



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES
UNIDAD JURIQUELLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Prueba de valoración biomecánica de Timed Up and Go con el sensor inercial

Dr. Raide Alfonso González Carbonell

Dr. Igor Salinas Sánchez

Dr. Demetrio Villanueva Ayala

Dr. Jesús Manuel Dorador González

Dr. Armando Ortiz Prado

Dr. Víctor Hugo Jacobo Armendáriz



Juriquilla, 2024

Prueba de valoración biomecánica de Timed Up and Go con el sensor inercial.

Dr. Raide Alfonso González Carbonell, Dr. Igor Salinas Sánchez, Dr. Demetrio Villanueva Ayala, Dr. Jesús Manuel Dorador González, Dr. Armando Ortiz Prado, Dr. Víctor Hugo Jacobo Armendáriz

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional por la Universidad Nacional Autónoma de México, 2024. Avenida Universidad 3000, Coyoacán, Ciudad de México, 04510.



Se cuenta con autorización para el uso de las imágenes que contienen la tecnología y las capturas de pantalla por parte de BTS Bioengineering (Milan, Italia). Las imágenes contenidas en este documento que no especifican la fuente, son de elaboración propia.

Título de la colección: Protocolos funcionales de valoración biomecánica.

ISBN de la colección: 978-607-30-9209-8.

Volumen 4.

ISBN Volumen: 978-607-30-9216-6.

Diseño de portada: Lic. Ana Karen Valadez Rodríguez

Agradecimientos:

Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE100121.

Los autores quieren agradecer el apoyo de las instituciones en la realización de este trabajo:

- Laboratorio de Biomecánica del Instituto de Neurobiología, Campus Juriquilla, UNAM.
- Centro de Rehabilitación Integral Querétaro.
- Centro para Rehabilitación Integral de Minusválidos del Aparato Locomotor. I.A.P.
- Fisiomechanics.
- A los alumnos de pregrado y postgrado.

A todos, muchas gracias.

Índice:

Introducción.....	1
Balance y equilibrio.....	2
Tecnología disponible para el estudio del riesgo de caídas.....	3
Sensor inercial GS2 y sistema G-Walk.....	3
Prueba cronometrada de levanta y anda (TUG con el sensor inercial).....	4
Etapas de preparación.....	5
1. Preparación del área de trabajo.....	5
2. Instalación de las cámaras de video en el final del recorrido y en lateral.....	5
3. Conectar el equipamiento a la computadora.....	5
4. Ofrecer indicaciones al paciente de la prueba a realizar, que serán las siguientes:.....	6
5. Colocar el sensor en la anatomía del paciente.....	7
Etapas de captura.....	7
6. Iniciar proceso de grabación de video con las cámaras.....	7
7. Iniciar el proceso de captura en el programa.....	7
Etapas de creación del reporte.....	10
8. Informe de resultados.....	10
Indicaciones para la aplicación del protocolo en las clases prácticas.....	11
Referencias.....	15

Introducción.

Las personas en su día a día transitan por un constante cambio de posiciones gracias a la movilidad de sus articulaciones. Por ejemplo, para trasladarse realizan una secuencia de movimientos coordinados entre los miembros inferiores y superiores, logrando un equilibrio dinámico con desplazamiento de su centro de gravedad y procurando el mínimo gasto de energía (Di Gregorio & Vocenas, 2021). Otros ejemplos donde se requiere tener control sobre las diferentes acciones son: mantener una postura en bipedestación, sentados en una silla, de rodillas, girar, subir y bajar escaleras, entre otros.

Varios sistemas sensoriales del cuerpo contribuyen al control postural. Los receptores de la vista, el sistema vestibular, así como el sistema propioceptivo de las articulaciones brindan una noción sobre cuál es el lugar que ocupa el cuerpo en el espacio (Mañano et al., 2018). Por su parte el sistema neuromuscular sintetiza esta información para brindar las señales que otorgarán la corrección de la posición que se necesita para mantener el cuerpo erguido, con el peso distribuido de manera uniforme y la línea del centro de masa (CoM en inglés, center of mass) dentro de la base de sustentación (Lyu et al., 2021).

Los trastornos musculoesqueléticos afectan la funcionalidad de las personas para realizar sus actividades cotidianas. Con el incremento de la edad, patologías que causen alteraciones o daños en las estructuras antes descritas, o tras amputaciones de miembros inferiores, las personas pueden perder la capacidad de mantener el equilibrio, incrementando el riesgo de caídas (Hunter et al., 2017; Sawers & Hafner, 2020; Steinberg et al., 2019). Varios estudios se han enfocado analizar el riesgo de caídas en personas tras una amputación de miembro inferior (Steinberg et al., 2019). Para esto emplean protocolos de valoración funcional como es el caso de la prueba cronometrada de levanta y anda, prueba cronometrada de marcha de seis minutos (6MWT, en sus siglas en inglés), la prueba de cuatro pasos en un cuadrado (FSST, en sus siglas en inglés), estabilometría, entre otras.

La prueba cronometrada de levanta y anda (Timed Up and Go, TUG) tiene como finalidad la determinación del tiempo que requiere una persona para completar la prueba. La prueba se puede realizar con un cronómetro para determinar el tiempo. Sin embargo, este procedimiento es menos preciso pues tiene una gran variación en la medición del tiempo derivados de los errores inter e intra evaluadores. El empleo del sensor inercial se puede realizar un análisis instrumentado, rápido, preciso y sencillo en los que además de obtener la duración total del análisis, se pueden obtener la duración de cada etapa (levantarse, sentarse, giro medio, giro final, y de la marcha en el recorrido de ida y regreso) y los parámetros de flexo extensión del tronco al levantarse y sentarse. Los datos resultantes de la prueba garantizan un análisis objetivo de los gestos motores y los resultados de la terapia seleccionada.

Este manual se orienta a fortalecer el aprendizaje de la valoración biomecánica del riesgo de caídas en las personas. Se sugiere que durante las actividades prácticas de laboratorio o en la realización de proyectos de investigación los alumnos tengan a la mano este material, para que consulten los pasos de cada etapa de la ejecución de la prueba para su correcta ejecución. Se recomienda que los alumnos consulten el audiovisual de “Valoración biomecánica de Timed Up and Go con el sensor inercial” antes de realizar la prueba como preparación independiente. El profesor debe proporcionar la dirección de internet para su consulta.

Balance y equilibrio.

Para el entendimiento de estos procesos es muy importante recordar que cuando el vector resultante de la suma de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo es nulo, indica que no hay aceleración, este estado se conoce como equilibrio, que puede ser estático o dinámico. En el equilibrio estático no hay movimiento, mientras que en el dinámico el cuerpo mantiene una velocidad constante. Un concepto ligado con el equilibrio es el balance, este indica la capacidad de recuperar el equilibrio. Cuando debido a la modificación relativa de los segmentos del cuerpo, su centro de masa (CoM) se desplaza fuera de la base de sustentación, al encontrarse en una posición de desbalance existe un riesgo inminente de caídas, por lo que es necesario que la persona realice acciones correctivas para volver a colocar el CoM sobre el área comprendida entre los pies.

Por otra parte, la estabilidad es la capacidad de las personas de mantener el equilibrio. (En términos de biomecánica, el equilibrio hace referencia a la capacidad para mantenerse erguido y firme al estar de pie, de rodillas, sentado o en cuclillas). Una persona tiene una mayor estabilidad cuando mantiene la proyección del CoM en una menor área y el cuerpo tiene por tanto una menor oscilación.

Siguiendo este contexto de conocimiento, es preciso reconocer que, los movimientos en bipedestación son inherentemente inestables debido a que el centro de masa (COM) se encuentra elevado sobre la base de sustentación, de manera más específica a la altura de la vértebra S2 (Fig. 1), o aproximadamente al 55% de la talla del individuo y dentro de la base de soporte (Devetak et al., 2019; Lugade et al., 2011; Mariana Haro, 2014). Los movimientos de las extremidades y del tronco alteran la posición del centro de masa de las personas, por lo que los músculos anti gravitatorios deben tener la capacidad de mantener y controlar las diversas posiciones. Por ejemplo, en el caso de la marcha, el tronco se mantiene erguido sobre las extremidades inferiores asegurando que la línea del centro de masa se encuentre dentro de la base de soporte para mantener la estabilidad (Chastan et al., 2010).

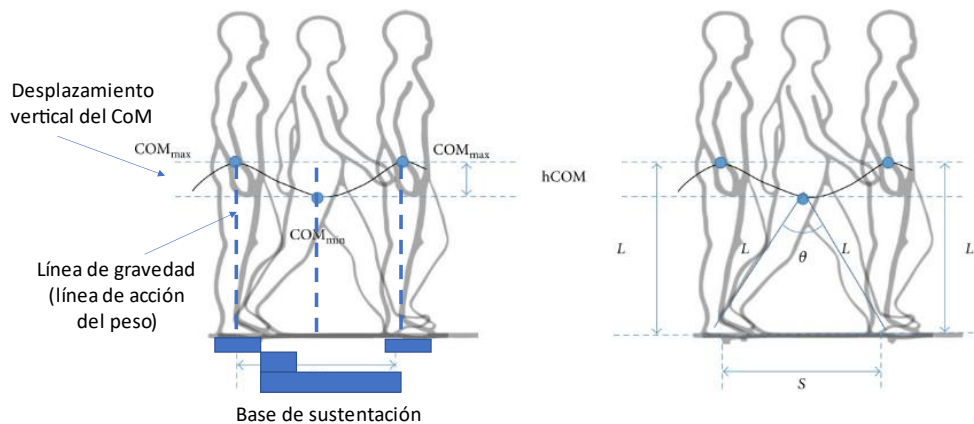


Fig. 1. Desplazamiento del centro de masa, la línea de gravedad y variación de la base de sustentación durante la marcha. Fuente: Adaptación de (Fusca et al., 2018). Licencia CC-BY 4.0.

Tecnología disponible para el estudio del riesgo de caídas.

Clínicamente se reconoce que las compensaciones que un individuo emplea en sus movimientos para mantener la estabilidad pueden encubrir alguna comorbilidad o patología preexistente, además de ser difíciles de diferenciar de las alteraciones primarias a simple vista.

En las últimas décadas, se ha incrementado el uso de las tecnologías no invasivas de valoración funcional biomecánica para analizar las actividades cotidianas de las personas (Mohammed et al., 2016) y discriminar el rango de normalidad de las variaciones de los movimientos con una mayor precisión en comparación con el método de observación clínica. Las nuevas herramientas están compuestas por sistemas electrónicos y paquetería de procesamiento de las señales capturadas durante los estudios (Ridao-Fernández et al., 2019).

Entre ellas se encuentran:

- Cámaras de vídeo optoelectrónicas de alta velocidad con anillos de luz infrarroja. Laboratorio de Biomecánica.
- Plataformas de fuerzas.
- Electromiografía de contacto de superficie.
- Baropodometría.
- Sensor inercial.

Sensor inercial GS2 y sistema G-Walk.

Un acelerómetro es un dispositivo destinado a medir las aceleraciones. Basan su principio mediante la medición del cambio de capacidad eléctrica de un condensador que provoca el movimiento de una masa sísmica situada entre las placas de este, que al moverse hace cambiar la corriente que circula entre las placas del capacitor.

Al combinar el acelerómetro de tres ejes, con un giroscopio y un magnetómetro, entonces se pueden obtener la aceleración lineal en cada eje, la velocidad angular, los desplazamientos angulares con una referencia al norte magnético. Tienen incorporado un sensor de temperatura para ajustar la medición de los parámetros y reducir el efecto de esta variable física. Los dispositivos que tienen estos sensores se conocen como sensores inerciales (Fong & Chan, 2010). Se emplean cinco tipos de algoritmos para estimar la orientación o las posiciones: integración, observación de vectores, filtrado de Kalman, filtrado complementario y otros algoritmos (López-Nava & Muñoz-Meléndez, 2016).

El sistema G-Walk (BTS Bioengineering, Milán, Italia) está compuesto por el sensor inercial G-Sensor y el programa de procesamiento G-Studio para la evaluación funcional de movimiento. A través de una antena Bluetooth se recibe la información de la cinemática del movimiento que permite realizar pruebas clínicas esenciales en la rehabilitación. Es de gran ayuda para médicos y especialistas pues complementa la evaluación de la eficacia de terapias o programas de rehabilitación. Las pruebas son muy fáciles de hacer y los resultados son inmediatamente comparables con el rango de normalidad. El sensor inercial G-Sensor se ubica en la posición anatómica de interés por medio de un cinturón elástico (Fig. 2).



Fig. 2. Sensor inercial G-Sensor, cable y antena Bluetooth y cinturón para la colocación del dispositivo en la anatomía del paciente.

Los protocolos integrados ofrecen la posibilidad de hacer análisis completos y detallados de las principales pruebas clínicas. Entre las pruebas que ofrece el sensor se encuentran los protocolos de

- 1- Marcha.
- 2- Marcha cronometrada.
- 3- Prueba cronometrada de levanta y anda.
- 4- Giro.
- 5- Correr.
- 6- Saltos.
- 7- Libre.

Prueba cronometrada de levanta y anda (TUG con el sensor inercial).

El protocolo de prueba cronometrada de levanta y anda (Timed Up and Go) permite realizar un análisis rápido, preciso y sencillo de la estabilidad de las personas y el riesgo de caídas. Los datos resultantes del ensayo garantizan un análisis objetivo de las habilidades motoras y los resultados de la terapia seleccionada.

Permite comparar varias pruebas realizadas en el mismo paciente en diferentes momentos (previa y posterior al tratamiento) para establecer la efectividad de la rehabilitación. Este protocolo ofrece los siguientes datos:

- Duración del análisis y de cada etapa (levantarse, sentarse, giro medio, giro final, marcha adelante y marcha de regreso)
- Parámetros de flexo extensión del tronco al levantarse y sentarse.
- Capacidad de movilidad funcional.

Para realizar la prueba es necesario realizar los siguientes pasos:

Etapas de preparación.

1. Preparación del área de trabajo.

Se coloca un cono para indicar la distancia a recorrer, ubicado a tres metros de una silla con reposabrazos, que sea estable y no se mueva durante la prueba (Fig. 3).



Fig. 3. Preparación del área de trabajo, el recorrido debe ser de 3 m. El cono indica el retorno.

2. Instalación de las cámaras de video en el final del recorrido y en lateral.

Para analizar la relación entre las variables espacio temporales del sensor inercial con información cualitativa de un video, se colocarán dos cámaras para la captura del movimiento en el plano frontal y en el plano sagital. De este modo se podrá describir también de manera cualitativa las diferentes etapas de la prueba, los giros que realiza el paciente, los movimientos al pararse y sentarse y las variaciones en las gráficas. También, se podrá observar la explicación del movimiento que el sensor haya registrado en las gráficas, permitiendo tener y realizar una mejor interpretación de los resultados.

3. Conectar el equipamiento a la computadora.

Insertar la antena Bluetooth receptora del sensor inercial en el puerto USB (Fig. 4a) y prender el sensor inercial. El interruptor del sensor se encuentra, tomando como referencia la cara del logo del sensor, en el lateral derecho (Fig. 4a). La luz del indicador LED blanco comenzará a parpadear, indicando que está prendido.

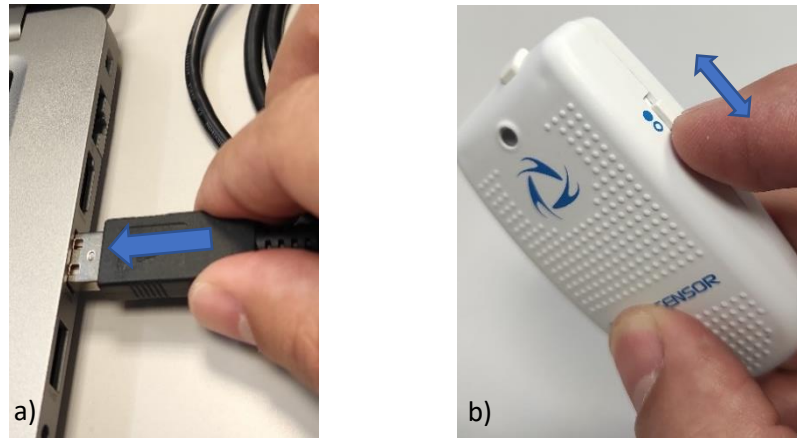


Fig. 4. Conexión de la antena al puesto USB de la computadora y encendido.

Abrir el programa G-Studio y conectar el sensor al dar clic en el ícono de la pestaña dedicada al Manejo de G-Sensor de la Barra de herramientas. Una vez conectado el sensor, el ícono de conexión cambia de color gris a azul, y el ícono de la batería muestra el nivel de carga del sensor inercial (Fig. 5).

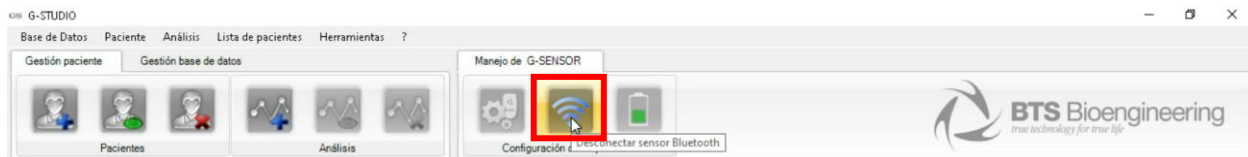


Fig. 5. Barra de herramientas del G-Studio. Conexión del sensor inercial.

4. Ofrecer indicaciones al paciente de la prueba a realizar, que serán las siguientes:

La prueba biomecánica consiste en medir sus movimientos con el sensor inercial, que se ubica en la región lumbar, abrazando la espalda con la correa a la altura de la vértebra L2.

Desde la posición sentado en una silla y con la espalda descansando sobre el respaldo, usted deberá levantarse y caminar hasta cubrir una distancia de 3 m, realizar un giro de 180° caminar nuevamente en dirección a la silla y luego dar un segundo giro de 180° y sentarse. La trayectoria que debe seguir estará señalizada en el suelo y en las paredes del espacio, por lo que usted no deberá preocuparse por recordar la distancia recorrida, simplemente guiarse por la trayectoria, realizando los gestos de movimiento de la manera más natural posible.

Al inicio de la prueba, usted debe permanecer inmóvil sentado en la silla durante unos segundos, esto debido a que es necesario que el sensor se estabilice.

En todos los casos, la información que usted proporcione al personal que participa en las pruebas será de carácter estrictamente confidencial, se utilizará exclusivamente por el personal involucrado en los estudios, y no estará disponible para ningún otro propósito. Usted y la información que nos proporcione quedarán identificados con una clave y no con su nombre, de tal manera que ninguno de los integrantes del equipo de investigación ni ninguna otra persona pueda conocer su identidad. Los resultados de este estudio serán publicados únicamente con fines científicos y docentes. El equipo de investigación y la UNAM se comprometen a proteger sus datos personales.

Los beneficios de participar en este estudio son: usted recibirá por correo electrónico un reporte detallado y la interpretación de las pruebas biomecánicas que realizó, también recibirá orientación clínica sobre las posibles alteraciones funcionales o asimetrías corporales y una estrategia para su corrección. De manera indirecta usted contribuirá al desarrollo científico y tecnológico del país, que optimizará la atención integral de personas con amputaciones para su rehabilitación.

Los riesgos de participar en el estudio se atribuyen principalmente a la incomodidad y/o cansancio durante las pruebas de funcionalidad. Cabe destacar que los sensores empleados en el estudio no emiten radiaciones ionizantes ni genera campos magnéticos potentes; por lo que se considera una técnica inocua.

5. Colocar el sensor en la anatomía del paciente

Primero inserte el sensor en el bolsillo de la correa. El logo de BTS del sensor debe quedar apuntando hacia la parte externa de la correa, con el indicador de luz del sensor parpadeando. El sensor se ubica en la región lumbar, abrazando el tronco con la correa a la altura de la vértebra lumbar (L2). Identifique la posición anatómica antes mencionada y coloque, bien ajustada, la correa, con el sensor centrado sobre la columna. Garantice que el sensor no se mueva y que el paciente no sienta una sensación de compresión en la zona.

Indicar al paciente que tome asiento y espere la señal de iniciar la prueba.

Etapas de captura.

6. Iniciar proceso de grabación de video con las cámaras.

Asegurarse que las cámaras tienen suficiente memoria para grabar la prueba.

7. Iniciar el proceso de captura en el programa.

Primero debe dar alta al paciente a estudiar. Si el paciente ya existe en la base de datos, entonces se omite. Para dar alta a un paciente, se selecciona el ícono de la Barra de herramientas dedicado a la Gestión de paciente (Fig. 6).

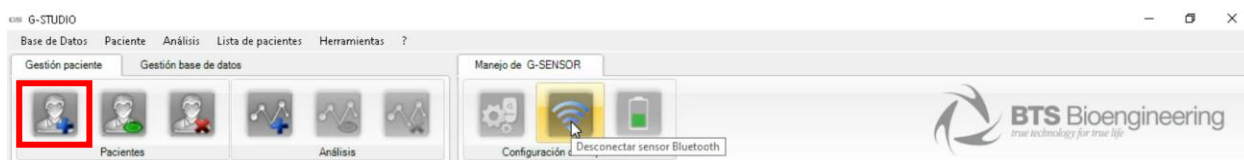


Fig. 6. Barra de herramientas del G-Studio. Gestión de Paciente.

Se desplegará una ventana para capturar los datos del paciente, como nombre, apellidos, fecha de nacimiento, código del paciente, peso, longitud de las extremidades (desde la cresta ilíaca anterior hasta el maléolo lateral), patología y notas donde se podrán agregar los motivos del estudio, entre otras (Fig. 7). En la sección de patologías, se pueden seleccionar algunas como Amputación de Miembro inferior, Osteoartritis de cadera, Parkinson, Adultos mayores, Accidentes cardiovasculares y Desordenes vestibulares. Al seleccionar una de estas patologías, el programa comparará los parámetros espaciotemporales de cada etapa de la prueba, con los valores normalizados de cada una de las patologías. Luego seleccione aceptar para guardar los datos del paciente.

Aggregando nuevo paciente...

Datos personales

Código personal:

*Apellido:

*Nombre:

*Fee, Nac.:

*Peso:

*Altura:

*Genero:

Nº zapato:

Patología:

Notas:

Altura

P.dirch

P.lzq

cm

cm

cm

Cancelar

Fig. 7. Ventana para capturar los datos del paciente.

Se selecciona el protocolo TUG de la barra de herramientas de la izquierda de la pantalla.

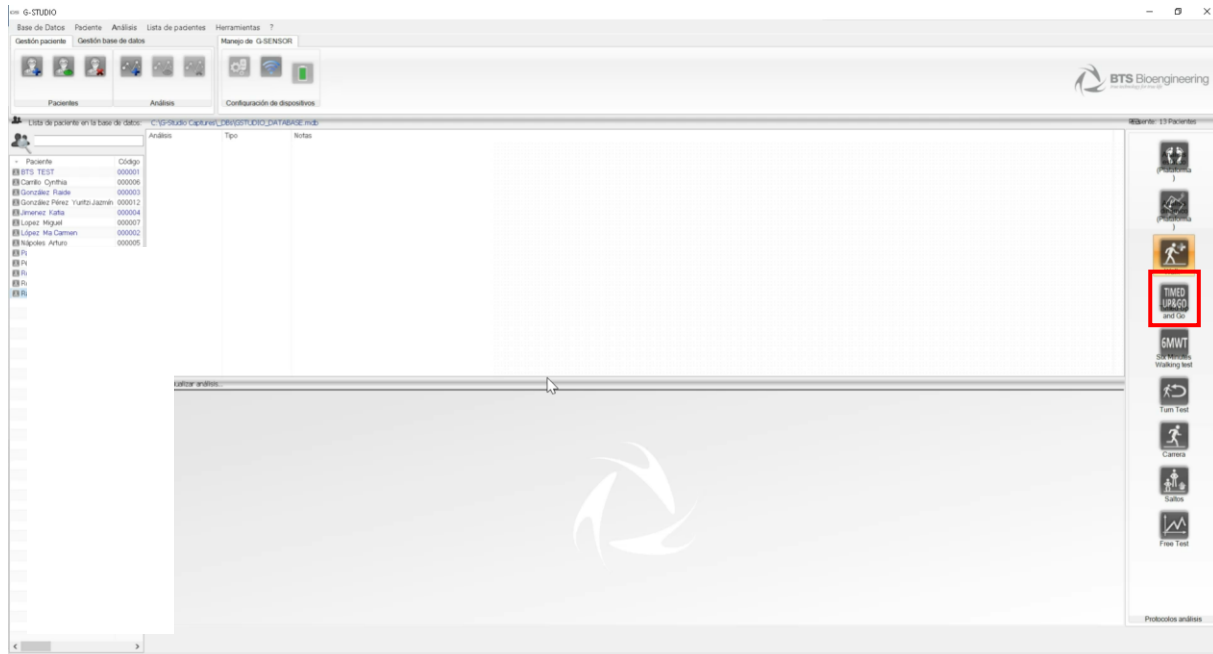


Fig. 8. Selección del protocolo TUG.

Solicitar al paciente que debe permanecer sentado y sin moverse durante unos segundos. El programa iniciará el proceso de estabilización del sensor y cuando este proceso termine, indique al paciente que puede comenzar el ciclo (Fig. 9).

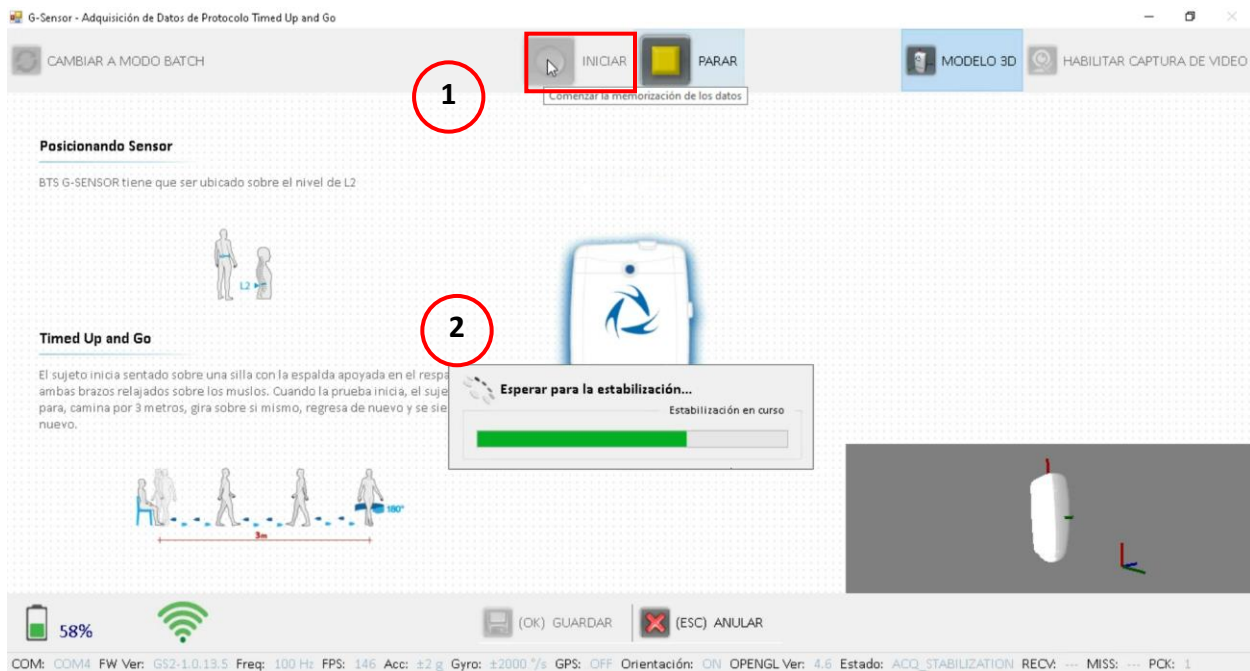


Fig. 9. Ventana de captura de la prueba de TUG. Inicio de la grabación.

Una vez que el paciente haya completado el recorrido, seleccione detener la prueba y guarde los datos de la prueba (Fig. 10).



Fig. 10. Ventana de captura de la prueba cronometrada de levanta y anda. Detener y guardar los datos del análisis.

Etapas de creación del reporte.

8. Informe de resultados.

El programa de manera inmediata ofrece los resultados del análisis, donde se genera un reporte de los datos.

Interpretación de los resultados.

El reporte inicia con una tabla con los valores promedio de los parámetros espaciotemporales de la prueba, como duración del análisis y la capacidad de movilidad funcional. Si se selecciona una Patología, además muestra el riesgo de caída. También se puede observar la duración de cada etapa de la prueba, la aceleración media en las etapas de levantarse, sentarse y las velocidades angulares en los giros de 180° (Fig. 11).

Descripción de Parámetro	Valor	Unidades
Duración de Analisis	6.99	s
Capacidad de movilidad funcional	Independiente	

Descripción de Parámetro	Levantarse	Sentarse	Unidades
Duración de Fases	0.90	1.00	s
Aceleración Antero-Posterior	9.6	6.0	m/s²
Aceleración Lateral	2.0	6.3	m/s²
Aceleración Vertical	9.6	11.5	m/s²

Descripción de Parámetro	Giro Medio	Giro Final	Unidades
Duración de Fases	1.84	1.10	s
Velocidad máxima de rotación	195.5	301.9	°/s
Promedio de velocidad de rotación	100.5	150.6	°/s

Fig. 11. Parámetros espaciotemporales de cada etapa de la prueba y capacidad funcional del participante.

El reporte también ofrece la duración de las etapas de la prueba, adicionando a la información de la Fig. 11 las etapas de marcha adelante y marcha de regreso. La duración de la fase de levantarse en color naranja, la marcha adelante y atrás en gris, los giros están señalados con rectas paralelas inclinadas, mientras que la fase de sentarse en verde. La fase de segundo giro y sentarse se identifica como un único evento Fig. 12.

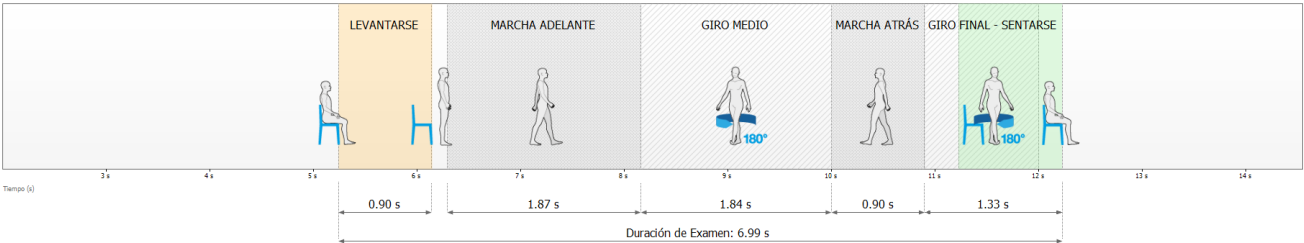


Fig. 12. Duración de las fases de la prueba.

Por último, aparecen las gráficas del movimiento de flexión y extensión del tronco en las etapas de levantarse y sentarse. A su vez, ambos gráficos están divididos en las fases de preparación y de ejecución del movimiento de levantarse o sentarse según corresponda con el movimiento Fig. 13.

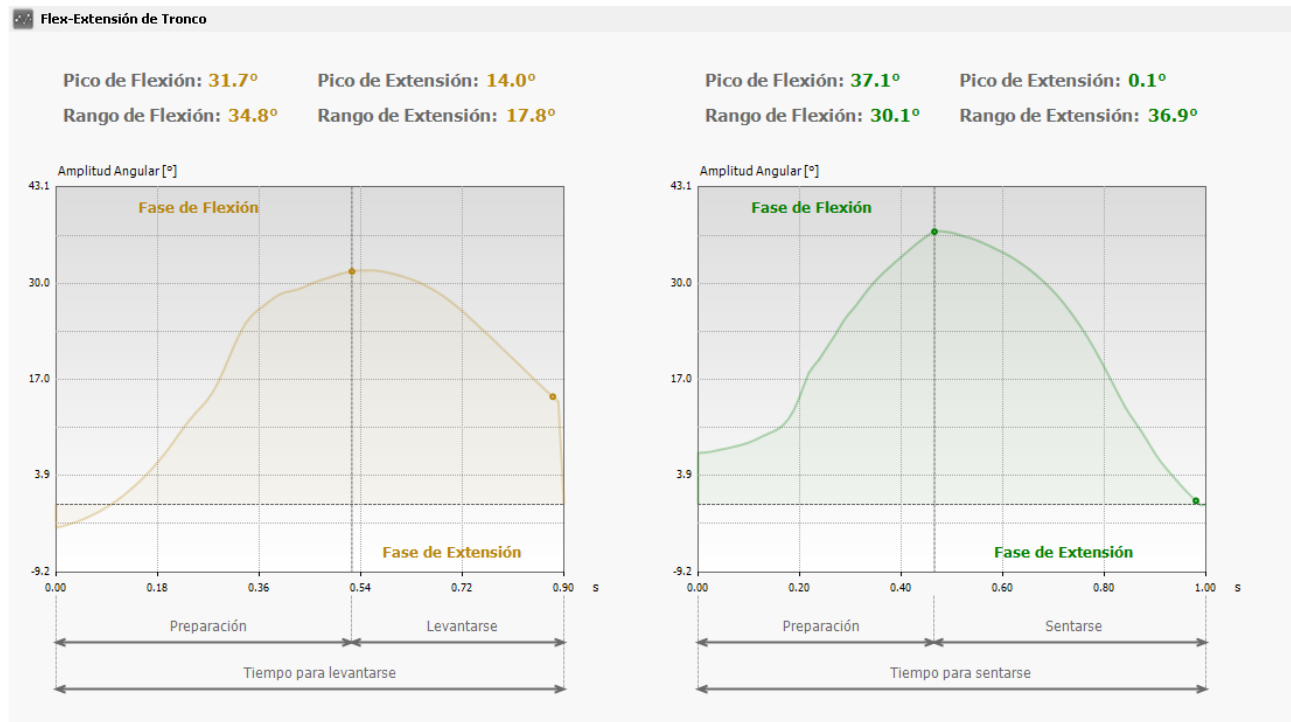


Fig. 13. Movimiento del tronco durante las etapas de levantarse y sentarse.

Indicaciones para la aplicación del protocolo en las clases prácticas.

El protocolo contiene la secuencia lógica de operaciones que debe realizar el estudiante (o investigador), como ente activo en el proceso de construcción del conocimiento, para la aplicación práctica de las técnicas de valoración biomecánica. Mediante las clases prácticas, el docente buscará contribuir al desarrollo de habilidades profesionales para “identificar las alteraciones de los movimientos ocasionados por daños del sistema musculoesquelético de los pacientes”. De este modo, los alumnos estarán en mejores condiciones para Diseñar la intervención ortoprotésica de acuerdo con las necesidades del paciente (Fig. 14).

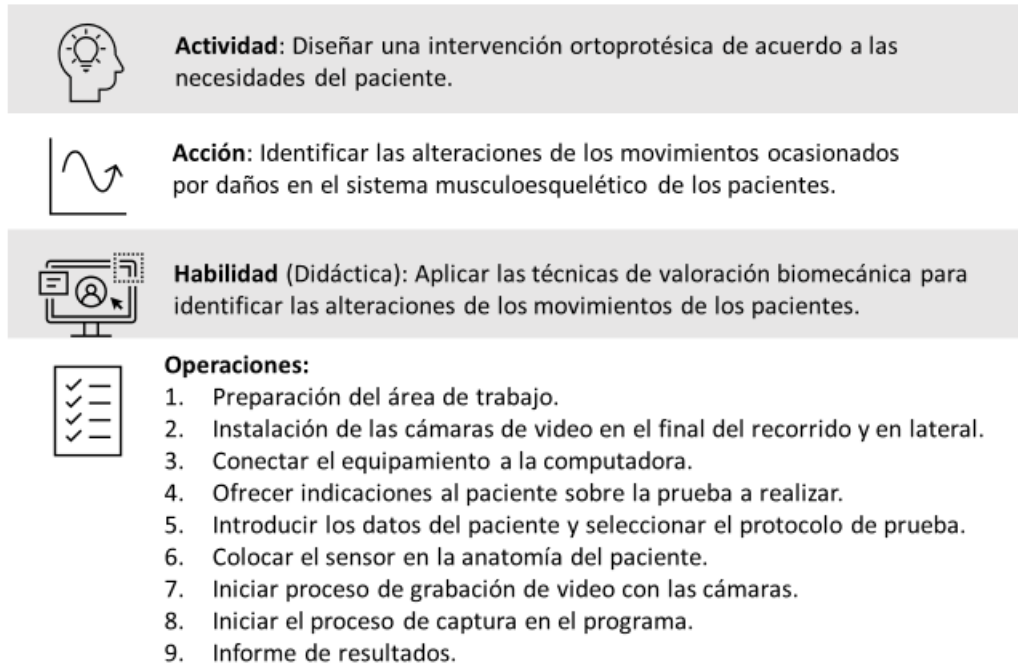


Fig. 14. Relación entre la actividad, acción, habilidades y operaciones que se requieren desarrollar en la actividad práctica.

Después de abordar temas relacionados con la valoración de los movimientos con la tecnología, se debe orientar la práctica de laboratorio. Para ellos se sugiere que los docentes pongan a disposición de los estudiantes el documento en PDF con las instrucciones detalladas de la prueba, así como los audiovisuales. Ambos materiales contienen información para la autopreparación de los alumnos. En las guías de las prácticas se ponen a disposición tres casos de estudio. El docente puede escoger otros casos de estudios de acuerdo a la dinámica con la que se desarrolle el tema o la necesidad de abordar nuevos casos.

La evaluación de la práctica se desarrollará en tres momentos, al inicio, durante y al final (Fig. 15). Esto con la finalidad de comparar la formación de conocimiento mediante el proceso enseñanza-aprendizaje. En la guía de la práctica se pone a disposición del estudiantado las indicaciones para desarrollar la práctica y de las evaluaciones.

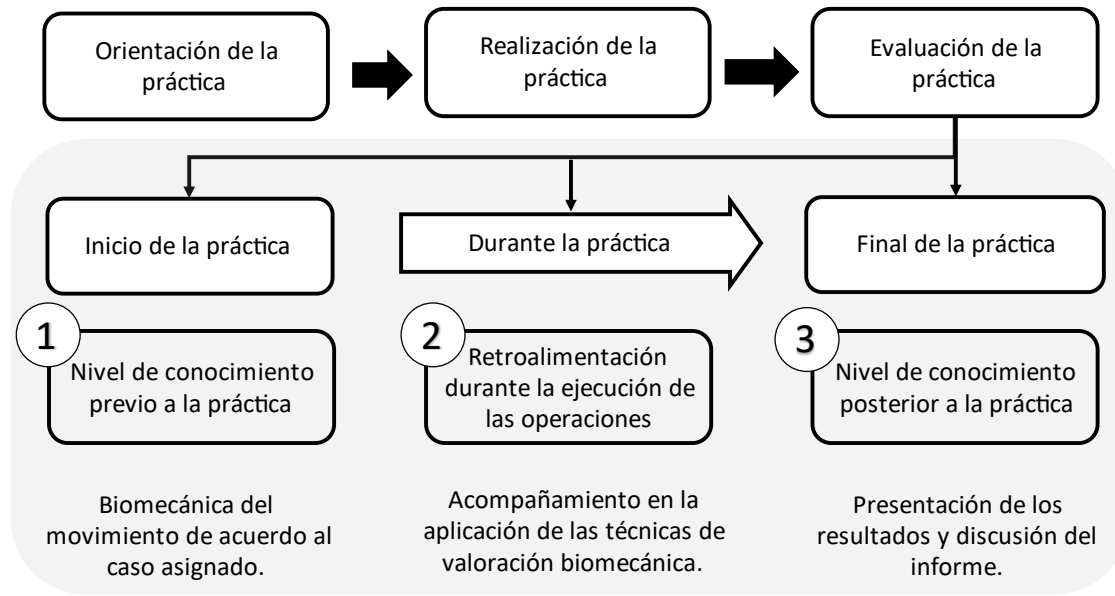


Fig. 15. Esquema de la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje en tres momentos de la práctica.

Guía de la práctica.

Objetivo:

Identificar las alteraciones de la funcionalidad de pacientes provocadas por daños al sistema musculoesquelético mediante el empleo del sensor inercial.

Caso 1:

Se trata de paciente masculino con Dx osteosarcoma y amputación trans Femoral, el cual es enviado para valoración de fase de readaptación de la marcha por tratamiento protésico, con énfasis en control de prótesis durante la bipedestación

Caso 2:

Paciente masculino de 73 años con Dx de vértigo crónico, el paciente refiere sentir un mareo de importancia durante la fase de bipedestación e inicio de la marcha, paciente con riesgo de caída medio.

Caso 3:

Se trata de paciente Femenino con Dx de Corea de Huntington, la cual es enviada por el servicio de Neurología para inicio de seguimiento de control de marcha y bipedestación, se prescribe por parte del médico, una valoración Time Up and Go inicial, una posterior a tratamiento (10 sesiones) y seguimiento periódico.

Si usted fuera a realizar la prueba, indique:

- ¿Qué condiciones debe cumplir el lugar o laboratorio para realizar un examen de TUG?
- ¿Cuáles son los movimientos que debe realizar el paciente durante la prueba de TUG que contribuyen a determinar el nivel funcional de independencia?
- ¿Cómo y con qué equipamiento se podría realizar una prueba objetiva de valoración de la movilidad del hombro?
- En la prueba para determinar la funcionalidad del paciente con el sensor inercial, ¿qué datos se pueden obtener como resultado en el reporte del programa?

Instrumentos.

- Cinta métrica de 10 m.
- Conos de tránsito de 16 pulgadas.
- Cinta adhesiva reflejante.
- Laptop con el sistema G-Studio.
- Sensor inercial G-Sensor.
- Cinturón.
- Dos cámaras de video y trípodes.

Técnica operatoria.

1. Preparación del área de trabajo.
2. Instalación de las cámaras de video en el final del recorrido y en lateral.
3. Conectar el equipamiento a la computadora.
4. Ofrecer indicaciones al paciente sobre la prueba a realizar.
5. Introducir los datos del paciente y seleccionar el protocolo de prueba.
6. Colocar el sensor en la anatomía del paciente.
7. Iniciar proceso de grabación de video con las cámaras.
8. Iniciar el proceso de captura en el software.
9. Informe de resultados.

Informe de la clase práctica de laboratorio.

Elabore un informe en el que incluirá la descripción de la patología descrita en la introducción, así como las posibles causas. Incluya las gráficas del reporte de la prueba y realice el análisis sobre lo que está observando. A manera de conclusión, recomiende un dispositivo para apoyar la funcionalidad de este paciente.

Estructura del reporte:

En la primera página deberá incluir los datos de la institución, la materia y semestre que cursa, su nombre y el de los profesores. Además, deberá estructurar el trabajo con una Introducción, el Desarrollo, las Conclusiones y Referencias.

Prepare una presentación para la discusión de la práctica en el salón de clases.

Referencias.

- Chastan, N., Westby, G. W. M., Montcel, S. T. d., Do, M. C., Chong, R. K., Agid, Y., & Welter, M. L. (2010). Influence of sensory inputs and motor demands on the control of the centre of mass velocity during gait initiation in humans. *Neuroscience Letters*, 469(3), 400-404. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.12.038>
- Devetak, G. F., Bohrer, R. C. D., Rodacki, A. L. F., & Manffra, E. F. (2019). Center of mass in analysis of dynamic stability during gait following stroke: A systematic review. *Gait & Posture*, 72, 154-166. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.06.006>
- Di Gregorio, R., & Vocenas, L. (2021). Identification of Gait-Cycle Phases for Prosthesis Control. *Biomimetics (Basel)*, 6(2), 22. <https://doi.org/10.3390/biomimetics6020022>
- Fong, D. T.-P., & Chan, Y.-Y. (2010). The Use of Wearable Inertial Motion Sensors in Human Lower Limb Biomechanics Studies: A Systematic Review. *Sensors*, 10(12), 11556-11565. <https://www.mdpi.com/1424-8220/10/12/11556>
- Fusca, M., Perego, P., & Andreoni, G. (2018). Method for Wearable Kinematic Gait Analysis Using a Harmonic Oscillator Applied to the Center of Mass. *Journal of Sensors*, 2018, 4548396. <https://doi.org/10.1155/2018/4548396>
- Hunter, S. W., Batchelor, F., Hill, K. D., Hill, A. M., Mackintosh, S., & Payne, M. (2017). Risk Factors for Falls in People With a Lower Limb Amputation: A Systematic Review. In *PM and R* (Vol. 9, pp. 170-180.e171): Elsevier Inc.
- López-Nava, I. H., & Muñoz-Meléndez, A. (2016). Wearable Inertial Sensors for Human Motion Analysis: A Review. *IEEE Sensors Journal*, 16(22), 7821-7834. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2016.2609392>
- Lugade, V., Lin, V., & Chou, L.-S. (2011). Center of mass and base of support interaction during gait. *Gait & Posture*, 33(3), 406-411. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.12.013>
- Lyu, H., Fan, Y., Hao, Z., & Wang, J. (2021). Effect of local and general fatiguing exercises on disturbed and static postural control. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 56, 102487. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102487>
- Maïano, C., Hue, O., Tracey, D., Lepage, G., Morin, A. J. S., & Moullec, G. (2018). Static postural control among school-aged youth with Down syndrome: A systematic review. *Gait & Posture*, 62, 426-433. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.03.027>
- Mariana Haro, D. (2014). Laboratorio de análisis de marcha y movimiento. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 25(2), 237-247. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(14\)70034-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0716-8640(14)70034-3)
- Mohammed, S., Samé, A., Oukhellou, L., Kong, K., Huo, W., & Amirat, Y. (2016). Recognition of gait cycle phases using wearable sensors. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 50-59. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.robot.2014.10.012>
- Ridao-Fernández, C., Pinero-Pinto, E., & Chamorro-Moriana, G. (2019). Observational Gait Assessment Scales in Patients with Walking Disorders: Systematic Review. *BioMed Research International*, 2019, 2085039. <https://doi.org/10.1155/2019/2085039>
- Sawers, A., & Hafner, B. J. (2020). Using Clinical Balance Tests to Assess Fall Risk among Established Unilateral Lower Limb Prosthesis Users: Cutoff Scores and Associated Validity Indices. *PM&R*, 12(1), 16-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/pmrj.12160>
- Steinberg, N., Gottlieb, A., Siev-Ner, I., & Plotnik, M. (2019). Fall incidence and associated risk factors among people with a lower limb amputation during various stages of recovery—a systematic review. In *Disability and Rehabilitation* (Vol. 41, pp. 1778-1787): Taylor and Francis Ltd.