

entsprechen und andererseits für interessierte fachfremde Personen nachvollziehbare Informationen über wesentliche Inhalte dieser Beiträge bereitstellen. Die Zielgruppe dieser interpretierenden und ergänzenden Informationen sind also Personen, die nicht selbst auf dem Fachgebiet des jeweiligen Beitrages wissenschaftlich tätig sind. So kann der fachliche Gehalt der Originalpublikation voll erhalten bleiben und parallel dazu in einer Art Interpretation/Übersetzung der Inhalt transparent gemacht werden. Die Konsequenz aus diesen Überlegungen wird von uns mit *Interpretorial* bezeichnet.

Neue komplexe Fachartikel werden durch erläuternde Informationen begleitet. Mit dieser Nummer beginnen wir mit der Realisierung dieser Idee, für die wir uns wohlwollende Aufnahme wünschen (vgl. S. 91 ff).

Ein Mißverständnis möchten wir allerdings zu Beginn ausschalten, das darin bestehen könnte, daß nur die empirisch oder mit formalistischen Methoden arbeitenden (Natur)Wissenschaften dieser Interpretation bedürften, während geisteswissenschaftliche Arbeiten für jeden a priori verständlich wären oder zu sein hätten. Wir haben folgende Erfahrung gemacht: Versteht jemand z. B. einen mit mathematischen Formeln versehenen Aufsatz nicht, dann erstarrt er/sie in Bewunderung. Versteht jemand einen anspruchs-volleren philosophischen oder phänomenologischen Text nicht, dann wird dieser häufig als "unnötiges Geschwätz" eingestuft. Der Gedanke, daß man ähnlich wie mathematische Ableitungen auch philosophische Begriffsbildung und phänomenologische Analysemethoden lernen müsse, ist vielen fremd.

Wir können im Moment nur versichern, daß wir das Anliegen der Interpretation für alle Bereiche wissenschaftlichen Arbeitens auf dem Gebiet des Sports für wichtig erachten.

Auf den Seiten 91 bis 94 finden sie im Interpretorial Immunsystem umrahmend Informationen zu dem umfassenden Beitrag von Prof. Uhlenbruck und seinen Mitarbeitern aus Köln zur Frage des Zusammenhangs von Immunsystem, körperlicher sportlicher Belastung und Krebs. Wir würden uns sehr freuen, wenn Sie uns Reaktionen und Ihren Eindruck mitteilen würden.

Nun zum "normalen" Inhalt des Heftes. Die Aktualität des Themas "Immunsystem" braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden. Sie steht im größeren Zusammenhang der Frage Gesundheit und Sport, einem Problemfeld, das in verschiedenen Facetten hohe Aktualität besitzt, die sich aller Voraussicht nach noch erhöhen wird. Für den interessierten Außenstehenden ist es beachtenswert, wie wenig einigermaßen sicheres Wissen es (auch) auf diesem Gebiet gibt.

Schon in den vergangenen Heften fanden sich Beiträge zu Werten im Sport (KLEINER). Die Frage des Wertewandels unter der Perspektive der Individualisierung wird von BETTE in seinem Beitrag auf eine - wie wir meinen - originäre und Impulse für weitere Auseinandersetzung gebende Art und Weise eingebracht.

DIGEL aus Dortmund geht der Frage nach, welchen Anteil der Sport an der Modernisierung von Gesellschaften der dritten Welt nehmen könnte. Gerade bei dieser Thematik scheint sich uns eine Diskussion dieser Sicht des Sports gerade zu aufzudrängen. Reaktionen werden von der Redaktion mit Interesse entgegengenommen.

Die Bedeutung des Sports im Nationalsozialismus und seine sozialhistorische Interpretation sind immer mehr Zündstoff für Auseinandersetzung unterschiedlicher Denk- und Argumentationsrichtungen. In "Zur Diskussion" finden Sie dazu eine durchaus auch emotional geführte Auseinandersetzung zwischen Herrn BERNETT und Herrn MÜLLNER. Viel Interesse bei der Lektüre wünscht Ihnen

Raimund SOBOTKA

Helmut LÖTZERICH, Christiane PETERS, Gerhard UHLENBRUCK

Immunkompetenz, Krebs und Sport

Abstract: Immuncompetence, Cancer and Sport

Recent studies suggest that intensive exercise leads to a suppression of the immune system. Therefore many top athletes show an increased susceptibility to infections, which can be explained by a decreased number and a decreased functional state of some leukocyte subpopulations. One of the main problems in this field is the relationship between physical activity and health. Therefore, this review includes an overview of the existing epidemiological studies on physical activity and all-cause mortality and cause-specific mortality.

Zusammenfassung

Zur Zeit liegen viele Hinweise vor, daß intensive sportliche Belastungen zu einer Immunsuppression führen können. Damit ist die erhöhte Infektanfälligkeit von Hochleistungssportlern und der teilweise geschwächte Immunstatus zu erklären, bei dem eine Verminderung der Anzahl und eine Funktionsabnahme verschiedener Leukozyten zu beobachten sind. Der Zusammenhang von sportlicher Leistung und Gesundheit ist damit das größte Problem in diesem Bereich. Daher schließt dieser Artikel eine Übersicht der epidemiologischen Studien ein, die einen Zusammenhang von Sport und den verschiedenen Todesursachen untersuchen.

Immunkompetenz und Hochleistungssport

"He is a better physician that keeps diseases off us, than he that cures them being on us; prevention is so much better than healing because it saves the labour of being sick" (Thomas Adams [1618] zitiert nach Muir 1990)

Standortbestimmung der Immunologie im Hochleistungssport

Die letzten Jahrzehnte im Spitzensport sind durch ständig verbesserte Leistungen gekennzeichnet, ohne daß eine Grenze der Leistungsfähigkeit der Athleten sichtbar wird. Selbst die scheinbaren Fabelweltrekorde in der Leichtathletik über die 400 m Strecke oder im Weisprung sind vor kurzer Zeit unterboten worden. Aber auch in Sportarten, bei denen die Leistung nicht objektiv meßbar ist oder die im Kampf gegeneinander entschieden werden, nehmen die physischen und psychischen Belastungen ständig zu. So werden z.B. von einem Tennisprofi noch nach drei- bis vierstündiger Spielzeit höchste Konzentration und technische Perfektion verlangt. Hinzu kommt die Tatsache, daß die Leistungen teilweise bei extremen äußeren Bedingungen (Hitze, Kälte, Luftfeuchtigkeit, Höhe) erbracht werden müssen. Eine wichtige und notwendige Bedingung für das Erreichen dieser sportlichen Höchstleistungen stellt die Gesundheit der Athleten dar. Dies gilt natürlich nicht nur für den Zeitpunkt des Wettkampfes, sondern auch für die, je nach Sportart, unterschiedlich lange Vorbereitungsphase im Vorfeld des Wettkampfes. Wird diese Trainingsphase durch Infekte für längere Zeit unterbrochen oder beeinträchtigt, so

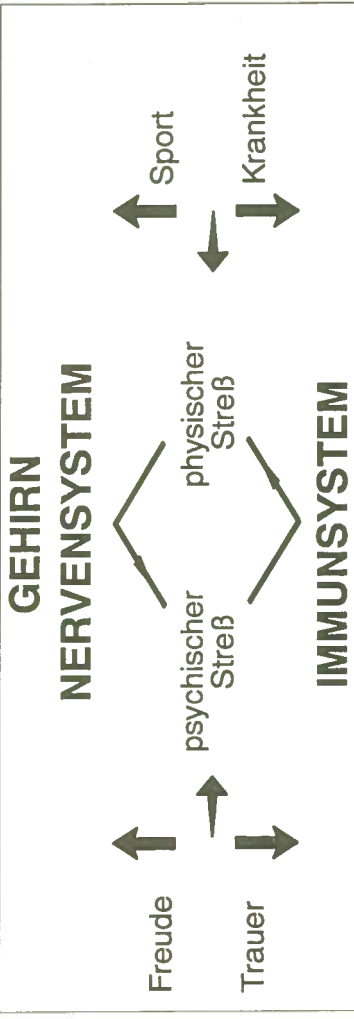


Abb.1: Psychoneuroimmunologische Beziehungen zwischen Sport, Immunsystem und Zentralnervensystem

Auf den Zusammenhang von Psyche und Immunsystem soll später noch genauer eingegangen werden. Darüber hinaus ist die Teilnahme an internationalen Veranstaltungen oft an veränderte äußere Faktoren gebunden. Dazu zählen eine mögliche Zeitumstellung, ein Klimawechsel sowie eine veränderte Ernährungsweise, was unter Umständen zu einer weiteren Schwächung des Immunsystems führen kann, so daß sich die Gefahr einer Infektion durch Bakterien oder Viren erhöht. In der Vergangenheit schalteten diese Infekte immer wieder Favoriten aus und ließen so Medaillenträume platzen. Ein prominentes Opfer der vorletzten Olympischen Spiele (1988) war der weltbekannte englische Mittelstreckler Sebastian Coe, der wegen einer Infektion der Atemwege die Qualifikation für Seoul verpaßte (Fitzgerald 1988). Zur Zeit der Olympiade war er jedoch in Topform und hätte bei einer Teilnahme gute Medaillenchancen gehabt. Die Zahl der einzelnen Fallbeispiele von bekannten Hochleistungssportlern könnte beliebig vergrößert werden. Doch dieses Phänomen beschränkt sich nicht nur auf den absoluten Spitzensport, sondern ist auch an anderen Sportlern zu beobachten, wie Untersuchungen an amerikanischen Studenten belegen. Bei einem Ausbruch einer infektiösen Hepatitis an einem College erkrankten fast alle Mitglieder des Football-Teams, während die übrigen Studenten von der Infektion verschont blieben (Morse et al. 1972). Ebenso wird in anderen Studien ein vermehrtes Auftreten von Erkrankungen der oberen Luftwege oder von Viruserkrankungen innerhalb der Fußball- und Footballmannschaften im Gegensatz zu den untrainierten Mitschülern beschrieben (Krikler und Zilberg 1966, Jokl und Jokl 1968, Weinstein 1973, Baron et al. 1982, Douglas und Hanson 1987). Darüber hinaus besteht die Gefahr, daß die Dauer und das Ausmaß der Krankheit durch sportliche Anstrengungen während der Inkubationsphase vergrößert werden (Russell 1949), was bei Leistungssportlern zu einem längeren Trainingsausfall führt und entsprechende Leistungseinbußen mit sich bringt (Daniels et al. 1985). Ebenso erhöht sich auch das Risiko eines Rückfalls oder einer Superinfektion, wenn der Sportler während oder zu früh nach einer Krankheit das Training wieder aufnimmt (Horstmann 1950, Rosenbaum und Hardford 1953, Roberts 1986). Daher sollten in den ersten zwei Wochen nach einer Infektion anstrengende Belastungen vermieden werden, da die Gefahr einer viralen Kardiomyopathie besteht (Burch 1979). Für den Topathleten ergibt sich dadurch eine schwierige Konfliktsituation. Auf der einen Seite stehen das Interesse an einer langfristigen Erhaltung der eigenen Gesundheit und der Rat der Ärzte, die möglichst risikolos die Gesundheit wiederherstellen und erhalten möchten, was für eine längere Erholungsphase spricht. Auf der anderen Seite stehen dagegen die möglichen finanziellen Gewinne und das nationale Interesse, bzw. das Interesse von Sponsoren, Vereinen, Mannschaftskameraden etc.,

sind auf jeden Fall Leistungseinbußen zu erwarten. Die Vermeidung oder die frühe Erkennung von Infektionen spielen daher für die Spitzensportler eine entscheidende Rolle, denn der sportliche Erfolg ist heute eng an den finanziellen Gewinn gekoppelt. Die zunehmende Kommerzialisierung des Sports hat auf ihre Weise zu einer ständig wachsenden Bezahlung der Sportler geführt. Wenn man sich vor Augen führt, daß 1991 ein Baseballspieler in den USA für einen Fünfjahresvertrag mehr als 20 Millionen Dollar erhielt oder die Gewinnsumme beim zur Zeit höchstdotierten Tennisturnier bei 2 Millionen Dollar liegt, muß erkannt werden, daß auch in diesem Bereich neue Dimensionen erreicht wurden. Ein Topathlet kann heutzutage mit seiner körperlichen Leistungsfähigkeit sein Jahreseinkommen und darüber hinaus sogar sein Lebensseinkommen verdienen, wenn er diese oft nur wenige Jahre dauernde Zeitspanne seines sportlichen Höhepunktes ohne größere gesundheitliche Probleme übersteht. Eine gut ausgebildete Physis schützt ihn dabei vor Verletzungen, und ein intaktes Immunsystem schützt ihn vor Infektionen. Daher gewinnt heute eine begleitende immunologische Überwachung neben der Trainingssteuerung und Leistungsdiagnostik eine immer größere Bedeutung im Spitzensport. Weiterhin wird durch den Termindruck und die oft enge Wettkampflplanung nach einer Infektion häufig zu früh das Training wieder aufgenommen. Dies kann zu gefährlichen unmittelbaren gesundheitlichen Schäden führen oder zu Folgeschäden, die das weitere Leben der Athleten beeinträchtigen. In Extremfällen kann es sogar das Leben kosten, wie der Fall Birgit Dressel gezeigt hat, bei dem die Summation von psychischem und physischem Stress plus medizinischer Polypragmasie zu einer Superposition verschiedener Syndrome geführt hat, die eine klare Diagnosestellung nicht mehr erlaubten. Auf diese Problematik wird am Ende unserer Ausführungen noch einmal eingegangen.

Derartige Gefährdungen beschränken sich leider nicht nur auf den Leistungssport, sondern können auch beim teilweise sehr unkontrollierten Sporttreiben vieler Breitensportler auftreten.

Als Beispiel könnte man Stadtmaraathonläufe und sogar 100 km "Volksläufe" anführen. Denn häufig wird bei ehrgeizigen, in den Altersklassen ambitionierten Breitenleistungssportlern, das Training mit zu hoher Intensität und zu großem Umfang durchgeführt. Aufgrund fehlender ärztlicher Kontrolle kann es so zu ernsthaften Erkrankungen, wie z.B. zu einer Virusmyokarditis oder Nierenbeckenentzündung kommen.

Das Phänomen der Infektanfälligkeit beim Leistungssportler

In der sportmedizinischen Literatur finden sich viele Hinweise auf eine erhöhte Infektanfälligkeit von Spitzensportlern (Maidorn 1972, Grimm 1973, Jokl 1974, Maidorn 1974, Kropp et al. 1976, Maierski 1976, Peters und Bateman 1983, Peter 1986, Ricken und Kindermann 1986, 1987, Simon 1987, Stang-Voss 1987, Fitzgerald 1988). Oft handelt es sich dabei um leichtere Infektionen der Atemwege, des Urogenitalsystems oder des Verdauungssystems, die zu einem Trainingsausfall oder zu einem Leistungsabfall führen. Diese Infekte treten gehäuft vor wichtigen Wettkämpfen auf, also in Phasen, in denen die Grenzen der körperlichen Belastbarkeit teilweise überschritten werden, wie es vor Weltmeisterschaften oder Olympiaden der Fall ist. Hinzu kommt der psychologische Druck durch die Erfolgserwartung von Trainern, Verbänden, Sponsoren sowie des eigenen Publikums, der sich immunologisch negativ auswirken kann. Man kann also sagen, daß sich beim Hochleistungssportler psychischer und physischer Stress in ihrer Wirkung auf das Immunsystem addieren (Abb. 1).

die an schnellen Erfolgen interessiert sind. Daher spielen die Prophylaxe und die Früherkennung von Infektionen eine immer größere Rolle, um die Hochleistungssportler vor Krankheiten zu schützen und eine auftretende Beeinträchtigung durch banale Infektionen so gering wie möglich zu halten. Dieses Problem beschränkt sich natürlich nicht auf die Hochleistungssportler, denn ähnliche Belastungssituationen können auch bei anderen Sportlern, die nicht zu den Topathleten gehören, und bei Breitensportlern auftreten, falls sie sich durch meist übertriebenen Ehrgeiz weitausgehenden Stresssituationen aussetzen. Die Gefahren sind in diesem Bereich oft noch größer, weil hier die ärztliche Kontrolle völlig fehlt, und der Hausarzt in der Regel überfordert ist, da weder das Fach Sportmedizin noch das Fach Immunologie Bestandteil der ärztlichen Examens- bzw. Approbationsordnung ist. Die Zusatzbezeichnung Sportmedizin kann in der Regel nur nach der Niederlassung in zeitaufwendigen Wochenendkursen sukzessiv erworben werden und ist oft mit größeren Reisen verbunden.

Mögliche Gefahren und Ursachen der Infektanfälligkeit

Die Ansteckungsgefahren und Infektionsmöglichkeiten von Spitzensportlern und Normalpersonen unterscheiden sich während des normalen Tagesablaufes grundsätzlich nicht. Durch das Training und die Wettkämpfe werden jedoch teilweise Bedingungen geschaffen, die den Ausbruch einer Infektion begünstigen können (Abb. 2).

- Erhöhte Infektionsgefahr der Atemwege durch gesteigertes Atemminutenvolumen bei Training und Wettkampf
- Verstärkte Durchblutung erhöht die Permeabilität der Schleimhäute
- Verminderte Produktion von Bakterien neutralisierendem Surfactant
- Unterkühlungszustände bei schlechten Witterungsbedingungen begünstigen Infektionen
- Verbesserte Vermehrungsbedingungen von Bakterien unter Hitzebedingungen
- Ernährungsbedingte Mängel im Mineralhaushalt (Magnesium, Zink, Kalzium, Eisen, Selen, etc.)
- Ernährungsbedingte Mängel im Vitaminhaushalt, insbesondere Vitamin C
- Leichte Übertragungsmöglichkeiten durch Benutzung gleicher hygienischer Einrichtungen (Umkleiden, Dusche, Sauna, Enispannungsbäder)
- Erhöhter Umsatz von Leukozyten und Immunglobulinen
- Metabolische Extremsituationen (starke Azidosen) wirken immunsuppressiv
- Steigende Hormonkonzentrationen mit immunologisch suppressiven Wirkungsweisen (Cortisol)
- ungünstige Abwehrlage, z.B. Immunglobulinmangel
- häufige Ernährungsumstellung verbunden mit immunologisch unbekanntem Antigenen in der Nahrung
- psychische Belastungen

Abb. 2: Mögliche Ursachen der Infektanfälligkeit von Hochleistungssportlern

Die oberen und unteren Atemwege werden durch ein erhöhtes Atemminutenvolumen einer vermehrten bronchopulmonalen Keimbelastung ausgesetzt. Eine gesteigerte Durchblutung erhöht die Permeabilität der Schleimhäute und stört die Surfactantproduktion, die sich immunsuppressiv auswirken kann (Peter 1986). Die Lektinkomponente des gebildeten Surfactant kann Bakterien binden und der Phagozytose zuführen. Man kann sagen, daß die Surfactantbildung insgesamt das sogenannte Immunsystem der Lunge stimuliert und aktiviert (Saltini et al. 1991). Extreme Witterungsbedingungen können ebenfalls beim Training oder Wettkampf eine Rolle spielen. Bei sehr niedrigen Temperaturen kann es zu Unterkühlungszuständen kommen, extreme Hitze kann zu einem hohen

Wasserverlust und zu Störungen des Mineralhaushaltes führen. Dies wird noch verstärkt, wenn durch falsche Ernährungsweise schon vorher Mangelerscheinungen im Mineralhaushalt vorlagen. Dabei ist auch der Wechsel von Klimazonen für Infektionen des Magen- und Darmtraktes von Bedeutung. So stellt z.B. der Turnierplan eines Tennisprofis eine bunt gemischte Weltreise dar. Bei der engen Terminplanung der Topspieler fehlt dem Organismus jedoch die Zeit zur Adaptation an die jeweils vorliegenden klimatischen Bedingungen und zur Zeitumstellung. Ebenso kommt die Regenerationsphase meist zu kurz, es sei denn, der Spieler scheidet früher aus, als es erwartet wurde. Eine Übertragung von Infekten wird durch das Training in Gruppen oder Mannschaften weiterhin begünstigt, da neben der Zeit im Training oft gemeinsame sanitäre und hygienische Einrichtungen (Umkleideräume, Toiletten, Sauna, Entspannungsbäder) benutzt werden (Roberts 1986, Simon 1987). So besteht die Gefahr, daß während der Inkubationsphase Krankheitserreger von einem infizierten Sportler unbemerkt auf seine Mannschaftskameraden übertragen werden, z. B. Mycosen. Einen weiteren Aspekt stellt die hormonelle Antwort des Körpers auf die physischen und psychischen Belastungen dar. So werden vermehrt Glucocorticoide wie Cortisol produziert, die eine dämpfende Wirkung auf einige Abwehrzellen ausüben. Allerdings stellt dies auch einen Schutzmechanismus vor einer überstarken Immunantwort dar bzw. schützt vor Autoimmunerkrankungen und ist in seiner Wirkung letztendlich schwer zu beurteilen. Mit Sicherheit tragen aber Entspannungsphasen auch zur immunologischen Entlastung bei. Dies bezieht sich ebenfalls auf den Stress, der durch psychologische oder soziale Belastungen (finanzielle Angelegenheiten, Medien, Partnerschaft etc.) entsteht, der aber nicht direkt mit dem Training oder Wettkampf in Verbindung steht. In diesem Bereich ist das Umfeld der Athleten nicht zu unterschätzen, insbesondere in den Phasen, in denen die Erfolgserwartungen nicht ganz erfüllt werden konnten.

Mit Sicherheit ist ein hundertprozentiger Schutz vor Erregern aller Art unmöglich, jedoch können gezielte prophylaktische Maßnahmen die Zahl der Infektionen erheblich vermindern. Eine grundsätzliche Voraussetzung ist eine begleitende ärztliche Betreuung, die über die üblichen Herz-Kreislaufwerte und Parameter der Leistungsdiagnostik hinausgeht. Nur eine kontinuierliche immunologische Überwachung kann Informationen über die individuelle Abwehrsituation liefern, die dazu beitragen, Infektionen früh zu erkennen und schnell zu unterdrücken. Wenn so auch nicht alle Krankheiten vermieden werden, kann jedoch das Ausmaß eingeschränkt werden, und die Gefahr einer Super- oder Koinfektion erheblich verringert werden. Zur weiteren Prophylaxe gehört mindestens zweimal im Jahr der Gang zum Zahnarzt, um unbemerkte Infektionsherde auszuschließen. Ein entzündeter Zahn kann die Leistungsfähigkeit erheblich beeinträchtigen, ohne daß die Entzündung vom Athleten wahrgenommen wird. Eine weitere Vorsorge kann durch die übliche Palette der Impfungen getroffen werden (Tetanus, Polio, Röteln, etc.). In unseren gemäßigten Breitengraden empfehlen sich Gripeschutzimpfungen, die sich in der Vergangenheit positiv bei Leichtathleten ausgewirkt haben (Maidorn 1974). Bei Auslandsreisen wurde über eine erfolgreiche Substitution von Immunglobulinen berichtet (Maidorn 1972, Kropp et al. 1976, Mairski 1976), wobei auch andere vorbeugende Maßnahmen gegen Thyphus, Malaria oder Cholera nicht außer acht gelassen werden dürfen. Die bereits angesprochenen Mangelzustände im Bereich des Mineralien- und Vitaminhaushaltes sind durch eine entsprechende Ernährungsweise zu vermeiden. Eine weitere Möglichkeit zur Aktivierung oder Stabilisierung des Immunsystems bieten heute eine Reihe von Immunstimulatoren oder Immunmodulatoren (Pulverer et al. 1990, Liesen

und Uhlenbruck 1992). Die verschiedenen Formen der Immunstimulation können sowohl endogen als auch exogen induziert werden (Abb. 3).

I. Endogen: Aktivierung körpereigener Abwehrkräfte

- 1) psychisch durch Eustress
- 2) physisch durch moderates Sporttraining
- 3) durch immunmodulatorische Peptide der Darmflora

II. Exogen: Sekundäres Aktivieren des Immunsystems

- 1) durch Fremdstoffe
 - a) Bakterienextrakte (BCG, Propioni, usw.) sowie halbsynthetische Derivate (Hefe)
 - b) pflanzliche Stimulantien (Mistel, Echinacea, usw.)
 - c) tierische Extrakte (z.B. Thymus)
- 2) durch körpereigenes Material, z.B. Tumorzellen
 - a) normal oder mit Lektin beladen
 - b) mit Neuraminidase behandelt
 - c) Reinfusion von extrakorporal stimulierten Immunozyten

Abb. 3: Formen der Immunsituation: aktiv-unspezifisch (verändert nach Uhlenbruck und Mitarbeiter 1990)

Die Wirkungsweise dieser Präparate kann individuell sehr unterschiedlich ausfallen. Zur Zeit liegen noch keine wissenschaftlich abgesicherten Erkenntnisse aus dem Bereich des Leistungssports vor, da entsprechende Langzeitstudien fehlen oder das Untersuchungsgut sich auf vereinzelte Fälle ohne entsprechende Kontrollgruppen beschränkt. Hier spielen Erfahrungswerte, die über Jahre im Training gesammelt wurden, und die Verträglichkeit von Präparaten eine Rolle. In diesem Zusammenhang muß auch unbedingt die Zusammensetzung der Medikamente beachtet werden, damit nicht gegen die Dopingregeln verstoßen wird. Außerdem können auch altbekannte Wirkstoffe wie Acetylsalicylsäure (ASS), die nicht auf der letzten aktuellen Dopingliste aufgeführt sind (Donike und Rauth 1990), zur Prophylaxe eingesetzt werden. Denn neueste Untersuchungen aus den USA konnten belegen, daß nach oraler ASS-Aufnahme erhöhte Plasmakonzentrationen von Interferon und Interleukin-2 zu beobachten waren (Hsia et al. 1989a,b), was auf eine Aktivierung des Immunsystems hinweist. Aber auch dazu liegen noch keine wissenschaftlichen Erkenntnisse aus dem Bereich des Leistungssports vor, die über Erfahrungswerte einiger Athleten hinausgehen.

Immunstatus von Hochleistungssportlern

Die immunologischen Veränderungen, die als Folge eines über Jahre durchgeführten Hochleistungstrainings anzusehen sind, spiegeln sich im Immunstatus vieler Athleten wider. Bei der Bestimmung von immunologischen Parametern liegen die Sportler meist unterhalb oder nur knapp über der unteren Grenze der Normwerte. Eine allgemeine Aussage über den aktuellen Zustand des Immunsystems liefert eine Analyse des Blutplasmas und das weiße Blutbild. Schon die Gesamtzahl der Blutleukozyten liegt bei einigen Sportlern

im pathologischen Bereich, denn teilweise wird von weniger als 1500 Leukozyten pro μ l Blut berichtet (Farris 1943, Green et al. 1981, Dorner et al. 1987, Janssen et al. 1989). Bei der Bestimmung von Subpopulationen und deren Funktionen ist ebenfalls ein Abfall zu beobachten, der oft in Abhängigkeit zur Belastungsintensität steht (Mateev et al. 1985, Ricken und Kindermann 1986, 1987). Bei Athleten mit großer Ausdauerleistungsfähigkeit liegen niedrigere Zellzahlen für Monozyten und Lymphozyten vor, wobei es zusätzlich zu einer Verschiebung von Lymphozytenpopulationen kommt (Gabriel et al. 1992). Dabei zeigen die Ruhewerte weniger T-Zellen, T₄-Zellen und NK-Zellen. Aus eigener Erfahrung kann das Verhältnis der T₄/T₈-Zellen bei Hochleistungssportlern teilweise soweit abfallen, daß sie im Bereich der AIDS-Patienten liegt. Im Blutplasma und den Sekreten der Atemwege können verringerte Konzentrationen von Immunglobulinen gemessen werden, die Hinweise für eine reduzierte Abwehrkraft und eine erhöhte Infektanfälligkeit liefern (Jokl 1931a, Maidorn 1972, Grimm 1973, Kropp et al. 1976, Maier 1976, Tomasi et al. 1982, Weiss et al. 1985, MacKinnon et al. 1988). So konnte in einer Studie belegt werden, daß in Abhängigkeit von der Laufleistung ein größerer Trainingsumfang mit vermehrten Infektionen der oberen Atemwege einhergeht (Heath 1991). Bei einem großen Anteil der Leistungssportler ist die Konzentration von Lysozym reduziert, was eine Beeinträchtigung der unspezifischen Abwehr im Blut bedeutet (Ricken und Kindermann 1986). Die geringe Aktivität des C1-Esteraseinhibitors im Blutplasma von Ausdauerathleten kann als ständige Überlastung des Komplementsystems interpretiert werden, wodurch ein wichtiger unspezifischer Abwehrmechanismus an Funktionsfähigkeit verliert (Berg et al. 1989). Andererseits werden durch den sportlichen Streß auch positive Effekte im Serum festgestellt. Bei der sportlichen Belastung werden außerdem, hervorgerufen durch die Wirkung von Interleukinen, vor allem auf die Leber, sogenannte Akute-Phase-Reaktanden mobilisiert, die als eine Form schnell verfügbarer, aber unspezifischer Abwehrstoffe gelten. Vor allem ist hier das C-reaktive Protein zu erwähnen, welches Komplement aktivieren kann, Opsonin-Wirkung auf Neutrophile und Makrophagen ausübt, die Anti-Tumor-Wirkung von Makrophagen aktiviert, und dadurch insgesamt die Phagozytose stimuliert. Es spielt ebenfalls eine Rolle bei den "Reparatur-" und Auf-räumarbeiten im entzündeten Gebiet (Abb. 4).

I. I-1 plus IL-6 (plus IL-11): Typ 1 Akute Phase Reaktanden

- 1) α 1-saures Glykoprotein
- 2) Komplement C 3
- 3) Hemopexin
- 4) Serum Amyloid A

II. IL-6 plus LIF (Leukemia inhibitor factor) plus IL-11: Typ 2 Akute Phase Reaktanden

- 1) Fibrinogen
- 2) Thiostatin
- 3) α 1-Antichymotrypsin
- 4) α 1-Antitrypsin
- 5) α 2-Makroglobulin
- 6) CRP (C-reaktives Protein)
- 7) Serumlektine (Conglutinin u.a.)

Abb. 4: Akute-Phase-Proteine, welche im Sport mobilisiert werden

Der beim sportlichen Belastungsreiz auftretende Entzündungsvorgang ist in Abb. 5 dargestellt. Die beiden ersten Schritte werden durch Interleukine (IL-1, IL-6, IL-11 usw.) bewirkt, während die dadurch ebenfalls vermehrt gebildeten Adhäsionsmoleküle sowohl auf Seiten der Zellen (Leukozyten, Monozyten) als auch auf Seiten des Endothels dafür sorgen, daß diese Zellen in das entzündete Gewebe einwandern können.

Abb. 5: Die neue Interpretation der Entzündungskaskade unter Einbeziehung der Adhäsionsmoleküle. Das Durchwandern des Endothels ist ohne "up-regulation" von Adhäsionsmolekülen sowohl auf Seiten der Immunozyten, als auch auf Seiten der Endothelzellen nicht möglich.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch der beschriebene Magnesiummangel, denn eine Hypomagnesiämie führt zu einer verminderten Komplementaktivierung, hemmt die NK-Zellen, die T-Lymphozyten und die Plasmazellen, unterdrückt die Proteinsynthese und beeinträchtigt die Produktion von Immunglobulinen (Classen 1982, Ricken und Kindermann 1986). In diesem Fall stellt ein ausgeglichener Mineralhaushalt eine weitere Grundlage für ein intaktes Abwehrsystem dar. Ein Zinkmangel kann sich ebenfalls negativ auf die immunologische Reaktionslage auswirken, indem Funktionen von Granulozyten, Monozyten und Lymphozyten gestört werden (Ricken und Kindermann 1986). Weiterhin übt eine Hypokalzämie eine suppressive Wirkung auf die Phagozyten und die T-Lymphozyten aus. Daher sollte häufiger eine Bestimmung der Magnesium-, Zink-, Kalzium- oder auch der Selenwerte erfolgen, falls in diesem Bereich Mangelerscheinungen zu erwarten sind. Ebenso wirkt sich ein Vitaminmangel, insbesondere von Vitamin C, negativ auf das Immunsystem aus (Brouns und Saris 1988). Eine ausreichende Versorgung mit Vitamin C kann problemlos abgedeckt werden, da Ascorbinsäure als Pulver sehr kostengünstig und in Getränken gut lösbar ist.

Insgesamt zeichnet sich das Bild einer teilweise geschwächten Immunabwehr bei Leistungssportlern ab. Der hier aufgezeigte Immunstatus von Spitzensportlern stellt jedoch nur die Spitze eines Eisberges dar, denn die Mehrzahl der Athleten ist weniger erfolgreich und steht nicht so im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Obwohl sie ein vergleichbares Trainingspensum absolvieren, fehlt ihnen eine gleichwertige medizinische Betreuung (Fitzgerald 1991). Eine über mehrere Jahre dauernde immunologische Suppression läßt damit auch spätere Folgeschäden erwarten, die zur Zeit noch nicht genau zu fassen sind, da sich der extreme Spitzensport am Rande der körperlichen Möglichkeiten erst in den letzten zwanzig Jahren etabliert hat. Diese Vermutungen müssen in Zukunft durch wissenschaftliche Studien belegt werden, wenn ausreichende Daten über die "erste, echte Generation" der Hochleistungssportler vorliegen. Denn vor der Kommerzialisierung des Sports lagen die körperlichen Belastungen in der Regel im Bereich der heutigen Breitensportler. Damit muß aus immunologischer und ärztlicher

SPECTRUM 1993 / 1

Sicht vor körperlichen Überbelastungen, wie sie im Hochleistungssport auftreten, gewarnt werden.

Wirkung von sportlicher Aktivität auf immunologische Parameter

Es fällt zur Zeit noch schwer, allgemeingültige Aussagen über den Einfluß von Sport auf das Immunsystem abzuleiten. In vielen Studien wird die Wirkung von körperlicher Belastung auf einzelne immunologische Parameter untersucht. Vergleichbarkeit ist jedoch oft nicht gegeben, da nur wenige Studien in ihrem experimentellen Design übereinstimmen. Einen entscheidenden Faktor stellt die Art, die Dauer und die Intensität der gewählten körperlichen Belastung dar, die von fünfminütigem Treppensteigen (Edwards et al. 1984) bis hin zu Langläufen über 160 km (Dickson et al. 1982) variiert. Weiterhin werden die Befunde anhand unterschiedlicher Probanden erhoben, die sich bezüglich ihres Alters, Geschlechts und Trainingszustandes unterscheiden. Aber auch die Reaktionsweise des Immunsystems wird mit Hilfe sehr unterschiedlicher Verfahren bestimmt. Einige Wissenschaftler beschränken sich dabei lediglich auf quantitative Veränderungen der Bluteukozyten und deren Subpopulationen, die als Leukozytose nach der Belastung diagnostiziert wird, deren klinische Bedeutung jedoch bis heute noch nicht geklärt ist. Dies kann u.a. daran liegen, daß die Gesamtzahl der Leukozyten schon nach zwei bis drei Stunden wieder im Normbereich liegt. Daher ist diese quantitative Verschiebung alleine nicht sehr aussagekräftig und bedarf der Ergänzung durch funktionelle Tests zur genaueren Bestimmung der immunologischen Abwehrlage. Darüber hinaus stellen die Untersuchungen oft nur punktuelle Bestimmungen von einzelnen Parametern dar, wobei es oft wünschenswert wäre, wenn mehrere Meßzeitpunkte vorliegen würden, um Aussagen über die Kinetik der Veränderungen ableiten zu können. Dabei ergeben sich in der Praxis allerdings oft Schwierigkeiten durch die zeitlich begrenzte Verfügbarkeit der Probanden und durch die Tatsache, daß für aufwendige Testverfahren zur Isolation von Zellpopulationen (NK-Zellen, Monozyten, T- oder B-Lymphozyten) bis zu 100 ml venöses Blut abgenommen werden müssen, wodurch sich die Zahl der Untersuchungszeitpunkte von selbst begrenzt.

Die ersten Ergebnisse, die eine ausgeprägte Leukozytose nach einer intensiven sportlichen Belastung (Marathonlauf) beschreiben, liegen fast ein Jahrhundert zurück (Larrabee 1902). Die nachfolgenden Untersuchungen konnten ebenfalls einen Anstieg der Bluteukozyten auf 14 000 bis 35 000 weiße Zellen pro μ l Blut dokumentieren. Dabei führen Belastungen von kurzer Dauer (bis zu 30 Minuten) zu einer verstärkten Lymphozytose (Egoroff 1924, Hartmann und Jokl 1930, Jokl 1931b, Edwards und Wood 1933, Karpovich 1935, Meyer und Pella 1947, Rohde und Wacholder 1953, Andersen 1955, Steel et al. 1974, Hedfors et al. 1976, Yu et al. 1977, Hedfors et al. 1978, Bieger et al. 1980, Weiss et al. 1981, Soppi et al. 1982, Tomasi et al. 1982, Hedfors et al. 1983, Edwards et al. 1984, Simon 1984, Gimenez et al. 1986, Röcker und Franz 1986, Christensen und Hill 1987, Gimenez et al. 1987, Masuhara et al. 1987, Tchorzewski et al. 1987). Längere und intensivere Belastungsformen lösen dagegen eine Mobilisierung der Granulozyten aus, die als Granulozytose nachgewiesen werden kann (Isaacs und Gordon 1924, Egoroff 1924, Hartmann und Jokl 1930, Jokl 1931b, Edwards und Wood 1933, Karpovich 1935, Ahlborg und Ahlborg 1970, Eskola et al. 1978, Wells et al. 1982, Simon 1984, Davidson et al. 1986, Röcker und Franz 1986, Lewicki et al. 1987, Nieman et al. 1989, Espersen et al. 1990). Während die Gesamtzahlen wenig aussagefähig sind, liefert die Bestimmung von Lymphozytensubpopulationen bessere Hinweise zur aktuellen

SPECTRUM 1993 / 1

Abwehrlage. Von diagnostischer Bedeutung ist das Verhältnis von T₄-(helper/inducer)-Lymphozyten zu den T₈-(suppressor/cytotoxic)-Lymphozyten. Sportliche Belastungen führen zu einer Verkleinerung des T₄/T₈-Quotienten bis in pathologische Bereiche (Hedfors et al. 1983, Landmann et al. 1984, Berk et al. 1985, Brahmai et al. 1985, Christensen und Hill 1987, Tchorzewski et al. 1987, Berk et al. 1988, Keast et al. 1988, Lewicki et al. 1988, Kindermann et al. 1989, Werle et al. 1989, Espersen et al. 1990, Ricken et al. 1990). Eine andauernde Reduktion der Ratio wirkt sich immunologisch suppressiv aus, da sie zu einer erhöhten Infektanfälligkeit führt (Hansbrough et al. 1984, Nash 1986). Eine vergleichende Betrachtung der Studien, die darüber hinaus auch Funktionen der Leukozyten bestimmen, ergibt kein einheitliches Bild, denn einerseits wird eine Aktivierung, andererseits eine Suppression beschrieben. So nimmt die Phagozytosefähigkeit der Granulozyten mit steigenden und maximalen Belastungen ab (Eberhardt 1971, Petrova et al. 1983, Lewicki et al. 1987), obwohl die Zahl der Granulozyten erheblich ansteigt (s.o.). Inwieweit hier eine kompensatorische Wirkung eintritt, ist schwer zu beurteilen. Im Gegensatz dazu wird von einer unveränderten (Bieger et al. 1980, Weiss et al. 1981) oder verbesserten Phagozytoseleistung der Monozyten und Makrophagen nach körperlichen Belastungen im Tierversuch und beim Menschen berichtet (Fehr et al. 1988, 1989, Woods et al. 1990). Diese Aktivierung drückt sich auch in einer Steigerung des Energiestoffwechsels und der Produktion von hydrolytisch lysosomalen Enzymen aus (Weiss et al. 1981, Edwards et al. 1984, Fehr et al. 1988, 1989). Auch erhöhte Plasmakonzentrationen von Interleukin-1, Interleukin-6 und Interferon nach sportlichen Belastungen weisen auf eine Aktivierung des Monozyten-Makrophagen-Systems hin. Diese Tatsache ist von Bedeutung, weil die Makrophagen über ihre Funktion innerhalb der unspezifischen Abwehr hinaus als antigenpräsentierende Zellen die Lymphozyten-differenzierung und -proliferation regulieren (Dougherty und McBride 1986, Unanue 1978). Damit spielt das Monozyten-Makrophagen-System eine wichtige Rolle, sowohl im afferenten als auch im afferenten Schenkel des Immunsystems (Bursucker und Goldman 1983, Roitt et al. 1987).

Ein ähnliches Reaktionsmuster zeigen auch die NK- bzw. Killerzellen nach unterschiedlichen körperlichen Belastungen. Neben einer passiven Mobilisierung, die sich in einer erhöhten Zahl ausdrückt, ist auch eine gesteigerte Cytotoxizität als Zeichen einer Aktivierung zu beobachten (Hedfors et al. 1976, 1978, Targan et al. 1981, Hirsens und Malham 1983, Edwards et al. 1984, Brahmai et al. 1985, Deuster et al. 1988, Pedersen et al. 1988, Fiatarone et al. 1989, Nieman et al. 1989, Espersen et al. 1990, Pedersen et al. 1990, Pedersen 1991). Diese Aktivierung ist jedoch nur von relativ kurzer Dauer, denn schon ein bis zwei Stunden nach der körperlichen Belastung ist eine Abnahme der NK-Zellzahl und -aktivität unter das Ausgangsniveau festzustellen, das erst wieder nach 20 - 24 Stunden erreicht wird (Tomasi et al. 1982, Brahmai et al. 1985, Pedersen et al. 1988, 1990).

Abb.6: Einfluß von sportlicher Ausdauer auf den Funktionszustand von Körperzellen

Inwieweit diese Phase der Suppression nach einer kurzen Aktivierung für die Infektanfälligkeit vieler Athleten verantwortlich gemacht werden kann, ist schwer zu beurteilen. Um eindeutigere Aussagen zu dieser

Zelle und Sport



SPECTRUM 1993 / 1

Problematik ableiten zu können, müssen weitere Studien angestrebt werden, die über die quantitativen Bestimmungen der Leukozyten hinaus Funktionstests an mehreren Zeitpunkten nach Belastungsende durchführen. Insgesamt kann man die Beziehungen zwischen Zelle und Sport in einem zusammenfassenden Schema so darstellen, wie das in Abb. 6 aufgezeigt ist. In dieser Abbildung sind vorwiegend die qualitativen Aspekte berücksichtigt, die vor allem beim Ausdauersport ein entscheidende Rolle spielen, während bei der kurzfristigen Belastung des Untrainierten vorwiegend quantitative Veränderungen als Reaktion zu beobachten sind.

Immunologische Wirkung von extremen Belastungen

Zur Bestimmung der Intensität von körperlichen Belastungen werden üblicherweise viele, einfach meßbare Parameter wie Herzfrequenz, Blutdruck, Atemminutenvolumen etc. herangezogen. Bei einer Leistungsdiagnostik zur Trainingssteuerung werden u.a. die Laktatwerte und die maximale Sauerstoffaufnahme ermittelt. Dagegen ist die Bestimmung immunologischer Parameter wesentlich aufwendiger und Veränderungen werden erst bei intensiven Belastungsformen deutlich sichtbar. So ist es nicht verwunderlich, daß in der Vergangenheit zunächst extreme Belastungen wie Marathon- oder Ultralängläufe gewählt wurden. Die nun folgenden Ausführungen beschränken sich auf den Marathonlauf als Belastungsform und sollen deutlich machen, wie schwierig es ist, trotz der übereinstimmenden Belastung aus den Mosaiksteinen der einzelnen Untersuchungen ein einheitliches Bild vom Einfluß auf das Immunsystem zu erkennen. Übereinstimmend wird eine Belastungsleukozytose beschrieben, die sich bei differenzierter Betrachtung als Granulozytose darstellt. Dabei handelt es sich also um eine verstärkte Mobilisierung der Granulozyten (Larrabee 1902, Isaacs und Gordon 1924, Eskola et al. 1978, Wilkerson et al. 1979, Wells et al. 1982, Peters und Bateman 1983, Davidson et al. 1986, Nieman et al. 1989). Die Monozytenzahl steigt im Vergleich dazu verhältnismäßig schwach an (Dickson et al. 1982, Davidson et al. 1986, Nieman et al. 1989). Die Lymphozytenzahl verändert sich nach einem Marathonlauf kaum oder zeigt sogar eine fallende Tendenz (Nieman et al. 1989). Allerdings nimmt die durch Lektine induzierte Proliferation der Lymphozyten ab (Eskola et al. 1978). Die Hemmung der Lymphozyten kann mit den steigenden Plasmawerten von Cortisol erklärt werden (Eskola et al. 1978, Nieman et al. 1989). Während die Leukozytenzahlen nach 20 - 24 Stunden wieder ihr Ausgangsniveau erreichen (Nieman et al. 1989), benötigt die nach einem Marathonlauf abgefallene Serumkonzentration der Immunglobuline bis zu vier Tagen für ihre vollständige Regeneration (Israel et al. 1982).

Wie schwierig eine Beurteilung dieser Ergebnisse bezüglich der Abwehrbereitschaft ist, zeigt die kontroverse Diskussion in der Literatur. Während auf der einen Seite kein Zusammenhang zwischen der sportlichen Belastung (Marathonlauf) und der Infektanfälligkeit gesehen wird (Green et al. 1981, Israel et al. 1982), weisen auf der anderen Seite Befunde auf einen Zusammenhang hin. So konnte bei 150 Marathonläufern, die einen Tag vor und 14 Tage nach dem Wettkampf untersucht wurden, festgestellt werden, daß die Zahl der Infekte der oberen Atemwege ca. 18 % höher lag als bei einer Kontrollgruppe. Je schneller die Läufer waren, desto häufiger traten die Symptome auf (Peters und Bateman 1983). Diese Befunde zeigen, wie schwierig die Interpretation der Veränderungen von immunologischen Parametern ist, selbst wenn die Belastung identisch ist. Noch schwieriger stellt sich der Vergleich und die Beurteilung von Studien dar, wenn die Reaktionen des Immunsystems auf unterschiedliche

SPECTRUM 1993 / 1

Belastungsformen untersucht wurde. Außerdem müssen auch noch andere Faktoren, die die Immunabwehr beeinflussen können, beachtet werden (s. Abb. 7).

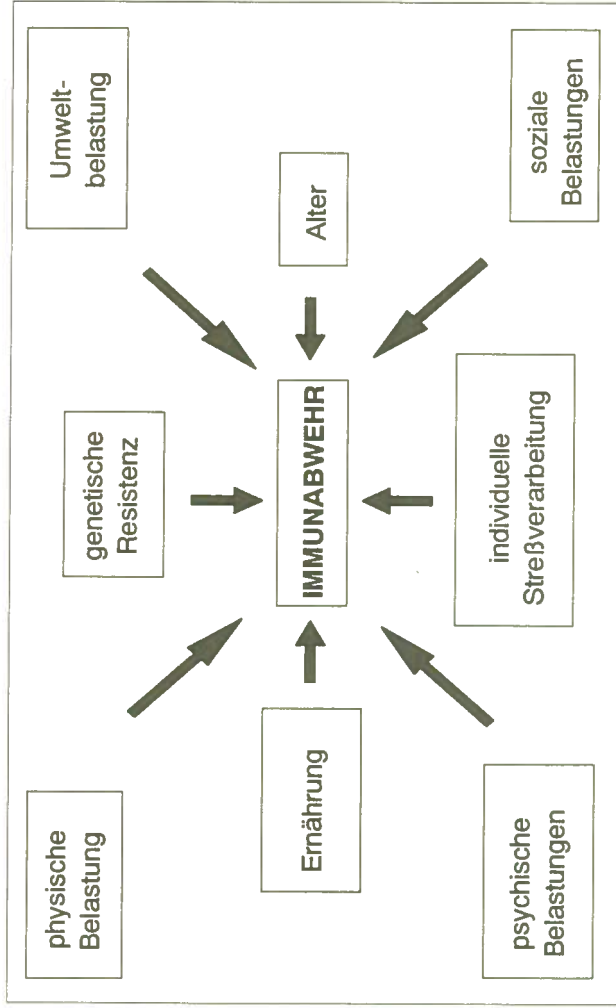


Abb. 7: Verschiedene variable Faktoren, welche die Immunabwehr beeinflussen (Lötzerich und Uhlenbruck 1991)

Epidemiologische Studien zum Einfluß von körperlicher Aktivität auf Krebsaufkommen, Überlebenszeit und Todesursachen

Während das Problem der Infektanfälligkeit durch Hochleistungssport eher auf einen begrenzten Zeitraum beschränkt ist, stellt sich natürlich auch die Frage, ob sich durch die Strapazen des über mehrere Jahre praktizierten Leistungssports nicht auch Folgeschäden einstellen, die sich negativ auf das restliche Leben oder die Lebenserwartung auswirken.

Während eine protektive Wirkung von sportlicher Aktivität gegenüber koronaren Herzerkrankungen, die an der ersten Stelle der Todesursachen in den Industrieländern stehen, mittlerweile weltweit anerkannt ist (Paffenbarger et al. 1986, Morris et al. 1980), sind die Ergebnisse von Untersuchungen über einen Zusammenhang von körperlicher Belastung und Krebs schwieriger zu interpretieren.

Da die Ursachen der Krebsentstehung noch nicht eindeutig geklärt sind, ist auch bis heute noch kein sicheres Therapiekonzept entwickelt worden. Daher ist die Suche nach präventiven Maßnahmen sinnvoll, die einen möglichst guten Schutz für die Bevölkerung darstellen und über die Vermeidung der bereits bekanntesten Risikofaktoren hinausgehen.

In diesem Abschnitt soll daher diskutiert werden, inwieweit durch jahrelangen Hochleistungssport eventuell als Folgeschaden eine erhöhte Inzidenz an Krebserkrankungen zu erwarten ist und ob im Gegensatz dazu von Breitensport eine cancerprotektive Wirkung ausgehen kann. Sporttreiben kann auf jeden Fall indirekt einen Schutzfaktor gegenüber einer möglichen Krebserkrankung darstellen, da es häufig mit gesundheitsfördernden Verhaltensweisen (kein Rauchen, Alkoholabstinenz, gesunde Ernährung) einher-

geht. Diese Erkenntnisse führten dazu, daß die American Cancer Society 1985 erklärte, sportliche Aktivität habe einen protektiven Effekt gegenüber Krebs (Eichner 1987). Blair und Mitarbeiter (1989) kommen aufgrund einer umfassenden Studie zu dem gleichen Ergebnis. Während auf der einen Seite Hochleistungssportler in Phasen hoher physischer und psychischer Belastung eine vermehrte Infektanfälligkeit aufweisen, scheint moderat betriebener Ausdauersport einen stimulierenden und stabilisierenden Einfluß auf das Immunsystem auszuüben (s.o.). Es bleibt jedoch die Frage offen, ob das stark beanspruchte Immunsystem des Hochleistungssportlers, nicht nur gegenüber lapidaren Infektionen, sondern auch gegenüber Neoplasien besonders anfällig ist.

In den letzten Jahren ist die Zahl der epidemiologischen Studien, die sich mit dem Einfluß von körperlicher Aktivität und Sport auf die Überlebenszeit und die Todesursachen beschäftigen, sprunghaft angestiegen. Ein Vergleich der Studien und eine Interpretation der Ergebnisse ist jedoch schwierig, weil sich die körperliche Aktivität im Beruf oder in der Freizeit (Washburn und Montoye 1986) sehr unterschiedlich darstellt. Die Durchführung von Querschnittstudien zeigte sich für diese Art der Fragestellung als nicht geeignet, da oft nur punktuelle Gegebenheiten der physischen Aktivität in die Bewertung eingehen. Darüber hinaus kann die Erkrankung an "Krebs" auch nicht allgemein betrachtet werden, da es sehr viele verschiedene Formen von Krebs gibt. Viele Krebsarten entwickeln sich über Zeiträume von Jahren (National Research Council 1982), so daß nur Längsschnittuntersuchungen, die einen größeren Beobachtungszeitraum einschließen, objektive Ergebnisse liefern können.

Körperliche Aktivität im Beruf

Eine der ersten epidemiologischen Studien über einen möglichen Zusammenhang von körperlicher Aktivität im Beruf und Krebs wurde von Taylor und Mitarbeitern (1962) durchgeführt. Sie beobachteten eine höhere Todesanzahl aufgrund maligner Tumore in den niedrig aktiven Berufen und leiteten daraus einen möglichen protektiven Effekt von körperlich harter Arbeit gegenüber Krebs ab. Die gleiche Schlußfolgerung zogen Vena und Mitarbeiter (1987), die in ihrer Studie ebenfalls ein erhöhtes Tumoraufkommen in den Berufen mit geringer körperlicher Aktivität beobachten konnten. In drei weitere Untersuchungen wählten Persky und Mitarbeiter (1981) einen anderen Ansatz.

Ihre Überlegungen basieren auf der Annahme, daß Personen mit einer niedrigeren Ruheherzfrequenz höhere physische Aktivitäten (Pollock et al. 1984) aufweisen. Aus den hier erzielten Ergebnissen zogen die Autoren die Schlußfolgerung, daß von einem niedrigen Puls eine Schutzwirkung gegenüber einigen Krebsarten ausgeht.

Aktuellere Studien werteten das Tumoraufkommen anhand eines Krebsregisters aus (Garabrandt et al. 1984, Vena et al. 1985, Gerhardson et al. 1986). Sie beobachteten einen umgekehrten Zusammenhang zwischen der Jobaktivität und dem Auftreten verschiedener Tumorarten.

Paffenbarger und Mitarbeiter (1987) wählten für ihre Untersuchungen einen anderen Ansatz. Sie quantifizierten die berufliche Aktivität anhand des vermehrten Energieverbrauchs, gemessen in Kilokalorien pro Woche. Anhand der Todesursachen konnte jedoch kein signifikanter Zusammenhang von einem erhöhten Krebsrisiko in der Arbeitergruppe mit niedrigem Energieverbrauch im Vergleich zur körperlich hochaktiven Gruppe beobachtet werden. Für die Erkrankung an Krebs allgemein, sowie für Lungenkrebs war das Risiko der sitzenden Gruppe jedoch tendenziell erhöht.

Bei einer vergleichenden Betrachtung dieser Studien gab es nur in wenigen Fällen eindeutige Korrelationen von einer erhöhten körperlichen Aktivität im Beruf und einer daraus resultierenden protektiven Wirkung gegenüber Krebs, besonders Colorkrebs (Abb. 8 und 9). Dieses auf den ersten Blick enttäuschende Ergebnis spiegelt aber auch die Problematik, der solche Untersuchungen unterliegen, wider. Körperliche Anstrengungen im Beruf sind oft mit einer sozial schwächeren Bevölkerungsschicht verbunden, in der häufig eine ungesunde Ernährung, verbunden mit Nikotin- und Alkoholgebrauch vorherrscht. So werden möglicherweise die positiven Effekte der körperlichen Aktivität durch diese negativen Verhaltensweisen kompensiert und neutralisiert (Sorensen und Pechacek 1986, Übersicht bei Kohl et al. 1988).

Autoren	Untersuchungsgut (n)	Studien-ergebnis	Studien-dauer (Analysezeitraum)	Grundlage zur Einschätzung der körperlichen Aktivität	Organ
1) Persky et al. (1981)	People's gas company Chicago (1233)	Todesursache	18 Jahre	Ruheherzfrequenz	Lunge, oberer gastrointestinaler Krebs, Sarkome, andere
2) Persky et al. (1981)	Westmelectric Company Chicago (1899)	Todesursache	17 Jahre	Ruheherzfrequenz	Krebs allgemein, Lunge, Sarkome, Colon, andere
3) Persky et al. (1981)	Heartassociation detection projekt Chicago (5784)	Todesursache	5 Jahre	Ruheherzfrequenz	Lunge, Colon, oberer gastrointestinaler Krebs, Sarkome
4) Garabrandt et al. (1984)	Krebsregister Los Angeles (2950)	Krebsaufkommen	10 Jahre	Berufsaktivität (punktueller Klassifikation)	Rektum
5) Vena et al. (1985)	Krankenhauspatienten (1917)	Krebsaufkommen	Rückblick	Berufsaktivität (Lebenszeit-Klassifikation)	Rektum
6) Gerhardson et al. (1986)	Schwedische Männer (> 1 Million)	Krebsaufkommen	19 Jahre	Berufsaktivität (% Sitzanteil)	Rektum
7) Paffenbarger et al. (1987)	Hafenarbeiter San Francisco (3686)	Todesursache	22 Jahre	Kalorienverbrauch	Krebs allgemein, Lunge
8) Paffenbarger et al. (1987)	Hafenarbeiter San Francisco (6351)	Todesursache	12 Jahre	Kalorienverbrauch	Colorektaler Krebs, Pankreas, Lunge, Prostata
9) Vena et al. (1987)	Saat Washington a) (430.000 Männer) b) (25.000 Frauen)	Todesursache	a) 30 Jahre b) 8 Jahre	Berufsaktivität (Klassifikation)	a) Rektum, Prostata b) Rektum

Abb. 8: Übersicht der publizierten epidemiologischen Studien, die keine signifikanten Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität im Beruf und Krebs beobachten konnten.

Weiterhin sind in den dargestellten Studien die Grundlagen zur Beurteilung der physischen Aktivität sowie die Beurteilungszeiträume sehr unterschiedlich gewählt. Aus diesem Grunde ist es schwierig, die Ergebnisse der Untersuchungen miteinander zu vergleichen. Außerdem blieb in allen Fällen die eventuell parallel durchgeführte Freizeitaktivität unberücksichtigt.

Autoren	Untersuchungsgut (n)	Studien-ergebnis	Studien-dauer (Analysezeitraum)	Grundlage zur Einschätzung der körperlichen Aktivität	unter-suchte Krebs-art	Ergebnis
1) Taylor et al. (1962)	Eisenbahn-industrie (26.219)	Todesursache	2 Jahre	Berufsaktivität (punktueller Klassifikation)	Gesamt	mehr Krebstote in den niedrig aktiven Berufsgruppen
2) Persky et al. (1981)	People's Gas Company Chicago (1233)	Todesursache	18 Jahre	Ruheherzfrequenz	Colon	mit höherer Ruheherzfrequenz steigt das Colorkrebsrisiko
3) Persky et al. (1981)	Heart-association Detection Projekt Chicago (5784)	Todesursache	5 Jahre	Ruheherzfrequenz	Gesamt	pos. Beziehung zw. der Ruheherzfrequenz u. dem Gesamtkrebsaufkommen
4) Garabrandt et al. (1984)	Krebsregister Los Angeles (2950)	Krebsaufkommen	(10 Jahre)	Berufsaktivität (punktueller Klassifikation)	Colon	entgegengesetzter Zusammenhang von Colorkrebs u. Berufsaktivität
5) Vena et al. (1985)	Krankenhauspatienten (1917)	Krebsaufkommen	(Rückblick)	Berufsaktivität (Lebenszeit-Klassifikation)	Colon	steigendes Colorkrebsrisiko mit vermehrter Zeitdauer in sitzenden Berufen
6) Gerhardson et al. (1986)	Schwedische Männer (> 1 Million)	Krebsaufkommen	(19 Jahre)	Berufsaktivität (% Sitzanteil)	Colon	erhöhtes rel. Colorkrebsrisiko in der sitzenden Arbeitsgruppe
7) Vena et al. (1987)	Saat Washington a) (430.000 Männer) b) (25.000 Frauen)	Todesursache	a) (30 Jahre) b) (8 Jahre)	Berufsaktivität (Klassifikation)	a) Colon b) Colon, Brust	abfallende Todesrate mit steigendem Aktivitätslevel

Abb. 9: Übersicht der publizierten epidemiologischen Studien, die signifikante Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität im Beruf und Krebs beobachten konnten.

Darüber hinaus fehlt bei Untersuchungen über den Einfluß von körperlicher Aktivität im Berufsalltag auf das Aufkommen von malignen Erkrankungen die Berücksichtigung der psychischen Komponente. Der positive psychologische Effekt, den Sporttreiben beim

Menschen ausüben kann (Shephard 1990), wird bei der beruflichen Arbeit mit Sicherheit nicht in dem Maße ausgelöst. Es bleibt somit die Frage offen, wie groß der Stellenwert des positiven psychischen Effekts von Sport ist. Auf diesem Hintergrund wurden mehrere Untersuchungen durchgeführt, die Beziehungen zwischen sportlicher Aktivität in der Freizeit oder während des Studiums und Erkrankungen an Neoplasien analysierten.

Sportliche Aktivität in der Freizeit

Verbunden mit der Industrialisierung der westlichen Länder im 20. Jahrhundert kam es zu einer Ökonomisierung der Arbeit, die sich in einer deutlichen Verkürzung der Arbeitszeit widerspiegelt. Während früher Arbeitszeiten von 60 bis 80 Stunden pro Woche die Regel waren, liegt die Stundenzahl heute fast überall unter vierzig Stunden und hat sich somit fast halbiert. Diese Entwicklung führte dazu, daß die früher nur in minimalem Umfang zur Verfügung stehende Freizeit heute mehr und mehr in den Lebensmittelpunkt rückt. Hier nimmt der Sport in unserer leistungsorientierten Gesellschaft als Freizeitaktivität einen immer höheren Stellenwert ein. Aus den USA werden neue Sportarten wie Joggen, Bodybuilding, Aerobic oder auch Walking nach Europa exportiert, wo sie begierig aufgegriffen werden, denn sportlich zu sein ist "in" (Fitness-Wellness Bewegung). Häufig wird sportliche Fineß mit Gesundheit verwechselt. Die Frage, ob ein solcher Zusammenhang wirklich besteht ist jedoch noch nicht eindeutig geklärt, weisen doch viele wissenschaftliche Untersuchungen unterschiedliche, zum Teil widersprüchliche Ergebnisse auf. Eine der ältesten Untersuchungen dieser Thematik wurde von Rook (1954) durchgeführt. Sie analysierte die Lebensdauer und die Todesursache von 772 ehemaligen sportlich aktiven Studenten der Cambridge-Universität und verglich die Ergebnisse mit zwei Kontrollgruppen. Hierzu wählte sie einerseits 374 intellektuelle und andererseits 336 randomisiert zusammengestellte Männer aus. Die Gruppe der Intellektuellen lebte im Durchschnitt 1,5 Jahre länger (mittleres Todesalter 69.41 Jahre) als die 772 Sportler (67.97). Dieser Unterschied konnte jedoch statistisch nicht bestätigt werden. Ein Vergleich der intellektuellen Gruppe mit der zweiten Kontrollgruppe (67.43) zeigte, daß die Intellektuellen im Durchschnitt zwei Jahre länger lebten (signifikanter Unterschied). Bei allen drei Gruppen erfolgte der Tod zu ca. 40% aufgrund von kardiovaskulären Erkrankungen. Das Auftreten von Neoplasien als Todesursache war in der Gruppe der Sportler tendenziell, aber nicht signifikant erhöht. Paffenbarger und Mitarbeiter (1986) untersuchten ebenfalls die Lebensdauer und die Todesursache (16936 ehemalige Absolventen der Harvard-Universität) in Relation zur körperlichen Belastung während und nach dem Hochschulaufenthalt. Im Gegensatz zu Rook (1954) fanden sie jedoch mit steigender physischer Aktivität eine abfallende Todesrate. Als häufigste Todesursache wurden in dieser Untersuchung kardiovaskuläre Erkrankungen genannt (45%), die zweite Stelle nahmen die malignen Erkrankungen ein (32%). In einem Teil ihrer Publikation von 1987 analysierten Paffenbarger und Mitarbeiter dasselbe Kollektiv auf Korrelationen zwischen postuniversitärer Aktivität und Krebs. Sie beobachteten, daß mit steigendem Aktivitätslevel die Rate der an Krebs verstorbenen ehemaligen Studenten abfiel. Weiterhin untersuchten die Autoren 56683 ehemalige Studenten, die sie bezüglich ihrer Sportaktivität in zwei Gruppen einteilten (< 5h/Woche, 3 5h/Woche). Während sie bei den Athleten signifikant weniger Rektumkrebs auffinden konnten als bei den Nichtathleten (relatives Risiko von 0.46) trat Prostatakrebs verhältnismäßig häufiger auf (relatives Risiko von 1.66). In ihrer Publikation von 1991 bestätigten Lee und Mitarbeiter den pro-

tektiven Effekt von erhöhter körperlicher Aktivität in diesem Fall gegenüber Colorkrebs. Der Befund, daß Sportler länger leben als Nichtsportler, stimmt mit den Ergebnissen von Schmid (1962) überein. Die Analyse der Todesursachen ergab bei ihm jedoch ein häufigeres Auftreten von Krebs als Todesursache bei den Athleten als bei den Nichtsportlern. Er beobachtete weiterhin, daß die Sportler in früherem Alter an Krebs gestorben sind als die Nichtsportler. Als einen Punkt für dieses Ergebnis diskutiert Schmid den plötzlichen Abbruch des vorher regelmäßig betriebenen Trainings. Polednak und Damon (1970) untersuchten 2090 männliche Harvard-Absolventen bezüglich des Aktivitätsgrades. Sie wählten eine Unterteilung in drei Gruppen, abhängig von der Sportlichkeit. Der Athletenstatus während des Studiums wurde analysiert in Relation zur Lebenslänge und zur Todesursache. Während in der Studie von Rook (1954) die Nichtsportler länger lebten als die Sportler und bei Paffenbarger und Mitarbeitern (1986) und Schmid (1962) die Sportler die längsten Lebenszeiten aufwiesen, stimmen die Ergebnisse von Polednak und Damon mit keiner dieser beiden Extremrichtungen überein. Sie konnten durch die differenziertere Betrachtung des Aktivitätslevels feststellen, daß die Gruppe mit der mittleren Aktivität sowohl mehr Überlebende aufwies, als auch die Gruppe war, die im Mittel am längsten lebte, während die hochaktiven Sportler zu den kürzesten Lebenszeiten tendierten. Es konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Trainingszustand und Infektionen, Neoplasien, koronaren Herzerkrankungen, Erkrankungen des Nervensystems und des respiratorischen Systems festgestellt werden. Dies könnte an der fehlenden Berücksichtigung von Körpergröße und -gewicht und der nicht standardisierten Gruppeneinteilung liegen. In seiner nachfolgenden Studie wählte Polednak (1976) einen ähnlichen Ansatz. Er untersuchte die Todeszertifikate von 8393 früheren Universitätsabsolventen auf ihre Todesursache. Das Auftreten maligner Erkrankungen setzte er entsprechend der Studie von 1970 in Beziehung zur Sportlichkeit der Studenten. Für den gesamten Beobachtungszeitraum konnte eine signifikant erhöhte Todesrate aufgrund von Krebs allgemein bei den hochaktiven Sportlern (15.2%) im Vergleich zu den Nichtsportlern (12.2%) festgestellt werden, während die mäßig Sporttreibenden (13.3%) in der Mitte lagen. Bei Berücksichtigung der Lokalisation des Tumors konnte das Ergebnis nur noch für Prostatakrebs statistisch abgesichert werden. Das mittlere Alter der am Krebs verstorbenen Athleten lag signifikant niedriger als das der beiden anderen Gruppen. In einer weiteren Studie konnten Polednak und Damon (1970) aufzeigen, daß die Körpergröße und das Körpergewicht der Athleten im Mittel höher lag als das der Athleten mit mittlerer Aktivität (mittel) und der Nichtsportler (niedrig). Um diese Faktoren zu berücksichtigen, ordnete Polednak in dieser Studie Teile der hochaktiven und nichtaktiven Gruppen entsprechend ihrer Größe und ihrem Gewicht paarweise einander zu. In den Ergebnissen zeigte sich ein Unterschied in der Krebsmortalität zu Lasten der Athleten, der jedoch statistisch nicht mehr nachzuweisen war. Dies läßt einen Einfluß der Körpermasse auf das Krebsauftreten vermuten. Die im späteren Leben aufkommenden Unterschiede im Lebensstil, im Beruf und in Verhaltensweisen sowie die genetische Vorbelastung blieben unberücksichtigt. Weiterhin wurde weder der Faktor Rauchen, noch der Faktor Trinken erfaßt. Der gesamte Studienaufbau, sowie dessen Ergebnisse, neben den Informationen des Totenscheins, beruhen ausschließlich auf Daten eines zwei- oder mehrjährigen Universitätsaufenthaltes. Die sportliche Aktivität in dieser kurzen Lebensphase steht repräsentativ für das gesamte Leben, während viel längere Zeiträume nach dem Studium und die dort aufgetretenen Einflußfaktoren vollkommen unberücksichtigt blieben. Schlußfolgerungen bezüglich eines Effektes von Wettkampfsport auf das Krebsauftreten sind deshalb aus

diesen beiden Untersuchungen mit Vorsicht zu betrachten. SCHMID (1975) beschränkte sich in seiner Studie ausschließlich auf die Datenanalyse früherer tschechoslowakischer Leistungssportler (n=780), die mindestens zehn Jahre lang an Wettkämpfen teilgenommen hatten. Für die Dauer von zehn Jahren entschied sich der Autor, weil er davon ausgeht, daß diese Zeitspanne ausreichend sei für eine mögliche Entwicklung von morphologischen und funktionellen Veränderungen im Organismus. Von diesen Sportlern starben 27,9% (n=218) an malignen Tumoren. Schmid gibt in seiner Diskussion zwar an, daß die Athleten in früherem Alter gestorben sind als die restliche männliche Vergleichspopulation, er nennt jedoch keine Vergleichswerte hierzu. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Schmid liegen die Befunde von Frisch und Mitarbeiter (1985, 1987). Sie führten eine detaillierte Studie über das Krebsaufkommen bei früheren Athletinnen mit Hilfe eines Fragebogens durch. Sie erhielten eine Rückantwort von 71,4% (n=5298) der Befragten. Die Gesamtgruppe teilte sich auf der Grundlage der sportlichen Aktivität in der Schule in 2776 Nichtsportlerinnen (51,4%) und 2622 frühere Sportlerinnen (48,6%) auf. Die Rate der an Krebs des reproduktiven Systems (Uterus, Ovarien, Zervix, Vagina) erkrankten Athletinnen lag signifikant niedriger als bei den Nichtsportlerinnen. Die früheren Athletinnen wiesen außerdem ein signifikant niedrigeres Brustkrebsrisiko auf als die Nichtsportlerinnen (relatives Risiko: 1,86). Hier stellte die Familienanamnese (relatives Risiko: 2,04) einen größeren Einflußfaktor dar als der Trainingszustand. Als mögliche Erklärung für ein geringeres Auftreten maligner Erkrankungen des reproduktiven Systems und der Brust geben die Autoren den niedrigeren Östrogenlevel der Athletinnen im Vergleich zu den Nichtsportlerinnen an. Die Ergebnisse dieser Publikationen stehen in Übereinstimmung mit den Befunden von Vena und Mitarbeiter (1987), die bei Frauen in aktiven Berufen ebenfalls ein erniedrigtes Auftreten von Brustkrebs beobachten konnten. Diese Befunde widersprechen jedoch den Studienergebnissen von Schmid (1962) und Polednak (1976), die für männliche Athleten ein erhöhtes Risiko für das Auftreten maligner Tumoren feststellen konnten. In ihrer Publikation von 1989 analysierten Frisch und Mitarbeiter das gleiche Untersuchungskollektiv bezüglich des Auftretens von malignen Tumoren der nichtreproduktiven Organe und Gewebe. Hier zeigte sich ein signifikant niedrigeres Auftreten von Tumoren der Verdauungsorgane, der Schilddrüse, Blase, Lunge und anderer Organe, sowie des hämatopoetischen Systems bei den ehemaligen Athletinnen. Bei Erkrankungen an Hautkrebs und malignen Melanomen zeigten sich entgegen den Erwartungen (Hanke et al. 1985) keine signifikanten Unterschiede zwischen den zwei Untersuchungskollektiven. Die Autoren ziehen aus den Ergebnissen die Schlußfolgerung, daß die kurze Phase des Trainings während des Universitätsaufenthaltes einen großen Einfluß auf das spätere Leben ausübt und den Lebensstil bzw. die Lebensgewohnheiten nachhaltig positiv beeinflussen.

Nicht in allen Studien wurde die Einflußnahme verschiedener Begleitfaktoren untersucht. So blieben Unterschiede im Sozialstatus, der Gesamtgesundheit, der Ernährung, des Gewichts, des Rauchens und des Lebensstils häufig unberücksichtigt. Aber gerade in der Ernährung unterscheiden sich oft die Sportler von den Nichtsportlern. Ballaststoffreiche und kohlenhydratreiche Ernährung sowie vegetarisches Essen werden heute immer häufiger von Sportlern bevorzugt, in der Hoffnung dadurch die Leistungsfähigkeit zu verbessern. Burkitt und Mitarbeiter (1972) konnten darüber hinaus feststellen, daß faserreiche Ernährung den Verdauungstrakt schneller passiert und größere Mengen an Stuhl ausgeschieden werden, als dies bei faserarmer Nahrung, wie sie in den Industrieländern verbreitet ist, der Fall ist. Der Einfluß von Fleischkonsum auf das Krebsrisiko wurde lange widersprüchlich diskutiert (Howell 1975 usw.). Die Studie des

Deutschen Krebsforschungsinstitutes (Chang-Claude et al. 1991) scheint eine gewisse Klärung zugunsten eines gemäßigten Vegetarismus erbracht zu haben. Auch Graham und Mitarbeiter (1978) gehen davon aus, daß ein geringer Gemüseanteil in der Nahrung mit einem erhöhten Colonekrisiko verbunden ist. Pariza und Boutwell (1987) messen dem Fettkonsum eine große Bedeutung zu. Sie zeigten, daß ein erhöhter Fettkonsum zu einem häufigeren Krebsaufkommen führt. Negative Zusammenhänge zwischen faserarmer Ernährung und Erkrankungen des gesamten Verdauungstraktes werden durch eine längere Transitzeit der Nahrung durch den Magen-Darmtrakt erklärt. Neben der Nahrungszusammensetzung hat auch physische Belastung einen Einfluß auf die Passagezeit der Nahrung durch den Darm. Die Anregung der Darmperistaltik führt zu verkürzten Transitzeiten, so daß die Kontaktzeit von cancerogenen Stoffen mit der Mucosa bzw. dem Darmepithel verringert ist. Darüber hinaus kann körperliche Belastung indirekt hilfreich gegenüber Krebs sein durch ein Vorbeugen von Übergewicht (Valaoras et al. 1969) und das Beeinflussen anderer gesundheitsfördernder Veränderungen im Verhalten. Außerdem ist zu beachten, daß die immunmodulatorischen Peptide der Darmflora einen permanenten stimulatorischen Reiz für das Immunsystem darstellen, und daß auch die Zusammensetzung der Darmflora durch die Ernährung einen wichtigen Beitrag für ein funktionierendes Immunsystem liefert (Pulverer et al. 1990). Risikofaktoren für Herz-Kreislauferkrankungen, wie erhöhte Blutfette und Hypertonie (Kannel und Sorlie 1979), werden durch sportliche Aktivität günstig beeinflusst (Montoye et al. 1976). Während sich keine Beziehung zwischen dem Alkoholkonsum und dem Krebsrisiko aufzeichnen ließen (Damon 1960; Meara et al. 1989), ist der Einfluß von Tabakkonsum mehrfach nachgewiesen. Hickey und Mitarbeiter (1975) beobachteten in ihrer Studie, daß Freizeitaktivität einen positiven Einfluß auf den Zigarettenverbrauch (negative Korrelation) ausübt. Darüber hinaus konnten Meara und Mitarbeiter (1989) mit abfallendem Zigarettenkonsum ein vermindertes Risiko für maligne Tumoren der Brust feststellen. Sorensen und Pechacek (1986) beobachteten dagegen in Berufen mit höherer physischer Aktivität einen vermehrten Nikotingenuß. An dieser Stelle wird noch einmal deutlich, daß einerseits die Definition der körperlichen Aktivität eine große Rolle spielt und andererseits die Bedeutung der Psyche nicht zu unterschätzen ist. Moderate sportliche Belastung in der Freizeit verbessert die Stimmung (Shephard 1990) und kann durch die Freisetzung von körpereigenen Opiaten im limbischen System ein Wohliggefühl im Organismus erzeugen. Darüber hinaus konnte nachgewiesen werden, daß einige dieser endogenen Opiate die Aktivität von Leukozyten (z.B. NK-Zellen) steigern und somit zu einer Verbesserung der Abwehrlage führen.

Auf der Grundlage der hier dargestellten Befunde kann die zu Beginn des Kapitels gestellte Frage, inwieweit durch jahrelangen Hochleistungssport als Folgeschaden eventuell eine erhöhte Inzidenz an Krebserkrankungen zu erwarten ist, nicht beantwortet werden. Während vier von neun Studien Hinweise auf ein erhöhtes Krebsaufkommen durch sportliche Betätigung liefern, bescheinigt die gleiche Anzahl von Studien dem Sport eine Schutzwirkung gegenüber Neoplasien (s. Abb. 10).

Autoren	Untersuchungsgut (n)	Grundlage zur Einschätzung der körperlichen Aktivität	untersuchte Krebsart	Ergebnis
1) Rook et al. (1954)	ehemalige Studenten der Cambridge Univ. (1482)	sportliche Aktivität während der Studienzeit	gesamt	bei Sportlern treten Neoplasien als Todesursache tendenziell häufiger auf
2) Schmid (1962)	Tschechoslowakische Sportler (103) und Nichtsportler (102802)	Wettkampfteilnahme	gesamt	Krebs als Todesursache bei Athleten häufiger
3) Schmid (1975)	Wettkampfsportler (780)	Wettkampfteilnahme	gesamt	27,9 % früherer Wettkampfsportler starben an malignen Tumoren
4) Polednak (1976)	ehemalige Absolventen der Harvard Univ. (8393)	sportliche Aktivität während der Studienzeit	gesamt, Prostata	erhöhte Todesrate aufgrund von Krebs bei hochaktiven Sportlern
5) Polednak und Damon (1970)	ehemalige Absolventen der Harvard Univ. (2090)	sportliche Aktivität während der Studienzeit	gesamt	keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Trainingszustand und Neoplasie
6) Frisch et al. (1985 + 1987)	ehemalige Universitätsabsolventen (5298)	sportliche Aktivität in der Universität	Brust, reproduktives System	Krebsrate bei Athletinnen niedriger als bei Nichtsportlerinnen
7) Frisch et al. (1989)	ehemalige Universitätsabsolventinnen (5298)	sportliche Aktivität in der Universität	nicht reproduktive Organe	niedrigeres Tumoraufkommen bei ehemaligen Athletinnen
8) Paffenbarger et al. (1987)	ehemalige Absolventen der Harvard Univ. (16936)	Kalorienmehrverbrauch durch Sport	gesamt, Rektum, Prostata	mit steigendem Energieverbrauch abfallendes Aufkommen von gesamt u. Rektumkrebs, ansteigendes Aufkommen von Prostatakrebs
9) Lee et al. (1991)	ehemalige Absolventen der Harvard Univ. (17148)	Kalorienmehrverbrauch durch Sport	Colon	protektiver Effekt von sportlicher Aktivität

Abb. 10: Übersicht der publizierten epidemiologischen Studien, die Zusammenhänge zwischen Sport und Krebsaufkommen untersucht haben.

Diese sehr gegensätzlichen Befunde machen eine letztendliche Schlussfolgerung unmöglich und weisen auf die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen zu dieser Thematik hin. Klarer sind jedoch die Ergebnisse zum Einfluß des Sports auf die Lebensdauer. Drei von vier Autoren weisen dem Sport eine lebensverlängernde Wirkung zu, wobei in einer Studie dem mit mittlerer Aktivität betriebenen Sport die wichtigste Rolle zugeschrieben wird (s. Abb. 11).

Autoren	Untersuchungsgut (n)	Grundlage zur Einschätzung der körperlichen Aktivität	Ergebnis
1) Rook et al. (1954)	ehemalige Studenten der Cambridge Univ. (1482)	sportliche Aktivität während der Studienzeit	Intellektuelle Nichtsportler leben länger als Sportler
2) Paffenbarger et al. (1986)	ehemalige Absolventen der Harvard Univ. (16936)	Kalorienmehrverbrauch während der Studienzeit	abfallende Todesrate mit steigendem Energiemehrverbrauch
3) Schmid (1962)	Tschechoslowakische Sportler (103) und Nichtsportler (102802)	Wettkampfteilnahme	Sportler leben länger als Nichtsportler
4) Polednak und Damon (1970)	ehemalige Absolventen der Harvard Univ. (2090)	sportliche Aktivität während der Studienzeit	Sport mit mittlerer Aktivität bewirkt die längsten Lebenszeiten

Abb. 11: Übersicht der publizierten epidemiologischen Studien, die Zusammenhänge zwischen Sport und der Lebensdauer untersucht haben.

Die Bedeutung psychoneuroimmunologischer Einflüsse

Beim Hochleistungssportler beeinflussen neben der körperlichen Aktivität auch noch andere Faktoren die Immunabwehr.

Eine besondere Rolle spielen in diesem Zusammenhang die psychischen Belastungen in Form von Stress, denn wie bereits oben erwähnt, steigt die Infektanfälligkeit in Phasen sehr hoher physischer und psychischer Belastung. Dabei übt der Sport nicht nur eine direkte Wirkung auf die Psyche und das Immunsystem aus, sondern es besteht auch eine indirekte Interaktion von Psyche und Immunsystem (Abb. 12).

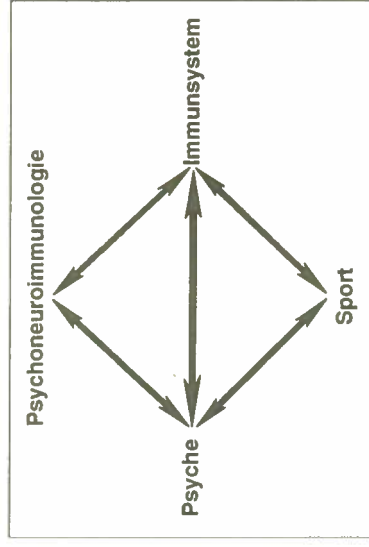


Abb. 12: Psychosomatische Zusammenhänge zwischen Sport und Immunsystem oder das Leib-Seele Problem aus psychoneuroimmunologischer Sicht.

Dieser Zusammenhang spiegelt sich in dem noch relativ jungen Wissenschaftsgebiet der Psychoneuroimmunologie wider. Obwohl dieser Begriff erst im Jahr 1964 von Ader geprägt wurde (Solomon 1987), liegen heute schon viele Befunde vor, die einen immunmodulatorischen Einfluß von Stress und Emotionen nachweisen konnten, wobei auch die Persönlichkeit und die individuelle Verarbeitungsweise (Coping) von Bedeutung sind. Da eine ausführliche Darstellung über die psychoneuroimmunologischen Verflechtungen den Rahmen dieses Artikels sprengen würde, sollen hier lediglich die wichtigsten Erkenntnisse dargestellt werden. Starker psychischer Distress wirkt immunsuppressiv (Jemmott et al. 1983, Glaser et al. 1985, Glaser und Kiecolt-Glase 1985, 1986), was u. a. anhand einer verminderten Aktivität der NK-Zellen und einem Abfall von T4-Lymphozyten nachgewiesen werden kann (Irwin et al. 1987, Irwin 1988, Irwin et al. 1990).

Dadurch kommt es zu einer Begünstigung der Infektanfälligkeit und sogar des Tumorstadiums (Laudenslager et al. 1983). Es stellt sich natürlich die Frage, inwieweit der psychologische Druck, der auf einem Leistungssportler vor bedeutenden Wettkämpfen liegt, mit dem psychischen Stress, wie er bei Examenkandidaten oder Trauer durch den Verlust eines Ehepartners oder nahen Verwandten auftritt, vergleichbar ist. Mit Sicherheit spielt aber auch die Intensität von Stress, die Stressverarbeitung und die individuelle psychische Stabilität der Athleten eine wichtige Rolle, ebenso wie das gesamte Umfeld, das wesentlich dazu beitragen kann, daß dieser psychische Druck abgepuffert werden kann. Obwohl eine Mehrzahl der Studien in diesem Bereich den Versuch unternimmt, negative Folgen von psychischem Stress an meist gesunden Probanden zu beschreiben, kann Sport einen Stress-neutralisierenden und positiven Einfluß auf die Psyche ausüben. Diese Tatsache wird heute bei der Behandlung von Krebs oder AIDS ausgenutzt. Denn die sportliche Aktivität führt bei den Betroffenen zu einer psychischen Stabilisierung, da Ängste und Depressionen verringert werden (Morgan 1982, Kobasa et al. 1985), wodurch die Lebensqualität der Patienten erheblich verbessert wird. In der Rehabilitation kann Sport also einen weiteren Beitrag liefern und Maßnahmen der Psychotherapie unterstützen, von denen bekannt ist, daß sie zu einer Verlängerung der Überlebenszeit von Krebspatienten führen (Grossarth-Maticek et al. 1984, Spiegel et al. 1989). Darüber hinaus ist auch eine Stärkung des Immunsystems durch sportliche Betätigung in der Rehabilitation der Krebspatienten zu erwarten (Lötzerich et al. 1991, Uhlenbruck und Order 1991). Bei HIV-Positiven kann durch sportliche Aktivität der Krankheitsverlauf günstig beeinflusst werden, da eine Stärkung bzw. Stabilisierung von Psyche und Immunsystem nachgewiesen werden konnten (LaPerriere et al. 1989, 1990, LaPerriere 1991, Solomon 1991).

Sport, Ausdauer und Alter

Die Bedeutung des Sports darf nicht nur auf die Phase der sportlichen Höchstleistungen reduziert werden, sondern spielt auch im Alterungsprozeß eine wichtige Rolle. Daher sollten Hochleistungssportler nach Möglichkeit wenn schon nicht ihre Spezialdisziplin, dann eine andere Sportart für sich entdecken, um sich für den Rest des Lebens weiterhin fit zu halten. Dieses psychologisch recht interessante Phänomen des "Umsteigens" nach dem "Aussteigen" aus der Starsdisziplin ist weiter verbreitet, als es bekannt ist. Prominente Fußballer als Tennisspieler, Boxer als Langstreckenläufer und Leichtathleten als Golfer sind keine Seltenheit. Positive Effekte, die durch die Gewohnheit des Sporttreibens auch im Alter erzielt werden, sind in einer Prävention gegenüber Herzkreislauferkrankungen zu sehen, verhindern das metabolische Syndrom, sorgen für eine geistige Fitness und reduzieren die Stressanfälligkeit (Abb. 13).

Außerdem ist der regelmäßig betriebene Sport oft mit einer gesunden Ernährungsweise verbunden, stimuliert ferner das Immunsystem und schützt vor Autoimmunerkrankungen. Zusätzlich werden neuerdings auch endokrinologische Aspekte in den Vordergrund gerückt. Eine der wichtigsten Funktionen ist aber die Rehabilitation durch Sport bei den verschiedensten Erkrankungen, die im Alter vermehrt auftreten. Aus den genannten Gründen ist es für den Hochleistungssportler wichtig, daß er dem Sport insgesamt treu bleibt und nicht abrupt das körperliche Training abbricht. Gerade in diesen Fällen ist die Adaptation an den bewegungsarmen und zivilisationsgeschädigten Mitmenschen sehr schnell vollzogen, wobei es nicht selten zu einer überschießenden Fehlregulation des Organismus (Übergewicht, hoher Blutdruck, Insulinresistenz) kommt. Abschließend kann

SPECTRUM 1993 / 1

festgestellt werden, daß die temporäre Ausnahme-situation eines Sportlers mit Hochleistungsambitionen eine vorübergehende Beeinträchtigung physischer und psychischer Abwehrkräfte darstellt. Es ist daher nicht auszuschließen, daß sich diese Belastungen auch auf lange Sicht gesundheitlich negativ auswirken können, obwohl Leistungssport als direkter Risikofaktor für die Lebenserwartung bisher nicht nachgewiesen werden konnte.

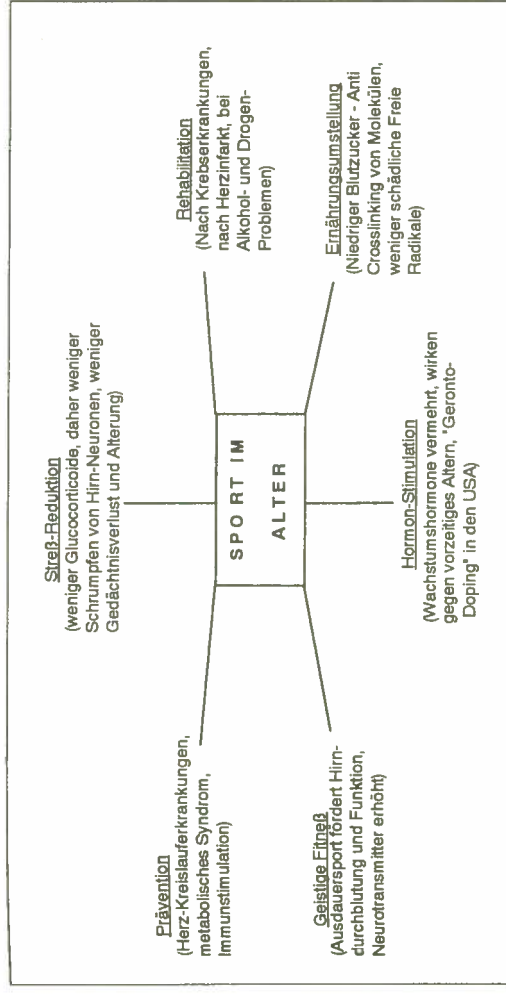


Abb. 13: Immunsystem und Gerontologie: Positive Einflüsse sportlicher Betätigung im Alter (verändert nach Uhlenbruck 1991)

→ Hinweis: Zu diesem Artikel findet man auf S. 91 ff ein Interpretorial. ←

Literaturnachweis

- AHLBORG B, AHLBORG G (1970) Exercise leukocytosis with and without beta-adrenergic blockade. *Acta Med Scand* 187:241-246
- ANDERSEN KL (1955) Leucocyte response to brief, severe exercise. *J Appl Physiol* 7:671-674
- BARON RC, HATCH MH, KLEEMAN K, McCORMACK JN (1982) Aseptic meningitis among members of a high school football team. *JAMA* 248: 1724-1727
- BERG A, WEISS G, ZURMÖHLE H, KEUL, J (1989) Einfluß akuter und chronischer Ausdauerbelastung auf die Plasmaaktivität des C1-Esteraseinhibitors (C1-INH) bei gesunden Männern. *Di Zschr Sportmed* 40:59-62
- BERK LS, TAN SA, NIEMAN DC, EBY WC (1985) The suppressive effect of stress from acute exhaustive exercise on T lymphocyte helper/suppressor cell ratio in athletes and non-athletes. *Med Sci Sports Exerc* 17:492
- BERK LS, TAN SA, NIEMAN DC, EBY WC (1988) Stress from maximal exercise modifies T-helper and T-suppressor lymphocyte subpopulations and their ratio in man. *Exerc Physiol Curr Select Res* 3:1-11
- BIEGER WP, WEISS M, MICHEL G, WEICKER H (1980) Exercise-induced monocytosis and modulation of monocyte function. *Int J Sports Med* 1:30-36
- BLAIR SN, KOHL HW, PFAFFENBARGER RS, CLARK DG, COOPER KH, GIBBONS LW (1989) Physical fitness and all-cause mortality. *JAMA* 262:2395-2401
- BRAHMI Z, THOMAS JE, PARK M, PARK M, DOWDESWELL IRG (1985) The effect of acute exercise on natural killer-cell activity of trained and sedentary human subjects. *J Clin Immunol* 5:321-328

SPECTRUM 1993 / 1

- BROUNS F, SARIS W (1988) Wie Vitamine die körperliche Leistungsfähigkeit beeinflussen. *Leichtathletik* 11:343-345
- BURCH GE (1979) Viral diseases of the heart. *Acta Cardiol* 1:5-9
- BURKITT DP, WALKER ARP, PAINTER NS (1972) Effect of dietary fibre on stools and transmission times, and its role in the causation of disease. *Lancet* 2:1408-1411
- BURSUKER I, GOLDMAN R (1983) On the origin of macrophage heterogeneity: A hypothesis. *RES* 33:207-220
- CHRISTENSEN RD, HILL HR (1987) Exercise-induced changes in the blood concentration of leukocyte populations in teenage athletes. *Am J Pediatr Hematol/Oncol* 9:140-142
- CLASSEN HG (1982) Magnesium und Immunsystem. In: Schmidt K, Bayer W (Hrsg) *Mineralstoffwechsel und Abwehrsystem*. Fischer, Heidelberg, pp 33-43
- DANIELS WL, VOGEL JA, SHARP DS (1985) Effects of virus infection on physical performance in man. *Milit Med* 150:8-14
- DAMON A (1960) Host factors in cancer of the breast and uterine cervix and corpus. *J Natl Cancer Inst* 24:483-516
- DAVIDSON RJL, ROBERTSON JD, MAUGHAN RJ (1986) Haematological changes due to triathlon competition. *Br J Sports Med* 20:159-161
- DEUSTER PA, CURIALE AM, COWAN ML, FINKELMAN FD (1988) Exercise-induced changes in populations of peripheral blood mononuclear cells. *Med Sci Sports Exerc* 20:276-280
- DICKSON DN, WILKINSON RL, NOAKES TD (1982) Effects of ultra-marathon training and racing on hematologic parameters and serum ferritin levels in well-trained athletes. *Int J Sports Med* 3:111-117
- DONIKE M, RAUTH S (1990) Dopingkontrollen. Hofmann, Schorndorf
- DORNER H, HEINOLD D, HILMER W (1987) Exercise-induced leucocytosis - its dependence on physical capability. *Int J Sports Med* 8:152
- DOUGHERTY GJ, McBRIDE WH (1986) Accessory cell activity of murine tumor-associated macrophages. *J Natl Cancer Inst* 76:541-548
- DOUGLAS DJ, HANSON PG (1987) Upper respiratory infections in the conditioned athlete. *Med Sci Sports Exerc* 10:55
- EBERHARDT A (1971) Influence of motor activity on some serologic mechanisms of nonspecific immunity of the organism. *Acta Physiol Pol* 22:185-194
- EDWARDS AJ, BACON TH, ELMS CA, VERARDI R, FELDER M, KNIGHT SC (1984) Changes in the populations of lymphoid cells in human peripheral blood following physical exercise. *Clin Exp Immunol* 58:420-427
- EDWARDS HT, WOOD WB (1933) A study of leukocytosis in exercise. *Arbeitsphysiologie* 6:73-83
- EICHNER ER (1987) Exercise, lymphokines, calories and cancer. *Physician Sportsmed* 15:109-118
- EGOROFF A (1924) Die Veränderung des Blutbildes während der Muskelarbeit bei Gesunden. *Zschr Klin Med* 100:485-497
- ESKOLA J, RUUSKANEN O, SOPPI E, VILJANEN MK, JÄRVINEN M, TOIVONEN H, KOUVALAINEN K (1978) Effect of sport stress on lymphocyte transformation and antibody formation. *Clin Exp Immunol* 32:339-345
- ESPERSEN GT, ELBAEK A, ERNST E, TOFT E, KAALUND S, JERSILD C, GRUNNET N (1990) Effect of physical exercise on cytokines and lymphocyte subpopulations in human peripheral blood. *APMIS* 98:395-400
- FARRIS EJ (1943) The blood picture of athletes as affected by intercollegiate sports. *Am J Anat* 72: 223-257
- FEHR HG, LÖTZERICH H, MICHNA H (1988) The influence of physical exercise on peritoneal macrophage functions: histochemical and phagocytic studies. *Int J Sports Med* 9:77-81
- FEHR HG, LÖTZERICH H, MICHNA H (1989) Human macrophage function and physical exercise: phagocytic and histochemical studies. *Eur J Appl Physiol* 58:613-617
- FIATARONE MA, MORLEY JE, BLOOM ET, BENTON D, SOLOMON GF, MAKINODAN T (1989) The effect of exercise on natural killer cell activity in young and old subjects. *J Gerontol* 44:37-45
- FITZGERALD L (1988) Exercise and the immune system. *Immunol Today* 9:337-339
- FITZGERALD L (1991) Overtraining increases the susceptibility to infection. *Int J Sports Med* 12:S5-8
- FRISCH RE, WYSHAK G, ALBRIGHT NL, ALBRIGHT TE, SCHIFF I (1985) Lower prevalence of breast cancer and cancers of the reproductive system among former college athletes compared to nonathletes. *Br J Cancer* 52:885-891

- FRISCH RE, WYSHAK G, ALBRIGHT NL, ALBRIGHT TE, SCHIFF I, WITSCHI J, MARGUGLIO M (1987) Lower lifetime occurrence of breast cancer and cancers of the reproductive system among former college athletes. *Am J Clin Nutr* 45:328-335
- FRISCH RE, WYSHAK G, ALBRIGHT NL, ALBRIGHT TE, SCHIFF I (1989) Lower prevalence of non-reproductive system cancer among female former college athletes. *Med Sci Sports Exerc* 21:250-253
- GABRIEL H, SCHWARZ L, URHAUSEN A, KINDERMANN W (1992) Leukozyten- und Lymphozytensubpopulationen im peripheren Blut von Sportlerinnen und Sportlern unter Ruhebedingungen. *Di Zschr Sportmed* 43:196-210
- GARABRANDT DH, PETERS JM, MACK TM, BERNSTEIN L (1984) Job activity and colon cancer risk. *Am J Epidemiol* 119:1005-1014
- GERHARDSSON M, NORRELL SE, KIVIRANTA H, PEDERSEN NL, AHLBOM A (1986) Sedentary jobs and colon cancer. *Am J Epidemiol* 123:775-780
- GIMENEZ M, MOHAN-KUMAR T, HUMBERT JC, De TALANCE N, BUISINE J (1986) Leukocyte, lymphocyte and platelet response to dynamic exercise. Duration or intensity effect? *Eur J Appl Physiol* 55:465-470
- GIMENEZ M, MOHAN-KUMAR T, HUMBERT JC, De TALANCE N, TEBOUL M, BELENGUER FJA (1987) Training and leucocyte, lymphocyte and platelet response to dynamic exercise. *J Sports Med* 27:172-177
- GLASER R, KIECOLT-GLASER JK (1985) "Relatively mild stress" depresses cellular immunity in healthy adults. *Behav Brain Sci* 8:401-402
- GLASER R, KIECOLT-GLASER JK, SPEICHER CE, HOLLIDAY JE (1985) Stress, loneliness, and changes in herpesvirus latency. *J Behavior Med* 8:249-260
- GLASER R, KIECOLT-GLASER JK (1986) Stress and the immune response. *Clin. Immunol Newslett* 7:39-42
- GRAHAM S, DAYAL H, SWANSON M, MITTELMAN A, WILKINSON G (1978) Diet in the epidemiology of cancer of the colon and rectum. *J Natl Cancer Inst* 61:709-714
- GREEN RL, KAPLAN SS, RABIN BS, STANITSKI CL, ZDZIARSKI U (1981) Immune function in marathon runners. *Ann Allerg* 47:73-75
- GRIMM H (1973) Die Bedeutung des Gamma-Globulins für den Spitzensport. *Sportarzt Sportmed* 4:89-92
- GROSSARTH-MATICEK R, SCHMIDT P, VETTER H, ARNDT S (1984) Psychotherapy Research in Oncology. In: Steptoe A, Mathews A (eds) *Health care and Human Behaviour*. Academic Press, London pp 325-341
- HANKE CW, ZOLLINGER TW, OBRIAN JJ, BIANCO L (1985) Skin cancer in professional and amateur female golfers. *Physician Sportsmed* 13: 51-68
- HANSBROUGH JF, BENDER EB, ZAPATA-SIRVENT R, ANDERSON J (1984) Altered helper and suppressor lymphocyte populations in surgical patients. A measure of postoperative immunosuppression. *Am J Surg* 148:304-307
- HARTMANN E, JOKL E (1930) Untersuchungen an Sportsleuten: Veränderungen des morphologischen Blutbildes. *Arbeitsphysiologie* 2:452-460
- HEATH GW, FORD ES, CRAVEN TE, MACERA CA, JACKSON KL, PATE RR (1991) Exercise and the incidence of upper respiratory tract infections. *Med Sci Sports Exerc* 23:152-157
- HEDFORS E, HOLM G, ÖHNELL B (1976) Variations of blood lymphocytes during work studied by cell surface markers, DNA synthesis and cytotoxicity. *Clin Exp Immunol* 24:328-335
- HEDFORS E, BIBERFELD P, WAHREN J (1978) Mobilization to the blood of human non-T and K lymphocytes during physical exercise. *J Clin. Lab Immunol* 1:159-162
- HEDFORS E, HOLM G, IVANSEN M, WAHREN J (1983) Physiological variation of blood lymphocyte reactivity: T-cell, subsets, immunoglobulin production and mixed-lymphocyte reactivity. *Clin Immunol Immunopath* 27:9-14
- HICKEY N, MULCAHY R, BOURKE GJ, GRAHAM I, WILSON-DAVIS K (1975) Study of coronary risk factors related to physical activity in 15171 men. *British Med J* 3:507-509
- HIRSEN DJ, MALHAM LM (1983) Effect of exercise on cytotoxic lymphocytes. *Fed Proc* 42:438
- HORSTMANN DM (1950) Acute poliomyelitis: a relation of physical activity at the time of onset to the course of the disease. *JAMA* 142:236-241

- HOWELL MA (1975) Diet as an etiological factor in the development of cancers of the colon and rectum. *J Chron Dis* 28:67-80
- HSIA J, SARIN N, OLIVER JH, GOLDSTEIN AL (1989a) Aspirin and thymosin increase interleukin-2 and interferon-gamma production by human peripheral blood lymphocytes. *Immunopharmacology* 17:167-173
- HSIA J, SIMON GL, HIGGINS N, GOLDSTEIN AL, HAYDEN FG (1989b) Immune modulation by aspirin during experimental rhinovirus colds. *Bull NY Acad Med* 65:45-56
- IRWIN M (1988) Depression and immune function. *Stress Med* 4:95-103
- IRWIN M, SMITH TL, GILLIN JC (1987) Low natural killer cytotoxicity in major depression. *Life Sci* 41:2127-2133
- IRWIN M, PATTERSON T, SMITH TL, CALDWELL C, BROWN SA, GILLIN JC, GRANT I (1990) Reduction of immune function in life stress and depression. *Biol Psych* 27:22-30
- ISAACS R, GORDON B (1924) The effect of exercise on the distribution of corpuscles in the blood stream. *Am J Physiol* 71:106-111
- ISRAEL S, BUHL B, KRAUSE M, NEUMANN G (1982) Die Konzentration der Immunglobuline A, G und M im Serum bei Trainierten und Untrainierten sowie nach verschiedenen sportlichen Ausdauerleistungen. *Med Sport* 8:225-231
- JANSSEN GME, VAN WERSCH JWJ, KAISER V, DOES RJMM (1989) White cell system changes associated with a training period of 18-20 months: a transverse and a longitudinal approach. *Int J Sports Med* 10:S176-S180
- JEMMOTT JB, BORYSENKO JZ, BORYSENKO M, MCCLELLAND DC, CHAPMAN R, MEYER D, BENSON H (1983) Academic stress, power motivation, and decrease in secretion rate of salivary secretory immunoglobulin A. *Lancet* 1:1400-1403
- JOKL E (1931a) Serologische Untersuchungen an Sportsleuten. *Zschr. Ges Exp Med* 77:5-6
- JOKL E (1931b) Blutuntersuchung an Sportsleuten. *Arbeitsphysiologie* 4:379-389
- JOKL E (1974) The immunological status of athletes. *J Sports Med* 14:165-167
- JOKL E, JOKL P (1968) The Physiological Basis of Athletic Records. Charles C. Thomas Publ., Springfield
- KANNEL WB, SORLIE P (1979) Some health benefits of physical activity. *Arch Intern Med* 139:857-861
- KARPOVICH PV (1935) The effect of basketball, wrestling, and swimming upon the white blood corpuscles. *Res Quarterly* 6:42-48
- KEAST D, CAMERON K, MORTON AR (1988) Exercise and the immune response. *Sports Med* 5:248-267
- KINDERMANN W, URHAUSEN A, RICKEN KH (1989) Einfluß von mehrjährigem intensivem Training und nachfolgender Regeneration auf Lymphozyten subpopulationen. *Di Zschr Sportmed* 40:30-41
- KOBASA SCO, MADDI SR, PUCETTI MC, ZOLA MA (1985) Effectiveness of hardiness, exercise and social support as resources against illness. *J Psychosom Res* 29:525-533
- KOHL HW, LaPORTE RE, BLAIR SN (1988) Physical activity and cancer. An epidemiological perspective. *Sports Med* 6:222-237
- KRIKLER DM, ZILBERG B (1966) Activity and hepatitis. *Lancet* 2:1046-1047
- KROPP J, FUCHS K, WEICKER H (1976) Vergleichende quantitative Bestimmungen der Immunglobuline IgA, IgG und IgM in Seren von Leistungssportlern. *Sportarzt Sportmed* 6:124-126
- LANDMANN RMA, MÜLLER FB, PERINI CH, WESP M, ERNE P, BÜHLER FR (1984) Changes of immunoregulatory cells induced by psychological and physical stress: relationship to plasma catecholamines. *Clin Exp Immunol* 58:127-135
- LaPERRIERE A, SCHNEIDERMAN N, ANTONI MH, FLETCHER MA (1989) Aerobic exercise training and psychoneuroimmunology in AIDS research. In: Baum A, Temoshok L (eds) *Psychological perspectives on AIDS*. Erlbaum, Hillsdale, pp 259-286
- LaPERRIERE AR, ANTONI MH, SCHNEIDERMAN N, IRONSON G, KLIMAS N, CARALLIS P, FLETCHER MA (1990) Exercise intervention attenuates emotional distress and natural killer cell decrements following notification of positive serologic status for HIV-1. *Biofeedback and Self-Regulation* 15:229-242
- LaPERRIERE A, FLETCHER MA, ANTONI MH, KLIMAS NG, IRONSON G, SCHNEIDERMAN N (1991) Aerobic exercise training in an AIDS risk group. *Int J Sports Med* 12:S53-57
- LARRABEE RC (1902) Leucocytosis after violent exercise. *J Med Res* 7:76-82

- LAUDENSLAGER ML, RYAN SM, DRUGAN RC, HYSON RL, MAIER SF (1983) Coping and immunosuppression: inescapable but not escapable shock suppresses lymphocyte proliferation. *Science* 221:568-570
- LEE IM, PAFFENBARGER RS, HSIEH CC (1990) Physical activity and risk of developing colorectal cancer among college alumni. *J Nat Cancer Inst* 83:1324-1329
- LEWICKI R, TCHORZEWSKI H, DENYS A, KOWALSKA M, GOLINSKA A (1987) Effect of physical exercise on some parameters of immunity in conditioned sportsmen. *Int J Sports Med* 8:309-314
- LEWICKI R, TCHORZEWSKI H, MAJEWSKA E, NOWAK Z, BAJ Z (1988) Effect of maximal physical exercise on T-lymphocyte subpopulations and on interleukin 1 (IL 1) and interleukin 2 (IL 2) production in vitro. *Int J Sports Med* 9:114-117
- LJESEN H, UHLENBRUCK G (1992) Sports immunology. *Sport Science Rev* 1:94-116
- LÖTZERICH H, UHLENBRUCK G (1991) Sport und Immunologie. In: Weiß M, Rieder H (Hrsg.) *Sportmedizinische Forschung*. Springer, Berlin Heidelberg New York Paris Tokyo Hong Kong Barcelona Budapest, pp 117-143
- LÖTZERICH H, PETERS C, LEDVINA I, APPELL HJ, UHLENBRUCK G (1991) Ausdauersport als natürliches Immunstimulans in der Krebsnachsorge. *Ärztzschr Naturheilverfahren* 32:571-576
- McKINNON LT, CHICK TW, VAN AS A, TOMASI, TB (1988) The effect of exercise on secretory and natural immunity. *Adv Exp Med Biol* 216:A869-876
- MAIDORN K (1972) Mit Gammaglobulinen nach Mexiko. *Sportarzt Sportmed* 10:256-260
- MAIDORN K (1974) Die Bedeutung des Immunsystems für die Infektanfälligkeit bei Sportlern. *Sportarzt Sportmed* 7:143-145
- MAIERSKI U (1976) Erfolgreiche Anwendung von Immunglobulinen zur Infektprophylaxe bei Hochleistungssportlern. *Sportarzt Sportmed* 6:126-130
- MASUHARA M, KAMI K, UMEBAYASHI K, TATSUMI N (1987) Influences of exercise on leukocyte count and size. *J Sports Med* 27:285-290
- MATEJKA G, BOJKOV B, SLAVOV S (1985) Changes in the immune status of elite sportsmen during one-year training and competitive season. *IV. Europ. Congress of Sports Med*. 152, Prag
- MEARA J, McPHERSON K, ROBERTS M, JONES L, VESSEY M (1989) Alcohol, cigarette smoking and breast cancer. *Br J Cancer* 60:70-73
- MEYER MH, PELLA G (1947) The effect of hard laboratory exercise on the total and differential leukocyte count of young women. *Res Quarterly* 18:271-278
- MONTOYE HJ, BLOCK WD, METZNER HL, KELLER JB (1976) Habitual physical activity and serum lipids: males, age 16-64 in a total community. *J Chron Dis* 29:697-709
- MORSE LJ, BRYAN JA, HURLEY JP, MURPHY JF, O'BRIEN F, WACKER WEC (1972) The holy cross college football team hepatitis outbreak. *JAMA* 219:706-708
- MORGAN WP (1982) Psychological effects of exercise. *Beh Med Update* 4:25-30
- MORRIS JN, EVERITT MG, POLLARD R, CHAVE SPW, SEMMENCE AM (1980) Vigorous exercise in leisure-time: protection against coronary heart disease. *Lancet* 2:1207-1210
- MUIR CS (1990) Epidemiology, basic science and the prevention of cancer: Implications for the future. *Cancer Res* 50:6441-6448
- NASH HL (1986) Can exercise make us immune to disease? *Physician Sportsmed* 14:250-253
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, COMMITTEE ON DIET, NUTRITION, and CANCER (1982) Diet, nutrition and cancer. National Academy Press, Washington, D.C.
- NIEMAN DC, BERK LS, SIMPSON-WESTERBERG M, ARABATZIS K, YOUNGBERG S, TAN SA, LEE JW, EBY, WC (1989) Effects of long-endurance running on immune system parameters and lymphocyte function in experienced marathoners. *Int J Sports Med* 10:317-323
- PAFFENBARGER RS, HYDE RT, WING AL, HSIEH CC (1986) Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *New Engl J Med* 314:605-613
- PAFFENBARGER Jr RS, HYDE RT, WING AL (1987) Physical activity and incidence of cancer in diverse populations: a preliminary report. *Am J Clin Nutr* 45:312-317
- PARIZA MW, BOUTWELL RK (1987) Historical perspective: calories and energy expenditure in carcinogenesis. *Am J Clin Nutr* 45:151-156

- PEDERSEN BK, TVEDE N, HANSEN FR, ANDERSEN V, BENDIX T, BENDIXEN G, BENDTZEN K, GALBO H, HAAHR PM, KLARLUND K, SYLVEST J, THOMSEN BS, HALKJAER-KRISTENSEN J (1988) Modulation of natural killer cell activity in peripheral blood by physical exercise. *Scand J Immunol* 27:673-678
- PEDERSEN BK, TVEDE N, KLARLUND K, CHRISTENSEN LD, HANSEN FR, GALBO H, KHARAZMI A, HALKJAER-KRISTENSEN J (1990) Indomethacin in vitro and in vivo abolishes post-exercise suppression of natural killer cell activity in peripheral blood. *Int J Sports Med* 11:127-131
- PEDERSEN B (1991) Influence of physical activity on the cellular immune system: Mechanisms of action. *Int J Sports Med* 12:S23-29
- PERSKY V, DYER AR, LEONAS J, STAMLER J, BERKSON DM, LINDBERG HA, PAUL O, SHEKELLE RB, LEPPER MH, SCHOENBERGER JA (1981) Heart rate: a risk factor for cancer? *Am J Epidemiol* 114:477-487
- PETER HH (1986) Immunsystem und Infektanfälligkeit. *Dt Zschr Sportmed* 11:348-355
- PETERS EM, BATEMAN ED (1983) Ultramarathon running and upper respiratory tract infections. *S Afr Med J* 64:582-584
- PETROVA IV, KUZMIN SN, KURSHAKOVA TS, SUZDALNITSKY RS, PERSHIN BB, KOVALENKO EB, LEVANDO VA, MOSHIAHVILI IYA (1983) Phagocytic activity of neutrophils and the humoral factors of systemic and local immunity in intensive physical strain. *Zh Mikrob Epidemiol Immun SSSR* 12:53-57
- POLEDNAK AP (1976) College athletics, body size, and cancer mortality. *Cancer* 38:382-387
- POLLOCK ML, WILMORE JH, FOX III SM (1984) Exercise in health and disease. Saunders, Philadelphia, p 59
- PULVERER G, BEUTH J, ROSZKOWSKI W, BURRICHTER H, ROSZKOWSKI K, YASSIN A, KOHL, JELJASZEWICZ J (1990) Bacteria of human physiological microflora liberate immunomodulating peptides. *Zbl Bakt* 272:467-476
- RICKEN KH, KINDERMANN W (1986) Der Immunstatus des Leistungssportlers - Ursachen der Infektanfälligkeit. *Dt Zschr Sportmed* 37:38-42
- RICKEN KH, KINDERMANN W (1987) Zelluläre Immunität bei männlichen und weiblichen Leistungssportlern. In: Rieckert H (ed) *Sportmedizin - Kursbestimmung*. Springer, Berlin Heidelberg
- RICKEN KH, RIEDER T, HAUCK G, KINDERMANN W (1990) Changes in lymphocyte subpopulations after prolonged exercise. *Int J Sports Med* 11:132-135
- ROBERTS JA (1986) Viral illness and sports performance. *Sports Med* 3:296-303
- RÖCKER L, FRANZ IW (1986) Effect of chronic β -adrenergic blockade on exercise-induced leukocytosis. *Klin Wschr* 64:270-273
- ROHDE CP, WACHHOLDER K (1953) Weißes Blutbild und Muskelarbeit. *Arbeitsphysiologie* 15:165-174
- ROITT IM, BROSTOFF J, MALE DK (1987) *Kurzes Lehrbuch der Immunologie*. Thieme, Stuttgart, New York
- ROOK A (1954) An investigation into the longevity of Cambridge sportsmen. *Br Med J* 1:773-777
- ROSENBAUM HE, HARFORD CG (1953) Effect of fatigue on susceptibility of mice to poliomyelitis. *Proc Soc Exp Biol Med* 83:678-681
- RUSSELL WR (1949) Paralytic poliomyelitis. *Brit Med J* 1:4602-4608
- SALTINI C, KIRBY M, BISETTI A, CRYSTAL G (1991) The lung epithelial immune system. *J Immunol Res* 3:43-48
- SCHMID L (1962) Training and cancer. *Acta Union Intern contre le cancer* 18: 238-239
- SCHMID L (1975) Malignant tumours as causes of death of former athletes. In: Howald H, Poortmans JR (eds.): *Metabolic adaptation to prolonged physical exercise*. Birkhauser, Basel, pp 85-91
- SHEPHERD RJ (1990) Physical activity and cancer. *Int J Sports Med* 11:413-420
- SIMON HB (1984) The immunology of exercise. *JAMA* 252:2735-2738
- SIMON HB (1987) Exercise and infection. *Physician Sportsmed* 15:135-141
- SOLOMON GF (1987) Psychoneuroimmunology: interactions between central nervous system and immune system. *J Neurosci Res* 18:1-9
- SOLOMON GF (1991) Psychosocial factors, exercise and immunity: Athletes, elderly persons, and AIDS patients. *Int J Sports Med* 12:S50-52

- SOPPI E, VARJO P, ESKOLA J, LAITINEN LA (1982) Effect of strenuous physical stress on circulating lymphocyte number and function before and after training. *J Clin Lab Immunol* 8:43-46
- SORENSEN G, PECHACEK T (1986) Occupational and sex differences in smoking and smoking cessation. *J Occupational Med* 28: 360-364
- SPIEGEL D, KRAEMER HC, BLOOM JR, GOTTHEIL E (1989) Effect of psychosocial treatment on survival of patients with metastatic breast cancer. *Lancet* 2:888-891
- STANG-VOSS C (1987) Sport: Bei Übertraining macht das Immunsystem schlapp. *Ärztl Praxis* 86:2580-2581
- STEEEL CM, EVANS J, SMITH MA (1974) Physiological variation in circulating B cell: T cell ratio in man. *Nature* 247:387-389
- TAYLOR HL, KLEPETAR E, KEYS A, PARLIN W, BLACKBURN H, et al. (1962) Death rates among physically active and sedentary employees of the railroad industry. *Am J Public Health* 51:1697-1707
- TARGAN S, BRITVAN L, DOREY F (1981) Activation of human NKCC by moderate exercise: increased frequency of NK cells with enhanced capability of effector - target lytic interactions. *Clin Exp Immunol* 45:352-360
- TCHORZEWSKI H, LEWICKI R, MAJEWSKA E (1987) Changes in the helper and suppressor lymphocytes in human peripheral blood following maximal physical exercise. *Arch Immunol Ther Exp* 35:307-312
- TOMASI TB, TRUDEAU FB, CZERWINSKI D, ERREDGE S (1982) Immune parameters in athletes before and after strenuous exercise. *J Clin Immunol* 2:173-178
- UNANUE ER (1978) The regulation of lymphocyte functions by the macrophage. *Immunol Rev* 40:227-254
- UHLENBRUCK G (1991) Sport und Altern. *Arzt Sport* 1:1-2
- UHLENBRUCK G, LÖTZERICH H, PETERS C. (1990) Abwehrkräfte stabilisieren, stimulieren, stärken! *Therapiewoche* 40, 3495-3498.
- UHLENBRUCK G, ORDER U (1991) Can endurance sports stimulate immune mechanisms against cancer and metastasis. *Int J Sports Med* 12:S63-68
- VALAORAS VG, McMAHON B, TRICHOPOULOS D, POLYCHRONOPOULOU A (1969) Lactation and reproductive histories of breast cancer patients in greater athens, 1965-67. *Int J Cancer* 4:350-363
- VENA JE, GRAHAM S, ZIELEZNY M, SWANSON MK, BARNES RE et al. (1985) Lifetime occupational exercise and colon cancer. *Am J Epidemiol* 122:357-365
- VENA JE, GRAHAM S, ZIELEZNY M, BRASURE J, SWANSON MK (1987) Occupational exercise and risk of cancer. *Am J Clin Nutr* 45:318-327
- WASHBURN RA, MONTROYE HJ (1986) The assessment of physical activity by questionnaire. *Am J Epidemiol* 123:563-576
- WEINSTEIN L (1973) Poliomyelitis - a persistent problem. *New Engl J Med* 288:370-372
- WEISS M, BIEGER W, MICHEL G, WEICKER H (1981) Untersuchungen zum Einfluß körperlicher Belastung auf die Funktion des Immunsystems. *Wehrmed Mschr* 2:33-37
- WEISS M, FUHRMANSKY J, LULAY R, WEICKER H (1985) Häufigkeit und Ursache von Immunglobulinmangel bei Sportlern. *Dt Zschr Sportmed* 5:146-153
- WELLS CL, STERN JR, HECHT LH (1982) Hematological changes following a marathon race in male and female runners. *Eur J Appl Physiol* 48:41-49
- WERLE E, JOST J, KOGLIN J, WEISS M, WEICKER H (1989) Modulation der zellulären Immunabwehr auf Rezeptorebene während akuter körperlicher Belastung. *Dt Zschr Sportmed* 40:14-22
- WILKERSON JE, KOLKA MA, STEPHENSON LA (1979) Exercise-induced leukocytosis during a competitive marathon. *Med Sci Sports Exerc* 11:99
- WOODS JA, BACRO T, MAYER E, DAVIS JM, GALLIANO FJ, PATE RR (1990) The effects of exercise on murine macrophage phagocytosis. *Int J Sports Med* 11:401-402
- YU DTY, CLEMENTS PJ, PEARSON CM (1977) Effect of corticosteroids on exercise-induced lymphocytosis. *Clin Exp Immunol* 28:326-331