

Régulation végétative et psychique de la faim et de la satiété¹

K. Bättig

Zusammenfassung

Die Forschung der letzten Jahrzehnte hat von einem Konzept der *peripheren Steuerung* zu einem solchen der *zentralen Steuerung* der Nahrungsaufnahme geführt. Nicht mehr der Magen, sondern der Hypothalamus wird als zentrale Leitstelle betrachtet. Der Hypothalamus reagiert auf vegetative Energiebedürfnisse verschiedener Art mit Hunger und auf Genügen der Energievorräte mit Sättigkeit. Die dazu benützten spezifischen Informationen sind Gegenstand der heutigen Forschung. Psychische Faktoren (Gewohnheiten, Riten, Motivation und Lernvermögen) beeinflussen das Essverhalten.

Résumé

La recherche des dernières décennies nous a conduit du concept du *contrôle périphérique* à celui du *contrôle central* de l'ingestion de nourriture. Ce n'est plus l'estomac mais l'hypothalamus qui est considéré comme poste de contrôle central. L'hypothalamus réagit aux diverses sortes de besoins végétatifs d'énergie par la faim, et à la suffisance des provisions d'énergie par la satiété. Les informations spécifiques qui y sont utilisées font l'objet de la recherche actuelle. Des facteurs psychiques (habitudes, rites, motivation et faculté d'apprendre) influencent le comportement du mangeur.

Aux temps modernes les recherches de la régulation de l'ingestion de nourriture ont fait des progrès considérables. *Anand* (1961), *Bättig* (1968), *Brobeck* (1960), *Teitelbaum et Epstein* (1962), *Kennedy* (1966), *Morgane* (1961), etc., sont parmi les auteurs qui récemment ont donné un aperçu de ces résultats.

De plus en plus se développe un concept qui reflète l'expérience de tous les jours. La disposition à manger dépend de deux facteurs principaux :

– Le besoin végétatif; celui-ci est en relation avec le temps écoulé depuis le dernier repas et les réserves d'énergie encore disponibles. Un besoin végétatif maximum peut être défini comme faim, et un besoin végétatif minimum comme état sans faim, c'est-à-dire satiété.

– Le besoin psychique; celui-ci résulte de l'intensité de «l'anticipation» de consommation causée par la vue ou l'imagination de la nourriture. Aux différents degrés du besoin psychique, correspond une échelle d'appétit qui va jusqu'au manque d'appétit.

¹ Nachdruck mit Erlaubnis von «La Revue de Médecine». Reproduction avec permission de «La Revue de Médecine». (Rev. Méd. 9, 1382-1389, 1968)

Faim et appétit dans leur forme pure désignent donc des états subjectifs de causes extrêmement différentes. Aussi la manière de supporter ces états est-elle différente.

La faim est accompagnée de sensations somatiques, comme le borborygme et la tension psychique diffuse, l'augmentation de l'activité, l'inquiétude, la nervosité ou même l'agressivité.

L'appétit comporte des composantes quant à la manière et les circonstances concrètes de la consommation anticipée.

I. Le besoin végétatif

Les centres hypothalamiques

Hess (1949) est arrivé, par une stimulation électrophysiologique de l'*hypothalamus ventromédial*, à un arrêt immédiat et drastique de l'ingestion de nourriture (= centre de satiété). Avec une stimulation de l'*hypothalamus ventrolatéral* il a déclenché une attitude de manger aussi prompte («centre de la faim»).

Des neurocoagulations sélectives ont confirmé ces essais classiques de stimulation: la destruction du centre de la faim mène à un état sans faim plus ou moins irréparable, la destruction du centre de satiété mène à une hyperphagie qui dure jusqu'au moment où une obésité nette est atteinte. Ces centres sont liés anatomiquement d'une manière très étroite aux centres nerveux de la soif ainsi qu'aux centres de la régulation de la température. L'hypothalamus peut donc être considéré comme le siège des systèmes neurologiques organisant les éléments de comportement, qui en dernier lieu sont la cause du maintien de l'*homéostasie*. En font partie l'action de boire comme réaction à la déshydratation, l'action de manger comme réaction au manque de réserves d'énergie, l'activité sexuelle qui en somme mène, avec la reproduction, à transmettre le milieu homéostatique à d'autres êtres vivants. Cependant, considérer l'hypothalamus comme unique substrat nerveux de la régulation de l'ingestion de nourriture serait trop simplifier les choses. D'autres systèmes en dehors de l'hypothalamus participent aussi à cette régulation. Stevenson (1964) a dressé un tableau de ces systèmes.

A part les vrais homéostatiques, dans l'hypothalamus, les substrats nerveux de la *motivation*, du *renforcement* (obtenu par la satisfaction créée par l'ingestion de nourriture) et de la compensation ont aussi une fonction très importante. Ils sont situés dans le voisinage latéral des systèmes d'ingestion de nourriture (Olds, 1962).

Les relations anatomiques et fonctionnelles entre les centres homéostatiques de la faim et de la satiété d'une part, et les systèmes latéraux de motivation d'autre part, sont encore peu connues.

Information du milieu intérieur à l'hypothalamus

La prédominance réciproque de l'activité nerveuse dans les centres de faim et satiété de l'hypothalamus est déclenchée par des informations sur la situation végétative des besoins énergétiques.

Aujourd'hui encore la forme, la signification fonctionnelle et les moyens de transmission de ces informations ne sont pas encore tout à fait connus. C'est pour cela qu'on rencontre différentes théories qui, selon l'état actuel de la recherche, se complètent plutôt qu'elles ne s'excluent.

Le poids du corps est réglé de façon à garantir une constance surprenante, comme beaucoup d'expériences l'ont montré. Avec des traitements par l'insuline, on peut augmenter, pour une période fixe, la faim et ainsi l'ingestion de nourriture, ce qui augmente finalement le poids. Si on arrête l'insuline, l'ingestion de nourriture tombe au-dessous de la normale jusqu'à ce que l'obésité soit de nouveau réduite (*Teitelbaum*, 1961). Cependant, il n'y a que peu d'indications incitant à penser que l'activité de l'hypothalamus est déterminée par le poids du corps, elle le serait plutôt par les conséquences métaboliques de l'hyperphagie et de l'obésité.

La *théorie glucostatique* (*Mayer*, 1955) est celle qui a certainement suscité le plus grand intérêt ces dernières années. D'après cette théorie, un niveau de glucose trop bas activerait directement le centre de la faim de l'hypothalamus et inversement une élévation du niveau de glucose activerait le centre de satiété.

Cette théorie est tout spécialement attrayante parce que le glucose représente un système d'énergie «rapide» avec de petits dépôts et de brèves fluctuations, parce que tous les tissus absorbent du glucose et, enfin, aussi, parce que l'intensité de la production d'énergie, de matières grasses et de protéines dépend des réserves de glucose existantes.

En faveur de cette théorie s'inscrivent également les preuves expérimentales suivantes:

– Dans le centre de satiété hypothalamique, des récepteurs sensibles au glucose ont pu être vérifiés neurologiquement. Ils peuvent être éliminés par du glucose «empoisonné» sous forme de thioglucose d'or. La conséquence est l'hyperphagie suivie d'obésité.

– Entre l'état de faim et la teneur en glucose du sang, il existe chez différentes espèces des corrélations marquées. Des corrélations encore plus nettes ont résulté de la différence artérioveineuse de la concentration en glucose.

À part ces arguments très évidents il y a deux faits très difficiles à relier à la théorie glucostatique.

– Des substances réprimant la faim, comme par exemple l'amphétamine, ne changent pas le niveau du glucose.

– L'obésité expérimentale ainsi que l'obésité spontanée commencent par

une hyperphagie. Cette hyperphagie ne dure que jusqu'au moment où une obésité définie est atteinte, dont le degré diffère de cas en cas. A ce moment l'hyperphagie disparaît et un état d'obésité «statique» est maintenu avec «normophagie» ou même légère hypophagie. Il serait difficile d'expliquer pourquoi un mécanisme glucostatique visant à éviter l'hyperphagie n'a pas fonctionné quand le poids du corps était encore normal et a repris une fois l'obésité atteinte.

La *théorie lipostatique* (Kennedy, 1953) suppose que la teneur en matières grasses du corps sert d'une manière ou d'une autre de signal de satiété aux systèmes hypothalamiques.

Cette théorie traite des problèmes contraires à ceux de la théorie glucostatique. Elle pourrait très bien convenir comme mécanisme à court terme, mais moins comme mécanisme à long terme. Pour la théorie lipostatique le contraire est valable.

En effet, jusqu'à présent on n'a guère trouvé de connexions entre les fluctuations à court terme de métabolites lipoides et les modifications à court terme de la faim. Par contre, il existe des indications concernant de telles connexions avec des substances endocrines qui ont un effet à court terme sur le métabolisme des lipides (Kennedy, 1966).

Selon la *théorie thermostatique* (Brobeck, 1948), un individu «mange pour maintenir sa chaleur». La réduction du métabolisme due à l'épuisement des réserves d'énergie déterminerait une diminution de température, qui aurait comme conséquence une augmentation de la faim. L'absorption de la nourriture conditionnerait par le travail de digestion et plus tard par le travail d'assimilation une augmentation de température, qui de nouveau diminuerait la sensation de faim. Cette théorie est attrayante par son explication d'une meilleure atténuation de la faim par les protéines que par les hydrates de carbones et les matières grasses. Les protéines produisent un métabolisme d'assimilation tout particulièrement fort grâce à leur effet «spécifique dynamique».

Mais cette théorie non plus n'est pas encore assez fondée pour être acceptée comme seule hypothèse. Des corrélations entre la température du corps et la faim, bien qu'existantes, ne sont pourtant pas encore assez étroites. Aussi les expériences électrophysiques faites jusqu'à présent ne donnent-elles pas assez de preuves, car elles se fondent en général sur des cas extrêmes. Ainsi Andersson et Larsson, 1961, par exemple, ont obtenu un effet de satiété en échauffant les centres régulateurs de sa chaleur dans l'hypothalamus, alors que des expériences correspondantes d'interruption n'ont pas donné les résultats attendus.

En général, on peut admettre aujourd'hui que les centres de la faim et de la satiété de l'hypothalamus intègrent certains aspects du «milieu intérieur» et y répondent. Cependant, beaucoup d'expériences sont encore nécessaires jusqu'à ce qu'on ait trouvé un concept qui tiendrait compte de tous les arguments expérimentaux.

Les informations de l'appareil digestif à l'hypothalamus

Depuis longtemps déjà on a reconnu que le seul fait du passage de la nourriture dans l'appareil digestif supérieur ou celui du remplissage de l'estomac mène à l'atténuation de la faim.

De telles informations afférentes aux centres régulateurs hypothalamiques ont sur le plan fonctionnel une signification tout particulièrement importante. Si elles n'existaient pas, la faim persisterait après le repas, jusqu'à ce que la correction du milieu intérieur soit effective à la fin du long processus de digestion et d'assimilation. Cependant, de nombreuses expériences sont fondées sur le fait que de telles fonctions de régulation ne sont pas indispensables au contrôle de la prise de nourriture. Ainsi *Teitelbaum et Epstein*, 1962, ont montré que des rats sont capables d'avoir une balance alimentaire équilibrée, même dans le cas où ils doivent recevoir la nourriture directement dans l'estomac au moyen d'une fistule.

D'autre part, on a pu prouver depuis quelque temps déjà, par des expériences avec fistules et sondes, que le seul passage de la nourriture par le canal de la bouche-œsophage-estomac n'atténue la faim que temporairement.

Les connaissances qu'on a aujourd'hui permettent de conclure que les informations au niveau de la bouche et de l'estomac ont une grande importance pour la régulation à court terme de l'importance et de la fréquence des repas. En plus, les cavités buccales et nasales ont la fonction importante de recevoir et de transmettre les informations sur la qualité et la composition de la nourriture par des récepteurs nerveux spécifiques.

II. Le besoin psychique

Les multiples composantes psychiques du « besoin de manger », connu sous le nom d'appétit, se fondent sur la fonction de systèmes autres que l'hypothalamus. Une fonction primaire est certainement dévolue au cortex et à ses systèmes auxiliaires, car nous devons supposer, comme condition préalable à l'appétit, des fonctions telles que la connaissance et l'analyse du stimulus, ainsi que la mémoire.

Stimuli de nourriture

La présentation directe d'une nourriture peut être considérée comme stimulation « absolue ». La nature de tels stimuli d'effet « absolu » varie pourtant selon les espèces, elle est une fonction des préférences spécifiques de nourriture.

Bien que ces préférences et leur signification n'aient été que peu étudiées, on peut avoir la certitude aujourd'hui que deux facteurs déterminent la force de celles-ci :

- L'importance biologique d'une nourriture pour une espèce;
- l'accessibilité d'une nourriture dans l'environnement d'une espèce.

Plus grande est l'importance biologique d'une substance, et plus difficile elle est à trouver, plus grande sera la préférence.

Une recherche ultérieure sera peut-être à même de donner une explication pour l'obésité plus fréquente de nos jours. Il est concevable que nous ayons encore de grandes préférences pour plusieurs substances, bien que n'en ayant plus besoin, puisque la civilisation nous permet d'obtenir toutes les substances alimentaires en quantité suffisante et sans difficultés.

A part le stimulus «absolu» de la présentation directe de la nourriture, le stimulus «conditionné» devrait jouer un aussi grand rôle pour l'homme.

Le rôle des stimuli de nourriture «appris» a été étudié tout d'abord par des expériences sur les animaux. Sur les expériences classiques de *Pavlov* et ses élèves consulter les ouvrages de *Hilgard* et *Marquis* (1940).

Il en résulte que presque chaque stimulus imaginable, en soi complètement différent, peut obtenir une signification alimentaire, s'il est présenté assez souvent en même temps que la nourriture. N'en font pas seulement partie les classiques signaux lumineux, le métronome, ou même le temps de l'expérience. De tels stimuli se trouvent chez l'homme en grand nombre. Il suffit de penser au temps du repas, ou bien aux reproches faits à l'enfant si un reste de nourriture subsiste sur son assiette. Deux qualités importantes augmentent encore la signification de ce fait :

- La signification de stimuli appris est très fluide. Selon la durée et la forme de l'entraînement, la signification de tels stimuli peut être très forte, ou faible, ou même éliminée. L'entraînement peut aussi avoir comme suite le transfert d'un stimulus sur un autre stimulus.

- La loi de la généralisation a comme conséquence, qu'au cours de l'apprentissage, l'importance spécifique ne fait jamais exclusivement partie du stimulus appris. Elle appartient aussi à d'autres stimuli dans la mesure de leur parenté au stimulus appris au début.

La motivation

La seule présence d'un besoin «végétatif» pour des substances d'énergie nouvelle ne mène pas encore à l'action de manger. Il faut, de plus, que des stimuli de nourriture, soient-ils «absolus» ou appris, mènent l'organisme à la nourriture.

En psychologie expérimentale, on entend par motivation l'action cumulative de ces deux valeurs : besoin végétatif intérieur et quantité de stimuli de l'entourage.

Cette action réciproque est, selon des recherches actuelles (*Logan*, 1960) presque multiplicative. Ainsi la motivation est à son maximum quand le besoin végétatif ainsi que le besoin psychique, causés par des stimuli extérieurs, sont très grands, c'est-à-dire à leur optimum. D'autre part, une motivation considérable peut également naître si le besoin végétatif est petit, et le besoin psychique néanmoins grand. On peut donc se représenter la grandeur de la moti-

vation comme la surface d'un rectangle, dont les deux longueurs latérales correspondent respectivement aux besoins végétatif et psychique.

Ce fait a pu se confirmer dans plusieurs expériences et a ensuite successivement été cristallisé d'une manière plus différenciée (*Bättig et Wanner, 1964*).

Des recherches semblables ont montré de plus que chaque stimulus présenté, soit «absolu» soit «appris», doit être considéré comme «stimulus brut», dont, selon la situation, une partie seulement, est mise en effet «net». L'importance de cette partie dépend de l'énergie qu'un individu doit déployer dans une situation de stimulus données, pour arriver à la nourriture. Le stimulus net effectif peut donc être défini comme la différence entre la valeur positive de l'importance du stimulus et la valeur négative de l'énergie nécessaire. Dans les expériences avec des animaux, on s'est en général servi de haies et autres obstacles variables, le long du chemin menant à la nourriture, comme modèle des dépenses. Chez l'homme en général d'autres facteurs prennent la place des dépenses physiques, l'argent étant celui qui s'impose le premier. Dans notre civilisation «la signification nette» d'un stimulus de nourriture est souvent presque aussi grande que sa «signification brute», la nourriture sous toutes ses formes pouvant être facilement obtenue.

Le renforcement

La présupposition essentielle de toute motivation est la «récompense» ou le «renforcement». La motivation mène un individu à un certain comportement qui doit représenter biologiquement la réaction adéquate à une *situation de besoin* spécifique dans une *situation d'entourage* spécifique. Le comportement qui en résulte est aussi appelé comportement «*consommatoire*», puisqu'il se termine en général par une consommation. Le comportement consommatoire a trois qualités principales :

– Il est subjectivement agréable; on parle donc de *récompense*.

– Il réduit la tension de besoin originale; on parle donc d'un *comportement réduisant le besoin*.

– Il tend à se répéter si la même combinaison de besoin et la même situation d'entourage se présentent de nouveau. On parle donc de «*renforcement*».

Jusqu'à présent, la connexion entre ces trois effets n'est pas très claire, à savoir si l'un d'eux est le primat, ou si tous les trois sont l'expression d'un événement uniforme.

Ces dernières années, le phénomène de «l'autostimulation» a suscité un grand intérêt à ce propos. Dans certaines structures subcorticales, la stimulation électrique a comme suite qu'un animal provoque cette stimulation continuellement, dès qu'il a eu l'occasion de le faire. Des trois qualités du comportement consommatoire; citées plus haut, celle du «renforcement» existe donc avec certitude (*Olds, 1962*).

Le fait que ce système de «renforcement» dans l'hypothalamus soit situé a

proximité des systèmes «homéostatiques», comme les «centres de la faim, de la soif», etc., est tout spécialement intéressant du point de vue neurophysiologique. Le système neural du renforcement est situé latéralement, le long des systèmes hypothalamiques «homéostatiques». Ces deux voies nerveuses se réunissent à l'extrémité postérieure de l'hypothalamus et arrivent jusqu'au cerveau central.

En rapport avec toutes sortes de comportements consommatoires, ce phénomène de renforcement a la même propriété importante de généralisation, telle qu'on la connaît depuis des dizaines d'années pour la stimulation sensorielle. Le barrage d'un besoin moyennant une privation prolongée de la consommation barre aussi d'autres besoins en même temps. Ainsi il résulte d'une privation prolongée de nourriture, non seulement une motivation augmentée à l'ingestion de nourriture, mais aussi une motivation à boire, une agitation accrue et une tendance à l'agressivité.

Un exemple classique d'une telle généralisation peut être démontré par la méthode *Skinner* (1938): les rats reçoivent des pilules alimentaires comme récompense à la pression répétée d'une pédale. Les bruits, qui résultent de ce mécanisme dirigé par relais, ont aussi à la longue un effet de récompense. Les animaux manifestent en plus du besoin des pilules alimentaires, le besoin d'entendre ces bruits, expérience facile à prouver.

D'après plusieurs rapports, on peut penser que ce facteur est probablement d'une grande importance pour l'augmentation de l'obésité dans notre civilisation. Si la peur, la tension, le stress, etc., accompagnent la faim, ils sont aussi réduits, du moins en partie, par l'ingestion de nourriture; une agréable compagnie à table peut représenter un renforcement secondaire.

III. Résumé

L'action réciproque des besoins végétatif et psychique de nourriture

Le centre d'intégration pour le besoin végétatif d'énergie est situé dans l'hypothalamus sous la forme d'un «centre de la faim» et d'un «centre de la satiété» ainsi que d'autres structures auxiliaires.

Ces deux centres ne fonctionnent pas comme un poste de commandement indépendant, qui opèrerait à peu près comme un pendule oscillant alternativement entre «faim» et «satiété». L'activité de ces centres est plutôt dirigée par des informations de la périphérie. L'état du milieu intérieur et du tube digestif y jouent le rôle principal. Bien que beaucoup de résultats expérimentaux concernant l'importance et le concours de toutes ces informations soient disponibles, la recherche a malgré tout un long chemin à parcourir jusqu'à ce que toutes ces questions soient clarifiées.

Le symptôme le plus prononcé de cette régulation est le principe du feedback négatif. Des informations du milieu intérieur indiquant des réserves

d'énergie *disponibles* en quantité suffisante, ainsi que des informations du tube digestif indiquant des réserves d'énergie à venir, mènent à une *réduction* de l'ingestion de nourriture.

Malgré le fait que le rôle des stimuli psychiques vis-à-vis de la nourriture ait été beaucoup moins étudié, on ne peut ignorer que contrairement au besoin végétatif, le principe du *feed-back positif* est valable. Plus fort et plus direct est le stimulus de nourriture, plus est grande la motivation. La capacité d'apprendre et la généralisation veillent à ce que même de légères allusions et des fragments de stimuli spécifiques puissent déclencher encore une motivation de manger.

Le fait de la généralisation du besoin et du renforcement peut enfin expliquer pourquoi, même sans faim, l'ingestion de nourriture est possible. L'organisme apprend en effet qu'avec l'ingestion de nourriture d'autres besoins existants sont en partie aussi réduits.

Cette organisation – *feed-back négatif* pour informations végétatives, mais *feed-back positif* pour des informations psychiques – doit être considérée sous le jour de la nécessité biologique.

La motivation à l'ingestion de nourriture est à deux dimensions et dépend des besoins végétatif et psychique. Lors d'un besoin végétatif très fort, des besoins psychiques minimum sont déjà suffisants pour déterminer l'ingestion de nourriture, alors qu'avec un besoin végétatif minimum, des stimuli psychiques forts sont nécessaires.

Ainsi le rôle des stimuli est adapté à l'organisme vivant dans une situation primitive, et garantit que celui-ci arrivera à obtenir une nourriture suffisante et adéquate même dans des conditions très difficiles. Grâce à la domestication, l'homme civilisé s'est cependant «émancipé» de la recherche quotidienne de nourriture de manière que celle-ci en quantité et qualité presque optima soit un des «résultats» de son travail.

Bibliographie

- Anand B. K.*: Nervous regulation of food intake. *Physiol. Rev.* 41, 677–708 (1961).
- Andersson B.* et *Larson B.*: Influences of local temperature changes in the preoptic area and rostral hypothalamus on the regulation of food and water intake. *Acta physiol. scand.* 52, 75–89 (1961).
- Bättig K.*: Steuerung der Nahrungsaufnahme durch Hunger und Sättigung (à être publié dans «Handbuch für Ernährungslehre und Diätetik», Vol. I – Georg Thieme Verlag, Stuttgart).
- Bättig K.* et *Wanner H. U.*: Die Wirkung von Motivationsfaktoren auf das Motivationsverhalten der Ratte. *Helv. Physiol. et Pharmacol. Acta* 22, 184–201 (1964).
- Brobeck J. R.*: Food intake as a mechanism of temperature regulation in rats. *Fed. Proc. Amer. Physiol. Soc.* 7, 13 (1948).
- Brobeck J. R.*: Handbook of Physiology. Washington, D. C. American Physiol. Soc. Sect. I. Vol. II (1960).
- Hilgard R. E.* et *Marquis D. G.*: Conditioning and learning. Appleton-Century-Crofts, Inc., New York (1940).
- Kennedy G. C.*: The role of depot fat in the hypothalamic control of food intake in the rat. *Proc. Roy. Soc. (London) B.* 140, 578–592 (1953).

- Kennedy G.C.*: Food intake, energy and growth balance. *Brit. Med. Bull.* 22, 216–220 (1966).
- Logan F.E.*: Incentive. Yale University Press, New Haven (1960).
- Mayer J.*: Regulation of energy intake and the body weight. The glucostatic theory and the lipostatic hypothesis. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 63, 15–43 (1955).
- Morgane P.J.*: Electrophysiological studies of feeding and satiety centers in the rat. *Amer. J. Physiol* 201, 838–844 (1961 a).
- Olds J.*: Hypothalamic substrates of reward. *Physiol. Rev.* 42, 554–604 (1962).
- Skinner F.B.*: The behavior of organisms. New York, Appleton-Century-Crofts (1938).
- Stevenson J.A.F.*: The hypothalamus in the regulation of energy and water balance. *The Physiologist* 7, 305–318 (1964).
- Teitelbaum P.*: Disturbances in feeding and drinking behavior after hypothalamic lesions. In Nebraska Symposium on Motivation. M. R. Jones, Ed. Lincoln: Univ. of Nebraska Press 39–69 (1961).
- Teitelbaum P.* et *Epstein A.N.*: The lateral hypothalamic syndrome: recovery of feeding and drinking after lateral hypothalamic lesions. *Psychol. Rev.* 69, 74–90 (1962).

Adresse des Autors: Prof. Dr. med. *K. Bättig*, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie ETH,
Clausiusstraße 25, 8006 Zürich