

Skript:
Physiologische und medizinische Aspekte
des Trainings und der Trainingstherapie

Dozent: Dr. med. Rüdiger Reer

Fachbereich Sportwissenschaft
Forschungsbereich Sport- und Bewegungsmedizin

Mollerstrasse 10
20148 Hamburg-Rotherbaum
Tel.: (040) 42838-6339
Fax: (040) 42838-2646

**Institut
für
Sport-
und
Bewegungsmedizin
Universität Hamburg**



Literaturliste:

1. Badtke G: Sportmedizinische Grundlagen. Harri Deutsch Verlag
2. Clasing D: Doping. Gustav Fischer Verlag
3. De Mares H: Sportphysiologie. Diesterweg
4. Hollmann W, Hettinger Th: Sportmedizin; Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Schattauer Verlag
5. Hüllemann K.-D.: Sportmedizin. Thieme Verlag
6. Mellerowicz H, Meller W: Training. Springer Verlag
7. Stegemann J: Leistungsphysiologie. Thieme Verlag
8. Strauzenberg S.-E., Gürtler H., Hannemann D, Tittel K: Sportmedizin. J.A. Barth Verlag
9. Weineck J: Optimales Training. Perimed Verlag
10. Weineck J: Sportbiologie. Perimed Verlag

Literatursuche:

1. Medline (Zentralbibliothek, Medizinische Bibliothek): Kostenlos (über das Internet)
2. DIMDI (Zentralbibliothek, Medizinische Bibliothek): Gegen Entgelt

I. Biologische Grundlagen

1. Muskel:

- Elektromechanische Kopplung:
Elektrischer Impuls → Motorische Endplatte → Freisetzung von Acetylcholin → Freisetzung von Kalzium
- Kontraktionsvorgang:
 - Myosinköpfe binden sich im Bereich des Troponinkomplexes an die Aktinfilamente
 - Aktinfilamente werden durch Kippbewegung im Halsbereich des Myosins um einige Nanometer in Richtung Sarkomer-Mitte gezogen → Ruderbewegung
 - Notwendig: Kalzium, Magnesium, ATP
- Muskeltypen:

Eigenschaft	Rote Muskeln (Slow Twitch Fasern)	Weißer Muskeln (Fast Twitch Fasern)
Zuckungs- geschwindigkeit	langsam zuckend	schnell zuckend
Energiegewinnungsform	<u>Aerob:</u> Reich an Mitochondrien und Enzymen des aeroben Stoffwechsels	<u>Anaerob:</u> Reich an energiereichen Phosphaten und Glykogen
Kapillardichte	hoch	niedrig
Impulsmuster der Nerven	kontinuierlich	diskontinuierlich
Trainierbarkeit	hoch	niedrig (angeboren!)
Ausdauertraining	ja	nein

Krafttraining	nein	ja
Intervalltraining	nein	ja

2. Energiebereitstellung:

- Energieträger für die Muskelzelle:
 - Kohlehydrate: 2 Drittel
 - Fette: 1 Drittel
 - Eiweiße: Wichtige Rolle für Baustoffwechsel, nicht für Energiestoffwechsel (ca. 5% an Gesamtenergie)
- Energiebereitstellungsmechanismen:

	Vorteile	Nachteile
anaerob-alkalotazid (ATP, KP)	sehr hohe Energieausbeute pro Zeiteinheit	reicht nur für 10 bis max. 20 sec.
anaerob-laktazid (Laktatbildung!)	hohe Energieausbeute pro Zeiteinheit	Übersäuerung durch Laktatbildung, sehr unökonomisch (pro 1 mol Glukose nur 2 mol ATP)
aerob (Glukose, Fette)	keine Übersäuerung durch Laktatbildung, sehr ökonomisch (pro 1 mol Glukose 36 mol ATP)	geringe Energieausbeute pro Zeiteinheit

3. Brennwerte:

3.1. Brennwert pro Gewichtseinheit:

- Fette: 9,3 kcal/g
- Kohlehydrate: 4,1 kcal/g
- Eiweiß: 4,1 kcal/g

3.2. Brennwert pro Liter Sauerstoff:

- Fette: 4,5 kcal = 5,7 ATP
- Kohlehydrate: 5,1 kcal = 6,34 ATP
- Eiweiß: 4,7 kcal = 5,94 ATP

Energiemehrgewinn durch Glukose im Vergleich zu Fett: 13% !

4. Herz-Kreislauf-System und körperliches Training:

4.1. Die chronische Wirkung von körperlichem Training (Ausdauertraining) auf das Herz-Kreislauf-System:

- Herzminutenvolumen = (Schlagvolumen x Herzfrequenz) erhöht
- Hypertrophie des Herzens, Dilatation (Erweiterung) der Herzhöhlen
- Erhöhung des Schlagvolumens

- Dadurch bessere Ökonomisierung (Energieeinsparung)
- Querschnittszunahme der Koronararterien, verstärkte Ausbildung der Kapillaren

4.2. Die chronische Wirkung von körperlichem Training (Ausdauertraining) auf die Herzfrequenz:

- Ungefähr gleiche maximale Herzfrequenz
 - a) Laufen: 220 / min minus Lebensalter
 - b) Radfahren: 200 / min minus Lebensalter
- Senkung der Ruheherzfrequenz
- Senkung der Herzfrequenz bei gleicher Belastung
- Senkung der Herzfrequenz in der Erholungsphase (z.B. 3 bzw. 5 Minuten nach Belastungsende)

5. Atmungssystem und körperliches Training:

- 5.1. Aufgaben der Nase:**
- Anfeuchtung
 - Erwärmung
 - Reinigung

5.2. Die chronische Wirkung von körperlichem Training (Ausdauertraining) auf die Atmung:

- Steigerung des Atemminutenvolumens: Ökonomisierung (mehr durch Zunahme des Atemzugvolumens als der Atemfrequenz)
- Auf gleichen Belastungsstufen:
 - Verringerung des Atemminutenvolumens (AMV)
 - Verringerung des Atemäquivalents = AMV / Sauerstoffaufnahme
- Schnellere Normalisierung der Atmung nach körperlicher Belastung
- Hypertrophie der Atemmuskulatur:
 - Geringere Inzidenz von Seitenstechen (= Mangelhafte Sauerstoffversorgung des Zwerchfells)

II. Ausdauertraining

1. Definition Ausdauer:

Psycho-physische Ermüdungswiderstandsfähigkeit
--

2. Arten der Ausdauer:

- Allgemeine Ausdauer: > 1/6 der gesamten Skelettmuskulatur → Erhöhte Kapazität des Herz-Kreislauf-Systems
- Lokale Ausdauer: < 1/6 der gesamten Skelettmuskulatur → Bestimmt durch die spezielle Kraft, anaerobe Kapazität und Qualität der disziplinspezifischen neuromuskulären Koordination
- Kurzzeitausdauer (KZA)
 - 45 s bis 2 min
 - Anaerobe Energiebereitstellung

- Mittelzeitausdauer (MZA)
 - 2 min bis 8 min
 - Zunehmend aerobe Energiebereitstellung
- Langzeitausdauer (LZA)
 - > 8 min
 - Fast ausschließlich aerobe Energiebereitstellung
 - LZA I: 8-30 min → Überwiegend Glukose-Metabolismus
 - LZA II: 30-90 min → Zeitabhängiges dynamisches Mischungsverhältnis von Glukose- und Fettstoffwechsel
 - LZA III: > 90 min → Fettstoffwechsel als Hauptenergieträger
- Dynamische Ausdauer
- Statische Ausdauer:

Krafteinsatz in Prozent der maximalen isometrischen Stärke (MIS):

 - < 15%: Aerobe Energiebereitstellung
 - 15-50%: Zunehmende Einschränkung der Muskeldurchblutung → aerob-anaerobes Mischungsverhältnis
 - > 50%: Rein anaerobe Energiebereitstellung
- Grundlagenausdauer: Allgemeine aerobe dynamische Muskelausdauer = die "eigentliche" Ausdauer
- Lokale aerobe dynamische Muskelausdauer:

Prozentual die am stärksten trainierbare motorische Beanspruchungsform (Verbesserung bis zu mehreren tausend Prozent möglich)

3. Bedeutung der Ausdauer:

- Effektivität des Training / Länge der möglichen Übungszeit
- Schnellere Elimination der Stoffwechselzwischen- und -endprodukte
- Vegetativum: Schnellere Umstellung von einer sympathikotonen Leistungssituation auf eine vagotone, die Erholungsvorgänge unterstützende Gesamtstoffwechselsituation
- Präventive Wirkung im Bereich des Herz-Kreislauf- und Bewegungsmangelkrankheiten

4. Anatomisch-physiologische Grundlagen:

- Enger Zusammenhang zwischen prozentualem Anteil der ST-Fasern und der maximalen Sauerstoffaufnahme (Bruttokriterium der aeroben Kapazität)
 - Muskelanspannungen < 25% der MIS: ST-Fasern
 - Muskelanspannungen > 25% der MIS: FT-Fasern
 - Intensität < 90% VO_2 max: ST-Fasern depletieren zuerst, > 90%: FT-Fasern depletieren zuerst
- Stufen des biomechanischen Adaptationsprozesses:
 1. Konzentrationszunahme der Energiequellen (Superkompensation):

Nach vollständiger Glykogenentleerung dauert es 46 Stunden bis zum Erreichen des Energieniveaus
 2. Verstärkung der Enzymaktivitäten:
 - Vorwiegend aerobes Training erhöht vor allem die aerobe (Enzyme des Zitratzyklus und der Atmungskette), vorwiegend anaerobes Training die anaerobe Enzymkapazität
 - Zunahme und Vergrößerung der Mitochondrien auf das 2-3fache

3. Vervollkommnung der Regulationsmechanismen:
Verbesserung hormonaler Steuerungsvorgänge

- Modell zur Anpassung an aerobes Ausdauertraining:
 1. Überschwellige ausdauerbetonte Muskelbeanspruchung →
 2. Stärkere ATP-Beanspruchung als mitochondrial restituierbar →
 3. Aktivierung des genetischen Zellapparates →
 4. DNS- und RNS-Vermehrung mit nachfolgender Aktivierung der ribosomalen Synthese von mitochondrialen Proteinen →
 5. Mitochondrienvergrößerung und -vermehrung, verbesserte Infrastruktur → erhöhte aerobe Stoffwechsellkapazität → relative Verminderung des ATP-Abbaus bei gegebenem Reiz →
 6. Ausdaueradaptierte Muskelzelle
- Maximale Sauerstoffaufnahme ($VO_2 \text{ max}$):
- Bruttokriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit
 - Normwerte:
 - Internationale Klasse. > 70 ml/kg/min
 - Untrainierte Normalperson zwischen 25. und 30. Lebensjahr: 45 ml/min/kg
 - Wichtige Komponenten, die die $VO_2 \text{ max}$ vergrößern:
 - Kapillare Durchblutung ↑
 - Konzentration an Erythrozyten und Hämoglobin ↑
 - Sporthertz: Vergrößerung der Herzhöhlen (Dilatation) und Dickenzunahme (Hypertrophie) der Herzwände → Schlagvolumen ↑
 - Respiratorische Parameter: Unter normalen Umständen nicht leistungsbegrenzend

5. Methoden und Inhalte:

• **Dauermethode:**

Intensität	Belastungsdichte	Belastungsumfang	Belastungsdauer
60-80% der Bestleistung	Üben ohne Pause	Sehr groß	Sehr lang

Trainingseffekt:

- Grundlagenausdauer
- Aerobe Schwelle: Fettstoffwechseltraining
- Anaerobe Schwelle: Kohlenhydratstoffwechsel

• **Intervallmethode:**

Intensität	Belastungs-dichte	Belastungs-umfang	Belastungs-dauer
60-80% der Bestleistung [extensiv]	Lohnende Pause, Serienpause: 3-10 min	Hoch (12-40 Wiederholungen)	Mittel
80-90% der Bestleistung [intensiv]	Lohnende Pause, Serienpause: 5-10 min	Mittel: max. 10-12 Wiederholungen	Meist 15-60 s, aber auch 1-8 min bzw. 8-15 min

Trainingseffekt:

- extensiv: Grundlagenausdauer
- intensiv: Spezielles Stehvermögen
Schnelligkeitsausdauer

- **Wiederholungsmethode:**

Intensität	Belastungsdichte	Belastungsumfang	Belastungsdauer
90-100% der Bestleistung	4-30 min	1-6 Läufe; Pause: <i>Vollständige</i> Erholung	Je nach Streckenlänge

Trainingseffekt (je nach Streckenlänge):

- Steigerung der aeroben Kapazität
- Verbesserung des spezifischen Stehvermögens
- Steigerung der anaeroben Kapazität

- **Wettkampfmethode:**

- Wettkampfblock
- Over/under distance running
- Erhöhte Superkompensation

III. Krafttraining

I. Arten der Kraft:

1. Maximalkraft:

- Statische Maximalkraft: Höchste Kraft, die das Nerv-Muskel-System bei willkürlicher Kontraktion gegen einen unüberwindlichen Widerstand auszuüben vermag
- Dynamische Maximalkraft: Höchste Kraft, die das Nerv-Muskel-System bei willkürlicher Kontraktion innerhalb eines Bewegungsablaufes zu realisieren vermag
- Die statische Maximalkraft ist stets größer als die dynamische Maximalkraft
- Maximalkraft ist abhängig von
 - dem physiologischen Muskelquerschnitt
 - der intermuskulären Koordination (Koordination zwischen den Muskeln, die bei einer gegebenen Bewegung zusammenarbeiten)
 - der intramuskulären Koordination (Koordination innerhalb des Muskels)
- Energiebereitstellung: Energiereiche Phosphate (ATP, KP)

2. Schnellkraft:

- Definition: Fähigkeit des Nerv-Muskel-Systems, Widerstände mit höchstmöglicher Kontraktionsgeschwindigkeit zu überwinden

3. Kraftausdauer:

- Energiebereitstellung:
 - Ab 20 Prozent der maximalen isometrischen Kontraktionskraft: Behinderung der arteriellen Blutversorgung
 - Ab 50 Prozent: Völliger Verschluß der Gefäße

II. Arten der Muskelanspannung:

1. Isotonische Kontraktion:

- Definition: Längenänderung bei konstanter Spannung

2. Isometrische Kontraktion:

- Definition: Spannungsänderung bei konstanter Länge

3. Auxotonische Kontraktion:

- Definition: Gleichzeitige Spannungs- und Längenänderung; Kombination von isotonischer und isometrischer Kontraktion

III. Hypertrophiesteuerung durch Krafttraining:

- Überschwellige adäquate kraftbetonte Muskelbeanspruchung →
- Stärkere ATP-Beanspruchung als mitochondrial restituierbar →
- Aktivierung des genetischen Zellapparates →
- DNS- und RNS-Vermehrung mit nachfolgender Aktivierung der ribosomalen Synthese von kontraktilen Muskelproteinen →
- Hypertrophie der Zelle →
- Relative Verminderung des ATP-Abbaus bei gegebenem Reiz →
- Kraftadaptierte Muskelzelle

Vor allem die FT-Fasern hypertrophieren!

IV. Faktoren, die den Kraftzuwachs beeinflussen:

- Erwerbszeitraum: Schnell erworbener Kraftzuwachs → Schneller Verlust; langsam erworbener Kraftzuwachs → Langsamer Verlust
- Ausgangsniveau: Zu Beginn des Trainings: Größte Zuwachsrate
- Größe der Muskelkontraktion: Kontraktionen mit maximaler Kraft: Schnellerer und höherer Kraftgewinn als bei submaximalen Kontraktionen
- Umfang: Erhöhter Umfang → Höherer Kraftgewinn
- Trainingsqualität: Für das schnellstmögliche Erreichen der Grenzkraft: Intensität hat Vorrang vor Umfang
- Trainingshäufigkeit: Kraftgewinn eines Trainings: Wird zu 50% bereits am Trainingstag selbst erzielt → Effektivster Kraftgewinn: Tägliches Training
- Trainingsmethode (absteigende Reihenfolge des Kraftgewinns):
 1. Elektrostimulation (am größten)
 2. Kombination von isometrischem und dynamischem Training
 3. Isometrisches Training
 4. Dynamisches Training
- Ausgangslänge des Muskels: Optimum: 90 bis 110 Prozent der Ruhelänge
- Arbeitswinkelstellung: Kraftmaximum: 80 bis 100 Grad
- Kontralaterale Trainingseffekte: Die im verlängernden Rückenmark nicht zur Gegenseite kreuzenden Fasern (etwa 10 %) beeinflussen die gleichseitigen Muskeln direkt
- Endogene Faktoren: Alter, Geschlecht: Androgene; Genetik: FT-Fasern (→ sprechen besonders gut auf Krafttraining an)

- Exogene Faktoren: Ernährung (erhöhter Proteinbedarf), Jahreszeit: Sommerzeit
2x höherer Trainingszuwachs (UV-Strahlung → Wirkung auf die Nebenniere: Mobilisierung der männlichen Sexualhormone)

V. Methoden und Inhalte des Krafttrainings:

1. Dynamisches Krafttraining:

- Auxotonische Belastungsform
- Einteilung:
 - Positiv dynamisch: konzentrisch, überwindend, verkürzend, beschleunigend
 - Negativ dynamisch: exzentrisch, nachgebend, bremsend, verzögernd

2. Positiv und negativ dynamische Mischformen:

2.1 Isokinetisches Training:

- Charakteristisch: Gleichmäßiger Bewegungsablauf
- In jeder Bewegungsphase konstanter Widerstand und gleichbleibende Geschwindigkeit
- Voller Krafteinsatz während des gesamten Bewegungsvollzugs

2.2 Desmodromisches Training:

- Gegen eine mit maschinell-apparativ vorgegebener Bewegungsgeschwindigkeit wandernde Widerstandsleiste wird ständig Druck ausgeübt
- Vollständige energetische Auslastung der jeweils belasteten Muskelgruppen
- Muskulatur hat zu keinem Zeitpunkt die Möglichkeit, sich zu entspannen
- Maximaler Spannungsreiz der einzelnen Muskelfasern (ausgeprägte Muskelhypertrophie)

2.3 Plyometrisches Training:

- Komplexe Kopplung des Effektes des negativ dynamischen mit dem positiv dynamischen Training
- Niedersprung: Dehnung der späteren Agonisten → Über Muskelspindeln ausgelöster Dehnungsreflex → Vermehrte Innervation von ansonsten nicht aktivierten Muskelfasern → Höhere Kraftentwicklung

2.4 Isometrisches oder statisches Training:

- Definition: Spannungsänderung des Muskels bei konstanter Länge
- Isometrische Kraft ist in den verschiedenen Winkelstellungen unterschiedlich

2.5 Elektrostimulation:

- Muskelkontraktion erfolgt über einen elektrischen Reiz
- Höchster Kraftzuwachs

VI. Methoden zur Schulung von Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer:

1. Maximalkrafttraining:

- Muskelaufbautraining:
 - Intensität: gering (40-60%)
 - Wiederholungszahl: hoch (8-12)

- Serien: 3-5 für Anfänger, 5-8 für Leistungssportler
- Satzpausen: 1,5-2 Minuten
- Intramuskuläres Training:
 - Entwicklung der Fähigkeit, größtmögliche Anzahl (bis zu 80%) der motorischen Einheiten synchron zu aktivieren
 - Hohe und höchste Intensitäten (75-100%), geringe Wiederholungszahlen (1-5)

2. Schnellkrafttraining:

- Abhängig von der
 - Intermuskulären Koordination (spezielles Techniktraining)
 - Intramuskulären Koordination (Explosive dynamische maximale Krafteinsätze)
 - Kontraktionsgeschwindigkeit (Explosive dynamische maximale Krafteinsätze)
 - Kontraktionskraft (abhängig vom Muskelquerschnitt → Methode der maximalen Wiederholungen)

3. Kraftausdauertraining:

- Belastungswiderstände
 - > 50% der individuellen Maximalkraft: Anaerobe Energiebereitstellung
 - < 25%: aerobe Energiebereitstellung

Methoden:

- Dynamisches Krafttraining mit maximaler Wiederholungszahl
- Statisches Krafttraining mit maximalen Haltezeiten

VII. Regenerationszeiten:

Leistungsstufe	Regenerationszeit zwischen den Serien	Regenerationszeit zwischen den TE
Anfänger	2-5 min	12-18 Std.
Leistungssportler	1-2 min	3-6 Std.

VIII. Krafttraining als Gesundheitstraining:

- 70% der Altersunfälle bedingt durch verminderte Geh-, Lauf- und Sprungfähigkeit verbunden mit einer verschlechterten Koordination → Durchführung eines Minimaltrainingsprogramms des aktiven Bewegungsapparates wichtig
- Positive Beeinflussung der Bandscheibendegeneration und arthrotischer Veränderungen durch lebensbegleitendes altersspezifisches Krafttraining
- Reduzierung bzw. Verzögerung der Osteoporose
- Wichtig: Vermeiden von Preßatmung: Erhöhung des intrathorakalen Druckes beeinträchtigt venösen Rückstrom erheblich
- Gefahr einer starken Blutdruckerhöhung

IX. Krafttraining und Muskelkater:

- Auftreten der Muskelkatersymptomatik: 1-2 Tage nach der Belastung, am stärksten während der nächsten 1-2 Tage
- Ursache:
 - Nicht: Anhäufung saurer Stoffwechselzwischen- und -endprodukte (z.B. Laktat)
 - Sondern: Mikrotraumatisierung muskulärer Bindegewebsstrukturen (insbesondere der Z-Scheiben)

- Eher Muskelkater bei exzentrischer als bei konzentrischer Muskelarbeit
- Prophylaxe: Vorsichtige Belastungssteigerung
- Therapie:
 - Belastung geringerer Intensität
 - Verbesserung der Durchblutung → Sauna, heiße Bäder

IV. Schnelligkeitstraining

1. Definition Schnelligkeit:

Fähigkeit, aufgrund der Beweglichkeit der Prozesse des Nerv-Muskelsystems und des Kraftentwicklungsvermögens der Muskulatur, motorische Aktionen in einem unter den gegebenen Bedingungen minimalen Zeitabschnitt zu vollziehen

2. Trainierbarkeit der Schnelligkeit:

- Schnelligkeit hauptsächlich anlagebedingt → Nur um 15-20% trainierbar

3. Anatomisch-physiologische Grundlagen:

- Art der Muskulatur:
 - Positive Korrelation Anteil FT-Fasern - Schnelligkeit
 - > 25% der isometrischen Maximalkraft bzw > 90% der VO₂ max: Selektive Beanspruchung der FT-Fasern
- **Kraft der Muskulatur:**
 - Positive Korrelation: Verbesserung der Kraft - Schnelligkeit
 - Zunahme des Muskelquerschnitts ermöglicht mehr Brückenbindungen zwischen Aktin und Myosin für das Filamentgleiten
 - Erhöhter Muskelfaserquerschnitt der synchron aktivierten motorischen Einheiten
- **Anthropometrische Einflußgrößen:**
 - Körpergröße und Hebelverhältnisse: Nicht besonders entscheidend, da Variation in Schrittlänge und Schrittfrequenz sehr groß
- **Biochemie der Muskulatur:**
 - Vermehrung der Energiespeicher bzw. Enzymaktivitäten:
 - a) Körpereigener Speicher an energiereichen Phosphaten
(ATP, KP): Belastungen < 10-20 Sekunden
 - b) Anaerobe laktazide Glykolyse
- **Neuromuskuläres Zusammenspiel, Kontraktilität des Muskels:**
- Optimale inter- und intramuskuläre Bewegungskoordination ermöglicht Verbesserung
 - des koordinierten Zusammenspiels zwischen Agonisten und Antagonisten
 - der Zahl der gleichzeitig aktivierten motorischen Einheiten
 - der Beschleunigungskraft der Arbeitsmuskulatur

- **Elastizität, Dehnbarkeit und Entspannungs-fähigkeit der Muskulatur:**
Entscheidende Größen: Innere Reibung und Muskeltonus:
 - Wichtig für mögliche Bewegungsamplitude
 - Wichtig für das neuromuskuläre bzw. koordinative Zusammenspiel
- **Psychische Einflüsse:**
Beispiel: Sprinten
 - Beim Überholtwerden Dissoziation der Sprintbewegungen:
Ursache: Versuch einer willentlichen Beeinflussung / Kontrolle über Bewegungen, die automatisch ausgeführt werden → Verschlechterung der Koordination (Entautomatisierung)
- **Erwärmungszustand der Muskulatur:**
Aufwärmen steigert die Kontraktionsgeschwindigkeit um 20% durch:
 - Innere Reibungswiderstände (Viskosität) ↓
 - Dehnfähigkeit und Elastizität ↑
 - Leitungsgeschwindigkeit des Nervensystems ↑
→ Reaktionsfähigkeit ↑
→ Steuerungsprozesse ↑ (Biochemische Reaktionen besitzen Temperaturoptimum)
- **Ermüdung:**
Metabolische Azidose: Hemmung der motorischen Steuerung → Abnahme der Zahl und Frequenz der Entladungen der motorischen Neuronen

4. Schnelligkeitsbestimmende Faktoren:

Bedeutung der einzelnen leistungsbestimmenden Schnelligkeitskomponenten (z.B. bei Variationsbreite von 3 s):

- Sprintbeschleunigung, Sprintschnelligkeit: 2,6 s
- Sprintausdauer: 0,3 s
- Reaktionsgeschwindigkeit: 0,1 s

4.1 Reaktionsgeschwindigkeit:

- Reaktionszeit: Grenzwert 0,10 s
- Steigerung durch Verbesserung des Ausdauertrainingszustandes
- Trainingsinhalte: Start- und Reaktionsübungen aus verschiedenen Ausgangspositionen, Staffeln mit schneller Reaktion, wettkampfspezifische Starts
Wichtig: Unterschiedliche Sinne trainieren!

4.2 Beschleunigungsvermögen:

- Wichtigste Fähigkeit des Sprinters
- Indikator der Beschleunigungsphase: Zunahme der Schrittlänge
- Maximale Laufgeschwindigkeit: Nach 4-5 Sekunden
- Enge Korrelation zwischen Beschleunigungsvermögen und Beinkraft
- Trainingsinhalte: Alle Formen von Startübungen, kurze Sprünge, lange Sprünge (> 30 m), spezielles Krafttraining, plyometrisches Training, desmodromisches Training

4.3 Aktionsschnelligkeit:

- Fähigkeit eines Sportler, Bewegungen schnell auszuführen
- Direkte Übertragung der Aktionsschnelligkeit nur bei Bewegungen, die

- ähnliche Koordination aufweisen, möglich
- Vor allem abhängig von der Leistungsfähigkeit des neuromuskulären Systems, ferner von der Größe des Kraftimpulses in der Stützphase
- Trainingsinhalte: Insbesondere Koordinationstraining (Dribbling, Skipping (Kniehebelauf), Trainingsmethode: Wiederholungsmethode, alle Läufe mit fliegendem Start, Tempowechseläufe, Sprintfahrspiel, Bergabläufe)

4.4 Schnelligkeitsausdauer:

- Befähigt Sportler, die Phase der Schnellkoordination bzw. der höchsten Geschwindigkeit über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten
- Trainingsinhalte: Over distance Strecken, Tempowechseläufe ("ins and outs"), intensive Intervallmethode

5. Das Problem der Geschwindigkeitsbarriere:

- Problem der Stabilisierung der Bewegungsschnelligkeit
- Ursache: Längere Anwendung ein und derselben Inhalte, Methoden und Belastungen → Bewegungstereotyp (eingeschliffene Bewegungsschleife mit fixierter Vermaschung beteiligter Neuronensysteme) → Erschwerung der Weiterentwicklung der Schnelligkeit (Stagnation)

6. Eignungstests - Kontrollübungen:

- Standweitsprung, Dreisprung aus dem Stand
- 25-m-Lauf fliegend
- 30-m-Lauf mit Tiefstart
- Einbeinsprünge über 30 m
- Quantitative Auswertung der Schnellkraftkurve durch desmodromisches Trainingsgerät

V. Höhenttraining

1. Einfluß der Höhe auf den menschlichen Organismus:

1.1 Abnahme des Luftdrucks, Sauerstoffpartialdrucks und der Luftdichte:

- Abnahme der Luftdichte:
Günstige Voraussetzungen für Schnelligkeits- und Schnellkraftleistungen
- Abnahme des Sauerstoffpartialdruckes:
 - In Höhen > 1500 m: $VO_2 \text{ max}$ ↓ pro 1000 Höhenmeter um 10%
 - Sättigung des arteriellen Blutes ↓ → Maximale Sauerstoffaufnahme ↓ → aerobe Leistungsfähigkeit (Ausdauerbereich) ↓
 - Funktionsfähigkeit des ZNS ↓ (→ Hypoxie des Gehirns)

1.2 Abnahme des Wasserdampfdrucks:

- Vermehrte Wasserabgabe der Bronchialschleimhaut erforderlich → Gefahr der Austrocknung der Atemwege

- Nach Akklimatisationszeit von 3 Wochen:
(Teilweise) Kompensation des Wasserverlustes durch verbesserte Schleimhautdurchblutung

1.3 Abnahme der Umgebungstemperatur:

- Gefahr der Auskühlung des Körpers

1.4 Zunahme der UV-Strahlung:

- Gefahr von Sonnenbrand und Schneeblindheit

2. Anpassung an Sauerstoffmangel bei Höhengaufenthalt:

2.1 Akuter Sauerstoffmangel bei kurzfristigem Höhengaufenthalt (Adaptation):

- Vertiefung und Beschleunigung der Atmung:
Ungünstige Folgeerscheinungen der Hyperventilation
 - \uparrow CO₂-Abatmung \rightarrow respiratorische Alkalose \rightarrow Linksverschiebung der Sauerstoffbindungskurve \rightarrow Erschwerung der Sauerstoffabgabe ins Gewebe
- Vermehrte Lungendurchblutung
- HMV \uparrow durch HF \uparrow bei gleichbleibendem SV
- Kapillarisation \uparrow

2.2 Chronischer Sauerstoffmangel bei längerfristigem Höhengaufenthalt (Akklimatisation):

- Rückkehr des erhöhten Ruhepulses in die Nähe des individuellen Ausgangswertes
- \uparrow Hämoglobinkonzentration \rightarrow Sauerstoffbindungskapazität \uparrow
 - Zuerst Erythrozyten \uparrow (durch Erythropoetinfreisetzung in der Niere \uparrow)
 - Dann Hämoglobingehalt in den Erythrozyten \uparrow
- Absoluter und relativer Anstieg des Blutvolumens
- 2,3-DPG (2,3-Diphosphoglyzerat) \rightarrow Rechtsverschiebung der Sauerstoffbindungskurve \rightarrow Erleichterte Sauerstoffabgabe ins Gewebe
- Vermehrte Ausscheidung von Bikarbonat über die Nieren
 - \downarrow Blut-pH-Wert \rightarrow Rechtsverschiebung der Sauerstoffbindungskurve \rightarrow Erleichterte Sauerstoffabgabe ins Gewebe
 - \downarrow Pufferkapazität des Blutes \rightarrow Beeinträchtigung der anaeroben Energiebereitstellung
 - Neubildung bzw. Schlingelung von Kapillaren
- Myoglobingehalt der Muskulatur \uparrow
- Mitochondrien \uparrow , Enzyme des aeroben Stoffwechsels \uparrow

3. Die Durchführung des Höhentrainings:

3.1. Höhenttraining zur Vorbereitung auf einen Wettkampf in der Höhe:

- Akklimatisationszeit: 2-3 Wochen ausreichend für Ausdauersportarten mit Belastungsgrenze $>$ 2 Minuten

3.2. Höhenttraining zur Vorbereitung auf einen Wettkampf im Flachland:

- Geeignete Höhe: 1800-2300 m
 - < 1800 m: Reizwirkung des Sauerstoffmangels zu gering
 - > 2300 m: Zu starker Sauerstoffmangel: Durchführung eines normalen Trainingsbetriebs nicht möglich
 - *Sleep high, train low!*
- Dauer: Optimal 2 bis 3 Wochen
- Häufigkeit: Wiederholtes Höhenttraining hat günstigere Auswirkungen
- Trainingsregime:
 - Umfangsbetonte Eingewöhnungszeit von einigen Tagen
 - Angleichung der Trainingsleistung an die im Flachland
- Rückkehr aus der Höhe: Beendigung des Höhentrainings 1 bis 3 Wochen vor dem angestrebten Leistungshöhepunkt
 - Reakklimatisierungsphase von 1 Woche mit vorübergehendem Leistungseinbruch
- Zeitpunkt in der Jahresplanung:
 - Vorwettkampfphase bzw. unmittelbare Wettkampfvorbereitung

3.3. Ernährungsprobleme in der Höhe:

- Erhöhter Wasser- und Elektrolytverlust
Erhöhte Wasserabgabe der Schleimhaut des Respirationstraktes zur Anfeuchtung und Aufwärmung der trockeneren und kälteren Höhenluft
- Verstärkter intramuskulärer Glykogenabbau
Bedingt durch Intensitätssteigerung in der Höhe

4. Akute Adaptationsstörungen beim Bergsport in großen Höhen

4.1. Akute Höhenkrankheit:

- Abhängig von Akklimatisation und Geschwindigkeit des Aufstiegs
- Symptome:
 - Kopfschmerz, Reizbarkeit
 - Erbrechen, Übelkeit
 - Schwäche, Schlaflosigkeit
 - Atemnot
 - Bewußtseinsstörungen
 - Höhenlungenödem: Lebensgefährlich; Flüssigkeitsübertritt aus den Lungenkapillaren in den interstitiellen Raum
 - Höhenhirnödem
- Therapie:
Sofortiger Abstieg in tiefere Höhenlagen
- Prophylaxe:
 - Langsamer Aufstieg (Tägliche Höhenunterschiede < 500m)
 - Schlafhöhe immer tiefer als die höchste erreichte Tageshöhe
 - Vermeidung von Flüssigkeitsdefiziten und Überanstrengungen
 - Aufnahme einer kohlehydratreichen Kost

VI. Tauchmedizin

1. Physikalische Eigenschaften des Wassers:

1.1 Hydrostatischer Druck:

- Hydrostatischer Druck = Höhe der Wassersäule x Wasserdichte
- Gesamtdruck =
Atmosphärischer Druck auf Meereshöhe = 1 bar
Plus
Hydrostatischer Druck je 10 m Wassertiefe 1 bar

1.2 Physikalische Lösung von Gasen im Wasser:

- Gesetz von Dalton:
Gesamtdruck eines Gasgemisches = Summe der Partialdrücke
- Gesetz von Henry:
Je höher der Partialdruck eines Gases über der angrenzenden Flüssigkeit, desto mehr Gasmoleküle treten in die Flüssigkeit und werden in ihr gelöst →
Bei Druckminderung: Gase entweichen aus der Flüssigkeit

1.3 Inkompressibilität des Wassers:

- Gesetz von Boyle-Mariotte: $p \times V = \text{konstant}$
Produkt aus absolutem Druck p (Luftdruck plus hydrostatischer Druck) und Volumen einer bestimmten Gasmenge ist gleich groß (konstant)

1.4 Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität des Wassers:

- Im Vergleich zur Luft:
 - Wärmeleitfähigkeit des Wassers 25mal größer
 - Wärmekapazität des Wassers 3200mal größer
 - Wärmeverlust im Wasser bei gleicher Umgebungstemperatur 3mal größer

→ Gefahr der Unterkühlung!

1.5 Auftrieb im Wasser:

- Archimedisches Prinzip:
Ein Körper verliert soviel an Gewicht, wie die von ihm verdrängte Wassermenge wiegt

1.6 Sichtverhältnisse unter Wasser:

- Vergrößerung aller Gegenstände unter Wasser um 1 Drittel
- Tauchen ohne Brille: Ausgeprägte Abnahme der Brechkraft des Auges (Weitsichtigkeit)
- Starke Helligkeitsabnahme mit zunehmender Wassertiefe

1.7 Hörverhältnisse unter Wasser:

- Unter Wasser: Wesentlich höhere Schallgeschwindigkeit (4,5 x schneller) und geringere Schallabsorption → Beeinträchtigung des räumlichen Hörens (Überforderung des Zeitaufklärungsvermögens)

2. Apnoetauchen:

2.1 Definition:

Tauchen (Strecken- und Tieftauchen) mit angehaltenem Atem, d.h. freies Tauchen ohne Benutzung irgendwelcher Hilfsmittel

2.2 Dauer:

- Gesunde Menschen (Normalpersonen): 40 Sekunden
- Trainierte Personen (z.B. Perltaucher): 4 Minuten

2.3 Gefahren:

- Barotrauma der Lunge:
Ab gewisser Wassertiefe: Keine Verkleinerung d. Thorax/Lunge mehr möglich → Unterdruck im Thorax-/Lungenbereich → Kompensationsmechanismus: Drucksteigerung des Hohlraumes durch Ausfüllung mit Flüssigkeit → Lungenödem
- Hyperventilation bei Streckentauchen:
Vermehrte Abatmung von Kohlendioxid durch Hyperventilation (vor dem Tauchversuch) → Senkung des Kohlendioxidpartialdrucks im Blut → Verspätete Stimulierung des Atemzentrums → Schwimmbad-Blackout

3. Schnorcheltauchen:

3.1 Gefahren:

- Barotrauma der Lunge: Durch den Schnorchel entspricht der Druck in der Lunge nur dem atmosphärischen Druck (→ Unterdruck!)
- Kohlendioxidvergiftung: Überlange Schnorchel führen zu Totraumvergrößerung mit Rückatmung der kohlendioxidreichen Ausatemluft

4. Gerätetauchen:

4.1 Grundlagen:

- Lunge kann schon bei kleinen, nicht kompensierbaren Erhöhungen des Außendrucks ihre Atmungsfunktion nicht mehr erfüllen →
- In größerer Tiefe muß der Druck innerhalb des Körpers durch die Zufuhr komprimierter Gase mittels Preßluftflasche angepaßt werden

4.2 Gefahren:

4.2.1 Kompressionphase:

- Barotraumen: Mittelohr, Innenohr, Gehörgang, Nasennebenhöhlen, Zähne, Lunge

4.2.2 Isopressionphase:

- Tiefenrausch:
 - Mechanismus: Erhöhung des Stickstoffpartialdrucks mit zunehmender Tiefe → Sättigung der Flüssigkeit des synaptischen Spalts sowie der Mitochondrien und anderer lipoidhaltiger Strukturen des Nervensystems mit Stickstoff →
 - Inertgasnarkose: Physiokochemische Wirkung inerter Gase (Stickstoff) auf die Teile des Nervensystems, in deren Folge die Reizleitung erheblich gestört ist
 - Symptome: Denk- und Konzentrationsschwäche, Euphorie, Fehlhandlungen
- Sauerstoffvergiftung:
 - Vorkommen: Bei Sauerstofftauchgeräten
 - Mechanismus: Sauerstoff schädigt unter erhöhtem Druck und längerer Einwirkungsdauer den aus den Phospholipiden bestehenden Antiatektasefaktor in den Lungenalveolen
 - Symptome: Übelkeit, Schwindel, Seh-, Hör- und Atemstörungen, Zuckungen im Gesicht, Epileptiforme Krämpfe
- Kohlendioxidvergiftung:
 - Ursache: Überschreitung der zulässigen Tauchzeit und Tauchtiefe, Verunreinigte Kompressoluft
 - Symptome: Tachypnoe, Dyspnoe, Kopfschmerz, Schwindel, Erbrechen, Ohrensausen

4.2.3 Dekompressionphase:

- Lungenüberdruck-Barotrauma:
 - Entsteht nur bei Benutzung eines Preßluftgerätes
 - Mechanismus: Beim Auftauchen vergrößert sich der Druck in der Lunge gegenüber dem Umgebungsdruck so stark (durch Stimmritzenkrampf!), daß die Elastizitätsgrenze des Lungengewebes überschritten wird → Zerreißen von Lungenparenchym → Eindringen von freier Atemluft in das Gefäßsystem
 - Symptome:
 - Emphysem: Hautknistern, Einflußstauung
 - Pneumothorax: Atemnot, Zyanose
 - Luftembolie des Gehirns und Herzens: Bewußtlosigkeit, Schocksymptomatik, Halbseitenparese
 - Therapie: Rekompansionsbehandlung in einer Druckkammer
- Caisson-Krankheit (Dekompressionskrankheit):
 - Entstehung: Zu rasches Wiederauftauchen, Überschreiten der Nullzeit
 - Mechanismus: Stickstoffblasen, die beim zu raschen Auftauchen frei werden und im Gehirn, Nervengewebe, Gelenken und im Blut zu entsprechenden Beschwerdebildern führen
 - Symptome:
 - Knochen- und Gelenkschmerzen
 - Hauterscheinungen: Sog. Taucherflöhe
 - ZNS-Symptomatik: Seh-, Hör- und Sprachstörungen, Bewußtlosigkeit,

- Lähmungserscheinungen
- Erstickungsanfälle: Sog. Chokes, verursacht durch Luftembolie in den Lungenkapillaren
- Knochennekrosen: Durch Gasblasen, die zur Kompression von Knochengewebe führen
- Therapie: Schnellstmögliche Rekompensation in der Druckkammer

VII. Thermoregulation

1. Anatomisch-physiologische Grundlagen:

- Temperaturkonstanter Körperkern - Temperaturvariable Körperschale
- Temperaturregulation als Regelkreis:
 - Regelzentrum: Hypothalamus
 - Meßglieder: Thermorezeptoren (=Temperaturfühler)
 - Regelstrecke: Blut, Regelgröße: Körpertemperatur
- Mechanismen der Thermoregulation:
 - a) Konduktion: Wärmeleitung; Wärmeaustausch zwischen in Kontakt stehenden verschieden temperierten Objekten bzw. Körperschichten
 - b) Konvektion: Bewegung von Gas- oder Flüssigkeitsmolekülen bestimmter Temperatur zu einem Ort mit anderer Temperatur
 - c) Strahlung: Wärmeabgabe von einem Objekt auf ein anderes ohne direkten Kontakt
 - d) Verdunstung: Wärmeabgabe an der Hautoberfläche; beginnt ab 30°C Außentemperatur

2. Die Temperaturregulation unter Belastungsbedingungen:

- Verdunstung als Hauptwärmeabgabemechanismus

3. Gefahren beim Versagen der Thermoregulation:

- a) Überhitzung (Hyperthermie)
- b) Hitzekrampf: Akute Störung der Skelettmuskulatur; durch kurze, intermittierende, unwillkürliche, schmerzhafte Muskelkontraktionen gekennzeichnet
- c) Hitzeerschöpfung: Störung, die aus einer längerdauerenden körperlichen Belastung bei hohen Umgebungstemperaturen resultieren kann. Maßgebliche Ursache: Starke Flüssigkeitsverluste, meist verbunden mit starken Salzverlusten
Sofortmaßnahmen: Lagerung in Rückenlage mit angehobenen Beinen, schattiger Ort, Flüssigkeitsgabe
- d) Sonnenstich: Folge längerer Sonnenbestrahlung des unbedeckten Kopfes
Starker Blutandrang im Kopf: Reizung der Hirnhäute
- e) Hitzschlag: Versagen der Wärmeregulation; Schweißproduktion weitgehend eingestellt
Symptome: Exzessiv gesteigerte Körperkerntemperatur (>41,5°C), Störungen von seiten des ZNS, Kreislaufversagen / Kreislaufkollaps, Therapie: Naß, flach, kühl
- f) Unterkühlung: Hypothermie: Unterschreiten einer Körperkerntemperatur von 26-28°C: Tod durch Herzversagen

4. Akklimation an Hitze- und Kältebedingungen:

- Akklimation: Langfristige Anpassung an veränderte klimatische Umgebungsbedingungen wie z.B. Hitze und Kälte
- Wichtig: Aktive, nicht passive Akklimation

Hitzeakklimatisation:

- Zunahme der Zahl der aktiven Schweißdrüsen und somit Steigerung der maximalen Schweißrate
- Früherer Beginn der Schweißsekretion
- Regelmäßige und nicht in Schüben erfolgende Schweißrate beim Akklimatisierten
- Abnahme der Elektrolytkonzentration im Schweiß des Akklimatisierten von 0,3% auf 0,03%
- Absinken der Hauttemperatur und damit der Körperkerntemperatur, da der Hitzeakklimatisierte über die erhöhte und ökonomisierte Schweißabgabe mehr Verdunstungskälte erzeugt; dadurch Blutumverteilung zugunsten der Arbeitsmuskulatur
- Zunahme des extrazellulären Flüssigkeitsvolumens: Höherer venöser Rückstrom mit erhöhtem Herzschlagvolumen
- Zunahme des Durstempfindens
- Verschiebung des Behaglichkeitsgefühls in höhere Temperaturbereiche
- Ausreichende Hitzeakklimatisation: Mindestens 8 Hitzeexpositionen über wenigstens 2 Stunden mit ansteigender Belastung an aufeinanderfolgenden Tagen notwendig

Kälteakklimatisation:

- Nachlassen der subjektiven Kälteempfindung
- Eintritt des Kältezitterns bei tieferen Körperkerntemperaturen
- Steigerung des Grundumsatzes

VIII. Alter und Sport

1. Allgemeine Grundlagen:

- Kalendarisches oder chronologisches Alter:
 - aufgrund des Geburtsdatums
- Biologische Alter
 - aufgrund der Beschaffenheit der Gewebe eines Organismus

2. Theorien des Alterns:

Genetisch (Schädigungen des genetischen Apparates oder genetisch programmierter Prozeß) →

- Fehlerhafte Proteinsynthese
- Mutationstheorie:
Mit zunehmendem Alter ständig steigende Zahl von Chromosomenaberrationen
- Theorie der Repairmechanismen:
Störungen im DNS-Reparatur-Mechanismus
- Fehlertheorie: Fehler bei der Eiweißsynthese

- Einschränkungstheorie der Zellmatrizen: Bei Translation unvollständige Ablesung des Codes
- Fehler-Katastrophentheorie:
Prinzip entstehender Fehler in den fundamentalen Zellfunktionen
- Theorie der freien Radikale:
Durch Reaktion freier Radikale: Zahlreiche irreversible Zustände
- Theorie der DNS-Blockierung durch Histone →
Entspiralisierung der DNS-Doppelhelix erschwert → Beeinträchtigung der Proteinsynthese
- Theorie der Quervernetzung von Makromolekülen:
„Versteifungen“ der DNS
- Theorien, die einen genetisch determinierten Alternsablauf postulieren
- Hypothese der Altersuhren:
Funktionelle Schrittmacherzellen im Hypothalamus
- Hypothese des programmierten Sterbens:
Biologische Uhr
- Programmhypothese von Kanungo:
Programmierung der Teilschritte von Wachstum, Reifung, Differenzierung und Altern
- Theorie von Cutler: Evolutionsprozeß (Stammesentwicklung)
- Hayflick-Phänomen:
Altern = Verminderte Zellteilungsfähigkeit
- Autoimmuntheorie
Verlust der Autoimmunität, die körpereigene Gewebe vor Angriff durch Immunkörper schützt
- Streßtheorie:
Jedes Streßereignis führt zur Verminderung der Adaptationsfähigkeit
- Adaptations-Regulationstheorie:
Veränderung von Regulatorgenen, die Umstellung der Proteinsynthese bewirken

3. Altern von Organen:

- Organismus altert als Ganzes, aber eigenzeitliches Altern von Organen, Geweben und Zellen → Schwierigkeit einer einheitlichen Definition des Begriffes Altern
- Nervensystem:
 - Gehirn besteht aus insgesamt 50-100 Milliarden Nervenzellen (postmitotischer Zustand = ohne Teilungsfähigkeit!)
 - Tägliches Zugrundegehen von 10.000 bis 100.000 Gehirnzellen
 - Geringe Funktionseinbuße, da verbleibende Zellen kompensatorisch Aufgaben übernehmen
- Herz:
 - Erhöhte Herzleistung im Alter durch Anstieg des Gefäßwiderstandes (aufgrund sklerotischer Prozesse) → Herzhypertrophie
- Gefäße:
 - Physiosklerose
- Lunge:
 - Erweiterung der Alveolen, Abnahme der Alveolenzahl → Abnahme der respiratorischen Gesamtoberfläche
 - Verringerung der Elastizität der Lunge
 - Verdickung der Basalmembran der Lungenkapillaren → Verminderte alveolokapilläre Permeabilität

- Altersbedingte Rippenknorpelverknöcherungen → Einschränkung der Erweiterungsfähigkeit des Thorax
- Nieren:
 - Fast keine funktionelle Einschränkung
- Leber:
 - Knapp 20prozentige Abnahme
 - Relativ hohe Regenerationsfähigkeit der Leber bleibt bis ins höhere Alter erhalten
- Haut:
 - Abnahme der Mitosefähigkeit der Epidermis (obere Hautschicht) → starkes Altern
 - Dünnerwerden der Haut (Wasserverarmung von 10-15%) → Schwund von Kollagen und wasserbindenden Mukopolysacchariden der Dermis (untere Hautschicht)
- Skelettmuskulatur:
 - Abnahme der Muskelkraft und Muskelmasse (am stärksten: Beugemuskel des Unterarmes und Muskel, die den Körper aufrichten)
 - Bedingt durch Abnahme der Sexualhormone
- Knorpel und Knochen:
 - Knorpel: Veränderung der Mukopolysaccharide (durch wasserbindende Kraft für Wasserkissen-funktion verantwortlich), altersbedingte Verkalkungsvorgänge
 - Knochen: Osteoporose (Atrophie des Knochengewebes): Verlust an Mineralsalzen (bei Frauen ab 30-35 Jahre: 0,75-1%, ab der Menopause: 2-3%; bei Männern: ab 50 Jahre 0,4% → Knochen sporäde, poröser und brüchiger)

4. Altern und Leistungsminderung:

- Die Intensität der Leistungsvorgänge und die Leistungsreserven, nicht die Funktionen als solche, sind im Alter vermindert

5. Beeinflußbarkeit des Alterungsprozesses durch Sport:

- Körperliches Training: Die bisher einzige wissenschaftlich gesicherte Methode, den älter werdenden Menschen biologisch jünger zu erhalten als es seinem chronologischen Alter entspricht („20 Jahre lang 40 Jahre alt zu bleiben“)

6. Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit des älteren Menschen:

- Leistungsfähigkeit bestimmt durch Erbgut (60-70%) und Qualität/Quantität der Beanspruchung (30-40%)
- Leistungsknick: Zwischen 40. Und 45. Lebensjahr, läßt sich durch körperliches Training in höheres Lebensalter verschieben
- Ausdauer:
 - Maximale Sauerstoffaufnahme: Maximum im 3. Lebensjahrzehnt, danach kontinuierlicher Abfall
- Kraft:
 - Kontinuierliche Abnahme der Kraft nach 3. Lebensjahrzehnt, bei Männern stärker als bei Frauen (Abnahme der männlichen Geschlechtshormone)

- Schnelligkeit:
 - Wegen starker Beanspruchung des Stütz- und Bewegungsapparates und wegen der überwiegend anaeroben Energiebereitstellung: Training der Bewegungsschnelligkeit ab dem 40. Lebensjahr abzulehnen
 - Starke Abhängigkeit der Schnelligkeit von Kraft und Koordination → Frühester und ausgeprägteste Abfall
- Beweglichkeit:
 - Abnahme der Wirbelsäulenelastizität bei Männern mit dem 20. Lebensjahr, bei Frauen mit dem 25. Lebensjahr (Unterschied zwischen Frauen und Männern mit steigendem Lebensalter zunehmend)
 - Neben Bewegungsschnelligkeit ist Abnahme der Beweglichkeit der großen Gelenke mit zunehmendem Alter am größten
- Koordination:
 - Beginn einer altersbedingten Abnahme koordinativer Qualitäten mit dem 40. Lebensjahr

7. Belastbarkeit des Bewegungsapparates beim älteren Menschen:

- Ungünstiges Verhältnis Muskelmasse vs. Gesamtkörpergewicht
- Erhöhte Knochenbrüchigkeit
- Altersbedingter Elastizitätsverlust beim Knorpel: Vor allem Verschleißerscheinungen des hyalinen Knorpels im Bereich des Hüft-, Knie- und oberen Sprunggelenkes → Arthrose

8. Belastbarkeit des kardiopulmonalen Systems beim älteren Menschen:

- Nach 30. Lebensjahr: Abnahme des Schlag- und Herzminutenvolumens infolge zunehmender Druckarbeit des linken und rechten Herzens
- Abnahme der maximal erreichbaren Pulsfrequenz
- Häufigeres Auftreten von Herzrhythmusstörungen → vitale Gefährdung
- Zunahme des peripheren Widerstandes → Erhöhung des Blutdrucks → Vermehrte Belastung des Herz-Kreislaufsystems

9. Besonderheiten eines altersadäquaten Trainings:

- Notwendigkeit ärztlicher Betreuung:
Regelmäßige eingehende sportmedizinische Untersuchung ab 35. Lebensjahr
 - Anamnese, klinischer Status: Zerebralsklerose, KHK, Allgemeine Arteriosklerose, Herzinsuffizienz
 - Thorax-Röntgen: Herzgröße und Herztonus, Lungenstauung
 - Spirographie: Restriktive oder obstruktive Ventilationsstörung
 - Ruhe-EKG: Infarktausschluß, Herzrhythmusstörungen
 - Belastungs-EKG: Provokation Herzrhythmusstörungen, KHK, RR-Regulation, Nachweis einer bestimmten Mindestleistung
- Praktische Gesichtspunkte für ein dem Alter angepaßtes Training:
 - Beginn des Trainings bzw. Belastungssteigerung:

- Stets zunächst Umfangserhöhung, erst später evtl. Intensitätserhöhung
- Intensität: 60-65% der max. HF, 3-4mal/Woche, große Muskelmasse (< 1/6 der Gesamtmuskulatur), kontinuierliche Belastung > 30 Minuten / Trainingseinheit
- Kraftschulung: Keine Preßatmung, Übungen < 1/3 der Maximalkraft
- Beweglichkeitsschulung: Täglich 1-3 Serien a 15 Wiederholungen, Übungen in Form von Schwung-, Dreh- und Pendelbewegungen, Dehnübungen nur nach vorherigem, behutsamen Aufwärmen und Auflockern der Muskulatur
- Optimal gestaltetes Trainingsprogramm: 60% Ausdauerschulung, 30% Schulung von Beweglichkeit und Koordination, 10% Kraftausdauerschulung; Schnelligkeit und Maximalkraft bedeutungslose Leistungsfaktoren für ältere Personen

10.. Geeignete Sportarten für den älteren Menschen:

- Geeignet: Ausdauersportarten
 - Wandern: Entstressende Wirkung, Vorbeugung gegen Altersosteoporose
 - Laufen: Beanspruchung der gesamten Skelettmuskulatur, sehr guter Funktionsreiz für das Herz-Kreislaufsystem; Einschränkung lediglich bei Personen mit orthopädischen Beschwerden und Übergewichtigen
 - Skilanglauf: Beanspruchung der gesamten Skelettmuskulatur, geringe Belastung des Halte- und Bewegungsapparates
 - Radfahren: Hinter dem Laufen einzustufen (kleinere Muskelmasse mit höherer Kontraktionskraft), infolge statischer Entlastung: Geeignet vor allem für Personen mit degenerativen Gelenkveränderungen
 - Schwimmen: Besonders empfehlenswerte Sportart (Abhärtung, Förderung der Durchblutung, Beanspruchung großer Muskelmassen, Schulung der Koordination, Training der Ausdauer), Entlastung des Stütz- und Bewegungsapparates; Cave: durch Kältereiz Auslösung eines Angina-pectoris-Anfalls bei KHK
- Nicht geeignet: Schnellkeitsübungen, Schnellkraftdisziplinen, Sportarten mit hoher Kraftbelastung sowie kämpferischem Charakter (erhöhtes Verletzungsrisiko)

IX. Sport im Kindes- und Jugendalter

1. Allgemein:

- Subjektives Belastungsempfinden (Borg- bzw. RPE Skala): Kinder schätzen gleiche Belastung geringer ein im Vergleich zu Erwachsenen (→ Gefahr der Überlastung)
- Kind befindet sich im Wachstum (Baustoffwechsel sehr wichtig!)

2. Die 5 motorischen Hauptbeanspruchungsformen:

- **Ausdauer:**
Aerobe Energiegewinnung: Kinder gleich bis etwas besser geeignet im Vergleich zu Erwachsenen (Gewichtsbezogenes = relatives Herzminutenvolumen gleich,

gewichtsbezogene maximale Sauerstoffaufnahme gleich, Dynamik der Sauerstoffaufnahme sogar besser bei Kindern: Schnelleres Einstellen des Steady-State-Zustandes)

- **Schnelligkeit:**

- Anaerob alaktazid: Ungefähr gleich geeignet wie Erwachsene
- Anaerob laktazid: Weniger geeignet im Vergleich zu Erwachsenen, geringere Laktatbildungsfähigkeit und geringere Laktattoleranz
- Schnelligkeit genetisch in einem relativ engen Rahmen festgelegt

- **Kraft:**

- Muskulatur kaum übertrainierbar, sondern Sportschaden beschränkt sich fast ausschließlich auf den passiven Bewegungsapparat (Bänder, Gelenke, Knochen)
- Meiden einseitiger Belastungsformen: Beeinträchtigung der Wachstums- (z.B. Epiphysenfugen!) und Reifungsvorgänge
- Ausschließliche Trainingsmethode im Vorschul- und Schulkindalter ist das dynamische Training

- Zweite puberale Phase: Zeitpunkt der besten Trainierbarkeit für die Kraft
- Kein Hanteltraining bzw. keine Überkopfarbeit vor bzw. während des pubertären Wachstumsschubes, keine längerdauernden statischen Belastungen

- **Beweglichkeit:**

- Einzige motorische Hauptbeanspruchungsform, die bereits im späten Schulkindalter ihren Maximalwert erreicht, um dann wieder abzunehmen
- Zum Zeitpunkt des Wachstumsschubes ist die Belastbarkeit des Wachstumsknorpels vermindert → übermäßige Torsions- und Biegebelastungen unbedingt vermeiden

- **Koordination:**

- Vorpubertät: Schulung der koordinativen Fähigkeiten
- Pubertät: Schulung der konditionellen Fähigkeiten

3. Verletzungen im Kindes- und Jugendalter

Besonderheiten des Halte- und Bewegungsapparates im Kindes- und Jugendalter:

- Knochen erhöht biegsam, aber vermindert zug- und druckfest, was zu einer insgesamt verminderten Belastbarkeit des gesamten Skelettsystems führt
- Sehnen und Bänder noch nicht ausreichend zugfest
- Knorpelgewebe und Epiphysenfugen aufgrund ihrer hohen, wachstumsbedingten Teilungsrates stark gefährdet gegenüber allen Druck- und Scherkräften

Ausgewählte orthopädische Probleme:

- Schädigung der Epiphysenfugen mit komplettem oder partiellem Wachstumsstillstand

- Grünholzfraktur: Keine Beschädigung des Periosts
- Epiphyseolysis capitis femoris: Lösung und Gleiten der Epiphyse des Femurkopfes

X. Bewegungstherapie bei KHK

1. Definition der KHK:

Durch Einengung oder Verschluss von Herzkranzgefäßen verursachte Verminderung der Durchblutung und damit der Zufuhr von energieliefernden Substraten und Sauerstoff zum Herzmuskel; führt zu einem Mißverhältnis zwischen Angebot und Bedarf, das sich meist unter Belastung manifestiert (herabgesetzte Koronarreserve)

2. Inzidenz:

- Mortalität der KHK in Deutschland: 170.000 / Jahr
- Rate an Herzinfarkten in Deutschland: 200.000 / Jahr
Davon tödlich: 100.000 / Jahr
 - 100.000 Herzinfarkte werden überlebt!
 - Wichtigste Zielgruppe für Bewegungstherapie im Rahmen der inneren Erkrankungen
 - Beachte: Postinfarktpatienten haben ein 30mal größeres Risiko eines erneuten Herzinfarktes als das Auftreten eines Erstinfarktes in einer gleichaltrigen Kontrollgruppe

3. Ätiologie:

- Am häufigsten: Arteriosklerose
- Seltener: Koronarspasmen

4. Risikofaktoren der Arteriosklerose:

4.1 Unbeeinflussbare Risikofaktoren:

- Vererbung
- Geschlecht: Männer mit höherem Risiko (Schutzwirkung der Östrogene bei Frauen!)

4.2 Beeinflussbare Risikofaktoren:

- Risikofaktoren 1. Ordnung:
 - Hypercholesterinämie
 - Nikotinabusus
 - Arterielle Hypertonie
- Risikofaktoren 2. Ordnung:
 - Übergewicht

- Bewegungsmangel
- Diabetes mellitus
- Hyperurikämie bzw. Gicht
- Psychosozialer Streß

5. Symptome:

- Angina pectoris:
 - Definition: Akute Koronarinsuffizienz mit plötzlich einsetzenden, Sekunden bis Minuten (Dauer in der Regel < 15 Minuten) anhaltenden Schmerzen im Brustkorb (meist retrosternal), die in die linke Schulter-Arm-Hand-Region bzw. Hals-Unterkiefer-Region ausstrahlen, häufig gürtelförmiges Engegefühl ("Panzerherz") um den Brustkorb mit Erstickungsanfall und Atemnot bis zu Vernichtungsgefühl und Todesangst
 - Auslösung: Körperliche Anstrengung, Aufregungen, Kälte, evtl. schwere Mahlzeiten
 - Ursache: Mißverhältnis von Sauerstoffangebot und Sauerstoffbedarf

6. Diagnostik:

- Ruhe-EKG: ST-Streckensenkung
- Belastungs-EKG: ST-Streckensenkung
- 24 Stunden-Langzeit-EKG
- Echo-Kardiographie: Zeigt lokalisierte Dyskinesien
- Myokardszintigraphie: Zeigt Speicherdefekte
- Koronarangiographie: Röntgenologische Darstellung der Koronararterien durch Kontrastmittelinjektion

7. Therapie:

- Medikamentös:
 - Beim Angina-pectoris-Anfall: Nitroglycerin-Kapseln oder Spray (Hauptwirkung: Abnahme des myokardialen Sauerstoffverbrauchs, Wirkungseintritt: 1-2 Minuten)
 - Bei Prinzmetal-Angina: Kalziumantagonisten
 - Konservative Dauerbehandlung: Betarezeptorenblocker (Senkung des myokardialen Sauerstoffverbrauchs durch negative Chronotropie und Dromotropie)
Ausschaltung (Senkung) der kardiovaskulären Risikofaktoren
- Chirurgisch:
 - Bypass-Operation
 - Ballondilatation (PTCA = Perkutane transluminale coronare Angioplastie)
 - Rotationsangioplastie: Erweiterung bzw. Abtragung von arteriosklerotischen Gefäßverschlüssen mittels Kathetersystem mit rotierenden Fräsköpfen
 - Stent: Metallstütze
Implantation von ballonexpandierbaren Gefäßendoprothesen (Drahtgefächten) mittels eines Katheterballons über die Leiste
- Physiotherapeutisch:
 - Pneumonie- und Thromboseprophylaxe im Liegen
 - Bewegungstherapie

8. Diagnostik:

8.1 Primärprävention:

- Definition:
Vorbeugung gegenüber der Entwicklung einer koronaren Herzkrankheit
- Wirkung von körperlicher Aktivität:
 - Positive Beeinflussung der koronaren Risikofaktoren:
Fettstoffwechselstörungen, Bluthochdruck, Übergewicht, Diabetes mellitus, Rauchen
 - Aufbau von Schutzfaktoren:
 - Verbesserung des allgemeinen Gesundheitsbewußtseins (z.B. Rauchverhalten)
 - Verbesserung des HDL-/LDL-Quotienten
 - Positiver Einfluß auf das Gerinnungssystem (z.B. Aktivierung der Fibrinolyse)
 - Ökonomisierung der Herz-Kreislauf-Funktion
 - Anheben der "Flimmerschwelle" für Herzrhythmusstörungen des Herzens

8.2 Sekundärprävention:

- Definition:
Vorbeugung eines Zweitinfarktes
- Ziele von Sekundärprävention bzw. Rehabilitation:
 - Steigerung von Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit
 - Ökonomisierung der Herz-Kreislauf-Tätigkeit
Durch Absenkung der Herzfrequenz benötigt das Herz für eine gleiche Belastung weniger Sauerstoff (Angina-pectoris-Schwelle wird angehoben)
 - Abbau von Risikofaktoren
 - Einfluß auf den Ablauf der KHK:
Evtl. Kollateralenbildung
Langsameres Fortschreiten der Arteriosklerose
Positive Beeinflussung des Lebensstils
 - Psychosoziale Effekte
 - Senkung der Sterblichkeit bzw. Reinfarktrate

8.3 Durchführung einer Bewegungstherapie:

8.3.1 Stadieneinteilung:

- Phase I (Frühmobilisation):
Ort: Akutkrankenhaus
Art: Krankengymnastische Einzelbehandlung
- Phase II (Frührehabilitation):
Ort: Rehabilitationszentren
Art: Dosierte Ergometertraining
- Phase III (Spätrehabilitation):
Ort: Am Wohnort in einer ambulanten Herzgruppe
Art: Bewegungs- und Sporttherapie als Übungs- oder Trainingsgruppe

8.3.2 Gruppeneinteilung der Koronarsportler:

- Trainingsgruppe:
 - Belastbarkeit > 1,0 Watt/kg Körpergewicht
 - Trainingseffekte im Sinne einer Verbesserung der Organfunktionen möglich
- Übungsgruppe:
 - Belastbarkeit < 1,0 Watt/kg Körpergewicht
 - Untere Grenze für die Aufnahme: 0,5 Watt/kg Körpergewicht
 - Bei Belastbarkeit < 0,5 Watt/kg Körpergewicht:
 - Nur krankengymnastische Einzelbehandlung möglich
 - Keine Trainingseffekte im Sinne einer Verbesserung der Organfunktionen möglich, sondern nur noch Übungseffekte zur Verbesserung der Koordination

8.3.3 Aufbau eines Trainingsprogramm in einer ambulanten Herzsportgruppe:

- Einteilung (Dreiteilung):
 - Gymnastik:
 - Gesamte Motorik einschließlich Koordination, Beweglichkeit und Kraft;
 - Nicht erlaubt: Schnelligkeitsbelastungen
 - Ausdauerbelastung:
 - Individuell dosiert, symptomlimitiert:
 - Nach vorheriger Bestimmung mittels stufenförmiger EKG-kontrollierter Fahrradergometrie entsprechend dem WHO-Schema: 25 + 25 Watt für jeweils 2 Minuten; Abbruch bei subjektiven Beschwerden (z.B. Angina pectoris) bzw. Auftreten von auffälligen / pathologischen EKG-Veränderungen
 - Laufen besonders günstig: Kein wesentlicher Krafteinsatz, keine Blutdruckspitzen
 - Spiel:
 - Überforderungen müssen verhindert werden
 - Sehr geeignet: Mannschaftsrückschlagspiele: Volleyball, Prellball, Faustball u.a.
- Übungsgruppe:
 - Keine Laufbelastung wegen zu geringer Leistungsfähigkeit möglich → Leichte Gymnastik kombiniert mit Spielformen
- Häufigkeit:
 - Aus physiologischer Sicht am besten: 3x pro Woche
 - Jedoch aus organisatorischen Gründen auch 2x bzw. 1x pro Woche (psychosoziale Effekte!) möglich

8.3.4 Kontraindikationen gegen eine Bewegungstherapie:

- Fehlendes Einverständnis des Hausarztes
- Akut schwere kardiale Erkrankungen:
 - Akuter Herzinfarkt
 - Herzmuskelentzündung (Myokarditis) etc.
- Schwerer operationspflichtiger Herzfehler
 - Insbesondere: Schwere Aortenklappenstenose
- Zeichen einer nicht ausreichend behandelten Herzinsuffizienz
- Nicht ausreichend eingestellter Bluthochdruck
 - Werte in Ruhe > 200/120 mmHg
- Nicht ausreichend behandelte gefährliche Herzrhythmusstörungen

- Sonstige schwerwiegende Erkrankungen
 - z.B. schwere orthopädische Behinderung, schwere Krebserkrankungen etc.

XI. Bewegungstherapie bei Diabetes mellitus

1. Einteilung:

1. Typ I (IDDM: Insulinpflichtiger Diabetes mellitus):

- Insulinmangel aufgrund zerstörter Beta-Zellen
- Manifestation meist vor dem 40. LJ

2. Typ II (NIDDM: Nicht insulinpflichtiger Diabetes mellitus):

- Verminderte Insulinwirkung an den Zellen
- Manifestation meist im höheren Alter
- Vererbungsrisiko höher als beim Typ I
- Manifestation von exogenen Faktoren abhängig: Essen, Adipositas

2. Klinik:

- (1) Polyurie, Polydipsie
- (2) Gewichtsverlust
- (3) Harnwegsinfekte
- (4) Mykosen
- (5) Sehstörungen
- (6) Juckreiz

3. Glukosestoffwechsel-Diagnostik:

1. Nüchtern-Blutzucker:

- Zweimal < 80 mg/dl: Kein Diabetes
- > 120 mg/dl: Manifeste Diabetes
- Bei Blutzucker 80-120 mg/dl: Tagesprofil mit prä- und 1h-postprandialen Werten:
 - Postprandial BZ < 120 mg/dl: Kein Diabetes
 - Postprandial BZ > 180 mg/dl: Manifeste Diabetes
 - Postprandial zwischen 120 und 180 mg/dl: Orale Glukosetoleranztest

2. Orale Glukosetoleranztest:

Durchführung:

12 h nüchtern, dann 100g Glukose in 5 min trinken. BZ nüchtern, 1h und 2h nach der Einnahme messen.

Befundung:

Bewertung	Normal	Path. Glukose-toleranz	Diabetes mellitus
nüchtern	< 100 mg/dl	< 120 mg/dl	> 120 mg/dl
2h-Wert	< 120 mg/dl	140-200 mg/dl	> 200 mg/dl

3. Urinzuckerbestimmung:

1. HbA1:

- Aussagen über den mittleren Blutzuckerspiegel der letzten 1-3 Monate
- Zur Therapiekontrolle bei manifestem Diabetes
- Norm: beim Gesunden bis 7%

2. Fruktosamin:

Mittlerer Blutzuckerspiegel der letzten 14 Tage

3. C-Peptid: Maß für endogene Insulinproduktion:

- Bei Typ I immer erniedrigt
- Bei Typ II oft erhöht

5. Therapie:

1. Diättherapie:

- (1) Aufteilung der Mahlzeiten:
3 große und 3 kleine Mahlzeiten
- (2) Nahrungszusammensetzung:
 - 50 bis 60% Kohlenhydrate
 - 15 bis 20% Eiweiß
 - 25 bis 30% Fett
- (3) Broteinheitenbedarf bei Normalgewicht:
 - 1 Broteinheit = 12 g Kohlenhydrate
 - Normalpatient: 14 BE

2. Orale Antidiabetika:

- (1) Sulfonylharnstoffe
- (2) Biguanide

3. Insulin-Therapie:

- (1) Normalinsulin
- (2) Verzögerungsinsuline
 - a) Mittellang wirkend
 - b) Langwirkend

6. Komplikationen des Diabetes mellitus:

1. Kardiovaskulär:

Diabetische Makroangiopathie und Mikroangiopathie

- (1) KHK
- (2) AVK
- (3) Zerebrale Durchblutungsstörungen
- (4) Diabetischer Fuß: z.B. Gangrän

2. Niere:

Diabetische Nephropathie

3. Augen:

- (1) Diabetische Retinopathie
- (2) Sekundärglaukom
- (3) Cataracta diabetica

4. Leber:

Diabetische Fettleber

5. Nervensystem:

- (1) Periphere Polyneuropathie
- (2) Autonome Neuropathie

6. Hyperglykämisches Koma

7. Hypoglykämisches Koma:

- BZ < 40 mg/dl

7. Bewegungstherapie:

1. Vorteile der körperlichen Aktivität beim Diabetiker:

- Akuter Effekt: Senkung des erhöhten Blutzuckers
- Langfristige Verbesserung der diabetischen Stoffwechselsituation:
 - Erhöhung der Anzahl an Insulinrezeptoren
 - Erhöhte Rezeptoraffinität gegenüber Insulin
 - Vermehrte Wiederauffüllung der Glykogenvorräte (Vermehrte Bildung des Enzyms Glykogensynthetase)
 - Abnahme der gegenregulatorisch wirksamen Hormone wie Katecholamine, Glukagon, Kortisol
- Verminderung der Gefahr einer Ketoazidose:
Durch vermehrte Glukoseverbrennung (und damit verringerter Fettmobilisierung) besteht geringere Gefahr der Bildung von Ketokörpern
- Senkung des Körpergewichts
- Einfluß auf sonstige Risikofaktoren und Sekundärkomplikationen:
Diabetes ist häufig kombiniert mit weiteren Risikofaktoren wie Fettstoffwechselstörungen, Bluthochdruck und Übergewicht
- Psychosoziale Effekte

2. Mögliche Risiken der körperlichen Aktivität:

2.1 Hypoglykämische Zustände → Hypoglykämischer Schock

- Akute Maßnahme: Sofortige Gabe von Kohlehydraten
- Prophylaxe:
 - Regelmäßige Sportausübung
 - Ausdauersport (bessere Steuerung der Belastungsintensität)
 - Verminderung der Insulindosis vor Belastung um ca. 20%
 - Vor sportlicher Belastung kleinere Kohlehydratmahlzeiten
Bei Ausdauerbelastungen: Alle 30 Minuten Kohlehydratzwischenmahlzeiten
 - Sport nicht zum Zeitpunkt der maximalen Insulinwirkung durchführen
 - Keine Injektion von Insulin im Bereich arbeitender Muskulatur: Beschleunigter

- Insulinabtransport infolge vermehrter Durchblutung der arbeitenden Muskulatur
- Sport mit einem Partner bzw. in einer Gruppe

2.2 Entwicklung einer Ketoazidose:

Vermehrte Rekrutierung von Fetten → Bildung von Ketokörpern aus unzureichend verstoffwechselten Spaltprodukten der Fette

2.3 Gefährdung durch Begleiterkrankungen:

Vor allem arteriosklerotische Folgeerkrankungen

2.4 Erhöhte Infektionsneigung:

Bei Laufsportarten: Fußinfektionen

3. Praktische Durchführung von Sport- und Bewegungstherapie:

- Am besten: Belastungen mit großem Stoffwechseleffekt und möglichst gut steuerbar → Ausdauerbelastungen
- Wegen der potentiellen Gefährdung durch überhöhte Blutdruckanstiege bei bereits bestehender koronarer Herzkrankheit oder Augenhintergrundveränderungen: Meiden überhöhter Druckanstiege → Meiden von
 - Dynamischen Belastungen mit hohem Krafteinsatz wie Rudern
 - Streßbetonte Sportarten wie Tennis
 - Kraftbelastungen wie Bodybuilding
- Regelmäßige Belastung
- Am Sporttag:
 - Erhöhung der Kalorienzufuhr (beim normal- bis untergewichtigen Diabetiker)
 - Senkung der Insulinzufuhr (beim übergewichtigen Diabetiker)

XII. Bewegungstherapie bei Übergewicht

1. Definition des Übergewichts:

1.1 Broca-Index:

- Normalgewicht: Körpergröße minus 100 (kg)
- Idealgewicht:
 - Männer: Körpergröße minus 100 minus 10% (kg)
 - Frauen: Körpergröße minus 100 minus 15% (kg)

1.2. BMI (Body Mass Index):

- $BMI = (\text{Körpergewicht in kg}) / (\text{Körpergröße in m})^2$
- Idealgewicht: 22 kg/m²
- Normalgewicht: 25 kg/m²
- Übergewicht: 25-30 kg/m²
- Fettsucht: > 30 kg/m²

2. Bedeutung als kardialer Risikofaktor:

- „Risikofaktor der Risikofaktoren“: Hypertonie, Diabetes mellitus, Fettstoffwechselstörungen
- Androide Fettverteilung größeres KHK-Risiko als gynoide Fettverteilung

- Zentrale Bedeutung beim metabolischen Syndrom:
Energetische Dysbalance → Hyperinsulinismus (bei herabgesetzter Insulinempfindlichkeit = Insulinresistenz der Rezeptoren) als zentrale Achse (→ Androide Fettverteilung durch appetitsteigernde Wirkung des Insulins)
→ Gemeinsames Auftreten der kardialen Risikofaktoren Fettstoffwechselstörung, Bluthochdruck und Altersdiabetes (Diabetes Typ II)
→ Arteriosklerose

3. Bewegungstherapie/Sport:

- Gewichtsverlust bei körperlicher Belastung relativ gering:
 - 1 Kalorie pro Kilogramm Körpergewicht pro km Laufen/Gehen
 - Beispiel: 70 kg, 7 km → 490 Kalorien → ca. 82 Gramm (1 Gramm = 6 Kalorien!)
- Wichtig: Sport in Kombination mit entsprechender kalorienreduzierter Diät
- Sport wirkt appetitzügelnd: Durch geringeren Insulinspiegel (infolge Steigerung der Insulinempfindlichkeit)
- Erhöhte Stoffwechselaktivität direkt nach körperlicher Aktivität

4. Sportprogramme für Übergewichtige:

- Sportarten, bei denen das Sportgerät/Medium den Körper trägt (energetisch/orthopädisch vorteilhaft):
Schwimmen, Wassergymnastik, Radfahren
Gehen
- Sportprogramm nach Prinzip der Steigerung

XIII. Frau und Sport

1. Konstitutionelle Unterschiede:

- Frauen sind 10-15 cm kleiner (früherer Wachstumsepiphysenfugenschluß)
- Frauen sind 10-20 kg leichter
- Frau: Rumpfbetonung (Verlagerung des Körperschwerpunktes nach unten, Mann: Extremitätenbetonung)
- Frau hat schmalere Schultern
- Frau: Ober- und Unterarm x-förmige Winkelstellung und Überstreckbarkeit
- Knöchernes Becken:
 - Frau: Beckenschaufeln breiter und weniger steil, Beckeneingang: Quereoval
 - Mann: Beckenschaufeln schmaler und steiler, Beckeneingang: Kartenherzförmig

2. Fettgewebe und Muskulatur:

- Fettgewebe: Frauen: 1,75mal mehr Fett, Fettanteil: 26% (Mann: 16%)
- Muskulatur: Untrainierte Frau: 36% (absolut: 23 kg Muskelmasse), untrainierter Mann: 42% (absolut: 35 kg Muskelmasse)
- Kraft der Frau bei den einzelnen Muskelgruppen: 54 bis 80% des Mannes

3. Herz-Kreislauf-Größen:

- Frau: Niedrigeres absolutes und relatives Herzgewicht, niedrigeres absolutes und relatives Herzvolumen, niedrigeres absolutes und relatives Schlagvolumen, niedrigeres absolutes und relatives Herzminuten-volumen, höhere Herzfrequenz in Ruhe
- Frau: Niedrigere Blut-, Erythrozyten- und Hämoglobinwerte

4. Atemfunktion und Sauerstoffausschöpfung:

- Frau: Geringere maximale Sauerstoffaufnahme, niedrigere Totalkapazität, niedrigere Vitalkapazität, höhere Atemfrequenz, niedrigeres Atemzugvolumen, niedrigeres absolutes und relatives Atemminutenvolumen, niedrigerer Atemgrenzwert, Brustatmung in Ruhe (Mann: Bauchatmung)
- Periphere Sauerstoffausschöpfung und -verwertung bei der Frau reduziert

5. Grundumsatz:

- Frau: 10% niedrigeren Grundumsatz
 - Bessere Wärmeisolation durch erhöhten Fettgehalt
 - Muskulatur höherer Sauerstoffverbrauch als Fettgewebe → Geringerer Prozentsatz an Muskelmasse bei der Frau bedingt einen niedrigeren Energieumsatz
 - Androgene Steroide (bei der Frau ↓): Spezifischer Antrieb auf den Grundumsatz bei Frau ↓

6. Wärmeregulation:

- Wärmetoleranz bei Frauen grundsätzlich geringer
- Frauen besitzen weniger Schweißdrüsen

7. Die Leistungsfähigkeit der Frau in den motorischen Hauptbeanspruchungsformen

7.1 Ausdauer:

- Ausdauerleistungsfähigkeit der Frau $10 \pm 2\%$ unter der des Mannes
- Bei Fettgehalt unter 12%: Amenorrhoe

7.2 Kraft:

- Frauen besitzen $2/3$ der Maximalkraft des Mannes
- Geringere Kraft der Frau: Vermehrtes Fettgewebe, ungünstigeres Last-Kraft-Verhältnis, ungünstigere Hebelverhältnisse, hormonell bedingte geringere Ausprägung der Muskulatur

7.3 Schnelligkeit:

- Frau: Kraftabhängige Größen geringer (niedrigerer Testosteronspiegel), nicht motorisch-vegetative Komponenten

7.4 Beweglichkeit:

- Frau: Aufgrund der geringeren Gewebsdichte: Weiblicher Band- und Muskelapparat elastischer und dehnfähiger → größere Bewegungsamplitude
- Weitere positive Wirkungen auf die Beweglichkeit: Bessere und schnellere Entspannungsfähigkeit des Muskels, x-förmige Stellung der Extremitätenknochen, relativ längere Lendenwirbelsäule

7.5 Koordinative Fähigkeiten:

- Geschicklichkeit der Frau ist dann größer, wenn die Kraft keine maßgebende Rolle spielt; jedoch oft nur sozial bedingt
- Insgesamt: Koordinative Fähigkeiten bei beiden Geschlechtern gleich

7.6 Zusammenfassung: 5 motorische Hauptbeanspruchungsformen:

- Ausdauer: Mann leistungsfähiger
- Kraft: Mann leistungsfähiger
- Schnelligkeit: Mann leistungsfähiger
- Beweglichkeit: Frau leistungsfähiger
- Koordination: gleich

8. Die Beeinflussung der sportlichen Leistungsfähigkeit der Frau durch Menstruation und Schwangerschaft:

- Eintritt der ersten Menstruation: Anteil des Fettgehaltes von 17%
- Leistungsoptimum: Postmenstruelle Phase: Zunehmende Östrogenspiegel und die damit parallel gehende Aktivierung des Nebennierenmarks mit vermehrter Ausschüttung von Noradrenalin
- Prämenstruelle Phase (Progesteroneinfluß): Phase der verminderten Leistungsfähigkeit; Progesteronwirkung: Hyperventilation mit Verschlechterung des Atemäquivalents
- Während der Menstruation:
 - 70% der Frauen gleiche oder bessere Leistung
 - 30% der Frauen schlechtere Leistung

9. Sport und Schwangerschaft:

- Fortsetzung des regulären Trainings bis zum 3. Schwangerschaftsmonat möglich
- Bis zum 8. Schwangerschaftsmonat: Nur noch leichte sportliche Betätigung
- Phänomen: Nach Schwangerschaft sprunghafte Leistungssteigerung