# Ρομποτικοί Εξωσκελετοί

*Συγγραφέας: Sharon Jang | Επιμέλεια: Riley Louie | Δημοσιεύθηκε: 7 Απριλίου 2021 | Ενημέρωση: ~*

Η νέα τεχνολογία έχει οδηγήσει στη δημιουργία φορετών ρομποτικών συσκευών για τη βελτίωση της κίνησης των ποδιών σε δραστηριότητες όπως η ορθοστάτηση και η βάδιση. Αυτή η σελίδα συζητά τη χρήση τους σε άτομα μετά από τραυματισμό (κάκωση) του νωτιαίου μυελού (ΚΝΜ).

## Βασικά σημεία

Οι ρομποτικοί εξωσκελετοί είναι ηλεκτρομηχανικές συσκευές που φοριούνται γύρω από τα άκρα για να υποστηρίξουν δραστηριότητες όπως η ορθοστάτηση και η βάδιση σε άτομα με ΚΝΜ.

- Εκτός από τη βελτιωμένη κινητικότητα, οι ρομποτικοί εξωσκελετοί επιτρέπουν αυξημένα επίπεδα δραστηριότητας με συνέπεια γενικά οφέλη για την υγεία που σχετίζονται με την τακτική άσκηση.
- Οι περιορισμοί στη χρήση εξωσκελετών περιλαμβάνουν το υψηλό τους κόστος, την περιορισμένη διαθεσιμότητα και την περιορισμένη χρήση σε πραγματικές συνθήκες.
- Μέτριας τεκμηρίωσης στοιχεία δείχνουν ότι οι εξωσκελετοί αυξάνουν την ασφάλεια και μειώνουν τις ενεργειακές απαιτήσεις κατά τη διάρκεια της βάδισης για άτομα με θωρακική ΚΝΜ.

## Τι είναι οι ρομποτικοί εξωσκελετοί;

Οι ρομποτικοί εξωσκελετοί είναι φορετές ηλεκτρομηχανικές συσκευές που ενισχύουν την κίνηση των ποδιών. Αν και αρχικά αναπτύχθηκαν για τον στρατό, οι ρομποτικοί εξωσκελετοί έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται σε περιβάλλον αποκατάστασης για να βοηθήσουν την κίνηση αδύναμων ή παράλυτων ποδιών. Σε ένα περιβάλλον αποκατάστασης, αυτές οι συσκευές είναι επίσης γνωστές ως τροφοδοτούμενες ορθώσεις βάδισης. Τροφοδοτούνται ηλεκτρικά στις αρθρώσεις, επιτρέποντας στα ισχία, στα γόνατα και στους αστραγάλους να κινούνται. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα που έχουν οι εξωσκελετοί έναντι των παθητικών ορθώσεων ή ναρθήκων είναι ότι είναι προγραμματισμένοι να επιτρέπουν τη συντονισμένη κίνηση χωρίς μεγάλη προσπάθεια από τον χρήστη. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα επειδή οι εξωσκελετοί φέρουν το δικό τους βάρος καθώς και αυτό του χρήστη. Οι κινήσεις που υποβοηθούν οι περισσότεροι εξωσκελετοί περιλαμβάνουν την έγερση από καθιστή θέση και τη βάδιση.

*Ένας ρομποτικός εξωσκελετός μπορεί να βοηθήσει τα άτομα με ΚΝΜ να βαδίζουν ανεξάρτητα.[1]*

Από το 2019, υπάρχουν πολλά διαφορετικά μοντέλα εξωσκελετών και ο αριθμός αυτός συνεχίζει να αυξάνεται καθώς προχωρά η έρευνα και η τεχνολογία. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μόνο τρία έχουν εγκριθεί από το FDA για πώληση στη Βόρεια Αμερική και μόνο δύο έχουν εγκριθεί για οικιακή χρήση, ενώ το άλλο έχει εγκριθεί μόνο για σκοπούς έρευνας και αποκατάστασης. Τα δύο που έχουν εγκριθεί για οικιακή χρήση είναι το ReWalk και το Indego, ενώ το Ekso έχει εγκριθεί για έρευνα και σκοπούς αποκατάστασης. Τα σημερινά μοντέλα εξωσκελετών έχουν τη δυνατότητα να κινούνται από 0,2-2,6 χλμ/ώρα και ζυγίζουν μεταξύ 12-38 κιλά.

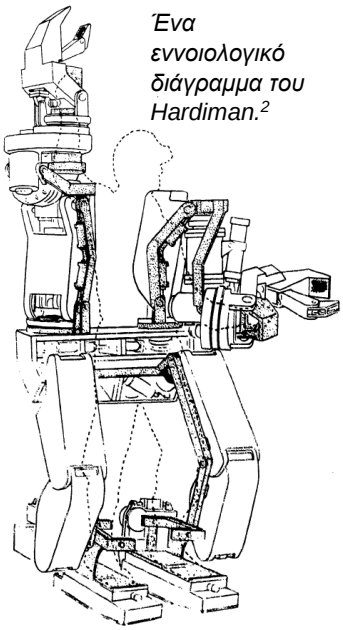
Οι εξωσκελετοί διαδίδονται σιγά-σιγά στην κοινότητα. Επί του παρόντος, τα περισσότερα μοντέλα μπορούν να κινηθούν μόνο σε επίπεδες, λείες επιφάνειες. Ωστόσο, μερικοί μπορούν να ανέβουν επικλινείς επιφάνειες. Επιπλέον, τα νεότερα μοντέλα έχουν την πρόσθετη λειτουργία να επιτρέπουν στον χρήστη να κάθεται ή να οδηγεί ένα αμαξίδιο χωρίς να χρειάζεται να βγάλει τη συσκευή. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να αυξήσουν την ανεξαρτησία των ατόμων με ΚΝΜ και να επιτρέψουν/ενισχύσουν την απόδοση σε δραστηριότητες όπως η ορθοστάτηση, η βάδιση και η ανάβαση σκαλοπατιών. Ωστόσο, αυτές οι συσκευές εξακολουθούν να είναι ακριβές, καθώς κυμαίνονται από $ 70.000-120.000 USD.

Για να αποφασιστεί εάν οι ρομποτικοί εξωσκελετοί είναι η κατάλληλη επιλογή για εσάς, ένας επαγγελματίας υγείας θα πραγματοποιήσει μια αξιολόγηση όπου λαμβάνει υπόψη παράγοντες όπως το επίπεδο κάκωσής σας, τον κίνδυνο πτώσεων και καταγμάτων και το εύρος κίνησης. Μόλις κριθούν οι εξωσκελετοί κατάλληλοι, θα απαιτηθεί εκπαίδευση για να μάθετε πώς να χρησιμοποιείτε σωστά τη συσκευή. Ένας φυσικοθεραπευτής ή φροντιστής μπορεί να σας βοηθήσει να φορέσετε και να βγάλετε τη συσκευή. Γενικά, τα πόδια τοποθετούνται στη βάση ποδιών και ο κορμός, τα ισχία και τα πόδια είναι δεμένα στον εξωσκελετό. Ορισμένα μοντέλα εκτείνονται προς τα πάνω για να συμπεριλάβουν μια δομή που μοιάζει με σακίδιο, η οποία προσφέρει περισσότερη υποστήριξη κορμού και περιέχει τον υπολογιστή και την μπαταρία. Άλλα μοντέλα ασφαλίζονται μόνο στη μέση και κάτω. Επιπλέον, ορισμένα μοντέλα μπορούν να προγραμματιστούν εξωτερικά χρησιμοποιώντας ένα τάμπλετ. Για τη διατήρηση της ισορροπίας χρησιμοποιείται συχνά ένα ζεύγος βακτηριών αντιβραχίου (μπαστούνι, πατερίτσες) ή ένας περιπατητήρας. Καθώς βαδίζει κάποιος με ΚΝΜ, οι ενσωματωμένοι αισθητήρες και οι μηχανοκίνητες αρθρώσεις (ισχίο, γόνατο ή/ και αστράγαλος) προσαρμόζονται συνεχώς για να προωθήσουν ένα ρυθμικό πρότυπο βάδισης. Όταν το άτομο βελτιώνει τη δική του λειτουργικότητα στη βάδιση και απαιτεί λιγότερη βοήθεια, ο εξωσκελετός μπορεί να ρυθμιστεί για να παρέχει λιγότερη υποστήριξη.

## Ποια είναι η ιστορία πίσω από τους ρομποτικούς εξωσκελετούς;

Ο όρος "εξωσκελετός" δανείστηκε αρχικά από τη ζωική βιολογία. Ένας εξωσκελετός (όπως ένα κέλυφος) είναι ένα εξωτερικό κάλυμμα που προστατεύει και υποστηρίζει το ζώο. Με παρόμοιο τρόπο, οι ρομποτικοί εξωσκελετοί έχουν σχεδιαστεί για να βοηθούν στην εξωτερική υποστήριξη και ενίσχυση της ανθρώπινης κίνησης.

Οι πρώτοι εξωσκελετοί αναπτύχθηκαν με εστίαση στο στρατό, με στόχο να βοηθήσουν τους στρατιώτες να μεταφέρουν βαρύτερα φορτία, να τρέξουν γρηγορότερα και να πηδήξουν ψηλότερα. Το 1968, ο πρώτος εξωσκελετός, που ονομάστηκε "Hardiman" αναπτύχθηκε σε συνεργασία με τον αμερικανικό στρατό. Αυτός ο εξωσκελετός σχεδιάστηκε αρχικά για να βοηθήσει στην ενίσχυση της δύναμης των στρατιωτών κατά 25 φορές (δηλαδή, η ανύψωση ενός αντικειμένου 625 Kg θα είχε την αίσθηση σαν να σηκώνετε ένα αντικείμενο 25 Kg). Αν και το Hardiman δημιουργήθηκε και λειτούργησε, δεν ήταν χωρίς περιορισμούς. Πρώτα απ 'όλα, ο ίδιος ο εξωσκελετός ζύγιζε 670 Kg. Ήταν υδραυλικά τροφοδοτούμενος και απαιτούσε αντλίες και δοχεία που θα μπορούσαν να γεμίσουν ένα δωμάτιο. Παρά τις ικανότητές του, δεν ήταν πολύ λειτουργικός.



*Ένα εννοιολογικό διάγραμμα του Hardiman.*[2]

Το 1972, μια ομάδα από τη Γιουγκοσλαβία ανέπτυξε τον πρώτο λειτουργικό εξωσκελετό: τον κινηματικό περιπατητή. Αυτή η συσκευή ήταν η πρώτη του είδους της. Ένα μηχανοκίνητο ρομπότ που αποτελείται από έναν μόνο υδραυλικό ενεργοποιητή (κινητήρα), ο οποίος μείωσε το μέγεθός του. Ο κινηματικός περιπατητής σχεδιάστηκε ως ορθωτικός περιπατητήρας και επέτρεπε ομαλές κινήσεις. Ορισμένες κινήσεις που ήταν σε θέση να εκτελέσει ο εξωσκελετός περιελάμβαναν κάμψη και έκταση του ισχίου, του γόνατος και του αστραγάλου, εκτός από την απαγωγή και την προσαγωγή των ποδιών. Αν και αυτός ο εξωσκελετός ζύγιζε μόνο 12 κιλά, απαιτούσε ξεχωριστή πηγή ενέργειας και υπολογιστή, τα οποία βρίσκονταν έξω (χωριστά) από τον εξωσκελετό.

Το 2001 άρχισαν να πωλούνται τα πρώτα εξωσκελετικά προϊόντα. Το Lokomat, ένας ρομποτικός εξωσκελετός που αναρτήθηκε πάνω από ένα διάδρομο, ήταν ένας από τους πρώτους εξωσκελετούς που χρησιμοποιήθηκαν για αποκατάσταση. Εν τω μεταξύ, η Υπηρεσία Προηγμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων Άμυνας των ΗΠΑ (DARPA) ανακοίνωσε το πρόγραμμα Αύξησης της Ανθρώπινης απόδοσης, το οποίο προσέφερε χρηματοδότηση για την ανάπτυξη εξωσκελετών για στρατιωτική χρήση. Από αυτή τη χρηματοδότηση, δύο ξεχωριστές ομάδες ανέπτυξαν εξωσκελετούς - τον εξωσκελετό Berkeley Lower Extremity Exoskeleton (BLEEX) και τη στολή Raytheon XOS. Και οι δύο στολές δημιουργήθηκαν για να βοηθήσουν τους στρατιώτες να μεταφέρουν επιπλέον βάρος (έως 90Kg!) χωρίς να το αισθάνονται.

Για πληροφορίες σχετικά με ρομποτικά με βάση τον διάδρομο, δείτε τα άρθρα μας Εκπαίδευση σε Διάδρομο με Ανάρτηση Βάρους και Λειτουργικός Ηλεκτρικός Ερεθισμός.

Από το 2010, άρχισαν να εισέρχονται στην αγορά περισσότεροι εξωσκελετοί με προσανατολισμό στην αποκατάσταση. Αυτές περιλαμβάνουν συσκευές υποβοήθησης βάδισης που εμφανίζονται συνήθως στα μέσα ενημέρωσης σήμερα, όπως οι εξωσκελετοί Ekso, ReWalk και Indego. Αυτά τα μοντέλα περιγράφονται στην παρακάτω ενότητα.

# Ποιοι τύποι εξωσκελετών είναι διαθέσιμοι;

Υπάρχουν πολλοί τύποι εξωσκελετών που είναι σήμερα διαθέσιμοι για χρήση για άτομα με ΚΝΜ. Ενώ ορισμένοι έχουν σχεδιαστεί μόνο για σκοπούς αποκατάστασης, άλλοι είναι ξεχωριστά μοντέλα για προσωπική ή οικιακή χρήση. Παρακάτω συζητάμε τις γενικές διαφορές μεταξύ αποκατάστασης και ατομικών εξωσκελετών.

## Εξωσκελετοί αποκατάστασης

*Οι εξωσκελετοί Ekso (αριστερά), ReWalk (μέση) και REX (δεξιά).*[4-6]

Οι εξωσκελετοί που χρησιμοποιούνται για την αποκατάσταση είναι γενικά βαρύτεροι από τους ατομικούς εξωσκελετούς και συχνά ελέγχονται από έναν υπολογιστή και μια μπαταρία που βρίσκονται σε ένα σακίδιο που φοράει ο χρήστης. Ωστόσο, οι εξωσκελετοί αποκατάστασης έρχονται συχνά με πιο προσαρμόσιμες ικανότητες. Για παράδειγμα, το Ekso και το ReWalk επιτρέπουν στον θεραπευτή να τροποποιήσει ανάλογα με την ικανότητα του χρήστη την ποσότητα ισχύος (δηλαδή, την υποστήριξη από το ρομπότ) για κάθε πόδι. Ομοίως, η θεραπευτική έκδοση του Indego επιτρέπει στον θεραπευτή να ελέγχει πόσο βάρος υποστηρίζεται και πόση βοήθεια κίνησης παρέχεται από τον εξωσκελετό. Επιπλέον, ο τρόπος ενεργοποίησης των βημάτων μπορεί να προγραμματιστεί με διάφορους τρόπους: π.χ. με το πάτημα ενός κουμπιού, με τη μετατόπιση του σωματικού σας βάρους ή με την έναρξη ενός βήματος χρησιμοποιώντας τους δικούς σας μύες. Αυτά τα ογκώδη κλινικά μοντέλα είναι συνήθως σε ένα μέγεθος για όλους, επιτρέποντας στους θεραπευτές να προσαρμόσουν τις διαστάσεις της συσκευής (δηλαδή, μήκος ποδιών, πλάτος ισχίου κ.λπ.) για τη θεραπευόμενους με σώματα διαφορετικού μεγέθους.

Το REX διαφέρει από όλους τους προαναφερθέντες εξωσκελετούς στο ότι ελέγχεται με ένα χειριστήριο και είναι σε θέση να αυτο-ισορροπήσει, καθιστώντας το ουσιαστικά "hands-free". Αυτό το χαρακτηριστικό επιτρέπει στα άτομα να εκτελούν ασκήσεις ενώ στέκονται, συμπεριλαμβανομένων βαθιών καθισμάτων, προτάσεις και ασκήσεων άνω μέρους του σώματος χρησιμοποιώντας και τα δύο χέρια.

## Ατομικοί εξωσκελετοί

*Το Indego (αριστερά) και το ReWalk (δεξιά).*[7-8]

Οι εξωσκελετοί που έχουν σχεδιαστεί για οικιακή χρήση είναι γενικά ελαφρύτεροι και παρέχουν περιορισμένη στήριξη στον κορμό. Οι προσωπικοί εξωσκελετοί έχουν μια μπαταρία που συνδέεται με τη μέση, κατά τα άλλα όμως λειτουργούν παρόμοια με τα μοντέλα αποκατάστασης, καθώς μια μετατόπιση βάρους ξεκινά ένα βήμα. Επιπλέον, ορισμένες εταιρείες έχουν αναπτύξει εφαρμογές που συνοδεύουν τον εξωσκελετό, επιτρέποντας στον χρήστη να έχει ανεξάρτητη πρόσβαση σε δεδομένα απόδοσης. Αυτοί οι ατομικοί εξωσκελετοί είναι συνήθως ειδικά σχεδιασμένοι για να ταιριάζουν στις μοναδικές διαστάσεις του σώματος του χρήστη.

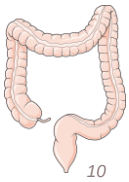
# Σε τι χρησιμοποιούνται οι εξωσκελετοί;

Ενώ υπάρχουν πολλά υποτιθέμενα οφέλη από τη χρήση ρομποτικών εξωσκελετών μεταξύ ατόμων με ΚΝΜ, λείπουν ισχυρά ερευνητικά στοιχεία. Οι εξωσκελετοί χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό για την ενίσχυση της κινητικότητας, όπως για την εκπαίδευση βάδισης κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης ή στην κοινότητα (στο σπίτι) για την εκτέλεση απλών καθημερινών δραστηριοτήτων. Αν και απαιτείται περαιτέρω έρευνα, ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι το περπάτημα με εξωσκελετό μπορεί να έχει πρόσθετα οφέλη για την υγεία:

## Σπαστικότητα

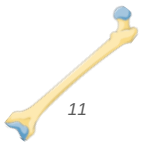
Υπάρχουν ανάμεικτα ευρήματα σχετικά με τις επιπτώσεις της εξωσκελετικής βάδισης στη σπαστικότητα. Πολλές (αδύναμης τεκμηρίωσης) μελέτες έχουν διαπιστώσει ότι η χρήση εξωσκελετών μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη σπαστικότητα. Παρά αυτά τα αξιοσημείωτα οφέλη, μια μελέτη ασθενών στοιχείων ανέφερε μικτά ευρήματα σχετικά με τη σπαστικότητα, καθώς το 26,7% του δείγματος της μελέτης τους είδε μείωση της σπαστικότητας, ενώ το 62,2% των συμμετεχόντων δεν είδε καμία αλλαγή και το 11,1% είδε αύξηση της σπαστικότητας. Η επίδραση της εξωσκελετικής βάδισης στη σπαστικότητα μπορεί να σχετίζεται με το αρχικό επίπεδο σπαστικότητας του χρήστη. Σε μια μελέτη ασθενούς τεκμηρίωσης, οι χρήστες που είχαν χαμηλά επίπεδα σπαστικότητας πριν από τη χρήση ενός εξωσκελετού παρουσίασαν αύξηση της σπαστικότητας. Ωστόσο, αυτή η αύξηση της σπαστικότητας τελικά μειώθηκε σε διάστημα 12 εβδομάδων πίσω σχεδόν στο μηδέν. Τα άτομα που είχαν ήδη υψηλά επίπεδα σπαστικότητας πριν περπατήσουν σε εξωσκελετό δεν είδαν αλλαγές στη σπαστικότητα.

Για μια ανασκόπηση του τι εννοούμε με τους όρους "ισχυρά", "μέτρια" και "αδύναμα" στοιχεία, ανατρέξτε στο Αξιολόγηση τεκμηρίωσης της κοινότητας SCIRE




## Λειτουργία του εντέρου

Υπάρχουν κάποια αδύναμης τεκμηρίωσης ερευνητικά στοιχεία που δείχνουν ότι το περπάτημα με εξωσκελετό μπορεί να βοηθήσει σε διάφορες λειτουργίες του εντέρου, συμπεριλαμβανομένης της βελτιωμένης κανονικότητας των κινήσεων του εντέρου, του λιγότερου χρόνου που απαιτείται για τη διαχείριση και της μειωμένης δόσης κλύσματος. Ωστόσο, δύο (αδύναμης τεκμηρίωσης) μελέτες δεν έχουν βρει καμία επίδραση στη λειτουργία του εντέρου.




## Υγεία των οστών

Μετά την ΚΝΜ, η οστική πυκνότητα στα πόδια μειώνεται με ταχείς ρυθμούς λόγω αδράνειας και οι δραστηριότητες που φέρουν βάρος έχουν τη δυνατότητα να βοηθήσουν στην αποκατάσταση της οστικής πυκνότητας. Μια μελέτη (αδύναμης τεκμηρίωσης) διαπίστωσε ότι το περπάτημα σε έναν εξωσκελετό μπορεί να αυξήσει την οστική πυκνότητα έως και 14% σε 6 εβδομάδες προπόνησης.

## Καρδιαγγειακή υγεία

Ορισμένες έρευνες (αδύναμη τεκμηρίωση) δείχνουν ότι η βάδιση σε έναν εξωσκελετό μπορεί να προσφέρει καλή άσκηση για την καρδιά και τη δύναμη των άνω και κάτω άκρων σε άτομα με ατελή ΚΝΜ. Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την επίδραση των εξωσκελετών στη φυσική κατάσταση συζητούνται παρακάτω στην ενότητα: "Μπορώ να έχω οφέλη άσκησης κατά τη βάδιση με εξωσκελετό;"

## Πόνος

Μερικές μελέτες (αδύναμη τεκμηρίωση) αναφέρουν μείωση του πόνου με τη χρήση εξωσκελετού, με μία να σημειώνει ανεπαρκή μείωση ώστε να επηρεάσει σημαντικά την καθημερινή ζωή (δηλαδή, χωρίς κλινική σημασία). Από την άλλη, ορισμένες μελέτες αδύναμης τεκμηρίωσης δεν έχουν βρει καμία επίδραση στον πόνο.

## Κατακλίσεις

Υπάρχουν κάποια αδύναμης τεκμηρίωσης ερευνητικά στοιχεία ότι το περπάτημα σε έναν εξωσκελετό μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή των αρνητικών επιπτώσεων της παρατεταμένης ορθοστάτησης ή καθιστικής ζωής (π.χ. έλκη πίεσης).

Ανατρέξτε στα άρθρα μας σχετικά με Τραύματα Πίεσης, Πόνο και Σπαστικότητα για περισσότερες πληροφορίες!

# Ποιοι είναι οι κίνδυνοι και οι εκτιμήσεις για τη χρήση εξωσκελετού;

Ενώ συνδέονται ορισμένα οφέλη με τη χρήση εξωσκελετού, υπάρχουν επίσης παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν από τη χρήση της συσκευής στη θεραπεία ή μακροπρόθεσμα.

## Κίνδυνοι χρήσης εξωσκελετού

Οι ρομποτικοί εξωσκελετοί είναι γενικά ασφαλείς όταν χρησιμοποιούνται με διάκριση. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένοι κίνδυνοι που συνδέονται με τη χρήση τους. Ήπιες ανεπιθύμητες ενέργειες που έχουν αναφερθεί στην έρευνα περιλαμβάνουν: ερυθρότητα του δέρματος, μικρές εκδορές (δηλαδή, γρατζουνιές), ήπιο πρήξιμο των αρθρώσεων, και ήπιους μώλωπες. Επιπλέον, όπως και άλλα απλά ορθωτικά και νάρθηκες, οι πτώσεις και τα κατάγματα έχουν αναγνωριστεί ως κίνδυνος. Προτείνεται (αδύναμη τεκμηρίωση) ότι θα πρέπει η οικογένεια και οι φίλοι των χρηστών εξωσκελετών να εκπαιδεύονται για την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, όπως πτώσεις ή απροσδόκητη διακοπή λειτουργίας.

## Σκέψεις για τη χρήση εξωσκελετού στην κοινότητα

Ενώ η χρήση εξωσκελετού στο σπίτι μπορεί να φαίνεται πολλά υποσχόμενη, υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί. Αυτά περιλαμβάνουν:

- Αργές ταχύτητες βάδισης, οι οποίες μπορεί να μην είναι ιδανικές για καθημερινές δραστηριότητες.

- Υψηλό κόστος αγοράς της συσκευής.
- Έλλειψη διαθεσιμότητας εξωσκελετών που να είναι προς χρήση στην κοινότητα.
- Περιορισμένη ικανότητα ή χαμηλή απόδοση στην κίνηση σε ανώμαλες επιφάνειες (π.χ. λόφους, σκαλοπάτια) ή πολύπλοκες κινήσεις (στροφή, πλάγια βήματα, ανάποδα βάδισμα).
- Είναι επιρρεπείς σε ζημιές από το νερό (δεν είναι αδιάβροχες).

# Υπάρχουν περιορισμοί ή προφυλάξεις για τη χρήση ρομποτικών εξωσκελετών;

Υπάρχουν ορισμένες περιπτώσεις όπου απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για να καθοριστεί εάν οι ρομποτικοί εξωσκελετοί είναι κατάλληλοι και ασφαλείς. Συμβουλευτείτε έναν εξειδικευμένο επαγγελματίας υγείας για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια.
Οι ρομποτικοί εξωσκελετοί δεν συνιστώνται για άτομα:

- Που δεν μπορούν να ανεχθούν την ορθοστάτηση, ακόμη και με βοηθητική συσκευή (περιπατητήρα, ορθώσεις), λόγω πόνου ή άλλων επιπλοκών (αυτόνομη δυσαντανακλαστικότητα, ορθοστατική υπόταση).
- Με σοβαρές νευρολογικές κακώσεις (πέρα από την ΚΝΜ).
- Με σοβαρή ή ανεξέλεγκτη σπαστικότητα.
- Με οστεοπόρωση.
- Με κατάγματα.
- Με σοβαρές συγκάμψεις (παραμορφώσεις που προκαλούν δυσκαμψία των αρθρώσεων και των μυών και περιορίζουν τη φυσιολογική ή λειτουργική κίνηση των άκρων).

*Οι ακραίες συγκάμψεις αποτελούν αντένδειξη για τη χρήση εξωσκελετών.*[15]

## Χρήση λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού (FES) για την αντιμετώπιση της σπαστικότητας

Οι ερευνητές δημιούργησαν μια νέα συσκευή που ενσωματώνει το FES σε έναν εξωσκελετό για να αντιμετωπίσει το ζήτημα της σοβαρής σπαστικότητας που επηρεάζει τη χρήση του. Σε αυτό το υβρίδιο FES-εξωσκελετού, το FES συμπλήρωσε τον εξωσκελετό διεγείροντας τους σφιχτούς εκτεινόμενους μύες για να διευκολύνει το περπάτημα. Οι συγγραφείς διαπίστωσαν ότι η σπαστικότητα μειώθηκε προσωρινά όταν χρησιμοποιήθηκε FES στη βάδιση με εξωσκελετό. Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι το γόνατο ήταν πιο εύκολο να ισιώσει στην ανέγερση από καθιστή θέση και οι δυνάμεις που ασκούνταν στο γόνατο κατά τη διάρκεια καθιστής θέσης μειώθηκαν. Ενώ αυτή η μελέτη παρέχει κάποια υπόσχεση για τα άτομα με σοβαρή σπαστικότητα στην χρήση εξωσκελετών, απαιτείται περαιτέρω έρευνα.

# Πώς αλλάζει το περπάτημα με έναν εξωσκελετό με την πάροδο του χρόνου;

Η χρήση εξωσκελετού απαιτεί εξάσκηση. Αν και το περπάτημα σε έναν εξωσκελετό μπορεί να φαίνεται τρομακτικό στην αρχή, η έρευνα δείχνει ότι η ικανότητα βάδισης βελτιώνεται με την πάροδο του χρόνου. Τόσο στα πρόσφατα τραυματισμένα (δηλ. λιγότερο από 6 μήνες από τον τραυματισμό) όσο και στα χρόνια τραυματισμένα άτομα με ΚΝΜ, αδύναμης τεκμηρίωσης στοιχεία δείχνουν ότι το περπάτημα στον εξωσκελετό βελτιώνεται με την πάροδο του χρόνου.

## Γίνεστε πιο γρήγοροι

Μεταξύ των πρόσφατα τραυματισμένων ατόμων, αδύναμης τεκμηρίωσης στοιχεία από μια μελέτη δείχνουν ότι η ταχύτητα περπατήματος σε έναν εξωσκελετό γίνεται 3,2 φορές ταχύτερη μετά από 25 συνεδρίες 1 ώρας. Επιπλέον, αυτά τα άτομα ήταν σε θέση να περπατήσουν περισσότερο σε έναν εξωσκελετό μετά τις συνεδρίες τους. Μεταξύ των χρονίως τραυματισμένων ατόμων, παρόμοιες τάσεις παρατηρούνται με αυξήσεις στην ταχύτητα βάδισης του εξωσκελετού σε δύο μελέτες ασθενούς τεκμηρίωσης. Σε μια άλλη μελέτη αδύναμης τεκμηρίωσης, διαπιστώθηκε ότι χρειάστηκαν 21 συνεδρίες για να επιτευχθεί η σχεδόν μέγιστη ταχύτητα βάδισης στο τέλος μιας περιόδου 12 εβδομάδων, ενώ απαιτήθηκαν 62 συνεδρίες για να επιτευχθεί σχεδόν μέγιστη απόσταση περπατήματος.

## Απαιτείται λιγότερη προσπάθεια

Υπάρχει τόσο αδύναμης όσο και μέτρια τεκμηρίωση που υποδηλώνει ότι με την πάροδο του χρόνου η προσπάθεια που απαιτείται για να περπατήσετε χρησιμοποιώντας έναν εξωσκελετό μειώνεται. Αυτό έχει αξιολογηθεί τόσο υποκειμενικά (δηλαδή, οι άνθρωποι αισθάνονται ότι το περπάτημα σε έναν εξωσκελετό δεν είναι τόσο δύσκολο όσο περνάει ο καιρός) όσο και φυσιολογικά (δηλαδή, λιγότερες απαιτήσεις από το σώμα σας). Αυτό υποδηλώνει ότι τα άτομα μετά τις συνεδρίες χρήσης ενός εξωσκελετού μπορούν να περπατήσουν μεγαλύτερες αποστάσεις με λιγότερη προσπάθεια.

## Χρήση λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού (FES) για την αντιμετώπιση της σπαστικότητας

Οι ερευνητές έχουν παρατηρήσει διαφορές στη χρήση εξωσκελετού μεταξύ των πρόσφατα τραυματισμένων (π.χ. σε ασθενείς) και των χρονίως όσον αφορά τις ανεπιθύμητες ενέργειες και τα οφέλη που έλαβαν. Μεταξύ των ατόμων που έχουν πρόσφατα υποστεί ΚΝΜ, αδύναμα στοιχεία δείχνουν ότι η πιο κοινή ανεπιθύμητη ενέργεια ήταν η ορθοστατική υπόταση (ξαφνική πτώση της αρτηριακής πίεσης). Μια μελέτη διαπίστωσε ότι η ορθοστατική υπόταση εμφανίζεται συνήθως μετά την πρώτη στάση ή μετά από παύσεις (π.χ. για λήψη ζωτικών στοιχείων ή για στροφή).

*Συνέχεια στην επόμενη σελίδα…*

*...συνέχεια*

Ωστόσο, η συχνότητα των επεισοδίων ορθοστατικής υπότασης μειώθηκε μετά από μερικές συνεδρίες. Επιπλέον, μια άλλη μελέτη (αδύναμα στοιχεία) δείχνει ότι τα πρόσφατα τραυματισμένα άτομα μπορεί να δουν βελτιώσεις στην ανεξαρτησία και την ποιότητα ζωής τους, ενώ εκείνα με χρόνιους τραυματισμούς όχι. Απαιτείται περισσότερη έρευνα για να προσδιοριστεί η σημασία των διαφορών στη χρήση εξωσκελετών μεταξύ οξείας βλάβης και χρόνιας.

# Τι επηρεάζει την ταχύτητα βάδισης και την απόκτηση δεξιοτήτων κατά τη χρήση εξωσκελετού;

## Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την ταχύτητα βάδισης;

Μεταξύ εκείνων με ΚΝΜ που χρησιμοποιούν σύγχρονες συσκευές εξωσκελετού, η μέση ταχύτητα βάδισης είναι 0,26 μέτρα ανά δευτερόλεπτο. Αυτή η ταχύτητα είναι αρκετά αργή και είναι χαμηλότερη από τη μέση ταχύτητα που απαιτείται για να περπατήσει κανείς καλά στην κοινότητα (0,8 μέτρα ανά δευτερόλεπτο) και να διασχίσει το δρόμο με ασφάλεια (1,06 μέτρα ανά δευτερόλεπτο). Ωστόσο, η ταχύτητα βάδισης σε έναν εξωσκελετό υπόκειται σε βελτίωση, ανάλογα με διάφορους παράγοντες.

Μερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα βάδισης περιλαμβάνουν την ηλικία, το επίπεδο και τον τύπο του τραυματισμού και την ποσότητα εκπαίδευσης που λαμβάνει κάποιος. Υπάρχουν κάποια (αδύναμα) στοιχεία που υποδηλώνουν ότι τα άτομα με ατελή, χαμηλότερου επιπέδου ΚΝΜ είναι πιο πιθανό να παρουσιάσουν μεγαλύτερες ταχύτητες βάδισης. Συγκεκριμένα, μια μελέτη (αδύναμης τεκμηρίωσης στοιχεία) διαπίστωσε ότι τα άτομα με παραπληγία χαμηλότερου επιπέδου (δηλ. Θ9-Ο1) ήταν σε θέση να περπατήσουν με σημαντικά υψηλότερες ταχύτητες. Επιπλέον, υπήρχε ασθενής συσχέτιση μεταξύ μεγαλύτερης ηλικίας και αυξημένων ταχυτήτων βάδισης (δηλαδή, οι ηλικιωμένοι περπατούν ελαφρώς πιο γρήγορα από τους νεότερους ενήλικες), αν και αυτό θα μπορούσε να σχετίζεται με τη διαφορά που σχετίζεται με την ηλικία στη σοβαρότητα του τραυματισμού (δηλαδή, τα ηλικιωμένα άτομα είχαν χαμηλότερα επίπεδα τραυματισμού). Δεν βρέθηκε συσχέτιση με μεγαλύτερο χρόνο από τον τραυματισμό.

## Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την απόκτηση δεξιοτήτων;

Ο χρόνος που απαιτείται για την απόκτηση ικανών δεξιοτήτων για να περπατήσετε σε έναν εξωσκελετό ποικίλλει σημαντικά, κυμαινόμενος από 6-23 συνεδρίες. Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την απόκτηση δεξιοτήτων, συμπεριλαμβανομένου του τρόπου ζωής, της ηλικίας, της ηλικίας κατά τον

τραυματισμό και του δείκτη μάζας σώματος (ΔΜΣ). Αδύναμης τεκμηρίωσης στοιχεία δείχνουν ότι ο πιο σημαντικός προγνωστικός παράγοντας της απόδοσης δεξιοτήτων είναι ένας ενεργός τρόπος ζωής, αν και το να είναι νεότερος κάποιος και να έχει χαμηλότερο ΔΜΣ συνδέεται επίσης με υψηλότερο επίπεδο δεξιοτήτων. Επιπλέον, οι συγγραφείς σημειώνουν ότι ενώ το χαμηλότερο επίπεδο τραυματισμού ήταν θετικός προγνωστικός παράγοντας δεξιοτήτων μεταξύ 2-4 εβδομάδων χρήσης εξωσκελετού, δεν προέβλεψε τα τελικά επίπεδα δεξιοτήτων.

Ο τύπος του εξωσκελετού που χρησιμοποιείται μπορεί επίσης να επηρεάσει την απόκτηση δεξιοτήτων. Για παράδειγμα, αδύναμης τεκμηρίωσης στοιχεία σημειώνουν ότι μια συσκευή με περισσότερη υποστήριξη στον κορμό μπορεί να διευκολύνει την απόκτηση δεξιοτήτων καθώς παρέχει μεγαλύτερη σταθερότητα. Αν και έχουμε συνοψίσει την έρευνα σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν την απόκτηση δεξιοτήτων, ο τύπος εξωσκελετού που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε μελέτη δεν ελήφθη υπόψη. Ως αποτέλεσμα, δεν είμαστε σε θέση να διαχωρίσουμε τις επιπτώσεις των προαναφερθέντων παραγόντων (π.χ. τρόπος ζωής, ηλικία, ΔΜΣ) και του τύπου εξωσκελετού στην απόκτηση δεξιοτήτων.

## Μπορώ να έχω οφέλη άσκησης από το περπάτημα με εξωσκελετό;

Αν και το περπάτημα με έναν εξωσκελετό χρησιμοποιείται κυρίως για σκοπούς αποκατάστασης, η προσπάθεια που απαιτείται για τη χρήση της συσκευής είναι αρκετά επίπονη ώστε να θεωρείται άσκηση. Για παράδειγμα, μια μελέτη διαπίστωσε ότι το περπάτημα σε έναν εξωσκελετό απαιτεί 3,34 φορές περισσότερη προσπάθεια από την ώθηση ενός αμαξιδίου και 1,9 φορές περισσότερη σε σύγκριση με τη βάδιση, παρά το ότι η επιτευχθείσα βάδιση είναι 7,4 φορές πιο αργή. Δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι οι συμμετέχοντες αντιλαμβάνονται επίσης ότι προσπαθούν εντονότερα. Από τρεις μελέτες (αδύναμης τεκμηρίωσης ενδείξεις) οι συμμετέχοντες ενώ περπατούσαν σε ρομποτικό εξωσκελετό, ασκήθηκαν σε μέτρια ένταση, η οποία είναι αρκετή για να αποκομίσουν καρδιαγγειακά οφέλη. Αν και ορισμένοι συμμετέχοντες από μια μελέτη (αδύναμης τεκμηρίωσης στοιχεία) ανέφεραν ότι εργάζονταν σε χαμηλή ένταση, οι συγγραφείς σημείωσαν ότι με βάση τον καρδιακό ρυθμό και την κατανάλωση οξυγόνου, στην πραγματικότητα εργάζονταν σε μέτρια ένταση. Αυτό υποδηλώνει ότι μερικοί άνθρωποι μπορεί πραγματικά να ασκούν το σώμα τους σκληρότερα από ό, τι αισθάνονται ότι κάνουν!

Γιατί λοιπόν το περπάτημα σε έναν εξωσκελετό είναι τόσο πολλή δουλειά; Η έρευνα δείχνει ότι η χρήση ενός εξωσκελετού απαιτεί πολλή δουλειά από τα χέρια και τον κορμό για να υποστηρίξει μια όρθια στάση και να μετατοπίσει το βάρος για να ξεκινήσει το βήμα. Ωστόσο, σε σχέση με άλλα ορθωτικά βάδισης (π.χ. ρομποτικές ορθώσεις βάδισης, μηροκνημοποδικέςορθώσεις), ορθώσεις με FES, το περπάτημα σε εξωσκελετό απαιτεί σημαντικά λιγότερη προσπάθεια. Γιατί λοιπόν να χρησιμοποιήσετε έναν εξωσκελετό για άσκηση εάν η χρήση άλλων ορθωτικών για περπάτημα είναι πιο δύσκολη; Το σημαντικό ζήτημα είναι η αντοχή. Μπορεί να ασκηθείτε σκληρότερα περπατώντας με άκαμπτες ορθώσεις, αλλά μπορεί να εξαντλείστε γρήγορα. Έναν εξωσκελετός δηλαδή θα μπορούσε να σας επιτρέψει να ασκηθείτε σε μέτρια ένταση για πολύ περισσότερο κατά τη βάδιση.

# Ποια στοιχεία υπάρχουν για τη χρήση εξωσκελετού στην κοινότητα;

Επί του παρόντος, υπάρχουν μόνο δύο μοντέλα εξωσκελετών που έχουν εγκριθεί για καθημερινή χρήση στη Βόρεια Αμερική. Ως εκ τούτου, υπάρχουν περιορισμένα στοιχεία για τη χρήση εξωσκελετού στην κοινότητα. Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ένας εξωσκελετός ανεξάρτητα, τα άτομα θα πρέπει να είναι σε θέση να βάλουν και να βγάλουν τον εξωσκελετό χωρίς επαγγελματική βοήθεια. Αδύναμης τεκμηρίωσης στοιχεία έχουν δείξει ότι τα άτομα με παραπληγία είναι σε θέση να τοποθετήσουν και να βγάλουν ανεξάρτητα αυτές τις συσκευές, αν και τα άτομα με τετραπληγία δεν είναι. Επιπλέον, αδύναμης τεκμηρίωσης στοιχεία έχουν δείξει ότι ο χρόνος που χρειάζεται για να τοποθετηθεί και να αφαιρεθεί ένας εξωσκελετός μπορεί να μειωθεί με την εξάσκηση. Όσον αφορά την ταχύτητα περπατήματος σε εσωτερικούς έναντι εξωτερικών χώρων, μια μελέτη αδύναμης τεκμηρίωσης διαπίστωσε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην ταχύτητα.

Ορισμένες μελέτες έχουν εξετάσει τις δεξιότητες που βασίζονται στο σπίτι και την κοινότητα που μπορούν να ολοκληρωθούν χρησιμοποιώντας έναν εξωσκελετό. Μια μελέτη αδύναμης τεκμηρίωσης διαπίστωσε ότι η πλειοψηφία των συμμετεχόντων μπορούσε να περπατήσει με εξωσκελετό ανεξάρτητα χωρίς εκπαιδευτή και να εκτελέσει εργασίες όπως να φτάσει σε ψηλά ντουλάπια, να χρησιμοποιήσει την κουζίνα και τον νεροχύτη, αλλά δεν ήταν σε θέση να περπατήσει σε χαλί και ράμπες. Ωστόσο, οι συγγραφείς σημειώνουν ότι ορισμένες εργασίες ήταν πιο δύσκολο να ολοκληρωθούν, όπως η προσέγγιση χαμηλών ντουλαπιών και το άνοιγμα ενός ψυγείου και η παραλαβή αντικειμένων. Άλλες μελέτες (αδύναμης τεκμηρίωσης) έχουν διαπιστώσει ότι ένα μικρό ποσοστό ανθρώπων ήταν σε θέση να κάνει πιο προηγμένες εργασίες που βασίζονται στην κοινότητα, όπως η είσοδος / έξοδος από ανελκυστήρες, η λειτουργία αυτόματων θυρών, η πλοήγηση σε περιστρεφόμενες πόρτες και η παραγγελία σε μια καφετέρια. Απαιτείται περισσότερη έρευνα για να καθοριστεί πόσο γρήγορα μπορούν τα άτομα να αποκτήσουν αυτές τις δεξιότητες.

# Συμπερασματικά

Υπάρχουν σήμερα πολλά μοντέλα ρομποτικών εξωσκελετών που συνεχίζουν να αναπτύσσονται και να βελτιώνονται. Οι εξωσκελετοί χρησιμοποιούνται κυρίως για σκοπούς αποκατάστασης, αν και ορισμένα μοντέλα είναι διαθέσιμα για χρήση στην κοινότητα. Η χρήση εξωσκελετού έχει αποδειχθεί ότι είναι σχετικά ασφαλής και εύκολη στην εκμάθηση. Πολλά οφέλη έχουν αναφερθεί, συμπεριλαμβανομένης της ικανότητας βάδισης, τη βελτίωση στην υγεία των οστών, της καρδιάς, στην σπαστικότητα, λειτουργία του εντέρου, στη φυσική κατάσταση και στα τραύματα πίεσης. Ενώ υπάρχουν πολλά θετικά ευρήματα για τους ρομποτικούς εξωσκελετούς, αυτό είναι ένα αναδυόμενο πεδίο και απαιτείται ισχυρότερη έρευνα για να υποστηριχθούν αυτοί οι ευεργετικοί ισχυρισμοί. Μια ισχυρή σκέψη είναι να σταθμιστούν αυτά τα οφέλη έναντι του κόστους και επίσης να συγκριθεί ο τρόπος με τον οποίο αυτά τα οφέλη συγκρίνονται με άλλες οδούς για την επίτευξη παρόμοιων στόχων.

Για μια λίστα των μελετών που περιλαμβάνονται, ανατρέξτε στη Λίστα Αναφορών. Για μια ανασκόπηση του τι εννοούμε με τους όρους "ισχυρής", "μέτριας" και "αδύναμης" τεκμηρίωσης στοιχεία, ανατρέξτε στην Αξιολόγηση Τεκμηρίωσης της Κοινότητας SCIRE.

# Σχετικές πηγές

Κοινότητα SCIRE. Σπαστικότητα. Διαθέσιμο από: community.scireproject.com/topic/spasticity/

Κοινότητα SCIRE. Κατευθυντήριες Άσκησης για Ενήλικες με ΚΝΜ. Διαθέσιμο από: community.scireproject.com/topic/exercise-guidelines/

Κοινότητα SCIRE. Λειτουργικός Ηλεκτρικός Ερεθισμός (FES). Διαθέσιμο από: community.scireproject.com/topic/functional-electrical-stimulation/

Κοινότητα SCIRE. Ορθοστατική Υπόταση. Διαθέσιμο από: community.scireproject.com/topic/orthostatic-hypotension/

# Λίστα αναφορών

Τμήματα αυτού του εγγράφου έχουν προσαρμοστεί από το κεφάλαιο του Έργου SCIRE (Επαγγελματική έκδοση) “Κάτω Άκρο” :

Lam T, Wolfe DL, Domingo A, Eng JJ, Sproule S (2014). Lower Limb Rehabilitation Following Spinal Cord Injury. In: Eng JJ, Teasell RW, Miller WC, Wolfe DL, Townson AF, Hsieh JTC, Connolly SJ, Noonan VK, Loh E, McIntyre A, editors. Spinal Cord Injury Rehabilitation Evidence. Version 5.0. Vancouver: p 1-74. Available from: https://scireproject.com/evidence/lower-limb-and-walking/

Πλήρης λίστα αναφορών διαθέσιμη στο: community.scireproject.com/topic/robotic-exoskeletons/#reference-list
Γλωσσάριο διαθέσιμο στο**:** community.scireproject.com/topics/glossary/

## Πηγές εικόνων

1. Βάδιση με έναν κλινικό ©SCIRE Community
2. Hardiman I ©Bruce R. Fick and John B. Makinson, General Elerctric Co., Public Domain
3. Active Suit ©Robotics Laboratory, Mihailo Pupin Institute
4. Ekso Exoskeleton ©Ekso Bionics 2020
5. ReWalk Exoskeleton ©ReWalk Robotics 2020
6. REX Exoskeleton ©REX Bionics Ltd 2020
7. Indego Exoskeleton ©Parker Hannifin Corp 2020
8. ReWalk Exoskeleton ©ReWalk Robotics 2020
9. Σπαστικότητα ©SCIRE Community
10. Colon ©Servier Medical Art, CC BY 3.0
11. Μηριαίο ©Servier Medical Art, CC BY 3.0
12. Τροποποιημένο από: Beating heart ©Lillit Kalachyan, CC BY 3.0
13. Κεραυνός ©FLPLF, CC BY 3.0
14. Τροποποιημένο από Σπαστικότητα ©SCIRE Community
15. Διάστρεμμα ©Servier Medical Art, CC BY 3.0
16. Exoskeleton Icon ©SCIRE Community
17. Downtown New York City streets ©Free-photos, Pixabay License
18. Κεριά ©The SCIRE Community Team
19. Τροποποιημένο από: Weight Scale ©Sandra, CC BY 3.0
20. Wheelchair Tennis ©Gan Khoon Lay, CC BY 3.0
21. Personal user photo courtesy of Parker Hannifin Corporation, USA

Δήλωση αποποίησης ευθυνών: Αυτό το έγγραφο δεν παρέχει ιατρικές συμβουλές. Αυτές οι πληροφορίες παρέχονται μόνο για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Συμβουλευτείτε έναν καταρτισμένο επαγγελματία υγείας για περισσότερες πληροφορίες ή συγκεκριμένες ιατρικές συμβουλές. Το έργο SCIRE, οι συνεργάτες και οι συμμετέχοντες σε αυτό αποποιούνται κάθε ευθύνη έναντι οποιουδήποτε μέρους για οποιαδήποτε απώλεια ή ζημιά από σφάλματα ή παραλείψεις σε αυτήν την έκδοση.