

Zeitschrift: Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie suisse des sciences médicales = Bollettino dell' Accademia svizzera delle scienze mediche

Herausgeber: Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften

Band: 22 (1966)

Artikel: Activité du tractus pyramidal au cours de la veille et de phases du sommeil chez le chat : discussion du rapport de M. Jouvet

Autor: Buser, P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-307652>

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: 04.02.2026

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

DISKUSSIONSBEITRÄGE CONTRIBUTIONS A LA DISCUSSION

C.D.: 611.825.2 : 612.821.7

Laboratoire de Neurophysiologie comparée, Faculté des Sciences, Paris

Activité du tractus pyramidal au cours de la veille et de phases du sommeil chez le chat

Discussion du rapport de M. Jouvet

P. BUSER

Introduction

Au nombre des structures dont on a pu analyser l'activité électrique, pour en comparer les caractéristiques, au cours des différentes phases du sommeil, le système cortex moteur-tractus pyramidal a, à diverses reprises retenu l'attention.

De telles études portant sur un des systèmes corticifuges les plus aisés à individualiser, valent par les corrélations qu'elles autorisent entre l'activité de ses éléments et le niveau de vigilance de l'animal évalué à l'aide des critères habituels, électrographiques ou comportementaux. Tantôt ces recherches ont été effectuées en considérant les activités unitaires de l'écorce motrice chez l'animal en contention (CREUTZFELDT et JUNG 1961) ou libre implanté (EVARTS 1961, 1964), tantôt on s'est efforcé d'obtenir une expression quantitative aussi représentative que possible de l'ensemble des activités neuroniques individuelles. L'évaluation s'est alors effectuée en recueillant les décharges à l'aide d'une électrode de diamètre élevé par rapport aux habituelles microélectrodes, et en faisant appel à une méthode «d'intégration» ou «d'établissement de la moyenne» des activités recueillies (SCHLAG et BALVIN 1963; ARDUINI et coll. 1963; MARCHIAFAVA et coll. 1964).

Les expériences décrites (ROUGEUL et coll. 1966) ci-dessous s'insèrent dans cet ensemble de travaux. Elles sont effectuées à l'aide d'une technique de traitement légèrement différente de celles utilisées par les auteurs précédents. Elles ont été dictées par le souci d'évaluer chez le chat libre implanté, l'activité pyramidale au cours des divers types de fuseaux qu'un examen attentif permet de distinguer au cours du sommeil lent, ainsi que pendant les phases de veille calme (animal immobile mais vigilant) et enfin pendant le sommeil paradoxal.

Techniques

L'implantation comportait la mise en place d'un certain nombre d'électrodes de type courant (électrodes stimulatrices bipolaires du cortex moteur; électrodes dérivées

trices de l'activité électrique de ce même cortex; électrodes d'enregistrement des mouvements des yeux; électrodes myographiques enfin). L'enregistrement de l'activité pyramidale était pratiqué à l'aide d'une électrode mobile (diam. $11/100$ mm) mise en place lors de chaque séance expérimentale, par le moyen d'un guide fixé une fois pour toutes. La pénétration de l'électrode était suivie par contrôle électrophysiologique; pour cela des stimuli électriques isolés (0.2 msec) étaient appliqués au cortex moteur ipsilatéral par les électrodes stimulatrices; on considérait que l'électrode avait atteint le tractus pyramidal lorsqu'apparaissait la réponse typique, polyphasique, à courte latence (0.5 msec).

L'évaluation des fréquences des décharges était réalisée à l'aide d'un dispositif convertisseur, fournissant une tension proportionnelle à la fréquence des phénomènes transitoires injectés. Un discriminateur d'amplitude, disposé à l'entrée, permettait de régler l'admission à un certain niveau choisi par l'opérateur. L'activité spontanée se trouvait finalement présentée sous forme d'une courbe analogique, enregistrée par un scripteur à plumes à liaison continue; sa déflexion par rapport à la ligne de base était proportionnelle à la fréquence instantanée (ou plus exactement à la fréquence évaluée sur un temps court, 5 msec environ)¹.

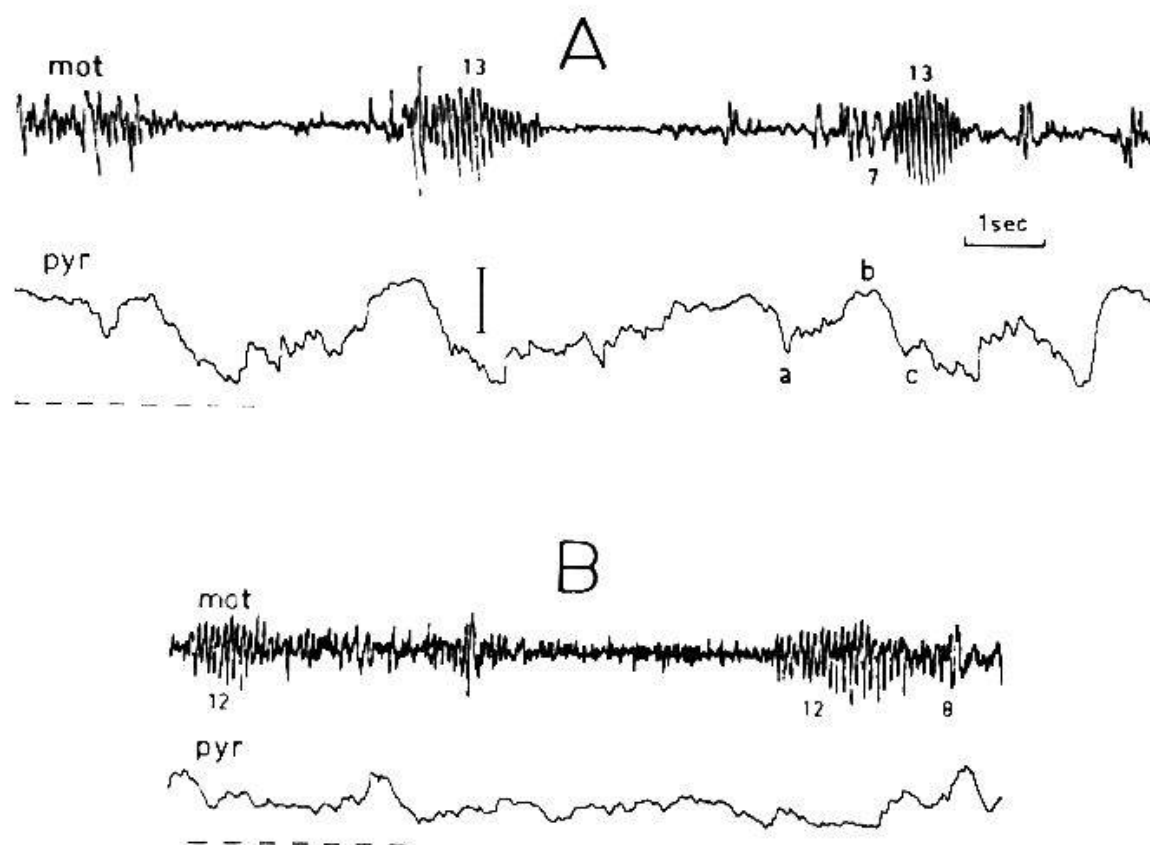


Fig. 1. Activité spontanée du tractus pyramidal (pyr) pendant le sommeil à fuseaux enregistré sur le cortex moteur (mot). — A: Après une brève dépression (a), l'activité pyramidale s'accroît pendant un fuseau lent à 7 c/sec (b) puis rejoint son niveau minimal pendant le fuseau rapide à 13 c/sec qui lui succède (c). B: Lorsque les fuseaux rapide (12 c/sec) surviennent d'emblée, l'activité ne varie pas, elle s'accroît lorsqu'un fuseau lent (8 c/sec) leur succède. Ligne pointillée: niveau d'activité nulle; le trait vertical mesure une variation de 100 c/sec.

¹ De plus amples détails sur ce dispositif sont donnés dans ROUGEUL et coll. (1966).

Résultats

1. *En état de veille calme*, c'est-à-dire en l'absence de mouvements visibles de l'animal, l'activité pyramidale est importante et régulière, ce que montre le maintien du tracé analogique à un niveau constant élevé.

2. *Sommeil lent* (fig. 1). L'essentiel du sommeil lent du chat se traduit sur le tracé du cortex moteur par des trains rythmiques en fuseaux séparés soit par un tracé peu ample, soit par des ondes lentes irrégulières. On reconnaît deux catégories de fuseaux: les uns, que nous qualifierons de rapides, s'échelonnent en fréquence entre 12–18/sec; les autres, dits lents, sont à 6–10/sec et en général de moindre durée.

Une corrélation précise existe entre l'activité pyramidale et les fuseaux corticaux *lents*; pendant le développement d'un tel fuseau, l'activité pyramidale s'élève pour décroître ensuite à un niveau bas qui est celui existant entre ces fuseaux.

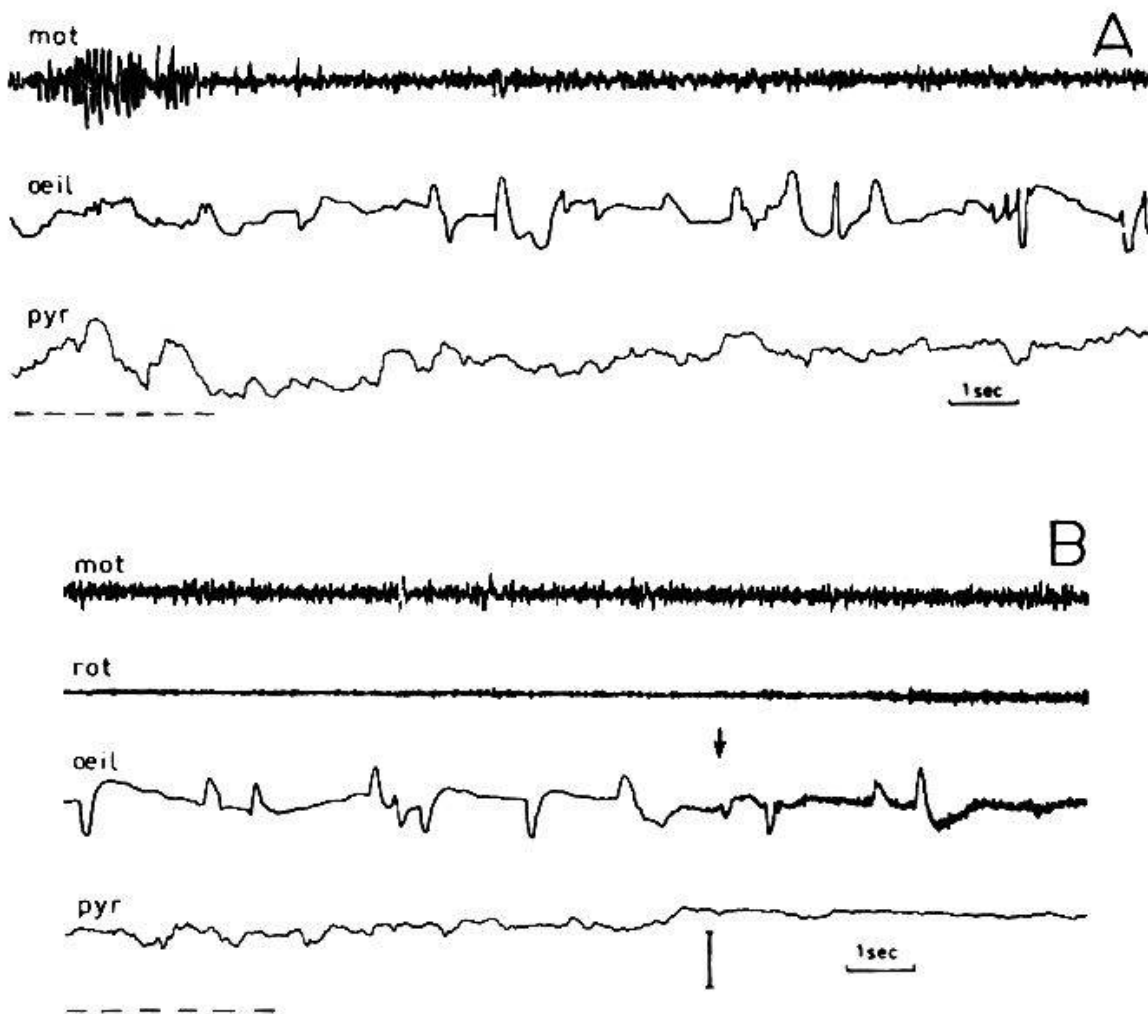


Fig. 2. Activité spontanée du tractus pyramidal (pyr). — A: lors de l'installation du sommeil paradoxal, le niveau d'activité s'élève lentement. B: au réveil du sommeil paradoxal (flèche), on note peu de changement de l'activité pyramidale qui s'était maintenue à un niveau élevé pendant toute la phase paradoxale. — L'état de vigilance de l'animal est surveillé par l'électrooculogramme (œil) et l'électromyogramme d'un muscle rotateur de la tête (rot). Etalonnage: cf. fig. 1.

Lors des fuseaux *rapides*, on n'observe par contre aucune variation significative du tracé pyramidal. Toutefois, il est fréquent qu'un fuseau rapide soit précédé d'un court fuseau lent. Dans ce cas, ce dernier, et seulement lui, est accompagné d'un accroissement d'activité pyramidale.

Pendant les séquences d'ondes lentes irrégulières qui peuvent séparer les fuseaux, l'activité pyramidale subit elle aussi de grandes variations, mais dont la correspondance chronologique avec l'activité corticale est beaucoup moins nette et ne semble pas pouvoir prêter à quelque systématisation.

3. *Lorsque l'animal s'éveille du sommeil lent*, l'activité pyramidale s'accroît assez rapidement, pour atteindre, en 200 msec environ, son niveau élevé de l'état de veille.

4. *En sommeil paradoxal* enfin, caractérisé on le sait (DEMENT 1958; JOUVET 1962) par l'apparition de mouvements oculaires rapides, par une chute du tonus dans certains muscles et par un tracé électrocortical rapide, le tracé pyramidal se maintient de façon stable à un niveau élevé qui semble analogue à celui de la veille calme. Nous n'avons pas pu noter de variations du niveau lors des mouvements oculaires rapides ni des secousses musculaires.

Lorsque l'animal passe du sommeil lent au sommeil paradoxal (fig. 2A), on remarque une ascension progressive de la courbe, beaucoup plus lente toutefois que celle qui survient lors du réveil (20 sec).

Enfin lorsque l'animal se réveille brusquement (fig. 2B), en sortant du sommeil paradoxal, on ne constate pratiquement pas de changement de niveau du tracé pyramidal.

Discussion

Etant donné les dimensions réduites du tractus pyramidal, on était en droit de se demander si l'activité enregistrée appartenait bien à cette structure. Le risque couru dans de telles expériences était de dériver par erreur dans la formation réticulée bulbaire médiane sus-jacente. Des enregistrements de contrôle ont donc été effectués à dessein à ce niveau réticulaire (*N. giganto-cellularis* en particulier). Celui-ci était repéré par ses caractéristiques de réponses à la stimulation du cortex moteur, entièrement différentes de celles de la réponse pyramidale (réponse à décours lent et de longue durée). Au cours de variations du niveau de vigilance, une électrode réticulaire rapporte effectivement des variations de l'activité neuronique qui sont, en allure, semblables à celles du tractus pyramidal; leur chronologie, par rapport aux tracés corticaux, est toutefois nettement différente (ROUGEUL et coll. 1966).

Pour l'état de veille et le sommeil lent, nos résultats sur l'activité de la voie pyramidale concordent avec ceux de ARDUINI et coll. (1963) et de MARCHIAFAVA et coll. (1964) puisque, pour les uns comme pour les autres, l'activité pyramidale est élevée dans un cas, et offre de grandes oscillations à partir d'un niveau bas dans l'autre. On remarquera aussi qu'EVARTS (1964) a pu observer chez le singe des groupements d'activités unitaires de neurones pyra-

midiaux pendant le sommeil lent, séparés par des silences. Un tel groupement n'est pas sans rappeler nos résultats d'explorations plus globales.

Nous notons toutefois que ces accroissements de l'activité pyramidale sont toujours associés à des fuseaux corticaux lents (6-10/sec) et jamais aux fuseaux rapides (12-18/sec). CREUTZFELDT et JUNG (1961) avaient précédemment signalé l'existence de deux formes d'activités rythmiques sur le cortex moteur, les décharges unitaires des cellules pyramidales étant le plus souvent associées à des oscillations de 8-10/sec. SPENCER et BROOKHART (1961) sur la préparation aiguë, et CALVET et coll. (1964) sur le chat libre ont de leur côté distingué deux catégories de fuseaux, qui seraient apparentés les uns aux réponses recrutantes, les autres aux réponses augmentantes. L'assimilation des deux types de fuseaux que nous observons, à ces deux catégories, «recrutante» ou «augmentante» n'est pas évidente.

Certes il est fréquemment considéré que les réponses recrutantes ne s'accompagnent pas de décharges pyramidales, mais le point reste discuté (ARDUINI et WHITLOCK 1953; BROOKHART et ZANCHETTI 1956; SCHLAG et coll. 1960; PURPURA et HOUSEPIAN 1961; BUSER 1964).

Pour ce qui est du sommeil paradoxal, nos observations concordent avec celles d'ARDUINI et coll. (1963), mais non de MARCHIAFAVA et POMPEIANO (1964); ces derniers rapportent que, pendant le sommeil rapide, des phases d'activité pyramidale sont séparées par des périodes de niveau très bas. La raison de ces divergences nous échappe. Quant à EVARTS (1964), il a pu démontrer que pendant ce type de sommeil, les neurones pyramidaux fonctionnent par décharges rapides et brèves, séparées par de longs silences. De toute évidence, il n'est pas possible d'induire, d'après cette configuration unitaire, l'allure de la réponse globale.

Enfin, le problème non résolu est celui de la signification fonctionnelle de ces décharges pyramidales au cours du sommeil, en particulier du sommeil paradoxal, lorsque l'activité motrice et le tonus musculaire du sujet sont considérablement réduits.

On peut certes se demander si cette activité pyramidale descendante «de sommeil» n'est pas dans ces conditions impliquée dans le contrôle des influx ascendants (LUNDBERG et coll. 1963; MAGNI et coll. 1959). L'hypothèse est à vérifier, comme aussi celle qui pourrait en découler, et qui verrait dans ces décharges l'activité de fibres distinctes de celles qui assurent la motricité élaborée de l'état de veille (HARDIN 1965).

Résumé

On a évalué, chez le chat libre implanté, la fréquence globale des décharges neuroniques dans le tractus pyramidal au cours des différents états de vigilance, veille calme, sommeil naturel, lent et rapide. Cette donnée, mesurée par l'amplitude de la courbe analogique fournie par un dispositif convertisseur fréquence-tension, a été comparée à l'activité électrique «spontanée» du cortex moteur.

L'activité du tractus pyramidal se maintient à un niveau élevé pendant la veille calme, ainsi que pendant le sommeil rapide. Lors du sommeil lent, des groupes de décharges se détachent sur un fond d'activité faible, et coïncident avec les fuseaux de 6-10/sec ou des ondes lentes sur le cortex moteur. Le développement de fuseaux à fréquence plus élevée (12-18/sec) n'est jamais accompagné de décharges pyramidales.

Zusammenfassung

Bei der frei beweglichen Katze mit implantierter Elektrode in der Pyramidenbahn wurde die globale Frequenz der Neuronenentladungen während verschiedener Stufen der Wachsamkeit, des ruhigen Wachzustandes sowie der Schlafphasen mit langsamer oder rascher Hirnrindenaktivität berechnet. Die Frequenzvariationen der Neuronenentladungen wurden in eine Amplitudenmodulation umgewandelt und mit der elektrischen «Spontanaktivität» des motorischen Cortex verglichen.

Die Aktivität der Pyramidenbahn ist während des ruhigen Wachzustandes und während des Schlafes mit rascher corticaler Aktivität hoch. Während der Schlafphase mit langsamer corticaler Aktivität ist die Gesamtaktivität gering und erfolgt in Form von gruppierten Entladungen, welche synchron mit den 6-10/sec-Spindeln oder mit den langsamen Wellen des motorischen Cortex auftreten. Während der 12-18/sec-Spindeln wurden jedoch keine synchronen pyramidalen Entladungen registriert.

Riassunto

Tramite ricerche sul gatto in libertà con elettrodi impiantati, si cercò di valutare la frequenza globale delle scariche dei neuroni nel tratto piramidale durante differenti stati di vigilanza quali veglia calma, sonno naturale, sonno lento e rapido. I risultati ottenuti, misurati basandosi sull'ampiezza della curva analoga fornita da un dispositivo di conversione frequenza-tensione, furono paragonati all'attività elettrica «spontanea» del cortice motore.

L'attività del tratto piramidale si mantiene ad un livello elevato durante un periodo di veglia calma come pure durante il sonno rapido. In caso di sonno lento si liberano dei gruppi di scariche su una base di debole attività e che coincidono con i fasci di 6-10/s o con le onde lente sul cortice motore. Lo sviluppo di fasci con frequenza più alta (da 12-18/s) non è mai accompagnato da scariche piramidali.

Summary

In free implanted cats, the frequency of neuronal discharges in the pyramidal tract has been measured, during wakefulness and different stages of natural sleep, slow sleep and fast sleep. The measure was given by the amplitude of the analog curve from a frequency meter device. Curves obtained were compared with the «spontaneous» activity of the cortex.

The activity of the pyramidal tract remains at a high level during quiet wakefulness and also during fast sleep. During slow sleep, bursts of discharges are separated by phases of weak activity; they coincide with spindles at 6-10/s or slow waves on the motor cortex. Spindles at higher frequency (12-18/s) which also develop on the motor cortex are never accompanied by bursts of pyramidal discharges.

- ARDUINI A., BERLUCCHI G. et STRATA P.: Pyramidal activity during sleep and wakefulness. *Arch. ital. Biol.* 101, 530-544 (1963).
- ARDUINI A. et WHITLOCK D. G.: Spike discharges in pyramidal system during recruitment waves. *J. Neurophysiol.* 16, 430-436 (1953).
- BROOKHART J. M. et ZANCHETTI A.: The relationship between electrocortical waves and the responsiveness of the corticospinal system. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 8, 427-444 (1956).
- BUSER P.: Thalamic influences on the EEG. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 16, 18-26 (1964).
- CALVET J., CALVET M. C. et SCHERRER J.: Etude stratigraphique corticale de l'activité EEG spontanée. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 17, 109-125 (1964).
- CREUTZFELDT O. et JUNG R.: Neuronal discharge in the cat's motor cortex during sleep and arousal. In: *The Nature of Sleep*, pp. 131-170. Ciba Found. Symp., Churchill, London 1961.
- DEMENT W.: The occurrence of low voltage, fast electroencephalogram patterns during behavioral sleep in the cat. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 10, 291-296 (1958).
- EVARTS E. V.: Effects of sleep and waking on activity of single units in the unrestrained cat. In: *The Nature of Sleep*, pp. 171-182. Ciba Found. Symp., Churchill, London 1961.
- EVARTS E. V.: Temporal patterns of discharge of pyramidal tract neurons during sleep and waking in the monkey. *J. Neurophysiol.* 27, 152-171 (1964).
- HARDIN W. B.: Spontaneous activity in the pyramidal tract of chronic cats and monkeys. *Arch. Neurol. Chicago*, 13, 501-525 (1965).
- JOUVET M.: Recherches sur les structures nerveuses et les mécanismes responsables des différentes phases du sommeil physiologique. *Arch. ital. Biol.* 100, 125-206 (1962).
- LUNDBERG A., NORRSELL U. et VOORHOEVE P.: Effects from the sensorimotor cortex on ascending spinal pathways. *Acta physiol. scand.* 59, 462-473 (1963).
- MAGNI F., MELZACH R., MORUZZI G. et SMITH C. J.: Direct pyramidal influences on the dorsal-column nuclei. *Arch. ital. Biol.* 97, 357-377 (1959).
- MARCHIAFAVA P. L. et POMPEIANO O.: Pyramidal influences on spinal cord during desynchronized sleep. *Arch. ital. Biol.* 102, 500-529 (1964).
- PURPURA D. P. et HOUSEPIAN E. M.: Alterations in corticospinal neuron activity associated with thalamocortical recruiting responses. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 13, 365-381 (1961).
- ROUGEUL A., LE YAOUANC A. et BUSER P.: Activités neuroniques spontanées dans le tractus pyramidal et certaines structures sous-corticales au cours du sommeil naturel chez le chat libre. *Exp. Brain Res.* 2, 129-150 (1966).
- SCHLAG J. et BALVIN R.: Background activity in the cerebral cortex and reticular formation in relation with the electroencephalogram. *J. exp. Neurol.* 8, 203-219 (1963).
- SCHLAG J., CHAILLET F. et FAIDHERBE J.: Note sur l'enregistrement des ondes en fuseau et des réponses de recrutement à partir des fibres pyramidales. *Arch. int. Physiol.* 68, 793-802 (1960).
- SPENCER W. A. et BROOKHART J. M.: A study of spontaneous spindle waves in sensorimotor cortex of cat. *J. Neurophysiol.* 24, 50-65 (1961).