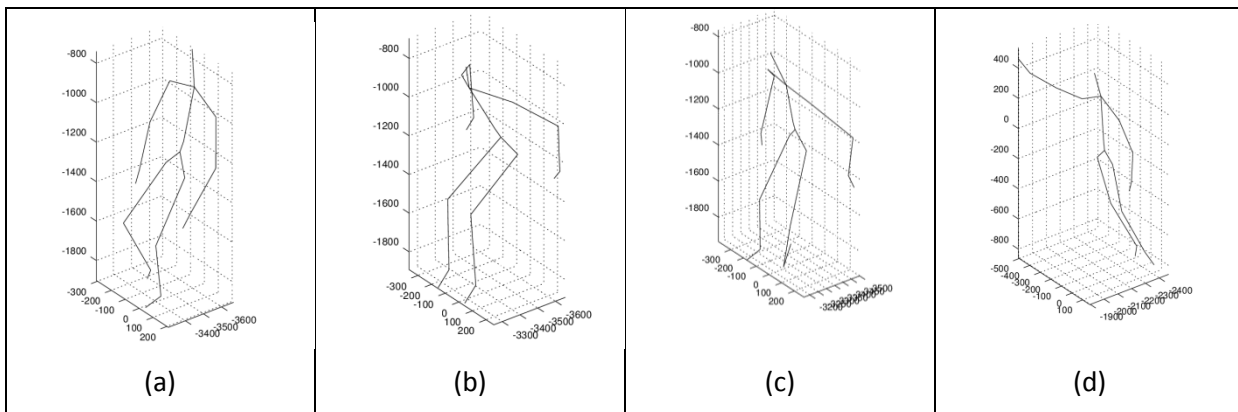


Figura 5. Gestos objetivo en los juegos de equilibrio, en modelo de esqueleto capturado por Kinect: (a) paso, (b) flexión de tronco y rodillas, (c) movimiento lateral de cuerpo, (d) elevación de brazo

Como ejemplos de los juegos a implementar, se consideran escenarios como los de “Kinect Sports” para el juego de esquí, o “Motion Explosion” para el juego del desplazamiento lateral (figura 6). Sin embargo, no se usarán los juegos comerciales, sino que se programarán escenarios específicos con ritmos de juego y objetivos adaptados a los usuarios mayores, siguiendo lo comentado en la revisión bibliográfica.

De este modo, se pretende conseguir unos mejores resultados, aun en detrimento de los aspectos gráficos que priman en los juegos comerciales. Como ejemplo del tipo de resultado gráfico que se puede conseguir con software libre, se muestra en la figura 7 el resultado del juego de caminar (semejante al concepto del juego #1) del proyecto alemán Join-In (<https://joininproject.wordpress.com/>).



Figura 6. Ejemplos de juegos comerciales de Kinect (Kinect Sports a la izquierda, Motion Explosion a la derecha), cuyos escenarios se usarán como base conceptual para los juegos de equilibrio

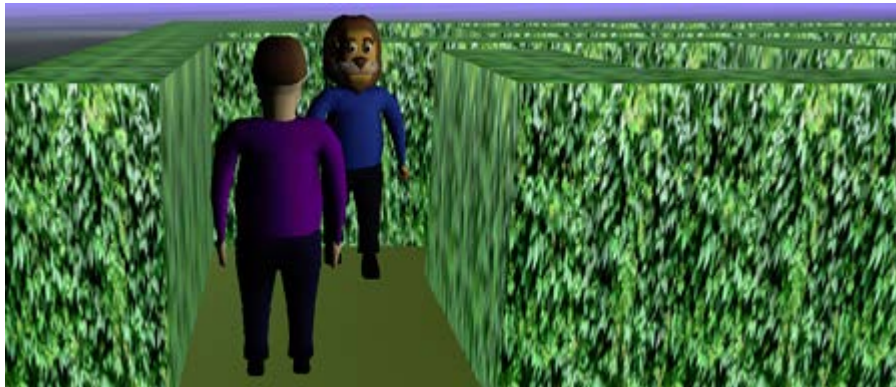


Figura 7. Juego de caminar del “Join-in project”

Los tres juegos se realizarán al ritmo preferido por el usuario. La dificultad aumentará en función de la longitud de los recorridos y las tareas secundarias, que tienen como objetivo común entrenar la capacidad de realizar tareas duales (físicas y cognitivas). Estas tareas secundarias consistirán en “alcanzar monedas” o seleccionar elevando las manos los objetos indicados, y esquivar obstáculos flotantes mediante movimientos de tronco laterales. Se plantean los siguientes niveles de dificultad asociados a objetivos físicos y cognitivos:

- Nivel 1. Sin objetivos secundarios.
- Nivel 2. Añadir flexión lateral de tronco (esquivar objetos que aparecen aleatoriamente en el aire y se acercan al avatar).
- Nivel 3. Añadir elevación de brazos (alcanzar monedas que aparecen aleatoriamente por encima del usuario, o en extremo de la pantalla en el juego #3).
- Nivel 4. Añadir tarea cognitiva (recordar objetos pasados en el recorrido y seleccionarlo como las monedas).
- Nivel 5. Aumentar número de objetos a esquivar.
- Nivel 6. Aumentar número de tareas cognitivas.
- Nivel 7. Aumentar exigencia del gesto principal, sin monedas ni tareas cognitivas.
- Nivel 8. Aumentar Añadir monedas.
- Nivel 9. Añadir tareas cognitivas.
- Nivel 10. Aumentar número de objetos a esquivar.