Zeitschrift: Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin

Herausgeber: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung

Band: 26 (2014)

Heft: 102

Artikel: Schwerpunkt Stress : unter Druck

Autor: Hafner, Urs / Wenger, Susanne / Schipper, Ori

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-968005

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

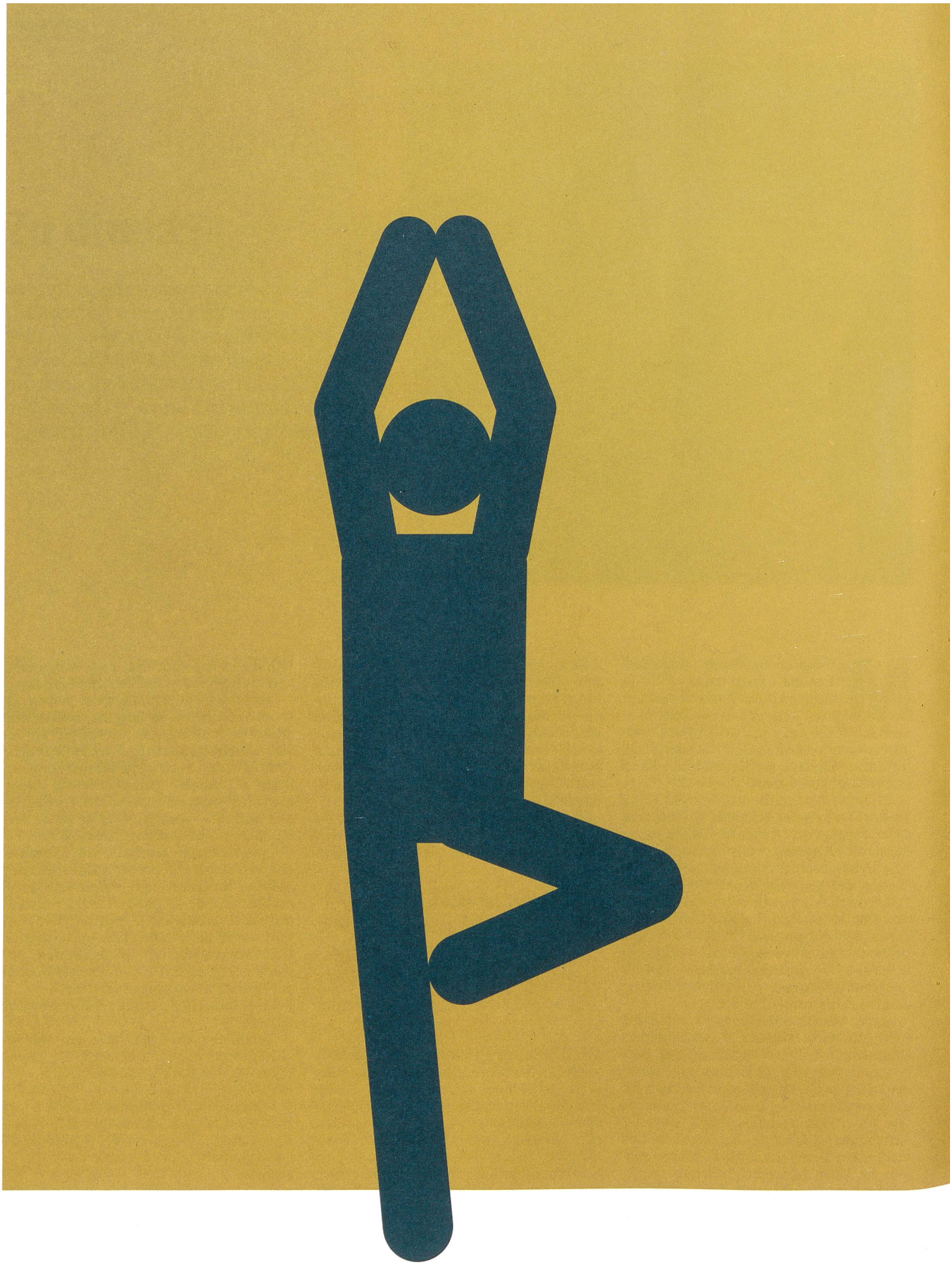
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 21.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch



Unter Druck

Alle klagen über Stress und wollen ihn doch nicht missen. Er macht krank, soll aber auch gesund sein. Er bricht die Knochen und macht auch Ratten aggressiv. Was ist Stress?

Die grosse Geschäftigkeit

Ohne Soldaten im Krieg und ohne Ratten im Labor gäbe es das moderne Stresskonzept nicht – und würden wir uns nicht «gestresst» fühlen. Laut neuen Forschungen aber soll Stress gesund sein. *Von Urs Hafner*

Die Konjunktur eines Begriffs – sein Aufstieg, seine Verbreitung, später dann und unvermeidlich sein Niedergang – sagt auch etwas über die mentale Disposition des Kollektivs aus, das diesen Begriff benutzt. Zum Beispiel das «Waldsterben»: Heute wird das Wort als Beweis für die Macht der Medien und die Hysterie der öffentlichen Meinung in den 1980er Jahren angeführt. Doch das ist zu kurz gegriffen. Auch wenn es das «Waldsterben» in der damals befürchteten Drastik nicht gab: Die Wortkarriere zeigt, dass eine grosse Sorge um die Zerstörung der Lebensgrundlagen sich breitmachte – kaum zu Unrecht. Der Wald als quasi natürlicher Sehnsuchtsort wirkte im Atombombenzeitalter, das manche als drohende Apokalypse erlebten, wie ein Magnet kollektiver Ängste.

Heute ist der «Stress» ein terminologischer Spitzenreiter. Es gehört nachgerade zum guten Ton, sich «gestresst» zu fühlen und mit Yoga dagegen anzukämpfen. Stress gilt als ungesund und krankheitsverursachend. Wer sich gestresst fühlt, bringt zum Ausdruck, dass er stark im Einsatz und viel beschäftigt sei. Der «Stress» ist das Signum einer Zeit, die den Einzelnen schon im Kindergarten auf den Überlebenskampf einstimmt: «Du wirst sehen, das Leben ist kein Zuckerschlecken.» Die Steigerungsform des Stresses ist das mit ihm verwandte Burnout. Diese Krankheit ist, anders als die Depression, salonfähig. Wer ein Burnout hat, ist – temporär – gescheitert vor allem, weil zu viele Anforderungen an ihn herangetragen wurden, nicht weil er unfähig ist. Er ist ein Opfer der wildgewordenen Arbeitswelt, aber auf hohem Niveau. Der erschöpfte Autobahnarbeiter hat kein Burnout, sondern physische und allenfalls psychosomatische Rückenschmerzen.

In der soziologischen Zeitdiagnose sind die Befunde der Beschleunigung, Flexibilisierung, Entsolidarisierung und Individualisierung der Gesellschaft seit den neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts Legion. Richard Sennett, Axel Honneth und Alain Ehrenberg etwa haben das Bild einer durch einen dynamisch-aggressiven Kapitalismus geprägten Gesellschaft gezeichnet, in der der Einzelne – und vor allem der Einzelne, der über wenig ökonomisches, soziales und kulturelles Kapital verfügt – zunehmend unter Druck gerät. So gesehen dringt in der Rede vom steten Stress nicht nur das Bemühen der Betroffenen durch, ihre unverminderte Leistungsfähigkeit zu bezeugen, sondern auch das verbreitete Unbehagen, in einer Gesellschaft zu leben, die die Leistung über alles stellt und für jene, die den Anforderungen – aus welchen Gründen auch immer – nicht genügen, keinen Platz hat.

Verdächtige Ruhe

Neologismen wie «Dichtestress» und «Stresstest» weiten das Stressphänomen gar aus: Nicht mehr nur die Arbeit oder das Familienleben setzt den Einzelnen unter Druck, sondern die schiere Anwesenheit vieler Menschen; und prüfend «stressen» kann man nicht bloss Menschen, sondern auch Institutionen und Materialien. In dieser Gesellschaft, so signalisiert die Karriere des Stressbegriffs, wird pausenlos getestet und selektioniert, es herrscht permanenter Druck – oder muss man wenigstens so tun, als ob dem so wäre. Nichts ist einer auf Geschäftigkeit fixierten Zeit verdächtiger als Ruhe und Musse.

Sicher haben sich auch die Menschen früherer Zeiten unter Druck gefühlt und physische Stresssymptome gezeitigt – wenn der Nachbar an der Pest starb, der Feind sich vor den Stadttoren sammelte oder die Ernte gründlich verregnet wurde. Als Inbegriff einer – auch von den Zeitgenossen so bezeichneten – «nervösen»

Epoche gilt die vorletzte Jahrhundertwende. Da man allerdings in der Vormoderne den Begriff Stress nicht kannte und auch nicht die damit verbundenen Vorstellungen, fühlte man sich kaum «gestresst» – nicht einmal vor der postmortalen Hölle. Die in der Vormoderne unter der ländlichen Bevölkerung verbreitete Angst vor dem Übersinnlichen war ein anderer, kaum mehr zu rekonstruierender emotionaler Zustand, vielleicht ein dumpfer Grundton, der im Gebets- oder Festakt der Erleichterung wich.

Der Stresstod

So wie jede Zeit ihre Krankheiten kennt, kennt jede Zeit ihre Gefühle. Wenn auch Emotionen wie Angst, Freude und Wut universell verbreitet sind, so sind sie doch immer in soziale Zusammenhänge eingebettet, die ihnen erst ihre Bedeutung verleihen, wie die Historikerin Ute Frevert festgestellt hat («Vergängliche Gefühle», 2013). Im 19. Jahrhundert musste ein deutsches Mädchen im Gesicht rot anlaufen, wenn in seiner Gegenwart das Wort «Hose» fiel; es musste peinlich berührt sein, vielleicht sogar sich «gestresst» fühlen. Tat es dies nicht, war an seiner moralischen Integrität zu zweifeln.

Als «Erfinder» des Stresskonzepts gilt der Mediziner und Chemiker Hans Selye, wie der Historiker Patrick Kury in seiner Wissensgeschichte des Stresses schreibt («Der überforderte Mensch», 2012). In den dreissiger Jahren des letzten Jahrhunderts stiess Selye bei Experimenten mit Ratten auf das sogenannte Anpassungssyndrom: Wenn er den Tieren giftige Substanzen spritzte oder sie pausenlos in einer Tretmühle laufen liess, stellte er hormonelle Reaktionen fest, die zu ihrem Tod führten, dem «Stresstod». Während des Zweiten Weltkriegs dann benutzten angelsächsische Militärmediziner den Begriff, um die hohen Belastungen der Piloten zu beschreiben. Die im Labor gequälten Ratten, die im Krieg eingesetzten Piloten: Ohne sie gäbe es die Belastung «Stress» nicht, unter der heute fast alle leiden oder zu leiden vorgeben.

Selyes Stresskonzept war freilich ein physiologisch-endokrinologisches. In den fünfziger Jahren wurde das Konzept durch den schwedischen Sozialmediziner Lennart Levi erweitert: Er stellte einen Zusammenhang zwischen psychisch, sozial und kulturell bedingtem Stress und Erkrankungen her. Diese Vieldeutigkeit besitzt der Stressbegriff noch immer, der also von der Naturwissenschaft über die Sozialwissenschaften in die Alltagssprache diffundiert ist. Er kann sowohl die durch äusseren Druck und alle möglichen Reize hervorgerufenen Reaktionen als auch dadurch verursachte physische und psychische Krankheiten bezeichnen. Fast alles kann heute «Stress» bewirken, sogar die Langeweile, und umgekehrt finden sich in fast jeder Erkrankung Elemente von Stress. Von Stress spricht der Psychologe, die Soziologin, der Mediziner, die Biologin, auch der Physiker und die Ökonomin und natürlich jeder sich «gestresst» Fühlende.

In den letzten Jahren hat das Konzept des «guten Stresses» in der naturwissenschaftlichen Forschung Aufschwung erhalten. Anders als in der Alltagssprache nämlich und in der soziologischen Zeitdiagnose besitzt der Begriff in den Naturwissenschaften neben der negativen eine positive Seite. Schon Hans Selye unterschied zwischen «Disstress» und «Eustress». Der schlechte Stress gilt als Verursacher von Herzkreislaufstörungen, Autoimmunerkrankungen, Depressionen und kognitivem Zerfall. Der gute Stress dagegen kommt zustande, wenn der Organismus durch «Stressoren» positiv beeinflusst wird. Er nutzt quasi – evolutionsbiologisch gesehen schon immer – sein Erregungspotenzial, um Gefahren zu erkennen und sich in Sicherheit zu bringen, etwa vor dem anrückenden Löwen.

Gesund?

Forscher sind zum Schluss gekommen, dass Stress sogar «gesund» sein soll – unter der Bedingung, dass er nicht chronisch lastet, sondern kurzfristig aufputscht. So erfolgte bei Patienten, die durch eine Operation gestresst wurden, eine Aktivierung der Immunzellen, was zu einer beschleunigten Wundheilung oder der Eindämmung der Krebszellen führte. Und ein mit Ratten durchgeführtes – und für diese nicht nur stressig, sondern tödlich verlaufenes – Experiment gab Anlass zur Vermutung, dass die vermehrte Ausschüttung des Stresshormons Cortisol die Hirnplastizität erhöhe, was es dem Betroffenen erlaube, besser zu lernen.

Die Resultate sind wohl mit Vorsicht zu geniessen. Gesundheit ist relativ. Wer effizient lernt und also ein erfolgreicher Schüler ist, aber seinen Mitmenschen gegenüber destruktiv handelt oder von unbewussten Ängsten gequält wird, ist wohl kaum «gesund». Vielleicht können die Resultate eine Hilfe sein, die Anforderungen der Arbeitswelt gelassener zu nehmen, sie gar als Stimulans zu sehen – falls man eine Arbeit ausführt, die diesen Spielraum gewährt. Oder passt die Renaissance des «guten Stresses» ganz einfach bestens in eine Gesellschaft, die nichts so verpönt wie das süsse Nichtstun – ausser, man bestreite die selbstverständlich stressfreien Ferien?

Urs Hafner ist Wissenschaftsredaktor des SNF.

Die Belastung wegloben?

Ein Lob von der Chefin, eine anerkennende Geste des Betriebs – das wirkt wie Labsal. Mitarbeitende, die Wertschätzung erfahren, können besser mit Stress umgehen. *Von Susanne Wenger*

Betriebliche Gesundheitsförderung gilt als moderne Unternehmensstrategie. Eine ganze Beraterindustrie lebt davon. Doch eigentlich gäbe es eine ziemlich einfache Methode, um Belegschaften fit und produktiv zu halten: Wertschätzung ausdrücken. Dass die Mitarbeitenden das wichtigste Gut seien, schreibe zwar jedes Unternehmen ins Leitbild, sagt Nicola Jacobshagen vom Institut für Psychologie der Universität Bern: «Doch in Wirklichkeit herrscht oft eine ‹Null-Feedback-Kultur› vor.» Für die Beschäftigten gelte: Solange ich nichts höre, ist alles in Ordnung, erst wenn ich einen Fehler mache, kommt eine Reaktion. Dahinter stecke nicht zwingend eine Haltung, die Mitarbeitende ungenügend würdigt, weiss Jacobshagen: «Vielfach merken die Führungskräfte gar nicht, wie sie wirken.»

Eine verpasste Chance, wie eine neue Studie des Instituts für Psychologie aufzeigt: Gelebte Wertschätzung ist auf lange Sicht ein wichtiger Faktor fürs Wohlbefinden am Arbeitsplatz. Zwar kennt die Stressforschung bereits Zusammenhänge zwischen mangelnder Wertschätzung und Befinden. Wer sich immer nur verausgabt und dafür kaum Belohnung erhält, wird krank. Doch der bisher wenig untersuchte Umkehrschluss gilt ebenso, wie die Berner Psychologen nun anhand von Untersuchungen in sechs Betrieben aus vier Kantonen belegen: Wertschätzung am Arbeitsplatz mindert das Stresserleben und hilft uns, auf die Dauer mit stressigen Situationen besser umzugehen.

Kraftvolle Ressource

Weil Wertschätzung unser Selbstwertgefühl beflügelt, ist sie laut Jacobshagen «eine kraftvolle Ressource» in der Stressbewältigung, mindestens so wirkungsvoll wie andere Stresspuffer am Arbeitsplatz, zum Beispiel Autonomie bei der Arbeitsgestaltung. An der Berner Studie waren rund 200 Mitarbeitende eines Spitals, eines Bibliotheksverbunds, eines Industrie- und eines Telekommunikationsbetriebs sowie zweier kantonaler Ämter beteiligt. Die Forscher befragten die Beschäftigten während eines halben Jahres dreimal nach Wertschätzungserlebnissen, zudem waren Fragebögen zu Arbeitsbedingungen und Wohlbefinden auszufüllen. Dabei wurde klar: Es gibt durchaus Ansätze einer Wertschätzungskultur – mit zuverlässiger Wirkung: Motivation, Zufriedenheit und Bindung ans Unternehmen wuchsen, die Leistung verbesserte sich.

Doch Nicola Jacobshagen sieht Optimierungsbedarf. Am meisten Anerkennung erfahre, wer Zusatzleistungen erbringe – eine «gefährliche Spirale», die in konstante Überforderung münden könne, warnt die Forscherin. Auch brauche es nicht immer die grosse Dankesgeste des Unternehmens, wie den Personalausflug oder den saftigen Bonus. Vorgesetzte fänden im Arbeitsalltag genug Gelegenheiten, um Wertschätzung auszudrücken. Die Zeit, die dies koste, sei gut investiert, sagt die Psychologin. Dabei gehe es nicht nur um Lob. Wertschätzung bedeute auch, der Mitarbeiterin eine neue, interessante Aufgabe zu übertragen. Oder das Computerproblem des Mitarbeiters rasch lösen zu helfen.

Wertschätzung durch Arbeitskollegen ist ebenfalls ein Riesenmotivator, ganz zu schweigen vom Lob der Kundschaft, mit der man es zu tun hat. Auch Führungskräfte selber dürsten nach Wertschätzung, erhalten sie aber nur selten. Man könne Mitarbeitende nur ermuntern, auch einmal den Vorgesetzten zu loben, sagt Jacobshagen: «Man erhält dafür einen stressresistenten Chef.»

Susanne Wenger ist freie Wissenschaftsjournalistin.

Der Vater der Aggression

In ihrer Reaktion auf Stress sind sich Ratten und Menschen ähnlicher, als man denkt. Die Gewalt in ihrer biologischen Dimension verbindet sie.
Von Ori Schipper

Stress ist ein schillernder und schwer zu fassender Begriff. Die Biologie hat ihn von der Physik übernommen. Im weitesten Sinn geht es dabei um eine unspezifische Reaktion des Körpers auf jegliche Anforderung. Unter diese Definition fällt etwa der in Dürregebieten vorherrschende Wasserstress, dem Kakteen und andere sukkulente Pflanzen gut widerstehen können, weil sie sich im Lauf ihrer Stammesgeschichte an die Trockenheit angepasst haben.

Bei Tieren - zum Beispiel dem Menschen - stehen die körperlichen und geistigen Antworten auf eine Gefahr im Vordergrund. Wenn es um Leben oder Tod geht, schaltet der Körper einen anderen Gang ein. Hormone versetzen den Organismus in Alarmzustand, der Puls beschleunigt und der Blickwinkel verengt sich - die Frage lautet letztlich: Kampf oder Flucht, «fight or flight»?

«Stress mobilisiert die Energiereserven», sagt Carmen Sandi, die das Labor für Verhaltensgenetik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne leitet. Die zusätzliche Energie hilft, besondere Leistungen zu erbringen und schwierige Situationen zu meistern. Belebender Stress und damit einhergehende Erfolgserlebnisse wirken sich positiv aus. (Damit ist nicht nur die Produktivität am Arbeitsplatz gemeint, sondern etwa auch die Tatsache, dass sich der Darmkrebs bei Mäusen in einer abwechslungsreichen Umgebung weniger rasch ausbreitet als bei Mäusen in einem kahlen Käfig.) Dass Erfolgserlebnisse für die positive Wirkung notwendig sind, stimmt aber nicht für alle. «Es gibt Individuen, die sehr gut Misserfolge wegstecken können», sagt Sandi.

Erschöpfte Energien

Woran es liegt, dass eine Ratte oder eine Person besonders gut mit Stress umgehen kann oder umgekehrt besonders anfällig für ihn ist, ist noch weitgehend unklar und wird zurzeit intensiv erforscht. Klar ist aber, dass zu viel Stress schadet. Wer seine Energien bei einer langfristigen Belastung allmählich erschöpft oder wer die bereitgestellte Energie nicht abbauen und zielführend nutzen kann, leidet. «Das Resultat von chronischem Stress ist Depression», sagt Sandi.

Depressive hätten oft Zornausbrüche, fährt sie fort. Ähnliches beobachtet Sandi auch bei den Versuchen an Ratten, mit denen sie die Auswirkungen von Stress auf das soziale Verhalten erhellt. Ihre Forschungsinteressen haben sich in den letzten Jahren vom Einfluss des Stresses auf das Denken zu den Ursachen von Gewalt verlagert. Wie Menschen, die in jungen Jahren traumatische Ereignisse erleben mussten, öfter zu Gewalttätigkeiten neigen als Personen, die in einer liebevollen und wohlbehüteten Umgebung aufwachsen durften, wird auch das Verhalten von Ratten durch belastende Erfahrungen geprägt.

Bei den Versuchen werden die Ratten im Alter von vier bis sieben Wochen - also während ihrer Pubertät - an sieben verschiedenen Tagen jeweils während einer halben Stunde auf zwei verschiedene Arten gestresst. Entweder stellen die Forschenden die Ratten auf eine knapp meterhohe, offene Plattform. Das belastet sie, weil sie Höhenangst und eine angeborene Abneigung gegen ungeschützte Plätze haben. Oder die Forschenden legen ein Dufttüchlein in den Käfig, auf das sie Trimethylthiazolin geträufelt haben, einen Duftstoff, der nach Fuchsexkrementen riecht und bei den Ratten eine ebenfalls angeborene Angstreaktion hervorruft.

Abnormal und aggressiv

Im Vergleich zu Ratten, die sieben Mal eine halbe Stunde lang gestreichelt wurden, interessierten sich die gestressten Ratten im Erwachsenenalter weniger für neue Artgenossen oder Objekte, sie waren kontaktscheuer und weniger sozial. Gleichzeitig aber verhielten sie sich viel aggressiver gegenüber Eindringlingen, die die Forschenden in ihren Käfig gaben. Während die sorglos aufgewachsenen Ratten in knapp 60 Prozent der Fälle in Streit gerieten, bekämpften die gestressten Ratten die Eindringlinge in über 80 Prozent der Fälle. Mehr noch: Die gestressten Ratten legten, wie die Forschenden schreiben, «ein abnormal aggressives Verhalten» an den Tag, was sich darin zeigte, dass sie viel öfter als die anderen Ratten in besonders verletzliche Stellen ihres Gegners bissen, auch wenn sich dieser unterwürfig verhielt oder sogar betäubt und reglos in den Käfig gelegt wurde.

«Das Verhalten der gestressten Ratten gleicht auch in einem anderen Punkt demjenigen menschlicher Psychopathen», sagt Sandi. Im Erwachsenenalter reagierten die

Tiere nur schwach auf erneuten Stress (also etwa auf den Fuchskotgeruch). «Sie sind abgestumpft», sagt Sandi. Das sind auch viele Menschen mit einer aggressiven Persönlichkeitsstörung, denen es an Einfühlungsvermögen und Mitgefühl fehlt.

Selbstverständlich sei beim Vergleich von Ratten und Menschen Vorsicht geboten, sagt Sandi. Doch sie ist überzeugt, dass die beobachteten Gemeinsamkeiten nicht zufällig sind. Viel eher zeigten sie, dass die Gewalttätigkeit, die oft auf traumatische Erlebnisse in der Jugend folgt, auch auf biologische Komponenten zurückzuführen ist. «Die vorherrschenden psychosozialen Erklärungsmuster müssen erweitert und mit der Biologie der Gewalt ergänzt werden», findet Sandi.

Diese Sichtweise würde es der Gesellschaft erleichtern, Täter auch als Opfer zu sehen. «Zum Beispiel Anders Behring Breivik», sagt Sandi. Der rechtsextremistische Attentäter legte 2011 als 32-Jähriger eine Bombe im Regierungsviertel von Oslo und fuhr dann als Polizist verkleidet auf eine Ferieninsel, wo er im Zeltlager einer sozialdemokratischen Jugendorganisation 69 Teilnehmer erschoss. Schon 1983, als Breivik vier Jahre alt war, hielt ein nach der frühen Scheidung seiner Eltern hinzugezogener Kinderpsychiater fest, dass Breivik «so vernachlässigt wird, dass die Gefahr besteht, dass sich eine schwere psychische Störung entwickelt».

Vererbte Verhaltensmuster

Sandi glaubt nicht, dass Konflikte immer durch rationales Vorgehen gelöst werden können. «Aggressives Verhalten hat mit Angst zu tun. Und Angst ist oft irrational», sagt Sandi. Doch ihr vielleicht am meisten beunruhigender Befund ist, dass sich aggressive Verhaltensmuster vererben. Die Nachkommen von gestressten männlichen Ratten sind genauso kontaktscheu und angriffslustig wie ihre Väter, auch wenn sie keinerlei Kontakt mit ihnen hatten (und also nicht von ihnen abschauen oder lernen konnten). Für Sandi haben Gewaltprobleme also nicht nur mit dem kulturellen Umfeld, sondern auch mit Anpassungsmechanismen im Hirn zu tun.

«Im Gehirn herrscht ein Gleichgewicht zwischen anregenden und hemmenden Nervenreizen. Chronischer Stress verlagert dieses Gleichgewicht zu Gunsten der anregenden Schaltkreise», sagt Sandi. Mit ihrer Gruppe hat sie gezeigt, dass die Behandlung der erwachsenen gestressten Ratten mit einem Antidepressivum die Verhaltensstörungen lindert. Das Heilmittel ermögliche die Umprogrammierung der traumatisch geprägten Schaltkreise im Hirn, sagt Sandi.

Doch neuerdings geht das Team um Sandi einer anderen Spur nach. Wenn Stress dazu führt, dass mehr anregende als hemmende Reize durch das Hirn fliessen, heisst das, dass das Hirn mehr Energie braucht, weil anregende Reize die Nervenzellen zu mehr Aktivität verleiten. Doch Nervenzellen sind für ihre Energieversorgung auf kleine spezialisierte Zellteile angewiesen. Die sogenannten Mitochondrien werden oft auch als Batterien oder Kraftwerke der Zellen bezeichnet.

Kann es nun sein, dass die Anfälligkeit für Stress etwa von der Funktionstüchtigkeit dieser Kraftwerke und also davon abhängt, wie gut das Hirn Energie erzeugen kann? Dass Gewalttaten also nicht nur mit Stress, sondern in letzter Konsequenz auch mit der biophysikalischen Kapazität des Hirns zu tun haben könnten? Erste Belege für diese Spekulation findet Sandi etwa in den Arbeiten anderer Forschungsgruppen, die Gefängnisinsassen untersucht haben: Das aggressive Verhalten der Häftlinge hat sich gebessert, nachdem ihnen Nahrungsergänzungsmittel - also Pillen mit Vitaminen, Mineralien und essenziellen Fettsäuren - verabreicht wurden.

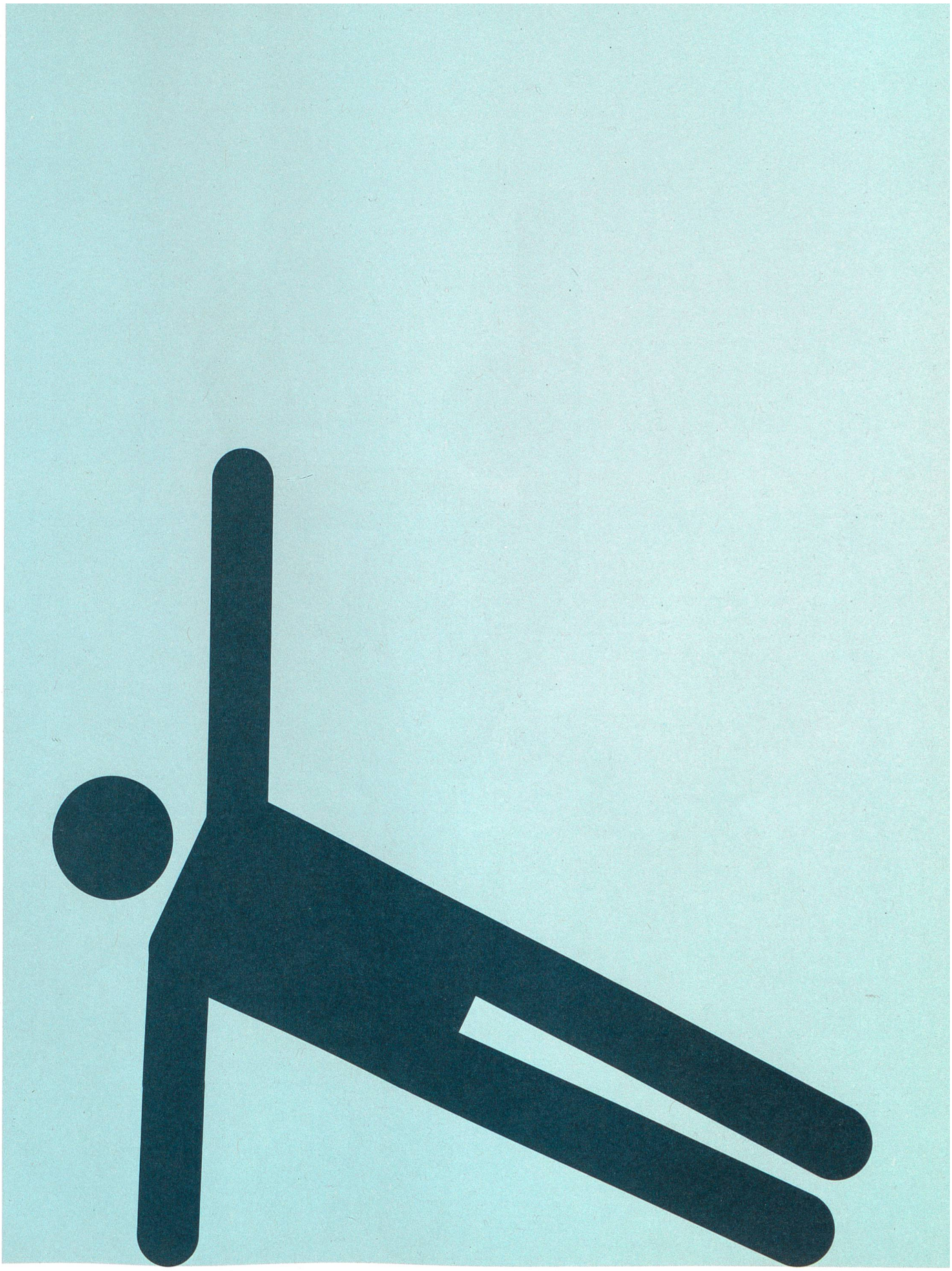
Ob solche Pillen dereinst Gewaltexzesse verhindern helfen, muss sich allerdings weisen. Unklar ist auch, wie wünschenswert das wäre.

Ori Schipper ist Wissenschaftsredaktor des SNF.

Literatur:

M.I. Cordero et al. (2012): Evidence for biological roots in the transgenerational transmission of intimate partner violence. Translational Psychiatry 2, e106; doi:10.1038/tp.2012.32.

C. Márquez et al. (2013): Peripuberty stress leads to abnormal aggression, altered amygdala and orbitofrontal reactivity and increased prefrontal MAOA gene expression. Translational Psychiatry (2013) 3, e216; doi:10.1038/tp.2012.144.



Aus Ermüdung brechen

Wenn Knochen wiederholt stark belastet und also gestresst werden, treten Mikrorisse auf. Diese bleiben oft unentdeckt, bis der Knochen bricht. Wie können die Risse verhindert und behandelt werden? *Von Anton Vos*

Fast zwanzig Prozent aller Sportverletzungen gehen auf das Konto von Ermüdungsbrüchen. Das Problem: Die Vorboten solcher Brüche, die durch ständig wiederholte mechanische Belastung des Skeletts auftreten, sind feine Risse, die sich mit medizinischen Röntgenbildern kaum aufspüren lassen, bevor es zu spät ist. Die Entstehung der Risse und die Mechanismen ihrer Ausbreitung im Knochengewebe hat Claire Acevedo, Post-Doktorandin an der University of Berkeley (Kalifornien), kürzlich experimentell mit Mäusen untersucht, mit denen sich Mikrorisse reproduzierbar herbeiführen und analysieren lassen.

«Die Ermüdungsfrakturen sind so heimtückisch, weil sie gesunde Knochen betreffen und ihnen keine ausgeprägten Krafteinwirkungen vorausgehen», erklärt Claire Acevedo. «Die Mikrorisse treten im Allgemeinen bei Knochen auf, die das Körpergewicht tragen, wie Schienbein, Wadenbein oder Mittelfussknochen. Sie sind so fein wie Haare und breiten sich langsam aus. Am häufigsten sind Hochleistungssportler, zum Beispiel Läufer und Tänzerinnen, oder Armeeangehörige im intensiven Ausdauertraining betroffen. In solchen Situationen ist die Selbstreparatur des Knochens nicht schnell genug, und die Risse akkumulieren sich.»

Von solchen Brüchen sind aber nicht nur Sporttreibende betroffen. Das Risiko steigt auch mit dem Alter, bei einer verminderten Knochendichte (Osteoporose), bei Krankheiten wie Osteogenesis imperfecta (die sogenannte «Glasknochenkrankheit») oder paradoxerweise auch bei der langzeitigen Einnahme bestimmter Osteoporose-Medikamente.

Selbstreparatur

Weil sich die Risse mit klassischen Röntgenaufnahmen nicht nachweisen lassen, sind die Mechanismen ihrer Entstehung und Ausbreitung in der komplexen Mikrostruktur des Knochens weitgehend unbekannt. Experimente mit lebenden Tieren sind deshalb die einzige Möglichkeit, Genaueres über diese Risse sowie die Widerstandskraft und Selbstreparatur der Knochen zu erfahren.

Claire Acevedo wählte als Studienobjekt die Maus. «Zwar wäre die Mikrostruktur der Knochen von Schweinen oder Hunden derjenigen von Menschen ähnlicher», räumt die Forscherin ein. «Die Experimente wären jedoch viel schwieriger und zeitaufwändiger gewesen als mit den Nagern.»

Die Tierversuche wurden in Zusammenarbeit mit der AO Foundation in Davos und der ETH Lausanne durchgeführt. In einer ersten Testserie mit toten Mäusen konnten die Parameter zur Widerstandsfähigkeit des Schienbeins bei zyklischen Krafteinwirkungen bestimmt werden, wie sie bei der täglichen Belastung des Skeletts beim Sport auftreten.

Mit deutlich besser aufgelösten Röntgenbildern, die mit Hilfe eines Teilchenbeschleunigers erzeugt wurden, konnten der Beginn und das Fortschreiten der Mikrorisse beobachtet werden. Parallel dazu entwickelte Claire Acevedo ein dreidimensionales Computermodell der Mäuseschienbeine. Sie konnte zeigen, dass

die hoch belasteten Bereiche, in denen die Ermüdungsrisse entstehen, durch die Form sowie die Mikroarchitektur der Knochen bestimmt werden.

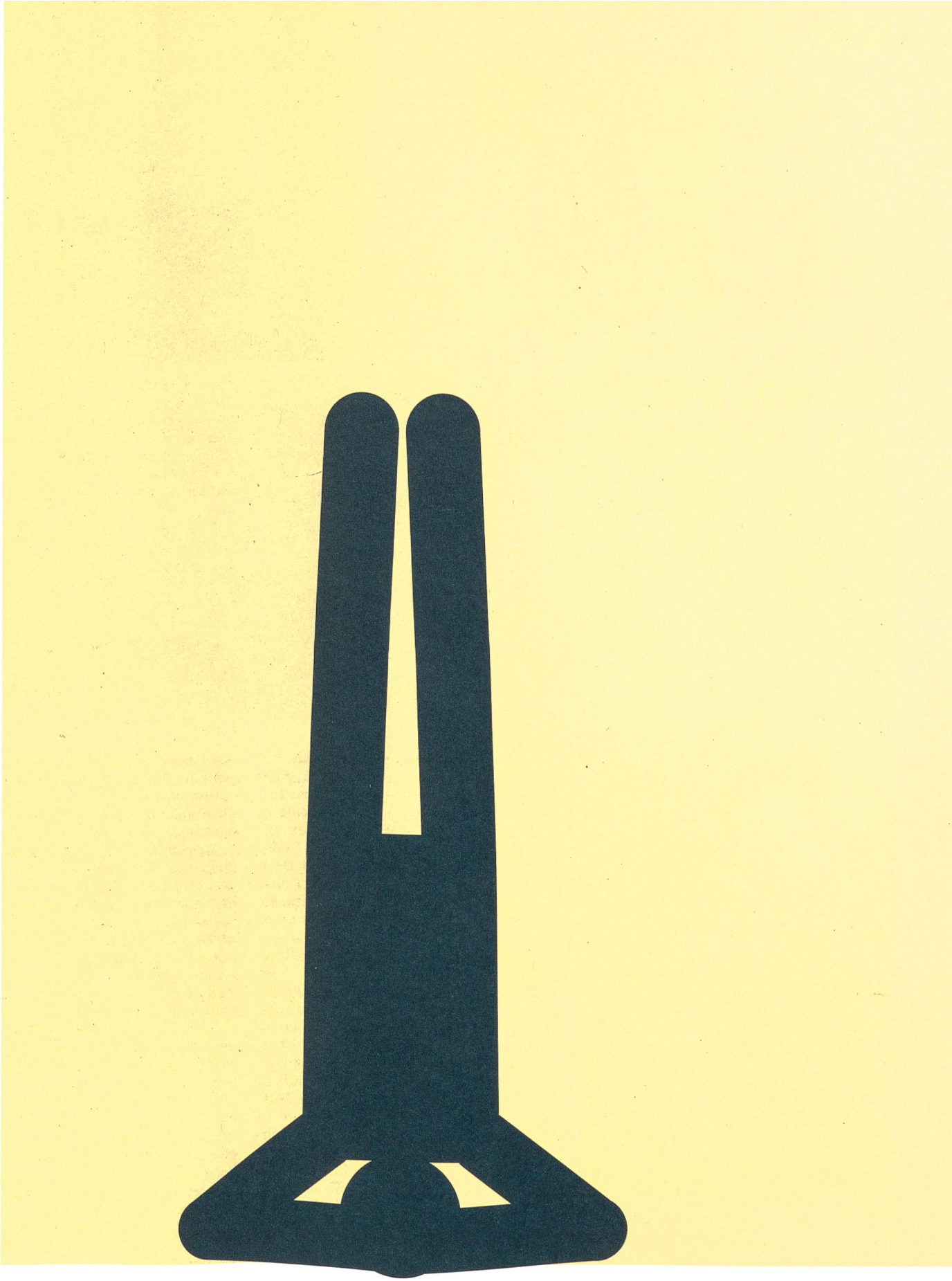
Ausserdem stellte sie fest, dass die Risse von Unebenheiten an der Oberfläche des kompakten Knochens ausgehen, insbesondere von den feinen Kanälen, in denen die Nerven und Blutgefässe verlaufen. Von dort breiten sie sich über andere Kanäle und Hohlräume auf die empfindlichsten Bereiche aus. Durch seine ausgeklügelte Mikrostruktur gelingt es dem Knochen im Allgemeinen, das Fortschreiten der Risse zu stoppen oder abzulenken.

Als nächstes setzte die Forscherin ein Dutzend lebende - aber anästhesierte - Mäuse einer ähnlichen mechanischen Belastung aus, die aber deutlich vor dem Knochenbruch gestoppt wurde. Die Nager wurden nun nach unterschiedlichen Erholungszeiten (zwischen null und 14 Tagen) für die Untersuchung des Skeletts getötet. «Da wir mit dem Röntgengerät im Labor die mikroskopisch feinen Risse nicht feststellen konnten, war es, solange die Mäuse noch lebten, schwierig abzuschätzen, ob die Schienbeine bereits Risse aufwiesen», erklärt die Wissenschaftlerin. «Glücklicherweise erreichten wir dieses Ziel bereits beim ersten Anlauf.»

Zukunftsmusik

Tatsächlich konnte die Forscherin mit einem Lasermikroskop diffuse Schäden in verschiedenen Entwicklungsstadien, die am Beginn von Ermüdungsrissen stehen, und die Produktion von Knochenmaterial im Rahmen der selbstreparierenden Prozesse nachweisen. «Das ist für unsere Forschung ein wichtiges Ergebnis», freut sie sich. «Es weist darauf hin, dass selbst sehr feine und diffuse Schäden bereits zur Aktivierung der Selbstreparatur des Knochens ausreichen.»

Das Ziel der Studien besteht darin, eine Methode zu entwickeln, mit der solche Mikrorisse beim Menschen verhindert, frühzeitig erkannt oder sogar behandelt werden können, bevor es zu einem Ermüdungsbruch kommt. Noch ist dieses Ziel Zukunftsmusik, aber Claire Acevedo konnte mit dem Tierversuch zeigen, dass sich bestimmte Ermüdungserscheinungen des Knochens reproduzierbar herbeiführen lassen - und dies in relativ kurzer Zeit. Mit diesem Werkzeug wird sich die Forschungsarbeit fortführen und das Wissen über diese Vorgänge vertiefen lassen.

«Die einzige heute verfügbare wirksame Behandlung ist die totale Ruhe, bei der sich die Knochen selbst reparieren», betont sie. «Nicht nur während eines oder zweier Tage, sondern während mehrerer Wochen. Eine von Mikrorissen betroffene Person verspürt zwar in einem bestimmten Stadium als eine Art Warnsignal des Körpers beträchtliche Schmerzen. Wenn sie jedoch nicht mit dem Training aufhört, sondern einfach ein Schmerzmittel nimmt und unbeirrt weitermacht, akkumulieren sich die Risse, bis es zum Bruch kommt.»

Anton Vos ist Wissenschaftsjournalist, unter anderem für die Universität Genf.