

AUXIVO

DeltaSuit Performance Sheet

auxivo.com



Einleitung

Ergonomische Evaluation der Unterstützungsleistung des DeltaSuit-Schulterexoskeletts bei der Nutzung von Elektrowerkzeugen und der Handhabung von Objekten oberhalb der Schulterhöhe bei Männern und Frauen im arbeitsfähigen Alter.

Der DeltaSuit ist ein passives, leichtes Exoskelett, das die Arm-, Schulter-, Nacken- und Rückenmuskulatur bei Überkopfarbeiten entlastet. Er verfügt über integrierte Federelemente, welche Energie speichern, um seine Nutzer zu im richtigen Moment zu unterstützen und die Arbeitslast zu reduzieren. Wissenschaftliche Studien an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich haben gezeigt, dass das Tragen des DeltaSuit die Muskelaktivität reduziert und den Ermüdungsprozess verzögert. Wenn die Muskeln langsamer ermüden, verspüren die Nutzer geringere Erschöpfung und können Aufgaben daher für längere Zeit ausführen.

Informationen zur Untersuchung

Zweieunddreißig Probanden (15 Frauen) im erwerbsfähigen Alter (20 bis 65 Jahre) besuchten das Labor für Rehabilitationstechnik, um Arbeiten mit und ohne den DeltaSuit auszuführen. Zu den Aufgaben gehörten die Verwendung einer Bohrmaschine oberhalb der Schulterhöhe, das Hantieren mit kleinen Gegenständen oberhalb der Schulterhöhe und das Halten verschiedener Armpositionen mit und ohne Elektrowerkzeug.

Während dieser Aufgaben wurden die Herzfrequenz, die Muskelaktivität, die Muskelermüdung, die empfundene Ermüdung und die subjektive Wahrnehmung der Teilnehmer gemessen, um die Arbeit mit und ohne DeltaSuit zu vergleichen.

Verfügbare Unterstützungsstufen

Die Nutzer können zwischen zwei Stufen der Unterstützung wählen: Stufe Eins bietet bis zu 5,2 Nm Unterstützung, während Stufe Zwei 6,6 Nm bietet. Je nach Position der Arme entlastet Stufe Eins die Schulter- und Nackenmuskulatur zwischen 20 und 50%. Beim Umschalten auf Stufe Zwei konnte bei den Labor-messungen eine zusätzliche Entlastung von 20% erreicht werden. Welches Unterstützungs-niveau für welche Aufgaben geeignet ist, hängt vom Gewicht des verwendeten Werkzeugs, der Armhaltung sowie der Erfahrung des Anwenders im Umgang mit dem DeltaSuit ab.

Muskelbelastung

- Der DeltaSuit verringerte die Muskelaktivität in Schulter- und Nackenmuskeln um bis zu 65%.
- Die Belastung der Schultermuskulatur war bei der Verwendung eines Elektrowerkzeugs um 33% geringer und beim Hantieren mit kleinen Gegenständen um 36% geringer.
- Die reduzierte Belastung der Muskulatur machte das Überkopfarbeiten deutlich angenehmer.
- Wenn die Muskeln weniger stark beansprucht werden, ermüden sie weniger schnell.

Muskelermüdung

- Mit dem DeltaSuit wurde die Ermüdung der Schultermuskulatur um 45%, des Oberarms um 60% und des Nackens um 75% reduziert, während ein Elektrowerkzeug oberhalb der Kopfhöhe gehalten wurde.
- Veränderungen in der Muskelermüdung stehen in Verbindung mit der Erschöpfung der Nutzer und damit, wie lange sie eine Arbeit ausführen können.

Herzbelastung

- Wenn Muskeln weniger arbeiten, verbrauchen sie weniger Sauerstoff, was die Herzfrequenz der Nutzers senkt.
- Beim Tragen des DeltaSuit während der Benutzung eines Elektrowerkzeugs lag die Herzbelastung um 15% niedriger.
- Beim Tragen des DeltaSuit während des Hantierens mit Gegenständen oberhalb der Kopfhöhe lag die Herzbelastung um 12% niedriger.

Ergonomie

- Arbeiten oberhalb der Kopfhöhe kann unangenehm sein. Das DeltaSuit reduziert empfundene Beschwerden in Schulter, Nacken und Oberarm.
- Die Nutzer berichteten, dass sie durch das Exoskelett in ihren Bewegungen wenig bis gar nicht eingeschränkt wurden.
- Die Nutzer bewerteten das Gewicht, die Sicherheit und die Benutzerfreundlichkeit des DeltaSuit mit einer Zufriedenheit von 5/5.

Auswirkungen auf die Muskelbelastung

In der Studie reduzierte die Unterstützung durch den DeltaSuit die Belastung der Schultermuskulatur um 33% bei der Verwendung eines Elektrowerkzeugs und um 36% bei Montageaufgaben. Bei statischen Aufgaben wurde Reduktionen bis zu 65% gemessen.

Wissenschaftliche Methodik
Die Muskelaktivität wurde mittels Oberflächen-Elektromyographie gemessen. Es wurden Muskeln des Arms (Biceps brachii), der Schulter (vorderer Deltamuskel), des Nackens (oberer Trapezius) und des unteren Rückens (Erector Spinae in der Lendengegend) gemessen.

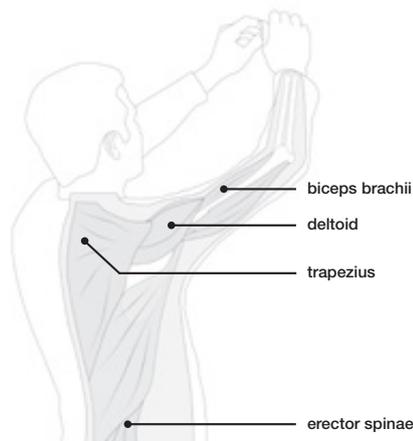
Das Signal wurde gemäss Europäischer richtlinien (SENIAM) aufgezeichnet und verarbeitet. Vor den Testreihen führten die Teilnehmer maximale Muskelkontraktionen durch. Die Muskelaktivität wurde auf den höchsten von zwei maximalen Kontraktionsversuchen normalisiert.

Als Indikator dafür, wie stark die Muskeln während jeder Aufgabe beansprucht werden, geben wir den quadratischen Mittelwert der normalisierten Muskelaktivität an.

Auswirkung auf die Muskelbelastung

Durch die Verwendung des DeltaSuit wurde die Muskelaktivität in den Arm-, Schulter- und Nackenmuskeln bei allen Aufgaben deutlich reduziert. Die durchschnittliche Reduzierung der Schultermuskulatur betrug bis zu 65%, wenn die Arme in einem 90°-Winkel vor dem Körper gehalten wurden. Es wurden keine negativen Effekte, wie z.B. eine Zunahme der Muskelaktivität im unteren Rücken beobachtet.

Wenn die Muskeln weniger belastet werden müssen, sind die Bewegungen präziser und die Muskeln ermüden langsamer.



Nutzen beim Verwenden eines Elektrowerkzeugs

Beim Schrauben mit einer Bohrmaschine wurde durch Tragen des DeltaSuit die Muskelbelastung in der Schulter um 33%, die Muskelbelastung im Nacken um 22% und die Muskelbelastung im Arm um 17% reduziert. Es wurden keine signifikanten Veränderungen der Muskelaktivität im unteren Rückenbereich festgestellt.



Nutzen beim Hantieren mit Gegenständen

Beim Hantieren mit leichten Gegenständen oberhalb der Schulterhöhe ohne Werkzeug wurde die Belastung der Oberkörpermuskulatur durch die Unterstützung des DeltaSuit deutlich reduziert. Insbesondere wurde die Muskelbelastung in der Schulter um 36%, im Nacken um 34% und im Arm um 37% reduziert.



Auswirkungen auf die Muskelermüdung

In der Untersuchung wurde die Ermüdung der Schultermuskulatur um 45% des Oberarms um 60% und des Nackens um 75% reduziert, wenn ein Elektrowerkzeug oberhalb der Kopfhöhe gehalten wurde.

Wissenschaftliche Methodik

Die Muskelaktivität wurde mittels Oberflächen-Elektromyographie gemessen. Im einzelnen wurden die Muskeln des Arms (Bizeps), der Schulter (Deltamuskel), des Nackens (oberer Trapezius) und des unteren Rückens (Erector spinae) gemessen.

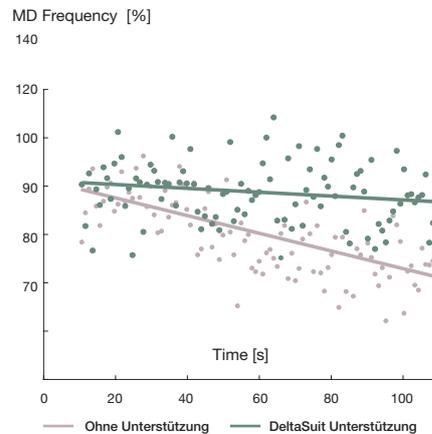
Das Signal wurde gemäss den europäischen Richtlinien (SENIAM) aufgezeichnet und verarbeitet.

Als Indikator dafür, wie schnell die Muskeln während der Arbeit ermüden, haben wir die Geschwindigkeit betrachtet, mit der sich die mittlere Frequenz der Muskelaktivität über die Zeit verändert.

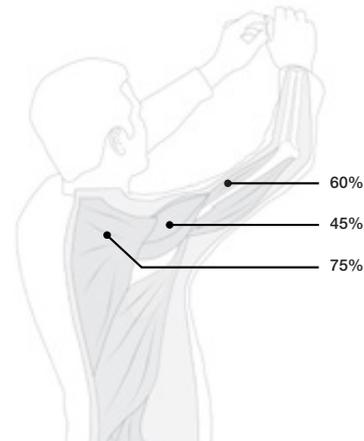
Die Teilnehmer bewerteten ihre subjektive Erschöpfung auf einer 10-stufigen Skala von keiner bis zur maximalen Anstrengung.

Auswirkung des Tragens des DeltaSuit auf die Muskelermüdung

Wenn Muskeln ermüden, ändert sich das Verhältnis zwischen den aktivierten schnell kontrahierenden und langsam kontrahierenden Muskelfasern. Dies führt zu einer Verschiebung des Frequenzen im Muskelaktivitätssignals. Je niedriger die mittlere Frequenz im Vergleich zum Beginn der Arbeit ist, desto stärker sind die Muskeln ermüdet. In der Abbildung ist zu sehen, dass der Deltamuskel eines Beispielprobanden zunehmend ermüdet, wenn er die Aufgabe ohne Unterstützung ausführt. Mit DeltaSuit-Unterstützung kommt es während der Aufgabe kaum zu einer Ermüdung.



Über alle Teilnehmer hinweg war die durchschnittliche Geschwindigkeit, mit der die mittlere Frequenz sinkt, beim Tragen des DeltaSuit deutlich geringer. In der Studie reduzierte die Unterstützung durch den DeltaSuit die Ermüdung der Schultermuskulatur um 45%, des Oberarms um 60% und des Nackens um 75%, während ein Akkubohrer über dem Kopf gehalten wurde.



Auswirkungen auf die subjektive Erschöpfung

Überkopfarbeit ist anstrengend. Die geringere Geschwindigkeit, mit der die Muskeln in der Studie ermüdeten, spiegelt sich in den Erfahrungen der Teilnehmer wider. Die Studienteilnehmer bewerteten Überkopfarbeiten ohne die Unterstützung durch das Exoskelett als „eher schwer“ bis „schwer“. Durch die Verwendung des DeltaSuit verringerte sich das von ihnen angegebene Anstrengungsniveau signifikant um 20%. Diese kurzfristigen Veränderung des Ermüdungsgefühls wird sich wahrscheinlich während eines kompletten Arbeitstages noch verstärken. Das bedeutet, dass die Arbeiter nach einem Arbeitstag mit dem DeltaSuit weniger erschöpft nach Hause gehen können.

Berichtete Anstrengung bis zu 20%



Auswirkungen auf die Herzfrequenz

Wenn die Muskeln weniger schwer arbeiten, verbrauchen sie weniger Sauerstoff, was die Herzfrequenz des Benutzers senkt. Das Tragen des DeltaSuit bei der Verwendung eines Elektrowerkzeugs führte zu einer Reduzierung der Herzbelastung um 15%.

Wissenschaftliche Methodik

Die Herzfrequenz wurde mit einem optischen Herzfrequenzsensor aufgezeichnet. Die Probanden trugen den Herzfrequenzsensor an ihrem Handgelenk. Das Signal wurde mit der mitgelieferten Software verarbeitet, um die Schläge pro Minute („beats per minute“, bpm) zu erhalten.

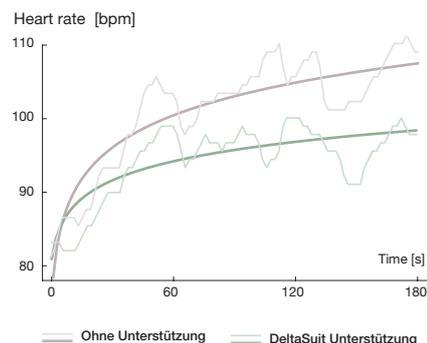
Die Arbeitsherzfrequenz wird berechnet als Herzfrequenz während der Arbeit minus Ruheherzfrequenz. Sie spiegelt die zusätzlichen Schläge pro Minute wider, die das Herz machen muss, um die anstehende Aufgabe zu bewältigen.

Wenn wir eine Aufgabe beginnen, werden unsere Muskeln sofort aktiviert und verbrauchen Sauerstoff. Um die Muskeln mit dem zusätzlich benötigten Sauerstoff zu versorgen und Abfallprodukte abzutransportieren, beginnt das Herz schneller zu schlagen. Nach einigen Minuten Arbeit stabilisiert sich die Herzfrequenz und die Arbeitsherzfrequenz bei Aufgabe kann berechnet werden.

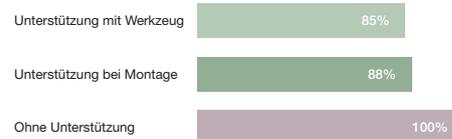
In der Abbildung ist die Herzfrequenz eines Teilnehmers zu sehen, der ein Elektrowerkzeug oberhalb der Schulterhöhe benutzt.

Die Arbeitsherzfrequenz durch das Festziehen von Schrauben mit einer Bohrmaschine über dem Kopf betrug 21 bpm. Während der Studie wurde die Arbeitsherzfrequenz durch die Unterstützung des DeltaSuit um 15% auf 18 bpm reduziert.

Die Arbeitsherzfrequenz beim Hantieren mit leichten Gegenständen über Schulterhöhe betrug ohne Exoskelett-Unterstützung 23 Schläge pro Minute. Während der Studie wurde die Arbeitsherzfrequenz durch die Unterstützung des DeltaSuit um 12% auf 20 bpm reduziert.



Reduktion Arbeitsherzfrequenz bis zu 15%



Ergonomie und Komfort

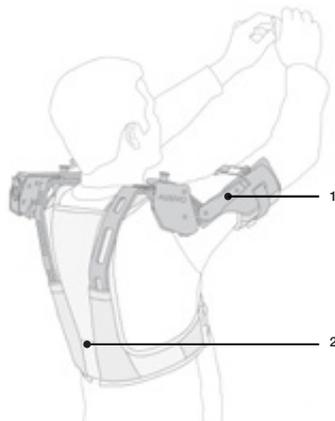
Der DeltaSuit verringerte die Beschwerden im Schulter-, Nacken und Oberarmbereich bei fast uneingeschränkter Bewegungsfreiheit. Die Benutzer bewerteten das Gewicht, die Sicherheit und die Benutzerfreundlichkeit des Geräts als optimal.

Wissenschaftliche Methodik
Die Probanden wurden gebeten, die von ihnen empfundene Einschränkung und das Gefühl der Unbequemlichkeit auf einer 10-Punkte-Skala zu bewerten.

Die Benutzerfreundlichkeit des Systems wurde mit einem standardisierten Fragebogen bewertet: dem "Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Devices".

Bewegungsfreiheit

Um bei verschiedenen Aufgaben eine wirksame Unterstützung zu bieten, sind uneingeschränkte Bewegungen wichtig. Da der DeltaSuit an der Brust und nicht an der Hüfte befestigt wird, ist die Bewegung der Wirbelsäule uneingeschränkt möglich. Der Teleskopmechanismus im Arm und die Elastizität der Weste optimieren die Bewegungsfreiheit weiter. Dies spiegelt sich darin wider, dass die Studienteilnehmer angaben, bei den verschiedenen Aufgaben nur wenig bis gar keine Einschränkungen zu spüren.



Minimale Fehlausrichtung und automatische Größenanpassung durch (1) Teleskopmechanismus und (2) Elastizität der Weste.

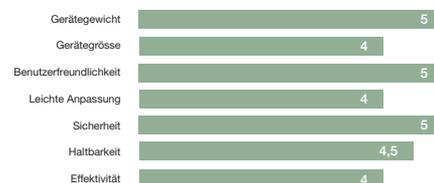
Optimale passform

Um die Passform des DeltaSuit zu testen, wurden Teilnehmer mit unterschiedlichen Körpermassen in die Studie aufgenommen. Teilnehmern mit einem Gewicht zwischen 44 und 98 kg und einer Körpergröße zwischen 1,60 und 1,94m wurden die beiden Größen des Exoskeletts angepasst. Durch die Elastizität der Weste passte sich die Weste einem breiten Bereich von Schulterbreiten (36-64cm) an, und der Teleskopmechanismus im Oberarm ermöglicht die automatische Anpassung des Exoskeletts an verschiedene Oberarmlängen.

Benutzerfreundlichkeit

Am Ende des 1,5-stündigen Studienprotokolls gaben die Teilnehmer an, mit dem Gerät zufrieden zu sein (4,3/5). Mit einem Gewicht von ca. 2 kg wurde der DeltaSuit als sehr leicht empfunden. Das Exoskelett passt sich automatisch an die Schulterbreite und Armlänge des Benutzers an, so dass es intuitiv und einfach zu bedienen ist. Die Teilnehmer waren sehr zufrieden (5/5) mit dem Gewicht des DeltaSuit, der Benutzerfreundlichkeit und dem Sicherheitsgefühl bei der Verwendung des Geräts.

Berichtete Benutzerfreundlichkeit 4,3/5



Copyright

Ausgabe: Juni 2023 © Auxivo AG
Der Inhalt dieses Dokuments
sind urheberrechtlich geschützt.
Alle Rechte vorbehalten.

Auxivo® und DeltaSuit® sind
eingetragene Markenzeichen
der Auxivo AG.

Unabhängig vom
Verwendungszweck ist die
Verwendung dieser Marken
ohne schriftliche Genehmigung
der Auxivo AG untersagt.

Technische Änderungen, Irrtümer
und Auslassungen ohne vorherige
Ankündigung vorbehalten.

Kontakt

Hauptsitz

Auxivo AG
Sonnenbergstrasse 74
CH-8603 Schwerzenbach
Telephone +41 77 250 35 31
info@auxivo.com

Vertriebsgebiet

Schweiz

Banu Aslan
Area Sales Representative
T +41 78 204 09 05
banu.aslan@auxivo.com

Deutschland

Marc Kunkel
Area Sales Representative
T +49 16 2238 0780
marc.kunkel@auxivo.com

Frankreich

Oscar Fernandez
Sales Manager
T +33 642 458 114
oscar.fernandez@auxivo.com

Benelux

Joël Bonsafo Bawua
Area Sales Representative
T +32 483 581 451
joel.bonsafo@auxivo.com

Margaux Garcia
Area Sales Representative
T +33 663 826 313
margaux.garcia@auxivo.com

Spanien

Oscar Fernandez
Sales Manager
T +33 642 458 114
oscar.fernandez@auxivo.com

Designed & Engineered in Switzerland

