

2 Probanden und Methoden

2.1 Studiendesign und Zielparameter

Die vorliegende Studie ist eine explorative Querschnittsstudie an Leistungssportlern unterschiedlicher Altersklassen, die alle an der Europameisterschaft der Veteranen im August 2002 in Potsdam (Deutschland) teilnahmen.

Studieninhalt ist der Vergleich der muskulären Sprungleistung von Leistungssportlern verschiedenen Alters und verschiedener Disziplinen. Des Weiteren wurden diese Ergebnisse mit denen der normalen älteren Bevölkerung verglichen [7].

Zielparameter waren die maximale Muskelleistung und Sprunghöhe, die während eines Tests auf einer Bodenreaktionsplatte (Sprungmechanographie) erreicht wurden.

2.2 Probandengruppe und Studienteilnahmekriterien

Die Rekrutierung der Probanden dieser Studie erfolgte während der Leichtathletikeuropameisterschaften der Veteranen im August 2002 in Potsdam. An dieser Veranstaltung nahmen mehr als 4500 Sportler aus fast allen Ländern Europas teil. Dies bot uns die Möglichkeit, unsere Untersuchung an internationalen Spitzensportlern durchzuführen. Dadurch war ein Vergleich der Sprungdaten mit der Wettkampfleistung möglich.

Da in der vorliegenden Studie die Muskelleistung der Beine untersucht wurde, beschränkten wir uns auf Sportler, die an Lauf- und Sprungdisziplinen teilnahmen. Nicht untersucht wurden Sportler der Wurf- und Stoßdisziplinen sowie des Mehrkampfes.

Die Sportler wurden vor Ort angesprochen und konnten sich über die Studie informieren und bei Interesse teilnehmen. Da für unsere Untersuchungen besonders die Spitzensportler der einzelnen Disziplinen interessant waren, wurde mit allen Endrundenteilnehmer direkt nach der Siegerehrung gesondert Kontakt aufgenommen. Die Studie wurde im Einklang mit den Grundsätzen der

Medizinischen Fakultät der Charité zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis durchgeführt. Zuständig war die Ethikkommission des Campus Benjamin Franklin.

2.3 Studienablauf

Alle Probanden wurden zunächst über Inhalt und Zweck der Studie aufgeklärt. Wenn keine Fragen mehr bestanden und eine Einverständniserklärung unterschrieben war, nahmen die Probanden an der Sprungmechanographie (siehe 2.4) teil und füllten einen Fragebogen (siehe 2.5) aus.

Je nach zuletzt durchgeführter Disziplin musste jeder Teilnehmer eine bestimmte Erholungszeit einhalten, bevor er die Sprungmechanographie absolvieren konnte. Hiermit sollte vermieden werden, dass eine muskuläre Ermüdung durch den Wettkampf die Sprungleistung negativ beeinflusste. Die jeweiligen Erholungszeiten waren:

- bis 400m → 1 Stunde
- bis 1500m → 2 Stunden
- 3000m → 4 Stunden
- längere Distanzen → 24 Stunden

Im Anschluss an die Untersuchung bekam jeder Teilnehmer sein individuelles Ergebnis und sein Abschneiden im Vergleich zu der normalen Bevölkerung mitgeteilt.

2.4 Sprungmechanographie

2.4.1 Ausführung des Sprungs

Alle Probanden erhielten eine kurze Einweisung in den Sprungtest und wurden während des Tests verbal motiviert.

Der Sprung wurde folgendermaßen ausgeführt: Der Proband sollte kurz in die Hocke gehen und dann mit locker herunterhängenden Armen so hoch wie möglich springen. Bei der Landung war darauf zu achten, dass die Füße komplett auf den jeweiligen Seiten der Platte aufsetzten. In Abbildung 5 ist ein Sprung von vorne und von der Seite dargestellt.

Direkt vor und nach einem Sprung muss der Proband absolut still stehen, damit das genaue Körpergewicht gemessen werden kann. Die später errechnete Leistung konnte so in Relation zum Körpergewicht gesetzt werden, so dass die Probanden auch untereinander verglichen werden konnten. Würde man die absolute Leistung benutzen, so hätten schwerere Menschen einen Vorteil, da sie bereits durch ihr höheres Gewicht eine größere Kraft zu Boden bringen.

Alle Sprünge wurden auf der Bodenreaktionsplatte Leonardo, der Firma Novotec, Pforzheim, ausgeführt. Bei der Auswertung der Daten wurde die Software *Leonardo Ground reaction force platform* Version 3.01 unter den Betriebssystemen Windows 98 und Windows 2000 verwendet.

Stand



Hocke



Absprung





Sprung



Stand

Abbildung 5: Fotoserie eines Sprunges von vorne

2.4.2 Auswertung der Sprungdaten

Am Ende der Studie waren 898 Sprünge aufgezeichnet worden. Für die Auswertung wurden die Sprungkurven zunächst einzeln auf folgende Parameter überprüft:

Es wurden die Kurven der Sprunghöhe und der Kraft analysiert. Für die Auswertung wurden folgende Randbedingungen für die Anfangsphase der Messung festgelegt:

- Die Kraft muss konstant sein.
- Die Sprunghöhe muss konstant Null sein.

In dieser Phase wird die Masse des Probanden gemessen. Erst mit Veränderung der Kraft (Beginn des Sprunges) darf sich auch die Sprunghöhe verändern. Hat man bereits vor dem eigentlichen Absprung eine Änderung, deutet dies auf ein Bewegen des Probanden hin. In so einem Fall kann der Sprung nicht ausgewertet werden. Außerdem gab es Sprünge, bei denen bereits am Anfang die Sprunghöhe nicht bei null begann. Hier stimmte vermutlich die Kalibrierung der Platte nicht. Alle Sprünge mit derartigen Fehlern wurden aus der Wertung herausgenommen. Dies betraf 203 Sprünge.

Es erfolgte anschließend ein Vergleich zwischen dem von der Bodenreaktionsplatte gemessenen und der vom Probanden angegebenen Körpermasse. Es wurde die Differenz aus beiden Werten gebildet. Wenn diese Differenz mehr als vier kg betrug, wurde der jeweilige Sprung aus der Wertung herausgenommen. Dies betraf insgesamt 84 Sprünge.

Es blieben nach Überprüfung dieser Einschlusskriterien noch 611 Sprünge übrig. Diese 611 Sprünge wurden von 225 verschiedenen Probanden absolviert. Da wir in die endgültige Auswertung nur Probanden mit mindestens zwei Sprüngen hineinnahmen, fielen erneut 27 Probanden heraus, da bei diesen nur noch ein auswertbarer Sprung vorhanden war.

Von diesen verbleibenden 198 Probanden mussten weitere 24 herausgenommen werden. Der Grund hierfür ist, dass sie keine beste Disziplin vorweisen konnten. Diese beste Disziplin wurde jedoch für die spätere Auswertung benötigt. In einem Teil der Fälle hatten sie vor ihrem Wettkampf an der Studie teilgenommen und sind dann aus unterschiedlichen Gründen doch nicht im Wettkampf gestartet. In den anderen Fällen handelte es sich um Teilnehmer am Stabhochsprung oder an den

Wurfdisziplinen, die, wie unter 2.2 und 3.1 angeführt, nicht für die Studie in Frage kamen.

Es blieben 174 Probanden übrig, die zwei auswertbare Sprünge und eine beste Disziplin vorweisen konnten.

2.5 Fragebogen

Von jedem Sportler wurden verschiedene Informationen in einem eigens für diese Studie konzipierten Fragebogen festgehalten. Dieser umfasste:

- Datum des Tests
- Startnummer
- Geschlecht
- Geburtsdatum
- Körpergröße in Metern
- Körpermasse in Kilogramm
- eine Selbsteinschätzung nach der subjektiv besten Disziplin
- Dauer des Trainings pro Woche in Stunden
- subjektiv eingeschätzter Trainingszustand im Moment
- Ernährungsgewohnheiten
- Alkoholkonsum
- chronische Erkrankungen
- chirurgische Eingriffe

Der Fragebogen war in deutscher, englischer und französischer Sprache verfasst.

2.6 Ermittlung der besten Disziplin

Durch den Veranstalter wurden die offiziellen Wettkampfergebnisse mitgeteilt. Diese benutzten wir, um für jeden Teilnehmer eine beste Disziplin zu ermitteln. Es wurde für jeden Teilnehmer die relative Leistung in seinen absolvierten Disziplinen berechnet. Dazu wurde als erstes die individuelle Wettkampfleistung (P_{ind}) definiert.

Diese wurde für die Laufdisziplinen als individuelle Geschwindigkeit definiert und für die Sprungdisziplinen als erreichte Höhe, bzw. Weite definiert. Die individuelle Probandenleistung wurde dann in Relation zur jeweils in dieser Disziplin und Altersklasse erbrachten Weltrekordleistung ($P_{Weltrekord}$) gesetzt. Dies ergab die relative Leistung (P_{rel}) jedes Probanden in Prozent.

$$P_{rel} = 100 \cdot \frac{P_{ind}}{P_{Weltrekord}}$$

Die beste Disziplin jedes Teilnehmers entsprach der Disziplin, bei der der Teilnehmer die höchste relative Leistung erbracht hatte. Jeder Teilnehmer wurde daraufhin in eine Distanzgruppe eingeteilt, die sich wie folgt definiert:

- Sprinter: Strecke bis einschließlich 400m
- Mittelstreckler: 800m bis 1500m
- Langstreckler: 5000m bis Marathon

Die Probanden, die als beste Disziplin eine Sprung- oder eine Gehdisziplin aufwiesen, wurden aus der Studie herausgenommen, da für eine sinnvolle Auswertung in diesen Disziplinen zu wenig Probanden an der Studie teilnahmen. Somit blieben für die statistische Auswertung 143 Probanden, darunter 63 Frauen und 80 Männer.

2.7 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SPSS für Windows in der Version 11.5. Für eine Beschreibung der Probandenpopulation wurden Mittelwerte und Standardabweichungen der Variablen gebildet. Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen wurden mittels ANOVA analysiert. Als Post-Hoc-Tests wurde der Tukey-HSD-Test gewählt. Mit T-Tests wurden zum einen Unterschiede in der Sprungleistung und der Sprunghöhe zwischen Männern und Frauen und zum anderen Unterschiede zwischen Sprintern und Langstrecklern einer jeweiligen

Altersklasse untersucht. Lineare Regression und ANCOVA wurden verwendet, um die Abhängigkeit der Sprungleistung, bzw. der Sprunghöhe vom Alter zu untersuchen. Als signifikant wurde ein p-Wert von $< 0,05$ angenommen.