

## 4 Diskussion

### 4.1 Die Studienpopulation: Master Athleten

Aufgrund der Tatsache, dass sich kein Zusammenhang zwischen  $P_{rel}$  (individuelle Wettkampfgeschwindigkeit in Relation zum Weltrekord) und dem Alter finden ließ, konnte ausgeschlossen werden, dass es bei der Auswahl der Probanden zu einem Selektionseffekt gekommen ist, so dass z. B. im Alter nur schlechte Probanden untersucht worden sind.

In der Homogenitätsprüfung ergab sich bis auf ein signifikantes Ergebnis zwischen den weiblichen Sprintern und den männlichen Langstrecklern kein Altersunterschied zwischen den einzelnen Gruppen. Da diese beiden Gruppen hinsichtlich der Sprungergebnisse jedoch nicht miteinander verglichen wurden, musste dieser Unterschied nicht weiter beachtet werden. Wie zu erwarten war, wiesen die Frauen hinsichtlich der anthropometrischen Daten ein niedrigeres Gewicht und eine kleinere Körpergröße als die Männer auf. Innerhalb der Geschlechter gab es keine Unterschiede. Auch hinsichtlich des BMIs ergaben sich innerhalb der Geschlechter keine signifikanten Unterschiede. Die männlichen bzw. weiblichen Populationen konnten dementsprechend gut untereinander verglichen werden.

Bei Menschen in der untersuchten Altersgruppe würde man eine gewisse Multimorbidität erwarten. Mit zunehmendem Alter steigt die Wahrscheinlichkeit eine oder mehrere Krankheiten zu bekommen rapide an. Die Häufigkeit von Krankenhausaufenthalten nimmt stetig zu. Keiner der Probanden jedoch, gleich welchen Alters, litt an einer oder mehreren schwerwiegenden Erkrankung. Es gab einige leichtere Erkrankungen, welche die Athleten jedoch nicht wesentlich beeinflussten.

## **4.2 Die Sprungleistung auf der Leonardosprungplatte**

### **4.2.1 Unterschiede zwischen Sprintern und Langstreckenläufern**

Das Ergebnis, dass die Männer im Mittel insgesamt eine höhere Sprungleistung als die Frauen erreichten, sollte nicht weiter verwundern. Durch die unterschiedliche Körperzusammensetzung (Männer haben mehr Muskelfasern, weniger Fettanteil, längere Beine) erreichen Männer eine höhere Muskelkraft, eine bessere Muskelleistung und eine höhere Laufgeschwindigkeit.

Betrachtet man die Gruppenunterschiede, so erreichten die Sprinter signifikant höhere Werte für die Sprungleistung und die Sprunghöhe als die Langstreckenläufer in beiden Geschlechtern. Der Grund hierfür ist in der unterschiedlichen Faserverteilung bei Sprint- und Ausdauersportlern zu sehen.

Man klassifiziert die Muskelfasern nach ihren Myosinschwerkettenfilamenten in Typ I, Typ IIa und Typ IIb/x. Die höchste Leistung bringt der Typ IIb/x gefolgt von dem Typ IIa. Die Muskelfaser vom Typ I erbringt die geringste Leistung [13-15]. Dieser Unterschied ist in der unterschiedlichen Art der Energiebereitstellung für die Muskelkontraktion und in der unterschiedlichen neuromotorischen Impulsabgabe zu finden. Für jede Kontraktion der Muskeln wird Adenosintriphosphat (ATP) verbraucht, egal ob sich eine Faser des Typs I, die so genannte langsame Muskelfaser, kontrahiert oder eine Faser des Typs IIa oder IIb/x, den so genannte schnelle Muskelfaser. Die Typ I-Fasern nutzen für die ATP-Bereitstellung vor allem die aerobe Energiebereitstellung durch den Zitronensäurezyklus in den zahlreichen Mitochondrien. Die Ermüdbarkeit dieser Muskelfasern ist gering. Hierdurch lässt sich über eine längere Zeit eine gleich bleibende Muskelleistung erzeugen. Aufgrund der im Vergleich zu den Typ II-Fasern geringeren Zahl an sarcoplasmatischen Retikulum und der damit verbundenen langsameren und geringeren Kalziumfreisetzung- und Wiederaufnahme, ist die erbrachte Leistung jedoch niedriger als die der Typ II-Fasern. Diese benutzen für die ATP-Bereitstellung vor allem die Möglichkeit der anaeroben Energiebereitstellung. Hierfür sind sie mit besonders vielen glykogenolytischen und glykolytischen Enzymen ausgestattet. Sie können hierüber schnell eine hohe Menge an Energie bereitstellen und damit eine hohe Leistung erzeugen. Allerdings kommt es aufgrund von Übersäuerung durch das Abfallprodukt Laktat rasch zur Ermüdung. Der Unterschied zwischen Typ IIa und IIb/x ist, dass der

Typ IIb/x ein reiner glykolytischer Fasertyp ist, während der Typ IIa ein gemischter glykolytisch-oxidativer Typ ist. Er wird aber zu den schnellen Fasern gezählt.

Des Weiteren unterscheiden sich die Muskelfasertypen in ihrer neuromotorischen Innervation: Die Typ I-Faser wird durch kleine alpha-Motoneurone mit geringem Axonquerschnitt und dünner Myelinscheide innerviert. Dadurch hat man eine langsamere Erregungsausbreitung als bei den von großen alpha-Motoneuronen mit dickem Axonquerschnitt und dicker Myelinscheide innervierten Typ II-Fasern. Die Typ I-Faser hat dementsprechend eine langsamere Kraft- und Spannungsentwicklung als die Typ II-Faser. Bottinelli hat gezeigt, dass die Verkürzungsgeschwindigkeit der Typ IIb/x-Fasern etwa zehnmal größer ist als die der Typ I-Fasern [14].

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Typ I-Fasern über einen längeren Zeitraum eine konstante aber geringe Leistung erzeugen können (Ausdauer), während die Typ II-Fasern in einem kurzen Zeitraum eine hohe Leistung bei schneller Ermüdbarkeit bereitstellen (Schnellkraft).

Für einen Sprung, welcher als explosive schnelle Muskelleistung anzusehen ist, werden vor allem die Typ II-Fasern benötigt.

In vielen früheren Studien ist gezeigt worden, dass Langstreckenläufer einen höheren Anteil an langsamen Muskelfasern, und Sprinter einen höheren Anteil an schnellen Muskelfasern haben [16] [17-19]. Dementsprechend haben Sprinter bei der Durchführung der Sprungmechanographie einen Vorteil gegenüber Langstreckenläufer und erreichen höhere Werte.

#### **4.2.2 Vergleich mit der normalen Bevölkerung**

Wie verhalten sich aber nun die erbrachten Leistungen der Sportler im Vergleich mit der normalen nicht-sporttreibenden Bevölkerung? Wie in der Einleitung erwähnt, haben Runge et al (2004) denselben Sprungtest bei einer Gruppe von fitten und aktiven Menschen im Alter zwischen 18 und 88 Jahren durchgeführt [7]. Vergleicht man die Ergebnisse dieser gesunden und normalen Population mit den Ergebnissen der Master Athleten, so ergibt sich, dass die Sprinter eine sehr viel höhere Leistung

aufbringen können als die normale Bevölkerung. Dieses Ergebnis lässt sich durch die besser trainierten, schnellen Muskelfasern der Sprinter erklären. Die Langstreckenläufer hingegen liegen mit ihrer Muskelleistung im Bereich der normalen Vergleichspopulation. Aufgrund von Muskelfaseruntersuchungen wäre sogar zu erwarten gewesen, dass die Langstreckenläufer mit ihrer Leistung unter der normalen Bevölkerung liegen. Trappe zeigte nämlich, dass die Muskelfasern (Typ I und IIa-Fasern) eines Langstreckenläufers kleinere Durchmesser haben und weniger Leistung produzieren als die einer nicht-sporttreibenden Bevölkerung [20]. Was zunächst wie ein Nachteil des Ausdauertrainings aussieht, ist für Langstreckenläufer jedoch von Vorteil, da sich die Muskelfasern an die Anforderungen der Ausdauerleistung adaptiert haben. Fasern mit einem kleineren Durchmesser haben eine geringere Diffusionsstrecke für Sauerstoff und andere Metabolite als Fasern mit einem größeren Durchmesser. Damit wird die Versorgung der Muskelfasern während einer Ausdauerleistung besser gewährleistet.

Des Weiteren brauchen Ausdauerläufer während eines Marathons keine große Muskelleistung für eine kurze Zeit, sondern eine gleich bleibende Leistung über einen langen Zeitraum. Auch Widrick et al (1996) zeigten ähnliche Ergebnisse, dass die Muskelfasern des Musculus gastrocnemius einer Ausdauerläufergruppe absolut gesehen weniger Kraft produzierten als die Muskelfasern einer nicht-sportlich aktiven Bevölkerung [21]. Auch hier wiesen die Muskelfasern der Ausdauerläufer einen kleineren Durchmesser auf. Relativ zum Faserdurchmesser jedoch produzieren beide Fasergruppen die gleiche Kraft. So lässt sich die geringere Kraftproduktion der Muskelfasern von Ausdauerläufern vollständig durch ihren kleineren Durchmesser erklären. Sowohl Trappe als auch Widrick untersuchten in ihren Studien nur männliche Personen. Es ist aber zu vermuten, dass die Ergebnisse bei den Frauen ähnlich ausfallen würden.

Für betagte Menschen ist im Alltag jedoch eher eine kurze explosive Muskelleistung von Bedeutung, zum Beispiel zum Abfangen von Stürzen. Der altersbedingte Verlust an Muskelleistung ist direkt verbunden mit einer zunehmenden Anzahl an Stürzen [5]. Runge et al. fanden in ihrer Studie einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des Sprungtests und den Ergebnissen im „Chair-rising-Test“ [8]. Dieser Test wird in der Klinik eingesetzt, um das Sturzrisiko zu bestimmen. Je besser ein Mensch in diesem Test abschneidet (und je besser also auch sein Ergebnis im

Sprungtest ist), desto geringer ist sein Sturzrisiko. Es wäre also zu erwarten, dass ein Sprinter, bzw. ein Mensch, der ähnliche Übungen mit Kraft- und Schnellkraft trainiert, ein geringeres Sturzrisiko hat als jemand, der eher seine langsamen Muskelfasern trainiert. Will man betagte Menschen also hinsichtlich einer Sturzprophylaxe beraten, sollte man nicht zu Ausdauersportarten wie Joggen oder Fahrradfahren raten. Sicherlich wird man einer 80 jährigen Frau nicht einen täglichen 100 Meter Sprint empfehlen können. Hilfreich wären aber Trainingsformen, welche die schnellen Muskelfasern trainieren (Krafttraining) und auch schnelle Bewegungen umfassen.

Bei der Durchführung des Tests ließ sich noch etwas anderes beobachten, welches jedoch nicht in quantitativen Ergebnissen gemessen werden konnte: Die Sprinter hatten in der Durchführung des Tests generell weniger Probleme als die Langstreckenläufer. Diese verloren sehr viel häufiger das Gleichgewicht und verließen die Platte fast immer nach hinten. Sie waren nach der Landung nicht in der Lage, Dysbalancen auszugleichen, und die für das Körpergleichgewicht benötigte Muskulatur ausreichend schnell zu akquirieren. Auch hier spielt sicherlich wieder die unterschiedliche Muskelfaserverteilung der Athleten eine Rolle, wobei die schnellen Muskelfasern hilfreicher sind für eine Vermeidung von Stürzen. Abgesehen von den Empfehlungen für eine Sturzprophylaxe für ältere Menschen sollten diese Beobachtungen aber auch in zukünftigen Studien beachtet werden, damit die den Test durchführende Person gerade bei Langstreckenläufern achtsam ist und einen eventuellen Sturz vermeiden kann.

Natürlich muss ein gezieltes Sturzprophylaxetraining noch weitere Dinge mitberücksichtigen. Ebenso wichtig wie eine gute Muskelleistung ist zum Beispiel das Trainieren des Gleichgewichtes oder auch das Erkennen möglicher Sturzgefahren, wie herumliegende Kabel oder lose Teppichkanten.

Das Ausdauertraining hat diesbezüglich aber auch keinen Nachteil, denn die Ausdauerathleten sind nicht schlechter als die normale Population von Runge et al. Davon abgesehen bewirkt das Ausdauertraining natürlich zahlreiche positive Faktoren im Bereich des kardiovaskulären und des pulmonalen Systems älterer Menschen. Der Ruhepuls nimmt ab, die maximale Sauerstoffaufnahme nimmt zu [22]. Auch eine Hypertonie, Fettstoffwechselstörungen oder ein Typ II-Diabetes können positiv beeinflusst werden [22].

#### **4.2.3 Die Änderung der Sprungleistung mit zunehmendem Alter- Zusammenhang mit Ergebnissen histologischer Untersuchungen verschiedener Autoren**

Es ist bekannt, dass im Alter die muskuläre Leistungsfähigkeit von Menschen abnimmt. Diese Abnahme hat verschiedene Gründe. Das Maß an körperlicher Betätigung sinkt mit zunehmendem Alter [23], die Multimorbidität nimmt zu. Und zu guter Letzt muss das biologische Altern per se beachtet werden.

Die Muskeluntersuchungen an Masterathleten haben den Vorteil, dass sie vor allem das Altern der Muskulatur per se erfassen. Wie in der Einleitung beschrieben, fallen die Multimorbidität und die Abnahme des Aktivitätslevels bei diesen Menschen nicht ins Gewicht.

Trotzdem nimmt auch bei Masterathleten mit dem Alter die muskuläre Leistungsfähigkeit ab, was sich in langsameren Laufzeiten niederschlägt [24] [25]. Allerdings wird ein alternder Leistungssportler auch seine Trainingsgewohnheiten ändern und mit 80 Jahren weniger trainieren als mit 20 Jahren. Die Gründe hierfür sind zunächst in veränderten Lebensgewohnheiten, in der Notwendigkeit den Lebensunterhalt zu verdienen (kein Veteran kann von seinen Wettkampferfolgen leben) und schlicht auch einfach im Setzen anderer Prioritäten zu suchen.

Aber auch das Altern per se wird den Trainingsrhythmus beeinflussen. Die Regeneration dauert mit zunehmendem Alter länger. In Tierversuchen ist gezeigt worden, dass Muskelfaserverletzungen bei alten Mäusen langsamer heilen als bei jungen Mäusen [26] [27]. Auch in einer epidemiologischen Studie aus dem Jahre 1995 konnte gezeigt werden, dass ältere Athleten ein erhöhtes Verletzungsrisiko haben [28].

Man muss also zwischen der Abnahme der muskulären Leistungsfähigkeit durch abnehmende Trainingsintensität und durch das Altern per se unterscheiden. Wie vorher erläutert, wird es allerdings nicht gelingen, dies komplett zu trennen, da das eine mit dem anderen verbunden ist.

Wie in Abbildung 9 und 10 und Abbildung 16 und 17 gezeigt wird, kommt es in allen Gruppen zu einem linearen Abfall der muskulären Leistungsfähigkeit mit zunehmendem Alter. Die Korrelation ist in allen Gruppen sehr gut, nur bei den weiblichen Langstreckenläufern ist die Streuung verhältnismäßig groß. Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass in dieser Gruppe verhältnismäßig viele

„Hobbysportler“ mitgemacht haben. Viele weibliche Langstreckenläufer erzählten auf Befragung hin, dass sie eigentlich ihren Ehemann begleiteten und „da sie schon mal da wären“, auch am Wettkampf teilnehmen wollten.

Bei den Probanden der vorgestellten Studie ergab sich keine Relation der Trainingswochenstunden mit dem Alter, mit zunehmendem Alter wurde also nicht weniger trainiert. Die Abnahme der Sprungleistung mit dem Alter ist also nicht durch ein geringeres Training im Alter zu erklären.

In der statistischen Analyse konnte kein Unterschied in der Abnahme der Sprungleistung mit dem Alter zwischen den männlichen Sprintern und den Langstreckenläufern gefunden werden. Bei den Frauen war dieser Vergleich aufgrund der großen Streuung bei den weiblichen Langstreckenläufern nicht valide.

Im Folgenden sollen die altersbezogenen Veränderungen der Muskulatur genauer diskutiert werden.

Zunächst nimmt mit zunehmendem Alter der Muskelquerschnitt ab. Vor ca. 45 Jahren erschien eine der ersten Studien über die Volumenabnahme der Muskulatur mit zunehmendem Alter, welche damals noch mit indirekten Methoden nachgewiesen wurde [29]. Es folgte eine Studie, die als Maß für die Gesamtmuskelmasse des Körpers die Kreatininausscheidung über 24 Stunden untersuchte. Hierbei wurde eine Abnahme der Kreatininausscheidung von etwa einem Drittel im Alter festgestellt [30]. Mit der Einführung moderner radiologischer bildgebender Untersuchungsverfahren wie Computertomographie oder Magnetresonanztomographie konnte der Muskelquerschnitt direkt untersucht werden. Mit ihrer Hilfe konnte der Unterschied des Muskelquerschnitts zwischen jungen und alten Menschen gezeigt werden [31] [32]. Gleichzeitig stellten verschiedene Autoren eine Zunahme des Fett- und Bindegewebes mit zunehmendem Alter fest [33, 34]. Allerdings wurde in den meisten dieser Studien nicht auf andere Faktoren wie beispielsweise Ernährung oder sportliche Aktivität eingegangen, die den Muskelquerschnitt beeinflussen könnten. Klitgaard et al zeigten in ihrer Studie, dass eine Gruppe aus älteren Kraftsportlern einen größeren Muskelquerschnitt als eine nicht-sporttreibende Vergleichsgruppe hat [31]. Der Muskelquerschnitt war vergleichbar mit einer Gruppe junger Menschen, die allerdings keinen Sport betrieb. Auch Reimers beschrieb, dass der Muskelatrophie im Alter durch regelmäßigen Sport entgegengewirkt [35], aber nicht aufgehoben werden kann, wie Untersuchungen von Starling et al. zeigen. Hier hatte die sportliche

Aktivität nur einen geringen Einfluss auf die im Alter auftretende Muskelatrophie [36]. Aus all diesen Ergebnissen kann der Schluss gezogen werden, dass auch bei regelmäßigem Kraftsport der Muskelquerschnitt mit dem Alter abnimmt, wenn auch langsamer als bei sportlich inaktiven Menschen.

Diese Abnahme des Muskelquerschnitts ist in den letzten Jahren genauer untersucht worden. Wie im Review von Porter et al beschrieben, betrifft die im Alter auftretende Atrophie der Muskelfasern vor allem die Typ II-Fasern [37]. Dies konnte auch von Andersen et al im Jahre 2003 bestätigt werden [38]. Die Größe der Typ II-Fasern nimmt immer weiter ab, während sich die Größe der Typ I-Fasern nicht signifikant ändert [39] [40].

Die Querschnittsabnahme der Muskulatur lässt sich jedoch nicht alleine durch die Atrophie der Muskelfasern erklären. Neben dieser kommt es mit zunehmendem Alter auch zu einem Untergang ganzer Muskelfasern. Einige Autoren zeigten, dass es im Alter zu einer erhöhten Anzahl an langsamen Muskelfasern kommt [41] [42]. Dies würde bedeuten, dass vermehrt die schnellen Muskelfasern abgebaut werden. Wie im Review von Lexell beschrieben kommt die größere Anzahl von Autoren jedoch zu dem Schluss, dass sich die Faserverteilung im Alter nicht verändert, dass also beide Arten von Muskelfasern im gleichen Maße abgebaut werden [43]. Dem Verlust dieser Fasern können verschieden Ursachen zugrunde liegen. Zum einen kann es durch irreversible Faserschäden zu einem Untergang der Faser kommen. Im normalen älteren Muskel sind myopathische Gründe allerdings eher selten [44, 45]. Es gibt jedoch in letzter Zeit zunehmend Hinweise in Tierstudien, dass die Apoptoserate der Muskelzellen mit dem Alter zunimmt [46]. Ein anderer Grund für den Untergang von Muskelzellen ist die Denervierung und ein daraus folgendes Absterben der Muskelfaser [47-49].

Zum Teil kommt es bei einer Denervierung allerdings nicht zum Untergang der Muskelfaser, sondern diese wird durch axonale Neuaussprossung durch eine andere Nervenfasern reinnerviert [48].

Roos et al. und Larson et al. konnten zeigen, dass mit zunehmendem Alter vor allem die Typ II-Fasern von der Denervierung betroffen sind und die Reinnervierung durch Motoreinheiten durchgeführt wird, die Typ I-Fasern innervieren [50] [51]. Diese neuinnervierten Fasern nähern sich in physiologischen und biochemischen Eigenschaften den langsamen Fasern an [50]. Bestätigt wird diese Theorie durch die

Tatsache, dass im Rahmen von EMG-Ableitungen herausgefunden wurde, dass es im Vergleich zu jungen Menschen bei Älteren bei maximaler Muskelkontraktion zu einer vermehrten Registrierung der langsamen motorischen Einheiten kommt [52].

Zusammenfassend ist zu sagen, dass das Altern offensichtlich die schnellen Muskelfasern stärker beeinflusst als die langsamen. Menschen mit einem höheren Anteil an schnellen Muskelfasern (Sprinter) müssten dementsprechend stärker hinsichtlich ihrer Muskelleistung beeinflusst werden, als Menschen mit einem geringeren Anteil (Langstreckler). Wir haben jedoch gezeigt, dass die Sprinter das gleiche Maß an Sprungleistung auf der Leonardosprungplatte verlieren wie Langstreckenläufer. Eine Erklärung für die Diskrepanz zwischen unseren Ergebnissen und den Ergebnissen histologischer Untersuchungen könnte sein, dass in all diesen Studien keine Master Athleten untersucht worden, sondern normale Menschen, die keine extreme sportliche Betätigung haben. Die oben genannten Ergebnisse könnten also auch das Resultat des „Nicht-Benutzens“ der schnellen Fasern sein. Ältere Menschen trainieren in Alltagssituationen selten ihre schnellen Muskelfasern. Durch das regelmäßige Trainieren der Typ II-Fasern durch das Sprinttraining könnten die oben beschriebenen Prozesse also verlangsamt werden. Dies würde erklären, warum die Sprinter das gleiche Maß an explosiver Muskelleistung verlieren wie die Langstreckenläufer.

### ***4.3 Die Geschwindigkeit und die Sprungleistung***

Die höhere Laufgeschwindigkeit der Sprinter im Vergleich zu den Langstreckenläufern ist nicht überraschend gewesen. Um eine lange Distanz absolvieren zu können, muss zwangsläufig ein langsames Grundtempo gewählt werden als für einen Sprint.

Es zeigte sich für die Sprinter beider Geschlechter ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Laufgeschwindigkeit und der Sprungleistung. Je besser das Ergebnis des Sprungtests war, desto höher war auch die Laufgeschwindigkeit. Wie oben erläutert, wird mit dem Sprungtest die explosive Muskelleistung der unteren Extremität getestet. Diese bestimmt im hohen Maße die mögliche Geschwindigkeit der Kurzstreckenathleten. Bei den Langstreckenläufern wird die Geschwindigkeit

jedoch durch andere Faktoren bestimmt. Für eine relativ hohe Grundgeschwindigkeit während eines Langstreckenlaufes muss der Ausdauerathlet sein Potential der aeroben Resynthesierung an ATP (welches wie oben erwähnt für die Muskelkontraktion benötigt wird) ausschöpfen. Um dies zu erreichen, kommt es zu zahlreichen Adaptationsvorgängen im Bereich des Herz-Kreislaufsystems, die alle zum Ziel haben, mehr Sauerstoff in die Mitochondrien der Muskelzellen zu befördern [53].

Eine gute explosive Muskelleistung ist höchstens zum Schluss hilfreich, um in einem Schlusssprint gut abzuschneiden.

In der Literatur existieren wenige Studien über den Zusammenhang zwischen der Muskelleistung und der möglichen Sprintgeschwindigkeit. Sleivert et al zeigten 2003, dass die maximale Muskelleistung einen signifikanten Zusammenhang mit der maximalen Sprintgeschwindigkeit über 5 Meter hat [54]. Allerdings hat Sleivert in seiner Studie nicht, wie in der vorliegenden Studie, die Kraft und die Geschwindigkeit gemessen, die der Proband auf den Boden ausübt. Er hat stattdessen die Kraft und die Geschwindigkeit gemessen, die ein Proband während eines Sprunges auf eine über die Schulter gelegte Stange ausüben kann. Für jeden Probanden wurde zunächst das maximale Gewicht gemessen, welches der Proband zu bewegen fähig war.

Mit der vorliegenden Studie können wir diese Ergebnisse in dem Sinne bestätigen, dass auch die auf den Boden ausgeübte Leistung ein geeigneter Parameter für die Vorhersage der möglichen Sprintgeschwindigkeit ist. Der in der vorliegenden Studie benutzte Sprungtest ist einfacher und zeitsparender, als der von Sleivert et al, da nicht erst das individuelle maximal zu bewegendes Gewicht herausgefunden werden muss.

Eine andere Studie zu diesem Thema wurde 1999 von Kukulj et al. durchgeführt [55]. Sie maßen die Laufgeschwindigkeit von Sportstudenten während eines 30-Meter Sprints und korrelierten diese unter anderem mit den Ergebnissen eines Sprungtests. Seine Korrelationskoeffizienten waren ziemlich niedrig, woraus er den Schluss zog, dass spezifischere Verfahren genutzt werden müssen, um Sprintergebnisse vorhersagen zu können. Eine Erklärung zur Diskrepanz zwischen Kukuljs Ergebnissen und den Ergebnissen unserer Studie kann darin liegen, dass keiner der Sportstudenten aktive Sprinter waren. Für Menschen, die an einem regelmäßigem

Sprinttraining teilnehmen, ist der Sprungtest sehr wohl geeignet, um die mögliche Geschwindigkeit vorherzusagen.

Um mögliche Wettkampfergebnisse für Langstreckenläufer vorherzusagen, sind Belastungsuntersuchungen mit Bestimmung der anaeroben Schwelle jedoch hilfreicher.

#### **4.4 Fazit**

Wie man anhand der Master Athleten sehen kann, sind sportliche Höchstleistungen in jedem Alter möglich. Die natürliche Abnahme der Muskelleistung mit zunehmendem Alter kann zwar nicht aufgehalten werden, durch ein gezieltes Training der Kraft und der Schnellkraft erreicht man jedoch höhere Ausgangswerte. Dadurch besitzen dementsprechend trainierte Menschen eine höhere Reserve, bevor sie in die Gefahr geraten, in einen kritischen Bereich der Muskelinsuffizienz zu kommen.

Natürlich ist diese Studie eine Querschnittsstudie und die Ergebnisse können nur Hinweise darauf geben, wie sich die Sprungleistung bei Leistungssportlern im Alter verändern könnte. Um eindeutige Antworten geben zu können, müsste eine Gruppe Langstreckenläufer und eine Gruppe Sprinter über einen längeren Zeitraum auf ihre Sprungleistung getestet werden. Gleichzeitig sollten Muskelbiopsien genommen werden, um die Änderungen im Muskelfasersystem dokumentieren zu können und diese auf Korrelation mit der Sprungleistung untersuchen zu können.

Des Weiteren müssten vor allem im Bereich der älteren weiblichen Athleten weitere Daten weitere Untersuchungen durchgeführt werden. Das Problem hierbei ist, dass es sehr wenig ältere weibliche Athleten gibt, so dass es schwer ist, genug Datenpunkte für eine bessere statistische Aussage zu sammeln. Im Moment wird eine weitere Studie dieser Art ausgewertet, die während der Weltmeisterschaft der Leichtathletik der Senioren im Sommer 2005 in San Sebastian, Spanien stattfand. Ziel wird es unter anderem sein, die hier vorgestellten Daten zu vervollständigen und zu bestätigen.