



Title	線条体コリン作動性神経に関する神経化学的研究
Author(s)	高野, 行夫
Citation	大阪大学, 1981, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/33170
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	高野行夫
学位の種類	薬学博士
学位記番号	第5454号
学位授与の日付	昭和56年10月30日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	線条体コリン作動性神経に関する神経化学的研究
論文審査委員	(主査) 教授 岩田平太郎 (副査) 教授 近藤雅臣 教授 青沼繁 教授 三浦喜温

論文内容の要旨

緒言

アセチルコリン (ACh) を神経伝達物質とするコリン作動性神経の構造と機能について末梢神経系に関する解明は著しく進んでいる。しかし中枢神経系に関しては ACh が重要な神経伝達物質の一つであることが認められているにもかかわらず、その存在様式と生理機構についての詳細は未だ明らかでない。

そこで著者はまず神経伝達が行なわれているシナプス部位の超微細構造を検討した、即ち, synapto-some 画分を用いて凍結割断法 (Freeze-fracture 法) を応用した電子顕微鏡による観察を行ない、興奮過程に伴う膜内構造の変化を調べた。

次にこのようなシナプス部位を神経化学的に検討する目的で以下の実験に着手した。即ち、high affinity choline uptake (HACU) 量、choline acetyltransferase (CAT) 活性および³H-quinuclidinyl benzilate (³H-QNB) または¹²⁵I- α -bungarotoxin (¹²⁵I- α -BTX) をリガンドとした各結合量から得たムスカリノン様またはニコチン様アセチルコリン受容体量をコリン作動性神経の生化学的指標に用い、脳内主要部位、特に線条体でのコリン作動性神経の分布を明らかにした。さらに線条体におけるこれら指標の分布と性質に関する成績をもとに中枢でのコリン作動性神経とドーパミン作動性神経との機能的連絡の仕方を調べた。

本論

第一章 high K⁺ 刺激伝達における神経終末前シナプス膜の構造変化

神経伝達物質の遊離とシナプスでの形態的変化との関係を明らかにする目的で、モルモット大脳皮

質より調整した synaptosome 画分を用いて実験を行なった。即ち freeze-fracture 法で前シナプス膜をその疎水層に沿って割断し、割断面の微細構造を電子顕微鏡により観察した。前シナプス膜の割断面には膜内粒子と呼ばれる直径 90~125Å の粒子が分布しており、その分布は protoplasmic fracture face (PF 面)¹⁾ に多かった。

synaptosome を Ca^{2+} 存在下の high K^+ (55mM) 30°C, 30 分間インキュベートすると、PF面上の膜内粒子の密度は有意に増加した。また high Ca^{2+} (40mM) 溶液でインキュベートした synaptosome の膜内粒子の密度も同様に増加した。

この結果より膜内粒子の増加はシナプス膜の興奮活動の上昇を意味し、一方脱分極条件下で Ch の取り込み、 ACh の遊離が促進されることを考えあわせると、PF面の膜内粒子密度の増加は神経伝達物質の遊離、取り込みに前シナプス膜内のタン白質構造が密接に関係していることを具体的に示している。

膜内粒子に関する報告は他の研究グループによっても行なわれているが^{2)~7)} このように生化学的実験に使う synaptosome 画分を用いた例は生化学的実験成績と並行させて考察できる多くの可能性を提供している。

第二章 線条体アセチルコリン受容体の性質

線条体に於るアセチルコリン受容体の生化学的性質を調べる目的で、ムスカリントン様アセチルコリン受容体 (m-AChR) のリガンドとして ^3H -quinuclidinyl benzilate (^3H -QNB), ニコチン様アセチルコリン受容体 (n-ACh R) のリガンドとして ^{125}I - α bungarotoxin (^{125}I - α BTX) を用い、線条体背外側より得た micropunch ホモジネイトとの結合を調べた。

^3H -QNB の線条体ホモジネイトへの特異的結合は Scatchard plot より K_D は 154pM, B_{max} は 1850pmoles/g protein であった。

^3H -QNB 結合に対するコリン作動薬の阻害能はムスカリントン性 antagonist が agonist に比べて強力であった。なお QNB 結合に対する種々のムスカリントン性薬物の IC_{50} は以下の通りであった。scopolamine; 5.4×10^{-9} M, atropine; 1.1×10^{-8} M, oxotremorine; 2.2×10^{-5} M, pilocarpine; 7.9×10^{-5} M, acetyl choline; 2.8×10^{-4} M, carbachol; 5.5×10^{-4} M, および bethanechol; 1.5×10^{-3} M であった。Hill 解析より antagonist または agonist では ^3H -QNB 結合に対する阻害様式に差のあることを認めた。

一方、 ^{125}I - α BTX の結合実験から、線条体に n-AChR の存在が確認され、Scatchard plot より K_D は高親和性結合で 2.56nM, 低親和性結合で 50nM を示し, B_{max} は 47.1 pmoles/g protein 及び 580.5 pmoles/g protein であった。

第三章 コリン作動性神経の脳内微細分布

脳内主要部位について micropuncture 法⁸⁾ を応用して試料を採取してコリン作動性神経の生化学的指標となる HACU 量, CAT 活性および ^3H -QNB 結合を測定した結果、いずれも線条体が最も高く、以下側坐核、海馬、皮質の順であった。一方 ^{125}I - α BTX 結合量では逆に線条体、側坐核は低く、海馬、視床下部が高かった。

本研究ではさらに線条体に注目し、同様に micropuncture 法を応用して線条体を細かく調べ、コリン作動性神経の微細分布を新しく完成した。

一般に $^{125}\text{I}-\alpha$ -BTX 結合を除き、HACU量、CAT活性、QNB結合はいずれも線条体背外側部位で高く、腹外側部位や中央部では低い値を示した。従ってコリン作動性神経は線条体内では均一に分布しておらず、背外側は密に、腹外側、中央部は疎であった。

次に線条体内でのHACU量とQNB結合及びHACU量とCAT活性との各々の相関関係を調べた結果、前者の組合せでは有意な相関性が認められたが、後者では認められなかった。この成績は二つの指標であるHACU量とCAT活性の分布からコリン神経終末並びにコリン作動性介在神経のそれぞれの局在性には差異があることを示唆している。

第四章 線条体におけるコリン作動性神経とドーパミン作動性神経との相互連絡

黒質 (A₉, zona compacta) に細胞体を持つドーパミン作動性神経をある種の向精神薬で遮断すると、線条体のコリン作動性神経活動レベルの高まる事実が生化学的実験から知られている。^{9)~12)} 著者は線条体におけるコリン作動性神経の生化学的指標および³H-DA遊離を測りコリン作動性とドーパミン作動性との両神経相互間の働きを調べた。

§ 1 線条体HACUに対するDA作動薬の効果

ドーパミン (DA) 神経の antagonist である haloperidol (4 mg/kg i. p.) または fluphenazine (5 mg/kg i. p.) 投与により線条体におけるHACU量は有意の増加を示し、逆に agonist の apomorphine (10mg/kg i. p.) 投与で、HACU量は有意に減少した。この時、他の脳内関連部位 (e. g. 側坐核) では変化は認められなかった。

一方、線条体 micropunch 試料を用いた in vitro での³H-ACh遊離実験から、100 μM DAが線条体背外側部位での high K⁺による³H-ACh遊離を有意に抑制することを認めた。

これら in vivo 及び in vitro 実験の結果より、ドーパミン作動性神経は線条体コリン作動性神経に抑制的に働き、これら線条体でも HACUがコリン作動性神経活動の指標となりうることを明らかにした。

§ 2 線条体ドーパミン遊離に対するアセチルコリン受容体を介した調節機構

コリン作動性神経受容体を介するDA遊離調節の可能性について検討する目的で線条体 micropunch 試料を用いて³H-DAの遊離実験を行った。

ACh ($5 \times 10^{-4}\text{M}$) は³H-DAの自発遊離を増加した。その増加は高濃度の d-tubocurarine によって抑制された。また nicotinic agonist の nicotine および lobeline は濃度依存的に³H-DAの自発遊離を促進させた。また nicotine は 25mM high K⁺脱分極による³H-DA遊離をも増加させた。一方 muscarinic agonist である oxotremorine は³H-DA遊離に対して単独では著しい変化を与えたかった。

$^{125}\text{I}-\alpha$ -BTX 結合から線条体に n-AChR の存在が認められることより、DA遊離促進が n-AChR を介していることが示唆された。

結論

1. synaptosomeをhigh K⁺またはhigh Ca²⁺で刺激すると synaptosome 膜の膜内粒子の密度が増加

する挙動を電子顕微鏡によって観察した。これは synaptosome 膜の膜内粒子が神経伝達に関与している可能性を示唆するものである。

2. 線条体よりの micropunch ホモジネイト試料を用いて、³H-QNB 及び¹²⁵I- α BTX 結合の一般的性質を調べた。線条体ホモジネイトへの³H-QNB 結合を、 muscarinic antagonist は agonist に比べて、より強力に阻害した。また¹²⁵I- α BTX 結合実験から線条体にも n-AChR の存在が認められ、しかもその結合の性質と分布は³H-QNB のそれらとかなり異なっていた。
3. micropuncture 法を応用して、線条体コリン作動性神経の微細分布を調査した。線条体内でのコリン作動神経の分布は均一ではなく、背外側部位に密で、中央部、腹外側部位で疎に分布することを明らかにした。
4. DA antagonist である haloperidol または fluphenazine 投与により線条体での HACU 量は有意に増加し、DA agonist の apomorphine で逆に減少した。次に DA は high K⁺による³H-ACh 遊離を減少させた。

一方、³H-DA の自発遊離および 25mM high K⁺遊離に対して nicotine は濃度依存的にその遊離を増加させた。これらの事実から線条体ではドーパミン作動性神経はコリン作動性神経に対して抑制的に働き、逆に DA 遊離に対しては n-AChR を介する ACh が促進的に働いていることを示している。

引用文献

- 1) Branton, D., Bullivant, S., Gilula, N. B., Karnovsky, M. J., Moor, H., Muhlethaler, K., Northcote, D. H., Packer, L., Satir, B., Satir, P., Speth, V., Staehlin, L. A., Steere, R. L. and Weinstein, R. S., Science, 190, 54—56 (1975).
- 2) Pfenninger, K. H., Akert, K., Moor, H. and Sandri, C., J. Neurocytol., 1, 129—149 (1972).
- 3) Pfenninger, K. H. and Ravinen, C. M., Brain Res., 72, 1—23 (1974).
- 4) Sandri, C., Van Buren, J. M. and Akert, K., Progr. Brain Res., vol. 46, Elsevier Amsterdam (1977).
- 5) Tokunaga, A., Sandri, C. and Akert, K. Brain Res., 163, 1—8 (1979).
- 6) Tokunaga, A., Sandri, C. and Akert, K. Brain Res., 174, 207—219 (1979).
- 7) Venzin, M., Sandri, C., Akert, K. and Wyss, U. R., Brain Res., 130, 393—404 (1977).
- 8) Palkovits, M., Brain Res., 59, 449—450 (1973).
- 9) Guyenet, P. G., Agid, Y., Javoy, F., Beaujouan, J. C., Rossier, J. and Glowinski, J., Brain Res., 84, 227—244 (1975).
- 10) Ladinsky, H., Consolo, S., Bianchi, S., Samanin, R. and Ghezzi, D., Brain Res., 84, 221—226 (1975).
- 11) Racagni, G., Cheney, D. L., Trabucchi, M. and Costa, E., J. Pharmacol. exp. Ther., 196, 323—332 (1976).
- 12) Trabucchi, M., Cheney, C., Racagni, G. and Costa, E., Nature, 289, 664—666 (1974).

論文の審査結果の要旨

本論文は中枢神経系におけるコリン作動性神経の存在様式と生理機構を明らかにする目的で、とくに線条体の神経化学的な検討を行なったもので薬学博士の称号を与えるに値するものである。