



HMY 370

Εισαγωγή στη Βιοϊατρική Μηχανική

Ορθωτικά, Προσθετικά, Βιονικά



- **Τι είναι Ορθωτικά;**

- Ορθοπεδικές συσκευές που έχουν σχεδιαστεί για να διορθώσουν, να ευθυγραμμίσουν ή να υποστηρίξουν ένα μέρος του σώματος

- **Πώς λειτουργούν;**

- Αποτρέπουν ανώμαλες κινήσεις ή στάσεις
- Αλλάζουν τις μηχανικές ιδιότητες;
- Ιδιοδεκτικότητα;





• Παραδείγματα Ορθωτικών Εφαρμογών

- Σβέρκο → Αυχενικό τραύμα
 - Αποτρέπουν κινήσεις οι οποίες μπορεί να επιδεινώσουν το τραύμα
- Πλάτη → Σκολίωση
 - Σταδιακά διορθώνουν το σχήμα της σπονδυλικής στήλης
- Καρπός → Σύνδρομο καρπιαίου σωλήνα
 - Εμποδίζουν την κίνηση του καρπού και επιτρέπουν στα νεύρα να αποθεραπευτούν
- Γόνατα → Τραύμα κλείδωσης ή συνδέσμου
 - Προλαμβάνουν τραύματα του γονάτου
 - Ακινητοποιούν το γόνατο για σωστή ανάρρωση μετά από εγχείρηση
- Πόδι → Σύνδρομο πτώση του άκρου ποδός (Νάρθηκας Ποδός-Αστραγάλου)
 - Κρατούν το πόδι σε κάμψη ώστε να γίνεται πιο εύκολο το περπάτημα
- Πόδι → Παραμορφώσεις, βλάβες πίεσης ή πόνος
 - Προσαρμοζόμενη υποστήριξη για διόρθωση παραμόρφωσης και πρόληψης του τραύματος





- Το μέλλον;

Exosuit That Helps With the Heavy Lifting

A body-powered design that hinders incorrect posture to prevent injury





- **Τι είναι προσθετικά;**

- Ένα τεχνητό τμήμα που αντικαθιστά ένα μέρος του σώματος.
- Συνήθως αντικαθιστά μέρη που χάθηκαν από τραυματισμό ή λείπουν εκ γενετής ή συμπληρώνει ελλιπή μέρη του σώματος.
- Ένα τεχνητό άκρο είναι ένα είδος προσθετικού
- Άλλοι τύποι περιλαμβάνουν καρδιακές βαλβίδες, εμφυτεύματα άρθρωσης του ισχίου, κλπ.





• Ακρωτηριασμοί

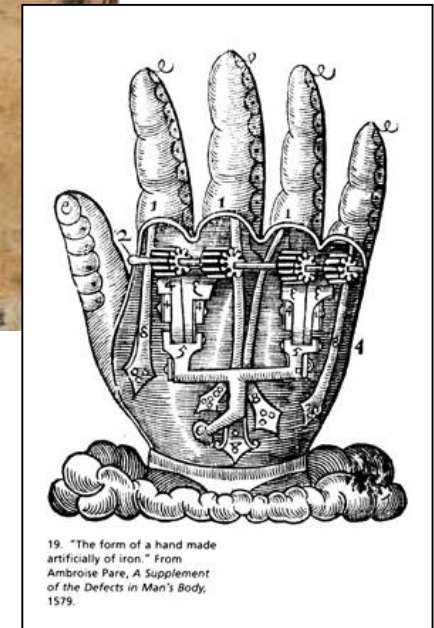
- > 150.000 ετησίως στις ΗΠΑ
- Οι πιο κοινές αιτίες ακρωτηριασμού κάτω άκρου είναι:
 - Ασθένειες (70%)
 - Κυρίως κυκλοφοριακές επιπλοκές του διαβήτη
 - Τραύματα (22%)
 - Τις περισσότερες φορές άκρα και όργανα (όπως χέρια, αυτιά, πόδια, δάχτυλα και μύτη.)
 - Τέσσερις στους πέντε είναι άνδρες 15-35 ετών
 - Συγγενή ή Γενετικά Προβλήματα (4%)
 - Όγκοι (4%)





• Ιστορία

- Αρχαία Αίγυπτος
 - Βρέθηκαν μούμιες με προσθετικά άκρα φτιαγμένα από ίνες
- Μεσαίωνας
 - Απλά ξύλινα πόδια-πάσσαλοι και χέρι γάντζοι
 - Ελάχιστα λειτουργικά
- Αναγέννηση
 - Αμβρόσιος Παρέ (Ambroise Pare)
 - "Le Petit Lorrain" (ένα χέρι που λειτουργούσε με ελατήρια και γρανάζια)
- 19ος και 20ος Αιώνας
 - Πολλοί πόλεμοι → πολλοί ακρωτηριασμένοι
 - Κυβερνητικές χορηγίες για έρευνα

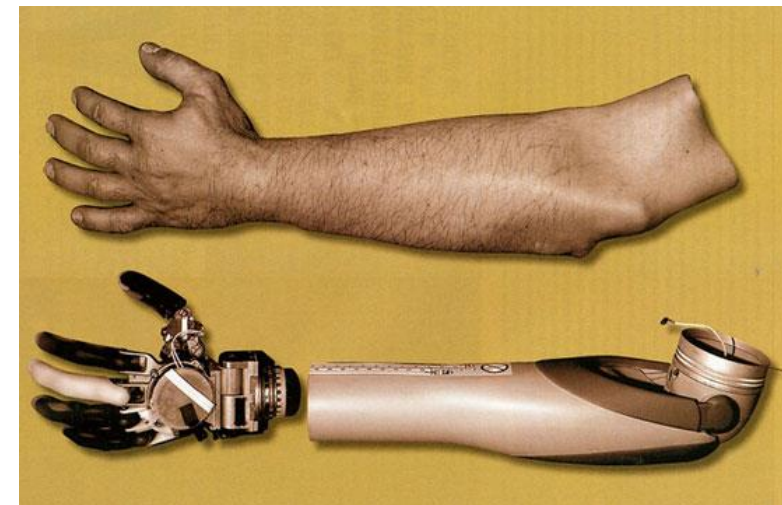




- Μοντέρνα Προσθετικά
- Σχεδιασμός
 - Υπολογιστές βοηθούν στη
 - Σχεδίαση
 - Παραγωγή
 - Εφαρμογή
 - Βελτιωμένη γνώση εμβιομηχανικής
 - Τεχνητά άκρα που μοιάζουν αλλά και κινούνται όπως και τα πραγματικά
- Υλικά
 - Τα μοντέρνα υλικά είναι ανθεκτικότερα και ελαφρότερα
 - Πλαστικά, τιτάνιο, ίνες άνθρακα
- Έλεγχος
 - Μυο-ηλεκτρικά Προσθετικά



THE CIRCUITRY OF A MYOELECTRIC HAND
Courtesy : Inventors.About.com



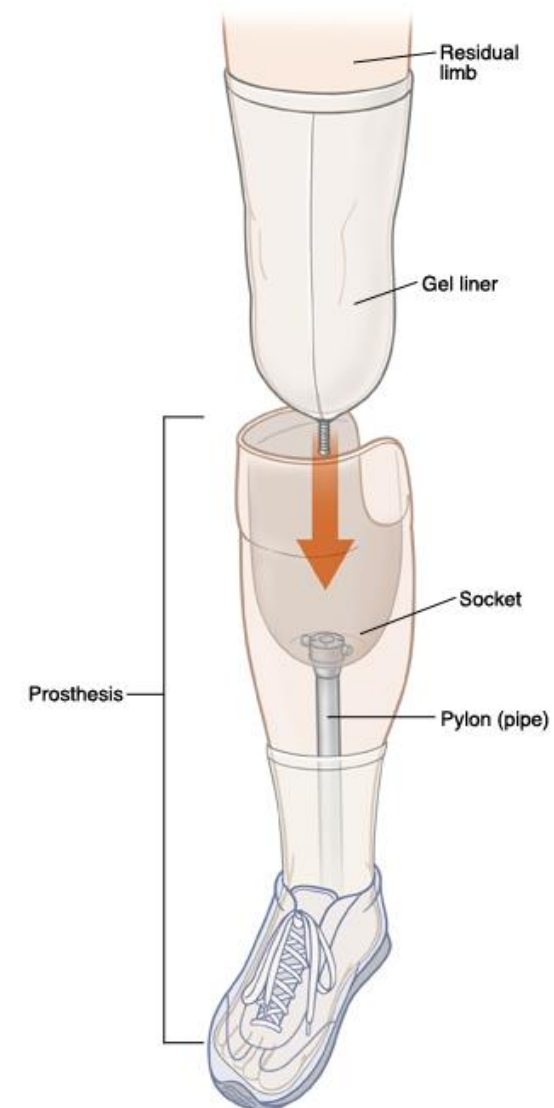


- **Βασικά Μέρη**

- Υποδοχή
 - Σχεδιασμένη για τον συγκεκριμένο ασθενή
- Εσωτερική δομή (πυλώνας)
- Δέματα και ζώνες
 - Για σύνδεση με το σώμα
- Εσωτερική επένδυση
 - Μαλακή, προστατεύει την περιοχή επαφής με το σώμα
- Εξωτερική επένδυση
 - Βελτιωμένη εμφάνιση
 - Μοιάζει με “πραγματικό” (κάποιες φορές)

- **Ιδιότητες**

- Ελαφρύ (πλαστικό και τιτάνιο ή αλουμίνιο)
 - Τελευταία τεχνολογία: χρήση ινών άνθρακα για ακόμη ελαφρότερο πυλώνα





- **Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή προσθετικού:**

- Επίπεδο ακρωτηριασμού
- Περίγραμμα του εναπομείναντος άκρου
- Αναμενόμενη λειτουργία του προσθετικού
- Γνωστικό επίπεδο του ασθενούς
- Εργασία του ασθενούς (π.χ. καθιστική ή χειρονακτική)
- Άλλα ενδιαφέροντα του ασθενούς (π.χ. χόμπι)
- Σημαντικότητα της εξωτερικής εμφάνισης
- Οικονομικές δυνατότητες του ασθενούς

- **Χαρακτηριστικά ενός επιτυχημένου προσθετικού:**

- Να έχει άνετη εφαρμογή
- Να μπαίνει και να βγαίνει εύκολα
- Ελαφρύ
- Ανθεκτικό και εμφανισιακά αποδεκτό.
- Καλή μηχανική λειτουργία και ελάχιστη συντήρηση
- Εξαρτάται από το κίνητρο του ασθενούς καθώς τίποτα από τα πιο πάνω δεν έχουν σημασία αν ο ασθενής δεν φορά το προσθετικό



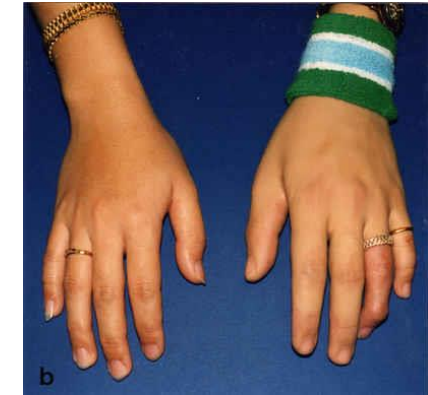
- **Προβλήματα που μπορεί να παρουσιαστούν από τη χρήση προσθετικών:**

- Η κίνηση με προσθετικά χρειάζεται περισσότερη ενέργεια
- Τα προσθετικά πρέπει να προσαρμοστούν αρκετές φορές πριν εφαρμόσουν σωστά
- Πόνος και Πληγές στο Δέρμα
 - Κακή προσαρμογή του προσθετικού → άνιση κατανομή βάρους → επιπρόσθετη πίεση στο εναπομείναν ή το άλλο άκρο → πόνος ή / και πληγές
 - Αν οι πληγές δεν θεραπευθούν μπορεί να οδηγήσουν σε μολύνσεις και με την πάροδο του χρόνου σε περαιτέρω ακρωτηριασμό
 - Το εναπομείναν άκρο πρέπει να ελέγχεται καθημερινά για ερυθρότητα, φυσαλίδες, πόνο ή πρήξιμο.



- **Κοσμητικά Προσθετικά (\$)**

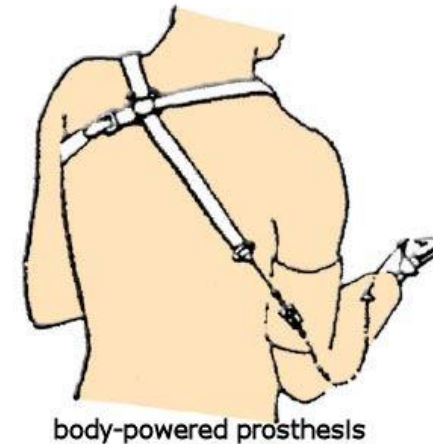
- Συνήθως για ακρωτηριασμένα άνω άκρα
- Μικρή έως και καθόλου λειτουργικότητα
- Κατασκευασμένα από PVC ή σιλικόνη





- **Προσθετικά Καθοδηγούμενα με το σώμα (\$\$)**

- Συνήθως για ακρωτηριασμένα άνω άκρα
- Καθοδηγούνται με ένα σύστημα καλωδίων και λουριών
 - Με τη βοήθεια των μυών της πλάτης και του ώμου, το καλώδιο κινείται ώστε να ανοίξει ή να κλείσει το χέρι
- Κάποια λειτουργικότητα αλλά με περιορισμούς





- **Εμπροσθοτροφοδότηση → C-Leg (\$\$\$)**

- Ένας ενσωματωμένος μικροεπεξεργαστής ερμηνεύει τις κινήσεις του χρήστη και προβλέπει τις δράσεις του → επιτρέπει αλλαγές της κίνησης σε πραγματικό χρόνο (50 φορές / sec)
- Το σύστημα ενεργοποιείται με υδραυλική κίνηση του άκρου
- Υποστηρίζει έως και 10 προγραμματιζόμενες λειτουργίες, επιλεγόμενες από μια μικρή συσκευή τηλεχειρισμού
- Δίνει στους χρήστες μεγαλύτερη ευελιξία στην αλλαγή ταχύτητας ή κατεύθυνσης χωρίς να θυσιάζει τη σταθερότητα.
 - Απρόσκοπτη επιτάχυνση ή να επιβράδυνση
 - Ανάβαση σε λόφους ή πλαγιές
 - Ανασήκωμα από πτώσεις
 - Εύκολο ανέβασμα ή κατέβασμα από σκάλες



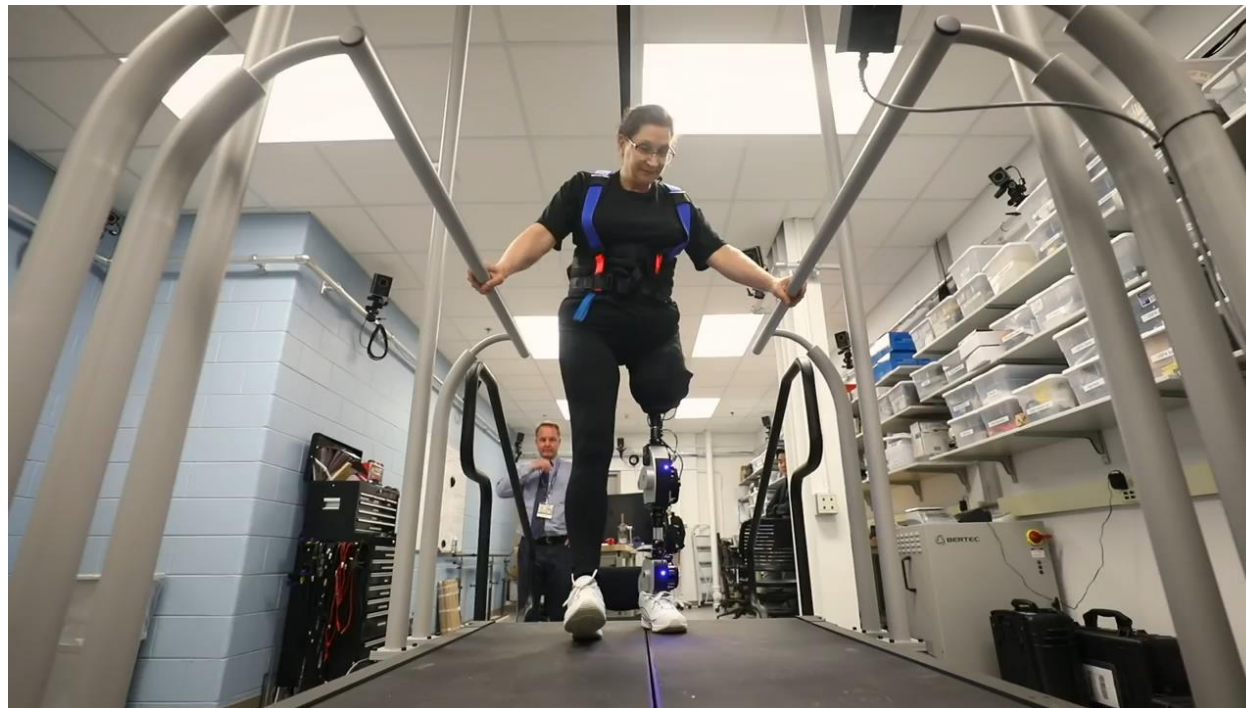


The Human OS > Biomedical > Bionics

05 Oct 2020 | 15:00 GMT

An Open-Source Bionic Leg

Freely available designs could help drive advanced control systems



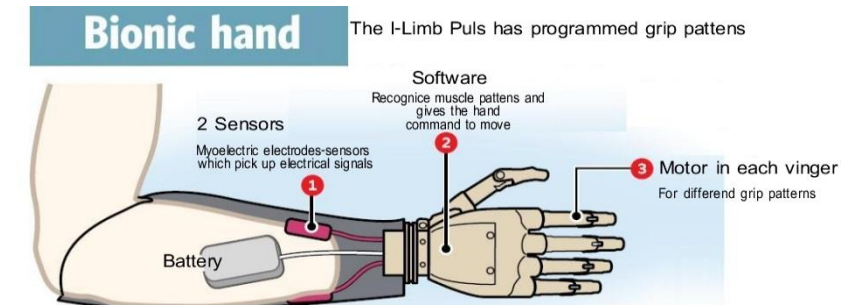
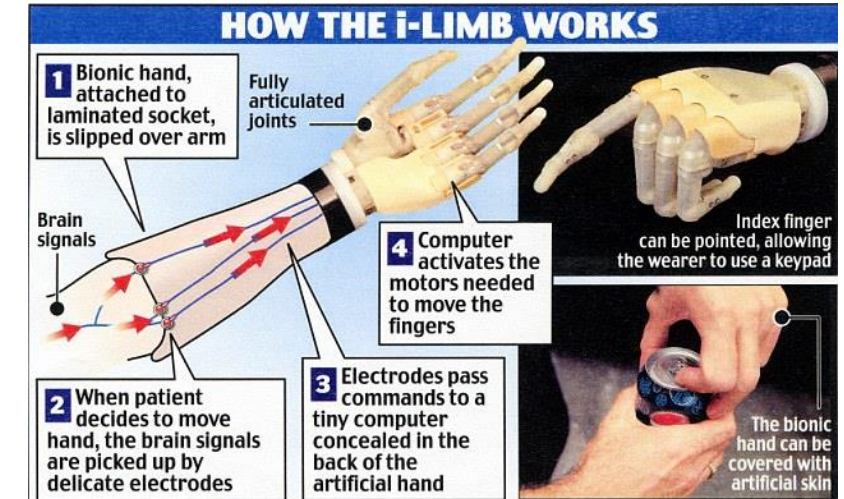
<https://spectrum.ieee.org/the-human-os/biomedical/bionics/opensource-bionicleg>

Έλεγχος Προσθετικών



- **Μυο-ηλεκτρικά Προσθετικά (\$\$\$\$)**

- Τα πιο πολύπλοκα
- Λειτουργούν με ηλεκτρόδια (ενσωματωμένα στην υποδοχή) τα οποία μετρούν ηλεκτρικά σήματα από τις συσπάσεις των μυών του εναπομείναντος άκρου με το οποίο έρχονται σε επαφή.
 - Τα σήματα, μετά από επεξεργασία, ανοίγουν ή κλείνουν το χέρι
- Αυξημένη λειτουργικότητα
- Ενσωματωμένα μέρη: ηλεκτρόδια, μπαταρία, μονάδα ελέγχου (επεξεργαστής), μοτέρ και αισθητήρες





• Λειτουργικό Προσθετικό Χέρι i-Limb Ultra

- Δάκτυλα τα οποία κινούνται ανεξάρτητα και λυγίζουν στις φυσιολογικές κλειδώσεις
- Ο αντίχειρας περιστρέφεται
- Ο καρπός μπορεί να λυγίσει με πολλούς τρόπους ή να περιστραφεί χειροκίνητα
- 4 διαφορετικά “δέρματα”: 2 ενεργά και δύο φυσικά
- Πολλές αυτοματοποιημένες λαβές αλλά και εξειδικευμένες χειρονομίες
 - Χρειάζεται κάποια χειροκίνητη τοποθέτηση των δακτύλων για κάποιες από τις κινήσεις
- Προτερήματα
 - Τα ανεξάρτητα κινούμενα δάκτυλα επιτρέπουν καλύτερες λαβές
- Μειονεκτήματα
 - Κόστος: \$18,000
 - Αν και ευέλικτο, απαιτεί κάποια χειροκίνητη τοποθέτηση για ορισμένες λειτουργίες.
 - Οι μηχανικές ιδιότητες δεν είναι ακόμα τέλειες





- **Βιονικό χέρι DEKA από το DARPA.**

- Οι δημιουργοί του το αποκαλούσαν το “Luke Arm” (Luke Skywalker)
- Μετά από σχεδόν οκτώ χρόνια ανάπτυξης και δοκιμών έχει εγκριθεί για εμπορική χρήση από την αμερικανική Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA).
- <https://spectrum.ieee.org/automaton/biomedical/bionics/dean-kamen-luke-arm-prosthesis-receives-fda-approval>

- **Δημιουργώντας ένα προσθετικό χέρι που μπορεί να νιώσει**

- Για να επιτρέψει σε ένα άτομο με προσθετικό χέρι να αντιληφθεί τις αισθήσεις
- Απλή λύση: Το προσθετικό δονείται για να δώσει την αίσθηση της αφής
 - <https://spectrum.ieee.org/bionic-hand-simulates-touch>
- Πιο πολύπλοκη λύση: Ερευνητές εμφύτευσαν, χειρουργικά, ηλεκτρόδια γύρω από τα νεύρα του πληγέντος βραχίονα
 - <https://spectrum.ieee.org/biomedical/bionics/creating-a-prosthetic-hand-that-can-feel>

- **Δημιουργώντας την αίσθηση του πόνου**

- Ένα λειτουργικό “δέρμα” που αντιδρά στον πόνο
- Επιτρέπει στον χρήστη να γνωρίζει εάν αγγίζει κάτι που θα μπορούσε να προκαλέσει βλάβη
- <https://edition.cnn.com/2020/12/02/health/artificial-pain-sensing-skin-spc-intl/index.html>

- **Η ιστορία μιας νεοφυούς επιχείρησης**

- https://read.nxtbook.com/ieee/potentials/potentials_nov_dec_2021/a_start_up_journey_in_bionic_.html



Προσθετικά στον Στίβο



- **Πρόοδος στην τεχνολογία → προσθετικά σχεδιάζονται για πιο επίπονες δραστηριότητες**

- Άτομα με ακρωτηριασμένα κάτω άκρα μπορούν και πάλι να τρέξουν
- Έπαψαν να μιμούνται τη λειτουργία του ανθρώπινου ποδιού (1996) → καμπύλη “j”

- **The Flex-Foot Cheetah**

- Μιμείται τις κινήσεις του πίσω ποδιού μιας τσίτας στη μέση του διασκελισμού
- Μειωμένη ευελιξία περιστροφής λόγω της απουσίας αστραγάλων
- Κατασκευασμένο από ίνες άνθρακα
 - Ελαφρύτερο από άλλα προσθετικά
- Επιτρέπει συμπίεση αλλά και επιστροφή στην αρχική θέση
- Συνδέεται εξωτερικά στο σώμα
- Ανεκτό για σύντομο χρονικό διάστημα μόνο
- Το κόστος ανά μονάδα είναι μεταξύ \$ 15.000-18.000
 - Τις περισσότερες φορές δεν καλύπτεται από την ασφάλεια



Προσθετικά στον Στίβο



- **Oscar Pistorius**

- Έχασε και τα δύο του πόδια σε ηλικία 11 μηνών
- Του επέτρεψε να διαγωνιστεί στους Ολυμπιακούς του 2012 ενάντια σε αρτιμελείς αθλητές

- **Αμφισβήτηση**

- Η ελαστικότητα του προσθετικού προσδίδει ένα αθέμιτο πλεονέκτημα στον αθλητή;
 - Το προσθετικό συμπιέζεται και ακολούθως επανέρχεται στο αρχικό σχήμα
 - Κάποιοι πιστεύουν ότι αυτό το κάνει πιο αποδοτικό από το πραγματικό πόδι
- Μια προσεκτική μηχανική ανάλυση, όμως, δείχνει ότι
 - Χρειάζεται 25% περισσότερη ενέργεια για να μετακινηθεί το προσθετικό πόδι
 - 90% αυτής της ενέργειας μετατρέπεται σε κινητική και υποβοηθά την ώθηση
 - Αλλά ... το ανθρώπινο πόδι προσδίδει 250% της ενέργειας στην κίνηση



Προσθετικά σε Άλλα Αθλήματα



- Διαθέσιμα για μια ποικιλία διαφορετικών/συγκεκριμένων δραστηριοτήτων
 - Γυμναστική, μπάσκετ, ποδόσφαιρο, μπείζμπολ, σκι
 - Τα προσθετικά διαφέρουν ανάλογα με τη χρήση
 - Ειδικές λαβές και αυξημένη απορρόφηση των κραδασμών
 - Εξαιρετικά ελαφριά και εξαιρετικά ανθεκτικά (τιτάνιο)



Όφελος για την Κοινωνία



- **Παροχή λειτουργικών προσθετικών σε όσους έχουν χάσει άκρα**
 - Επιτρέπει στους ασθενείς να επιστρέψουν στην εργασία
 - Μείωση των βοηθημάτων
 - Βελτίωση της παραγωγικότητας
 - Μειώνει
 - Την ανάγκη για υπηρεσίες αποκατάστασης και συμβουλευτικές υπηρεσίες
 - Τον πόνο και πιθανή εξάρτηση του ασθενούς
 - Τα ιατρικά έξοδα
 - Την πιθανότητα λοίμωξης που μπορεί να οδηγήσει σε περαιτέρω ακρωτηριασμό





Το Μέλλον

- **Συνεχής ανάπτυξη άκρων των οποίων η λειτουργικότητα να είναι όλο και πιο όμοια με τα πραγματικά**
 - Όσο η τεχνολογία βελτιώνεται, τόσο βελτιώνεται και η αποδοτικότητα των προσθετικών
 - Τα ελατήρια, που τώρα άρχισαν να ενσωματώνονται στον σχεδιασμό, μπορεί να λειτουργούν ως μύες και να επιστρέφουν περισσότερη ενέργεια στον χρήστη
 - Πολύ πιθανόν τα προσθετικά να γίνουν πιο αποδοτικά και από τα πραγματικά άκρα στο μέλλον
- **Τα προσθετικά μπορεί να είναι όπως τα παπούτσια στο μέλλον**
 - Ο κάθε ασθενής να έχει ένα διαφορετικό προσθετικό κατάλληλο για την κάθε δραστηριότητα

Ρομποτικοί Εξωσκελετοί



- **Τι είναι ρομποτικός εξωσκελετός;**

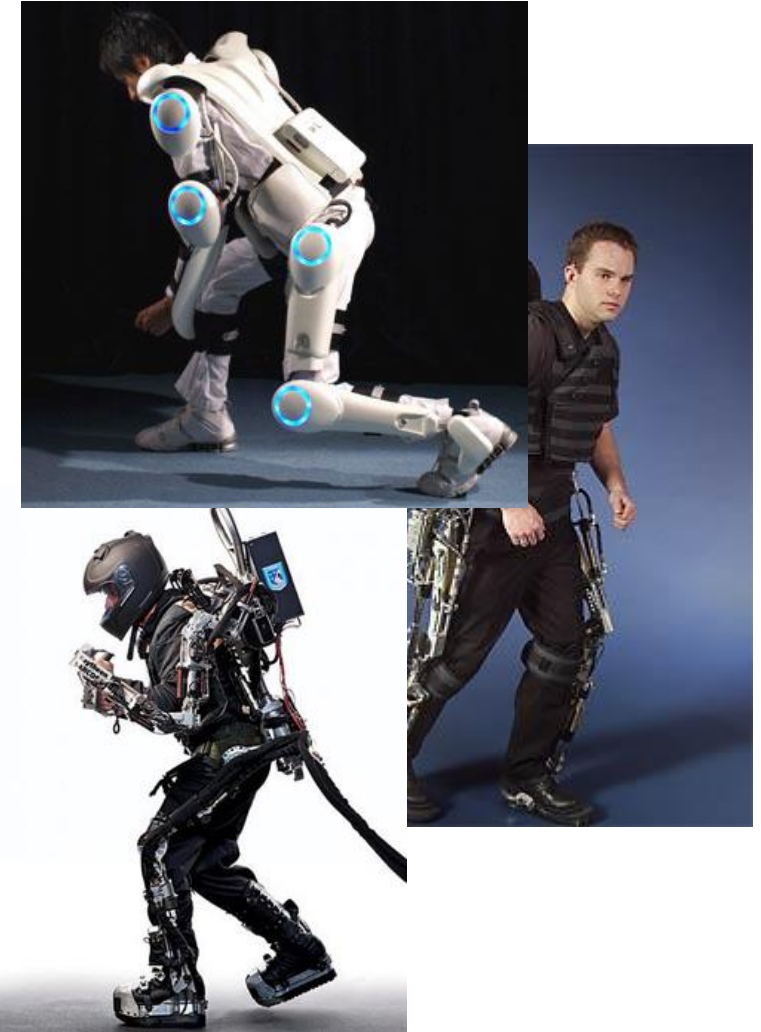
- Μια τεχνητή εξωτερική δομή στήριξης με αυτοματοποιημένο έλεγχο
- “Φορητό Ρομπότ” (“Wearable robots”)
 - Σχεδιασμένο γύρω από το σχήμα και τη λειτουργία του ανθρωπίνου σώματος
 - Ελέγχεται από ένα χρήστη

- **Ενισχύει τη δύναμη του χρήστη**

- Αντισταθμίζει μυϊκές εκφυλιστικές ασθένειες
- Παρέχει υπεράνθρωπες ικανότητες
- Μπορεί να βοηθήσει στο περπάτημα, τρέξιμο, πήδημα, ανύψωση αντικειμένων

- **Τύποι Εξωσκελετών**

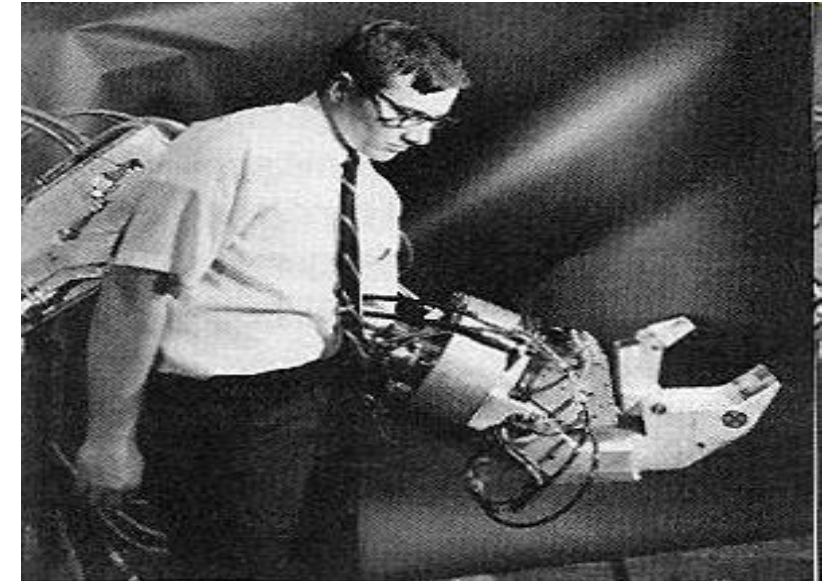
- Κίνηση
 - Παθητικοί
 - Ενεργοί
- Σκοπός
 - Αποκατάσταση (Rehabilitation)
 - Βοήθεια (Assistance)





- **Πρώτες Προσπάθειες**

- 1965: Έρευνα και Ανάπτυξη General Electric : Hardiman 1
 - Βάρος 680 kg
 - Ανύψωνε 340 kg
 - Προσπάθεια λειτουργίας δύο άκρων ταυτόχρονα κατέληγε σε “ανεξέλεγκτες και βίαιες κινήσεις.”



Ρομποτικοί Εξωσκελετοί



- Πού θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ρομποτικοί εξωσκελετοί;
- **Αποκατάσταση:**
 - Υποστήριξη των μυών και των αρθρώσεων κατά τη διάρκεια της θεραπείας
 - Παροχή άσκησης κατά τη διάρκεια της θεραπείας
 - Εξάσκηση στις σωστές τροχιές των άκρων
- **Θεραπεία αναπηρία:**
 - Υποστήριξη και κίνηση παράλυτων άκρων
 - Βοήθεια ώστε ο ασθενής να επανέλθει σε φυσιολογικά επίπεδα
- **Στρατιωτικές Χρήσεις:**
 - Αύξηση της δύναμης και αντοχής
 - Ενεργεί ως πανοπλία
 - Βάση για περαιτέρω βελτιώσεις:
 - Ενσωματωμένα όπλα
 - Υπολογιστές

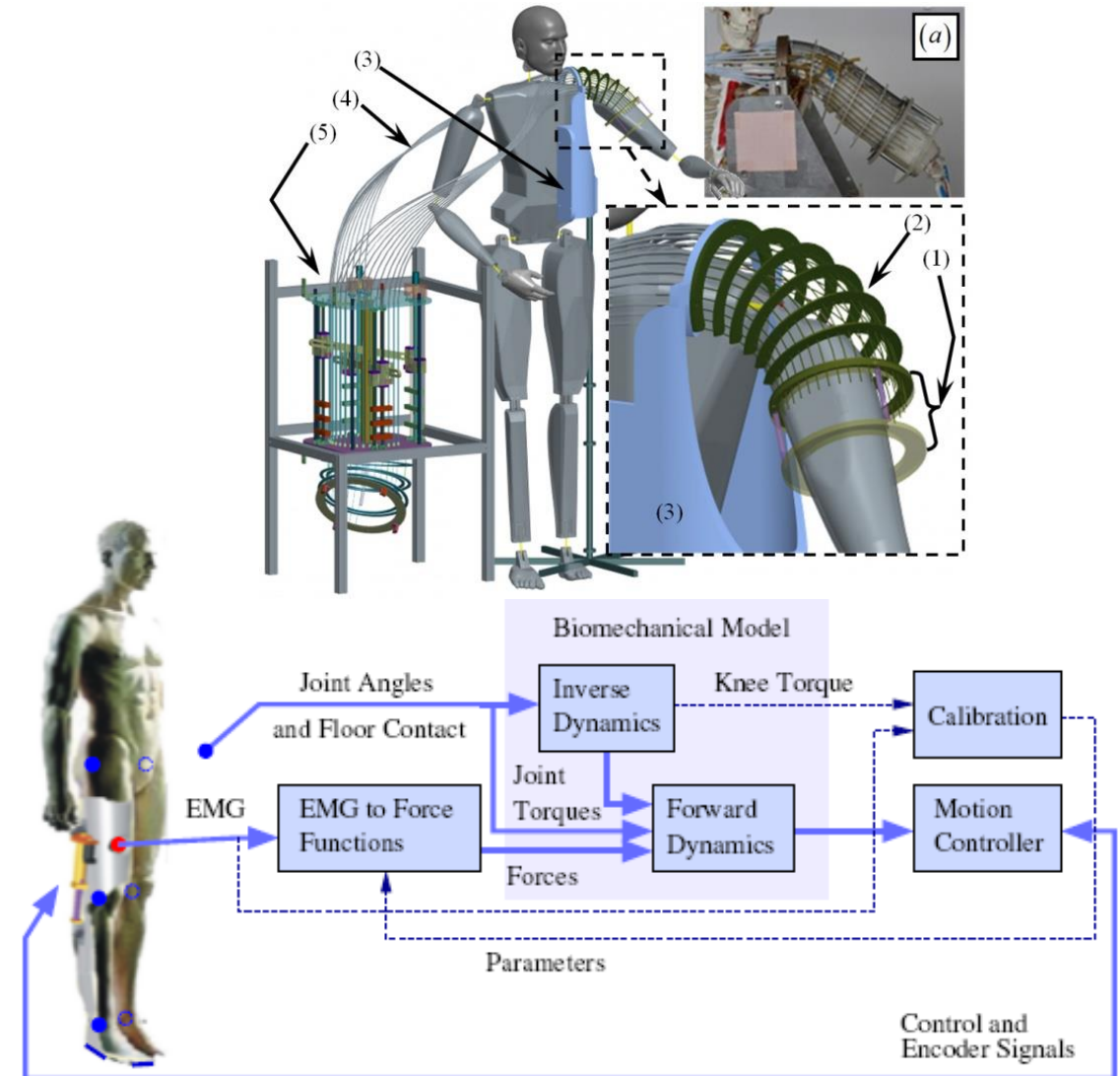


Ρομποτικοί Εξωσκελετοί



- **Ποιες ερευνητικές προκλήσεις υπάρχουν**

- Πρόβλεψη της προτιθέμενης κίνησης
- Εξισορρόπηση της βαρύτητας
- Τηλε-κίνηση
- Πηγές ενέργειας μεγάλης διάρκειας
- Ελαφρύτερα μέρη
- Αλληλεπίδραση ανθρώπου-ρομπότ
- Αυτόνομος ευφυής έλεγχος



Ρομποτικοί Εξωσκελετοί



- Που βρίσκονται οι εξωσκελετοί σήμερα;

- X1

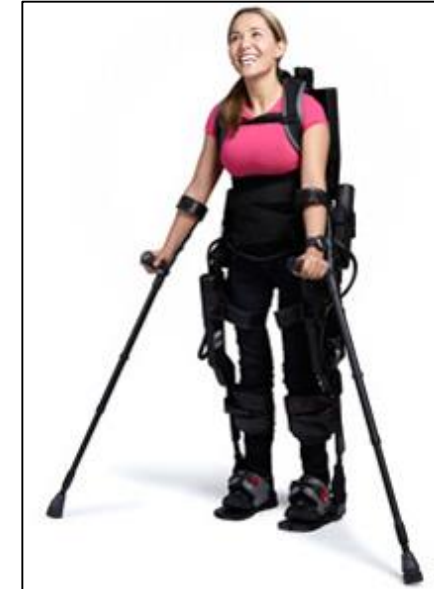
- NASA και Florida Institute for Human and Machine Cognition (IHMC)
- Βάρος: 26 Kg
- Δέκα κλειδώσεις
 - Τέσσερις με μοτέρ
- Ενισχύουν τις κινήσεις του χρήστη
 - Μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να αντιτίθεται στις κινήσεις του χρήστη
- Βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της έρευνας και της ανάπτυξης



Ρομποτικοί Εξωσκελετοί



- Που βρίσκονται οι εξωσκελετοί σήμερα;
- **Ekso (Ekso Bionics)**
 - Βάρος: 20 kg (στηρίζεται στα πόδια του σκελετού)
 - Εκτελεί όλους του υπολογισμούς που χρειάζονται για κάθε βήμα
 - Σε νεώτερα μοντέλα τα μπαστούνια θα έχουν αισθητήρες και θα επικοινωνούν με τα πόδια
 - Αδειοδότηση στη Lockheed Martin για ανάπτυξη στρατιωτικών εφαρμογών
- **Rex (Rex Bionics)**
 - Ίνες άνθρακα, € 100k
 - Βάρος: 38 kg
 - Παρέχει κίνηση, ακόμα και δυνατότητα να ανεβαίνει σκάλες
 - Διάσημοι χρήστες: Η βρετανίδα παρουσιάστρια Sophie Morgan και ο δημοσιογράφος του BBC Frank Gardner.



Ρομποτικοί Εξωσκελετοί



- Που βρίσκονται οι εξωσκελετοί σήμερα;
- **Hybrid assistive limb (HAL)**
 - Cyberdyne και Tsukuba University Japan
 - Ισχύς: συστάδες μπαταριών nickel-metal hydride και lithium
 - Κίνηση: DC μοτέρ
 - Έλεγχος: ΗΜΓ και εκμάθηση κινήσεων
 - Μιμείται κάθε κίνηση του χρήστη
 - Πολύ ελαφρύ
 - Σε κλινικές μελέτες τώρα
- 2018: Έγκριση από την Αμερικανική Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA)
 - Άρχισε να προσφέρεται σε χρήστες στις Ηνωμένες Πολιτείες
 - <https://spectrum.ieee.org/the-human-os/biomedical/devices/cyberdynes-medical-exoskeleton-strides-to-fda-approval>



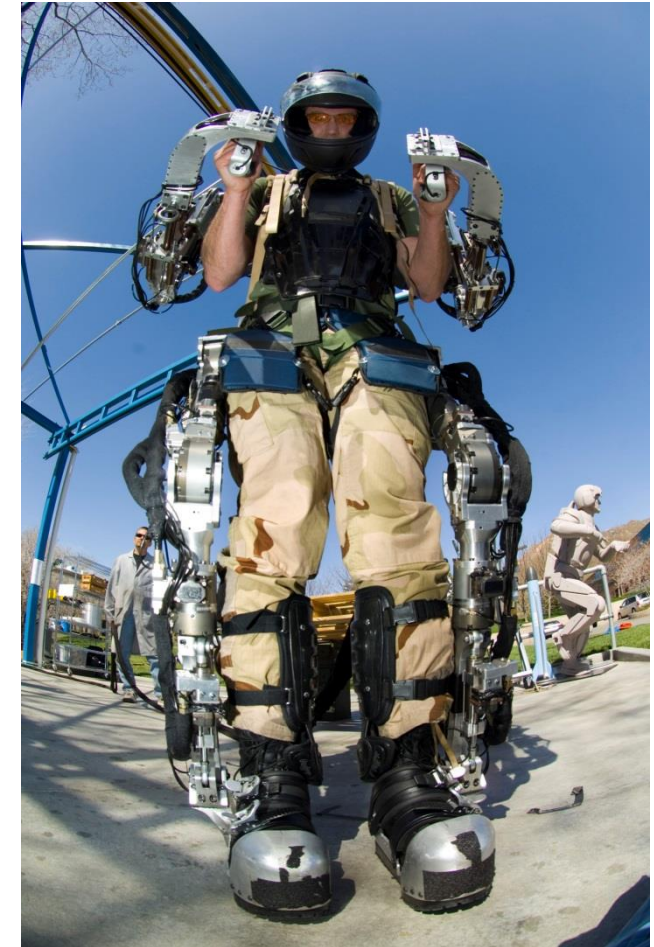
Ρομποτικοί Εξωσκελετοί



- Που βρίσκονται οι εξωσκελετοί σήμερα;

- **SARCOS (Raytheon)**

- Άρχισε το 2000 μετά από πρόσκληση του Αμερικανικού στρατού
- The XOS Exoskeleton
- Ισχύς: κινητήρας εσωτερικής καύσης και σερβοκινητήρες.
- Βάρος: 68 kg
- Επιτρέπει στους χρήστες της να σηκώνουν 90kg ωφέλιμο φορτίο "επανεπιλημμένα με ελάχιστη καταπόνηση".
 - Ένας εξωσκελετός για καθήκοντα διοίκησης και τροφοδοσίας
 - Πιθανές προσαρμογές για μάχη (π.χ., μεταφορά και χρήση βαρέων όπλων) ή υποστήριξη μάχης (π.χ. μεταφορά τραυματιών).
- XOS 2 - 2010
 - Χρησιμοποιεί 50 % λιγότερη ενέργεια → αύξηση της αποδοτικότητας των καυσίμων και της αυτονομία.



Ρομποτικοί Εξωσκελετοί



- Που βρίσκονται οι εξωσκελετοί σήμερα;
- **The Landwalker Exoskeleton**
 - Sakakibara-Kikai (ιαπωνική εταιρία κατασκευής ρομπότ)
 - 3.4 μέτρα ύψος και 1000 kg βάρος.
 - Με βαρύ οπλισμό σε κάθε πλευρά
 - Αυτό το ρομπότ θα τρόμαζε τον κάθε στρατιώτη στο πεδίο της μάχης!



Ρομποτικοί Εξωσκελετοί



- Οι εξελίξεις της τεχνολογίας είναι ραγδαίες τα τελευταία χρόνια.
 - Έλεγχος ενός εξωσκελετού του χεριού με ΔΕΘ
 - <https://spectrum.ieee.org/the-human-os/biomedical/bionics/controlling-a-hand-exoskeleton-with-your-mind>
 - <https://spectrum.ieee.org/brain-computer-interface-exoskeleton-neural-link>



Ρομποτικοί Εξωσκελετοί



IEEE Spectrum FOR THE TECHNOLOGY INSIDER

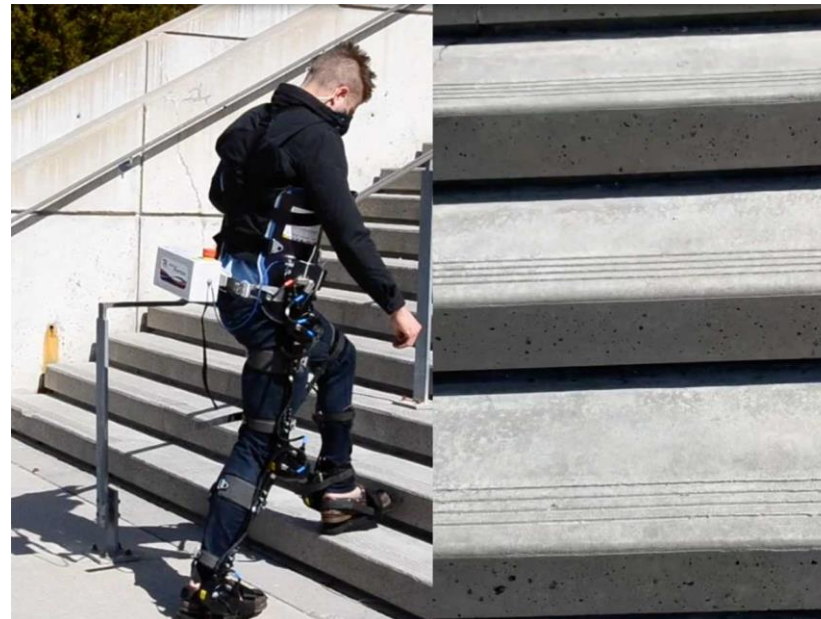
PODCAST ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Self-Walking Exoskeletons

Brokoslaw Laschowski's team created an AI-based prosthetic that infers the wearer's destination

EPISODE 24 | 24:45 | 29 APR 2021 |

FIXING the FUTURE
IEEE Spectrum



Ρομποτικοί Εξωσκελετοί



- Οι δυνατότητες και τα αποτελέσματά αυτών των τεχνολογιών προβλέπονται εξαιρετικά σημαντικά

