

Aus dem Physiologischen Institut der Universität Zürich

Gähnen als diencephal ausgelöstes Reizsymptom

Von Wilhelm Waldvogel

Eingegangen am 7. Juli 1945

Das Gähnen ist ein unwillkürlicher Vorgang, der von der Kaumuskelatur ausgehend sich auf die Atemmuskulatur ausbreitet. In wechselndem Maße beteiligt sich auch die übrige Skelettmuskulatur daran, indem eine «tonische Welle» in rostro-kaudaler Richtung über den Körper hinwegläuft, Beuger und Strecker mehr oder weniger gleichzeitig erfassend. Subjektiv ist damit eine wohlige Sensation verbunden, und es bleibt ein Gefühl der Erfrischung zurück.

Unter physiologischen Bedingungen gähnt man beim Müdewerden und bei Hunger, aber nur wenn eine gewisse körperliche Ruhe eingehalten wird, ferner beim Erwachen und bei Langeweile. Beim Erwachen kommt es häufig zu einem ausgiebigen sich Räkeln. Bekannt ist die «ansteckende» Wirkung, die das Gähnen mit anderen unwillkürlichen Ausdrucksbewegungen wie Lachen und Weinen gemeinsam hat.

Der Kliniker kennt das Gähnen als Prodromalsymptom des Kollapses, bei Nausea, bei beginnender Peritonitis, im Schock, bei Hypoglykämie, im apoplektischen Insult.

Auch im Tierreich ist das Gähnen weit verbreitet – bei Hunden z. B. sehr ausgesprochen; selbst Fische gähnen (Beobachtung von *W. R. Hess*). Über die auslösenden Ursachen, die dabei spielenden Koordinationsvorgänge und die funktionelle Bedeutung dieses Phänomens sind wir ganz ungenügend unterrichtet. Von den Physiologen hat sich in neuerer Zeit, soviel uns bekannt ist, einzig *Engelhardt* (1) damit befaßt. Er hebt in erster Linie die Beteiligung des Atmungsapparates hervor. Von ihm werden vier Formen unterschieden: Gähnen beim Einschlafen, beim Erwachen, im Hunger und schließlich psychogen induziertes Gähnen. Mittels genauer Analyse der dabei auftretenden Atmungsbewegungen und des Luftwechsels weist er nach, daß beim Gähnen vor dem Einschlafen eine Vertiefung der flacher gewordenen Atmung erfolgt; beim Erwachen führt das Gähnen mit dem sich Räkeln zur Wiederherstellung des normalen Tonus; im Hunger soll es Entleerung des hyperämischen Splanchnikusgebietes und damit Vermehrung der zirkulierenden Blutmenge bewirken; das psychogene Gähnen wird als Ausdrucksbewegung nicht näher erörtert.

Bei den Zwischenhirnreizversuchen von *W. R. Hess* wurde nicht ganz selten ein typisches Gähnen des Versuchstieres (Katze) beobachtet, gelegentlich

auch ein sich Räkeln. Die entsprechenden Fälle sollen nun dazu verwertet werden, nach dem Substrat zu suchen, das beim Gähnen die verschiedenen Teilmechanismen koordiniert. Es wird sich die Frage anschließen, welche Reizqualitäten hier unter physiologischen Bedingungen eingreifen. Deshalb verdient auch die Zustandsbedingung, in der das im Versuch stehende Tier gähnt, unsere besondere Beachtung. Ferner ist daran zu denken, daß das Gähnen unter Umständen auch nur eine sekundäre Folge der durch das Experiment bedingten, peripheren Situation sein kann.

Zu den folgenden Angaben schicken wir voraus, daß die Experimente an frei beweglichen Katzen durchgeführt wurden, durchschnittlich eine Stunde nach der Präparation, die in Lokalanästhesie, kombiniert mit Stickoxydulnarkose, stattgefunden hatte. Jedes Versuchstier wurde zuerst auf der linken Seite mit drei feinen Nadelelektroden nacheinander gereizt¹⁾. Dann versenkte man diese Elektroden 2 mm tiefer und tastete so drei weiter basal liegende Reizstellen ab²⁾. Genau gleich wurde auf der rechten Seite verfahren³⁾. So ergeben sich bei jedem Versuchstier im ganzen zwölf Reizpunkte. Über weitere Angaben betr. die Versuchstechnik s. frühere Arbeiten (2, 3, 4).

Ergebnisse

Bei 13 Katzen wurde an insgesamt 27 Reizstellen Gähnen beobachtet, und zwar trat das Symptom 11mal während und 16mal nach der Reizung auf. In vier Fällen wiederholte sich das Symptom nach erneuter Reizung mit der gleichen Elektrode, wozu es dann allerdings einer höheren Reizintensität bedurfte. Dabei ist zu bedenken, daß das Ausbleiben bei Reizwiederholung unter Umständen mit der Versuchssituation im Zusammenhang steht infolge spezieller, auf andere Ziele gerichteter Anordnung. Vom Beginn der Reizung bis zum Auftreten von Gähnen verstrich eine Latenzzeit, die zwischen wenigen Sekunden und einigen Minuten schwankt. Der Vorgang fügte sich immer derart in die jeweilige Situation ein, daß man nie den Eindruck eines künstlichen Effektes hatte. So entwickelte sich infolge der Reizung 9mal gleichzeitig ein somnolenter Zustand.

Als Beispiel sei der Versuch Nr. 176 angeführt. 5 Min. nach der Reizung mit der Elektrode Aro (1 Volt) gähnt das Versuchstier ausgiebig. Nach erneuter, mehrmaliger Reizung an der gleichen Stelle wird die Katze dösig, die Aufmerksamkeit nimmt ab, und sie schließt die Augen. 5 Min. nach der Reizung mit 3 Volt legt sich das Versuchstier nieder und gähnt wiederum kräftig. Die Nickhäute werden jetzt sichtbar, wie dies normalerweise bei einer schläfrigen Katze beobachtet werden kann. – Die Reizung mit der Elektrode Bro mit 3 Volt erzeugt eine auffallende Ruhe; der bisher noch aufrecht gehaltene Kopf sinkt tiefer. Nach Ausschalten der Reizung zeigt sich wiederum starkes Gähnen.

¹⁾ Bezeichnung der einzelnen Elektroden in rostro-kaudaler Richtung: Alo, Blo, Clo.

²⁾ Bezeichnung: Aln, Blu, Clu.

³⁾ Bezeichnung der Reizstellen: Aro, Bro, Cro bzw. Aru, Bru, Cru.

In weiteren sechs Fällen kam es zum Gähnen, wenn ein schlafendes oder somnolentes Tier geweckt wurde, sei es durch elektrische Reizung oder durch Versenken der rechtsseitigen Elektrodengruppe (1mal).

Zweimal zeigte sich das Gähnen im Zusammenhang mit einem merkwürdigen Zustand muskulärer Atonie (5).

Zum Beispiel werden beim Versuchstier Nr. 118 kurze Zeit nach Versenken der rechtsseitigen Elektroden die Nickhäute sichtbar, und die Katze legt sich mit untergeschlagenen Pfötchen nieder. Sie läßt sich widerstandslos auf den Rücken drehen und verharrt in einer Lage, wo alle Viere in der zufällig entstandenen Stellung in die Luft weisen. Das Tier unternimmt nicht den geringsten Versuch, sich aufzurichten. Die Sehnenreflexe sind stark gesteigert. Bei der Reizung durch das Elektrodenpaar A-B (A als Kathode, B als Anode, 1 Volt) richtet sich die Katze mit dem Vorderkörper aus der Seitenlage auf, während der Hinterkörper noch schlaff liegen bleibt. Die Atmung ist jetzt beschleunigt. Reizung mit B als Kathode und A als Anode zeitigt keinen sichtbaren Effekt, ebensowenig die mit C als Kathode und B als Anode. Drei Minuten nachher erhebt sich das Tier anscheinend spontan, wendet sich um seine Achse, leckt öfters und gähnt. Jetzt hat es annähernd seine normale Spontaneität wieder erlangt.

Bei sieben Reizstellen folgte Hacheln unmittelbar auf das Gähnen; dreimal war Hacheln unmittelbar vorausgegangen. Es ist in diesem Zusammenhang bemerkenswert, daß beim Hacheln im allgemeinen der Muskeltonus vermindert ist; häufig nimmt die Katze vorher oder nachher eine entspannte Lage ein (6).

Interessant erscheint im weiteren die Tatsache, daß bei den Stellen, wo *Bulimie* als Reizeffekt (7) aufgetreten ist, nie Gähnen beobachtet wurde. Wir sehen uns zu dieser Feststellung veranlaßt, weil der reizbedingte Freßtrieb wahrscheinlich der Ausdruck eines zentral induzierten Hungergefühles ist. Unser Untersuchungsmaterial ergibt also keine Anhaltspunkte betreffend Zusammenhänge zwischen Hunger und Gähnen.

Was nun die *Stellen*, wo das Versuchstier während oder nach der Reizung gähnte, betrifft, so finden wir sie in einem Gebiet, das sich von der «*schlafaktiven*» Zone (8), d. h. lateral von der *Massa intermedia*, und von der *Commissura anterior* in der Nähe des dritten Ventrikels gegen die Hirnbasis zu erstreckt. Basal finden sie sich dicht neben dem dritten Ventrikel im *Tuber cinereum* und auch unmittelbar medial vom *Pedunculus cerebri*. Diejenigen vier Reizstellen, wo das Symptom nach Reizwiederholung zu einem zweiten Male beobachtet werden konnte, liegen alle nahe dem dritten Ventrikel, nämlich zwischen *Commissura anterior* und *Infundibulum*. In dieser Zone zeichnet sich auch eine gewisse Häufung weiterer «positiver» Reizstellen ab.

Diskussion

Zunächst ist die Frage abzuklären, *ob und inwieweit das Gähnen direkte Folge* des zentral gesetzten Reizes ist, oder ob es ein *sekundäres Phänomen* darstellt bzw. im Rahmen eines koordinierten Symptomenkomplexes er-

scheint. Die Tatsache, daß in vier Fällen das Gähnen bei erneuter Reizung an gleicher Stelle ein zweites Mal beobachtet werden konnte, gibt in dieser Richtung einen Hinweis, besonders auch, weil diese Reizstellen relativ nahe beisammen liegen, und weil sich hier weitere Reizstellen häufen. Es handelt sich nicht um eine Zone, wo eines der charakteristischen Begleitsymptome, die für das Gähnen als auslösende Ursache in Betracht fallen, auch in anderen Versuchen regelmäßig ausgelöst werden konnte. Man hat deshalb keinen Anlaß zur Annahme, daß hier eine zum Gähnen führende Grundstimmung (z. B. Schläfrigkeit) von vier verschiedenen Elektroden je zweimal erzeugt werden konnte. Demnach ist es wahrscheinlich, daß an dieser Stelle, in der Nähe des dritten Ventrikels, zwischen Commissura anterior und Infundibulum ein Substrat vorhanden ist, das sich an der Induktion bzw. Koordination des Gähnens direkt ursächlich beteiligt. Die in den betreffenden Fällen aufgetretenen Zeichen von Somnolenz (3mal) und Hacheln (1mal) scheinen Ausdruck der Stimmungslage zu sein, die notwendig ist, damit die zentrale Stimulierung des Substrates den Gähnmechanismus auslösen kann. Die übrigen Reizstellen sind in denjenigen Zonen gelegen, wo in früheren Arbeiten die maßgebenden Substrate für den diencephal ausgelösten Schlaf (8) einerseits oder für die reizbedingte Adynamie (5) lokalisiert werden konnten. Hier ist das Zusammengehen des Gähnens mit reizbedingtem Tonusverlust bemerkenswert.

Wenn wir schließlich dazu Stellung nehmen sollen, welche *physiologische Bedeutung* dem Gähnen zukommt, so läßt sich unser Standpunkt wie folgt formulieren: Falls der Skelettmuskelapparat oder Teile desselben längere Zeit entspannt sind, so können Schwerkraft und elastische Retraktion von Geweben eine gewisse passive Deformation gegenüber dem voll aktionsbereiten Zustand herbeiführen. Bekannt ist, wie in schlecht ventilierten Lungenabschnitten eines marantischen Patienten sich die Hypostase entwickelt. Analoge Verhältnisse müssen sich, wenn auch weniger stark ausgeprägt, bei sehr flacher Atmung nach und nach einstellen, wobei die Entfaltung der Lungenbläschen in den ventilatorisch ungünstig gelegenen Gebieten sich zunehmend vermindert. Auch die Pleuraflüssigkeit muß sich notwendigerweise der Schwerkraft folgend in die abhängigen Partien verschieben. Dadurch wird an anderen Stellen der Pleuraspalte die Gleitflüssigkeit gleichsam abgesogen. All das beeinträchtigt die vollständige und möglichst reibungslose Funktion des Atmungsapparates. – Bei motorischer Ruhe wird sich in den Gelenkhöhlen in analoger Weise die Gelenkschmiere verlagern; die Knorpelflächen verlieren so neben ihrer Gleitfähigkeit auch die notwendige Schutzschicht. – Im Muskel fehlt es am Antrieb für die normale Lymphbewegung, welche bei Aktivität durch die Preßkraft auf die Lymphgefäße gewährleistet ist. Bei länger dauernder Ruhe wird deshalb eine Anschoppung von Lymphe und damit eine Stagnation des normalen Säftestromes entstehen. Außerdem wird der Muskel infolge seiner Plastizität bei Tonusverlust, z. B. im Schlaf,

dem dauernd wirkenden Gewichtszug folgende gewisse innere Umformung erfahren. Alle diese passiven Veränderungen bedeuten für die Aktivität des animalen Systemes eine Verschlechterung der Ausgangslage. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, zu gegebener Zeit eine Normalisierung derselben herzustellen, wozu die (unwillkürlich in Gang gebrachte) Übertonisierung das geeignete Mittel ist. Damit ist die Bedeutung gekennzeichnet, die wir dem sich Räkeln und dem Gähnen beimessen.

Diese Auffassung wird durch diejenigen Fälle unseres Untersuchungsmaterials gestützt, wo Gähnen im Zusammenhang mit Zuständen von Tonusverlust aufgetreten ist, d. h. bei primärer Atonie. Bei zunehmender Müdigkeit besteht ein *wellenförmiges* Abgleiten des dem Wachzustand eigenen Muskeltonus, und die Atmung wird nach und nach flacher. Das Erschlaffen des Muskeltonus geht mit sinkender Reaktionsbereitschaft einher. Die Umkehr in entgegengesetzte Richtung bedingt ein «Wiederaufholen», anfänglich häufiger, dann immer seltener, bis der Schlafzustand erreicht ist. Das Gähnen ist dabei das Zeichen der sich im Prozeß des Einschlafens periodisch wiederholenden Schwankung, wie sie gerade bei der Katze auch am periodischen Wechsel der Pupillenweite sehr sprechend zum Ausdruck kommt.

Wie erwähnt besteht auch beim Hacheln, das nicht selten mit Gähnen eingeleitet oder beendet wird, ein verminderter Muskeltonus. Außerdem ist das Hacheln mit einer besonders flachen Atmungsform verbunden. Damit sind also wiederum Bedingungen geschaffen, welche aus respiratorischen Gründen ein Wiederaufholen der normalen Lungenentfaltung verlangen. Tatsächlich hat *Engelhardt* (1) nachgewiesen, daß Gähnen die Atmung vertiefen kann.

Bei unseren Untersuchungen sind gleichzeitig mit dem Gähnen nie Zeichen von Hunger aufgetreten. Wir können also auf Grund der experimentellen Ergebnisse in dieser Richtung keine positiven Aussagen machen. Die Auffassung von *Engelhardt* (1), daß durch das Gähnen der aktiven Hungerhyperämie im Splanchnicusgebiet entgegengewirkt wird, erscheint aber nicht sehr überzeugend, um so weniger als dieses Gefäßgebiet einer sehr wirksamen zentralnervösen Regulation unterliegt.

Die beim Gähnen in Form eines wohligen Gefühls auftretende subjektive Empfindung ist als Unterstützungsfaktor des unwillkürlich in Gang gesetzten Mechanismus zu werten. Was schließlich das psychogen induzierte Gähnen betrifft, so gehen wir mit der Auffassung einig, daß es sich hier um eine Ausdrucksfunktion handelt. Es wird innerhalb einer Kollektivität eine Stimmung verbreitet, welche (unter primitiven Bedingungen) ein koordiniertes Verhalten der Einzelindividuen induziert, im Sinne eines physiologischen «Hypnotikums».

Zusammenfassung

1. Bei den Zwischenhirnreizversuchen von *W. R. Hess* wurde des öfters Gähnen des Versuchstieres (Katze) beobachtet.

2. Die betreffenden Versuchsergebnisse werden daraufhin untersucht, inwieweit die elektrische Reizung im Diencephalon ein Substrat erregt, das normalerweise die verschiedenen Teilmechanismen des Gähnens auslöst, oder ob das Gähnen eine sekundäre Folgeerscheinung ist.

3. Bei 4 von 27 «aktiven» Reizstellen wurde das Gähnen nach Reizwiederholung ein zweites Mal beobachtet. Da diese nahe beisammen liegen, und da sich im gleichen Gebiet eine gewisse Häufung weiterer positiver Reizstellen besteht, wird vermutet, daß sich hier ein Substrat befindet, das beim Gähnen ursächlich, d. h. direkt beteiligt ist. Es erstreckt sich dicht neben dem III. Ventrikel zwischen Commissura anterior und Infundibulum.

4. Das Gähnen tritt im Reizversuch regelmäßig im Zusammenhang mit Somnolenz, oder mit muskulärer Atonie, oder mit Hacheln auf. Viele Reizstellen liegen entsprechend in den Gebieten, wo die für diese Symptome maßgebenden Substrate lokalisiert sind. In diesen Fällen ist das Gähnen wahrscheinlich die sekundäre Folge des durch den Reiz bedingten Zustandes.

5. Da sich in den genannten Zuständen der Muskeltonus und die Lungenentfaltung (und diesen parallel die Aktionsbereitschaft) vermindern, ist von Zeit zu Zeit eine Restitution erforderlich. Hierzu erscheint das Gähnen durch die damit verbundene Übertonisierung und Vertiefung der Atmung geeignet.

6. Es wird auf die Bedeutung der suggestiven Wirkung hingewiesen.

1. *Engelhardt, A.*: Z. Biol. **100**, 596 (1941). – 2. *Hess, W. R.*: Beiträge zur Physiologie des Hirnstammes, I. Teil. Leipzig, Thieme 1932. – 3. *Bürgi, S.*: Helv. Physiol. Acta **1**, 359 (1943). – 4. *Hess, W. R.*: Pflügers Arch. **243**, 409 (1940). – 5. *Hess, W. R.*: Helv. Physiol. Acta **2**, 137 (1944). – 6. *Hess, W. R.*, und *Stoll, W. A.*: Helv. Physiol. Acta **2**, 461 (1944). – 7. *Brügger, M.*: Helv. Physiol. Acta **1**, 183 (1943). – 8. *Hess, W. R.*: Helv. Physiol. Acta **2**, 305 (1944).