



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Eine Neubewertung des Zusammenhangs von
sportlicher Leistung und Digit Ratio (2D:4D):
Systematischer Review und Meta-Analyse

Verfasserin

Else Schneider

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im November 2011

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Assistenzprof. Privatdoz. MMag. DDDr. Martin Voracek

Danksagung

Zunächst möchte ich meinem Betreuer Assistenzprof. Privatdoz. MMag. DDDr. Martin Voracek für die professionellen Hilfestellungen und die vielen anregenden Gespräche danken.

Zudem gilt mein Dank Volker Mucks und Franz Seidak, die mir erst meine Testung auf den Oberbayrischen Jahrgangsmeisterschaften ermöglicht haben. In diesem Zusammenhang möchte ich auch noch meinen Freundinnen Karin und Lena danken, ohne deren Hilfe und Charme ich nicht zu den vielen Versuchspersonen gekommen wäre.

Schließlich waren es vor allem meine Familie und meinen Freunden, die mich während meines Studiums unterstützt haben.

Herzlichen Dank dafür!

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung.....	7
Theoretischer Hintergrund.....	9
 1. Das Fingerverhältnis 2D:4D.....	11
1.1. Definition.....	11
1.2. Geschichte der 2D:4D-Forschung.....	11
1.3. 2D:4D als Biomarker.....	12
1.4. Weitere 2D:4D-Korrelate.....	13
1.4.1. <i>2D:4D und Alter</i>	14
1.4.2. <i>2D:4D und geographische Unterschiede</i>	14
1.4.3. <i>2D:4D und Persönlichkeit</i>	14
1.4.4. <i>2D:4D, Lateralisierung und morphologische Marker</i>	15
1.5. Methoden zur Erfassung des 2D:4D.....	16
 2. 2D:4D und Sport.....	17
2.1. 2D:4D als Prädiktor für sportliche Leistung.....	17
2.2. Literaturüberblick.....	18
2.2.1. <i>Chronologische Darstellung</i>	18
2.2.2. <i>Bisherige Ergebnisse</i>	20
 3. Ziele.....	21
Studie 1.....	23
 4. 2D:4D und Schwimmen.....	25
4.1. Einleitung.....	25
4.2. Methode.....	27
4.3. Ergebnisse.....	31
4.4. Diskussion.....	37
Studie 2.....	41
 5. Methode.....	44
5.1. Einschlusskriterien.....	44

5.2. Moderatoren.....	44
5.3. Kodierung.....	45
5.4. Datensynthese.....	45
6. Ergebnisse.....	47
6.1. Beschreibung der Stichprobe.....	47
6.2. 2D:4D und sportlicher Erfolg.....	48
6.2.1 Subgruppenanalyse.....	49
6.2.2 Meta-Regression.....	50
7. Diskussion.....	51
7.1 Publikationsbias.....	51
7.2 Erhebung der sportlichen Leistung.....	52
7.3 Mannschafts- vs. Individual sport.....	52
7.4 Kovariaten.....	53
7.5 Vergleich mit vorherigen Ergebnissen.....	53
7.6 Ausblick.....	54
Zusammenfassung.....	55
Anhang.....	59
Anhang 1: Kodierschema.....	61
Anhang 2: Studiendetails.....	62
Anhang 3: Forest Plot rechts.....	66
Anhang 4: Forest Plot links.....	67
Anhang 5: Kumulative Analyse rechts.....	68
Anhang 6: Kumulative Analyse links.....	69
Literaturverzeichnis.....	71
Curriculum vitae.....	81
Eidesstattliche Erklärung.....	83

Einleitung

2001 postulierten Manning und Taylor erstmals die Hypothese über den Zusammenhang zwischen dem 2D:4D-Verhältnis und sportlicher Leistung. Diese Hypothese besagt, dass ein kleineres Fingerverhältnis mit sportlichen Erfolg einhergeht. Folgende Arbeit beinhaltet einen systematischen Review, neu Daten und eine Meta-Analyse, die den oben genannten Zusammenhang neubewertet.

Der erste Teil verschafft einen Überblick über die 2D:4D-Forschung sowohl im Allgemeinen als auch im Zusammenhang mit Sport. Dabei wird auf die Definition, die Geschichte und bisherigen Ergebnisse der Forschung eingegangen.

Anschließend werden neue Daten, die im Rahmen der Studie „2D:4D und Schwimmen“ erhoben wurde, präsentiert und diskutiert. Diese Studie ist die erste, die die Hypothese von Manning und Taylor (2001) explizit in Bezug auf den Schwimmsport untersucht und fließt damit auch als ein wesentlicher Aspekt in die Meta-Analyse ein.

Diese Meta-Analyse bildet den dritten Teil der Arbeit. Neben der Neubewertung des Zusammenhangs wird vor allem versucht, die Ursachen, die für die Heterogenität in den Primärstudien verantwortlich sind, zu identifizieren.

Theoretischer Hintergrund

1 Das Fingerverhältnis 2D:4D

Im diesem Kapitel soll ein allgemeiner Überblick über die 2D:4D Forschung geschaffen werden, indem Definition, Geschichte und relevante Forschungsthesen sowie ihrer Ergebnisse kurz dargestellt werden.

1.1 Definition

Das Fingerverhältnis 2D:4D beschreibt die Längenrelation von Zeigefinger (2. Finger, 2D) zu Ringfinger (4. Finger, 4D), was häufig auch als „Digit Ratio“ bezeichnet wird. Dieses Verhältnis kann als ein dimorphes Geschlechtsmerkmal betrachtet werden: Männer haben im Gegensatz zu Frauen durchschnittlich einen kürzeren Zeigefinger als Ringfinger und weisen dementsprechend ein kleineres 2D:4D Verhältnis als Frauen auf (Manning, Scutt, Wilson, & Lewis-Jones, 1998). Hönekopp und Watson (2010) konnten zeigen, dass dieser Geschlechtsunterschied vor allem an der rechten Hand sichtbar wird.

In Deutschland liegt der Durchschnittswert des 2D:4D-Verhältnisses um 0.96 bei Männern und um 0.98 bei Frauen (Fink, Manning, Neave, & Tan, 2004; Voracek, Manning, & Ponocney, 2005).

1.2 Geschichte der 2D:4D Forschung

Die 2D:4D-Forschung blickt mittlerweile auf eine mehr als hundertjährige Geschichte zurück. Bereits am Ende des 19. Jahrhunderts wurden erste wissenschaftliche Untersuchungen über das Verhältnis von Fingern zueinander durchgeführt, wobei primär der Geschlechtsunterschied von Mann und Frau in Bezug auf die Ringfingerlänge betrachtet worden ist (Ecker, 1875; Baker, 1888). Im Jahre 1983 wurde dann zum ersten Mal das Verhältnis von Zeigefinger zu Ringfinger mit einem psychologischen Merkmal in Verbindung gebracht. Wilson (1983) untersuchte, ob die Durchsetzungskraft bei Frauen im Zusammenhang mit 2D:4D steht. Es zeigte sich, dass sich Frauen mit einem längeren Ringfinger sich selbst als durchsetzungsfähiger beschrieben als Frauen mit einem längeren Zeigefinger. Aus diesen Ergebnissen schlussfolgerte Wilson, dass die Fingerlänge

von Zeige- und Ringfinger von pränatalen Geschlechtshormonen abhängig ist. So konnten auch Kondo, Zakany, Innis und Duboule (1997) zeigen, dass die Entwicklung der Finger und die Ausbildung der Gonaden durch gleiche Gene kontrolliert werden. Auf diesen Aussagen basierend postulierten Manning et al. 1998 erstmals den Einfluss von pränatalem Testosteron und Östrogen auf das 2D:4D Verhältnis und rückten damit die 2D:4D Forschung wieder in den Vordergrund (Manning, 2008). Seitdem sind inzwischen mehr als 450 (Voracek, 2011) Publikationen erschienen, die primär aus psychologischen Forschungsbereichen stammen, gefolgt von denen aus biologischen, anthropologischen und medizinischen Bereichen (Voracek & Loibl, 2009). Im Jahr 2002 und 2008 fasste Manning zudem die bis dahin erschienenen Ergebnisse übersichtlich zusammen und machte die Bedeutung des 2D:4D als Biomarker für die pränatalen Bedingungen deutlich.

1.3 2D:4D als Biomarker

Wie bereits in 1.2 erwähnt, wird das Längenverhältnis von Zeigefinger zu Ringfinger als ein möglicher Indikator für das Hormonverhältnis von Testosteron und Östrogen im Uterus gesehen. In der Länge des Ringfingers spiegelt sich der pränatale Testosterongehalt wider, wohingegen die Zeigefingerlänge vom pränatalen Östrogengehalt abhängt.

Die Länge der Finger wird durch die Gencluster Hoxa und Hoxd bzw. die Homeobox bestimmt. Die Homeobox, die die charakteristische DNA-Sequenz eines Hox-Gens darstellt und hormonell reguliert wird (Carroll, 1995), ist sowohl für die Ausbildung der Ovarien und Testes als auch für die Entwicklung von Fingern und Zehen verantwortlich. Die regulierende Funktion der Hox Gene konnte auch bei Mäusen nachgewiesen werden (Kondo, Zakany, Innis, & Duboule, 1997). Auf diesen Ergebnissen aufbauend stellen Manning et al. (1998) die Hypothese auf, dass das Fingerverhältnis die Ausbildung der Gonaden widerspiegelt und somit auch ihre Funktionen, wie die Produktion von Östrogen und Testosteron, reflektiert.

Zudem wiesen Malas, Dogan, Evcil und Desdicioglu (2006) nach, dass das 2D:4D Verhältnis während der Schwangerschaft ab dem dritten Monat konstant ist

und dass zu diesem Zeitpunkt bereits ein Geschlechtsunterschied festgestellt werden kann. Dies entspricht den Ergebnissen von Garn, Burdi, Babler und Stinson (1975), die belegen, dass das Fingerverhältnis ab der siebenten Schwangerschaftswoche fixiert ist. Die relative hohe Stabilität des 2D:4D Verhältnisses bleibt zudem bis ins Erwachsenenalter hin bestehen. So verändert sich das Verhältnis ab dem zweiten Lebensjahr kaum und bleibt auch bei Eintritt der Pubertät weitgehend gleich, was für ein dimorphes Geschlechtsmerkmal ein untypischer Verlauf ist (vgl. Manning et al. 1998; McIntyre, Ellison, Lieberman, Demerath, & Towne, 2005). Zusammenfassend stützen diese Ergebnisse die Annahme, dass die Fingerverhältnisse pränatal festgelegt werden.

Lutchmaya, Baron-Cohen, Raggatt, Knickermeyer und Manning (2004) konnten zudem nachweisen, dass die Länge des Ring- und Zeigefingers mit dem im Fruchtwasser vorhandenen Verhältnis von Testosteron und Östrogen korreliert und zwar unabhängig vom Geschlecht. Es besteht ein negativer Zusammenhang zwischen dem Testosterongehalt, sowie ein positiver Zusammenhang zwischen dem Östrogenanteil im Fruchtwasser und 2D:4D. Dies bedeutet, dass bei hohem Testosterongehalt der Ringfinger länger als der Zeigefinger ist bzw. dass bei hohem Östrogengehalt der Zeigefinger länger als der Ringfinger ist. Die Ergebnisse des Reviews von Hönekopp, Bartholdt, Beier und Liebert (2007) lassen vermuten, dass das 2D:4D Verhältnis von dem Niveau der Geschlechtshormone im Erwachsenenalter unabhängig ist. Dadurch wird die von Manning et al. (1998) aufgestellte These unterstützt, dass das 2D:4D Verhältnis durch das im Fruchtwasser vorhanden Testosteron-Östrogen Verhältnis bestimmt wird.

Insgesamt kann die Messung des 2D:4D-Verhältnisses als eine noninvasive Methode betrachtet werden, um einen retrospektiven Blick auf das pränatale Hormonverhältnis zu erhalten (Manning, 2002a, 2008; Voracek & Manning, 2003).

1.4 Weitere 2D:4D-Korrelate

Neben dem bereits beschriebenen Zusammenhang von pränatalem Testosterongehalt und 2D:4D, korreliert das Fingerverhältnis noch mit weiteren Faktoren, von denen die wesentlichen im Folgenden kurz vorgestellt werden.

1.4.1 2D:4D und Alter

Wie bereits in Abschnitt 1.3 erwähnt, bleibt das Verhältnis von Zeigefinger zu Ringfinger im Laufe des Lebens relativ stabil und wird auch durch die Pubertät kaum beeinflusst (McIntyre, 2006). Allerdings hat sich gezeigt, dass es bei Männern im Alter von 17 Jahren dennoch zu einer leicht postpubertären Maskulinisierung des Verhältnisses kommen kann, das 2D:4D Verhältnis also kleiner wird (McIntyre et al., 2005). Daneben gibt es Belege dafür, dass sich auch im Laufe der frühen Kindheit das 2D:4D Verhältnis verändert und größer wird (Manning, Stewart, Bunderd, & Trivers, 2004; McIntyre et al., 2005). Diese Veränderung des Verhältnisses ist ungefähr bis zum fünften Lebensjahr größer als der wahrgenommene Geschlechtsunterschied. Zusammenfassend lassen diese Ergebnisse es als sinnvoll erscheinen, bei Kindern und Jugendlichen trotz der postulierten Stabilität des 2D:4D Verhältnisses das Alter zu berücksichtigen.

1.4.2 2D:4D und geographische Unterschiede

Andere bedeutende Unterschiede bei 2D:4D konnten zwischen verschiedenen geographischen Regionen und auch Ethnien festgestellt werden. Diese Unterschiede sind unabhängig vom Geschlechtsunterschied, zudem meist deutlich stärker als dieser und können bereits schon bei Kindern festgestellt werden (Manning et al., 2000; Manning et al., 2004; Peters, Tan, Kang, Teixeira, & Mandal, 2002). Die Daten deuten darauf hin, dass Personen aus verschiedenen ethnischen Gruppen pränatal unterschiedlichen Testosteron- und Östrogenkonzentrationen ausgesetzt sind. Diese These lässt sich allerdings schwer nachweisen, da nur wenige direkte Daten über die Geschlechtshormonverhältnisse im Fruchtwasser der einzelnen Gruppen existieren (Manning, 2008).

1.4.3 2D:4D und Persönlichkeit

Es ist weitgehend bekannt, dass sich die Geschlechter im Bezug auf Persönlichkeitsmerkmale teilweise deutlich unterscheiden. Diese Unterschiede sind sowohl genetisch als auch durch pränatale Konzentration der

Geschlechtshormone sowie in der Sozialisierung begründet. Frauen scheinen generell weniger aggressiv als Männer zu sein, jedoch gibt es innerhalb der Gruppe von Frauen aggressivere und weniger aggressive Frauen. Diese Unterschiede innerhalb der Geschlechter könnten teilweise durch das pränatale Verhältnis der Geschlechtshormone erklärt werden (Manning, 2008).

Dementsprechend wurden zahlreiche Studien über den Zusammenhang von 2D:4D und Persönlichkeit durchgeführt, wie zum Beispiel über die Merkmale Aggression, soziale Dominanz, Big-Five-Persönlichkeitsfaktoren, Neigung zu Depression etc. (vgl. Manning, 2008, Kap. 4). Dabei zeigte sich, dass vor allem die Persönlichkeitseigenschaften Aggression und soziale Dominanz mit dem Verhältnis von Zeigefinger und Ringfinger in einem negativen (männlichen) Zusammenhang stehen, also ein kleines Fingerverhältnis mit einer stärkeren Ausprägung von Aggression und sozialer Dominanz einhergeht (Manning, 2008; McIntyre et al., 2007; Putz, Gaulin, Sporter, & McBurney, 2008; Tester & Campell, 2007; Wilson, 1983). Huh (2011) konnte in seiner Studie sogar nachweisen, dass Menschen mit einem kleinen, männlichen 2D:4D eine höhere Präferenz für Unterhaltungsprodukte mit aggressiven Inhalten wie Actionfilme, tödungs- und leistungsorientierte Spiele oder Sportsendungen haben.

1.4.4 2D:4D, Lateralisierung und morphologische Marker

Ebenso scheint die pränatale Testosteronkonzentration einen Einfluss auf die Händigkeit einer Person zu haben. Die Befunde sind zwar nicht eindeutig, dennoch scheint sich aber ein Trend in Richtung einer positiven Korrelation zwischen einem kleinen 2D:4D und einer vorhandenen Linkshändigkeit abzuzeichnen (Beaton, Rudling, Kissling, Taurines, & Thome, 2011; Manning 2000, 2008; Manning, Trivers, Thornhill, & Singh, 2000).

Außerdem steht das Längenverhältnis von Zeige- zu Ringfinger noch zu weiteren morphologischen Markern in Relation, wie dem Taillen-Hüft-Verhältnis, dem Body-Mass-Index und den dermatoglyphischen Merkmalen des Fingerabdrucks (Fingerrillen) (Fink, Neave, & Manning, 2003; Manning, 2002a, S. 9-11). Diese genannten Merkmale werden ebenfalls alle mit dem pränatalen Testosteronspiegel assoziiert. Allerdings weisen neue Studien eher darauf hin,

dass kein Zusammenhang zwischen 2D:4D und der Anzahl der Fingerrillen besteht (Dressler & Voracek, 2011).

1.5 Methoden zur Erfassung des 2D:4D

Zur Erhebung des Fingerverhältnisses stehen im Allgemeinen mehrere Methoden zur Verfügung. Zum einen besteht die Möglichkeit einer Direktmessung, sprich die Fingerlängen werden mit Hilfe eines Digital Venier Caliper auf 0.01 mm genau direkt von der Hand abgemessen. Zum anderen können die Fingerlängen indirekt anhand von Scans, Kopien, Farbabdrücken oder Röntgenbildern erhoben werden, wobei letzteres in der Praxis eher unüblich ist (vgl. Manning, 2002a, Kap. 1).

Zur Bestimmung der Fingerlänge wird auf der Handinnenseite die Distanz zwischen dem Fingeransatz und der Fingerspitze gemessen. Dabei wird der Fingeransatz über die der Handinnenfläche am nächsten liegende Hautfalte definiert. Es ist vor allem darauf zu achten, dass überstehende Fingernägel nicht miterfasst werden. Anschließend wird die erhobene Länge des Zeigefingers durch die des Ringfingers dividiert, um das Fingerverhältnis zu erhalten.

In mehreren Studien, in denen oben genannten Methoden miteinander verglichen wurden, zeigte sich eine Reliabilität zwischen .75 und .95 (Allaway, Bloski, Pierson, & Lujan, 2009; Kemper & Schwerdtfeger, 2009). Die computerbasierte Auswertung von Scans erweist sich zur Erfassung des 2D:4D jedoch als am besten geeignet, da diese Messung am genauesten ist. Allerdings merken Kemper und Schwerdtfeger (2009) an, dass es sich hierbei um die zeitaufwändigste Methode handle. Zudem sei die teilweise geringe Auflösung der Scans kritisch zu betrachten, da sie zu Messfehlern führen kann.

2. 2D:4D und Sport

Im Folgenden soll nun genauer auf den von Manning (2001) postulierten Zusammenhang von sportlicher Leistung und 2D:4D eingegangen werden. Dabei werden zuerst die biologischen Grundlagen und anschließend anhand eines Literaturüberblicks der bisherige Forschungsstand dargestellt.

2.1 2D:4D als Prädiktor für sportliche Leistung

Wie bereits beschrieben, korreliert das Fingerverhältnis mit verschiedenen Facetten der Persönlichkeit, des Verhaltens und der Morphologie. Die Ergebnisse sind jedoch meistens sehr uneindeutig, im Sport dagegen zeigt sich ein eindeutig negativer Trend. Dieser wird als der stärkste Effekt in der 2D:4D Literatur angesehen (Hönekopp & Schuster, 2010; Voracek, Reimer, Ertel, & Dressler, 2006).

Der Grund für den starken Zusammenhang zwischen Sport und 2D:4D ist der Einfluss von Testosteron auf die im sportlichen Bereich nützlichen körperlichen Eigenschaften und Persönlichkeitsmerkmale. Laut Bardin und Catterall (1981) hat Testosteron, vor allem pränatales Testosteron, einen weitreichenden Einfluss und umfasst viele extragenitale Effekte, die auch in Relation zu sportlicher Leistung stehen. Das pränatale Testosteronlevel ist unter anderem für die Entwicklung und Aufrechterhaltung von Ausdauer, Geschwindigkeit, Kraft sowie räumlicher Wahrnehmung bedeutend (Manning & Taylor, 2001, Manning 2002a, Kapitel 9, 2008, Kapitel 8). Des Weiteren haben pränatale Androgene bei Männern auf die Ausbildung eines effizienten Herz-Kreislauf-Systems Einfluss (Manning & Bundred, 2000; Manning & Taylor, 2001). Auch die Ausprägung verschiedener für den sportlichen Erfolg relevanter Persönlichkeitsmerkmale wird durch die pränatale Testosteronkonzentration mitbestimmt (siehe auch 1.4.3), wie zum Beispiel Aggression, Durchsetzungsvermögen, soziale Dominanz und Konkurrenzfähigkeit (Benderliglu & Nelson, 2004; Hampson, Ellis, & Tenk, 2008; Wilson, 1983).

So gesehen, kann das 2D:4D Verhältnis, ein Indikator für den pränatalen Testosteronspiegel, als möglicher Prädiktor für sportliche Leistung dienen

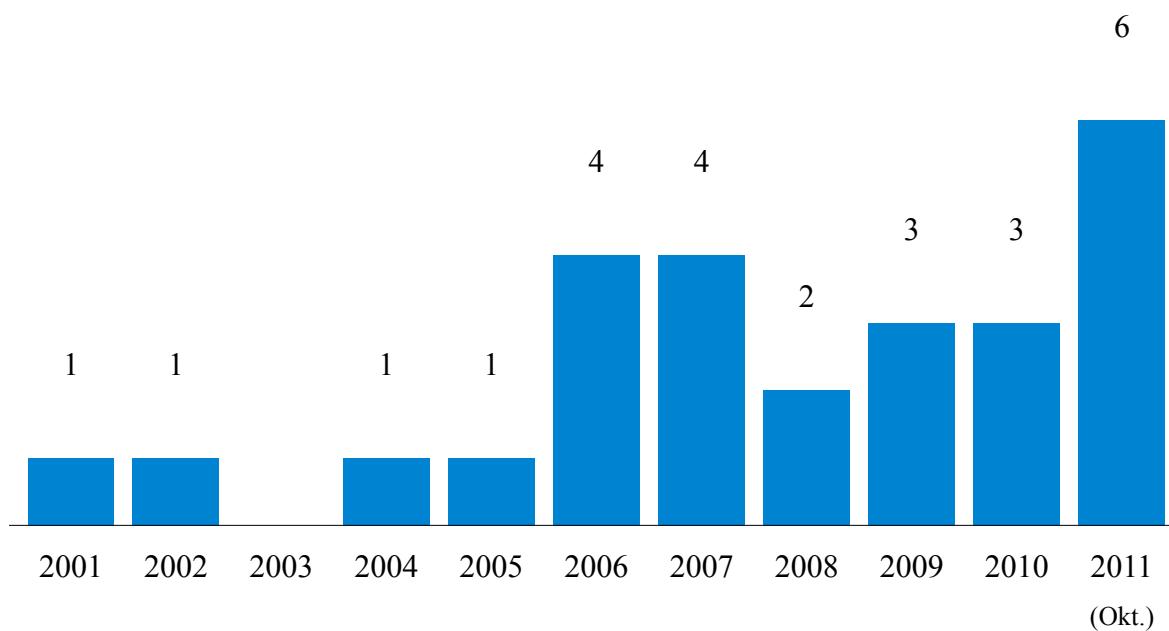
(Manning, 2008), wobei keine der beiden Hände eine größere Vorhersagekraft als die andere zu haben scheint (Hönekopp & Schuster, 2010).

2.2 Literaturüberblick

2.2.1 Chronologische Darstellung

Seitdem das Längenverhältnis von Zeige- zu Ringfinger 2001 das erste Mal mit sportlicher Leistung assoziiert wurde (Manning & Taylor, 2001), ist dieser Zusammenhang immer mehr in den Vordergrund der 2D:4D-Forschung gerückt. Das ist vor allem an dem im Jahr 2006 sprunghaften Anstieg der in Journals veröffentlichten Studien zu erkennen. Seither sind mindestens drei Studien pro Jahr zu diesem Thema erschienen, in diesem Jahr sogar schon sechs (vgl. Abbildung 1).

Abbildung 1: Anzahl der zu diesem Thema veröffentlichten Studien



Anmerkung: ■ Anzahl der in Journals veröffentlichten Studien

Eine „cited reference“ Suche des initialen Artikels von Manning und Taylor (2001) ergab 109 Referenzen in der *ISI Web of knowledge* Datenbank, 116 in der *Scopus* Datenbank und 127 Referenzen bei *Google scholar* (Anfang September 2011). So betrachtet, gehört die Publikation von Manning und Taylor (2001) zu den zehn häufigsten zitierten Studien der 2D:4D-Forschung (siehe auch Voracek & Loibl, 2009), was als reges Interesse an der Beziehung von 2D:4D zu sportlicher Leistung interpretiert werden kann. Auch in den beiden Überblickswerken von Manning (2002, 2008) sowie in dem von Reilly und Marfell-Jones herausgegebenen Reader *Kinanthropometry VIII: proceedings of the 12th Commonwealth International Sport Conference* (2003) sind Kapitel über den Zusammenhang von 2D:4D und sportlichen Erfolg zu finden. Außerdem hat die Erkenntnis über die Abhängigkeit von 2D:4D und sportlichem Erfolg zunehmend Beachtung in der online gefunden. So berichteten zum Beispiel Science Daily (British Psychological Society, 2010) und BBC News („Finger length“, 2006) online darüber. Auch in Wikipedia befindet sich ein Eintrag über das Fingerverhältnis in Zusammenhang mit Sport („Digit ratio“, 2011).

Im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen kleinem Fingerverhältnis und sportlichem Erfolg wurden einerseits verschiedene Breitensportarten (Manning & Taylor, 2001; Paul, Kato, Hunkin, Vivekanandan, & Spector, 2006) wie Fußball (Manning; 2001, 2002a, 2003) und Laufen (Barone, 2009; Latourelle, Elwess, & Elwess, 2008; Manning, 2007) untersucht. Anderseits wurden Kraft (Manning & Sturt, 2004, in Manning, 2008, S. 96) und körperliche Fitness (Hönekopp, Manning, & Müller, 2006) als grundlegende Voraussetzungen für sportliche Leistung nicht außer Acht gelassen. Auch verschiedene Randsportarten wie Fechten (Voracek et al., 2006, 2010; Bescos et al., 2009), Rugby (Bennett, Manning, Cook, & Kilduff, 2010) und Surfen (Kilduff, Cook, & Manning, in press) wurden inzwischen berücksichtigt. Dabei reichen die untersuchten Stichproben von Schülern (Hönekopp et al., 2006) über Sportstudenten (Butovskaya, Veselovskaya, & Prudnikova, 2011) bis hin zu Elitesportlern (Pokrywka, Rachon, Schecka-Rachon, & Bitel, 2005).

Zu erwähnen ist, dass nur wenige verschiedene Forschungsgruppen in diesem Bereich tätig sind. So stammen bis auf die Studien von Freeman, Nevins und Pearson (2004) und Pokrywka et al. (2005), alle bis 2006 erschienen

Publikationen aus dem Umfeld von Manning. Insgesamt sind beinahe ein Drittel (8 Studien) der in diesem Zusammenhang publizierten Studien unter seiner Autorenschaft erschienen. Ab 2007 kamen jedoch immer mehr unabhängige Forschungsgruppen hinzu.

2.2.2 Bisherige Ergebnisse

In mehreren Studien hat sich gezeigt, dass Sportler ein kleineres Verhältnis von Zeigefinger zu Ringfinger im Vergleich zur Gesamtpopulation haben (Manning & Taylor, 2001; Voracek et al., 2006). Zudem korrelierte eine niedriges 2D:4D mit einer guten sportlichen Performanz in verschiedenen Breitensportarten, dies ist sowohl bei weiblichen (Paul et al., 2006) als auch bei männlichen (Manning & Taylor, 2001) Sportlern ersichtlich. Auch beim Laufen konnte bei Männern ein negativer Zusammenhang zwischen dem Fingerverhältnis und der sportlichen Leistung über die verschiedenen Distanzen Sprint (Manning & Hill, 2009), Kurzstrecke (Manning, 2008) sowie Mittelstrecke (Manning, Morris, & Caswell, 2007) festgestellt werden. Beim Geländelauf korrelierte für beide Geschlechter ein niedriges 2D:4D Verhältnis sowohl mit einer guten Leistung als auch mit einer hohen Trainingsfrequenz (Manning et al., 2007). Während die Studie von Barone (2009) eine Nullkorrelation bezogen auf Ausdauer beim Laufen und dem 2D:4D aufzeigte, wiesen Hönekopp und Schuster (2010) in ihrer Meta-Analyse einen negativen Zusammenhang zwischen der Ausdauer beim Laufen und dem Fingerverhältnis nach. Skifahren und Surfen als weitere Individualsportarten unterstützen ebenfalls den negativen Trend, dass ein kleineres 2D:4D mit schnelleren Laufzeiten einhergeht (Manning, 2002b, Kilduff et al., in press). Auch bei Mannschaftssportarten wie Fußball (Manning & Taylor, 2001; Manning, 2002a; Manning, Bundred, & Taylor, 2003), Rugby (Bennett et al., 2010), Eishockey, Volleyball (Latourelle et al., 2008) und Basketball (Tester & Campbell, 2007) besteht ein negativer Zusammenhang. Hönekopp et al. (2006) zeigten, dass ein niedriges 2D:4D Verhältnis bei Jugendlichen sowohl mit einer hohen körperlichen Fitness als auch einer guten Schulnote in Sport zusammenhängt und bei ihnen eine größere Tendenz besteht, Sport als freies Wahlfach zu belegen (Tlauka, Williams, & Williamson, 2008). Zuletzt scheint die Länge des Ringfingers auch mit

einer Vorliebe für Sportsendungen zusammenzuhängen (Huh, 2011).

Allerdings gibt es auch Sportarten, bei denen eine derartige Assoziation von sportlicher Leistung und 2D:4D nicht eindeutig besteht. So wird bei Sportfechten für Frauen keine eindeutige Richtung sichtbar. Während die Studien von Bescos et al. (2009) und von Voracek et al. (2010) bei Frauen auf einen negativen Zusammenhang schließen lassen, zeigt sich bei Voracek et al. (2006) eine Korrelation in die entgegengesetzte Richtung. Longman, Stock und Wells (2011) konnten zudem bei Ruderinnen keinen Zusammenhang nachweisen. Es zeigte sich nur bei den männlichen Teilnehmern eine signifikante Korrelation. Zuletzt ließen auch die Ergebnisse von van Anders (2007) bei Frauen keinen Zusammenhang zwischen Handgriffstärke und 2D:4D erkennen. Die Korrelationen waren sehr niedrig und widersprachen der postulierten Theorie.

Besonders interessant sind jedoch die Ergebnisse von Tester und Campbell (2007) sowie von Voracek et al. (2010), die einen Zusammenhang zwischen einem niedrigen 2D:4D Verhältnis und einer hohen sportlichen Leistung sogar dann zeigen konnten, wenn mehrere Faktoren mit berücksichtigt wurden.

Generell lassen die beschriebenen Ergebnisse auf einen negativen Zusammenhang von sportlicher Leistung und 2D:4D schließen und entsprechen damit der von Manning (2001) postulierten These. Ein kleines 2D:4D Verhältnis korreliert folglich mit sportlichem Erfolg.

3. Ziele

Im Folgenden soll dieser negative Zusammenhang meta-analytisch untersucht und neu bewertet werden. Das soll vor allem unter Berücksichtigung der seit der letzten Meta-Analyse (Hönekopp & Schuster, 2010) neu erschienenen Studien geschehen. Anhand verschiedener Moderatoren wird versucht, die Varianz innerhalb der Studienergebnisse besser zu verstehen. Zuletzt soll genauer betrachtet werden, ob durch die von der Forschungsgruppe Manning veröffentlichten Studien möglicherweise eine Verzerrung der Ergebnisse stattgefunden hat.

Zuvor werden jedoch noch neue Daten vorgestellt, die erstmals den

Zusammenhang von 2D:4D und Schwimmen untersuchen. Der Schwimmsport scheint insofern für die Überprüfung der Aussagekraft des 2D:4D Verhältnisses über die sportliche Leistung geeignet, als da viele Voraussetzung, die in Relation zu dem Fingerverhältnis stehen, für den schwimmerischen Erfolg notwendig sind.

Es soll also der Zusammenhang zwischen sportlicher Leistung und dem Fingerverhältnis 2D:4D anhand von neuen Daten und einer meta-analytischen Betrachtung der bisherigen Ergebnisse neu bewertet werden.

Studie 1

2D:4D und Schwimmen

1 Einleitung

Wenn man die bisherigen Erkenntnisse über den Zusammenhang von 2D:4D und Sport berücksichtigt, erscheint Schwimmen als geeignete Sportart, um die Voraussagekraft von 2D:4D für den sportlichen Erfolg zu untersuchen.

Schwimmen gilt generell als ein typischer Ausdauersport, da bereits über kurze Distanzen wie 50 m Sprints keine Maximalleistung erbracht werden kann und die Energieversorgung der Muskeln primär durch Sauerstoff, also aerob, stattfindet. Für die aerobe Energieversorgung der Muskeln sind sogenannte *slow twitch* Fasern (ST-Fasern) notwendig. ST-Fasern sind langsam kontrahierende Muskelfasern, die auf Dauerleistung ausgelegt sind und nur sehr langsam ermüden. Sie sind mit feinen Kapillaren umgeben, die den Sauerstoff aus dem Blut in den Muskel befördern. Schwimmer und Langstreckenläufer besitzen im Vergleich zu anderen Sportlern mit mehr als 67% den höchsten Anteil von ST-Fasern im Muskelgewebe (Cotilli, Maglischo, & Richardson, 1992, Tab. 1.1), zudem unterscheiden sich Sprint- und Langstreckenschwimmer nicht im Aufbau ihrer Muskeln, beide haben einen hohen Anteil von ST-Fasern. Allerdings spielt beim Schwimmen als Wettkampfsport auch die anaerobe Ausdauer eine große Rolle. Die anaerobe Ausdauer ist für einen schnellen Kraftaufbau und maximale Muskelleistung zuständig und wird vor allem bei intensiven Belastungen wie Sprints benötigt. So ist beispielsweise bei den Wettkampfstrecken 50-200 m neben der aeroben auch die anaerobe Ausdauer notwendig, um die Schwimmgeschwindigkeit aufzubauen. Folglich ist beim Schwimmsport sowohl die aerobe als auch anaerobe Ausdauer eine wesentliche Grundvoraussetzung für eine gute sportliche Leistung (Costilli et al., 1992).

Die sportliche Leistung im Schwimmen ist zum einen von morphologischen, physischen, psychologischen und technischen Faktoren, die weitgehend auf der genetischen Veranlagung einer Person beruhen, bestimmt und wird zum anderen kontinuierlich durch den Trainingsprozess moduliert (Gabbett, Georgieff und Domrow, 2007; zitiert nach Saavedra, Escalante, & Rodriguez, 2010, S. 136), wobei die Muskelstärke, vor allem im Oberkörper, der wesentliche Faktor für den

schwimmerischen Erfolg ist (Costilli et al., 1992, Kap. 1). Dementsprechend konnten Zampagni et al. (2008) einen Zusammenhang zwischen Alter (positiv), anthropometrischen Merkmalen (negativ) und sportlicher Leistung bei Schwimmern und Schwimmerinnen der Klasse *Master* beobachten, sowie eine Voraussagekraft der Handgriffstärke nachweisen. Bei jungen Schwimmern hat sich gezeigt, dass die Schwimmleistung sowohl mit Alter als auch mit anthropometrischen Merkmalen wie Größe, BMI (de Mello Vitor & Böhme, 2010), Armspanne (Jürimäe et al., 2007) und Handlänge (Geladas, Nassis, & Pavlicevic, 2005) negativ korreliert. Saavedra et al. (2010) haben jedoch in einer multidimensionalen Analyse der Schwimmleistung gezeigt, dass bei jungen Schwimmern unabhängig vom Geschlecht vor allem Alter und eine gute aerobe wie anaerobe Ausdauer die wesentlichen Faktoren für den sportlichen Erfolg sind. Da neben den anderen Faktoren vor allem die Entwicklung und Aufrechterhaltung der Ausdauer maßgeblich durch pränatales Testosteron beeinflusst wird (siehe 2.1), scheint ein Zusammenhang zwischen 2D:4D und schwimmerischer Leistung wahrscheinlich zu sein.

Jürimäe et al. (2008) haben außerdem junge Schwimmer und Schwimmerinnen auf die Beziehung verschiedener Fingerverhältnisse zu Hormonkonzentrationen hin untersucht. Dabei zeigte sich, dass bei den männlichen Schwimmern vor allem Ghrelin und Testosteron die wesentlichen Prädiktoren für das 2D:4D Verhältnis sind. Bei den Mädchen korreliert das Längenverhältnis von Zeige- zu Ringfinger negativ mit dem Östradiolwert. Ein kleines 2D:4D Verhältnis weist also auf ein hohen Östradiolwert hin.

Die bis jetzt gefundenen Ergebnisse sprechen folglich für einen Zusammenhang von Schwimmleistung und dem Fingerverhältnis 2D:4D. Ziel dieser Studie ist es nun, diesen Zusammenhang für Schwimmer, Mädchen und Jungen, zu untersuchen. Des Weiteren soll angelehnt an das Studiendesign von Voracek et al. (2009) überprüft werden, ob das Fingerverhältnis 2D:4D auch dann noch zur Klärung der Varianz innerhalb der Schwimmleistung beiträgt, wenn weitere Faktoren wie die Physis, Erfahrung und Persönlichkeit berücksichtigt werden.

2 Methode

2.1 Stichprobe

Insgesamt haben 68 Jugendliche an der Erhebung teilgenommen. Da aber die Daten von sechs Schwimmern auf Grund von fehlenden Angaben nicht berücksichtigt werden konnten, wurden schließlich die Daten von 62 Schwimmern, 39 weiblichen und 23 männlichen, in der Studie verwendet. Das Durchschnittsalter der Schwimmer lag bei 14;10 ($SD = 2;1$) Jahren. Die Schwimmer haben durchschnittlich vor 7 ($SD = 2.5$) Jahren mit dem Training begonnen und trainierten zum Testungszeitpunkt 9.4 ($SD = 4.4$) Stunden pro Woche. Die wöchentliche geschwommene Strecke reichte dabei von 6 km bis zu 50 km ($MW = 19.1$; $SD = 0.9$).

2.2 Materialien

Der verwendete Fragebogen setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Im ersten Teil wurden zuerst die demographischen Daten Alter und Geschlecht und Angaben zu Größe, Gewicht, Schreibhand und erfragt. Die Häufigkeit wurde dabei zum einen über die Schreibhand zum anderen über die Startposition („Welcher Fuß steht vorne, wenn du startest“) erfasst. Anschließend wurden Angaben zur sportlichen Leistung wie Schwimmerfahrung, Trainingsintensität, Hauptlage, Hauptstrecke, Bestzeiten über verschiedene Strecken, Halbestudentest und die *Sport Achievement Rank Scale* (Manning & Pickup, 1998) erhoben. Im Halbestudentest wird gemessen, wie viele Meter ein Schwimmer innerhalb von 30 Minuten schwimmt.

Der zweite Teil diente zur Erfassung der mentalen Stärke der Schwimmer. Zur Bestimmung der Mental Toughness Ausprägung wurden die Kurzversion des Mental Toughness Questionnaire (Clough, Earle, & Sewell, 2002), der Sport Mental Toughness Questionnaire (Sheard, Golby, & van Wersch, 2009) und das Trait Robustness of Selfconfidence Inventory (Beattie, Hardy, Savage, Woodmen, & Callow, 2011) vorgegeben.

Schwimmerfahrung

Die Versuchspersonen mussten angeben vor wie vielen Jahren sie mit dem Schwimmtraining begonnen haben und seit wie vielen Jahren sie aktiv an Wettkämpfen teilnehmen, wobei Club-Meisterschaften hier nicht berücksichtigt wurden.

Trainingsintensität

Die Trainingsintensität wurde durch die Anzahl der Trainingseinheiten und Trainingsstunden pro Woche, sowie durch die durchschnittlich geschwommenen Meter in einer Trainingseinheit bzw. einer Woche erfasst.

Sportliche Leistung

Zur Beurteilung der sportlichen Leistung wurden Bestzeiten über verschiedene Strecken herangezogen. Dabei mussten die Versuchspersonen ihre Bestzeiten für die Distanzen 100m und 50m Freistil, 50 m Schmetterling, 50 m Rücken, 50 m Brust und ihrer Hauptlage angeben. Zudem wurden die im Halbestundentest geschwommenen Meter sowie die Hauptlage erfragt.

Sport Achievement Rank Scale

Diese Skala dient neben den Angaben der eigenen Bestzeiten auch der Erfassung von sportlicher Leistung. Sie erhebt das Level der sportlichen Leistung, indem die Teilnehmer ihre sportlichen Aktivität anhand einer Rangliste einschätzen müssen. Diese Rangliste reicht dabei von (1) *Ich betreibe keinen Sport* über sportliche Aktivität auf Sportclub-, Bundes- oder nationaler Ebene bis hin zu (10) *Ich habe mein Land vertreten*.

Mental Toughness Questionnaire-18 (MTQ-18)

Die Kurzform des Mental Toughness Questionnaire, MTQ-18, erhebt einen Mental Toughness Gesamtscore beruhend auf der Definition von Clough et al. (2002). Sie beschreiben eine Person mit hoher Mental Toughness als aufgeschlossen und kontaktfreudig, die in Konkurrenz- und Notsituationen relativ ruhig bleibt. Dieses Konstrukt wird durch die vier Faktoren *Challenge*, *Commitment*, *Confidence* und *Control* erfasst (Clough et al., 2002, S. 38ff).

Insgesamt werden in der Kurzform des MTQs 18 Items mit Aussagen wie „Wenn ich unter Druck stehe, gebe ich für gewöhnlich nicht auf“ vorgegeben, die anhand einer fünfstufigen Likert-Skala von *ich stimme überhaupt nicht zu* bis *ich stimme vollkommen zu* bewertet werden. Die Reliabilität des MTQ-18 war mit einem Cronbach's $\alpha = .613$ eher niedrig.

Sport Mental Toughness Questionnaire (SMTQ)

Der Sport Mental Toughness Questionnaire besteht aus 14 Items und dient explizit zur Erhebung der Mental Toughness bei Sportlern (Sheard et al., 2009). Laut Sheard et al. (2009) laden die vorgegebenen Items auf die drei Faktoren *Confidence*, *Constancy* und *Control*. Sheard et al. Die Faktorstruktur, Reliabilität und Validität dieser Skala wurden bereits nachgewiesen (Sheard et al., 2009). In dieser Studie war die Reliabilität mit einem Cronbach's $\alpha = .717$ gut.

Ebenso wie beim MTQ-18 werden hier vorgegebene Aussagen wie „Ich habe unerschütterliches Vertrauen in meine Fähigkeiten“ anhand einer fünfstufigen Likert-Skala beurteilt.

Traits Robustness Of Self-Confidence Inventory (TROSCI)

Zuletzt wurde zur Erhebung der Mental Toughness noch das Trait Robustness Of Self-Confidence Inventory vorgegeben. Das TROSCI bezieht sich dabei auf die Stabilität des Selbstvertrauens als wesentliches Charakteristikum der Mental Toughness. Dabei wird erhoben, welchen Einfluss schlechte Leistungen auf das Selbstvertrauen des Sportlers haben (Beattie et al., 2011). Insgesamt besteht die Skala aus 12 Items, die die Konsequenzen von schlechter Leistung betreffen („Ein schlechtes Ergebnis in einem Wettbewerb wirkt sich negativ auf mein Selbstbewusstsein aus“). Diese werden mit Hilfe einer neunstufigen Likert-Skala von *ich stimme überhaupt nicht zu* bis *ich stimme vollkommen zu* eingeschätzt. Das TROSCI hatte mit einem Cronbach's $\alpha = .797$ die höchste Reliabilität der drei Mental Toughness Skalen.

In Anbetracht der jungen Stichprobe (10-19 Jahre) wurden die Items 3, 5 und 11 für ein besseres Verständnis leicht umformuliert. Bei Item 3 und 5 wurde „negatives Feedback“ durch „negative Rückmeldung“ ersetzt, sowie bei Item 11 „körperliche Fitness“ mit „wie fit ich bin“ übersetzt.

Hand-Grip-Strength (HGS)

Die HGS wurde mittels Dynamometer sowohl für die rechte als auch für die linke Hand gemessen. Die Teilnehmer mussten, während sie den Arm gestreckt hielten, jeweils abwechselnd zweimal mit der rechten und zweimal mit der linken Hand den Griff des Dynamometers so fest wie möglich drücken. Die Retest-Reliabilität war mit einem $r = .939$ für die rechte Hand und einem $r = .946$ sehr hoch.

Vermessung der Fingerlängen

Der Standardpraxis der 2D:4D Forschung (Voracek, Manning, & Dressler, 2007) folgend wurde zur Messung der Fingerlängen sowohl die rechte als auch linke Hand der Teilnehmer gescannt. Während des Scavorgangs wurden die Hände mit Aluminiumfolie abgedeckt, um eine deutlichere Kontur der Hände zu gewährleisten. Anschließenden wurde die Zeige- und Ringfingerlänge beider Händen mit Hilfe des Programms AutoMetric 2.2 auf 0.01 mm genau gemessen und in Verhältnis zueinander (2D:4D) gesetzt. Der Messvorgang wurde zu einem späteren Zeitpunkt noch mal wiederholt. Die Intrakorrelationen waren für beide Händen mit einem $ICC > .93$ hoch.

Insgesamt wurden die über beide Messungen gemittelten Verhältnisse $2D:4D_r$ für die rechte Hand, $2D:4D_l$ die linke Hand und die Differenz $Diff_{r-l}$ der beiden Verhältnisse ($2D:4D_r - 2D:4D_l$) berechnete.

2.3 Durchführung der Testung

Die Datenerhebung fand im Rahmen der oberbayrischen Meisterschaft 2011 in Rosenheim, Deutschland, statt. Der Grund dafür war, dass die Oberbayrischen Meisterschaft ein für die Vereine wichtiger Wettkampf ist, aber dennoch niedrige Pflichtzeiten vorgegeben werden. Somit konnte von einer großen Varianz innerhalb der sportlichen Leistung ausgegangen werden.

Die Teilnahme an der Studie war freiwillig und erfolgte in drei Schritten: als erstes wurde der Fragebogen vorgegeben, darauf folgend fand die Messung der HGS statt. Zum Schluss wurden beide Hände der Schwimmer gescannt.

3 Ergebnisse

Die Beschreibung der Stichprobe anhand der deskriptiven Ergebnisse ist in Tabelle 1 zusammen mit möglichen Geschlechtsunterschieden abgebildet. Insgesamt unterschieden sich Jungen und Mädchen hinsichtlich Alter, BMI und den erfahrungsbezogenen Variablen Wettkampferfahrung, Trainingsintensität und Trainingsumfang nicht voneinander, wobei sich bezüglich der Wettkampferfahrung ein mittlerer Effekt zeigte, der darauf hinweist, dass die Jungen bereits länger an Wettkämpfen teilnahmen als die Mädchen.

Tabelle 1: Deskriptive Statistiken und Geschlechtsunterschiede der erhobenen Variablen

	Männer (23)	Frauen (39)	t	p	d
Alter (Monate)	18.30 (23.87)	173.80 (25.80)	1.592	.117	0.42
Größe** (cm)	177.26 (10.63)	165.31 (7.99)	3.107	.004	1.32
Gewicht** (kg)	60.63 (10.78)	53.10 (8.54)	3.038	.004	0.80
BMI (kg/m^2)	20.02 (1.68)	19.32 (2.19)	1.313	.194	0.35
Wettkampferfahrung (Jahre)	6.40 (2.11)	5.26 (2.31)	1.931	.058	0.51
Trainingsintensität (Stunden/Woche)	9.70 (5.13)	9.24 (3.92)	0.396	.693	0.10
Trainingsumfang (km/Einheit)	4.30 (1.00)	4.27 (1.00)	0.119	.906	0.03
2D:4D rechts	0.961 (0.034)	0.975 (0.030)	- 1.730	.089	- 0.44
2D:4D links	0.961 (0.028)	0.975 (0.032)	- 1.813	.075	- 0.44
D _{r-l}	0.000 (0.025)	0.000 (0.030)	- 0.070	.945	0.00
HGS _r **	37.59 (10.43)	25.60 (4.58)	5.226	.000	1.64
HGS _l **	35.25 (9.27)	24.11 (4.66)	5.126	.000	1.66
MTQ	65.13 (5.96)	62.82 (7.13)	1.306	.196	0.34
SMTQ**	41.87 (3.17)	39.54 (5.66)	2.080	.042	0.48
TROSCI	74.48 (16.60)	67.26 (16.97)	1.631	.108	0.43

Anmerkung: Mittelwert (Standardabweichung); t, Teststatistik von t-Test mit unabhängigen Gruppen und entsprechendem p-Wert (zweiseitig); d, Cohen's d Effektstärke (Cohen, 1988); ** inhomogene Varianzen

Geschlechtsunterschiede zeigten sich deutlich in den hierfür typischen Variablen Größe, Gewicht und Handgriffstärke. Zudem konnte der Literatur entsprechend bei den Fingerverhältnissen beider Hände ein mittlerer Effekt dahingehend festgestellt werden, dass bei Männer ein kleineres 2D:4D Verhältnis als Frauen auftritt. Dabei betrug die Korrelation zwischen 2D:4D rechts und 2D:4D links .682 für Männer und .494 für Frauen ($p < .001$). Zuletzt zeigte sich noch ein Geschlechtsunterschied in der Mental Toughness Skala SMTQ. Jungen schätzten sich in dieser Skala generell besser ein als Mädchen. Die Interkorrelationen zwischen den drei Mental Toughness Skalen waren alle signifikant ($p < .001$). Die Korrelation zwischen MTQ und SMTQ betrug .685, das TROSCI korrelierte mit den MTQ und SMTQ deutlich geringer (MTQ: $r = .483$; SMTQ: $r = .471$).

Außerdem wurde ersichtlich, dass alle körperlichen und erfahrungsbezogenen Variablen signifikant mit dem Alter zusammenhingen. Die Korrelationen reichten von .346 bis .679 und erreichten alle ein Signifikanzniveau von $p < .01$. Der BMI zeigte einen größeren Zusammenhang mit dem Gewicht ($r = .815, p < .001$) als mit der Größe ($r = .421, p < .01$). Es zeigten sich für beide Geschlechter fast keine Zusammenhänge zwischen den Fingerverhältnissen und den erhobenen Variablen. Nur die Anzahl der Trainingsstunden pro Woche korrelierte signifikant positiv mit dem 2D:4D links ($r = .264, p < .05$).

Schwimmleistung

Zur Berechnung der Schwimmleistung wurde eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) durchgeführt. Dieses Verfahren wird allgemein verwendet, um eine hohe Anzahl von Variablen durch eine möglichst einfache Linearkombination sogenannter Hauptkomponenten zu verringern. In diesem Fall war es das Ziel, die erhobenen Bestzeiten über die verschiedenen Strecken (100 m, 50 m Freistil, 50m Schmetterling, 50 m Rücken und 50m Brust) sowie das Ergebnis des Halbestudententest auf einen Gesamtfaktor „Schwimmleistung“ zurückzuführen. Dafür wurde das Ergebnis des Halbestudententest durch die Multiplikation mit -1 umgepolt, um eine einheitliche Richtung der Zusammenhänge zu erhalten. Das Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium ($KMO = .892$) überstieg deutlich den kritischen Wert von 0,5 und belegte damit, dass der Datensatz für eine PCA

geeignet war. Barlett's Test auf Sphärizität ($\chi^2(15) = 439.99, p < .001$) zeigte, dass die Korrelationen zwischen den Variablen deutlich größer als null waren und somit eine PCA durchgeführt werden konnte.

Tabelle 2 : Faktorladungen der Bestzeiten auf Gesamtfaktor Schwimmleistung (PCA, N = 62)

	Bestzeiten					
	100m F	50m F	50m S	50m R	50m B	$\frac{1}{2}$ h Test
Faktor <i>Schwimmleistung</i>	.973	.978	.944	.907	.838	.800

Anmerkung: F, Freistil; S, Schmetterling; R, Rücken; B, Brust

In der PCA wurde genau ein Faktor sichtbar, der mit einem Eigenwert von 4.959 deutlich über dem Kaiser Kriterium von 1 lag. Der durch diesen Faktor erklärte Varianzanteil lag bei 82.66 %. Tabelle 3 zeigt die Faktorladungen der einzelnen Bestzeiten. Die hohen Ladungen der Variablen lassen auf einen zugrundeliegenden Gesamtfaktor Schwimmleistung schließen.

2D:4D und Erfolg im Schwimmen: Bivariate Analyse

Betrachtet man die Werte der Pearson-Korrelation (Tabelle 3, r), zeigen sich keinen eindeutigen Befunde für eine Beziehung zwischen 2D:4D und den jeweiligen Bestzeiten. Sobald jedoch das Alter berücksichtigt wurde, zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang in die erwartete Richtung (Tabelle 3, r_p).

Besonders bei den männlichen Schwimmern wurde dieser Zusammenhang sichtbar. So korrelierten die Bestzeiten für den 50m Rückensprint signifikant mit 2D:4D_r. Auch der Faktor Schwimmleistung zeigte eine starke Korrelation mit dem 2D:4D Verhältnis, wobei diese für die rechte Hand ausgeprägter war als für die linke (rechts: $r_p = .383$; links: $r_p = .195$). Bei den Mädchen hingegen war ein Zusammenhang zwischen Bestzeiten und 2D:4D nur für die rechte Hand erkennbar, der abgesehen vom Halbestudententest ($r_p = .105$) in die erwartete Richtung ging. Die Effekte waren allerdings schwächer als die bei den Jungen. Insgesamt lassen die Ergebnisse auf einen negativen Zusammenhang zwischen 2D:4D und der schwimmerischen Leistung schließen, eine gute Schwimmleistung

geht also mit einem kleinen 2D:4D-Verhältnis einher. Zudem ließen diesen Ergebnisse eine multivariate Analyse des Zusammenhangs als sinnvoll erscheinen.

Tabelle 3 : Zusammenhang von 2D:4D und Schwimmerfolg

	Jungen			Mädchen		
	2D:4D _r	2D:4D _I	Diff _{r,I}	2D:4D _r	2D:4D _I	Diff _{r,I}
100m F	.037	.076	- .035	- .069	-.147	.092
	.302	.119	.278	.068	-.082	.155
50m F	.004	.077	- .079	.003	-.061	.070
	.214	.110	.167	.148	.023	.120
50m S	-.011	.026	- .044	.028	-.044	.076
	.197	.035	.229	.215	.062	.143
50m R	.242	.237	.065	.082	.044	.033
	.447*	.292	.280	.225	.140	.067
50m B	.072	.081	.008	.099	-.127	.239
	.251	.101	.228	.285 [#]	-.058	.343
½ h Test	-.150	-.093	- .099	.176	.170	-.011
	-.280	-.104	- .264	.090	.119	-.041
Schwimm leistung	.095	.108	.008	.001	-.082	.090
	.388 [#]	.168	.340	.166	.006	.156

Anmerkung: obere Reihe: Pearson-Korrelation (r); untere Reihe: partielle Korrelation (r_p) mit Alter; [#] $p < .10$; * $p < .05$

Zuletzt wurde noch überprüft, ob ein Zusammenhang zwischen 2D:4D und der Hauptlage der Schwimmer besteht. Allerdings ergab eine ANOVA, dass sich die 2D:4D Verhältnisse zwischen den nach Hauplagen eingeteilten Gruppen nicht unterschieden (rechts: $F(4,57) = 1.127$; $p = .413$; links: $F(4,57) = 1.030$, $p = .485$).

2D:4D und Erfolg im Schwimmen: Multivariate Analyse

Voracek et al. (2006) entsprechend, wurde zur Voraussage der schwimmerischen Leistung ein hierarchisches multiples Regressionsmodell herangezogen und physische, erfahrungs- sowie persönlichkeitsbezogenen Faktoren, aber auch das gemittelte 2D:4D Verhältnis als mögliche Prädiktoren berücksichtigt. All diese Faktoren wurden in vier Blöcken dem Regressionsmodell schrittweise hinzugefügt: die körperlichen Faktoren Alter und BMI als erstes,

anschließend die erfahrungsbezogenen Variablen Wettkampferfahrung und Trainingsumfang, im dritten Block die drei Skalen zur Erfassung der Mental Toughness. Zuletzt wurde das Fingerverhältnis als weitere Prädiktor im Modell berücksichtigt. Da sich jedoch bei der bivariaten Korrelation von 2D:4D und Schwimmleistung gezeigt hat, dass der Zusammenhang bei Jungen sehr viel deutlicher ausgeprägt war, wurde im vierten Block ein Interaktionsterm aus Geschlecht und 2D:4D, der sich aus dem Produkt von gemitteltem 2D:4D und Geschlecht (Männer=1; Frauen=2) errechnet, verwendet. Der bei einer Person fehlende Werte für die Wettkampferfahrung wurde durch den Mittelwert geschätzt. Die Ergebnisse der hierarchischen Regressionsanalyse sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Hierarchisches Regressionsmodell für sportlichen Erfolg im Schwimmen

Prädiktor	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		<i>r</i>
	β	r_s	β	r_s	β	r_s	β	r_s	
Alter	-.526***	-.466	-.406***	-.318	-.479***	-.364	-.443***	-.332	-.691
BMI	-.357***	-.316	-.308**	-.267	-.248***	-.206	-.240*	-.199	-.601
Wettkampferfahrung			-.191*	-.172	-.132**	-.111	-.112	-.094	-.484
Trainingsumfang		-.132	-.113		-.178	-.149	-.200*	-.166	-.498
MTQ					.273*	.179	.250*	.163	-.169
SMTQ					-.356**	-.220	-.323*	-.198	-.256
TROSCI					-.032	-.026	-.007	-.006	-.074
Sex x 2D:4D							.173*	.162	.353
<i>R</i> ²	.578		.624		.680		.707		
ΔR^2			.046		.057		.026		
<i>F</i>	40.426 ***		23.634 ***		16.425 ***		15.968***		
ΔF			3.464 **		3.186 *		4.761*		
max. <i>VIF</i>	1.274		1.634		2.614		2.654		

Anmerkung: β , standardisierter Regressionskoeffizient; r_s , semi-partialle Korrelation; *r*, Pearson-Korrelation; ΔR^2 und ΔF Veränderungen in *R*² und *F* Statistik; max. *VIF*, größter Varianzinflationsfaktor; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Betrachtet man das Regressionsmodell, zeigt sich, dass die beiden körperlichen Faktoren Alter und BMI über alle Modelle hinweg signifikant waren und den Hauptteil der Varianz erklärten ($R^2 = .578$). Hinsichtlich der Erfahrung zeigte sich, dass im finalen Modell der Trainingsumfang einen signifikanten Beitrag leistete, wobei anfangs (Modell 2, Modell 3) die Wettkampferfahrung der bedeutendere Prädiktor war. Weiters ließ sich dem Modell entnehmen, dass der SMTQ bezüglich der Mental Toughness die beste Voraussage über die Schwimmleistung traf. Zwar zeigten sowohl MTQ als auch SMTQ signifikante Ergebnisse, aber der SMTQ leistete den größeren Erklärungsanteil und dies vor allem in erwartete Richtung, im Gegensatz zum MTQ. Durch das Hinzufügen des dritten Blocks, sprich dem Prädiktor Mental Toughness, fand ein Zuwachs von 5.7 % an erklärter Varianz statt, was neben dem Erklärungsanteil durch die körperlichen Faktoren der größte ist. Zuletzt wurde aus dem Regressionsmodell ersichtlich, dass die Interaktion zwischen Geschlecht und 2D:4D („Sex X 2D:4D“) in Zusammenhang mit sportlicher Leistung bei Schwimmern steht und somit für die Varianz dieser mitverantwortlich ist. Das positive Vorzeichen des standardisierten β -Wert weist darauf hin, dass ein niedriges Fingerverhältnis nur bei Jungen mit einer besseren Leistung assoziiert werden konnte.

HGS

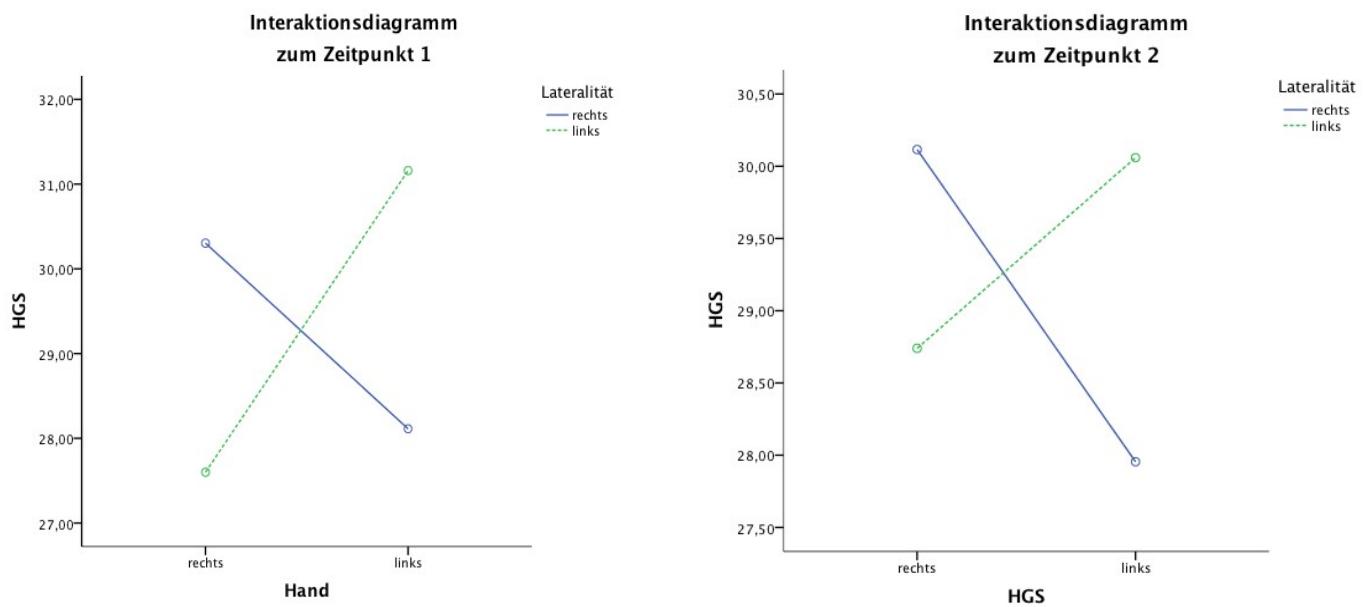
Entsprechend der Literatur (siehe Saavedra et al., 2010) konnte sowohl für die HGS der rechten Hand als auch der linken Hand ein signifikanter negativer Zusammenhang mit der Schwimmleistung festgestellt werden. Die Korrelation für die rechte Hand betrug - .638 ($p < .001$) und für die linke - .626 ($p < .001$). Eine gute Schwimmleistung hängt demzufolge mit einer hohen HGS zusammen.

Zum Schluss wurde der Zusammenhang von HGS und Lateralität überprüft. Hierfür wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung gerechnet, wobei Messzeitpunkt, benutzte Hand und Lateralität der Versuchsperson als unabhängige Variablen verwendet wurden und die HGS als abhängige. Die Lateralität der Versuchspersonen wurde durch die Angabe der Schreibhand im Fragebogen erhoben.

Es zeigte sich nur ein für die Interaktion von verwendeter Hand und

Lateralität ein signifikanter Effekt, $F(1, 60) = 17.309$ mit $p < .01$. Dies weist darauf hin, dass die HGS sich hinsichtlich der Lateralität der Versuchsperson unterscheidet.

Abbildung 2: Interaktionsdiagramme Zeit x Lateralität x Hand



Betrachtet man die Interaktionsdiagramme, zeigt sich, dass Personen, die sich als Rechtshänder beschrieben haben, eine größere HGS mit der rechten Hand erzielten. Ebenso war bei den Linkshänder die linke Hand die stärkere. Zudem zeigte sich, dass die Rechtshänder verglichen mit den Linkshänder in der rechten Hand stärker waren, die Linkshänder hingegen mit der Linken. Insgesamt gehen die Ergebnisse mit denen von Bohannon (2003) einher, die besagen, dass die dominante Hand typischerweise stärker als die non-dominante Hand ist.

4. Diskussion

Diese Studie ist die erste, die sich mit dem Zusammenhang von 2D:4D und Schwimmen bei jugendlichen Leistungssportlern befasst. Insgesamt hat sich

gezeigt, dass das 2D:4D Verhältnis auch unter Berücksichtigung weiterer für den Sport wesentlichen Faktoren wie körperliche, persönlichkeitsbezogene Variablen und Erfahrung einen signifikanten Anteil der Varianz erklärt. Diese Ergebnisse entsprechen denen von Voracek et al. (2009), die im Sportbereich Leistungsfechten ebenfalls einen signifikanten Erklärungszuwachs im Regressionsmodell durch das Hinzufügen des Interaktionsterms Sex x 2D:4D erhielten.

Den größten Anteil der Varianz innerhalb der sportlichen Leistung erklären jedoch die Faktoren Alter und BMI. Dies ist vor allem auf die junge Altersklasse der Schwimmer zurückzuführen, da abgesehen von der Altersspanne von fast zehn Jahren innerhalb der Stichprobe vor allem die körperliche Entwicklung bei den Schwimmern sehr stark variierte. Laut Costilli et al. (1992) findet vor und besonders ab dem Eintreten der Pubertät eine schnelle und deutliche Verbesserung der Schwimmleistung statt, die auch mit einer Steigerung der Kraft, Ausdauer und Verbesserung der motorischen Fähigkeiten einhergeht (S. 25). Auch Saaverda et al. (2010) haben bereits den wesentlichen Einfluss von Alter auf die Schwimmleistung in ihrer multivariaten Analyse nachgewiesen.

Ein weiterer interessanter Punkt ist, dass im Regressionsmodell nur der MTQ und der SMTQ eine signifikante Korrelation mit der Schwimmleistung aufweisen. Die Nullkorrelation bezogen auf den TROSCI weist darauf hin, dass ein stabiles Selbstvertrauen in keinem Zusammenhang mit der Schwimmleistung steht. Den Ergebnissen zu Folge scheint aber das Konstrukt Mental Toughness beruhend den Faktoren *Commitment*, *Challenge*, *Confidence*, *Control* und *Constancy* einen wesentlichen Einfluss auf die Schwimmleistung zu haben. Dabei erwies sich der SMTQ am geeignetsten, um die Schwimmleistung vorauszusagen.

Der im Regressionsmodell signifikante Produktterm der Interaktion Sex x 2D:4D lässt darauf schließen, dass die erwartete Voraussagekraft von 2D:4D für die sportliche Leistung im Schwimmen bei Jungen stärker ausgeprägt ist als bei Mädchen. Bei Jungen steht also ein niedriges 2D:4D Verhältnis in Zusammenhang mit einer besseren Schwimmleistung (besseren Bestzeiten). Dieser Effekt konnte z. B. auch im Rudersport festgestellt werden. Longman et al. (2011) konnten nur für männliche Ruderer einen signifikanten Zusammenhang zwischen 2D:4D und sportlicher Leistung feststellen.

Schließlich kann das signifikante Ergebnis von 2D:4D und Schwimmleistung dahingehend interpretiert werden, dass ein niedriges Fingerverhältnis vor allem mit einem gut ausgebildeten Herz-Kreislauf-System zusammenhängt. Denn eine gut ausgebildete Herz-Kreislauf-System geht mit einer guten Ausdauer einher und, wie bereits erwähnt, ist laut Saavedra et al. (2010) im Schwimmen sowohl die aerobe wie anaerobe Ausdauer eine wesentliche Voraussetzung für sportlichen Erfolg. Dieses Ergebnis geht mit früheren Studien einher, in denen ebenfalls ein signifikanter Zusammenhang in Sportarten, die eine gute Ausdauer voraussetzen, nachgewiesen werden konnte (vgl. Longman et al., 2011; Manning et al., 2003; Pokrywka et al., 2005) und stützt somit auch die von Manning und Taylor (2001) postulierte These, dass pränatales Testosteron für eine gut ausgebildete Ausdauer verantwortlich ist.

Insgesamt können die Ergebnisse also dahingehend interpretiert werden, dass das Fingerverhältnis 2D:4D ein geeigneter Prädiktor für sportliche Leistung im Schwimmen ist. Es hat sich außerdem gezeigt, dass von den drei verwendeten Mental Toughness Skalen der SMTQ die sportliche Leistung am besten vorhersagt.

Studie 2

Als nächstes wurden die Daten sowohl von veröffentlichten als auch unveröffentlichten Untersuchungen meta-analytisch betrachtet, um ein besseres Verständnis über den Zusammenhang von 2D:4D und sportlicher Leistung zu erlangen. Bereits Hönekopp und Schuster (2010) untersuchten diesen Zusammenhang meta-analytisch und wiesen einen signifikante negative Korrelation zwischen den beiden Faktoren nach (rechts: $r = - .28$; links: $r = - .26$, $p < .01$). Allerdings sind seit diesem Zeitpunkt elf weitere Studien publiziert worden, die sich vor allem mit verschiedenen Randsportarten beschäftigten. Des Weiteren wurden 4 zusätzliche Studien gefunden, die Hönekopp und Schuster (2010) in ihrer Meta-Analyse nicht berücksichtigt haben. Somit erschien es sinnvoll, eine weitere Meta-Analyse durchzuführen, in der die 15 bei Hönekopp und Schuster (2010) nicht berücksichtigten Studien mit einfließen.

Für das bessere Verständnis der Heterogenität des in Primärstudien häufig nachgewiesenen Effekts von 2D:4D und Sport wurden neben den üblichen körperlichen Variablen wie Alter und Geschlecht, weiter Faktoren, die im Zusammenhang mit den erhobenen Sportarten stehen, berücksichtigt. Dementsprechend wurde untersucht, ob sich die Stärke des Zusammenhangs zwischen Mannschafts- und Individualsportarten unterscheidet. Außerdem wurde genauer betrachtet, ob Kontaktsportarten einen Einfluss auf den Zusammenhang von 2D:4D und Sport haben.

Zusätzlich wurde überprüft, ob sich die Studienergebnisse auf Grund der im Studiendesign verwendeten Methoden unterscheiden. So wurden die Erhebung der sportlichen Leistung, die unterschiedlichen Arten der Fingerlängenmessung, aber auch die Anzahl der mit erhobenen Kovariaten miteinander verglichen.

Abschließend wurde untersucht, ob systematische Unterschiede in den veröffentlichten Ergebnissen existieren. Es wurden die Ergebnisse der Forschungsgruppe Manning mit den der anderen Autoren verglichen, um eine eventuelle Verzerrungen zu erkennen.

5. Methode

Einschlusskriterien

Studien, die in die Meta-Analyse mit eingeschlossen wurde, waren Primärstudien und berichteten entweder über einen Zusammenhang zwischen 2D:4D und Sport oder verglichen das 2D:4D Verhältnis bei zwei Gruppen mit unterschiedlich sportlichem Niveau, wie zum Beispiel Elitesportler vs. Studenten. Die sportliche Leistung wurde dabei primär anhand von Bestzeiten, Rangplätzen oder der Sport Achievement Rank Scale von Manning und Pickup (1998) ermittelt, für die Messung des Fingerverhältnisses wurden die in 1.5 beschriebenen Methoden verwendet.

Insgesamt wurden 24 Studien, 2 Abstracts (Barone, 2009; Freeman et al., 2004), 2 Buchkapitel (Manning, 2003; 2008) mit Manuskripten und eine unpublizierte Bachelorarbeit (Thomson, 2006) gefunden, die im Literaturverzeichnis mit einem Sternchen gekennzeichnet sind. Alle gefundenen Studien bis auf die von Shin, Lee und Chae (2010) waren englischsprachig, Shins et al. (2010) Studie wurde hingegen auf koreanisch verfasst. Allerdings enthielt der englische Abstract genug Informationen, um r schätzen zu können.

Moderatoren

Um die vorhanden Varianz innerhalb der berichteten Effekte von 2D:4D und Sport erklären zu können, wurden mögliche Moderatoren miterhoben (siehe auch Anhang 1). So wurden die untersuchten Sportarten zusätzlich in die Kategorien Individual- vs. Mannschaftssport und Kontakt- vs. Non-Kontaktsport eingeteilt. Nur Studien, die eindeutig Mannschaft- oder Individualsportarten untersucht hatten, wurden diesen Kategorien zugewiesen, mit Ausnahme der Studien Latourelle et al. (2008) und Paul et al. (2006). Die Studie von Latourelle et al. (2008) wurde mit den untersuchten Sportarten Eishockey, Fußball, Volleyball und Laufen trotzdem der Kategorie Mannschaftssport zugewiesen und die von Paul et al. (2006) der Kategorie Individualsport, obwohl zwei der zwölf Sportarten Mannschaftssportarten waren (Fußball und Cricket). Die Einteilung für Kontakt- vs. Non-Kontaktsport lief entsprechend. Unter Non-Kontaktsportarten wurden laut der

Definition in Segen's Medical Dictionary (1992) nur jene Sportarten verstanden, bei denen die Sportler räumlich getrennt sind und Körperkontakt während des Spiels beinahe unmöglich ist. Sportarten, die diese Kriterien nicht erfüllten, wurden als Kontaktssportarten klassifiziert.

Als weitere Moderatoren wurden Geschlecht und Alter mit erhoben, wobei Alter nur dichotom in den Kategorien Erwachsene (ü18) und Jugendliche (u18) berücksichtigt wurde. Die Studien Barone (2009), Bennett et al. (2010), Manning & Taylor (2001), Manning (2002b), Manning & Hill (2009), Paul et al. (2006) sowie die neuen Daten wurden von der Subgruppenanalyse Alter allerdings ausgeschlossen, da sie Alter bereits als Kovariate berücksichtigten

Die unterschiedlichen Messverfahren zur Bestimmung des 2D:4D Verhältnisses sowie die Erhebung der sportlichen Leistungen wurden ebenfalls als mögliche Effektmoderatoren berücksichtigt. Dabei wurde die direkte Messung der Finger den indirekten Messmethoden wie Scan, Fotokopie oder Röntgenbild gegenübergestellt. Bei der Erhebung der sportlichen Leistung wurde zwischen den Kategorien direkter Bestimmung durch Rangplätze oder Zeiten, indirekter Erhebung (HGS, Haro Fitness Test oder der Sport Achievement Rank Scale) und einem Gruppenvergleich mit Nichtsportlern unterschieden. Zudem wurde die Anzahl der miterhobenen Kovariaten erfasst, um auch hier einen möglichen Moderatoreffekt zu überprüfen.

Zuletzt wurde die Forschungsgruppe, aus der die Studie stammt, miterhoben. Es wurde allerdings nur zwischen Forschungsgruppe Manning und Anderen unterschieden, da sich neben dieser keine entsprechenden Forschungsgruppen erkennen ließen.

Kodierung

Den 29 Studien wurden neben den deskriptiven Daten wie Stichprobengröße, Geschlecht, Alter und Nationalität alle angegebenen Korrelationen zwischen 2D:4D und sportlicher Leistung entnommen. Zudem wurde die Sportart, die Methode zur Messung der sportlichen Leistung sowie die oben beschriebenen Moderatoren erfasst (für Details siehe Anhang 1).

Um Übertragungsfehler zu vermeiden, wurden die im Kodierschema

erfassten Daten zusätzlich von einer unabhängigen Person überprüft.

Datensynthese

Zur Bewertung des Zusammenhangs von 2D:4D und sportlicher Leistung wurde die Effektstärke r verwendet. Ging diese aus einer Studie nicht hervor, wurde r anhand vorhandener Deskriptiv- und Teststatistiken unter der Verwendung der von Cooper (2009, S.160ff) empfohlenen Formeln geschätzt. Falls mehrere Korrelationen für eine Stichprobe berichtet wurden, wurde eine aus diesen gemittelte Korrelation in die Meta-Analyse aufgenommen. Dies galt jedoch nicht für Studien, die r sowohl für den besten als auch für den momentanen Ranglistenplatz berichteten. Hier wurde nur die Korrelation mit dem besten Rangplatz verwendet, da dieser zum einen unabhängig vom Erhebungszeitpunkt und zum anderen ein besserer Indikator für die mögliche sportliche Performanz einer Person ist. Außerdem wurde bei der Studie von Barone (2009) r auf null geschätzt, da hier von keinem Zusammenhang berichtet wurde. Anschließend wurden alle erhobenen Daten für die sportliche Leistung so umkodiert, dass niedrige Werte eine gute sportliche Leistung bedeuten. Dementsprechend wurde eine positive Korrelation von 2D:4D und sportlicher Leistung erwartet. Die so erhaltenen Korrelationen wurden abschließend für jede Hand einzeln erfasst und ausgewertet. Falls jedoch r nur für den Durchschnitt des 2D:4D beider Hände vorhanden war, wurde dieser Wert sowohl für die rechte als auch für die linke Hand verwendet.

Die Berechnung der Meta-Analyse wurde die Software *Comprehensive Meta-Analysis CMA v2.2.030* verwendet. Alle Korrelationen wurden in Fisher's z transformiert und anschließend mittels ihrer inversen Varianz gewichtet, um die Unterschiede in den Stichprobengrößen der Studien zu berücksichtigen, da bei einer kleinen Stichprobe das Eintreten eines Stichprobenfehlers wahrscheinlicher ist als bei großen. Anschließend wurden die gewichteten Effektstärken wieder in Pearson-Korrelationen zurücktransformiert.

Als Heterogenitätsmaß für die Unterschiede zwischen den Studien wurde sowohl Cochran's Q-Statistik als auch der I^2 -Index verwendet. Dabei dient die Q-Statistik zur Überprüfung der statistischen Homogenität, davon ausgehend, dass

allen Studien die gleiche Effektstärke zugrunde liegt (*fixed effect*). Bei einem signifikanten Q-Wert muss diese Annahme verworfen werden und von einem *Random Effects* Modell ausgegangen werden. Der I^2 -Index beschreibt als Heterogenitätsmaß die Variation der Effektstärken zwischen den Studien. Sein Wert liegt zwischen 0%-100%, wobei ein hoher Wert für ein hohes Maß an Inkonsistenz in den Studienergebnisse spricht. Laut Borenstein, Hedges, Higgins und Rothstein (2009) liegt der kritische Wert bei 75% und ein $I^2 > 75\%$ weist auf eine deutliche Inkonsistenz innerhalb der Studienergebnisse hin.

Um den Einfluss der einzelnen Studien auf den Gesamteffekt zu prüfen, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Indem nacheinander immer eine Studie aus dem Modell entfernt wird, können mit dieser Methode ziemlich deutlich Ausreißer, also Studien mit einer extrem kleinen bzw. großen Effektstärke oder einem sehr großen Stichprobenumfang, erkannt werden.

Um die in die Meta-Analyse inkludierten Studien auf einen möglichen Publikationsbias hin zu überprüfen, wurden Funnel-Plots und die Trim-and-Fill-Analyse von Duval und Tweedie verwendet. Beide Verfahren gehen davon aus, dass die geschätzten Effekte symmetrisch um den wahren Wert verteilt sind. Das Funnel-Plot bildet die Verteilung der geschätzten Effekte um den Gesamteffekt graphisch ab, wohingegen mittels der Trimm-and-Fill-Methode berechnet wird, wie viele Studienergebnisse für eine symmetrische Verteilung der Effekte fehlen.

Zuletzt wurden die möglichen Moderatoreffekte überprüft. Dabei wurden die Einflüsse der einzelnen Moderatoren anhand von Subgruppenanalysen erhoben. Nur der Einfluss der Kovariaten wurde mit Hilfe einer Meta-Regression berechnet, da es sich hier um eine intervallskalierte Variable handelt.

6. Ergebnisse

6.1 Beschreibung der Stichprobe

Aus den 29 gefundenen Studien ergaben sich für die rechte Hand 48 voneinander unabhängige Stichproben mit insgesamt 5296 Personen. Davon waren 2968 Personen (26 Stichproben) Männer und 2085 (18 Stichproben) Frauen. Die letzten vier Stichproben bezogen sowohl auf Frauen als auch auf Männer ($N = 243$). Für die linke Hand wurden hingegen 45 voneinander

unabhängige Stichproben mit insgesamt 5069 Personen gefunden. Es gab 25 männliche Stichproben ($N = 2905$), 16 weibliche ($N = 1931$) und vier mit gemischten Geschlecht ($N = 243$). Das Alter in den Stichproben lag insgesamt zwischen 13 und 54 Jahren, mit einem Mittelwert von 22 Jahren ($SD = 6.52$). Das 2D:4D Verhältnis der Männer betrug durchschnittlich rechts 0.96 ($SD = 0.01$) und links 0.97 ($SD = 0.02$). Frauen hingegen hatten ein leicht höheres Verhältnis mit rechts 0.97 ($SD = 0.02$) und links 0.98 ($SD = 0.02$). In den Stichproben mit beiden Geschlechtern lag der Durchschnitt von 2D:4D bei 0.97 ($SD = 0.01$) für beide Hände.

Details zur Beschreibung der einzelnen Stichproben sowie die Aufteilung der oben genannten Moderatoren sind im Anhang 3 überblicksmäßig aufgelistet.

6.2 2D:4D und sportlicher Erfolg

Sowohl für die Ergebnisse der rechten Hand als auch der linken Hand wurde aufgrund der hohen Heterogenität in den Studien von einem *Random Effects* Modell ausgegangen. Für die 48 inkludierten Stichproben der rechten Hand zeigte sich ein hoch signifikanter Q-Wert von 326.325 ($df = 47, p < .001$) und ein I^2 mit 85.597%, das deutlich den kritischen Wert von 75% überschreitet. Ebenso zeigte sich in den 45 Stichproben der linken Hand mit $Q = 318.987$ ($df = 44, p < .001$) und $I^2 = 86.206\%$ eine deutliche Heterogenität. In den jeweiligen Forrest Plots der Studien ist die Heterogenität ebenfalls klar zu erkennen (siehe Anhang 3 & 4).

Es zeigte sich für beide Hände ein eindeutiger Zusammenhang zwischen sportlicher Leistung und dem 2D:4D Verhältnis. So ergab sich für die rechte Hand ein signifikanter Gesamteffekt von $r = .255$ ($Z = 6.706; p < .001$) mit einem Konfidenzintervall $CI = [.183; .325]$. Der Gesamteffekt für die linke Hand fiel mit einem $r = .205$ etwas kleiner aus, war aber dennoch signifikant ($Z = 5.092; p < .001; CI = [.127; .280]$). Die Sensitivitätsanalyse (*one study removed*) ergab, dass es innerhalb der Studien keine Ausreißer gab. Für beide Hände hatten die einzelnen Studien kaum einen Einfluss auf den Gesamteffekt.

Die Ergebnisse der Funnel-Plots und der Trim-and-Fill-Analysen ließen für die linke Hand nicht darauf schließen, dass ein Publikationsbias aufgrund von

fehlenden Studien besteht. Für die rechte Hand wurden 8 fehlende Stichproben angegeben, allerdings verschob sich der Gesamteffekt dadurch nur geringfügig ($r_{adjustiert} = .197$, CI = [.111; .280]).

Subgruppenanalysen

Der beobachteten Heterogenität in den Studieneffekten entsprechend, schien es sinnvoll, Subgruppenanalysen für die verschiedenen möglichen Moderatoren durchzuführen. Es zeigte sich nur für die drei Moderatoren Forschungsgruppe, Erhebung und Sportart (Mannschafts- vs. Individual sportart) ein signifikanter Effekt (siehe Tabelle 5). Die restlichen 4 berücksichtigten Moderatoren hatten den Subgruppenanalysen zufolge keinen signifikante Bedeutung für die Heterogenität innerhalb der Studieneffekte.

Tabelle 5: Ergebnisse der Subgruppenanalysen

	rechte Hand			linke Hand		
	Q	df	p	Q	df	p
Forschungsgruppe	6.756	1	.009	4.593	1	.032
Geschlecht	3.778	1	.052	2.342	1	.126
Alter	0.080	1	.777	0.015	1	.904
Studiendesign	2.946	2	.229	7.523	2	.023
Sportart	4.640	1	.031	14.758	1	.000
Kontakt	0.133	1	.751	0.037	1	.848
Messverfahren	1.637	1	.201	0.793	1	.373

Anmerkung: Q, gewichtete Quadratsummen; df, Freiheitsgrade; p, entsprechender p-Wert (zweiseitig)

Ein besonders deutlicher Unterschied zeigte sich zwischen den von der Forschungsgruppe Manning veröffentlichten Effekten und den weiteren publizierten Ergebnissen. So lag der Gesamteffekt der Forschungsgruppe Manning bei $r = .350$ für die rechte Hand und $r = .287$ für die linke Hand. Die anderen Studien hingegen wiesen einen deutlich geringer Gesamteffekt (rechts: $r = .187$; links: $r = .137$) auf. Eine kumulative Analyse der Effekte über die Jahre

zeigte ebenfalls, dass im Jahr 2006, als zum ersten Mal mehrere von Manning unabhängige Studien veröffentlicht wurden, eine Schmälerung des Effekts auftrat. Ab diesem Zeitpunkt blieb der Gesamteffekt für beide Hände sehr stabil (siehe Anhang 5 & 6). Zusammenfassend weisen die Ergebnisse auf einen Publikationsbias durch Manning hin.

Zwischen den Gruppen Mannschafts- vs. Individual sport war ebenfalls ein deutlicher Unterschied in den Gesamteffekten zu erkennen (Tabelle 5, Sportart). Bei Mannschaftssportarten war der Effekt verglichen mit dem der Individual sportarten beinah doppelt so stark. Für die rechte Hand lag der Gesamteffekt von Mannschaftssport bei $r = .409$ und von Individual sport bei $r = .238$. In der linken Hand wurde der Unterschied noch deutlicher mit einem $r = .449$ für Mannschaftssport und einem $r = .139$ für Individual sport.

Zuletzt zeigte sich, dass die gewählte Methode zur Erhebung der sportlichen Leistung einen Einfluss auf den Effekt hat. In der linken Hand ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen Direkt, Indirekt und Gruppenvergleich. Dabei wurde sichtbar, dass der Gesamteffekt in der Gruppe, die Sportler gegen Nichtsportler verglich, deutlich höher war als in den beiden anderen (Gruppenvergleich: $r = .354$; Direkt: $r = .161$; Indirekt: $r = .129$). Dieser Trend war auch in der rechten Hand zu erkennen, auch wenn er nicht signifikant war (Gruppenvergleich: $r = .323$; Direkt: $r = .270$; Indirekt: $r = .166$).

Die anderen Moderatoren Geschlecht, Alter, Kontakt sport vs. Nonkontakt sport und Messverfahren zeigten keine signifikanten Effekte. Allerdings zeichnete sich bezogen auf das Geschlecht bei beiden Händen ein Trend dahingehend ab, dass der Gesamteffekt für Männer mit $r = .310$ (rechts) und $r = .246$ (links) stärker als der bei Frauen (rechts: $r = .173$; links: $r = .127$) war.

Meta-Regression

In der Meta-Regression mit Anzahl der Kovariaten als Prädiktor zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang. Für beide Hände ließ die Anzahl der miterhobenen Kovariaten keinen signifikanten Klärungsanteil an der in den Primärstudien vorhandene Heterogenität erkennen. Der *Slope* betrug für die rechte Hand -0.04 ($Q = 1.675, df = 1, p = .196$) und -0.02 ($Q = 0.59634, df = 1, p = .488$).

.440) für die linke.

7. Diskussion

Die in der Meta-Analyse gefundenen Korrelationen bestätigten den postulierten Zusammenhang zwischen einem kleinen 2D:4D Verhältnis und sportlichem Erfolg. Für beide Hände zeigten sich moderate Effekte in erwarteter Richtung. Die Ergebnisse entsprechen damit denen von Hönekopp und Schuster (2010), fielen aber insgesamt etwas kleiner aus. Die Untersuchung möglicher Effektmoderatoren zeigte, dass die Heterogenität innerhalb der Studien durch die Forschungsgruppe Manning, das gewählte Verfahren zur Beurteilung der sportlichen Leistung und die untersuchten Sportarten bedingt ist.

7.1 Publikationsbias

Der signifikante Unterschied in den Forschergruppen weist auf einen möglichen Publikationsbias in der untersuchten Literatur hin. Es zeigte sich in der Subgruppenanalyse, dass der Gesamteffekt in den von Manning mitpublizierten Studien beinah doppelt so groß war wie der in den von unabhängigen Forscherteams veröffentlichten. Bei der kumulativen Betrachtung des Gesamteffekts über die Zeit wurde ebenfalls ersichtlich, dass eine Effektschmälerung ab dem Zeitpunkt eintrat, ab dem von Manning unabhängig Studien veröffentlicht wurden. Damit konnten die Ergebnisse von Voracek und Loibl (2009) gestützt werden, die besagen, dass die Manning-Gruppe signifikant mehr positive und weniger negative Ergebnisse in der 2D:4D Forschung publizierte als andere Forscher. Allerdings ist zu bedenken, dass in Mannings Studien vor allem Sportarten untersucht wurden, bei denen Ausdauer eine wesentlicher Voraussetzung ist. So wurden vor allem Sportarten wie Fußball, Rugby und Laufen auf einen Zusammenhang mit dem 2D:4D Verhältnis hin geprüft. In Anbetracht der Ausdauer vs. Krafthypothese, die einen stärkeren Zusammenhang für Ausdauersport als für Kraftsport postuliert (vgl. Manning et al., 2007; Manning & Hill, 2009), könnte der stärkere Gesamteffekt teilweise auch anhand der untersuchten Sportarten erklärt werden.

7.2 Erhebung der sportlichen Leistung

Bei der Analyse der unterschiedlichen Methoden zur Erhebung sportlichen Leistung zeigte sich, dass beim Vergleichen von Sportlern und Nichtsportlern die größten Effekte gemessen wurden. Damit konnten die Ergebnisse von Manning und Taylor (2001) und Voracek et al. (2006) meta-analytisch bestätigt werden, dass Sportler im Vergleich zur Normalpopulation ein kleineres 2D:4D Verhältnis haben. Korrelationen von 2D:4D und Bestzeiten, Rangplätzen oder indirekten Messungen wie durch HGS oder *Sport Achievement Rank Scale* fielen vor allem bei der linken Hand deutlich geringer aus. Daraus lässt sich schließen, dass der Unterschied im 2D:4D Verhältnis zwischen den Gruppen Sportler und Nichtsportler stärker ist als in den einzelnen Sportgruppen. Dementsprechend ist zu überlegen, ob die Verfahren miteinander vergleichbar sind und ob durch Gruppenvergleiche der Zusammenhang von 2D:4D und sportlicher Leistung sinnvoll gemessen wird.

7.3 Mannschaftssport vs. Individualsport

Ein eher überraschendes Ergebnis war, dass Mannschaftssportarten ($r_s = .409$, $r_t = .449$) einen deutlich größeren Zusammenhang mit dem 2D:4D Verhältnis aufwiesen als Individualsportarten ($r_s = .233$, $r_t = .139$). Dieser Unterschied zwischen den beiden Kategorien wurde erstmals in der 2D:4D Forschung festgestellt. Es existieren verschiedene mögliche Ansätze, den bestehenden Unterschied zu erklären.

Alle untersuchten Mannschaftssportarten waren Ballsportarten. Für Ballsportarten ist neben Ausdauer auch eine gute visuell-räumliche Wahrnehmung von Bedeutung und sowohl Manning und Taylor (2001) als auch Tester und Campbell (2007) wiesen nach, dass eine gute visuell-räumliche Wahrnehmung bei Männern mit einem kleineren 2D:4D Verhältnis einhergeht. Davon ausgehend, könnte die Kombination von Ausdauer und guter visuell-räumliche Wahrnehmung einen stärkeren Effekt zwischen sportlicher Leistung und 2D:4D bei Ballsportarten bedingen. Allerdings konnten Puts, McDaniel, Jordan und Breedlove (2008) den Zusammenhang von 2D:4D und visuell-räumlicher Wahrnehmung in ihrer Meta-Analyse nicht bestätigen.

Ein weitere Gesichtspunkt ist, dass beim Mannschaftssport im Gegensatz

zum Individual sport vor allem das Zusammenspiel im Team und die Taktik für sportlichen Erfolg ausschlaggebend sind. In diesem Unterschied könnte ebenfalls ein Ansatzpunkt für die Erklärung des starken Zusammenhangs von 2D:4D und sportlichen Erfolg bei Mannschaftssportarten liegen.

Zuletzt kann auch die Bewertung der sportlichen Leistung ein Grund für die Differenz in den Gesamteffekten sein. Während bei Individual sportarten die sportliche Leistung einer Person relativ eindeutig an Bestzeiten oder Rangplätzen gemessen werden kann, erweist sich die Beurteilung des sportlichen Erfolgs von Spielern als erheblich schwieriger. Denn zum einen wird in Wettkämpfen nur die sportliche Leistung der ganzen Mannschaft beurteilt und zum anderen müssen Performanzkriterien zur Messung der sportlichen Leistung einzelner Spieler bestimmt werden, die jedoch sehr unterschiedlich ausfallen können. Demzufolge kann der Unterschied in den Gesamteffekten auch durch die verschiedenen Erhebungsverfahren zur Bestimmung der sportlichen Leistung bedingt sein.

7.4 Kovariaten

Die Meta Regression zeigte, dass die Anzahl der berücksichtigten Kovariaten keinen signifikanten Einfluss auf die Effektstärke hatte. Das Ergebnis stimmt insofern mit denen der Subgruppenanalyse überein, als dass in den untersuchten Studien primär die Variablen Alter oder Geschlecht als Kovariaten berücksichtigt wurden, die als Moderatoren bei der Subgruppenanalyse auch keine signifikanten Ergebnisse zeigten. Das Ergebnis lässt darauf schließen, dass der Zusammenhang zwischen 2D:4D und sportlicher Leistung in den untersuchten Stichproben relativ gering durch andere Variablen beeinflusst wurde.

7.5 Vergleich mit vorherigen Ergebnissen

Wie bereits anfangs erwähnt fallen die Korrelationen generell etwas geringer als die von Hönekopp und Schuster (2010) aus. Das kann zum einen daran liegen, dass in der aktuellen Meta-Analyse eine größere Anzahl von unterschiedlichen Sportarten untersucht wurden. So wurden diesmal vor allem viele Randsportarten wie Sumoringen, Surfen und Rudern in die Meta-Analyse inkludiert, die meistens eher kleine Effekte zeigten. Das könnte ein Grund für den

leichten Abfall im Gesamteffekt sein. Zum anderen wurden mehrere von Manning unabhängige Studien untersucht, denn bei Hönekopp und Schuster (2010) kamen $\frac{3}{4}$ (18) der untersuchten Stichproben aus der Forschungsgruppe Manning. Berücksichtigt man, dass bei Manning deutlich höhere Effekte als bei den anderen Forschern gefunden wurden, kann dadurch auch der höhere Gesamteffekt bei Hönekopp und Schuster (2010) zustande gekommen sein.

7.6 Ausblick

Die gefundenen Ergebnisse weisen auf einen Zusammenhang zwischen 2D:4D und Sport hin und es kann davon ausgegangen werden, dass ein kleineres Fingerverhältnisse mit besseren sportlichen Leistungen einhergeht. In Zukunft sollte vor allem genauer untersucht werden, warum der postulierte Zusammenhang in Mannschaftssportarten stärker ausfällt als in Individualsportarten. Bei der Wahl des Studiendesigns sollten zudem die Ergebnisse berücksichtigt werden, die darauf hinweisen, dass ein Gruppenvergleich von Sportlern und Nichtsportlern zur Beurteilung des Zusammenhangs von 2D:4D und sportlicher Leistung nicht geeignet ist.

Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war die Neubewertung des Zusammenhangs zwischen sportlicher Leistung und dem Verhältnis von Zeige- zu Ringfinger (2D:4D), das als Biomarker für pränatales Testosteron gilt. Zusätzlich zur systematischen Darstellung des bisherigen Forschungstandes wurden zum einen neue Daten von 62 Schwimmer (23 männlich, 39 weiblich) bezogen auf den postulierten Zusammenhang erhoben, zum anderen eine Meta-Analyse über die vorhandene Literatur mit insgesamt 48 Stichproben ($N = 5296$) durchgeführt. Sowohl die Ergebnisse für die männlichen Schwimmer als auch die der Meta-Analyse bestätigten die von Manning & Taylor (2001) aufgestellte Hypothese, dass ein kleineres 2D:4D Verhältnis mit einer besseren sportlichen Leistung einhergeht. Die Meta-Analyse ergab weiters, dass die Anzahl der miterhobenen Kovariaten keinen Einfluss auf die Stärke des Effekts hat. Der postulierte Zusammenhang zeigte sich insgesamt deutlich stärker bei Mannschaftssportarten als bei Individualsportarten. Zudem wurde in der untersuchten Literatur ein Publikationsbias durch die Forschungsgruppe Manning festgestellt. Studien aus Mannings Umfeld berichteten signifikant höhere Effekte als die der restlichen Forscherteams.

Anhang

Anhang 1: Kodierschema

Titel:			
Autor:			
Publikationsjahr:			
Forschungsgruppe:			
Geschlecht:			
Stichprobengröße:			
Nationalität:			
Alter:	Altersgruppe (u18/ü18):		
Sportart/ Performanzkriterium:			
Mannschafts- vs. Individualsport (Man./Ind.):	Kontakt- vs. Non-Kontaktsport (Kon./Non.):		
Messverfahren:			
Ergebnisse:			
2D:4D rechts:	2D:4D links:	2D:4D gemittelt:	Differenz (MW/SD):
r rechts:	r links:	r gemittelt:	r Differenz:
Anzahl der erhobenen Kovariaten:			

Anmerkung: Differenz = 2D:4D rechts – 2D:4D links; r Korrelationskoeffizient für 2D:4D x Sportliche Leistung

Anhang 2: Studiendetails

Autor	Forschungsgruppe	Sex	N	Land	Alter	Sportart	Studien design	Man. vs Ind.	Kon. vs Non.	Mess verfahren	Kovariaten	r_{rechts}	r_{links}	$r_{gemittelt}$
Barone, 2009	Andere	m & w	37	USA	ü18	Laufen	Direkt	Ind.	Non.	Indirekt	6	.00	.00	
Bennett et al., 2010	Manning	m	44	UK	ü 18	Rugby	Direkt	Man.	Kon.	Direkt	1	.50	-.01	
Bescos et al., 2009	Andere	w	87	Int.	ü 18	Fechten	Direkt	Ind.	Kon.	Indirekt	0	.14	.10	
Butovskaya et al., 2011	Andere	m	294	Russland	ü 18	verschiedne	Gruppenvergleich			Direkt	0	.12	.15	
Fink et al., 2006	Manning	m	52	Deutschland	ü 18	HGS	Indirekt			Direkt	0	.32	.32	
		m	88	Indien	ü 18	HGS	Indirekt			Direkt	0	.19	.16	
Freeman et al., 2004	Andere	w	36	USA	ü 18	verschieden	Indirekt			Direkt	0	-.11	-.29	
Gallup et al., 2007	Andere	m	82	USA	ü18	HGS	Indirekt			Direkt	0	.04	.11	
		w	61	USA	ü 18	HGS	Indirekt			Direkt	0	.15	.07	
Golby & Meggs, 2011	Andere	m & w	122	UK	ü 18	verschiedene	Gruppenvergleich			Direkt	0	.45	.45	
Hönekopp et al., 2006	Manning	m	114	Deutschland	u 18	Schulsport	Direkt			Indirekt	0	.19	.12	
		w	175	Deutschland	u 18	Schulsport	Direkt			Indirekt	0	.17	.16	
		m	102	Deutschland	ü 18	Haro fitness test	Indirekt			Indirekt	0	.18	.16	
		w	77	Deutschland	ü 18	Haro fitness test	Indirekt			Indirekt	0	.16	.32	
Kilduff et al, in press	Andere	m	46	International	ü 18	Surfen	Direkt	Ind.	Non.	Direkt	0	.44	.10	

Anhang 2: Studiendetails

Autor	Forschungsgruppe	Sex	N	Land	Alter	Sportart	Studien design	Man. vs Ind.	Kon. vs Non.	Mess verfahren	Kovariaten	r_rechts	r_links	r_gemittelt
Kim et al., 2011	Andere	m	183	Korea	ü18	verschiedene	Gruppenvergleich			Indirekt	0	.46	.46	.46
		w	151	Korea	ü 18	verschiedene	Gruppenvergleich			Indirekt	0	.44	.44	.44
Latourelle et al., 2008	Andere	w	72	USA	u 18	Eishockey, Fußball, Laufen, Volleyball	Gruppenvergleich	Man.	Kon.	Indirekt	0	.51		
Longman et al., in press	Andere	m	77	UK	ü 18	Rudern	Direkt	Ind.	Non.	Direkt	3	.35	.25	
		w	70	UK	ü 18	Rudern	Direkt	Ind.	Non.	Direkt	0	.03	-.04	
Manning & Taylor, 2001	Manning	m	128	UK	ü 18	verschiedne	Indirekt			Direkt	4			.30
		m	837	Int.	ü 18	Fußball	Gruppenvergleich	Man.	Kon.	Indirekt	0			.62
Manning, 2002 b	Manning	m & w	57	UK		Skifahren	Direkt	Ind.	Kon.	Direkt	3	.32	.30	
Manning et al., 2003	Manning	m	97	UK	ü 18	Laufen, 800 m	Direkt	Ind.	Non.	Direkt	0	.39	.13	
		m	67	UK	ü 18	Laufen, 1500 m	Direkt	Ind.	Non.	Direkt	0	.32	.05	
		m	47	UK	ü 18	Laufen, 6 mile	Direkt	Ind.	Non.	Direkt	0	.52	.51	
		m	108	UK	ü18	Fußball	Gruppenvergleich	Man.	Kon.	Direkt	0	.35	.45	
		m	33	Brasilien	ü 18	Fußball	Gruppenvergleich	Man.	Kon.	Direkt	0	.44	.59	

Anhang 2: Studiendetails

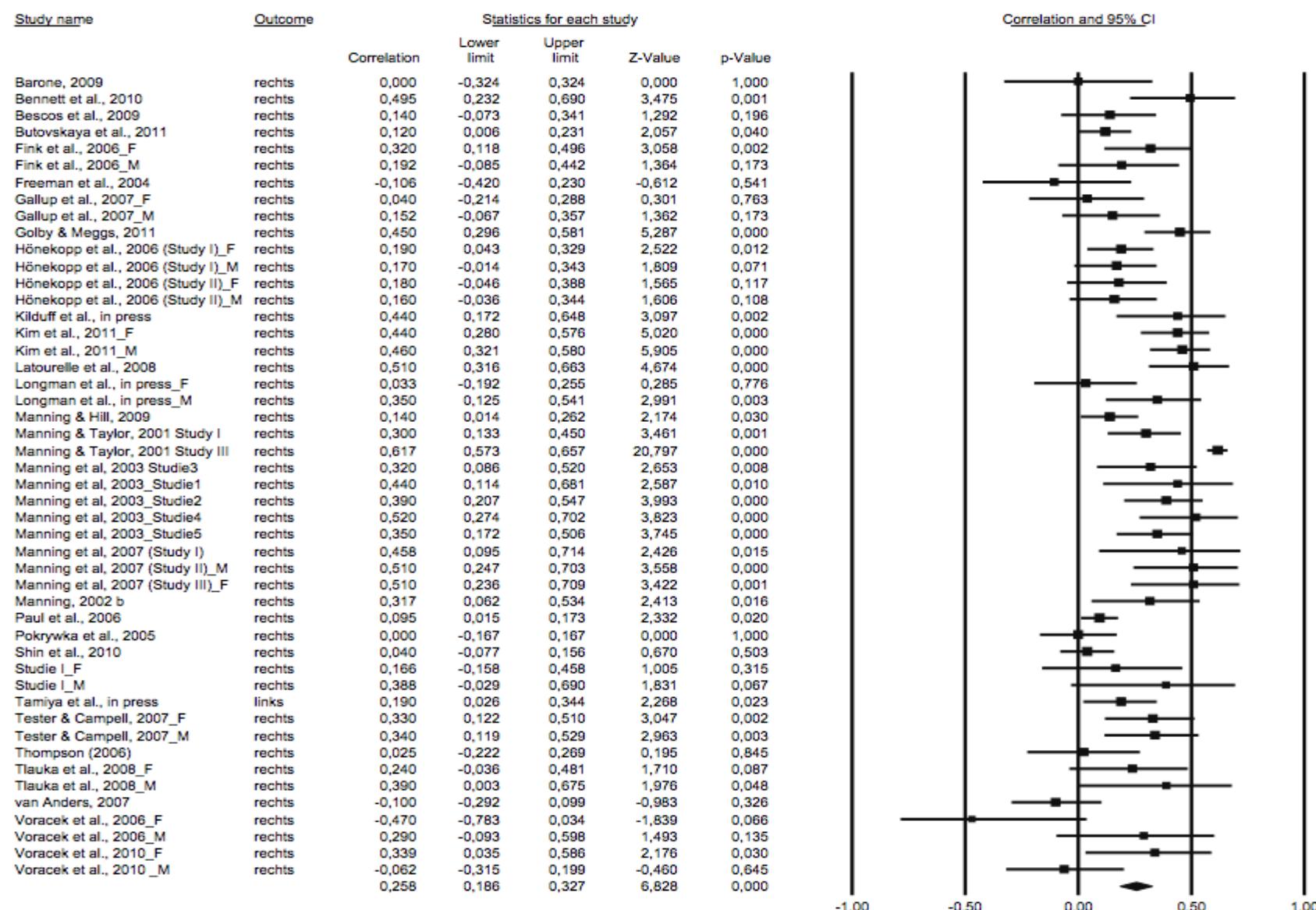
Autor	Forschungsgruppe	Sex	N	Land	Alter	Sportart	Studien design	Man. vs Ind.	Kon. vs Non.	Mess verfahren	Kovariaten	r_rechts	r_links	r_gemittelt
Manning et al., 2007	Manning	m & w	27	UK	ü 18	Laufen	Direkt	Ind.	Non	Direkt	1	.45	.34	
		m	43	UK	ü 18	Laufen	Direkt	Ind.	Non.	Direkt	0	.51	.51	
		w	40	UK	ü 18	Laufen	Direkt	Ind.	Non.	Direkt	0	.51	.30	
Manning & Hill, 2009	Manning	m	241	UK	u 18	Laufen	Direkt	Ind.	Non.	Indirekt	3	.14	.15	
Paul et al., 2006	Andere	w	607	UK	ü 18	verschiedene	Indirekt	Ind.		Indirekt	1			.09
Pokrywka et al., 2005	Andere	w	138	Polen	ü 18	verschiedene	Gruppenvergleich			Indirekt	0	.00	.24	
Shin et al., 2010	Andere	w	283	Korea	ü 18	verschiedene	Gruppenvergleich	Ind.		Indirekt	0			.04
Tamiya et al., in press	Andere	m	142	Japan	ü18	Sumoringen	Direkt	Ind.	Kon.		0			.19
Tester & Campell, 2007	Andere	m	73	UK	ü 18	Rugby, Basketball, Fußball	Indirekt	Man.	Kon.	Indirekt	0	.34		
		w	82	UK	ü 18	Rugby, Basketball, Fußball	Indirekt	Man.	Kon.	Indirekt	0	.33		
Thompson, 2006	Andere	w	64	USA	ü 18	Fußball, Volleyball, Softball	Gruppenvergleich	Man.	Kon.	Direkt	0	.03	.32	

Anhang 2: Studiendetails

Autor	Forschungsgruppe	Sex	N	Land	Alter	Sportart	Studien design	Man. vs Ind.	Kon. vs Non.	Mess verfahren	Kovariaten	r_rechts	r_links	r_gemittelt
Tlauka et al., 2008	Andere	m	26	Australien	u 18	Schulsport	Gruppen vergleich	Indirekt	Kon. vs Non.	Direkt	0	.24	.24	.24
		w	52	Australien	u 18	Schulsport								
van Anders, 2007	Andere	w	99	Kanada	ü 18	HGS	Indirekt			Indirekt	0	-.10	-.06	
Voracek et al., 2006	Andere	m	28	Österreich, Deutschland	ü 18	Fechten	Direkt	Ind.	Kon.	Indirekt	2	.29	-.12	
		w	16	Österreich, Deutschland	ü 18	Fechten	Direkt	Ind.	Kon.	Indirekt	2	-.47	-.24	
Voracek et al., 2010	Andere	m	58	Österreich	ü 18	Fechten	Direkt	Ind.	Kon.	Indirekt	0	-.06	-.12	
		w	41	Österreich	ü 18	Fechten	Direkt	Ind.	Kon.	Indirekt	0	.34	.18	
Studie I	Andere	m	23	Deutschland	u 18	Schwimmen	Direkt	Ind.	Non.	Indirekt	1	.39	.17	
		w	39	Deutschland	u 18	Schwimmen	Direkt	Ind.	Non.	Indirekt	1	.17	.01	

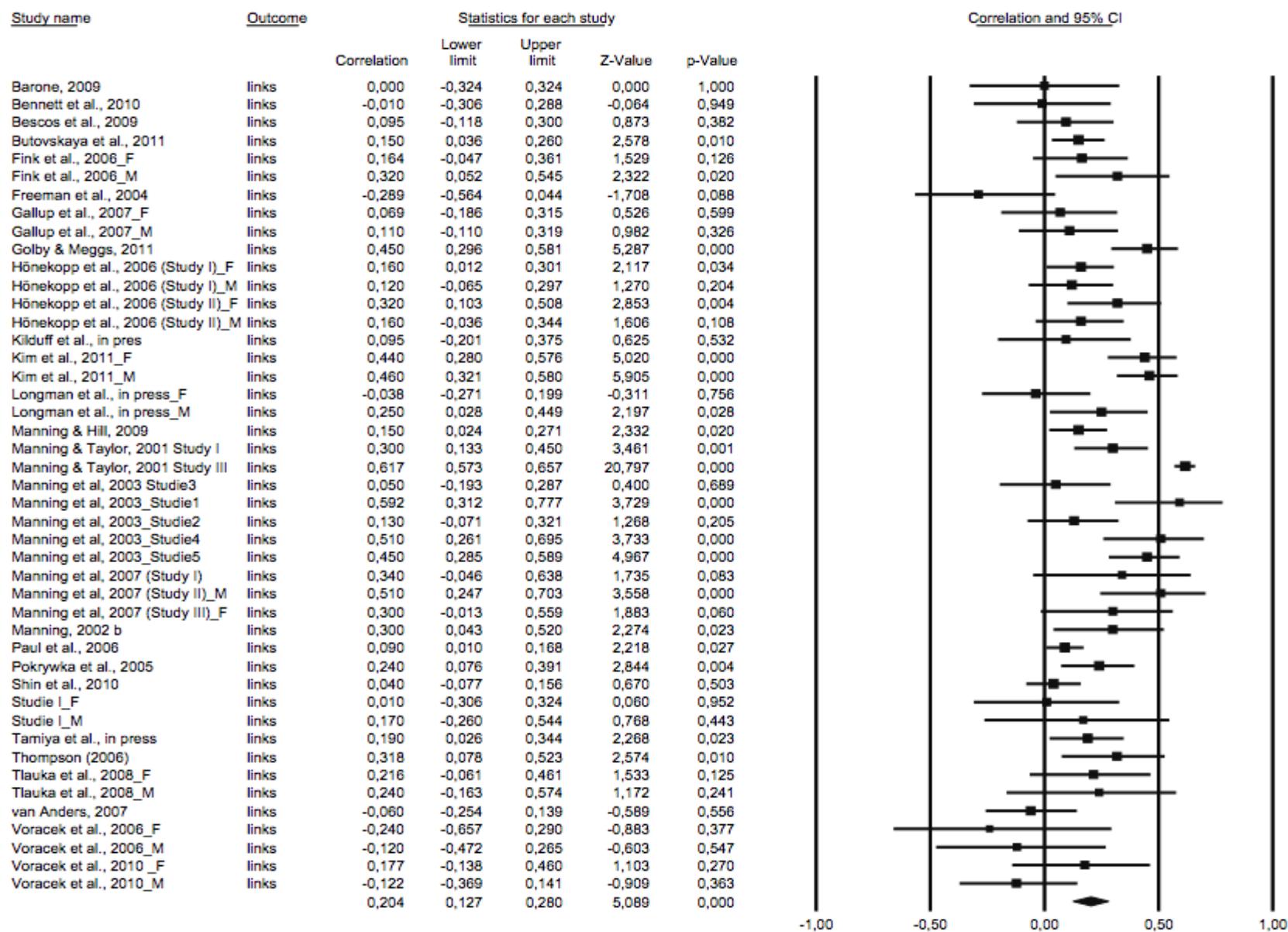
Anhang 3:

Forest Plot (rechte Hand): Random-effects Analyse



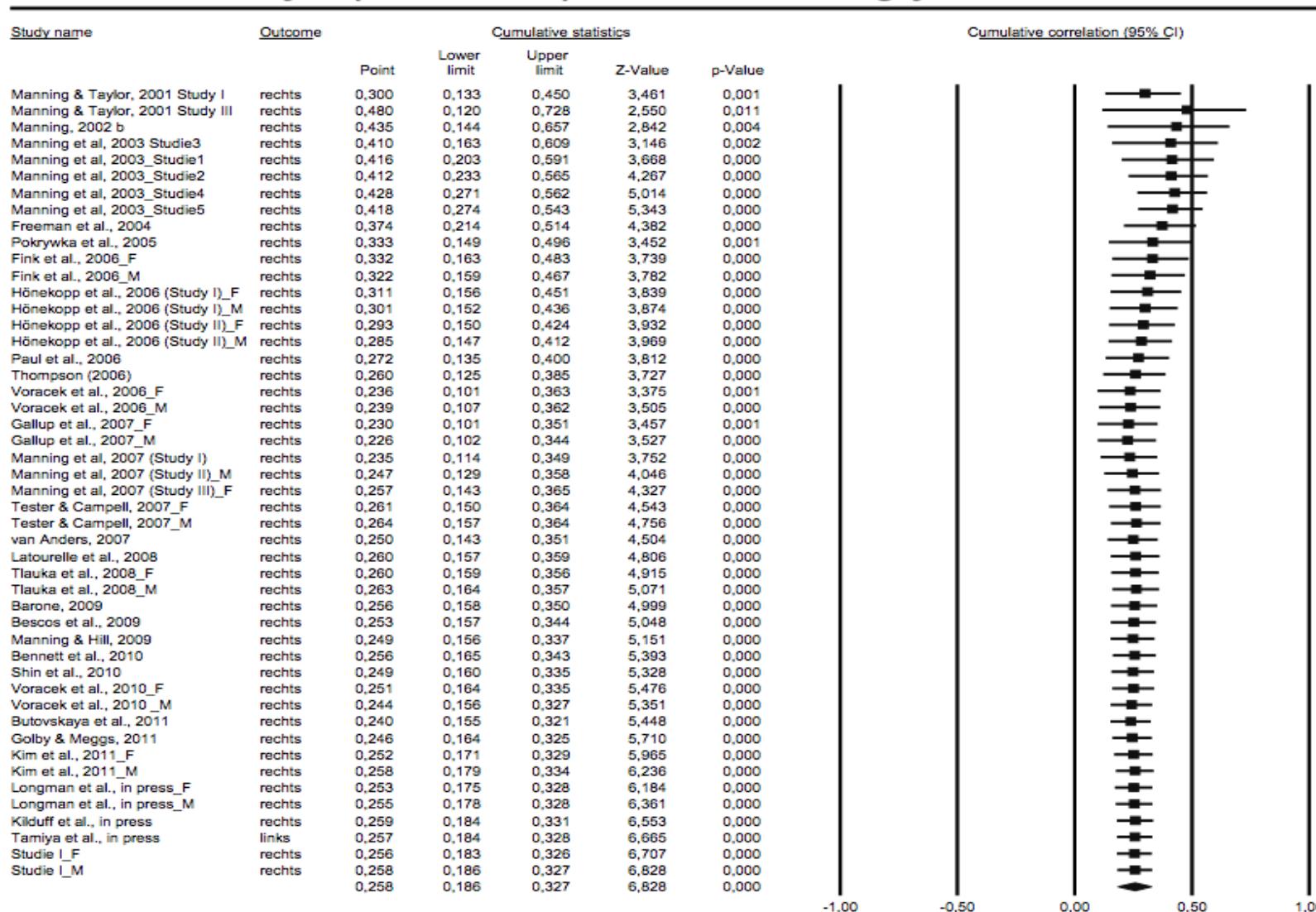
Anhang 4:

Forest Plot (linke Hand): Random-effects Analyse



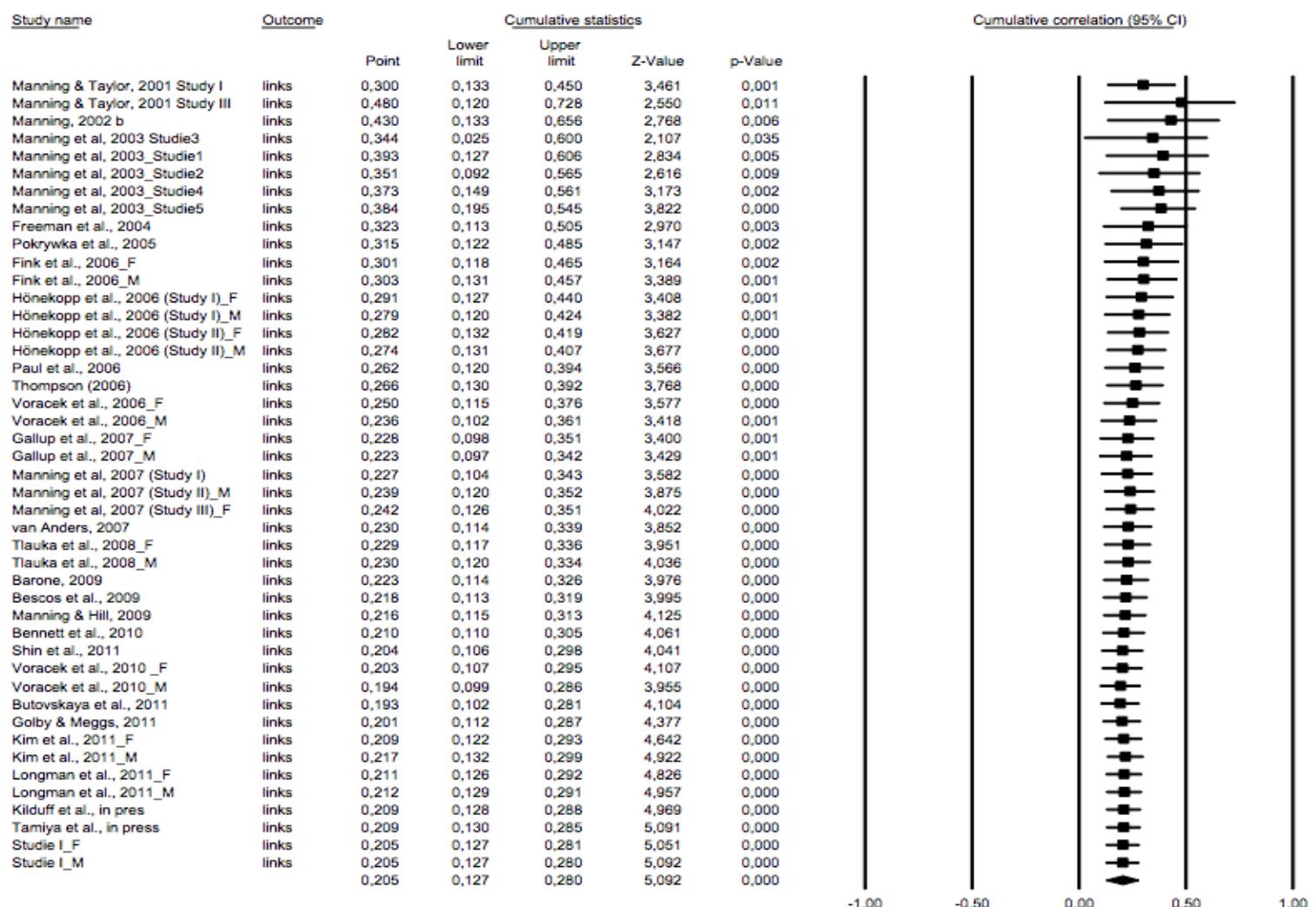
Anhang 5:

Kumulative Analyse (rechte Hand): nach Erscheinungsjahr



Anhang 6:

Kumulative Analyse (linke Hand): nach Erscheinungsjahr



LITERATURVERZEICHNIS

Studien, die in die Meta-Analyse inkludiert wurden, sind mit * gekennzeichnet.

- Allaway, H. C., Bloski, T. G., Pierson, R. A., & Lujan, M. E. 2009. Digit Ratio (2D:4D) Determined by computer-assisted analysis are more reliable than those using physical measurements, photocopies, and printed scans. *American Journal of Human Biology*, 21, 365-370.
- Baker, F. (1888). Anthropologic notes on the human hand. *American Anthropologist*, 1, 51-75.
- Bardin, C. W., & Cattrell, C. F. (1981). Testosterone: A major determinant of extragenital sexual dimorphism. *Science*, 211, 1285-1294.
- * Barone, L. M. (2009). Digit ratio (2D:4D) and ponderal index as predictors of half-marathon performance. *American Journal of Physical Anthropology*, 138, 83.
- Beaton, A. A., Rudling, N., Kissling, C., Taurines, R., & Thome, J. (2011). Digit Ratio (2D:4D), salivary testosterone and handedness. *Laterality*, 16, 136-155.
- Beattie, S., Hardy, L., Savage, J., Woodman, T., & Callow, N. (2011). Development and validation of a trait robustness of self-confidence. *Psychology of Sport and Exercises*, 12, 184-191.
- Benderlioglu, Z., & Nelson, R. J. (2004). Digit length ratios predict relative aggression in women, but not in men. *Hormones and Behavior*, 46, 558-564.
- * Bennett, M., Manning, J. T., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2010). Digit ratio (2D:4D) and performance in elite rugby players. *Journal of Sports Sciences*, 28, 1415-1421.
- * Bescos, R., Esteve, M., Porta, J., Mateu, M., Irurtia, A., & Voracek, M. (2010). Prenatal programming of sporting success: Associations of digit ratio (2D:4D), a putative marker for prenatal androgen action, with world rankings in female fencers. *Journal of Sports Sciences*, 27, 625-632.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009).

Introduction to meta-analysis. Chichester, West Sussex: Wiley.

British Psychological Society (BPS) (2010, December 2). Finger length predicts mental toughness in sport. *ScienceDaily*. Retrieved October 26, 2011, from <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/12/101202124846.htm>

Bohannon, R. W. (2003). Grip strength: A summary of studies comparing dominant and nondominant limb measurements. *Perceptual and Motor Skills*, 96, 728-730.

* Butovskaya, M. L., Veselovskaya, E. V., & Prudnikova, A. V. (2011). Models of man's biosocial adaptation of an industrial society. *Archaeology Ethnology & Anthropology of Eurasia*, 38, 143-154.

Carroll, S. B. (1995). Homeotic genes and the evolution of arthropods and chordates. *Nature*, 367, 479-485.

Clough, P., Earle, K., & Sewell, D. (2002). Mental toughness: The concept and its measurement. In I. Cockerill (Ed.), *Solutions in sport psychology* (pp. 32-45). London: Thomson.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioural sciences* (2nd ed.). New York: Academic Press.

Comprehensive Meta-Analysis (Version 2) [Computer Software]. Englewood, NJ: Biostat.

Cooper, H. M., Hedges, L. V., & Valentine, J. C. (Eds.) (2009). *The handbook of research synthesis and meta-analysis*. New York: Russell Sage.

Costilli, D. L, Maglischo, E. W., & Richardson, A. B. (Eds.) (1992). *Handbook of Sports Medicine and Science: Swimming*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

DeBruine, L. M. (2006). AutoMetric (Version 2.2 for Windows XP) [Software]. Retrieved from <http://www.facelab.org/debruine/Programs/autometric>

Digit ratio (2011, October 24). *Wikipedia*. Retrieved October 26, 2011, from http://en.wikipedia.org/wiki/Digit_ratio.

- De Mello Vitor, F., & Böhme, M. T. S. (2010). Performance of young male swimmers in the 100 meters front crawl. *Pediatric Exercise Science*, 22, 278-287.
- Dressler, S., & Voracek, M. (2011). No association between two candidate makers of prenatal sex hormones: digit ratio (2D:4D and other) and finger-ridge counts. *Developmental Psychobiology*, 53, 69-78.
- Ecker, A. (1857). Einige Bemerkungen über einen schwankenden Charakter in der Hand des Menschen. *Archiv für Anthropologie*, 8, 67-75.
- Finger length gives sports clue (2006, September 27). *BBC News*. Retrieved October 26, 2011, from <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/5382814.stm>.
- * Fink, B., Manning, J. T., Neave, N., & Tan, U. (2004). Second to fourth digit ratio and hand skill in Austrian children. *Biological Psychology*, 67, 375-384.
- Fink, B., Neave, N., & Manning, J.T. (2003). Second to fourth digit ratio, body mass index, waist-to-hip ratio, and waist-to-chest ratio: Their relationships in heterosexual men and women. *Annals of Human Biology*, 30, 728-738.
- * Freeman, L.M., Nevins, N., & Pearson, N. (2004). Does 2D:4D correlate with athleticism in women? *Hormones and Behavior*, 46, 88.
- * Gallup, A.C., White, D.D., & Gallup, G.G. (2007). Handgrip strength predicts sexual behavior, body morphology and aggression in male college students. *Evolution and Human Behavior*, 27, 423-429.
- Garn, S. M., Burdi, A. R., Babler, W. J., & Stinson, S. (1975). Early prenatal attainment of adult metacarpal-phalangeal rankings and proportions. *American Journal of Physical Anthropology*, 43, 327-332.
- Geladas, N. D., Nassis, G. P., & Pavlicevic, S. (2005). Somatic and physical traits affecting sprint swimming performance in young swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 139-144.
- * Golby, J., & Meggs, J. (2011). Exploring the organizational effect of prenatal testosterone upon the sporting brain. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 445-451.

- Hampson, E., Ellis, C. L., & Tenk, C. M. (2008). On the relation between 2D:4D and sex-dimorphic personality traits. *Archives of Sexual Behavior*, 37, 133-144.
- Hönekopp, J., Bartholdt, L., Beier, L., & Liebert, A. (2007). Second to fourth digit length ratio (2D:4D) and adult sex hormone levels: New data and a meta-analytic review. *Psychoneuroendocrinology*, 32, 313-321.
- * Hönekopp, J., Manning, J. T., & Müller, C. (2006). Digit ratio (2D:4D) and physical fitness in females and males: Evidence for effects of prenatal androgens on sexually selected traits. *Hormones and Behavior*, 49, 545-549.
- Hönekopp, J., & Schuster, M. (2010). A meta-analysis on 2D:4D and athletic prowess: Substantial relationship but neither hand out-predicts the other. *Personality and Individual Differences*, 48, 4-10.
- Hönekopp, J., & Watson, S. (2010). A Meta-Analysis of Digit Ratio (2D:4D) shows greater sex difference in the right hand. *American Journal of Human Biology*, 22, 619-630.
- Huh, H. R. (in press). Digit ratios and preferences for aggressive content in entertainment. *Personality and Individual Differences*.
- Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Lätt, E., Purge, P., Leppik, A., & Jürimäe, T. (2007). Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 19, 70-81.
- Kemper, C., & Schwerdtfeger, A. (2009). Comparing indirect methods of digit ratio (2D:4D) measurement. *American Journal of Human Biology*, 21, 188-191.
- * Kilduff, L. P., Cook, C. J., & Manning, J. T. (in press). Digit ratio (2D:4D) and performance in male surfers. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
- * Kim, W., Cho, H. I., Kim, K. C., So, Y. H., & Oh, J. G. (2011). Relationship between digit ratio (2D:4D), ACE gene polymorphism, and physical performance in the Korean population. *Gene & Genomics*, 33, 407-412.
- Kondo, T., Zakany, J., Innis, J., & Duboule, D. (1997). Of fingers, toes and penises. *Nature*, 390, 29.

- * Latourelle, S. M., Elwess, N. L., & Ellwess, J. M. (2008). Finger forecasting: A pointer to athletic prowess in women – a preliminary investigation by an undergraduate biology class. *American Biology Teacher*, 70, 411-414.
 - * Longman, D., Stock, J. T., & Wells, J. C. K. (in press). Digit ratio (2D:4D) and rowing ergometer performance in males and females. *American Journal for Physical Anthropology*.
- Lutchmaya, S., Baron-Cohen, S., Raggatt, P., Knickmeyer, R., & Manning, J. T., (2004). 2nd to 4th digit ratios, fetal testosterone and estradiol. *Early Human Development*, 77, 23-28.
- Malas, M. A., Dogan, S., Evcil, E. H., & Desdicioglu, K. (2006). Fetal development of the hand, digits and digit ratio (2D:4D). *Early Human Development*, 82, 469-475.
- * Manning, J.T. (2002a). *Digit ratio: A pointer to fertility, behavior, and health*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
 - * Manning, J. T. (2002b). The ratio of 2nd and 4th digit length and performance in skiing. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42, 446-450.
- Manning, J. T. (2008). *The finger book: Sex, behaviour and disease revealed in the fingers*. London: Faber & Faber.
- Manning, J. T., Barley, L., Walton, J., Lewis-Jones, D. I., Trivers, R. L., Singh, D., Thornhill, R., . . . Szwed, A. (2000). The 2nd:4th digit ratio, sexual dimorphism, population differences, and reproductive success: Evidence for sexually agnostic genes? *Evolution and Human Behavior*, 21, 163-183.
- * Manning, J. T., Bundred, P. E., & Taylor, R. (2003). The ratio of the 2nd to 4th digit length: a prenatal correlate of ability in sport. In T. Reilly & M. Marfell-Jones (Eds.), *Kinanthropometry VIII: Proceedings of the 12th Commonwealth International Sport Conference* (pp. 165-174). London: Routledge.
 - * Manning, J. T., & Hill, M. R. (2009). Digit ratio (2D:4D) and sprinting speed in boys. *American Journal of Human Biology*, 21, 210-213.
 - * Manning, J. T., Morris, L., & Caswell, N. (2007). Endurance running and digit ratio

(2D:4D): Implication for fetal testosterone effects on running speed and vascular health. *American Journal of Human Biology*, 19, 416-421.

Manning, J. T., & Pickup, L. J. (1998). Symmetry and performance in middle-distance runners. *International Journal of Sports*, 19, 205-209.

Manning, J.T., Scutt, D., Wilson, J., & Lewis-Jones, D. I. (1998). The ratio of 2nd to 4th digit length: A predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Human Reproduction*, 13, 3000-3004.

Manning, J. T., Steward, A., Bundred, P. E., & Trivers, R. L. (2004). Sex and ethnic differences in 2nd to 4th digit ratio of children. *Early Human Development*, 80, 161-168.

* Manning, J. T., & Taylor, R. P. (2001). Second and fourth digit ratio and male ability in sport: Implications for sexual selection in humans. *Evolution and Human Behavior*, 22, 61-69.

Manning, J. T., Trivers, R. L., Thornhill, R., & Singh, D. (2000). 2nd to 4th digit ratio and left lateralised hand preference in Jamaican children. *L laterality*, 5, 121-132.

McIntyre, M. H. (2006). The use of digit ratios as markers for perinatal androgen action. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 4, 10.

McIntyre, M. H., Barrett, E. S., McDermott, R., Johnson, D. D. P., Cowden, J., & Rosen, S. P. (2007). Finger length ratio (2D:4D) and sex differences in aggression during a simulated war game. *Personality and Individual Differences*, 42, 755-764.

McIntyre, M. H., Ellison, P. T., Lieberman, D. E., Demerath, E., & Towne, B. (2005). The development of sex differences in digital formula from infancy in the Fels Longitudinal Study. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, 272, 1473-1479.

Myers, R. (1990). *Classical and modern regression with applications* (2nd ed.). Boston, MA: Duxbury.

Peters, M., Tan, U., Kang, Y., Teixeira, L., & Mandal, M. (2002). Sex-specific

finger-length patterns linked to behavioral variables: Consistency across various human populations. *Perceptual and Motor Skills*, 94, 171-181.

- * Paul, S. N., Kato, B. S., Hunkin, J. L., Vivekanandan, S., & Spector, T. D. (2006). The big finger: The second to the fourth digit ratio is a predictor of sporting ability in women. *British Journal of Sport Medicine*, 40, 981-983.
- * Pokrywka, L., Rachon, D., Suchecka-Rachon, K., & Bitel, L. (2005). The second to fourth digit ratio in elite and non-elite female athletes. *American Journal of Human Biology*, 17, 796-800.
- Puts, D. A., McDaniel, M. A., Jordan, C. L., & Breedlove, S. M. (2008). Spatial ability and prenatal androgens: Meta-analyses of congenital adrenal hyperplasia and digit ratio (2D:4D) studies. *Archives of Sexual Behavior*, 37, 100-111.
- Putz, D. A., Gaulin, S. C. S., Sporter, R. J., & McBurney, D. H. (2004). Sex hormones and finger length: What does 2D:4D indicate? *Evolution and Human Behavior*, 37, 100-111.
- Saavedra, J. M., Escalante, Y., & Rodriguez, F. A. (2010). A multivariate analysis of performance in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 22, 135-151.
- Segen, J. D. (1992). *The modern dictionary of medicine*. Park Ridge, NJ: Parthenon.
- Sheard, M., Golby, J., & van Wersch, A. (2009). Progress toward construct validation of the Sport Mental Toughness Questionnaire (SMTQ). *European Journal of Psychological Assessment*, 25, 186-193.
- * Shin, A. Y., Lee, Y. S., & Chae, J. H. (2010). A relationship between 2nd and 4th digit length ratio and aggression related-sport entries in female athletics of Korean national teams. *Korean Journal of Biological Psychiatry*, 17, 37-43.
- * Tamiya, R., Lee S. Y., & Othake, F. (in press). Second to fourth digit ratio and the sporting success of sumo wrestlers. *Evolution and Human Behavior*.
- * Tester, N., & Campbell, A. (2007). Sporting achievement: What is the contribution of digit ratio? *Journal of Personality*, 75, 663-678.

- * Thompson, J.M. (2006). *Finger length linked to female athletic ability*. Unpublished Manuscript.
- * Tlauka, M., Williams, J., & Williamson, P. (2008). Spatial ability in secondary school students: Intra-sex differences based on self-selection for physical education. *British Journal of Psychology*, 99, 427-440.
- * van Anders, S.M. (2007). Grip strength and digit ratio are not correlated in women. *American Journal of Human Biology*, 19, 437-439.
- Voracek, M. (2011). Special Issue preamble: Digit ratio (2D:4D) and individual differences research. *Personality and Individual Differences*, 51, 367-370.
- Voracek, M., Manning, J. T., & Dressler, S. (2007). Repeatability and interobserver error of digit ratio (2D:4D) measurements made by experts. *American Journal of Human Biology*, 19, 142-146.
- Voracek, M., & Loibl, M. (2009). Scientometric analysis and bibliography of digit ratio (2D:4D) research, 1998-2008. *Psychological Reports*, 104, 922-956.
- Voracek, M., & Manning, J. T. (2003). Length of the fingers and penis are related through fetal *Hox* gene expression. *Urology*, 62, 201.
- Voracek, M., Manning, J. T., & Ponocny, I. (2005). Digit ratio (2D:4D) in homosexual and heterosexual men from Austria. *Archives of Sexual Behavior*, 34, 335-340.
- * Voracek, M., Reimer, B., Ertel, C., & Dressler, S. G. (2006). Digit ratio (2D:4D), lateral preferences, and performance in fencing. *Perceptual and Motor Skills*, 103, 427-446.
- * Voracek, M., Reimer, B., & Dressler, S. (2010). Digit ratio (2D:4D) predicts sporting success among female fencers independent from physical, experience, and personality factors. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20, 853-860.
- Wilson, G. D. (1983). Finger-length as an index of assertiveness in women. *Personality and Individual Differences*, 4, 111-112.
- Zampani, M. L., Casino, D., Benelli, P., Visani, A., Marcacci, M., & De Vito, G.

(2008). Anthropometric and strength variables to predict freestyle performance times in elite master swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 1298-1307.

Curriculum Vitae

Persönliche Angaben:

Name: Else Johanna Schneider
Geburtstag: 20.03.1985
Geburtsort: München, Deutschland
Nationalität: Deutsch
Familienstand: ledig

Ausbildung:

Seit 10/2008 **Universität Wien**
 Studium der Mathematik

Seit 10/2005 **Universität Wien**
 Studium der Psychologie
 (Vordiplom 2008)

09/2004 – 12/2004 **Oxford Brookes University**
 English for University Studies

09/1995 – 06/2004 **Wittelsbacher Gymnasium**
 München, Deutschland

Berufliche Erfahrung:

08/2010 – 09/2010 **Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften** (Praktikum), Leipzig
 Bereich „Kognitive Neurologie“

 Mitarbeit an systematischem Review und *Anatomical Likelihood Estimation* (ALE) Meta-Analyse über Alzheimer

und Frontotemporal lobäre Degeneration

- 02/2010 **Bartenbach LichtLabor** (Praktikum)
 Innsbruck
 Bereich Forschung - Wahrnehmungspsychologie
- 09/2009 – 10/2009 **Klinikum rechts der Isar** (Praktikum)
 Klinik und Poliklinik für Psychosomatische Medizin und
 Psychotherapie
 München
- 09/2008 – 08/2010 **Schmiedl Marktforschung GmbH**
 München
- 03/2005 – 06/2005 **Allgemeine Kapital Fiduz GmbH&Co.KG** (Praktikum)
 München

Eidesstattliche Erklärung

Ich bestätige, dass ich die vorliegende Diplomarbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen angefertigt habe und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüfungsbehörde vorlag. Alle Ausführungen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

Wien, im November 2011

Else Schneider