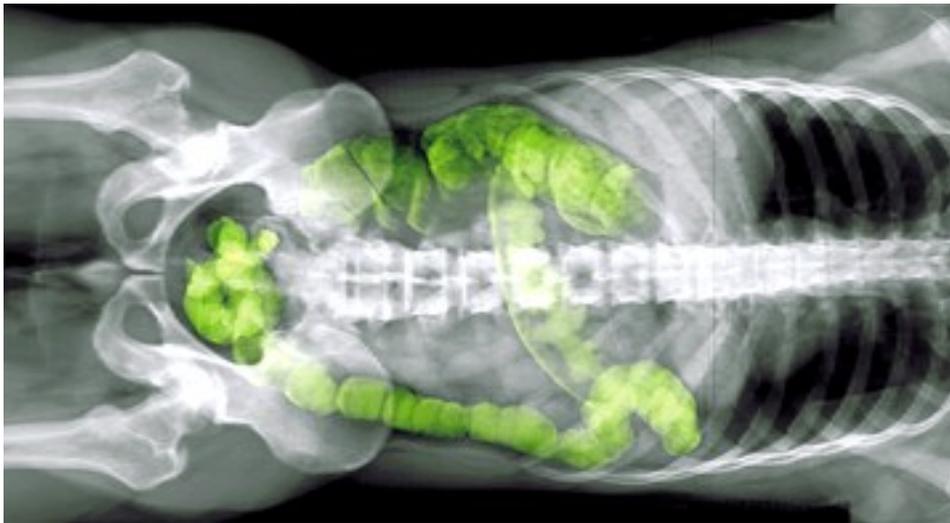


TEXT VON Hania Luczak

Neurologie: Wie der Bauch den Kopf bestimmt

Geahnt haben es die Menschen schon immer: Der Sitz der Gefühle liegt im Zentrum des Körpers. Dort, wo Aufregung "Schmetterlinge flattern" lässt, wo Ärger "auf den Magen schlägt". Nun gibt die Wissenschaft ihnen allen Recht: Der Bauch mit seinem ausgeklügelten Verdauungssystem, seinem unappetitlichen Inhalt und den eher peinlichen Bekundungen seiner Existenz ist in das Interesse der Forschung gerückt

Der Grund dafür", sagt der amerikanische Neurowissenschaftler Michael Gershon, Chef des Departments für Anatomie und Zellbiologie der Columbia University in New York, "ist das Gehirn in unserem Bauch.



© IMDM, UKE Hamburg

"100 Millionen Nervenzellen umhüllen den menschlichen Verdauungstrakt; hier die eingefärbte Röntgenaufnahme eines Dickdarms"

Mögen die Eingeweide auch hässlich erscheinen und von Wissenschaft und Gesellschaft tabuisiert werden - sie sind umhüllt von mehr als 100 Millionen Nervenzellen: mehr Neuronen, als im gesamten Rückenmark zu finden sind. Dieses "zweite Gehirn", so haben Neurowissenschaftler herausgefunden, ist quasi ein Abbild des Kopfhirns - Zelltypen, Wirkstoffe und Rezeptoren sind exakt gleich.

Was aber macht dieses zweite Gehirn? Denkt und fühlt es, erinnert es sich?

Neueste Forschungen zeigen, dass psychische Prozesse und das Verdauungssystem weitaus inniger gekoppelt sein könnten, als man bisher gedacht habe. Das Bauchhirn spielt eine große Rolle bei Freud und Leid, doch die wenigsten wüssten überhaupt, dass es existiert, sagt der 62-jährige Gershon, den seine jüngeren Kollegen als "Entdecker" bezeichnen.

Gershon winkt ab. Nein, er habe jenes "zweite Gehirn" nicht entdeckt. Er habe es mit der Hilfe vieler anderer höchstens wiederentdeckt. Denn schließlich habe seine Zunft, die Neurogastroenterologie, eine mehr als 100-jährige Geschichte.

Das erste Kapitel spielt schon Mitte des 19. Jahrhunderts und handelt von dem deutschen Nervenarzt Leopold Auerbach. Als er ein Stückchen Gedärm zerlegte und durch ein einfaches Mikroskop genauer betrachtete, sah er etwas, das ihn stutzig machte: In die Darmwand eingebettet sind zwei Schichten eines Netzwerkes von Nervenzellen und -strängen, hauchdünn und zwischen zwei Muskellagen versteckt.

Auerbach hatte damals keine Ahnung, dass er beim Blick durchs Mikroskop sozusagen den Herrscher über ein Binnen-Universum des Menschen aufgespürt hatte: die Schaltzentrale der Verdauungsmaschinerie, die nicht nur derbe Größen wie Nährstoffzusammensetzung, Salzgehalt und Wasseranteil analysiert und Absorptions- und Ausscheidungsmechanismen koordiniert. Sie kontrolliert auch die raffinierten Gleichgewichte von hemmenden und erregenden Nervenbotenstoffen, stimulierenden Hormonen und schützenden Sekreten.

Im Laufe eines 75-jährigen Lebens wandern mehr als 30 Tonnen Nahrung und 50 000 Liter Flüssigkeit durch das Gedärm. "Das Herz ist dagegen eine primitive Pumpe", erklärt Gershon. Das Bauchhirn steuere den Durchsatz "hochintelligent": Millionen von chemischen Substanzen müssen analysiert, Millionen von Giften und Gefahren gemeistert werden.

Die Schaltzentrale im Bauch organisiert den Kampf gegen schlimmste Invasoren: Jene Mikroorganismen, die quasi symbiontisch mit uns zusammenleben und den so genannten Intestinaltrakt in millionenfacher Ausführung besiedeln, dürfen ebenso wenig in das Innere des Organismus gelangen wie jene, die wir jeden Tag in Unmengen schlucken.

Der Darm: das größte Immunorgan im Körper, in dem mehr als 70 Prozent aller Abwehrzellen sitzen. Sein Inhalt: ein warmes Gebräu aus Dung, Schleim und fermentierenden Bazillen - ein gefährliches Bakterien- und Pilzparadies. Wir werden von rund 500 Spezies potenziell tödlicher Lebewesen bewohnt. Die Hälfte des Kots besteht aus abgestorbenen Bakterien. Fern gehalten durch die Darmwände, der effektivsten Verteidigungslinie des Organismus. Eine große Zahl von Abwehrzellen ist dort direkt mit dem Bauchhirn verbunden. Sie lernen, zwischen gut und böse zu unterscheiden. Die Information wird gespeichert und bei Bedarf abgerufen.

Vieles läuft völlig autonom vom Kopf ab. Gelangen allerdings Gifte in den Körper, ? fühlt? das Darmhirn die Gefahr zuerst und schickt sofort Alarmsignale ins Oberstübchen. Denn in Notsituationen soll das Gehirn im Schädel bereit sein, der Mensch sich seines Bauches bewusst werden und sich nach Plan verhalten - Erbrechen, Krämpfe, Entleerung.

Die englischen Mediziner William Bayliss and Ernest Starling hatten erst Jahrzehnte nach Auerbachs Entdeckung von den Arbeiten des deutschen Kollegen erfahren und wollten es genauer wissen. In ihrem physiologischen Labor in London öffneten sie den unteren Leib eines betäubten Hundes und holten eine von dessen pulsierenden Darmschleifen ans Tageslicht. Dieses Stück Eingeweide - mit dem Hund noch verbunden - zeigte ein stereotypes Verhalten: Wenn die Forscher auf das Isolat Druck ausübten, antwortete die Schleife mit wellenartigen Muskelbewegungen, die den Inhalt in eine Richtung weiter schoben - immer von oral nach anal. Die beiden nannten das Phänomen: "Das Gesetz des Darms".



© Marc Steinmetz

Schon die Anatomie der Darmwindungen im Innern der "gläsernen Frau" weckt Assoziationen an die Windungen im Hirn Perlen einer Kette aufgereiht -

nacheinander angeregt. Das "kleine Hirn" ist verantwortlich für ein hochsensibles, fein austariertes Gleichgewicht: Wird das hemmende System zu stark, entspannt der Darm so sehr, dass er gelähmt wird; chronische Verstopfung ist die Folge. Ist dagegen das "erregende System" zu stark, erfolgt ein beschleunigter Transport. Durchfall.

Damit hatten sie den "peristaltischen Reflex" entdeckt - eine weitere überlebensnotwendige Funktion des Verdauungstraktes. Die hochkomplexe Transportmaschine wird, wie Wissenschaftler heute wissen, ebenfalls vom Bauchhirn synchronisiert und reagiert auf feinste Druckreize: Dehnt ein Speiseklumpen ein Darmsegment, werden "mechanosensitive" Schleimhautzellen aktiviert. Die schütten Neurotransmitter aus, Botensubstanzen, die wiederum andere Nervenzellen, die "submucosalen sensorischen Neuronen" im Inneren der Darmwand, stimulieren. Diese schicken schließlich über vielerlei Botenstoffe hemmende und aktivierende Signale an Muskelzellen, die dann den wellenartigen Reflex ausführen.

Um den Transport über die große Strecke zu ermöglichen, werden mehrere hemmende und aktivierende Schaltkreise - nur wenige Millimeter lang und wie die

"Das Darmhirn fühlt", sagt der Hannoveraner Michael Schemann, der die "Neurotransmitter-Cocktails" im Verdauungstrakt erforscht. Er will wissen: Wer spricht hier mit wem? Ist bei Kranken die Kommunikation gestört? Er möchte den "Code" des peristaltischen Reflexes knacken, um etwa bei Verstopfung oder auch "Darm-Infarkten" besser eingreifen zu können.

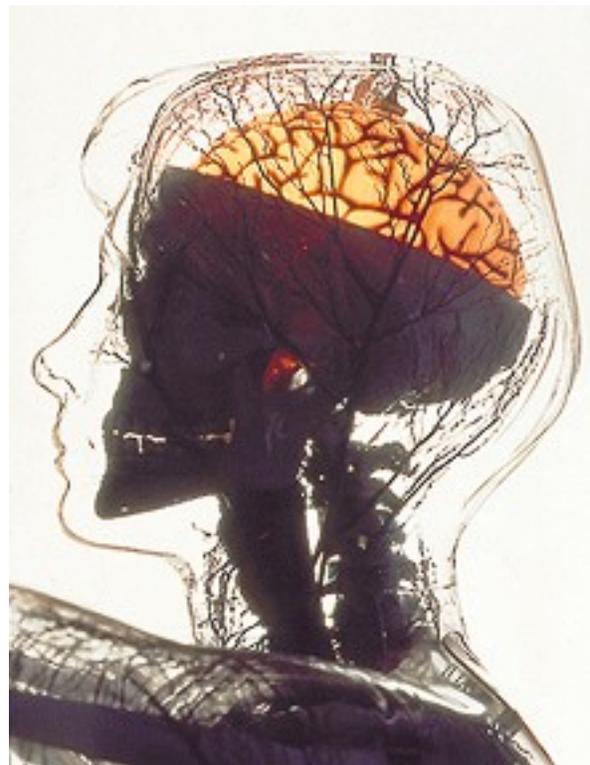
Auch schon seine Kollegen Bayliss und Starling wollten in ihrem Londoner Labor ergründen, woher die Signale für die Bewegung kamen. Und sie hatten eine Ahnung: Um ihr nachzugehen, und beeindruckt von dem Phänomen des sich vor ihren Augen schlängelnden Eingeweides, schnitten sie alle Nervenverbindungen zu anderen Organen und zum zentralen Nervensystem des Hundes ab. Keine direkte Information aus dem Gehirn oder Rückenmark konnte jetzt mehr die isolierte Schlinge erreichen.

Doch als die beiden Forscher auf das Eingeweide drückten, reagierte es mit der absteigende Welle von Kontraktion und Relaxation. Wenn also dafür Nerven von außen nicht notwendig waren, schlossen die Wissenschaftler, dann mussten Nerven innen diese Arbeit erledigen. Sie fügten dem "Gesetz des Darms" einen "lokalen nervösen Mechanismus" hinzu.

Eigentlich eine Sensation, war doch für damalige Wissenschaftler das Gehirn der uneingeschränkte König über den gesamten Körper. Bayliss und Starling konnten noch nicht wissen, was ihre Kollegen erst viel später herausfanden: Je tiefer im Verdauungstrakt, umso schwächer die Herrschaft des Kopfhirns. Mund, Teile der Speiseröhre und Magen lassen sich temporär noch etwas von oben sagen. Doch hinter dem Magenausgang übernimmt ein anderes Organ die Regie: Was wann wo dort passiert, entscheidet das Bauchhirn. Erst am allerletzten Ende, am Rektum und Anus, regiert das menschliche Gehirn mit bewusster Steuerung wieder mit.

Das Darmhirn hat also Macht: Es kann die Daten seiner Sensoren selbst generieren und verarbeiten, und es kontrolliert einen Set von Reaktionen. Es gibt den

Nachbarorganen Anweisungen, koordiniert die Infektabwehr und die Muskelbewegung, es muss schnell entscheiden und gespeichertes Wissen abrufen. Es ist funktionell organisiert, arbeitet mit Kreisläufen. Und es ist in der Lage, unterschiedliche Zustände zu registrieren und darauf zu reagieren. Das zweite Gehirn hat alles, was ein integratives Nervensystem braucht. "Ja", sagt Schemann, "man kann sagen, das



© Marc Steinmetz

Was erzählt der Bauch dem Kopf? Dass beide "Hirne" miteinander kommunizieren, ist für die Bauchforscher unstrittig

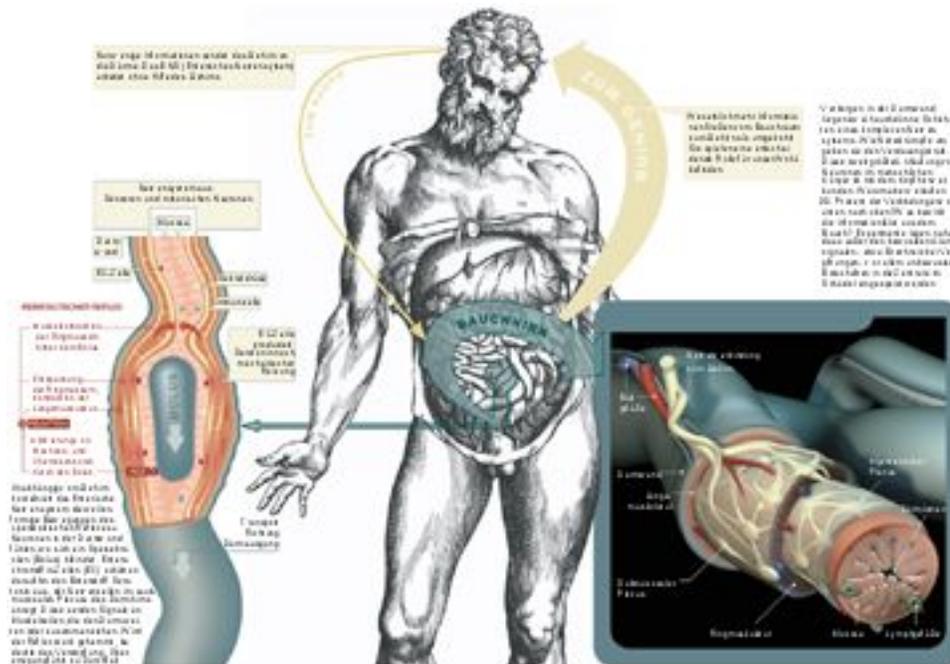
Darmhirn denkt."

Sein Kollege Gershon redet von neuen Hoffnungen für viele kranke Menschen. "Es ist so verlockend", sagt er und meint damit die Entschlüsselung der innigen Kommunikation zwischen den beiden Gehirnen. Indizien für eine Verbundenheit von Bauch und Kopf gebe es genug. "Da sprechen zwei die gleiche Sprache."

Was dem Hirn geschieht, bleibt dem Bauch nicht verborgen. Bei Alzheimer- und Parkinson-Patienten findet sich häufig der gleiche Typ von Gewebeschäden im Kopf- wie im peripheren Hirn. Auch bei BSE, dem "Rinderwahn", ist der Darm extrem befallen. Hier sehen Forscher eine Möglichkeit zu besseren Frühdiagnosen.

Der identische Zell- und Molekülaufbau erklärt ebenfalls, warum psychiatrische Medikamente für den Kopf auch auf den Darm wirken, und umgekehrt körpereigene Stoffe als Pharmaka im Gespräch sind. Sekretin etwa, ein Verdauungshormon, wird als Arznei getestet, die möglicherweise autistischen Kinder helfen kann. Ein bekanntes Migränemittel beruhigt hochaktive Eingeweide. Betäubungsmittel können Entzündungen im Trakt in Schach halten. Antidepressiva bewirken umgekehrt Verdauungsstörungen.

So auch die Psycho-Droge Prozac. Sie erhöht die Konzentration des Neurotransmitters Serotonin in den Räumen zwischen den Nervenzellen. Im Kopf hebt diese Veränderung nicht selten die Stimmung. Im Bauch allerdings - Serotonin wirkt beim peristaltischen Reflex - führt sie je nach Dosierung zu Durchfall oder Verstopfung.



© Reinhard Schulz-Schaeffer

Der Bauch sagt dem Kopf, was los ist - und lässt sich umgekehrt vom Kopf nur wenig sagen. Die Grafik erklärt, wie das Eigenleben des Bauchhirns funktioniert

Vor kurzem wurde das erste Medikament gegen die Volkskrankheit "Reizdarm" auf den Markt gebracht, das auf den Erkenntnissen des intensiven Zusammenhangs von Bauchhirn und Psyche basiert: Die Arznei gegen "irritablen Darm" - englisch: "irritable bowel syndrom" oder IBS - wurde ursprünglich als eine Anti-Angst-Droge entwickelt und soll zumindest einigen der Millionen betroffener Menschen helfen. IBS-Symptome: starkes Unwohlsein, Unregelmäßigkeiten beim Stuhlgang, Blähungen und Bauchschmerzen. Nicht weniger als 20 Prozent der Bevölkerung leiden darunter, weitere 20 Prozent plagen sich mit anderen Funktionsstörungen, etwa der chronischen Verstopfung.

Das Verdauungssystem dieser Menschen funktioniert nicht richtig, und kein Arzt weiß warum. Keine anatomischen oder chemischen Effekte sind erkennbar. Deshalb werden IBS-Patienten oft als hypochondrische Spinner abgetan. Dabei beruhten viele solcher Erkrankungen auf einer "neuronalen Fehlfunktion" im Bauch, sagt Michael Schemann. Oder das Darmhirn spiele verrückt. Oder im Dialog zwischen oben und unten hätten sich Missverständnisse eingeschlichen. Mehr als 50 verschiedene Krankheiten werden mittlerweile mit solchen Fehlschaltungen in Zusammenhang gebracht.

Das Bauchhirn entwickle seine eigenen "Neurosen", sagt Michael Gershon. Und noch viel mehr. Erst vor kurzem stellten Forscher fest, dass weitaus mehr Nervenstränge vom Bauch in das Gehirn führen als umgekehrt: 90 Prozent der Verbindungen verlaufen von unten nach oben. Warum? "Weil sie wichtiger sind als die von oben nach unten", sagt Gershon. Die meisten Botschaften vom Darm sind allgegenwärtig, wir nehmen sie nur nicht bewusst wahr - außer den Alarmzeichen wie Übelkeit, Erbrechen oder Schmerzen. Aber die ungeheure Fülle der unbewussten Signale vom Bauch zum Hirn ist voller biologischer Bedeutung.

"Little brain" speist "big brain" mit einer Flut von Informationen. Diesem geheimnisvollen Strom durch den menschlichen Körper noch genauer auf die Spur zu kommen, hat sich zum Beispiel Emeran Mayer von der University of California in Los Angeles verschrieben. Der Deutsche, der seit 20 Jahren in Amerika forscht, hat mit seinen Experimenten für Aufsehen gesorgt. Er konnte bereits ein Stück weit zeigen, welche Botschaften der Darm überbringt.

Mayer und sein Team unternahmen an IBS-Patienten Reizungen des Dickdarms. Dabei wird ein Kunststoff-Ballon eingeführt und solange aufgeblasen, bis die Versuchspersonen erste Anzeichen von Schmerz empfinden. Gleichzeitig wird die Gehirnaktivität tomographisch aufgezeichnet. Alle Reizdarm-Patienten zeigten im Vergleich zu gesunden Menschen beim Auftreten von unangenehmen Gefühlen unter anderem eine erhöhte Aktivität in Regionen des limbischen Systems (zuständig für die Verarbeitung von Gefühlen): den "Arealen des Unwohlseins".

Diese Regionen werden mit der Verarbeitung von negativen Körper-Impulsen in Zusammenhang gebracht - sie steuern einen Mechanismus, der unliebsame Empfindungen unterdrücken soll. "Wie das Phänomen des kratzenden Pullovers", erklärt Mayer. "Nach einiger Zeit merkt man nichts mehr". Bei gesunden Menschen müssen also insbesondere Reize aus dem Darmtrakt eine hohe Schwelle überspringen, bis sie bewusst werden. Der "Input ist gedämpft." Was nur gut sei, sagt der Forscher: "Denn wenn wir alle Aktionen des Bauches mitbekämen, würden wir verrückt werden." Wir könnten uns etwa beim Essen nicht unterhalten, und jede Art von Angstzustand wäre mit enormen Bauchschmerzen verbunden.

Ignoranz als Segen: Gesunde merken nicht, was unten abgeht. Bei IBS-Patienten aber funktionieren nach Meinung des Forscherteams die Schutzmechanismen nicht mehr, weil das zuständige Hirnareal ungenügend gehemmt wird. Ihre Wahrnehmungsgrenze für negative Bauchgefühle ist somit herabgesetzt. Deshalb kommt bei ihnen alles Unwohlsein, jede Darmbewegung, jedes Gluckern, jeder negative Impuls, aller Ärger und Schmerz ungefiltert im Bewusstsein an. Und ein weiteres Ergebnis hat die Wissenschaftler überrascht: "Ähnliche Veränderungen in der Gehirnaktivität sehen wir bei Patienten mit Depressionen und Angstzuständen", sagt Emeran Mayer.

Wie kann eine so wichtige Schutzbarriere der Psyche fallen? Ungezügelter Stress-Kreisläufe scheinen die Hauptursache zu sein. Not-Situationen wie Schmerzen oder Prüfungsängste fühlen Menschen auch in der Leibesmitte: Wenn die Zentrale im Kopf bewusst oder unbewusst die Last von Anspannung und Furcht wahrnimmt, dann ruft sie den Satelliten im Bauch über spezialisierte Immunzellen im Darm. Die schütten Entzündungsstoffe wie Histamin aus, die Nervenzellen im Verdauungstrakt sensibilisieren und aktivieren. Diese schließlich veranlassen Muskelzellen, sich zu kontrahieren. Krämpfe oder Durchfall sind die Folge.

Die allgemeine Alarmstimmung im Darmhirn wiederum wird dem Kopfhirn mitgeteilt, und das funkt zurück nach unten ...und so weiter - einer von Tausenden Zirkeln, die vor allem bei Dauerangst und "high level stress" chronisch werden können: Der Kreislauf verselbstständigt sich. Der fortwährende Beschuss mit Stress-Chemikalien kann sogar zu Zellerstörungen im Gehirn führen. Die "Endstation", sagt Mayer, "ist eine messbare Abnahme des Volumens bestimmter Regionen des limbischen Systems und des Frontalhirns" - ein Phänomen, das auch bei manchen depressiven Menschen nachzuweisen ist.

Früher Lebensstress ist eingebrannt in Gehirn und Bauch und bestimmt die Sensibilität der Darm-Hirn-Achse für das ganze Leben. Eine Beobachtung am Menschen stützt die These: Kinder mit den berüchtigten Säuglings-Koliken wachsen nicht selten zu Erwachsenen mit "irritabilem" Darm heran. Ein solches Gedächtnis im Bauchhirn "beruht auf Lernprozessen auf der Mikroebene", sagt Michael Schemann. "Wir finden die gleichen Substanzen und Moleküle, die im Gehirn für Erinnerung benutzt werden."

Das Bauchhirn lernt jung am besten. Denn wie das Kopfhirn reift es nach der Geburt weiter; es ist für mindestens drei Jahre plastisch und entwickelt sich. Frühe "Erfahrungen" des Darms können so die "Persönlichkeit" beider Gehirne beeinflussen. Exzessive oder langanhaltende Furcht hinterlässt Spuren nicht nur im Kopf, sondern auch im Intestinaltrakt, wie Tierexperimente erwiesen haben. So belegen Versuche an erwachsenen Ratten, die man als Neugeborene Stress-Situationen ausgesetzt hat, eine Hypersensitivität der Tiere und ihrer Gedärme mit Reizdarm ähnlichen Symptomen.

Und das stärkste Indiz für die verhängnisvollen Reaktionsketten zwischen Gedärm und Psyche: 40 Prozent der IBS-Patienten leiden, wie neueste Studien zeigen, an Angsterkrankungen und häufig auch an Depressionen.

Kommen die Schwermut und die Angst also aus dem Darm?

Kein Kollege lacht heute mehr, wenn Emeran Mayer, der Neurogastroenterologe und Professor für Physiologie, in den so überraschend umfangreichen Nervenfasern, die das kleine mit dem großen Gehirn von unten nach oben verbinden, quasi das biologische Korrelat menschlicher "Bauchgefühle" sieht - und der Intuition. Sie entsteht aus der Wechselwirkung der zwei intim verschalteten Gehirne.

Als Resultat postulieren Forscher eine "Emotions-Gedächtnis-Bank" im Kopfhirn, die alle hoch gesendeten Reaktionen und Daten des Bauches sammelt. Etwa jene unangenehmen Sensationen bei stark beängstigenden Situationen. Aber auch biologische Chiffren der Vorfreude, wie die harmlosen Schmetterlinge im Bauch oder irritierende Ablehnung beim Augenkontakt mit bestimmten Zeitgenossen.

Jedes Mal, wenn der Mensch eine Entscheidung in einer ähnlichen Situation fällen muss, basiert diese nicht nur auf intellektuellen Kalkulationen, sondern wird massiv von jenen unbewussten Informationen aus dem gigantischen Katalog von gespeicherten Emotionen und Körperreaktionen mitgeprägt, eben den "gut feelings". Darin sehen Forscher auch eine Triebfeder der Evolution: Die starke Ausbildung der vorderen Hirnrinde im Kopf ist dem Bauch zuzuschreiben. Denn von dort unten kommt die größte Masse an Information, an Feedback, wie Emeran Mayer es nennt, das oben verarbeitet werden muss.

Den ganzen Tag erzählt der Bauch dem Kopf Geschichten. Er kreiert das "emotionale Profil". Jede Minute des Lebens wird im Gehirn ein "Gefühlsbett" bereitet - auch für die Nacht, wie Studien nahe legen, in der sich das ständige Bombardement durch die Träume entlädt: Erzeugt das Darmhirn während der Tiefschlafphasen eher sanfte rhythmische Wellenbewegungen, beginnen die Innereien während der traumreichen REM-Phasen des Schlafes aufgeregt zu zucken. Die intensive Stimulierung der Eingeweide und ihrer Serotoninzellen erfolgt parallel zu den nächtlichen Bildern im Kopf. Und: Viele IBS-Patienten klagen über Schlafstörungen - während des Traums werden die gleichen Hirnregionen aktiviert wie bei der Ballon-Dilatation.

Träumt der Darm etwa mit? Hat man nach einem schweren, schlechten Essen nicht auch schlechte Träume?, fragt Emeran Mayer zurück.

Tag und Nacht nutzen Menschen diese verborgenen Speicher - ohne es wahrzunehmen. Die Chiffren des Bauches steigen nur dann aus dem dunklen Gewässer des Unbewussten, wenn sie künstlich verstärkt werden - eben durch chronischen Stress. Der macht Menschen sensitiver, er lässt sie plötzlich wahrnehmen, dass Darm und Seele durcheinander sind.

"Es hat seinen biologischen Sinn", sagt Mayer, "dass sehr starke Gefühle ins Bewusstsein dringen." Je besser Menschen Angst erinnern, um so besser können sie das nächste Mal entscheiden. Unsere Evolution sei deshalb so erfolgreich, weil Emotionen - ob negativ oder positiv - uns erlauben, bessere Entscheidungen zu treffen. Je stärker die emotionale Erfahrung, um so bessere "somatische Marker" aus der Vergangenheit können wir zu Rate ziehen. Und desto schneller merken wir: Hier geht's lang.

"Gute Wissenschaftler brauchen Visionen", sagt Gershon. Und sie müssten die richtigen Fragen stellen: Könnte nicht angesichts dieser Erkenntnisse "der Bauch auch ein Teil der biologischen Matrix für das große Unbewusste sein"? Für jene ebenfalls vor etwa 100 Jahren entdeckte psychische Innenwelt des Menschen, die bis heute reaktiv unerforscht in uns schlummert? Das Unbewusste als protektiver Ratgeber und grausamer Verführer. Das Unbewusste - "eines der großen Rätsel der Wissenschaft für die nächsten Jahrhunderte", wie der Nervenforscher annimmt.

Eines aber meinen alle Bauchhirn-Experten heute schon zu wissen: "Es gibt die Weisheit des Bauches."