

Immunologie - wie funktioniert unser Abwehrsystem

Teil 2 des Versuches, diese und das Immunsystem zu beschreiben (Stand 15.2.2010)

Wie jedes lebendige Wesen wehrt sich unser Körper gegen Angriffe, die seine Funktion gefährden, und passt sich gleichzeitig dynamisch seiner Umwelt an. Verantwortlich dafür ist in erster Linie unser Immunsystem. Es schützt vor Attacken durch Viren, Bakterien, Pilzen, Parasiten und Fremdproteinen und eliminiert körpereigene geschädigte oder entartete Zellen. Bei intakter Funktionsweise und Abwehr gelingt das immer.

Entwicklungsgeschichtlich hat sich der Mensch in einer - teils selbst geschaffenen - Umwelt zu behaupten, gegen die er sich abgrenzen und schützen muss. Darum hat sein Organismus eine ganze Reihe von Möglichkeiten entfaltet, Schadstoffe auf immunologischem Wege zu eliminieren und zu bekämpfen. Dabei ist das Abwehrsystem in zwei Richtungen aktiv: gegen äußere Gefährdungen und gegen Gefahren innerhalb des Systems.

Die Aufgaben des Immunsystem im Einzelnen:

1. auf jeden Eindringling in unseren Organismus kraftvoll mit einer Abwehrreaktion zu antworten
2. ein immunologisches Gedächtnis aufzubauen, das es erlaubt, bei einem Zweitkontakt effektiv und schnell mit einer Immunabwehr zu reagieren
3. sehr empfindlich die Tumorüberwachung zu gewährleisten, indem entartete, überalterte und veränderte körpereigene Zellen vollständig eliminiert werden.

Dabei aber

4. eine Immuntoleranz gegenüber körpereigenen Antigenen zu realisieren, so dass Autoimmunität verhindert wird.
5. der jeweiligen Situation angepasst zu reagieren, das heißt, keine überschießende Entzündungsreaktion zuzulassen und die Immunantwort zeitlich so zu limitieren, wie es biologisch sinnvoll ist.
6. nur selektiv, das heißt, nur auf tatsächlich für den Organismus gefährliche Agenzien zu reagieren, um allergische Reaktionen nicht zuzulassen.

Bei der Betrachtung dieser Aufgaben des Immunsystems wird das entscheidende Problem deutlich, das die Grundlage für viele Erkrankungen und unerwünschte Effekte der Immunantwort darstellt. Für die Aufgaben 1 bis 3 kann das Immunsystem gar nicht stark genug sein, und es darf keine „Lücke“ zulassen. Für die Punkte 4 bis 6 dagegen wird vom gleichen Immunsystem eine eher gezügelte Immunreaktion verlangt. Es soll zudem unterscheiden zwischen gefährlich und harmlos, nicht überschießend reagieren und körpereigene Strukturen unbedingt schonen.

Wenn man bedenkt, dass dieselben Zellen und Immunmechanismen sowohl für die positiven (gewollten) Immunantworten (z.B. Infektabwehr) wie auch für die krankmachenden Abwehrreaktionen (Allergie, Autoimmunität, chronische Entzündung) verantwortlich sind, wird deutlich, dass Regulation und Kontrolle die letztendlich wichtigsten Aufgaben eines gesunden Immunsystems darstellen.

Neuro-Endokrino-Immunsystem

In diesem Regulationsprozess darf man sich das Immunsystem nicht isoliert vorstellen. Über neuroimmunoendokrine Regelkreise sind das Zentralnervensystem, Hormonproduktion und Endorphinsekretion über entsprechende Rezeptoren mit dem Immunsystem in ständiger Kommunikation. Immunzellen tragen Rezeptoren für Hormone und Neurotransmitter genau wie z.B. nahezu jede Körperzelle Erkennungsstrukturen für Zytokine (Signal-/Botenstoffe wie z.B. Interferone) trägt. Auch die Hypophysen-Hypothalamus-Nebennierenrinden-Achse ist regulatorisch in der Regel antiinflammatorisch in die Immunregulation eingebunden. Ein Anstieg von Cortisol im Serum ist bei entsprechenden Immunvorgängen messbar.

Damit erklärt sich das bisher nur zu Bruchteilen verstandene komplexe Zusammenspiel dieser drei „Organsysteme“ und es wird verständlich, warum jedes Eingreifen in das Regulationssystem Auswirkungen auf den gesamten Organismus haben kann. So führt kontinuierlicher Über-/Dis-Stress (siehe auch nachstehend) zur Überaktivierung dieser Hypophysen-Hypothalamus-Nebennierenrinden-Achse und damit zu einer kontinuierlichen peripheren Immunsuppression, die eine erhöhte Infektneigung, aber auch eine erhöhte Bereitschaft zur Bildung bösartiger Zellen zur Folge haben kann. Über diese Regelkreise sind Wirkmechanismen therapeutischer Ansätze sowohl nicht steroidaler, antiinflammatorischer Medikamente (Aspirin, Diclofenac), wie auch die positive Wirkung psychoonkologischer Verfahren auf die Immunsituation zu verstehen.

Ablauf/Regulierung der Immunantwort

Antigene sind verantwortlich für die Immunantwort. Es sind Substanzen, die vom Immunsystem des Körpers als krankheitsinduzierend erkannt werden und deshalb eine Immunantwort auslösen. Sowohl fremde Antigene, als auch körpereigene Strukturen können vom Immunsystem als pathologisch angesehen werden. Tumor-Zellen spielen mit ihrem Antigen-Charakter eine besondere Rolle und sind in der Lage, diesen zu ändern, um der Körperabwehr zu entkommen.

Die Immunogenität, das heißt die Erkennbarkeit des Antigens setzt die primäre Immunantwort in Gang. Je größer und komplexer der Unterschied zu körpereigenen Strukturen ist, desto höher ist in der Regel die Immunogenität. Bei zu hoher oder zu niedriger Antigenbelastung kann es zu fehlender oder toleranter Reaktion kommen.

Primäre Immunantwort

Gelangen z.B. Mikroorganismen über die Barrierefunktion der Haut oder Schleimhaut hinaus ins Gewebe, werden sie durch Gewebsmakrophagen phagozytiert und getötet. Reicht dieser Angriff auf die Eindringlinge nicht aus, wird über die Zytokine TNF, IL-1 und IL-6 eine Entzündung in Gang gesetzt, die vermehrt die Zellen des Immunsystems an den Ort der Infektion bringt.

Tumornekrosefaktor (TNF) und Interleukin-1 (IL-1) sind die sogenannten Alarmzytokine, da sie die akute Entzündung auslösen. Die sogenannten endogenen Pyrogene IL-1, TNF, IL-6 und MIP-1 (Makrophagenentzündungsprotein) provozieren eine Fieberreaktion. In den weiteren Verlauf der Entzündung sind regulierend IL-11, IL-15, IL-18, IL-20, IFN-alfa, IFN-beta, IFN-gamma und Chemokine eingebunden.

Akut-Phase-Proteine

Messbar ist diese sogenannte Akut-Phase-Reaktion auch am Anstieg der Akut-Phase-Proteine, insbesondere des CRPs. Die Akut-Phase-Proteine werden bei einer Infektion in der Leber in bis zu 100facher Konzentration gebildet. CRP zum Beispiel ist in zahlreiche lokale Abwehrvorgänge eingebunden, so bindet es z. B. Phosphorylcholin von bestimmten Lipopolysacchariden auf der Erregeroberfläche und verstärkt durch Komplementaktivierung die antibakterielle und die Abwehr von Pilzen.

Erkennung der Antigene

Über die sog. PAMP's (Pathogen associated molecular pattern = Pathogen assoziierte molekulare Muster) werden die Antigenstrukturen vom angeborenen und adaptiven Immunsystem erkannt. Über die Toll-like-Rezeptoren wird das Erkennungssignal in die Zelle geleitet und führt zur entsprechenden Alarmreaktion.

Sekundäre Immunantwort

Antikörper greifen die Antigenstrukturen direkt an. Für die Erkennung durch das T-Zell-System müssen dagegen die Antigene prozessiert und dann durch antigenpräsentierende Zellen den kompetenten Immunzellen präsentiert werden.

Die Schutztruppen unseres Körpers

Immunkompetente (=an Immunantwort beteiligte) **Organe** sind Knochenmark, Thymus, Milz, Lymphknoten, Tonsillen (Mandeln im Mund/Rachen), Peyersche Plaques (im letzten Abschnitt des Dünndarms) und diffuse lymphatische Gewebe (in Schleimhäuten). Immunkompetente **Zellen** sind T- und B-Lymphozyten, Plasmazellen, aktivierte B-Lymphozyten, Granulozyten, Monozyten/Makrophagen, Mastzellen, Makromoleküle und Komplement (im Blutkreislauf zirkulierende Proteine). Dabei darf nicht die Wechselwirkung unseres Nervensystems auf das Immunsystem und umgekehrt außer Acht gelassen werden.

Die weitere Einteilung gliedert sich in ein unspezifisches (angeborenes) und ein adaptives, spezifisches (durch Kontakt mit Eindringlingen= Antigenen erworbenes) Immunsystem, welches sich jeweils in eine humorale (Blutkreislauf) und zelluläre (Zellen/Gewebe) Komponente aufteilt. Das unspezifische Abwehrsystem hat wenig Erkennungsvermögen (Spezifität) den Fremdling betreffend, jedoch eine hohe Zytotoxizität (die Fähigkeit, Gewebezellen zu schädigen/ zerstören), das spezifische Immunsystem hingegen hat ein hohes Erkennungsvermögen und eine geringe Zytotoxizität. Lymphozyten entwickeln sich aus pluripotenten Stammzellen und reifen zu T-Zellen (Träger des zellulären) und B-Zellen (Träger des humoralen) Immunsystems heran.

Die organische Energie des Körpers

Ein jedes Lebewesen besitzt seinen eigenen Energiehaushalt. Unser Organismus macht da keine Ausnahme, er hat einen permanenten Energiebedarf. Doch dies sind auch wieder sehr differenzierte Bedürfnisse des Körpers, die durch unterschiedliche Systeme in Kooperation miteinander befriedigt werden müssen. Sie arbeiten zusammen, um energiehaltige Materie aufzunehmen, sie für die verschiedenen Körpertätigkeiten auszuwerten, die schädlichen Substanzen zu trennen und die unbrauchbaren Reste auszuscheiden.

Der Körper ist auf ständige Energiezufuhr angewiesen, und diese Energie muss zur rechten Zeit in der richtigen Form zur Verfügung stehen. Das bedingt eine gewisse Vorratshaltung über den täglichen Umsatz hinaus; unser Körper muss auch lebensnotwendige Substanzen speichern und für längere Frist aufbewahren, von denen er offenbar besser als wir zu beurteilen weiß, welche Mangelware sind, welche er eher entbehren kann und welche er zu gegebener Zeit ausschütten muss. So einfach ist das. Und doch so kompliziert.

Die Nahrung stellt unsere wichtigste Energiequelle dar. Es ist von entscheidender Bedeutung, die Art der Nahrung richtig auszuwählen, auf ihre Qualität und Zusammensetzung zu achten und sie sorgfältig zu bereiten. Es genügt nicht, Kalorienmengen und Joule-Angaben zu messen und den Zeiger der Waage im Badezimmer zu kontrollieren. Damit lässt sich zwar Masse regulieren, aber nicht die Energie, die wir empfangen und vergeben können. Denn die wichtigsten Bestandteile zum Aufbau einer intakten Immunabwehr werden aus der Nahrung entnommen. Hinter dem „Magen-Darm-Kanal“ liegt die „alchemistische Fabrik“, die Leber zusammen mit den Hilfsorganen Bauchspeicheldrüse und Galle. Dort werden die Grundbausteine aus Nahrungsmitteln zu neuen Funktionselementen des Immunsystems aufgebaut.

Im Verdauungstrakt von Magen und Darm wird die Nahrung in einfache Bestandteile zerlegt, zur weiteren Verarbeitung den reinigenden Organen Leber, Bauchspeicheldrüse und Galle zugeführt und dann zu allen Körperzellen transportiert. In den Zellen werden die Nährstoffe gespeichert und chemische Energien durch Verbrennung (Oxidation) freigesetzt. Den dazu notwendigen Sauerstoff nimmt die Lunge auf und gibt ihn mit dem Blut an die Zellen weiter, so laufen im gesamten Organismus unaufhörlich chemische Prozesse und Reaktionen ab, bei denen Nährstoffe zwischen Zelle und Zelle, Gewebe und Gewebe, System und System ausgetauscht werden. Die große Welt im Kleinen. Doch so klein ist der Mikrokosmos Mensch gar nicht, wie ein Blick auf einzelne Systeme und Zahlen zeigt.

Der Magen-Darm-Kanal

Der Dünndarm ist ein sechs Meter langer Schlauch. Die ersten 25 bis 30 Zentimeter (das entspricht etwa der Breite von zwölf Fingern) gleich nach dem Magenausgang werden als Zwölffingerdarm bezeichnet. Hier wird der durch Magensäfte zersetzte Speisebrei unter Zufluss von Galle aus der Leber und Fermenten der Bauchspeichel- und Darmdrüsen weiter verdaut. Die folgenden 2,5 Meter heißen Leerdarm, die anschließenden 3,5 Meter Krummdarm. Die Hauptaufgabe dieser Darmabschnitte besteht darin, die Nahrung in einfache Bestandteile zu zerlegen und diese durch die Darmwand dem Organismus - vor allem der Leber - zuzuführen. Dafür ist die Darmwand bestens ausgestattet mit so genannten Zotten. Diese kaum millimetergroßen Erhebungen und Ausstülpungen im Nanoformat vergrößern die Oberfläche des Dünndarms auf rundum 300 Quadratmeter - ein kleines Wunder. Denn diese Darmwand, eine Schutzbarriere, müssen die in winzigste Teile aufgespaltenen Nährstoffe passieren, um durch die Blut- und Lymphgefäße dieser sensiblen inneren Haut aufgenommen und in den Körper transportiert zu werden. Wenn man bedenkt, dass das Volumen der im Magen-Darm-Trakt umgewälzten Speisen, Getränke und Sekrete täglich neun bis zehn Liter beträgt, von denen lediglich 0,1 Liter durch den Stuhl und zwei bis drei Liter durch den Harn ausgeschieden werden, kann man angesichts dieser Leistung und Technik nur staunen, noch mehr, wenn man seine außerordentliche Raffinesse erkennt. Denn bei dieser Arbeit tritt auch ein ungeheurer Verschleiß auf. Täglich verliert der Körper die Menge von über 100 Gramm Zellen aus der Darmschleimhaut, was einem Verlust von 30 Gramm Eiweiß gleichkäme. Aber eben käme - denn der Dünndarm verdaut diese abgestorbenen Zellen genauso wie die aufgenommene Nahrung und gewinnt damit ihre Substanz, ihre Energie zum großen Teil für den Organismus zurück. Voraussetzung ist freilich, dass dem Verdauungstrakt auch die „Lösungsmittel“, die alchemistischen Substanzen, zur Verfügung stehen, die zur Zersetzung der Nahrung und zur Trennung ihrer Grundstoffe notwendig sind. Diese ganz besonderen Säfte bezieht er nicht allein aus den Drüsen der Magenschleimhaut, die Salzsäure zur Aktivierung der Verdauung und Abwehr von Bakterien liefern und Enzyme wie Pepsin und Lab zur Aufbereitung von Eiweiß und Fett und zur Milchgerinnung, sie werden auch von der Bauchspeicheldrüse und aus der Leber angeliefert.

Die Bauchspeicheldrüse

Pankreas lautet das griechische Wort für diese vielseitige Hilfskraft der großen Chemiefabrik Leber. Sie produziert für den Zwölffingerdarm täglich 1 bis 1,5 Liter Verdauungssäfte mit Enzymen - Trypsin, Diastase, Lipase -, die Eiweiß, Fette und Kohlenhydrate aufspalten. Nicht minder wichtig ist die Leistung der in der Bauchspeicheldrüse verstreuten Langerhans-Inseln. Der Name geht auf den Pathologen Paul Langerhans zurück, der entdeckte, dass in diesen kleinen Zelthaufen das Hormon Insulin (lat. insula = Insel) zur Regulierung des Zuckerhaushalts gebildet und in die Blutbahnen ausgeschüttet wird. Die Pankreassäfte sind alkalischer Natur. Sie neutralisieren im Magen noch bestehende Säure und tragen zu besserer Entgiftung und Wasserausscheidung durch die Nieren bei. Das kann man in einer alchemistischen Küche unterstützen, indem man verdauungs- und enzymstimulierende Nahrungsmittel so aufbereitet, dass sie dem inneren Alchemisten Leber zuarbeiten und außerdem der Bauchspeicheldrüse die Arbeit erleichtern. So lässt sich beispielsweise aus Sellerie, Karotten und Kartoffeln eine alkalische Basenbrühe zubereiten, die Verdauungsvorgänge aufs Stärkste unterstützt und nicht nur Bauchspeicheldrüse und Leber sowie die Ausscheidung der Nieren fördert, sondern auch der direkten Verdauung im Darm dient.

Die Galle

Die Galle ist kein Körperorgan, sondern ein Sekret, das die Leber produziert: In 24 Stunden sind es 0,5 bis 1 Liter, mehr bei Tag als bei Nacht. Es wird normalerweise zunächst in der Gallenblase gesammelt. Ein Teil geht als gelbe Lebergalle direkt in den Zwölf-

fingerdarm und wird durch Wasserentzug auf ein Zehntel eingedickt. Die wichtigsten Bestandteile sind zum einen hilfreiche Gallensäuren, Sterine und Cholsäure, die nach Ausschüttung in den Darm die Fette im Speisebrei emulgieren und resorbieren, also verdünnen, verkleinern und verdaulich machen. Zum zweiten handelt es sich um Gallenfarbstoffe; das ist ein vornehmer Ausdruck für gelblich-grüne Abbauprodukte des Blutfarbstoffes Hämoglobin und Steroidhormone, auf denen dann die Färbung des Kots beruht. Doch auf diese Weise werden auch körperfremde Substanzen und Medikamente ausgeschieden. Die Galle ist also im wahrsten Sinn des Wortes ein Entgiftungsmittel des inneren Alchemisten Leber.

Dies alles ist wirklich mehr als erstaunlich. Eiweißkörper (Proteine) werden zu Peptonen zersetzt, zu hochmolekularen und wasserlöslichen Zwischenprodukten, aus denen wiederum die lebenswichtigen und resorbierbaren Aminosäuren abgespalten werden. Zucker und Stärke werden in Monosaccharide zerlegt, in die einfachen Kohlenhydrate, aus denen sie aufgebaut sind. Fette werden durch Gallensäuren emulgiert, in so feine Bestandteile zergliedert, dass sie durch die Darmwand dringen können. Es sind vor allem Enzyme des Darmsaftes, die diese Arbeit der Trennung, Spaltung oder Zerteilung leisten. In der Beschreibung solcher Umwandlungsprozesse des Stoffwechsels wird deutlich, dass der Qualität der Nahrung und der Art ihrer Aufbereitung eine viel größere Bedeutung zukommt, als man früher angenommen hat. Sie soll nicht nur ausreichend nach Kalorienwert sein, sondern auch möglichst frei von Schlacken und Giften, also unverfälscht und frisch, um die Verstoffwechslung und die Energiegewinnung zu erleichtern. Und durch die Zubereitung der Gerichte kann man einige Vorleistungen anbieten, zum Beispiel durch enzymatische Spaltung der Substanzen, indem Speisen auf die Idealtemperatur von 37 °C des Oberbauches gebracht, aber auch nicht zu heiß genossen werden. Oder durch die Zugabe von Joghurt, saurer Sahne, also Milchsäurebakterien, oder durch gelungene Marinaden, also Emulsionen, die dem Organismus bei der Verdauung weniger Einsatz eigener Energie abverlangen.

Die Leber

Zu Recht kann man die Leber als alchemistisches Kraftwerk bezeichnen. Sie ist die größte Drüse unseres Körpers, 1,5 Kilo schwer. Über 500 verschiedene Funktionen lassen sich aufzählen, die in diesem Zentrum ablaufen. Das verlangt Energie und Blutzufuhr. Damit wird die Leber auf zwei Wegen versorgt: Zu 20 Prozent direkt vom Herzen durch die sauerstoffreiche Leberarterie. Zu 80 Prozent durch die Pfortader, in der ihr venöses Arbeitsblut aus dem Verdauungstrakt, aus Milz, Gallenblase und Bauchspeicheldrüse zufließen. In jeder Minute strömen beim Erwachsenen 1 bis 1,5 Liter Blut durch die Leberzellen. Dessen Inhalte an ausgelesenen Nährstoffen, verbrauchten roten Blutkörperchen oder Bakterien müssen erkannt und getrennt, aussortiert und abgeschieden, gereinigt und verarbeitet, zum Teil gespeichert, neu zusammengestellt und in richtigen Kombinationen durch die Blutbahnen an die anderen Systeme, an unterschiedliche Gewebe und Billionen von Zellen weitergereicht werden.

50.000 bis 100.000 Leberläppchen sind mit diesem Analyse- und Syntheseverfahren beschäftigt. Wenn da aus proteinreicher Nahrung zu viele Aminosäuren anschwemmen, wandeln sie einen nutzbaren Teil davon in Kohlehydrate um und geben den Rest mit dem Abfallprodukt Harnstoff an die Nieren ab, die ihn mit dem Urin ausscheiden. Wird zu viel Monosaccharid Glukose angeliefert, dann wird ein brauchbarer Teil zum Polysaccharid Glykogen umgesetzt und eingelagert. Fällt der Blutzuckerspiegel, so wird die Reserve wieder als Glukose eingesetzt - das ist von großer Bedeutung nicht nur für Diabetiker, sondern für die menschliche Existenz und Entwicklung überhaupt, denn eine Unterzuckerung der Gehirnzellen führt ziemlich rasch zu dauerhaften Schädigungen.

Die dispensierten Fette werden zu besserer Verwertbarkeit mutiert oder an eigens gebildete Eiweißkörper, die Lipoproteine, gekoppelt. Auf diese Weise werden sie leichter zu den Organen transportiert und können dort schlackenlos Brennstoff liefern -

Energie. All die wichtigen Aufbausteine für das Immunsystem und die daraus gewonnene Energie wird der Immunantwort zugeführt.

Haut und Schleimhaut, Mandeln und Lunge

Das größte Schutzsystem gegen äußere Gefährdungen bildet die Haut. Bei jedem Kontakt, jeder Attacke, jeder Verletzung der Hautschicht wird eine Abwehrreaktion eingeleitet. Im Inneren des Körpers setzen sich diese Abwehrbarrieren fort. Sie beginnen im Mundbereich, folgen dem Magen-Darm-Trakt und enden im Dickdarm. Das wichtigste immunologische Organ dieser Auskleidung ist die Schleimhaut, die den ganzen Bereich der Verdauung durchlässig mit Filterporen und Aktivsaugnäpfen abschottet. Im Blasen- und Geschlechtsbereich unseres Körpers ist die ganze auskleidende Schleimhaut mit hochwirksamen Abwehrzellen durchsetzt, vor denen es kaum ein Entrinnen gibt. Sie treten in Aktion, sobald Bakterien und schädigende Substanzen auftauchen, und setzen sie außer Kraft.

Um das System noch sicherer zu organisieren, sind zusätzliche Kampfpunkte eingebaut: die Mandeln, die eigene Schutztruppen ausbilden; Reservestationen im Hals-Nasen-Rachen-Raum, in denen Abwehrzellen auf ihren Einsatz warten. Peyersche Plaques sind die Registraturen im ganzen Magen-Darm-Trakt. Und noch am Ende des Verdauungstraktes, im Enddarm, liegen, groß eingebettet in dessen Schleimhaut, radarförmige Zentren, die jeden Gegner abtasten. In der Lunge, der Blase und den Geschlechtsorganen sind die gleichen Abwehrmechanismen angelegt.

Was „Anpassung“ bedeutet, macht das Lungensystem klar: Da es immer größeren Belastungen durch Schadstoffe ausgesetzt ist, hat es seinen eigenen Trick zur Immunisierung entwickelt: Alle Immunzellen sind dort hintereinander angeordnet, so dass die Warnsignale sofort aufleuchten und die Abwehrmaßnahmen unmittelbar einsetzen können. Damit diese aggressiven Kampfzellen nicht die Lunge selbst attackieren, werden sie zuerst an den Schadstoff gebunden und entfalten erst dann ihre zerstörende Kraft.

Zytokine

Zytokine sind vom menschlichen Körper produzierte hormonartige und regulatorische Eiweiße (Peptide), die der Steuerung der Immunantwort dienen. Sie sind in alle Phasen der Immunantwort (Stimulation, Suppression und Regulation) entscheidend eingebunden und initiieren die Gewebsentzündung, sind für die Aktivierung und Differenzierung der Antigen-präsentierenden Zellen sowie Lymphozyten verantwortlich und sorgen später für die Koordinierung der immunologischen Funktionen durch ein Netzwerk von Signalen mit zum Teil ergänzenden, verstärkenden oder begrenzenden Wirkungen.

Die Messung bestimmter Zytokin-Sekretionen lässt Aussagen über Funktion, Aktivierung und Regulierung immunologischer Funktionen zu. Insofern liegt es nahe, bei immunologisch wirkenden Substanzen die Zytokin-Sekretion zu beurteilen, um Rückschlüsse auf die entsprechenden Wirkungen zu ziehen.

Zu diesen Boten- oder Signalstoffen zählen auch die Interferone, die man in Typ-I- (alpha, beta, lambda) und Typ-II-Interferone (gamma) unterscheidet - siehe dazu den Bericht „Interferone - Botenstoffe unseres Immunsystems“ auf unseren Internetseiten. Interferone setzen also unser Anwehssystem in einen "allgemeinen" Alarmzustand und lösen einen unspezifischen (also nicht konkret gegen HC-Virus) „antiviralen“ Zustand der Leberzellen aus. Daraus wird unter anderem deutlich, wie individuell der Botenstoff Interferon (dies gilt auch für das pegylierte) wirkt und welche Nebenwirkungen Signalstoffe auch verursachen können, bis hin zur Induktion von autoimmunem Vorgängen.

Autoimmunerkrankungen

Das Immunsystem hält zwar außerordentlich wirksame Mechanismen bereit, mikrobielle Invasoren zu zerstören. Das wesentliche biologische Problem dabei ist, zu verhindern,

dass sich dieses Zerstörungspotential gegen das eigene Gewebe richtet. Sicherheitsvorkehrungen, wie die frühzeitige Deletion (Löschung) autoreaktiver Klone, die Notwendigkeit mehrerer gleichzeitiger, koordinierter Signale zur Aktivierung des nächsten Schritts ("Entsicherung"), der Eintritt des Zustands von peripherer Anergie (nicht arbeitsfähige Energie), wenn eine Antigenerkennung ohne die Entsicherungssignale erfolgt, verhindern unnötige Gewebsschädigung in den allermeisten Fällen.

Trotz dieser Sicherungssysteme kommt es manchmal vor, dass das Immunsystem den eigenen Organismus schädigt. Von dieser Fehlfunktion des Immunsystems abzugrenzen ist die Transplantatabstoßung, die, obwohl krankmachend, eine "normale" Reaktion des Immunsystems darstellt. Autoimmunerkrankungen resultieren also aus Über(empfindlichkeits)reaktionen, zu der auch die Allergien zählen.

Autoimmunerkrankungen werden häufig in organspezifische und systemische unterteilt. Zu den organspezifischen Autoimmunerkrankungen gehören:

- Diabetes mellitus Typ I
- M. Basedow
- Hashimoto-Thyreoiditis
- Multiple Sklerose

Beispiele für systemische Autoimmunerkrankungen sind:

- Rheumatoide Arthritis
- Systemischer Lupus Erythematodes (SLE)
- Systemische Sklerose (Sklerodermie)
- Sjögren-Syndrom
- Polymyositis und Dermatomyositis

Moderne Gefahren der Gesundheit

Eine Zunahme der Allergien um 30 % bis zum Jahr 1995 hatte das Bundesamt für Statistik schon 1989 vorausgesagt. Die Befürchtungen sind viel schneller übertroffen worden. Heute leiden bereits 30 bis 40 Prozent der Bevölkerung unter allergischen Erkrankungen. Rheuma wird seit den 90er Jahren als die teuerste Krankheit der Welt bezeichnet. Durch Rheuma entsteht der globalen Wirtschaft pro Jahr ein Verlust von zehn Millionen Arbeitstagen. Die Infektanfälligkeit nimmt ständig zu und erstreckt sich immer mehr auf jüngere Patienten, Jugendliche und Kinder. Die Kosten für die Behandlung und durch Arbeitsausfall belaufen sich auf 13 Milliarden Euro im Jahr. Krebsleiden weiten sich trotz aller intensiven Bemühungen und Forschungsprojekte immer mehr aus. Seit 1994 wurde eine Zunahme der Sterblichkeitsrate um 30 Prozent allein durch Brustkrebs festgestellt. Viruserkrankungen haben markant an Bedeutung gewonnen. HI-Virus, Epstein-Barr-Virus, Zytomegalie-Syndrom und Herpes-Virus stören das Immunsystem auf höchst empfindliche Weise. Ihre Folgen sind chronische Erschöpfungszustände, gepaart mit Infektanfälligkeit, depressivem Syndrom und innere Unruhe, also auch psychischen Komponenten. Nach groben Schätzungen sind an diesem chronischen Erschöpfungszustand etwa 10% der Bevölkerung, damit also acht Millionen Menschen erkrankt, die meisten unter 40 Jahre alt und weitgehend arbeitsunfähig.

Um diese fatalen Entwicklungen zu stoppen und umzukehren, sind neue medizinische Erkenntnisse und neue Therapieformen aus der Immunologie notwendig. Dabei zeigte sich deutlich, dass das subjektive Urgefühl von Gesundheit immer mit der Harmonie der Immunantwort zusammenfällt. Solange das Immunsystem in einer harmonischen Verteilung jeden Angriff abwehren kann, verschleißt es sich nicht und gewährt ein langes Leben auf hohem Gesundheitsniveau. Wird dieses System jedoch durch viele Faktoren negativ beeinflusst und verliert seine Balance, so entstehen z. B. krankmachende Endprodukte, sogenannte Immunkomplexe. Sie können sich an der Innenseite der Gefäßwand festlegen und lösen damit eine Entzündung an der Gefäßauskleidung aus. Diese wird dann zur Schwachstelle und Ansatz für die Ablagerung von Cholesterinen und

Salzen, mit der die Verkalkung ihren Fortgang nimmt. Ist das System der körpereigenen Abwehr überlastet und fortgeschritten geschädigt, können auch die Fresszellen des Systems, die normalerweise Cholesterin abbauen, diese Aufgabe nicht mehr erfüllen. Krankmachende Fette häufen sich an, der Verlauf der Arteriosklerose wird beschleunigt. Neuere Statistiken zeigen, dass bei mehr als der Hälfte der Bevölkerung allergische Grunderkrankungen vorliegen. Das bedeutet: Zu über 50 Prozent funktioniert die Immunantwort nicht richtig, die Harmonie des organischen Abwehrsystems ist gestört. Der Mensch ist so gesund und so jung wie seine Gefäße. Die wachsende immunologische Disharmonie, dazu die falsche Ernährungsweise und wenig Bewegung machen deutlich, weshalb sich die gesundheitliche Verfassung in den letzten Jahrzehnten so drastisch verschlechtert hat.

Es gibt weitere, begleitende Faktoren, die die körpereigene Abwehr ebenfalls schädigen und zivilisationsbedingte Ursachen offensichtlich machen: Disstress, Identitätsverlust, Integrationskonflikt, Verlusterlebnis, Aggressionshemmung, psychosoziale Konflikte, dichte Wohnraumbesiedelung, Bewegungsmangel, falsche Ernährung, Pharmaka, Strahlen, Mangelkrankung, Chemotherapie, Toxine und Schwermetalle.

Lebens- und Ernährungsweise

Disstress

Die Experten bezeichnen mit diesem Begriff „schädigenden Stress“. Denn es gibt auch einen „gesunden Stress“, der die körperliche und geistige Leistung anregt - und lebensnotwendig ist. Stress ist also nicht gleich Stress. Jeder von uns kennt den Unterschied zwischen angespannter Erfolgserwartung mit positivem Ausgang sowie euphorischer Nachwirkung und depressiver Reaktion bei aktuellem oder ständigem Misslingen. Schwer zu vermeiden ist Disstress bei einschneidenden Ereignissen wie dem Tod eines geliebten Menschen, Scheidung und Trennung oder dem Verlust der Heimat etc.. Diese Verlusterfahrung kann, verstärkt durch Identitäts- und Integrationsprobleme, auch zur Ursache von Persönlichkeitsverlusten werden. Disstress dieser Art führt zur Verschlimmerung fast aller bestehenden Krankheiten.

Normalerweise werden seelische Erregungen im Gehirn in eine Erregung des selbstständigen Nervensystems umgesetzt. Dort sorgt der Sympathikus (großer Körpernerv, „Kampfnerv“) dann für einen Reflex, der für jeden Körper überlebensnotwendig ist: Der Organismus reagiert auf Disstress mit erhöhter Aktivität, er kämpft dagegen an. Das Bewusstsein wird klar, der Blutdruck steigt, die Herzfrequenz wird erhöht, der Puls schlägt rascher. Wenn sich dieses gesteigerte Potential nicht abreagieren und in Aktion umsetzen kann, ist der Körper zwar auf alle Reaktionen vorbereitet, doch die bereitgestellte Aggressivität ist blockiert und wird nach innen gelenkt. Die Folgen können in überhöhtem Blutdruck, Kreislaufstörungen, innerer Unruhe, Konzentrationschwierigkeiten und dergleichen Disfunktionen mehr bestehen. Die von der Natur zweckmäßig zur Auseinandersetzung mit der Umwelt angelegten Reaktionen werden zu schädlichen Faktoren und wenden sich gegen den Organismus selbst. Regelmäßiger Sport kann beim Abbau des angesammelten „Frustpotentials“ sehr hilfreich und wirksam sein.

Disstress manifestiert sich auch häufig im Zuge des Widerspruchs von biologischem Ziel (ursprünglich, natürlich) und kulturellen Verhaltensmustern (erworben). Wir können unsere Gegner weder im Kampf besiegen noch rücksichtslos unserem Überlebenswillen (= Ehrgeiz) folgen. Erfolgserlebnisse sind immer schwieriger zu erreichen, die Chancen zu ihrer Nutzung (= Reaktionszeiten) werden immer kürzer. Wir leiden oder empören uns, sind wütend oder tatenfroh; doch wir können diese natürlichen Reaktionen selten unmittelbar umsetzen, weil es die Normen der Gesellschaft verbieten und wir mit Nachteilen rechnen müssten. Viele Vorschriften des Kulturverhaltens sind darum im Kern antibiologische Reaktionsmuster. Spontane organische und seelische Antworten auf Stressoren, die sie auslösenden Momente und Fakten, besitzen eine elementare Funktion der Selbstverteidigung. Doch nun müssen wir erkennen - und Lösungen dafür finden - dass sie oft

mit den kulturellen und sozialen Verhaltensweisen in Konflikt geraten und damit zum Risiko für den Menschen und sein Immunsystem werden. Nicht umsonst lautet eine englische Verhaltensweise:

„accept it, change it or forget it - akzeptiere es, ändere es oder vergiss es.“

Falsche Ernährung

In Zeiten der Armut traten viele der heute chronischen Krankheiten (Diabetes II, Rheuma, Gicht etc.) nicht bzw. wenig auf. Naturvölker mit hinreichender Ernährung kennen die Plagen unserer Zivilisationskrankheiten kaum. Bei japanischen Frauen ist Brustkrebs eine Seltenheit, weil sie sich sehr sojareich ernähren. Als nach dem Zweiten Weltkrieg viele Tausend von ihnen in westliche Kulturkreise auswanderten oder umsiedelten und die Ernährung anpassten, stieg deren Brustkrebsrisiko auf über 40 Prozent. Wichtige Faktoren falscher Ernährung sind tierische Fette, mangelhafte Nährstoffe, erhöhter Kochsalz- und übermäßiger Zuckerverbrauch, Giftstoffe in Nahrungsmitteln, denaturierte Nahrungsmittel, Ballaststoffmangel, Genussmittelmissbrauch, fehlende essentielle Fettsäuren.

Generell kann man die Küche als Apotheke des Immunsystems bezeichnen. Unsere Ernährung ist essentiell für ein intaktes Immunsystem und kann dafür Sorge tragen, dass Emotion, Hormonsystem und Körperabwehr stets in harmonisch optimaler Balance gehalten werden. Einige Tipps zur Ernährung: sie sollte ausgewogen und vitalstoffreich sein, mit „lebendigen“ Lebensmitteln, die möglichst naturbelassen sowie aus regionalem Anbau sind und immer dann verwendet werden, wenn diese Saison haben bzw. geerntet werden. Regelmäßig fermentierte Milchprodukte, am besten ungesüßt mit wenig Fettanteil z.B. Naturjoghurt, Sauermilch etc. sowie kalt gepresste, entsaftete, gegorene und fermentierte Lebensmittel (Sauerkraut). Statt Margarine, Butter etc. mehrfach ungesättigte Fette wie Leinöl, Rapsöl, Walnussöl bevorzugen. Eier und Fleisch in Maßen. Leberkranke entwickeln zudem meist eine Abneigung gegen fetthaltige Speisen. Industriell be- und verarbeitete Speisen vermeiden. Eine so zusammengestellte Kost reicht in den meisten Fällen völlig aus. Die zusätzliche Einnahme von Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen sollte nur bei fortgeschrittener Leberschädigung und bei Mangelzuständen in Betracht gezogen werden. Zu denken ist dabei z.B. an Magnesium, Zink, Selen, Vitamin B1, B2, B6, B12 Folsäure und auch an Eisen, das jedoch meist zuviel (siehe Erkrankung „Hämochromatose“) vorhanden ist. Wichtig ist, genügend zu trinken, etwa 2-3 Liter am Tag, vor allem Mineralwasser, aber auch ungezuckerte Fruchtsäfte, Tees etc. Kein Alkohol und auf Rauchen (auch „Mit“-Rauchen) verzichten !

Freude am und Genuss des Essens (slow food) sind die beste Vorbereitung und Voraussetzung für eine gute Verdauung.

Bausteine für immunkompetente Zellen

Da die Herstellung immunkompetenter Zellen auf geeignete und bewährte Bausteine angewiesen ist, müssen ausreichend Aminosäuren, Mineralien, Vitamine, Pflanzenextrakte und Lipide zur Verfügung gestellt werden. Daher auch der Hinweis, Mangelzustände zu erkennen und zu beseitigen.

Vitamin A-Mangel:

Einschränkung der Zytotoxizität der T-Lymphozyten
verringerte T- und B-Lymphozyten-Proliferation

Vitamin B-Mangel:

Ein Mangel an **B2, B6, B12 und Folsäure** stört die Leukozytenbildung
verringerte Lymphozyten-Proliferation
verringerte Ausbildung zytotoxischer T-Lymphozyten

verringerte Expression TNF und IL-1 β
Beta-Karotin führt zu einer Zunahme der Monozyten/Makrophagen

Vitamin C

Vitamin C wird von Leukozyten zu geschädigtem Gewebe transportiert. Eine Sättigung der Leukozyten geschieht ab 200mg/Tag. Vitamin C deaktiviert Histamin (Aktivierung der Chemotaxis), in **hohen** Dosen wird die **Interferonbildung** stimuliert. Vitamin C erhöht die Proliferation aktivierter T-Lymphozyten.

Der aktive Transport von Vitamin C in die Granulozyten kann durch Glukose inhibiert werden. Die Chemotaxis der Phagozyten lässt sich durch hohe Vitamin C-Gaben um 100 - 300 % unabhängig vom chemotaktischen Stimulus steigern. 3000mg Vitamin C führte zu einer Verbesserung der Neutrophilen-Beweglichkeit und zur mitogeninduzierten Lymphoblastogenese.

Zu **Vitamin D** siehe **besonderen Bericht** auf unseren Internetseiten

Zink

Zink ist durch die Proteaseinhibition ein Hemmer viraler Infekte, indem das Zn-abhängige Thymulin die Aktivierung von T-Lymphozyten kontrolliert. Vorbeugend gegen Erkältungskrankheiten sind 5-25mg Zink. Zink bremst überschießende Immunreaktionen ab, regt viele andere an und trägt wesentlich zur Immunhomöostase bei. Zink reguliert die NK-Zell-Aktivität und Phagozytose; bei Infekten und Traumata (z.B. Myokardinfarkt) stellt sich meist ein Zink- und Eisenmangel ein. Gleichzeitig steigen Cu, Ferritin und Coeruloplasmin im Sinne eines Adaptationsmechanismus zur Begrenzung der Stressschädigung. Zinkmangel führt zur erhöhten Infektanfälligkeit.

Selen

Selen (Se) hat antioxidative Eigenschaften als wesentlicher Bestandteil der Glutathionperoxidase (GPX). Interventionsstudien zur Dokumentation der Antikrebswirkung des Selens sind die

Qidong-Studie (hohe Se-Aufnahme: Leberkrebshäufigkeit nur 17,5/100.000, niedrige Se-Aufnahme: 45/100.000)

Linxian-Studie (23 % Reduzierung von Magenkrebs unter Se-Substitution u.a.)

Clark-Studie (doppelblind, placebokontrolliert: Se reduziert das relative Krebs-Sterberisiko um 50 %)

In niedriger Dosierung wirkt Se wachstumsstimulierend (100mg), in hohen Dosen hemmend auf das Zellwachstum.

Se hemmt die RNA-Synthese, hierdurch kann die Fehlerhäufigkeit bei der DNA-Replikation reduziert werden (verlängerte Reparaturzeit)

Se dringt in Zellen ein und hemmt an der Proliferation beteiligte Enzyme

Se ist konzentrationsabhängig für die Apoptose verantwortlich

Se hemmt die DNA-Methylase-Aktivität (antikanzerogene Wirkung), da Se als Methylgruppenakzeptor fungiert; intrazelluläre Methylierungsvorgänge spielen bei der Zelltransformation eine bedeutende Rolle.

Se regt die Tumorzelle zur Bildung des Selenodiglutathions an, wodurch die schützende antioxidative intrazelluläre Kapazität der Tumorzelle reduziert wird

Se neutralisiert Karzinogene (Nitrosamine, Aflatoxine)

Se mildert die Nebenwirkungen einer Chemotherapie

Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Blick auf die bei Krebserkrankungen etablierte Immuntherapie nach dem Vier-Säulen-Prinzip.

Die **erste Säule** umfasst die Klärung der Lebensweise des Patienten. Im Einzelnen gilt die Aufmerksamkeit der Ernährung, der körperlichen Fitness und der psychosozialen Ausgewogenheit.

Die **zweite Säule** beinhaltet die Elimination von Giften und Belastungen (z.B. Störfelder, Zahnherde, Schwermetallbelastungen, Baubiologie) und oftmals auch die Anregung zu einer Psychotherapie, die dabei in Erwägung gezogen werden sollte.

Die **dritte Säule** umfasst die Substitution von Nährstoffen als Ausgleich. In der komplementären Krebstherapie haben Nährstoffe in der Prävention sowie zwischen und nach Chemo- und Strahlentherapie eine besondere Bedeutung. Die therapeutischen Nährstoffgaben sollen abwehrstärkend wirken und eine antioxidative sowie antikanzerogene Wirkung entfalten. Sie unterstützen den Organismus bei der Bewältigung von Fatigue (Müdigkeit/Erschöpfung), Anorexie (Appetitlosigkeit) und Kachexie (starke Abmagerung). Ihre vorrangige Aufgabe ist die Hemmung von mutagenen Prozessen und die Anregung von Enzymen. Nachstehend sind Beispiele für häufig verwendete Nährstoffe mit Dosierungsempfehlungen aufgeführt.

Die therapeutischen Bemühungen in den Bereichen der ersten drei Säulen sind von großer Bedeutung. Nur wenn hier intensiv gearbeitet wird, können immunmodulierende Therapien erfolgreich sein.

Nährstoff	Dosierungsempfehlung / täglich
Alpha-Liponsäure	100- 500 mg
Beta-Carotin	15 - 60 mg
Bromelain	500- 2000 mg
Calcium-D-Glucarat	500 - 1000 mg
Coenzym 010	150 - 300 mg
Cynara-Extrakt (Artischoke)	2 -12 ml
Folsäure	400 - 800 mcg
Glutathion	250 - 500 mg
Grüner Tee	180 - 400 mg
Kalzium	800 - 1200 mg
Kurkumin	500 -1000 mg
Laktobazillen	mind. 200 mg
L-Arginin	15 - 30 mg
L-Carnitin	500 - 3000 mg
L-Glutamin	15 - 40 mg
Magnesium	300 - 800 mg
Melatonin	3-10 mg
N-Acetylcystein (NAC)	600 - 4000 mg
Omega-3 Fettsäuren	2000 - 6000 mg
Quercetin	200 - 1500 mg
Resveratrol	100 - 200 mg
Uncaria tomentosa (Katzenkralle)	0,25 - 0,75 ml
Selen	100 - 300 mcg
Shiitake Mushroom	400 - 800 mg
Vaccinium-Extrakt (Heidelbeere)	2 -18 ml
Vitamin A	5000 -1 5000 IE (1,5 - 4,5 mg)
Vitamin B6 (P5P)	bis 25 mg
Vitamin B12	2 mg - 5 mg
Vitamin C	1000 - 3000 mg
Vitamin D	1500 - 5000 IE (37,5 -125 mcg)
Vitamin E	200 - 800 IE (134 - 536 mg)
Weihrauch	400 - 800 mg
Zink	15 - 40 mg

Zur **vierten Therapiesäule**, den immunmodulierenden Therapien, also den Immuntherapien im engeren Sinne, zählen die Hyperthermie, die Interferontherapie, Substanzen viraler Herkunft (Baypamun, Zolexis), NDV Viren vom Stamm LaSota (Newcastle Virus), die Therapie mit dendritischen Zellen, die Misteltherapie, sonstige stimulierende Substanzen (Levamisol), bestimmte Organotherapeutika (z.B. Leber, Milz), die Fieber- und die Thymustherapie.

Fazit

Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass ein Großteil der chronisch Kranken ein mangelhaftes, nicht mehr flexibel reagierendes Immunsystem hat. Je intakter jedoch das Immunsystem ist, umso erfolgreicher kann ein Arzt behandeln. Schon deshalb sollte ein chronisch Kranker zumindest alle negativen Faktoren, die er selbst beeinflussen kann, vermeiden, und alles daran setzen, optimale Voraussetzungen für seine Gesundheit schaffen. Dies gelingt meist nicht leicht und schnell, sondern in der Regel nur peu a peu - Schritt für Schritt.

Im Wissen um diese komplexen Vorgänge und Abläufe innerhalb unseres Immunsystems wird die personalisierte, auf den Einzelnen zugeschnittene Medizin künftig eine immer wichtigere Schlüsselrolle einnehmen (müssen). Parallel dazu ist es notwendig und verständlich, dass die Eigenverantwortlichkeit des Menschen für die Erhaltung seiner Gesundheit bzw. die Voraussetzung für seine Gesundheit weitaus stärkere Bedeutung erlangt bzw. erlangen muss, soll diese individualisierte Medizin bezahlbar sein/bleiben.

Interessante Links

<http://www.zum.de/Faecher/Materialien/hupfeld/Referate/immunsystem/immunsystem-manja.html>

<http://www.olfsworld.de/bio/zellbiologie/node49.html>

<http://www.hirn.uni-duesseldorf.de/-rk/Teaching/abwehr.htm>

http://mediwiki.uni-koeln.de/uploads/a/af/Imm_Lernziele_u_Antworten.pdf

http://www.infochembio.ethz.ch/links/immunologie_zellen.html

<http://helmberg.at/immunologie.htm>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Immunsystem>

http://www.hepatitis-c-online.de/leber_aufbau_und_funktion.php

http://www.focus.de/gesundheit/ratgeber/erkaeltung/symptome/tid-16946/erkaeltung-die-koerperliche-abwehr-trainieren_aid_472991.html

<http://www.medizin-online.de/cda/DisplayContent.do?type=pdf&cid=299466&fid=257666>

<http://www.journalmed.de/newsview.php?id=28824>

<http://www.journalmed.de/newsview.php?id=28820>

<http://www.journalmed.de/newsview.php?id=28789>

<http://www.habichtswaldklinik.de/Onkologie/chema-brain.html>