



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,  
Volumen 9, Número 6.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i6](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6)

## **REHABILITACIÓN FÍSICA EN ATAXIAS ESPINOCEREBELAS POR POLIGLUTAMINAS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**

**PHYSICAL REHABILITATION IN POLYGLUTAMINE  
SPINOCEREBELLAR ATAXIAS: A SYSTEMATIC REVIEW**

**Sergio Rosas-Navarro, PhD**

Instituto de Investigaciones Cerebrales, Universidad Veracruzana

**María Leonor López-Meraz, PhD**

Instituto de Investigaciones Cerebrales, Universidad Veracruzana

**Consuelo Morgado-Valle, PhD**

Instituto de Investigaciones Cerebrales, Universidad Veracruzana

**Luis Beltrán-Parrazal, PhD**

Instituto de Investigaciones Cerebrales, Universidad Veracruzana

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i6.22165](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.22165)

## Rehabilitación física en ataxias espinocerebelosas por poliglutaminas: una revisión sistemática

**Sergio Rosas-Navarro, PhD<sup>1</sup>**[Snarro77@gmail.com](mailto:Snarro77@gmail.com)<https://orcid.org/0000-0001-7506-9174>Instituto de Investigaciones Cerebrales,  
Universidad Veracruzana, Xalapa, México.**María Leonor López-Meraz, PhD**<https://orcid.org/0000-0003-0179-989X>Instituto de Investigaciones Cerebrales,  
Universidad Veracruzana, Xalapa, México.**Consuelo Morgado-Valle, PhD**<https://orcid.org/0000-0003-0158-7096>Instituto de Investigaciones Cerebrales,  
Universidad Veracruzana, Xalapa, México.**Luis Beltrán-Parrazal, PhD**[lubeltran@uv.mx](mailto:lubeltran@uv.mx)<https://orcid.org/0000-0002-4765-9051>Instituto de Investigaciones Cerebrales,  
Universidad Veracruzana, Xalapa, México.

### RESUMEN

**Introducción:** Las ataxias espinocerebelosas por poliglutaminas (SCA polyQ) son la forma más frecuente de ataxias hereditarias. Causadas por expansiones del triplete CAG, provocando alteraciones progresivas en la marcha y la postura. Las opciones terapéuticas son limitadas. La rehabilitación física representa una alternativa prometedora. **Materiales y métodos:** Se realizaron búsquedas en PubMed y Scopus entre enero de 2013 y octubre de 2025, para identificar estudios relacionados con subtipos de SCA polyQ, rehabilitación física, evaluación de marcha y postura. Se incluyeron estudios con  $\geq 3$  pacientes diagnosticados con SCA1, SCA2, SCA3, SCA6, SCA7 y SCA17. La calidad metodológica se evaluó mediante ROBINS-I y AMSTAR-2. **Resultados:** De 837 registros iniciales, 6 estudios incluidos, integrando 95 participantes: SCA1 (6), SCA2 (34), SCA3 (8), SCA6 (36) y SCA7 (11). Las intervenciones abarcaron terapia de resonancia estocástica, fisioterapia, entrenamiento físico, neurorrehabilitación y rehabilitación física. Se registraron 11 herramientas de evaluación principales y 13 subpruebas. Todos los SCA polyQ mostraron diferencias significativas. Las herramientas SARA, FAC, FIM y Parámetros de la marcha fueron más sensibles para detectar cambios clínicos. **Conclusiones:** Los programas personalizados, intervenciones combinadas y herramientas de evaluación sensibles, aplicados en ventanas temporales adecuadas, son clave para optimizar la rehabilitación en los subtipos de SCA polyQ.

**Palabras clave:** Ataxia espinocerebelosa, Poliglutaminas, Rehabilitación Física, Marcha, Equilibrio Postural.

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [Snarro77@gmail.com](mailto:Snarro77@gmail.com)

# Physical rehabilitation in polyglutamine spinocerebellar ataxias: a systematic review

## ABSTRACT

**Introduction:** Polyglutamine spinocerebellar ataxias (SCA polyQ) are the most common inherited ataxias, caused by CAG-triplet expansions that lead to progressive gait and postural impairment. Therapeutic options are limited. Physical rehabilitation has emerged as a promising alternative.

**Materials and Methods:** Searches were conducted in PubMed and Scopus (January 2013–October 2025) to identify studies involving SCA polyQ subtypes, physical rehabilitation, and gait or posture assessment. Studies with  $\geq 3$  patients diagnosed with SCA1, SCA2, SCA3, SCA6, SCA7, or SCA17 were included. Methodological quality was assessed using ROBINS-I and AMSTAR-2. **Results:** From 837 initial records, 6 studies met the inclusion criteria, comprising 95 participants: SCA1 (6), SCA2 (34), SCA3 (8), SCA6 (36), and SCA7 (11). Interventions included stochastic resonance therapy, physiotherapy, physical training, neurorehabilitation, and physical rehabilitation. A total of 11 main assessment tools and 13 subtests were reported. All SCA polyQ subtypes showed significant differences. SARA, FAC, FIM, and gait parameters were the most sensitive tools for detecting clinical change. **Conclusions:** Personalized programs, combined therapeutic approaches, and sensitive outcome measures—applied within appropriate temporal windows—are essential for optimizing physical rehabilitation across SCA polyQ subtypes.

**Keywords:** Spinocerebellar Ataxia, Polyglutamine, Physical Rehabilitation, Gait, Postural Balance.

*Artículo recibido 10 diciembre 2025  
Aceptado para publicación: 10 enero 2026*



## INTRODUCCIÓN

Las ataxias cerebelosas autosómicas dominantes (ADCA) comprenden un espectro de enfermedades neurodegenerativas hereditarias que incluyen atrofia dentatorubral-palidoluisiana, ataxia episódica, ataxia espástica autosómica dominante y ataxia espinocerebelosa (SCA) (Fujioka et al., 2013).

Dentro de este grupo, las SCAs representan un conjunto diverso de condiciones degenerativas caracterizadas por la degeneración progresiva del cerebelo, la vía espinocerebelosa y las células de Purkinje. Se han clasificado aproximadamente 48 tipos SCAs acorde con sus manifestaciones clínicas o con el mecanismo genético (David et al., 1998; Kim & Cho, 2015; Klockgether et al., 2019; Teive & Ashizawa, 2015).

Entre las SCAs, las ataxias espinocerebelosas por poliglutamina (SCA polyQ) son la variedad predominante con una prevalencia mundial de 1-10 por cada 100,000 habitantes. Este grupo incluye a las SCA1, SCA2, SCA3, SCA6, SCA7 y SCA17, todas causadas por repeticiones de Citosina-Adenina-Guanina (CAG) expandidas dentro de un exón codificante. Estas expansiones generan proteínas inestables y predispuestas a una mayor elongación, desencadenando una secuencia de eventos celulares que conducen a neurotoxicidad. En consecuencia, los pacientes presentan tanto síntomas neurológicos como motores, siendo la ataxia el signo común que afecta de manera significativa la marcha y la postura (**tabla 1**) (Fan et al., 2014; Felício et al., 2023; Mundwiler & Shakkottai, 2018; Sandford & Burmeister, 2014).

A pesar de los numerosos estudios sobre la etiología y neuropatología de las SCA polyQ, las opciones terapéuticas disponibles siguen siendo limitadas. Los abordajes actuales se basan principalmente en intervenciones farmacológicas y no farmacológicas dirigidas a mitigar los síntomas específicos de cada subtipo.

Dentro de las estrategias no farmacológicas destacan la terapia de resonancia estocástica (SRT), fisioterapia, entrenamiento físico, neurorrehabilitación y rehabilitación física, entre otras (Kaut et al., 2014; Leonardi et al., 2017; Rodríguez-Díaz et al., 2018; Velázquez-Pérez et al., 2017; Wang et al., 2018).

Esta revisión sistemática se enfocó en analizar el impacto de las intervenciones no farmacológicas, en particular aquellas relacionadas con la rehabilitación física, sobre la marcha y la postura en pacientes



con algún subtipo de SCA polyQ. Asimismo, se examinaron las herramientas de evaluación utilizadas para medir los cambios posteriores a la intervención.

La delimitación del tipo de intervención y de las herramientas de evaluación constituye un paso esencial para orientar futuras investigaciones centradas en el tratamiento de la marcha y la postura en personas con SCA polyQ, con un impacto directo en su movilidad y calidad de vida. Para ello, el objetivo principal de la revisión fue evaluar la efectividad de las intervenciones de rehabilitación a largo plazo e identificar las herramientas de evaluación más relevantes de acuerdo con el subtipo de SCA polyQ.

## **METODOLOGÍA**

### **Criterios de elegibilidad**

La revisión sistemática se realizó siguiendo las recomendaciones de la guía PRISMA 2020 con enfoque SWiM. Los criterios de elegibilidad fueron aplicados a cada estudio resultante del proceso de búsqueda. Se incluyeron estudios sobre pacientes con diagnóstico para ataxia espinocerebelosa por poliglutaminas (SCA1|2|3|6|7|17); que contaran con igual o mayor a 3 pacientes; con tratamientos de rehabilitación física, terapia física, rehabilitación física, neurorrehabilitación y; evaluaciones de marcha y postura. Sin intervención farmacológica ni estimulación transcranial.

### **Estrategia de búsqueda**

La estrategia de búsqueda utilizó el formato población, intervención, herramientas de evaluación, y resultado. Se realizó la búsqueda en la base de datos de Pubmed y Scopus entre enero de 2013 y octubre de 2025. Se aplicaron filtros de ensayos clínicos, metaanálisis, ensayos controlados aleatorizados y revisiones, respectivamente.

Los términos de búsqueda se limitaron a población, intervención y resultado bajo el siguiente esquema de palabras MESH: (((((((("spinocerebellar ataxias")) OR ("hereditary ataxias")) OR ("polyglutamine spinocerebellar ataxias")) OR (SCA1)) OR (SCA2)) OR (SCA3)) OR (SCA6)) OR (SCA7)) OR (SCA17)) AND (((((((treatment) OR (therapy)) OR ("physical treatment")) OR ("physical therapy")) OR ("physical rehabilitation")) OR (neurorehabilitation)) OR (improvement)) OR ("Gait and balance")).

### **2.3 Proceso de búsqueda**

Se compilaron los resultados iniciales y se eliminaron los títulos duplicados. Posteriormente se evaluaron los títulos y resúmenes, excluyendo aquellos que no cumplieran con los criterios iniciales. Los



artículos potencialmente elegibles fueron revisados a texto completo, descartando aquellos que no cumplían los criterios establecidos. Los estudios que superaron esta fase, junto con un seguimiento derivado de una investigación original, fueron evaluados mediante ROBINS-I y AMSTAR-2. Finalmente, solo los trabajos con calidad metodológica adecuada fueron incluidos en la revisión.

### **Extracción de datos**

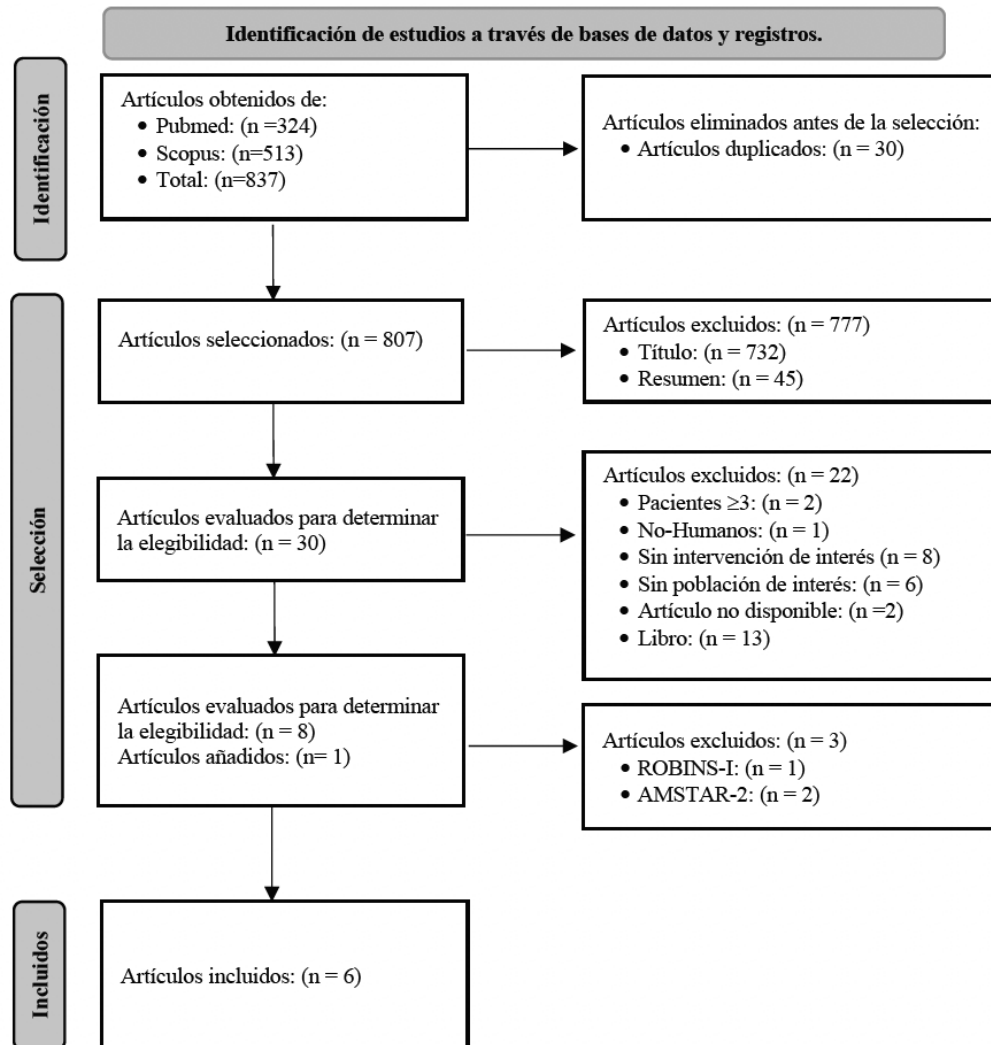
Para los estudios incluidos, un revisor recopiló la información en cuatro tablas estandarizadas. Tras la evaluación metodológica con ROBINS-I y AMSTAR-2, la síntesis narrativa se basó únicamente en los estudios con riesgo de sesgo bajo o moderado. Los resultados se agruparon por subtipo de SCA polyQ, tipo de intervención y ventanas temporales de evaluación. La dirección del efecto se interpretó priorizando los desenlaces funcionales y de movilidad, considerando para cada estudio la consistencia, magnitud y persistencia de los cambios observados. La heterogeneidad se trató mediante un análisis descriptivo comparativo, integrando los juicios de calidad metodológica para ponderar la solidez de la evidencia disponible.

### **RESULTADOS**

Se identificaron 324 registros en PubMed y 513 en Scopus, para un total de 837 artículos (**Fig. 1**). De ellos, 8 estudios y 1 seguimiento derivado de una investigación original cumplieron los criterios de elegibilidad y fueron evaluados con ROBINS-I (**Fig. 2**) y AMSTAR-2 (**Fig. 3**). Posterior a ello, únicamente 6 estudios se incluyeron para la integración final (**Tabla 2**).



**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios según las directrices PRISMA 2020. Se identificaron 324 registros en PubMed y 513 en Scopus, para un total de 837 estudios. Tras eliminar 30 duplicados, se revisaron 807 títulos y resúmenes, excluyéndose 777 por no cumplir los criterios iniciales. Se evaluaron 30 artículos a texto completo, de los cuales 22 fueron excluidos por no cumplir los criterios de elegibilidad. Los 8 estudios restantes, junto con 1 de seguimiento derivado de una investigación original, fueron evaluados con ROBINS-I y AMSTAR-2. Por tanto, 6 estudios cumplieron con los criterios y fueron incluidos en esta revisión.



**Figura 2.** Evaluación del riesgo de sesgo mediante ROBINS-I. La figura muestra el juicio del riesgo de sesgo para cada estudio según los siete dominios del instrumento ROBINS-I. Los colores indican el nivel de sesgo. El panel de la derecha resume el juicio global por estudio.

Estudio	Riesgo de sesgo por dominio							Conjunto
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
Leonardi L, et al., (2017)	!	X	-	-	X	X	-	!
Rodríguez-Díaz JC, et al., (2018)	+	+	+	+	+	+	-	-
Tercero-Pérez K, et al., (2019)	-	-	-	-	+	-	-	-
Velázquez-Pérez L, et al., (2021)	+	+	+	+	+	+	-	-
Kaut O, et al., (2014)	+	+	+	+	-	+	-	-
Wang RY, et al., (2018)	+	+	+	+	+	+	-	-
Ichiro M, et al., (2012)	+	+	+	-	+	-	-	-

**Dominios:**  
 D1: Sesgo debido a factores de confusión.  
 D2: Sesgo en la selección de participantes.  
 D3: Sesgo en la clasificación de las intervenciones.  
 D4: Sesgo debido a desviaciones de las intervenciones.  
 D5: Sesgo debido a datos de resultados perdidos.  
 D6: Sesgo en la medición del resultado.  
 D7: Sesgo en la selección del resultado reportado.

**Criterios:**  
 Crítico  
 Severo  
 Medio  
 Bajo

**Figura 3.** Evaluación de la calidad metodológica mediante AMSTAR-2. La figura muestra el cumplimiento de los 16 dominios del instrumento AMSTAR-2 para cada revisión analizada. Los colores representan el grado de cumplimiento. El juicio global (“Conjunto”) refleja el nivel de confianza en cada revisión, clasificándose ambas como de calidad críticamente baja.

Estudio	Calidad y confianza por dominios																Conjunto
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	
Lacorte E, et al., (2021)	PY	N	Y	PY	N	Y	PY	N	Y	N	Y	N	PY	N	N	N	Criticamente bajo
Milne, S.C., et al., (2017)	PY	N	Y	N	N	Y	N	N	PY	N	Y	N	N	N	N	N	Criticamente bajo

**Dominios:**  
 D1: Formulación de la pregunta de investigación.  
 D2: Protocolo establecido a priori.  
 D3: Selección de estudios.  
 D4: Búsqueda exhaustiva de la literatura.  
 D5: Extracción de datos en duplicado.  
 D6: Lista de estudios incluidos.  
 D7: Lista y justificación de estudios excluidos.  
 D8: Características de los estudios incluidos.  
 D9: Evaluación del riesgo de sesgo (RoB) de los estudios individuales.  
 D10: Comunicación de la fuente de financiación de los estudios incluidos.  
 D11: Métodos estadísticos apropiados para el metaanálisis.  
 D12: Evaluación del impacto del riesgo de sesgo en los resultados.  
 D13: Consideración del impacto del riesgo de sesgo en los resultados e interpretaciones.  
 D14: Evaluación de la heterogeneidad.  
 D15: Evaluación del sesgo de publicación.  
 D16: Declaración de conflicto de interés de los autores de la revisión.

**Criterios:**  
 Sí Cumple  
 Parcialmente cumple  
 No cumple



**Tabla 1. Generalidades de las SCA polyQ**

Tipo de SCA	Gen/ locus mutado	Proteína/tipo de mutación	Repetición anormal	Características clínicas
SCA1	ATXN1/6p22.3	Ataxina-1/CAG repetición	>39	Ataxia, espasticidad, oftalmoplejía, síntomas bulbares y sensoriales, signos piramidales y neuropatía periférica.
SCA2	ATXN2/12q24,12	Ataxina-2/CAG repetición	>33	Zancadas lentas, con menos frecuencia mioclonos, ataxia y síntomas sensoriales.
SCA3	ATXN3/14q32.12	Ataxina-3/CAG repetición	>56	Zancadas lentas, signos extrapiramidales, neuropatía periférica, ataxia, oftalmoplejía, espasticidad, síntomas de los ganglios basales, síntomas sensoriales, amiotrofia incluyendo atrofia facial y fasciculaciones.
SCA6	CACNA1A/19p13.13	$\alpha$ 1A-Subunidad de voltaje-dependiente canal de calcio de tipo P-Q/CAG repetición	>20	Ataxia progresiva, disartria, disfagia, diplopía, nistagmo y reflejo vestibulo-ocular anormal.
SCA7	ATXN7/3p14.1	Ataxina-7/CAG repetición	>38	Ataxia, pérdida visual, oftalmoplejía, degeneración macular y espasticidad, signos piramidales y extrapiramidales, pérdida sensorial profunda y demencia.
SCA17	TBP/6q27	TATA proteína de unión/CAG repetición	>45	Ataxia, demencia, movimientos involuntarios, corea, distonía, espasmos, tortícolis, calambre del escritor, síntomas psiquiátricos, signos piramidales y parkinsonismo.

Abreviaturas: SCA, Ataxia espinocerebelosa; CAG, Citosina-Adenina-Guanina (Egorova & Bezprozvanny, 2019; Kim & Cho, 2015; Martin et al., 1999; McLoughlin et al., 2020; Srinivasan & Shakkottai, 2019).



**Tabla 2. Resumen de los estudios incluidos**

Autor	Participantes		Descripción	Intervención			Medición		Resultados
	n	Diagnostico		Duración	Frecuencia	Intensidad	Herramientas	Puntos de corte	
(Kaut et al., 2014)	17	SCA1= 6 SCA3= 3 SCA6= 8	SRT	4 semanas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuatro series de SRT en cuatro días diferentes.</li> <li>• Día 1, 3, 5 y 8 correspondientes a lunes, miércoles, viernes y lunes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimulo en rango de 6 a 6,5 hercios.</li> <li>• Aplicación por 60 segundos.</li> <li>• Descanso por 60segundos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SARA</li> <li>• INAS</li> <li>• SCAFI</li> <li>• 9HPT</li> <li>• 8MW</li> </ul>	Pre y post	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8MW (<math>p=0.02</math>)</li> </ul>
(Miyai et al., 2012)	28	SCA6	Fisioterapia combinada con terapia ocupacional	4 semanas	Dos series durante 7 días. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Primera serie de 5 días.</li> <li>• Segunda serie de 2 días.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primera serie 2 horas al día.</li> <li>• Segunda serie 1 hora al día.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SARA</li> <li>• FIM</li> <li>-Total</li> <li>-Motor</li> <li>• Parámetros de la marcha</li> <li>-Velocidad</li> <li>-Cadencia</li> <li>• FAC</li> <li>• Caídas</li> </ul>	Línea base, inmediata y semanas 4, 12 y 24.	Inmediata <ul style="list-style-type: none"> <li>• SARA (<math>p=0.001</math>)</li> <li>• FIM</li> <li>-Total (<math>p=0.001</math>)</li> <li>-Motor (<math>p=0.001</math>)</li> <li>• Velocidad de marcha (<math>p=0.001</math>)</li> <li>• Cadencia (<math>p=0.001</math>)</li> <li>• FAC (<math>p=0.01</math>)</li> <li>• Caídas (<math>p=0.01</math>)</li> </ul> Semana 4 <ul style="list-style-type: none"> <li>• SARA (<math>p=0.001</math>)</li> <li>• FIM</li> <li>-Total (<math>p=0.01</math>)</li> <li>-Motor (<math>p=0.01</math>)</li> <li>• Velocidad de marcha (<math>p=0.001</math>)</li> <li>• Cadencia</li> </ul>



									( $p= 0.001$ ) • FAC ( $p= 0.05$ )
									Semana 12 • SARA ( $p= 0.05$ ) • Velocidad de marcha ( $p= 0.01$ ) • Cadencia ( $p= 0.001$ ) • FAC ( $p= 0.01$ )
(Wang et al., 2018)	5	SCA3	Entrenamiento físico	4 semanas	• 3 sesiones por semana.	• 40 minutos por día.	• SARA	Pre y post	• SARA ( $p= 0.042$ ).
(Rodríguez-Díaz et al., 2018)	19	SCA2	Neurorrehabilitación basada en: • Terapia ocupacional • Control motor • Fisioterapia • Psicoterapia	24 semanas	• 5 sesiones por semana.	Neurorrehabilitación = 6 horas • Terapia ocupacional = 1 hora • Control motor = 0.5 horas • Fisioterapia = 4 horas • Psicoterapia = 0.5 horas	• SARA -Marcha -Posición -Sentado -Habla -Pers. Dedo -Dedo-Nariz -Diadoc. -Espinilla • INAS	Pre y post	• SARA ( $p=0.002$ ). -Marcha ( $p= 0.029$ ). -Posición ( $p= 0.031$ ). -Sentado ( $p= 0.005$ ). -Pers. Dedo ( $p= 0.021$ ). -Espinilla ( $p= 0.032$ ).
(Tercero-Pérez et al., 2019)	11	SCA7	Rehabilitación física • Intensivo Moderado	24 semanas	• Intensivo: 5 días por semana. • Moderado: 3 días por semana	• 2 horas	• SARA • INAS • Lawton • Barthel	Pre y post semanas 12 y 24	Post 24 semanas • SARA -Intensivo ( $p= 0.05$ ). -Moderado • ( $p= 0.05$ ).
(Velázquez-Pérez et al., 2019)	15	SCA2	Neurorrehabilitación basada en fisioterapia	12 semanas	• 5 sesiones por semana	• Calentamiento de 20 minutos. • Fisioterapia de 3 sesiones de 45 minutos.	• SARA -Marcha -Posición -Sentado -Habla	Pre y post entrenamiento	• SARA -Nariz-Dedo ( $p= 0.042$ ) -Espinilla ( $p= 0.008$ )



- Pers. Dedo
- Dedo-Nariz
- Diadoc.
- Espinilla
- INAS

---

Abreviaciones: SCA1, Ataxia espinocerebelosa tipo 1; SCA2, Ataxia espinocerebelosa tipo 2; SCA3, Ataxia espinocerebelosa tipo 3; SCA6, Ataxia espinocerebelosa tipo 6; SCA7, Ataxia espinocerebelosa tipo 7; SRT, Terapia de Resonancia Estocástica; SARA, evaluación y calificación de la ataxia; INAS, Inventario de Síntomas No-Ataxia; SCAFI, Índice Funcional; 9HPT, prueba de clavija de 9-agujeros; 8MW, test de marcha de 8-metros; FIM, medida de independencia funcional; FAC, categorías de deambulación funcional; Rehab., Rehabilitación; Post., Posterior; Diadoc., Diadococinecia.



La revisión integró un total de 95 participantes con diagnóstico de algún subtipo de SCA polyQ. La distribución fue la siguiente: SCA1 (n = 6), SCA2 (n = 34), SCA3 (n = 8), SCA6 (n = 36), SCA7 (n = 11) y ningún caso de SCA17. Las intervenciones aplicadas incluyeron terapia de resonancia estocástica (SRT), fisioterapia, entrenamiento físico, neurorrehabilitación y rehabilitación física. Los programas de intervención oscilaron entre 4 y 24 semanas, con evaluaciones inmediatas y de seguimientos en las semanas 3, 4, 12 y 24.

Se implementaron un total de 11 herramientas principales de evaluación: la evaluación y calificación de la ataxia (SARA), el inventario de síntomas No-Ataxia (INAS), el índice funcional (SCAFI), la prueba de clavija de 9-agujeros (9HPT), la prueba de marcha de 8-metros (8MW), la medida de independencia funcional (FIM), las categorías de deambulación funcional (FAC), parámetros de la marcha, el registro de caídas, la prueba de Lawton y la prueba de Barthel. De estas herramientas se derivaron 13 subpruebas, entre ellas: de la SARA, los ítems de marcha, posición, sentado, habla, persecución de dedos, nariz-dedo, movimientos alternados de manos, deslizar la espinilla y total; de los parámetros de la marcha se incluyen velocidad y cadencia; y de la FIM, las puntuaciones total y motora.

Cada subtipo de SCA polyQ recibió distintos tipos de intervención y monitoreadas con diferentes herramientas de evaluación (**Tabla 3**).

De acuerdo con los tipos de intervención, la SCA1 recibió SRT; la SCA2 fue tratada con neurorrehabilitación; la SCA3 recibió SRT y entrenamiento físico; la SCA6 fue intervenida con SRT y fisioterapia; y la SCA7 con rehabilitación física. En todos los subtipos analizados se registraron diferencias significativas independientemente del tipo de intervención aplicada.

En cuanto a las herramientas de evaluación, se emplearon diversas pruebas y subpruebas en cada subtipo de SCA PolyQ. Mostrando resultados diferenciados. En la SCA1, se detectaron diferencias en 1 de 6 pruebas principales. La SCA2 presentó diferencias en 1 de 2 pruebas principales y 7 de 11 subpruebas. en la SCA3 en 2 de 6 pruebas principales. La SCA6 mostró diferencias significativas en 6 de 8 pruebas principales y 4 de 4 subpruebas. Mientras que en la SCA7 mostró diferencias en 1 de 3 pruebas principales.



**Tabla 3. SCAs, intervención y evaluación**

Tipos de intervención		SCA1	SCA2	SCA3	SCA6	SCA7
SRT		✓		✓	✓	
Fisioterapia					✓	
Entrenamiento Físico				✓		
Neurorrehabilitación			✓			
Rehabilitación Física						✓
Herramientas de evaluación						
Prueba	Subprueba					
SARA	Total	×	✓	✓	✓	✓
	Marcha		✓			
	Posición		✓			
	Sentado		✓			
	Habla		×			
	Pers. Dedos		✓			
	Nariz-Dedo		✓			
	Mov. Alt. de Manos		×			
	Deslizar espinilla		✓			
INAS		×		×		
SCAFI		×		×	×	
9HPT		×		×	×	
8MW		✓		✓	✓	
Parámetros de la marcha	Velocidad	×	×	×	✓	
	Cadencia	×	×	×	✓	
FAC					✓	
Caídas					✓	
FIM	Total				✓	
	Motor				✓	
Prueba de Lawton						×
Prueba de Barthel						×

Las ✓ indican con diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) reportada en el estudio. Las × indican sin diferencias significativas. Espacios vacíos indican no se aplicó/evaluó. Los valores  $p$  específicos pueden consultarse en la tabla 2.

Abreviaciones: SRT, Terapia de Resonancia Estocástica; SCA1, Ataxia espinocerebelosa tipo 1; SCA2, Ataxia espinocerebelosa tipo 2; SCA3, Ataxia espinocerebelosa tipo 3; SCA6, Ataxia espinocerebelosa tipo 6; SCA7, Ataxia espinocerebelosa tipo 7; SARA, evaluación y calificación de la ataxia; INAS, Inventario de Síntomas No-Ataxia; SCAFI, Índice Funcional; 9HPT, prueba de clavija de 9-agujeros; 8MW, test de marcha de 8-metros; FIM, medida de independencia funcional; FAC, categorías de deambulación funcional; Mov., Movimientos; Alt., Alternados; Pers., Persecución.

Se implementaron distintas herramientas de evaluación para medir los cambios en función del tipo de intervención (Tabla 4).

**Tabla 4. Tipos de intervención y herramientas de evaluación**

Herramientas de evaluación		Tipos de intervención				
		SRT	Fisioterapia	Entrenamiento Físico	Neuro-rrehabilitación	Rehabilitación Física
SARA	Total	×	✓	✓	✓	✓
	Marcha				✓	
	Posición				✓	
	Sentado				✓	
	Habla				×	
	Pers. Dedos				✓	
	Nariz-Dedo				✓	
	Mov. Alt. de Manos				×	
	Deslizar espinilla				✓	
	INAS	×			×	
	SCAFI	×				
9HPT	×					
8MW	✓					
Parámetros de la marcha	Velocidad		✓			
	Cadencia		✓			
FAC			✓			
Caídas			✓			
FIM	Total		✓			
	Motor		✓			
Prueba de Lawton						×
Prueba de Barthel						×

Las ✓ indican con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) reportada en el estudio. Las × indican sin diferencias significativas. Espacios vacíos indican no se aplicó/evaluó. Los valores  $p$  específicos pueden consultarse en la tabla 2.

Abreviaciones: SRT, Terapia de Resonancia Estocástica; SARA, evaluación y calificación de la ataxia; INAS, Inventario de Síntomas No-Ataxia; SCAFI, Índice Funcional; 9HPT, prueba de clavija de 9-agujeros; 8MW, test de marcha de 8-metros; FIM, medida de independencia funcional; FAC, categorías de deambulación funcional; Rehab., Rehabilitación; Mov., Movimientos; Alt., Alternados; Pers., Persecución.

Entre las herramientas de evaluación, la SARA fue la única aplicada en todos los tipos de intervención, con diferencias significativas en fisioterapia, entrenamiento físico, rehabilitación física y neurorrehabilitación. En esta última, además, se reportaron resultados por subprueba. El 8MW mostró diferencias significativas únicamente durante la aplicación de SRT. En fisioterapia, se identificaron



mejoras en la FAC, el registro de caídas y la FIM (total y motora). En los parámetros de la marcha, se observaron cambios significativos en velocidad y cadencia. Por el contrario, herramientas como el INAS, SCAFI, 9HPT, Lawton y Barthel no registraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los estudios incluidos.

Finalmente, se observaron mejorías sostenidas en el tiempo, con variaciones asociadas al subtipo de SCA polyQ, el tipo de intervención y la herramienta de evaluación empleada (**Tabla 5**).

En cuanto al subtipo de SCA polyQ, la SCA1 y SCA3 mostraron efectos transitorios entre las semanas 3 y 4. La SCA2 manifestó mejorías tempranas desde la semana 3 hasta la 24. La SCA6 evidenció diferencias significativas de forma inmediata y nuevamente en las semanas 4 y 12. Por su parte, la SCA7 únicamente hasta la semana 24.

Respecto al tipo de intervención, la SRT y el entrenamiento físico midieron cambios en la semana 4. La rehabilitación física en la semana 24. La neurorrehabilitación mostró diferencias en las semanas 12 y 24. La fisioterapia fue la modalidad con mayor continuidad de efectos, con mejorías inmediatas y sostenidas en las semanas 4 y 12.

En relación con las herramientas de evaluación, se identificaron diferencias significativas en distintos momentos del seguimiento. De forma inmediata, se registraron cambios en la SARA, en los parámetros de la marcha (velocidad y cadencia), en la FAC, en el registro de caídas y en la FIM (total y motora). Para la semana 4, las diferencias se observaron en la SARA, el 8MW, la velocidad de la marcha, la FAC, las caídas y la FIM (total y motora). En la semana 12, los cambios se concentraron en los parámetros de la marcha (velocidad y cadencia) y en la FAC. En la semana 24, se identificaron diferencias en la SARA (total, marcha, posición, sentado, persecución de dedo, nariz-dedo y deslizar la espinilla).



**Tabla 5. Temporalidad de la respuesta terapéutica**

Tipo de SCA PolyQ	Mejoría observada en semanas				
	Inmediato	Semana 3	Semana 4	Semana 12	Semana 24
SCA1		✓	✓		
SCA2		✓		✓	✓
SCA3		✓	✓		
SCA6	✓		✓	✓	
SCA7					✓
<b>Tipo de intervención</b>					
SRT			✓		
Fisioterapia	✓		✓	✓	
Entrenamiento Físico			✓		
Neurorrehabilitación				✓	✓
Rehabilitación Física					✓
<b>Herramientas de evaluación</b>					
Escala	Subescala				
SARA	Total	✓	✓	✓	✓
	Marcha				✓
	Posición				✓
	Sentado				✓
	Pers. Dedos				✓
	Nariz-Dedo				✓
	Deslizar espinilla				✓
8MW			✓		
Parámetros de la marcha	Velocidad	✓	✓	✓	
	Cadencia	✓		✓	
FAC		✓	✓	✓	
Caídas		✓	✓		
FIM	Total	✓	✓		
	Motor	✓	✓		

Las ✓ indican con diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) reportada en el estudio. Las × indican sin diferencias significativas. Espacios vacíos indican no se aplicó/evaluó. Los valores  $p$  específicos pueden consultarse en la tabla 2.

Abreviaciones: SCA1, Ataxia espinocerebelosa tipo 1; SCA2, Ataxia espinocerebelosa tipo 2; SCA3, Ataxia espinocerebelosa tipo 3; SCA6, Ataxia espinocerebelosa tipo 6; SCA7, Ataxia espinocerebelosa tipo 7; SRT, Terapia de Resonancia Estocástica; SARA, evaluación y calificación de la ataxia; 8MW, test de marcha de 8-metros; FIM, medida de independencia funcional; FAC, categorías de deambulación funcional; Pers., Persecución.

## DISCUSIÓN

Esta revisión sistemática se centra exclusivamente en las ataxias espinocerebelosas por poliglutaminas e integra, por primera vez, la respuesta terapéutica por subtipo clínico, tipo de intervención y ventanas temporales de seguimiento. El principal objetivo de esta revisión sistemática fue evaluar la efectividad de las intervenciones de rehabilitación física e identificar las herramientas de evaluación más relevantes según el subtipo de SCA polyQ.

El análisis comparativo permitió identificar un patrón diferencial de respuesta entre SCA1|2|3|6|7, así como las modalidades que generaron mayor continuidad de efectos. Asimismo, se aporta una matriz de instrumentos, en la que pruebas como SARA, FAC, FIM y parámetros de la marcha mostraron mayor sensibilidad para detectar cambios clínicamente relevantes según el subtipo y el momento de la intervención.

### SCA polyQ y tipo de intervención

De acuerdo con el tipo de intervención, los resultados evidencian una notable variabilidad entre subtipos de SCA polyQ según la intervención aplicada. Mientras que SCA1, SCA2 y SCA7 fueron tratadas con una sola modalidad, SCA3 y SCA6 recibieron combinaciones terapéuticas. A pesar de estas diferencias, todos los subtipos mostraron cambios clínicamente significativos, lo que sugiere mecanismos comunes de respuesta, posiblemente vinculados con procesos de neuroplasticidad y con la preservación funcional de circuitos cerebelosos y sensoriomotores. Además, la temporalidad de la mejoría varió entre subtipos: algunas respuestas fueron inmediatas y otras tardías, probablemente influenciadas por diferencias genéticas, fenotípicas o por la progresión propia de cada variante. Estas características refuerzan la necesidad de adaptar los modelos de intervención al curso clínico y a la evolución temporal específica de cada subtipo de SCA polyQ.

Las SCA polyQ comparten un patrón de afectación estructural que explica gran parte de su sintomatología motora. En todos los subtipos se observa atrofia cerebelosa, eje central del desequilibrio y de las alteraciones de coordinación. Además, los ganglios basales —especialmente putamen y caudado— muestran cambios en SCA1, SCA3 y SCA7, sugiriendo un componente extrapiramidal en estos subtipos. El tronco encefálico se encuentra comprometido en SCA3, SCA6 y SCA7, mientras que en SCA3 y SCA7 también se describen alteraciones en el tálamo y en múltiples áreas corticales — pre-



y postcentral, frontal, parietal, temporal, occipital, orbitofrontal, mediotemporal, cingulada y parahipocampal—. Este patrón amplio de neurodegeneración reflejando la amplia participación del sistema nervioso central en estas ataxias hereditarias (Antenora et al., 2017; Contreras et al., 2020; Olmos et al., 2022; Paulino & Nóbrega, 2023; Soong & Morrison, 2018).

Los tratamientos deberían orientarse a proteger y preservar las áreas cerebrales afectadas, con el fin de mantener la función neuronal y retrasar la progresión degenerativa. Terapias dirigidas a estas regiones cerebrales pueden ser clave para desarrollar tratamientos más efectivos.

En las intervenciones terapéuticas se observaron diferencias claras en el tiempo de aparición y la duración de los efectos. Algunas modalidades produjeron cambios inmediatos — SRT, entrenamiento físico y rehabilitación física—, mientras que otras mostraron beneficios en momentos más tardíos del seguimiento —neurorrehabilitación—. Esta variabilidad temporal refleja la heterogeneidad en la respuesta según el subtipo de SCA polyQ y los mecanismos neurobiológicos propios de cada intervención. La SRT parece actuar principalmente mediante la mejora de la integración sensoriomotora, optimizando la información aferente para modular el control postural y motor. En contraste, la rehabilitación física y la neurorrehabilitación favorecen procesos de plasticidad neural, incrementando la expresión de BDNF y facilitando la reorganización de circuitos motores, lo que podría explicar sus efectos sostenidos en el tiempo (Kaut et al., 2014; Miyai et al., 2012; Rodríguez-Díaz et al., 2018; Tercero-Pérez et al., 2019; Velázquez-Pérez et al., 2019; White et al., 2019).

Estos patrones sugieren que la SCA6 se beneficia de programas más estructurados, progresivos y con seguimiento continuo. La SCA1|2|3 requieren ajustes individualizados en intensidad, frecuencia y tipo de intervención. Mientras que la SCA7 podría necesitar intervenciones prolongadas para generar efectos detectables.

La variabilidad temporal observada subraya la importancia de diseñar intervenciones cuyo momento de aplicación se ajuste al curso clínico de cada subtipo de SCA polyQ. Integrar la dimensión neurobiológica en este proceso es clave para comprender mejor los mecanismos que sustentan la respuesta terapéutica y para optimizar su uso clínico. Al relacionar los subtipos con las intervenciones aplicadas, los resultados de ROBINS-I y AMSTAR-2 indican que los estudios con riesgo de sesgo bajo o moderado respaldan una certeza moderada en las mejorías de corto plazo (0–24 semanas) en la ataxia global y en parámetros



de la marcha. En contraste, la certeza es baja respecto al mantenimiento de estos efectos hacia la semana 24, debido a la ausencia de estudios con menor sesgo metodológico y la limitada consistencia de seguimiento a largo plazo.

### **SCA polyQ y herramientas de evaluación**

En cuanto a las herramientas de evaluación, los resultados muestran que, pese a la amplia variedad de pruebas utilizadas, solo algunas fueron sensibles para detectar cambios clínicos entre subtipos de SCA polyQ y en distintos momentos del seguimiento. La SARA, la velocidad y cadencia de la marcha, la FAC, el registro de caídas y la FIM evidenciaron mejoras tempranas, especialmente en SCA1, SCA2 y SCA3. En contraste, los cambios tardíos se observaron principalmente en SCA6 y SCA7, sobre todo en la SARA y parámetros espaciotemporales de la marcha. Por otro lado, instrumentos como INAS, SCAFI, 9HPT, Lawton y Barthel no mostraron sensibilidad para detectar variaciones clínicas. En conjunto, la capacidad de la SARA, FAC, FIM y de los parámetros de velocidad y cadencia para reflejar cambios significativos subraya la necesidad de emplear herramientas con mayor sensibilidad y coherencia temporal al evaluar la respuesta terapéutica.

Estas diferencias pueden relacionarse con el diseño de los estudios, los tiempos de evaluación y las características de cada instrumento. La SARA integra ítems que valoran múltiples dimensiones de la ataxia —marcha, postura, coordinación y disartria— lo que explica su mayor sensibilidad para detectar cambios. La FIM, compuesta por 18 ítems distribuidos en dominios total y motor, permite evaluar funciones cotidianas como caminar, subir escaleras o vestirse, ofreciendo una visión global del desempeño funcional. Por su parte, la FAC clasifica la deambulaci3n en seis niveles de independencia, lo que facilita discriminar con precisi3n el grado de apoyo necesario durante la marcha (Choi et al., 2018; Mehrholz et al., 2007; Nilsson & Tennant, 2011).

La elecci3n de herramientas de evaluaci3n ajustadas al momento y duraci3n de los efectos terapéuticos es fundamental para obtener una valoraci3n completa de la respuesta al tratamiento. La combinaci3n de instrumentos sensibles permite una monitorizaci3n m3s precisa de la progresi3n y de la eficacia de las intervenciones a lo largo del tiempo. En esta revisi3n, la certeza de los hallazgos estuvo condicionada por los niveles de sesgo evaluados con ROBINS-I y AMSTAR-2: las mejoras detectadas en la SARA total y en los parámetros de velocidad y cadencia se sustentaron en estudios con riesgo bajo o moderado,



mientras que las herramientas aplicadas en investigaciones con mayor riesgo de sesgo no fueron incluidas en la síntesis final. Esto refuerza la importancia de emplear instrumentos validados en estudios de alta calidad metodológica.

### **Limitaciones**

La heterogeneidad entre estudios limita la generalización de los resultados. Las modalidades aplicadas variaron en dosis, intensidad y supervisión, y los programas oscilaron entre 4 y 24 semanas, afectando la comparabilidad entre subtipos. Esta variación obliga a distinguir entre los efectos inmediatos, propios de ajustes sensoriomotores de corto plazo, y los cambios a 12–24 semanas, más vinculados a procesos de plasticidad y reaprendizaje. Aunque herramientas como SARA, FAC y FIM fueron sensibles al cambio, otras no mostraron consistencia entre estudios, reduciendo la uniformidad de las mediciones. Además, la mayoría de los trabajos no integró de forma explícita mecanismos neurobiológicos como plasticidad neural o regulación de BDNF, lo que limita la comprensión fisiopatológica de los efectos terapéuticos. La ausencia de metaanálisis y la multiplicidad de desenlaces impiden estimar tamaños de efecto comparables. Según ROBINS-I y AMSTAR-2, los estudios incluidos presentaron sesgo bajo o moderado, lo que respalda certeza moderada para mejoras tempranas (0–12 semanas), pero certeza baja para la persistencia de los efectos a 24 semanas y para las comparaciones entre subtipos.

### **CONCLUSIÓN**

Esta revisión sistemática integró la evidencia disponible sobre rehabilitación física en ataxias espinocerebelosas por poliglutaminas, analizando intervenciones, herramientas de evaluación y patrones de respuesta clínica por subtipo. Los hallazgos muestran variabilidad relevante entre variantes, aunque todos los subtipos presentaron cambios clínicamente significativos. Mientras algunos respondieron con mejorías inmediatas, otros mostraron beneficios que emergieron o se consolidaron a lo largo de las semanas de seguimiento, lo que refleja diferencias en la progresión y en los mecanismos neurobiológicos activados por cada modalidad terapéutica.

La SARA, la FAC, la FIM y los parámetros de la marcha —Velocidad y cadencia—destacaron por su sensibilidad para detectar cambios relevantes, subrayando la importancia de seleccionar instrumentos capaces de reflejar no solo la magnitud sino también la temporalidad de los efectos. En conjunto, los resultados destacan la necesidad de personalizar las intervenciones según el subtipo, emplear



herramientas de evaluación sensibles y considerar los procesos neurobiológicos implicados para optimizar los programas de rehabilitación y el seguimiento clínico en SCA polyQ.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antenora, A., Rinaldi, C., Roca, A., Pane, C., Lieto, M., Saccà, F., Peluso, S., De Michele, G., & Filla, A. (2017). The Multiple Faces of Spinocerebellar Ataxia type 2. In *Annals of Clinical and Translational Neurology* (Vol. 4, Issue 9, pp. 687–695). Wiley-Blackwell.  
<https://doi.org/10.1002/acn3.437>
- Choi, S. W., Han, N., Jung, S. H., Kim, H. D., Eom, M. J., & Bae, H. W. (2018). Evaluation of ataxia in mild ischemic stroke patients using the scale for the assessment and rating of ataxia (SARA). *Annals of Rehabilitation Medicine*, 42(3), 375–383. <https://doi.org/10.5535/arm.2018.42.3.375>
- Contreras, A., Ramirez-Garcia, G., Chirino, A., Morgado-Valle, C., Pasaye, E. H., Hernandez-Castillo, C., Díaz, R., Fernandez-Ruiz, J., Beltran-Parrazal, L., Fernandez-Ruiz jfr, J., & Beltran-Parrazal lubeltran, L. (2020). *Longitudinal Analysis of the Relation Between Clinical Impairment and Gray Matter Degeneration in Spinocerebellar Ataxia Type 7 Patients*.  
<https://doi.org/10.1007/s12311-020>
- David, G., Dürr, A., Stevanin, G., Cancel, G., Abbas, N., Benomar, A., Belal, S., Lebre, A. S., Abada-Bendib, M., Grid, D., Holmberg, M., Yahyaoui, M., Hentati, F., Chkili, T., Agid, Y., & Brice, A. (1998). Molecular and clinical correlations in autosomal dominant cerebellar ataxia with progressive macular dystrophy (SCA7). *Human Molecular Genetics*, 7(2), 165–170.  
<https://doi.org/10.1093/hmg/7.2.165>
- Egorova, P. A., & Bezprozvanny, I. B. (2019). Molecular Mechanisms and Therapeutics for Spinocerebellar Ataxia Type 2. In *Neurotherapeutics* (Vol. 16, Issue 4, pp. 1050–1073). Springer.  
<https://doi.org/10.1007/s13311-019-00777-6>
- Fan, H. C., Ho, L. I., Chi, C. S., Chen, S. J., Peng, G. S., Chan, T. M., Lin, S. Z., & Harn, H. J. (2014). Polyglutamine (PolyQ) diseases: Genetics to treatments. In *Cell Transplantation* (Vol. 23, Issues 4–5, pp. 441–458). Cognizant Communication Corporation.  
<https://doi.org/10.3727/096368914X678454>



- Felício, D., du Mérac, T. R., Amorim, A., & Martins, S. (2023). Functional implications of paralog genes in polyglutamine spinocerebellar ataxias. In *Human Genetics*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s00439-023-02607-4>
- Fujioka, S., Sundal, C., & Wszolek, Z. K. (2013). Autosomal dominant cerebellar ataxia type III: a review of the phenotypic and genotypic characteristics. *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1750-1172-8-14>
- Kaut, O., Jacobi, H., Coch, C., Prochnicki, A., Minnerop, M., Klockgether, T., & Wüllner, U. (2014). A randomized pilot study of stochastic vibration therapy in spinocerebellar ataxia. *Cerebellum*, 13(2), 237–242. <https://doi.org/10.1007/s12311-013-0532-5>
- Kim, J. S., & Cho, J. W. (2015). Hereditary Cerebellar Ataxias: A Korean Perspective. *Journal of Movement Disorders*, 8(2), 67–75. <https://doi.org/10.14802/jmd.15006>
- Klockgether, T., Mariotti, C., & Paulson, H. L. (2019). Spinocerebellar ataxia. *Nature Reviews Disease Primers*, 5(1), 1–21. <https://doi.org/10.1038/s41572-019-0074-3>
- Leonardi, L., Aceto, M. G., Marcotulli, C., Arcuria, G., Serrao, M., Pierelli, F., Paone, P., Filla, A., Roca, A., & Casali, C. (2017). A wearable proprioceptive stabilizer for rehabilitation of limb and gait ataxia in hereditary cerebellar ataxias: a pilot open-labeled study. *Neurological Sciences*, 38(3), 459–463. <https://doi.org/10.1007/s10072-016-2800-x>
- Martin, J. J., Van Regemorter, N., Del-Favero, J., Löfgren, A., & Van Broeckhoven, C. (1999). Spinocerebellar ataxia type 7 (SCA7) - Correlations between phenotype and genotype in one large Belgian family. *Journal of the Neurological Sciences*, 168(1), 37–46. [https://doi.org/10.1016/S0022-510X\(99\)00176-8](https://doi.org/10.1016/S0022-510X(99)00176-8)
- McLoughlin, H. S., Moore, L. R., & Paulson, H. L. (2020). Pathogenesis of SCA3 and implications for other polyglutamine diseases. In *Neurobiology of Disease* (Vol. 134). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2019.104635>
- Mehrholz, J., Wagner, K., Rutte, K., Meißner, D., & Pohl, M. (2007). Predictive Validity and Responsiveness of the Functional Ambulation Category in Hemiparetic Patients After Stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(10), 1314–1319. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.06.764>



- Miyai, I., Ito, M., Hattori, N., Mihara, M., Hatakenaka, M., Yagura, H., Sobue, G., & Nishizawa, M. (2012). Cerebellar ataxia rehabilitation trial in degenerative cerebellar diseases. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 26(5), 515–522. <https://doi.org/10.1177/1545968311425918>
- Mundwiler, A., & Shakkottai, V. G. (2018). Autosomal-dominant cerebellar ataxias. In *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 147, pp. 173–185). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63233-3.00012-9>
- Nilsson, Å. L., & Tennant, A. (2011). Past and present issues in Rasch analysis: The Functional Independence Measure (FIMTM) revisited. In *Journal of Rehabilitation Medicine* (Vol. 43, Issue 10, pp. 884–891). <https://doi.org/10.2340/16501977-0871>
- Olmos, V., Gogia, N., Luttik, K., Haidery, F., & Lim, J. (2022). The extra-cerebellar effects of spinocerebellar ataxia type 1 (SCA1): looking beyond the cerebellum. In *Cellular and Molecular Life Sciences* (Vol. 79, Issue 8). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s00018-022-04419-7>
- Paulino, R., & Nóbrega, C. (2023). Autophagy in Spinocerebellar Ataxia Type 3: From Pathogenesis to Therapeutics. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 24, Issue 8). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ijms24087405>
- Rodríguez-Díaz, J. C., Velázquez-Pérez, L., Rodríguez Labrada, R., Aguilera Rodríguez, R., Laffita Pérez, D., Canales Ochoa, N., Medrano Montero, J., Estupiñán Rodríguez, A., Osorio Borjas, M., Góngora Marrero, M., Reynaldo Cejas, L., González Zaldivar, Y., & Almaguer Gotay, D. (2018). Neurorehabilitation therapy in spinocerebellar ataxia type 2: A 24-week, rater-blinded, randomized, controlled trial. *Movement Disorders*, 33(9), 1481–1487. <https://doi.org/10.1002/mds.27437>
- Sandford, E., & Burmeister, M. (2014). Genes and genetic testing in hereditary ataxias. *Genes*, 5(3), 586–603. <https://doi.org/10.3390/genes5030586>
- Soong, B. W., & Morrison, P. J. (2018). Spinocerebellar ataxias. In *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 155, pp. 143–174). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64189-2.00010-X>



- Srinivasan, S. R., & Shakkottai, V. G. (2019). Moving Towards Therapy in SCA1: Insights from Molecular Mechanisms, Identification of Novel Targets, and Planning for Human Trials. In *Neurotherapeutics* (Vol. 16, Issue 4, pp. 999–1008). Springer. <https://doi.org/10.1007/s13311-019-00763-y>
- Teive, H. A. G., & Ashizawa, T. (2015). Primary and secondary ataxias. *Current Opinion in Neurology*, 28(4), 413–422. <https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000227>
- Tercero-Pérez, K., Cortés, H., Torres-Ramos, Y., Rodríguez-Labrada, R., Cerecedo-Zapata, C. M., Hernández-Hernández, O., Pérez-González, N., González-Piña, R., Leyva-García, N., Cisneros, B., Velázquez-Pérez, L., & Magaña, J. J. (2019). Effects of Physical Rehabilitation in Patients with Spinocerebellar Ataxia Type 7. *Cerebellum*, 18(3), 397–405. <https://doi.org/10.1007/s12311-019-1006-1>
- Velázquez-Pérez, L. C., Rodríguez-Labrada, R., & Fernandez-Ruiz, J. (2017). Spinocerebellar ataxia type 2: Clinicogenetic aspects, mechanistic insights, and management approaches. In *Frontiers in Neurology* (Vol. 8, Issue SEP). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00472>
- Velázquez-Pérez, L., Rodríguez-Díaz, J. C., Rodríguez-Labrada, R., Medrano-Montero, J., Aguilera Cruz, A. B., Reynaldo-Cejas, L., Góngora-Marrero, M., Estupiñán-Rodríguez, A., Vázquez-Mojena, Y., & Torres-Vega, R. (2019). Neurorehabilitation Improves the Motor Features in Prodromal SCA2: A Randomized, Controlled Trial. *Movement Disorders*, 34(7), 1060–1068. <https://doi.org/10.1002/mds.27676>
- Wang, R. Y., Huang, F. Y., Soong, B. W., Huang, S. F., & Yang, Y. R. (2018). A randomized controlled pilot trial of game-based training in individuals with spinocerebellar ataxia type 3. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26109-w>
- White, O., Babic, J., Trenado, C., Johannsen, L., & Goswami, N. (2019). The promise of stochastic resonance in falls prevention. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 10, Issue JAN). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01865>

