

Exoesqueletos robóticos para caminar sobre pisos para personas con lesión de la médula espinal

Julio de 2025

<https://msktc.org/sci/factsheets>

Hoja informativa de LME

Esta hoja informativa ofrece una descripción general de los exoesqueletos robóticos para caminar usados por personas con LME. También analiza los beneficios y riesgos de usar un exoesqueleto. Por último, incluye los criterios para convertirse en usuario de exoesqueleto.

El Centro de Aplicación de Conocimientos de Sistemas Modelo trabaja con los centros del Sistema Modelo de Lesiones de la Médula Espinal (SCIMS por sus siglas en inglés) para ofrecer a quienes han tenido una lesión de este tipo recursos gratuitos de rehabilitación basados en la investigación (para obtener más información consulte <https://msktc.org/sci>). Este documento ha sido aprobado por expertos de los centros SCIMS.

Introducción

Los exoesqueletos robóticos portátiles pueden ayudar a algunas personas con lesión de la médula espinal (LME) a pararse, caminar y moverse, más allá de hacerlo solo en una caminadora o con un sistema de arnés. Caminar con uno de estos dispositivos se llama Marcha o Caminata Asistida por Exoesqueleto (CAE). La CAE tiene beneficios, pero también presenta riesgos y limitaciones.

¿Qué es un exoesqueleto robótico portátil para caminar sobre el piso?

Un exoesqueleto robótico portátil para caminar sobre el piso es un dispositivo que las personas usan para ayudarse a parar y caminar. Tienen estructuras de soporte en la parte superior e inferior de las piernas y alrededor del área pélvica. También tienen motores en las caderas, rodillas y/o tobillos. Dependiendo del modelo, se utilizan diferentes métodos para pasar de sentarse a ponerse de pie o de pie a sentarse y para caminar. Estos métodos podrían implicar cambiar de peso, contraer músculos o usar botones en un controlador. Al usarlo, siempre debe estar acompañado de una persona que sepa cómo usar el aparato en caso de que algo salga mal. Esta persona también puede ayudarle a entrar y salir del aparato. Además, la mayoría de los modelos requieren de un andador o muletas.

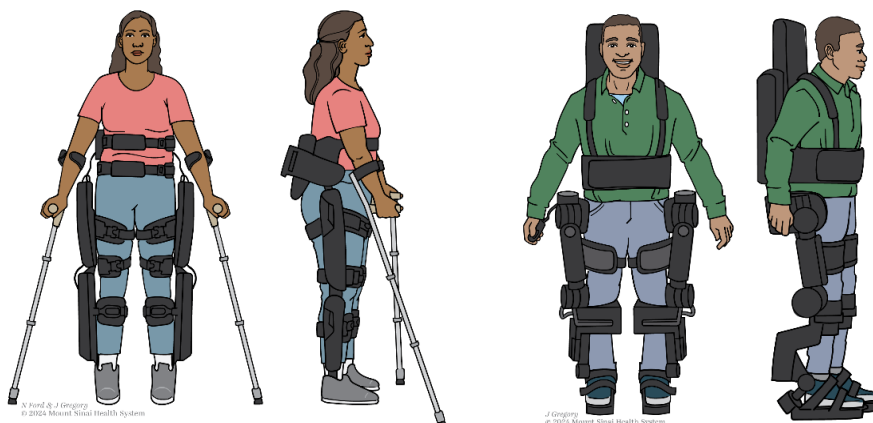


Figura 1. Ejemplos de exoesqueletos robóticos portátiles para caminar sobre el piso

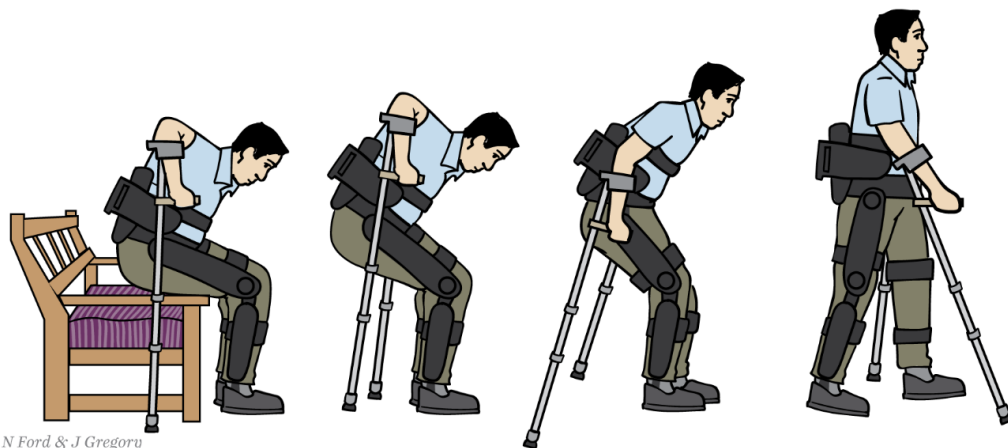
¿Cuáles son los beneficios de la caminata o marcha asistida por exoesqueletos?

Caminar es un buen ejercicio para mejorar la salud. Algunas personas que no pueden mantenerse erguidas o caminar debido a una LME, un derrame cerebral, una lesión cerebral, esclerosis múltiple u otras afecciones pueden usar un exoesqueleto robótico para caminar. Esta hoja informativa es para personas con LME. Pero también puede ser informativo para las personas que pueden caminar con limitaciones debido a otras afecciones.

Estudios sobre la CAE han encontrado beneficios para la salud física y mental después de la capacitación regular de la CAE en centros de rehabilitación. Sin embargo, la mayoría de estos estudios incluyeron grupos pequeños de personas. Se necesita más investigación para comprender la dosis de entrenamiento y los beneficios de la CAE antes de que los proveedores de atención médica puedan recomendársela a las personas con LME. El uso regular de la CAE puede tener beneficios similares al ejercicio diario. Estos beneficios pueden incluir:



- Menos tiempo para el cuidado intestinal y mejores evacuaciones intestinales
- Una disminución del dolor crónico
- Espasticidad reducida
- Mejora de la confianza en sí mismo, la autoestima y la motivación para el ejercicio y las actividades sociales
- Mayor quema de calorías
- Reducción de la grasa corporal
- Mejor eficiencia del corazón y los pulmones
- Músculos centrales más fuertes
- Mejora de la densidad ósea



N Ford & J Gregory
© 2024 Mount Sinai Health System

Figura 2. Con la ayuda de un exoesqueleto robótico portátil, las personas con LME pueden ponerse de pie y caminar sobre el piso.

¿Quién puede usar un exoesqueleto robótico portátil?

Antes de comenzar la capacitación de la CAE, hable con su equipo de atención médica para ver si es adecuada para usted.

Para recibir capacitación de la CAE, usted deberá cumplir con los siguientes requisitos físicos y médicos:

Requisitos físicos

Estos se relacionan con la estructura del cuerpo, la fuerza y el movimiento necesarios para usar el exoesqueleto de manera segura.

- **Cumplir con los criterios de nivel de la lesión.** El nivel actual de lesiones aprobado por la Administración de Alimentos y Medicamentos, para uso doméstico y personal, es el nivel T3 e inferior. El nivel de lesión para el entrenamiento de rehabilitación clínica es el C7 e inferior.
- **Tener el peso y la estatura adecuados (con las piernas de casi la misma longitud).** Para usar un exoesqueleto de manera segura, su altura y peso deben estar dentro de ciertos límites. La mayoría de los dispositivos están hechos para personas que miden entre 5'3" y 6'2" de altura (160 a 190 cm) y pesan menos de 220 libras (100 kg). También es importante que sus piernas tengan casi la misma longitud, o no más de media pulgada (1,27 cm) de diferencia. Si sus piernas tienen diferentes longitudes, es posible que el exoesqueleto no le quede bien, lo que puede provocar problemas en la piel, molestias e incluso caídas.
- **Tener suficiente rango de movimiento en los hombros, caderas, rodillas y tobillos.** Para los modelos de exoesqueleto que requieren una ayuda para caminar, necesita suficiente rango de movimiento en los hombros para usar muletas o un andador. También necesita suficiente rango de movimiento en las caderas, las rodillas y los tobillos para ajustarse el exoesqueleto adecuadamente y para reducir el riesgo de lesiones. Es posible que desee preguntarle a su médico o fisioterapeuta si tiene suficiente rango de movimiento para el aparato específico que desea usar.
- **Tener suficiente funcionalidad de los brazos y buen agarre en las manos para usar un andador o muletas.** Para la mayoría de los entrenamientos de la CAE, necesita suficiente funcionalidad de brazos y agarre de manos para usar muletas o un andador. Esto le ayudará a hacer la transición entre estar sentado y de pie y le ayudará a mantener el equilibrio. Algunos modelos de exoesqueleto pueden permitir caminar sobre el suelo sin el uso de muletas o un andador o la necesidad de fuerza de agarre en las manos.
- **Ser capaz de hablar con un entrenador y seguir sus instrucciones.** Usted deberá trabajar con terapeutas o entrenadores del equipo de atención médica para aprender a usar un exoesqueleto robótico para caminar. Si camina sin seguir el patrón de marcha y la velocidad del dispositivo, las piernas robóticas del exoesqueleto dejarán de moverse. En promedio, se necesitan de 12 a 24 sesiones de entrenamiento para aprender a usar un esqueleto robótico sin detenerse y poder usarlo en casa. Dependiendo de su nivel de resistencia, cada sesión de práctica puede durar de 30 minutos a 2 horas.



Requisitos médicos

Estos se relacionan con las condiciones de salud y la preparación clínica necesaria para usar el exoesqueleto.



- **Tener la suficiente capacidad cardíaca y pulmonar para realizar niveles de ejercicio de moderados a altos.** Se necesita un nivel de ejercicio de moderado a alto para hacer el entrenamiento CAE. Antes de entrenar, deberá informar a su médico si tiene una enfermedad cardíaca, pulmonar u otra enfermedad a largo plazo. Su médico puede evaluar su función cardíaca o pulmonar mientras hace ejercicio o toma ciertos medicamentos.
- **No tener heridas, erupciones o lesiones por presión en las partes del cuerpo que tocan el exoesqueleto.** Estos dispositivos se conectan a usted mediante correas y almohadillas en el coxis y la parte exterior de las caderas, las rodillas y los pies. Si el dispositivo toca sus heridas, la fricción las empeorará.
- **No tener coágulos de sangre sin tratar.** Un coágulo de sangre puede desprenderse y viajar a los pulmones, el corazón o el cerebro cuando camina, lo que podría poner en peligro la vida. Si tiene hinchazón en las piernas, es posible que necesite una ecografía para verificar si hay coágulos de sangre antes de usar un exoesqueleto robótico. Los coágulos de sangre necesitan medicamentos que diluyan la sangre. Sin embargo, el tratamiento con anticoagulantes lo pone en un mucho mayor riesgo de sangrado después de una caída. Por lo tanto, es más seguro esperar hasta que termine el tratamiento de coágulos. Siempre hable con su médico antes de usar un exoesqueleto si está recibiendo tratamiento por coágulos de sangre o tiene signos y síntomas de un coágulo de sangre.
- **No estar embarazada.** No debe usar un exoesqueleto robótico durante un embarazo porque existe la posibilidad de que se caiga. Además, a medida que avanza su embarazo, es posible que no quepa en el dispositivo.
- **Ser capaz de pararse derecho sin marearse, desmayarse o sentirse mareado.** A algunas personas con LME les baja la presión arterial cuando se ponen de pie; esto se llama hipotensión ortostática. Es una caída rápida de la presión arterial que puede ocurrir cuando pasa de estar acostado a sentarse o de sentarse a ponerse de pie. Los síntomas incluyen sensación de mareo o aturdimiento o desmayos. Para controlar su presión arterial antes de comenzar el entrenamiento de la CAE, es posible que deba usar medias de compresión o una faja abdominal o tomar medicamentos. También puede usar una mesa inclinable o un marco de movilidad para darle tiempo a su cuerpo para acostumbrarse a pararse derecho. Hable con su equipo de atención médica sobre estas opciones.
- **Ser capaz de respirar por su cuenta, sin una máquina o una traqueotomía.** Una traqueotomía consiste en hacer un orificio en la parte delantera del cuello e insertar un tubo para ayudarlo a respirar. La CAE es un ejercicio físico de nivel moderado a alto. Es posible que un ventilador mecánico, un tanque de oxígeno o una traqueotomía no le brinden suficiente soporte respiratorio mientras camina con uno de estos dispositivos; sin embargo, algunas personas con un tanque de oxígeno o una traqueotomía aún pueden usar exoesqueletos. Hable con su proveedor de atención médica para ver si la CAE es segura y apropiada para usted.
- **No tener espasticidad severa.** La espasticidad se refiere a los espasmos musculares que no se pueden controlar. La espasticidad incontrolada en niveles de moderada a severa dificultará caber y caminar en un exoesqueleto robótico y la función de caminar del dispositivo puede ser que no funcione. La mayoría de los dispositivos tienen una función de seguridad que les impide moverse si sienten mucha resistencia. Si tiene espasticidad moderada a grave, hable primero con su médico sobre sus opciones de tratamiento para la espasticidad.



- **No tener osteoporosis grave y huesos rotos en las extremidades inferiores que no han sanado.** La osteoporosis significa que sus huesos están débiles y hay probabilidad de que se rompan. Esto es común en personas con LME que no pueden mover las piernas. Debido a que caminar con un exoesqueleto pone peso sobre las piernas, los huesos débiles podrían provocar fracturas en los pies, las rodillas o las caderas, o empeorar las fracturas existentes. Hable con su médico para verificar si sus huesos son lo suficientemente fuertes. Es posible que necesite una exploración para medir la fuerza ósea y verificar si hay roturas no curadas antes de usar el dispositivo.



¿Cuáles son los riesgos de caminar asistido por exoesqueletos?

- Usted corre el riesgo de sufrir una caída durante la CAE. También puede experimentar dolor muscular, una articulación torcida, cortes, moretones, una lesión en la cabeza o una fractura de hueso.
- Si ha perdido demasiada masa ósea y fuerza, sus huesos pueden romperse fácilmente al pararse o al dar un paso (o al caerse).
- Si el dispositivo no le queda bien, podría sufrir irritaciones en la piel, abrasiones o lesiones por presión debido a la fricción repetida, especialmente alrededor del coxis y las áreas óseas en la parte exterior de las caderas y las rodillas. Será necesario vigilar el estado de su piel durante y después de cada uso del dispositivo.
- Las personas con un nivel de lesión igual o superior a la T6 corren el riesgo de tener Disreflexia Autonómica (EA, por sus siglas en inglés) cuando usan un exoesqueleto para caminar. La EA es una afección médica potencialmente mortal. Ocurre cuando su cuerpo experimenta un estímulo dañino por debajo del nivel de la lesión, incluso si no puede sentirlo. Más información sobre la EA está disponible aquí: <https://msktc.org/sci/factsheets/exoskeleton-and-spinal-cord-injury>

¿Cuáles son las limitaciones de la marcha asistida por exoesqueletos?

- Es posible que el entrenamiento CAE con un exoesqueleto no conduzca a caminar de forma independiente, pero puede ayudarle a caminar y dar pasos.
- Los exoesqueletos son caros; pocas aseguradoras pagan el costo de los dispositivos o la capacitación.
- La velocidad de marcha asistida con exoesqueletos es mucho más lenta que la marcha normal.
- Los exoesqueletos son pesados y grandes, lo que los hace difíciles de mover; solo pueden utilizarse en superficies planas y en un espacio amplio. Subir o bajar rampas o en superficies irregulares aumenta el riesgo de una caída.
- Girar mientras camina con un exoesqueleto puede ser todo un desafío, aunque algunos dispositivos tienen software para ayudarle a girar.
- Es posible que tenga dificultades para entrar y salir del dispositivo. De ser así, puede requerir ayuda para ponérselo y quitárselo.



- La mayoría de los exoesqueletos no se pueden usar mientras usa una silla de ruedas para moverse de un lugar a otro. Si desea cambiar de una silla de ruedas a un exoesqueleto, tendrá que levantarse de su silla de ruedas y ponerse el exoesqueleto.
- Debe usar un exoesqueleto en compañía de un amigo, observador o entrenador capacitado en caso de que se caiga o deje caer una muleta.
- La mayoría de los exoesqueletos no están aprobados para subir escaleras.
- Dependiendo del tipo de dispositivo y de cuánto lo use, la batería solo dura entre 3 y 4 horas antes de que necesite recargarse.
- Debe seguir el patrón y la configuración de caminar del dispositivo. Por ejemplo, el dispositivo puede tener una altura y longitud de escalón específicas. Cuando use sus propios movimientos para caminar con el dispositivo, las piernas robóticas pueden bloquearse o resistirse a sus movimientos.

¿Cómo se obtiene el entrenamiento asistido por exoesqueletos?

- Un entrenador o terapeuta calificado puede ayudarle a comenzar a usar un exoesqueleto. La persona que tiene dificultades para caminar debido a una LME reciente puede comenzar a usar un exoesqueleto mientras está en el hospital. También puede usar estos dispositivos en rehabilitación ambulatoria. Puede usar algunos exoesqueletos para caminar en casa con un acompañante después de haber completado un entrenamiento extenso, o en un gimnasio con un entrenador o terapeuta. El modelo de exoesqueleto determinará si puede usarlo en un hospital, en la comunidad o en el hogar.
- La marcha asistida por exoesqueletos a veces forma parte de un programa de rehabilitación. Usted puede hacer una búsqueda en línea sobre información sobre marcha asistida por exoesqueletos utilizando palabras clave como “marcha o caminata con exoesqueleto (cerca de mí)” y “programa de exoesqueleto (cerca de mí)”. También puede llamar a su equipo de atención médica o a los centros médicos de su área para ver si ofrecen capacitación.
- Es posible que pueda participar en alguna capacitación como parte de un estudio clínico. Use la palabra clave “exoesqueleto” para buscar ensayos clínicos en curso en <https://clinicaltrials.gov/>.



¿Cómo se obtiene un exoesqueleto para caminar y usar en casa?

- Un proveedor de atención médica capacitado puede ayudarle a obtener un exoesqueleto robótico para usar en casa aprobado por la FDA. Usted puede ser elegible para tener cobertura a través de Medicare, Medicaid o su seguro privado. Para saber si es elegible para la cobertura para comprar uno de estos dispositivos, puede comunicarse con una de las compañías que los fabrican. Dos ejemplos son Lifeward (<https://golifeward.com/contact/>) y Ekso Bionics (<https://eksobionics.com/medicare/>). Ellos le ayudarán a usted y a su proveedor de atención médica a decidir si el exoesqueleto personal es adecuado para usted.

- Si usted es un veterano y está calificado para usar un exoesqueleto en casa, los Servicios de LME del Departamento de Asuntos de Veteranos (VA por sus siglas en inglés) pueden comprarle un dispositivo. Los veteranos con LME que reciben beneficios de las Redes de Servicios Integrados para Veteranos y los Centros Médicos de VA primero deben ir a uno de los Centros de Lesiones y Trastornos de la Médula Espinal de VA para obtener una evaluación para usar un exoesqueleto en el hogar. Para obtener más información, visite <https://www.sci.va.gov/index.asp>.
- Algunas personas han tenido éxito utilizando subsidios y recaudación de fondos para financiar su dispositivo. Help Hope Live ayuda a organizar una labor de recaudación de fondos basados en la comunidad para ayudar a cubrir los costos no cubiertos por el seguro. Usted puede obtener más información sobre sus servicios en este sitio: <https://helphopelive.org/>



Referencias

- Charbonneau, R., Loyola-Sánchez, A., McIntosh, K., MacKean, G. y Ho, C. (2022). Exoskeleton use in acute rehabilitation post spinal cord injury: A qualitative study exploring patients' experiences (uso de exoesqueletos en rehabilitación aguda después de una lesión de la médula espinal: un estudio cualitativo que explora las experiencias de los pacientes). *Journal of Spinal Cord Medicine*, 45(6), 848–856.
- Hong, E., Gorman, P. H., Forrest, G. F., Asselin, P. K., Knezevic, S., Scott, W., Wojciehowski, S. B., Kornfeld, S. y Spungen, A. M. (2020). Mobility skills with exoskeletal-assisted walking in persons with SCI: Results from a three center randomized clinical trial (habilidades de movilidad con marcha asistida por exoesqueleto en personas con LME: resultados de un ensayo clínico aleatorizado de tres centros). *Frontiers in Robotics and AI*, 7, 93.
- Rodríguez-Fernández, A., Lobo-Prat, J., Font-Llagunes, J. M. (2021). Systematic review on wearable lower-limb exoskeletons for gait training in neuromuscular impairments (revisión sistemática sobre exoesqueletos portátiles de miembros inferiores para el entrenamiento de la marcha en deficiencias neuromusculares). *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 18(1), 22.
- Tamburella, F., Lorusso, M., Tramontano, M., Fadlun, S., Masciullo, M. y Scivoletto, G. (2022). Overground robotic training effects on walking and secondary health conditions in individuals with spinal cord injury: Systematic review (efectos del entrenamiento robótico sobre el suelo sobre la marcha y las condiciones de salud secundarias en personas con lesión de la médula espinal: revisión sistemática). *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 19(1), 27.



Autoría

Exoesqueletos robóticos para caminar sobre pisos para personas con lesión de la médula espinal (Robotic exoskeletons for overground walking for people with spinal cord injury) fue elaborado por Chung-Ying Tsai, DPT, PhD; Ann M. Spungen, EdD; Vincent Huang, MD; Thomas N. Bryce, MD; Danna Arnold, PT, DPT, ATP; Ashraf S. Gorgey, MPT, PhD; Jeff Rankin, PhD; Jennifer Kapetanic, PT; Shonna Moran, PT; Alexandra Bennewith, MPA; Matt Castelluccio; Jane Wierbicky, RN; Ben Dirlikov, MS; Candy Tefertiller, DPT, PhD; Edelle Field-Forte, PT, PhD; Lynn A. Worobey, DPT, PhD; Mark S. Nash, PhD; Lynne Dorr; Trevor Dyson-Hudson, PhD; Steven Kirshblum, MD; y Allen Heinemann, PhD, en colaboración con el Centro de Aplicación de Conocimientos de Sistemas Modelo (MSKTC).

Fuente: El contenido de esta hoja informativa se basa en investigaciones y/o consenso profesional. Este contenido ha sido revisado y aprobado por expertos de los centros del Sistema Modelo de Lesión de la Médula Espinal (SCIMS, por sus siglas en inglés), financiados por el Instituto Nacional para la Investigación sobre la Discapacidad, la Vida Independiente y la Rehabilitación (NIDILRR, por sus siglas en inglés) y la Asociación de la Columna Vertebral. El contenido de la hoja informativa también ha sido revisado por personas con LME y/o sus familiares.

Descargo de responsabilidad: Esta información no tiene por objeto reemplazar los consejos de un profesional médico. Consulte con el profesional de la salud que le atiende sobre tratamientos o cuestiones médicas específicas. El contenido de esta hoja informativa ha sido elaborado gracias a las subvenciones 90SIMS0003 y 90DPKT0009 del Instituto Nacional para la Investigación sobre Discapacidad, Vida Independiente y Rehabilitación. El NIDILRR es un Centro dentro de la Administración para la Vida Comunitaria (ACL, por sus siglas en inglés), Departamento de Salud y Servicios Humanos (HHS, por sus siglas en inglés). El contenido de esta hoja informativa no representa necesariamente la política de NIDILRR, ACL o HHS, y usted no debe suponer que cuenta con la aprobación del gobierno federal.

Ni el Sistema Modelo de Lesión de la Médula Espinal, MSKTC, NIDILRR ni la Asociación de la Columna Vertebral han examinado, revisado o probado ninguno de los productos o dispositivos citados en la hoja informativa. Ninguna de las partes involucradas respalda, representa o garantiza ninguno de los productos o dispositivos presentados en esta hoja informativa.

Cita recomendada: Tsai, C.-Y., Huang, V., Bryce, T. N., Arnold, D., Gorgey, A. S., Rankin, J., Kapetanic, J., Moran, S., Bennewith, A., Castelluccio, M., Wierbicky, J., Dirlikov, B., Tefertiller, C., Field-Forte, E., Worobey, L. A., Nash, M. S., Dorr, L., Dyson-Hudson, T., Kirshblum, S., . . . , Spungen, A. M. (2025). *Exoesqueletos robóticos para caminar sobre pisos para personas con lesión de la médula espinal (Robotic exoskeletons for overground walking for people with spinal cord injury)*. Model Systems Knowledge Translation Center (MSKTC).

<https://msktc.org/sci/factsheets/exoskeleton-and-spinal-cord-injury>

Derechos de autor © 2025 Centro de Aplicación de Conocimientos de los Sistemas Modelo (MSKTC). Puede ser reproducido y distribuido libremente con la debida atribución. Se debe obtener permiso previo para su inclusión en materiales de pago.



Model Systems
Knowledge Translation
Center