

# RESET – KG

Research and Engineering in Sports-Equipment Technology

## **ADRESSE:**

RG Handels GmbH  
Donaustraße 62  
3671 Marbach  
Österreich

DATUM  
23.12.2016

## **Gutachten zum Produkt FITW - Trainingswürfel:**

Dieses Gutachten hat das Ziel, das Produkt „FITW“ zu beurteilen. Dabei werden die grundlegenden Funktionen und die Ergebnisse aus einer ersten Machbarkeits-Studie dargelegt und begutachtet. In der FH-Technikum Wien wurde am Institut „Biomedical, Health & Sports Engineering die biomechanische messtechnisch unterstützte Studie im Rahmen eines begleitenden Studentenprojektes durchgeführt und die Daten von Experten analysiert und interpretiert. Das Ziel dieser ersten Studie ist, diese Trainingsform, die zurzeit auf Erfahrung beruht, einen ersten wissenschaftlichen Ansatz zu geben und die Effekte des Trainingsgerätes zu untersuchen und zu untermauern. Die Ergebnisse sollen z.B für PhysiotherapeutInnen einen „Anhaltspunkt“ bilden, welcher Ihnen ermöglicht, durch eine Kombination aus verschiedenen Übungen, einerseits bestimmte Muskeln optimal zu trainieren und andererseits die möglichen Steigerungen der koordinativen Fähigkeiten zu fördern.

### **1. Grundlegende biomechanische Betrachtungen:**

Ein neues Trainingsgerät, der aufblasbare Würfel, der FITW, soll die meisten Funktionen des Gymnastikballs ebenfalls ermöglichen und den Anwendungsbereich teils sogar noch erweitern.

Es soll mit Hilfe von EMG-Messungen Aufschluss über die Unterschiede im stabilen und instabilen Training mit dem Würfel gegeben werden.

Die Synchronisation der Muskelfasern ist immerhin einer jener Faktoren, welche die Höhe des Kraftoutputs bestimmen. Sie wird vor allem über die Stimulationsfrequenz gesteuert. Folglich kann man aus einer geänderten EMG-Frequenz auf einen geänderten Kraftoutput schließen. Ein Sinken des durchschnittlichen Frequenzspektrums geschieht bei fortwährender Belastung und ist Anzeichen einer eintretenden Ermüdung („Medianshift“!). Die Änderung des Kraftoutputs erfolgt, da mit diesen niedrigeren Frequenzen die langsameren ST-Fasern aktiviert werden, welche länger arbeiten können, jedoch mit geringerem Kraftoutput. Durch längere Ansteuerungszeit und somit höhere Synchronisation der Muskelfasern, kann man trotzdem den Kraftoutput erhalten.

Diese Verschiebung des durchschnittlichen Frequenzspektrums soll im Zuge dieser Arbeit beim Training ohne und mit Würfel untersucht werden.

Auch die EMG-Amplitude gibt Aufschluss über den Kraftoutput und entspricht der Muskelaktivität (Konrad, 2011, p. 49). Allerdings benötigt eine trainierte und größere Muskelfaser weniger EMG, um denselben Kraftoutput zu erzeugen, wie eine untrainierte Muskelfaser, da sie mit geringerer Aktivierung bereits dieselbe Kraft erzeugt, wie zweitere (Konrad, 2011, p. 43). Diese Tatsache lässt einen Vergleich der Amplituden zur Aussage über den Kraftoutput nur unter der Voraussetzung zu, dass es sich bei den Messungen um ein und denselben/dieselbe Probanden/Probandin ohne zwischenzeitliches Training handelt, ansonsten benötigt man eine separate Kraftmessung.

A-1160 Wien Starkenburggasse 3/7

☎: +43/1/4800600, +43/664/1030942, 📧 +43/1/4800600/15

# RESET – KG

## Research and Engineering in Sports-Equipment Technology

Eben dieser Vergleich soll in dieser Arbeit zusätzlichen Aufschluss über die Unterschiede eines Trainings ohne Zusatzgerät zu einem Training mit dem FITW geben. In diesem Fall soll jedoch nicht der Kraftoutput im Fokus liegen, sondern die Muskelaktivität an sich. Die EMG-Vergleichsmessungen finden am selben Tag, also mit unverändertem Trainingszustand der Probanden/Probandinnen, statt und lassen somit Aufschlüsse auf unterschiedlich stark aktivierte Muskeln durch verschiedene Übungsausführungen zu.

### Forschungsfragen:

- Wie sehen die Maximalwerte der EMG-Amplitude von M. multifidus, M. rectus femoris und M. peroneus longus bei Kniebeugen stabil am Boden verglichen zu instabil am FITW aus?
- Der Medianshift verändert sich unterschiedlich und soll zum Vergleich bei der Ermüdung während einer statischen 30 Sekunden Messung jeweils stabil und instabil in Bauchlage und sitzend ermittelt werden.
- Mithilfe einer Posturographiemessung jeweils vor und nach einem vierwöchigen Trainingszyklus mit dem FITW können der Range Of Motion (ROM) und Center Of Pressure (COP) -Verlauf ermittelt und verglichen werden. Unter der Annahme, dass COP-Verlauf und Gleichgewicht korrelieren, sollen damit die posturale Kontrolle und das Gleichgewicht beurteilt werden.

### Hypothesen:

- Die Maximalwerte werden im Durchschnitt instabil höher sein, als stabil, wegen der größeren Muskelaktivität.
- Aufgrund der höheren Muskelaktivität wird bei der Übung mit dem Würfel eine schnellere Ermüdung eintreten.

## 2. Allgemeine wissenschaftliche Grundlagen der Bewegungskoordination

Unter Bewegungskoordination wird die zeitliche, räumliche und kraftmäßige Steuerung einer Einzelbewegung oder mehrerer komplexer Bewegungsvollzüge verstanden, die entsprechend durch sensorisch vermittelte äußere Vorgaben oder Ziele zustande kommen.

### Teilbeschreibungen der Koordination:

- kinästhetische Differenzierungsfähigkeit
- Reaktionsfähigkeit
- Kopplungsfähigkeit
- Orientierungsfähigkeit
- Gleichgewichtsfähigkeit
- Umstellungsfähigkeit
- Rhythmisierungsfähigkeit

In der Sportpraxis wird die Bewegungskoordination in der Ordnung und dem Zusammenspiel von Bewegungsphasen oder Teilbewegungen sichtbar.

### Drei Phasen des motorischen Lernprozesses:

- 1) Kognitive Phase
- 2) Assoziative Phase
- 3) Automatische Phase

"Wir lernen durch Tun, und tun nur, was wir gelernt haben!"

Das Wesentliche beim Erlernen neuer Bewegungsläufe ist die Aneignung der zeitlich richtigen Koordination zu optimalen Bewegungsmustern!

# RESET – KG

Research and Engineering in Sports-Equipment Technology

**Die Rolle des Zentralnervensystems:** Fertigkeiten werden im Laufe der Entwicklung entsprechend dem jeweiligen Reifegrad des ZNS erlernt.

Wesentliche Komponenten dazu sind:

- 1) Die Entwicklung des Körperschemas (kinästhetischer Sinn)
- 2) Die Entwicklung des Körperbildes
- 3) Die Begabung (angeborener Leistung bestimmender Faktor)

## **Das posturale System:**

Es bezeichnet zusammenfassend alle Systeme, die zur Aufrechterhaltung unserer Körperhaltung im Liegen, Sitzen, Stehen, Gehen und Laufen beitragen. Diese sind in komplizierten und stör anfälligen Regelkreisen funktionell. Für eine korrekte Bewegungssteuerung benötigt das Zentralnervensystem Informationen (neben anderen) durch folgende drei Kanäle des posturalen Systems:

- **Visuell** (Sehsinn, optische Wahrnehmung der Umgebung)
- **Somatosensorisch/Sensomotorisch** (Propriozeptoren in Muskeln, Sehnen und Gelenken, welche Informationen zur Gelenksstellung bzw. Haltung liefern)
- **Vestibular** (Gleichgewichtsorgan im Ohr, welches Auskunft über die räumliche Lage des Kopfes und des Körperschwerpunktes gibt)

Das Zentralnervensystem führt anhand der Feedbackinformationen einen Abgleich mit der „gespeicherten“ idealen Haltung durch. Subjektiv ideale Haltungen verfestigen sich im Zentralnervensystem durch häufige Durchführung bestimmter Bewegungsabläufe, welche sich mit jeder Wiederholung automatisieren und als Art Muster (Input) für Folgebewegungen auf Abruf bereitstehen. Zur optimalen Realisierung einer Haltung (Output) wird sodann eine Korrektur der Muskelstellung der benötigten Muskelgruppen, in diesem Zusammenhang sowohl der Agonisten als auch ihrer Gegenspieler der Antagonisten, adaptiert.

## **Stabilität:**

Grundsätzlich ist die Basis einer jeden Bewegung die muskuläre Koordination, also die zeitliche, räumliche und kraftmäßig korrekte Steuerung des Bewegungsapparates, auch Stabilität genannt.

Einschränkungen des posturalen Systems, wie z. B. falsche Körperhaltung, Verletzungen Läsionen, Schmerzen oder geminderte Sehkraft führen zu Informationsverlusten und somit zu keiner optimalen Bewegungssteuerung und in weiterer Folge auch zu Stürzen. Bisherige Erkenntnisse des Forschungsteams rund um FH-Prof.Dr. Sabo zeigen, dass Sturzprävention durch die Verbesserung des für Stabilität verantwortlichen posturalen Systems in Form von gezieltem Training zur Optimierung der drei oben genannten Feedbackpfade möglich sein muss – und ist.

Es wurden bisher 11 wesentliche Analyse-Parameter (in schwarz gehalten) für die posturale Stabilität entwickelt und evaluiert.

An weiteren 4 Analyse-Parametern (in blau gehalten) wird ebenso gearbeitet wie an den 2 derzeitigen „Endzielen“, dem „Ermüdungsfaktor Fatige“ und vor allem dem „Sturzrisikofaktor FRI Fall-Risk-Index“ (in grün gehalten) wofür viele wissenschaftlich geführte Untersuchungen an einer großen Anzahl von Personen mit den verschiedensten „Beschwerden“ oder „Vorbedingungen“ notwendig sind. Diese Parameter sind:

A-1160 Wien Starkenburggasse 3/7

☎: +43/1/4800600, +43/664/1030942, 📧 +43/1/4800600/15

# RESET – KG

Research and Engineering in Sports-Equipment Technology

- **Wahrnehmung (Feedbackpfade)**
  - **vi** = Bewegungs-Steuerung-Regelung durch visuelle Feedbackschleife
  - **ve** = Bewegungs-Steuerung-Regelung durch vestibuläre Feedbackschleife
  - **so** = Bewegungs-Steuerung-Regelung durch somatosensorische Feedbackschleife
- **Bewegungsregelung - Steuerung**
  - **f-low** = niedrige Frequenzen der Bew. = willkürlich-Zentral gesteuert-geregelt
  - **f-high** = hohe Frequenzen der Bew. = unwillkürlich-Reflex gesteuert-geregelt
- **Standposition (Dezentralisierung, Präferenzen, Defizite)**
  - **WD** = weight distription = Gewichtsverteilung, bevorzugte Standposition
  - **WDI** = weight distription index = Index der Gewichtsharmonie, vier-Zonen-MW, Position des center of gravity bei KMP und FZ
  - **FRI - Fall-Risk-Index** = Sturzrisikofaktor
- **Ökonomie, Harmonie, statisch-dynamisches Bewegungspotential**
  - **COPT** = center of pressure Track = Bewegungsdistanz als Weg
  - **ROM** = range of motion = Bewegungsumfang als Fläche
  - **STEI** = Stabilitätsenergie-Index = Ökonomie der Bewegung
  - **RQ** = Frequenzharmonie der Steuer-Regelkreise = Kopplungsfähigkeit
  - **Jerk** = Ruck = Reaktion auf plötzliche ruckvolle Ereignisse (Ausrutschen, Sturz)
  - **Speed** = Geschwindigkeit der Bewegungsausführung
  - **Romberg** = Störung des Gleichgewichtssinnes
  - **Stiffness** = Steifigkeitsfaktor der Bewegung
  - **Fatigue** = Ermüdungsfaktor

Das heißt, eine Verbesserung der Bewegungskoordination im Sinne von „die richtige Bewegung und die Bewegung richtig durchführen“, führt zur korrekter Stabilität und vermindert das Sturzrisiko wesentlich. Anmerkung: rund 64 % der Unfälle in Sport, Heim u. Freizeit sind Sturzunfälle!

# RESET – KG

Research and Engineering in Sports-Equipment Technology

## 3. Ergebnisse der ersten Studie aus biomechanischer Sicht mit FITW:

Vor allem die geringe Anzahl der Probanden (5) und die kurze Zeit der Intervention lassen keine statistisch signifikanten Aussagen zu. Die ersten Ergebnisse sind aber vorhanden.

Die Ergebnisse bei den Kniebeugen, im stabilen und instabilen Zustand, zeigen, dass bei allen Probanden die Muskelaktivität, im instabilen Zustand, für den M. multifidus und den M. peroneus longus höher ist. Das liegt unserer Ansicht nach daran, dass diese beiden Muskeln bei dieser Übung eine Stützfunktion einnehmen und dadurch in der Instabilität stärker beansprucht werden. Der M. rectus femoris wird instabil jedoch nicht bedeutend stärker beansprucht, als stabil, da er bei dieser Übung als primärer Bewegungsmuskel arbeitet. Die Steigerung der Gesamtaktivität des M. quadriceps femoris durch die höhere Aktivität anderer Köpfe ist jedoch naheliegend. Diese Ergebnisse korrelieren mit denen von Anderson und Behm (2005). Daher ist diese Trainingsübung vor allem auch als positiver „Kopplungseffekt“ zu anderen Muskelgruppen in einer kinetischen Kraftkette zu sehen.

Die Ergebnisse der statischen EMG-Messungen am Bauch und am Rücken, stabil und instabil, zeigen von Probanden zu Probanden einige Unterschiede. Man kann also auf keine statistische Signifikanz schließen.

Diese Ergebnisse könnten aufgrund von falscher bzw. ungenauer Übungsdurchführung der Probanden auftreten. Außerdem war der vorausgehende Trainingszustand der Probanden nicht derselbe.

Denn der Medianshift ist bei maximalkraftorientierten Sportlern (viele, ausgeprägte FT-Fasern) größer als bei kraftausdauerorientierten Sportlern (viele, ausgeprägte ST-Fasern). Ein weiterer Grund für diese Unterschiede kann an „Störsignalen“ von anderen Muskeln liegen.

Die Unterschiede zwischen den Effekten von stabilem und instabilem Training kann man u.U. darauf zurückführen, dass man auf dem Würfel, durch das weiche Material, etwas einsinkt und dadurch eine größere Auflagefläche hat, wodurch die Übung dann sogar leichter wird, als beim Ball. Dadurch ist aber gerade der Einsatz bei untrainierten oder älteren Menschen von Vorteil.

Schnelle Muskelfasern arbeiten in einem höheren Frequenzbereich, als langsame. Außerdem weisen sie eine höhere Amplitude auf. Bei fortwährender Belastung ermüden die FT-Fasern und die ST-Fasern übernehmen ihre Arbeit. Daraus ergibt sich, dass diese Messungen und vor allem die Trainingszeiten zu kurz gewesen sein könnten, um das Eingreifen der ST-Fasern zu erfassen.

Somit konnten nicht alle Hypothesen zur Gänze bestätigt werden.

Es zeigen sich interessante Veränderungen, aber weitere, vor allem umfassendere Messreihen, sind empfehlenswert, um ganzheitliche Aussagen machen zu können.

# RESET – KG

Research and Engineering in Sports-Equipment Technology

## 4. Ergebnisse der ersten Studie aus neurophysiologischer Sicht des Koordinationstraining mittels FITW:

Grundsätzlich erfolgt, aufgrund unterschiedlicher spezifischer Anforderungen, eine Unterteilung in drei Bereiche:

- Bereich Leistungssport bis Spitzensport im Training und der Regeneration
- Bereich Fitness, Breitensport, Freizeit, Ergonomie, Prävention im Wellness-Bereich
- Bereich Therapie in der Rehabilitation im Spital, im Rehab-Zentrum

Weiters kann man folgende Beispiele der Beurteilungen von Veränderungen erwähnen: Wenn z.B. der COPT und der ROM, Weg und Bewegungsumfang des Körperschwerpunktes groß ist, ist man „sturzgefährdet“. Aber nur dann, wenn gleichzeitig der STEI, der Stabilitätsenergieindex groß wird und somit die Ökonomie der Bewegung gering ist. Einen Vergleich dazu bieten ein „Eislaufanfänger“ und ein „Holiday on Ice-Clown“! Das heißt, ein großer Bewegungsumfang ist dann gut, wenn dieser ökonomisch beherrscht wird!

Wie auch bei den EMG-Messungen muss hier auch auf die geringe Probandenanzahl verwiesen werden, die bei Posturographiemessungen noch problematischer ist, da der „Istzustand“ vor der Messung noch unterschiedlicher sein kann, da die individuelle Bewegungsstrategie viel schwieriger einzuteilen ist wie eine Muskelfunktion.

### Konkret wurden folgende Ergebnisse bei dieser ersten Studie erzielt:

Bei drei Probanden sieht man, dass sich der ROM (Bewegungsumfang) von der ersten zur zweiten Messung verbessert hat. Das beweist, dass die Probanden bei der zweiten Messung stabiler waren. Auch bei dem zurückgelegten Weg des COPT's hatten drei Probanden nach dem Training verbesserte Werte, bei ökonomischeren STEI-Werten.

Das ist so zu interpretieren, dass die Probanden ruhiger auf der Messeinrichtung gestanden sind und somit das Balancetraining des FITW positiv gewirkt hat.

Der Grund, warum bei zwei Probanden bei beiden Auswertungen die zweiten Messungen schlechtere Werte haben, könnte sein, dass die Messungen nicht durch ein standardisiertes Messprotokoll begleitet wurden. Aus diesem Grund ist der Zustand der Probanden vor und bei den Messungen möglicherweise sehr verschieden.

Dadurch waren der vorbereitete Zustand der Probanden sowie der Versuchsablauf nicht optimal.

Noch dazu kommt, dass die Trainingsdauer zu kurz war um einen eindeutigen Effekt zusehen, da die Probanden unterschiedliche Trainingszustände vor dem Training haben.

Bei vier von den fünf Probanden haben sich die Strategien und Daten von der visuellen zu den sensomotorischen und vestibulären Bereichen verschoben, was einer besseren Balance, vor allem bei schlechtem Licht gleichkommt.

Der Kopplungs- bzw. Ökonomiefaktor RQ hat sich durch das FITW-Training ebenfalls bei den meisten Messungen verbessert.

# RESET – KG

Research and Engineering in Sports-Equipment Technology

Zusammenfassend können durch das Training auf dem FITW folgende neurophysiologische Verbesserungen erzielt werden:

- *Verbesserte posturale Stabilität*
- *Verbesserte Vestibularfunktion*
- *Verbesserte Somatosensorik*
- *Symmetrisierung der Reflexe im gesamten Muskelsystem*
- *Verbesserung speziell der Rücken –und Bauchmuskeln und der zuständigen Muskelschlingen*
- *Verbesserung der zentral gesteuerten Bewegungen*
- *Verbesserte Kopplungsfähigkeiten durch den RQ-Faktor-Harmonie*
- *Verbesserung des Fatigue-(Ermüdungs-) Faktors*
- *Optimierung des Stabilitätsenergieindex und somit der Ökonomie*
- *Optimale koordinative Trainingsschulung im Spitzensport*
- *Neue Rehabilitations-Chancen*
- *Mögliche Langzeitvorbeugung gegen die Sturzgefahr*

Man erkennt dadurch, dass sensomotorisches Training die weltweite „Vorrangstellung Nr. 1“ hat. In allen Bereichen stützt sich die „Bewegungs- und Sportwelt“ und die „Rehabilitation“ auf diese Trainingsformen. Eine Erklärung dafür ist sicherlich, dass die Codierung der neurologischen Signale und Prozesse im Gehirn und im Rückenmark noch nicht entschlüsselt sind, und auch in den nächsten 100 Jahren nicht sein wird.

## Besondere Merkmale des Produktes FITW:

Die speziellen Effekte dieses innovativen Trainingsgerätes beruhen vor allem darauf, dass viele Übungen, die am Gymnastikball zu schwierig sind und somit von bestimmten Personengruppen nicht durchgeführt werden können, mit dem FITW möglich sind.

Gleichzeitig besteht die Möglichkeit durch unterschiedliche Druckverhältnisse im Würfel verschiedene Schwierigkeitsgrade zu erzielen und somit die Stabilität der Kanten unterschiedlich einsetzen zu können.

Beim FITW sind die Anforderungen an die Gleichgewichtsfähigkeit der Anwender dadurch verschieden ausgeprägt, die Varianz aber sehr groß. Dadurch kann der Würfel sehr verschieden eingesetzt werden.

Die Regelkreise zur Bewegungssteuerung des Menschen können besonders was die „Symmetrie und die Ökonomie“ anbelangt, signifikant effektiver trainiert werden. Der Einsatzbereich liegt in vielen Segmenten wie Spitzen-/Leistungssport, dem ambitionierter Freizeitsport und dem gesamten Bereich der Rehabilitation.

Zusammenfassend ein hocheffizientes Projekt mit trainingspezifischem Potential.

**RESET-KG**  
A-1160 Wien, Starckenburggasse 3/7  
☎ +43/1/4800600 ☎ +43/1/4800600/15  
.....  
für RESET-KG  
Dr. Anton Sabo

A-1160 Wien Starckenburggasse 3/7

☎ +43/1/4800600, ☎ +43/664/1030942, ☎ +43/1/4800600/15