

# Inhalt

Abkürzungsverzeichnis .....	6
Abbildungsverzeichnis .....	7
Tabellenverzeichnis .....	9
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>11</b>
<b>2 Erkenntnisstand aus der Fachliteratur</b> .....	<b>14</b>
2.1 Untersuchungen zum Zusammenhang von Knochendichte und sportlicher Betätigung .....	14
2.2 Erkenntnisstand zum Zusammenhang von Laufumfang und Knochendichte ....	18
2.3 Adaptationen ausgewählter physiologischer Parameter an körperliche Aktivitäten .....	21
2.3.1 Auswirkungen körperlicher/sportlicher Aktivität auf die Geschlechtshormonkonzentration .....	21
2.3.1.1 Östrogenkonzentration und Knochenstoffwechsel .....	21
2.3.1.2 Testosteronkonzentration und Knochenstoffwechsel .....	25
2.3.2 Vitamin-D-Stoffwechsel .....	31
2.3.3 Verhalten von Schilddrüsenhormonen unter körperlicher Aktivität .....	33
2.4 Psychische Anpassungserscheinungen an Ausdauerbelastung .....	36
<b>3 Wissenschaftliche Fragestellungen</b> .....	<b>39</b>
<b>4 Untersuchte Parameter und angewandte Verfahren</b> .....	<b>41</b>
4.1 Zusammensetzung der Probandengruppen .....	41
4.2 Untersuchungsablauf .....	41
4.2.1 Anthropometrische Verfahren .....	42
4.2.2 Berücksichtigung vorhandener Befunde .....	42
4.2.3 Beratungsgespräch .....	44
4.2.4 Fragebogen .....	44
4.2.5 Tests zur Erfassung der isometrischen Muskelkraft .....	44
4.2.6 Fahrrad-Ergometertest und Ermittlung der PWC 130 .....	46
4.2.7 Trainingsdokumentation .....	47
4.2.8 Röntgenologische Verfahren .....	47
4.2.9 Dual-Energy-Absorptiometry .....	48
4.2.10 Knochendichtemessung an der Lendenwirbelsäule .....	49

4.2.11	Proximaler Femur-Scan .....	50
4.2.12	Ultraschallmessung der Ferse.....	51
4.2.13	Referenzwerte.....	52
4.2.14	Testlaufbegleitende Laboruntersuchungen.....	53
4.2.15	Psychologische Parameter .....	53
4.3	Statistische Auswertung .....	55
4.3.1	Beschreibende Statistik .....	55
4.3.2	Schließende Statistik .....	55
<b>5</b>	<b>Darstellung der Ergebnisse .....</b>	<b>57</b>
5.1	Anthropometrische und leistungsphysiologische Daten .....	57
5.1.1	Gemessene anthropometrische und leistungsphysiologische Werte .....	57
5.1.2	Ausdauerleistungsfähigkeit und Erholung .....	61
5.2	Ermittelte Knochenparameter der Läufer- und Kontrollgruppe .....	62
5.2.1	Ergebnisse der Knochendichtemessung .....	62
5.2.2	Abhängigkeit der Knochendichte vom Körpermasse-Index .....	64
5.3	Laborparameter bei Laufbelastungen .....	66
5.3.1	Laufabhängige Änderung der Testosteronkonzentration .....	66
5.3.2	Laufabhängige Änderung des Vitamin D-Spiegels .....	67
5.3.3	Auswirkung des Laufens auf die Desoxypyridinolin- und Pyridinolin-Konzentration .....	68
5.3.4	Ergebnisse weiterer untersuchungsrelevanter Laborparameter der Läufergruppe .....	70
5.4	Sense of Coherence – Auswertung der psychischen Faktoren .....	73
<b>6</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse .....</b>	<b>76</b>
6.1	Zustand der Knochendichte .....	76
6.1.1	Einfluss des Laufens auf die Knochendichte.....	76
6.1.2	Verhältnis der Knochendichte zu Laufumfang und BMI .....	79
6.2	Laufbedingte hormonelle Veränderungen .....	81
6.3	Auswirkung der Laufbelastung auf die Vitamin-D- und Kalzium-Spiegel.....	84
6.4	Auswirkung der Ausdauerbelastung auf die psychische Gesundheit.....	87
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>89</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>93</b>
<b>9</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>103</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abb.1:	Chemische Struktur einiger Sexualhormone .....	21
Abb. 2:	Vitamin D-Stoffwechsel (nach Henry und Norman, 1992).....	31
Abb. 3:	Einfluss von Ausdauersport auf das Immunsystem und die Psyche (nach Uhlenbruck, Ledvina, 1997).....	37
Abb. 4:	Kraft-Trainings- und Testgerät.....	45
Abb. 5:	Protokoll der DXA Aufnahme eines Probanden .....	49
Abb. 6:	DXA - Aufnahme eines Probanden (mit Referenzwerten) proximaler Femur - Scan .....	50
Abb. 7:	Messprotokoll und Ergebnisübersicht der Ultraschallmessung an der Ferse .....	51
Abb. 8:	Body-Mass-Index (BMI) der Läufer und Kontrollpersonen .....	58
Abb. 9:	Knochendichte in der LWS der Läufer in Abhängigkeit von der Kraft der Bauchmuskulatur .....	60
Abb. 10:	Ruhepuls (A), Belastungspuls (B) und Puls 3 Minuten nach Belastungsende (C) (Fahrradergometer-test) .....	61
Abb. 11:	Knochendichte bei Läufern und Kontrollpersonen (LWS und OS) .....	62
Abb. 12:	Knochendichte bei Läufern und Kontrollpersonen (Ferse) .....	62
Abb. 13:	Knochendichte des OS von Läufern und Kontrollpersonen (Trendlinie Läufer; Trendlinie Kontrollgruppe).....	63
Abb. 14:	Knochendichte der LWS von Läufern und Kontrollpersonen (Trendlinie Läufer; Trendlinie Kontrollgruppe).....	63
Abb. 15:	Altersbezogene Knochendichte der Ferse bei Langstreckenläufern (n = 18).....	64
Abb. 16:	Knochendichte LWS und OS in Beziehung zum Body-Mass-Index (Läufergruppe) .....	65
Abb. 17:	Knochendichte der Ferse in Beziehung zum Body-Mass-Index (Läufergruppe) ..	65
Abb. 18:	Testosteronkonzentration vor, nach und 12 h nach Testlauf .....	66
Abb. 19:	Konzentration verschiedener Vitamin-D-Formen vor, nach und 12 h nach dem Marathon-Testlauf .....	68

Abb. 20:	Desoxypyridinolinkonzentration im Urin (Läufer n = 25) (Normbereich: 16-52 $\mu$ g/g Kreatinin) .....	6
Abb. 21:	Serum-Alkalische Phosphatase zu den unterschiedlichen Abnahmezeitpunkten..	7
Abb. 22:	Harnstoff zu den unterschiedlichen Abnahmezeitpunkten.....	7
Abb. 23:	Serum-Kreatinin zu den unterschiedlichen Abnahmezeitpunkten .....	7
Abb. 24:	Serum-Kalzium zu den unterschiedlichen Abnahmezeitpunkten.....	7
Abb. 25:	Sence of Coherence in den unterschiedlichen Altersgruppen .....	7
Abb. 26:	Parameter Befindlichkeit (SOC) in unterschiedlichen Altersgruppen .....	7
Abb. 27:	Parameter Depression (SOC) in unterschiedlichen Altersgruppen .....	7

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Folgen der Menopause auf die Hormonproduktion .....	22
Tab. 2:	Senkung des Testosteronspiegels (nmol/l) nach Marathonlauf 1989 bei männlichen Probanden (nach Scheibe und Keil, 1989; unveröffentlicht) .....	28
Tab. 3:	Testosteronspiegel nach Marathonlauf 1978 (nach Scheibe, Keil, 1978; unveröffentlicht).....	29
Tab. 4:	Konzentrationsverhalten verschiedener Hormone nach Ausdauerbelastung (nach Scheibe und Keil, 1986; unveröffentlicht) .....	29
Tab. 5:	Zusammenwirken von Vitamin D, Parathormon und Kalzitinin im Kalzium- und Phosphatstoffwechsel (nach Kemmler, 1996).....	34
Tab. 6:	Überblick über Untersuchungsbereiche, Operationalisierung und gewählte Messinstrumente .....	43
Tab. 7:	Referenzbereiche der Fahrradergometerbelastung nach Leistungsstand (in Anlehnung an Bös/Brehm, 1998).....	46
Tab. 8:	Verfahren der Knochendensitometrie (nach Pollähne, 1997) .....	48
Tab. 9:	Bestimmungsmethoden für die gesuchten Parameter (nach Bichler, 1993).....	53
Tab. 10:	Zuordnung von Läufern zu Kontrollpersonen nach Alter .....	54
Tab. 11:	Festgelegte Signifikanzschranken mit verbaler Bedeutung, Abkürzung und graphischer Symbolisierung .....	56
Tab. 12:	Zusammensetzung der Altersgruppen (Probanden nach Geburtsjahren) .....	57
Tab. 13:	Anatomische Werte der Läufer- und Kontrollgruppe.....	58
Tab. 14:	Leistungsphysiologische Daten der Läufergruppe .....	59
Tab. 15:	Ruhepuls, Puls am Belastungsende und 3 Minuten nach Fahrradergometertest ...	61
Tab. 16:	Knochendichtewerte der Lendenwirbelsäule und des Oberschenkels bei Langstreckenläufer/innen und Kontrollpersonen.....	62
Tab. 17:	Statistische Aufbereitung des Body-Mass-Index und der Knochendichte der männlichen Läuferprobanden mit einem BMI > 24 .....	65
Tab. 18:	Statistische Aufbereitung der Testosteronwerte in $\mu\text{g/l}$ der männlichen Probanden ( $n = 18$ ) zu den verschiedenen Blutabnahmezeiten .....	66

Tab. 19:	Vitamin D vor (A), unmittelbar (B) und 12 Stunden (C) nach dem Marathon-Testlauf.....	6
Tab. 20:	Desoxypyridinolin- und Pyridinolin-Konzentration der Läufer.....	6
Tab. 21:	Labordaten der Läufergruppe zu den verschiedenen Abnahmezeitpunkten.....	7
Tab. 22:	Verausgabebereitschaft, Depression und Befindlichkeit bei Läufern und Kontrollgruppe (hohe Werte entsprechen hoher Ausprägung im Konstrukt).....	7
Tab. 23:	Einordnung der Läufergruppe in den Sense of Coherence für unterschiedliche Untersuchungskollektive .....	7