男性インポテンスに関する研究

第VI報 Radioisotope penogram の基礎的研究

東北大学医学部泌尿器科学教室 白 井 将 文*
(主任: 穴戸仙太郎教授)

STUDIES ON MALE SEXUAL IMPOTENCE

Experimental Studies on Radioisotope Penogram

Masafumi Shirai

From the Department of Urology, Tohoku University School of Medicine, Sendai

(Director: Prof. S. Shishito)

In order to establish various conditions for radioisotope penogram, basic experiments were carried out using adult dogs. When ^{131}I -human serum albumin is used as the isotope, a dose of $10\text{ }\mu\text{Ci/dog}$ in dogs of 10–15 kg body weight appears to be adequate. A collimator specifically designed for this test also seems to be necessary. Regarding the relationship between radioisotope penogram and peripheral nerves, stimulation of pelvic nerves resulted in a marked rise in the penogram curve but stimulation of the central stump after section of this nerve caused no such effect. When erection nerves are organically injured in man, even intense stimulation from the erection center does not cause a rise in the penogram curve, in agreement with this observation. Experimental proof for the usefulness of radioisotope penogram in differentiating between organic and functional impotences was thus provided.

緒 言

機能的インポテンスと器質的インポテンスの客観的な鑑別診断法として著者らは isotope を使用して陰茎内の血流の変化を観察する radioisotope penogram を開発し、実際に臨床的に応用して良好な成績をおさめており、その一部については既に本学会雑誌にも発表して来たが¹⁾²⁾, radioisotope penogram の基礎的実験結果についてはいまだ一度も報告していないので、今回はこれら基礎的実験の成績について報告することにする。

実験材料並びに実験方法

実験材料として体重10～15kgの雄ビーグル成犬を使用した。

次に実験方法であるが、この実験で使用した装置は一般に使用されている Renogram 装置 NaI (TI) crystal $2''\phi\times 2''1$ であり collimator は予備実験では円筒型のもので使用した。記録紙の送り速度は 12.5mm/min. であり、時定数は1秒である。また使用した isotope は ^{131}I -人血清アルブミンであり、その投与量は $10\sim 50\mu\text{Ci/dog}$

であり静脈内に投与した。

先ず予備実験として犬を pentobarbital 静注で全身麻酔した後背位に固定し isotope を $50\mu\text{Ci/dog}$ 投与して collimator を頭部、心臓部、肺臓部、上腹部、下腹部、大腿部、陰茎部、睾丸部等に当て各部位における radioactivity を測定し比較検討してみた(第1図)。その結果陰茎以外の部位、特に心、肺、上腹部における radioactivity が強く、従つて陰茎のみの radioactivity を測定するには他の部位から来る γ 線を遮蔽しなければならないことが判つた。そこで他の部位よりの γ 線を遮蔽するため種々なる厚さの鉛板を使用してみたが、厚さ5mmで完全に遮蔽出来ることが判つた。

次いで勃起に関係すると思われる骨盤神経、下腹神経、陰部神経を刺激した際の radioisotope penogram 曲線の変化を観察することにした。

骨盤神経は下腹部正中切開で開腹し膀胱の側面で同神経が骨盤神経叢に入る直前の部分で、又下腹神経はS状結腸側面で両下腹神経を露出した後切断し、又陰部神経は尾の起始部両側に縦切開を加え陰部神経叢を露出し、

*講 師

第1図 各部位における radioactivity の測定 (^{131}I -人血清アルブミン $50\mu\text{Ci}/\text{dog}$ 投与)

P: 陰茎部, T: 大腿部, U: 上腹部, Hd: 頭部, L: 肺臓部, Ht: 心臓部,
Ua: 下腹部, Te: 睾丸部

(Range: 30K, 100K, 300Kで陰茎部を記録, 他の部位は 100Kで記録し比較した.)

第2図 Isotope $50\mu\text{Ci}$ 投与時の penogram (矢印: 両側骨盤神経刺激)

両側骨盤神経の刺激によっても penogram 曲線には著明な変化はみられない。

肛門神経をも含めてこれを切断し、それらの末梢端、或は中枢端に約10mmの間隔で2本の200 μ 銀線を巻き双極電極とした。これにポリエチレン管を覆せ、中に流動パラフィンを充満させて電極及び刺激部位の神経を絶縁した。電気刺激は双極刺激とし、その条件は電圧1～5V、くり返し周波数は10～50Hz、パルス巾2msecの矩形波を使用した。尚刺激装置は三栄器械electrostimulator ES-103と3F-31の2装置を使用した。

先ず isotope を50 μ Ci/dog 投与して曲線が平坦になったところで骨盤神経を刺激すると陰茎の著明な勃起がみられたが penogram 曲線は第2図の如くほとんど曲線の上昇がみられないことが判つた。これは犬においてはヒトの陰茎と違い陰茎が腹壁と密着しており、従つて陰茎の周囲の腹壁をいかに鉛板で覆つてみても陰茎の直下にある大動脈や腹壁等よりの γ 線を計数してしまう為と考えられた。そこで著者は犬の陰茎を腹壁より手術的に完全に剝離しヒトの陰茎の如くにした(第3, 4図)。即ち陰茎の両側で腹壁に切開を加え陰茎を腹壁より完全に剝

第3図 手術的に陰茎を腹壁より剝離する

第4図 陰茎以外を厚さ5mmの鉛板で覆う

第5図 陰茎を本実験専用の collimator の中に挿入する

第6図 特製ゲタばき平板 strain gauge

離した後陰茎側に附着している腹壁皮膚で陰茎を覆うように縫合した。次いで陰茎を除いた他の部位を厚さ5mmの鉛板で完全に覆い更に本実験専用の collimator を試作して collimator の中に陰茎を完全に挿入し(第5図)、isotope の投与量も10 μ Ci/dog に減量して神経刺激実験を行なつたところ良好な成績が得られることが判つた。唯陰茎が collimator の中に入っている為勃起の状態は観察出来ないので著者は先に報告した方法³⁾、即ち特製ゲタばき平板 strain gauge (第6図)を陰茎にはりつけ陰茎の膨張、収縮を電気抵抗としてとらえ勃起の状態を記録することにした(以後この曲線を陰茎形状曲線と呼ぶことにする)。

実験成績

¹³¹I-人血清アルブミン10 μ Ci/dog を投与して penogram 曲線が平坦になつたところで骨盤神経、下腹神経、陰部神経の3神経についてそれぞれ電気刺激実験を行ない penogram 曲線の変化を観察した。尚その際陰茎形状曲線の変化も同時に観察した。

1) 骨盤神経

両側骨盤神経を末梢方向に電気刺激を加えると第7図

第7図 両側骨盤神経刺激時の penogram (^{131}I -人血清アルブミン $10\mu\text{Ci}/\text{dog}$ 投与)

(矢印：骨盤神経電気刺激)

第8図 両側骨盤神経刺激時の陰茎形状曲線

の如く penogram 曲線の著明な上昇がみられ、更にその際の陰茎の形状曲線でも著明な上昇がみられ勃起が起つていたことが判つた(第8図)。また下腹神経、陰部神経を切断しない状態で両側骨盤神経の中樞側を刺激してみたが penogram 曲線並びに陰茎形状曲線には何等の変化も認められなかつた。

2) 下腹神経

骨盤神経、陰部神経を切断しない状態で両側下腹神経を切断した末梢側及び中枢側をそれぞれ刺激してみたが penogram 曲線及び陰茎形状曲線には全く変化がみられなかつた(第9、10図)。

3) 陰部神経

陰部神経についても同様に骨盤神経、下腹神経を切断しない状態で末梢側及び中枢側でそれぞれ刺激を加えたがいずれも penogram 曲線上に何等の変化もみられず

第9図 両側下腹神経刺激時の penogram

(矢印：両側下腹神経電気刺激)

(第11図)、陰茎形状曲線にも全く変化は認められなかつた(第12図)。

4) 骨盤神経、下腹神経、陰部神経の相互関係
先ず骨盤神経を末梢方向に刺激して penogram 曲線の

第10図 両側下腹神経刺激時の陰茎形状曲線

第11図 両側陰部神経刺激時の penogram

(矢印：両側陰部神経電気刺激)

第12図 両側陰部神経刺激時の陰茎形状曲線

上昇することを確認した後、再び骨盤神経を刺激して penogram 曲線が上昇した時に骨盤神経の刺激を中止し、同時に下腹神経を末梢方向に刺激してみたが、骨盤神経単独刺激の場合の penogram 曲線と大差はみられず、下腹神経刺激により penogram 曲線が早く base line にもどると云う傾向は得られなかつた(第13図)。更に両側下腹神経、陰部神経を切断した後骨盤神経を末梢方向に刺

激してみたが penogram 曲線は著明な上昇がみられ、下腹神経、陰部神経の切断による影響は見られなかつた。

総括並びに考按

Radioisotope penogram にとつて大切なことはいかにして陰茎部のみの radioactivity を測定するかと云うことである。その為に著者は種々なる基礎的な実験を行なつてみた。即ち isotope は ^{131}I -人血清アルブミンを投与したが、その投与量は $50\mu\text{Ci}/\text{dog}$ 投与した場合でも厚さ 5 mm の鉛板で他の部位よりの γ 線を遮蔽出来ることが判つた。しかし犬においてはヒトの場合と違って陰茎は腹壁と密着しており、陰茎のみを collimator の中に挿入することが不可能であり正常な状態で陰茎のみの radioactivity を測定することが出来ないことが判つた。そこで著者は陰茎の両側で腹壁に切開を加え陰茎を腹壁より完全に剝離して陰茎側に附着させた腹壁皮膚で陰茎を覆いヒトの陰茎の如くにした。一方陰茎のみが挿入出来るように本実験専用の collimator を試作し、この collimator に十分陰茎を挿入することにより陰茎のみの radioactivity を測定出来ることが判つた。更に投与する isotope 量も $10\mu\text{Ci}/\text{dog}$ に減量してみたが十分にきれいな penogram 曲線が得られ他の部位よりの γ 線の遮蔽がより容易であることが判つた。

これら実験データよりヒトにおいても陰茎以外の部位より来る γ 線を遮断し、出来るだけ計数効率を上げる為にヒト penogram 専用 collimator を作る必要があり、isotope の投与量もヒトの場合は $40\sim 50\mu\text{Ci}/\text{human}$ が適当であることが考えられ、臨床的には既に報告した如くヒトの場合に使用する専用の collimator を試作使用しており、isotope の投与量も $40\sim 50\mu\text{Ci}$ で極めて良好な結果を得ている。

次に正常な勃起には、勃起に関与する多くの部位の神経、即ち大脳皮質を含めての所謂勃起上位中枢と脊髓にある下位勃起中枢とそれらをむすぶ神経々路、更には勃起に関与する末梢神経や、又勃起組織とか勃起に関与する血管系等がすべて健全でなければならない。

今回はこれらのうち勃起に関与すると考えられる末梢神経と penogram との関係についてのみ検討を加えてみた。

勃起に関与する末梢神経として 1863 年 Eckhard⁴⁾ は犬の骨盤神経枝を刺激することにより陰茎の勃起が起こることより、これら神経に対して勃起神経 *nervi erigentes* となづけたが、その後 Holmquist and Olin⁵⁾ は犬では骨盤神経のみの刺激では完全な勃起はみられず、完全な

次に下腹神経であるが Semans and Langworthy⁶⁾ は腹部交感神経幹或は下腹神経を刺激することにより勃起の状態は急速に消褪することより下腹神経は勃起緩解に関与すると考えており、又 Masters and Johnson⁷⁾ も勃起した陰茎が弛緩状態にもどるにはおそらく陰茎の細小動脈の活潑な絞窄が深く関与しているであろうと考えている。更に Bloom and Fawcett⁸⁾ も交感神経線維は陰茎内の血管及び陰茎海綿体肉柱に分布するとし、Langley and Anderson⁹⁾ も陰茎の動脈は交感神経の支配を受けて

最後に陰部神経であるが Semans and Langworthy は陰部神経の刺激では勃起は起らず肛門周囲筋群や球海綿体筋群、坐骨海綿体筋群等の収縮のみられ、本神経はむしろ射精に関与するものと考えており、教室杉田¹²⁾は陰部神経、特に陰茎枝は後根性支配が強いと述べており、また Bloom and Fawcett も陰茎の知覚は陰部神経を経

由すると述べている。

著者の陰部神経刺激でも penogram 曲線には全く変化がみられず、陰茎形状曲線上にも全く変化は認められなかった。

以上今回の実験では骨盤神経の刺激によつてのみ penogram 曲線の上昇がみられ、下腹神経や陰部神経等の刺激では penogram 曲線には何等変化がみられず、又下腹神経刺激が骨盤神経刺激時に上昇した penogram 曲線に変化を及ぼすと云う結果も得られなかった。しかしこれらの結果から直ちに下腹神経、陰部神経が勃起に関与しないと云うことは出来ない。その理由として骨盤神経に与えた電気刺激の条件がはたして下腹神経や陰部神経等に適していたかどうかは全く不明であるからである。またここで得られた実験結果はあくまで犬についてのものであり直ちにヒトの場合にあてはめることは出来ない。唯今回の実験で云えることは骨盤神経刺激により penogram 曲線の著明な上昇がみられ、この際陰茎形状曲線でも著明な上昇、即ち勃起がみられており、この神経を切断してその中枢側をいかに刺激しても penogram 曲線の上昇はもはや全くみられなくなることである。このことよりヒトの場合も Eckhard らが云う勃起神経、つまり骨盤神経が損傷された場合にはいかに中枢よりの刺激が来ても penogram 曲線の上昇がみられないことが考えられ、このことは既に臨床的にヒトの場合においても証明されており今回の実験成績とよく一致している。これらのことから Radioisotope penogram が臨床的に器質的インポテンスと機能的インポテンスの客観的な鑑別診断法として十分使用出来ることが実験的に証明された。

結 語

著者は radioisotope penogram の各種条件を設定する為成犬を使用して基礎的な実験を行なつた。その結果 isotope として ^{131}I -人血清アルブミンを使用する場合はその投与量は10~15kgの犬で10 $\mu\text{Ci}/\text{dog}$ が適当量であり、collimator も本検査専用のものを作る必要があることが判つた。又 radioisotope penogram と末梢神経との関係

をみると骨盤神経の刺激により penogram 曲線の著明な上昇がみられるが、この神経を切断してその中枢側をいかに刺激してももはや penogram 曲線の上昇がみられないことが判つた。このことはヒトの場合でも勃起神経が器質的に障害された場合にはいかに勃起中枢より刺激が出されても penogram 曲線の上昇がみられない事とよく一致しており、radioisotope penogram が器質的インポテンスと機能的インポテンスの客観的な鑑別診断に十分使用出来ることを実験的に証明することが出来た。

(稿を終るに臨み御懇篤なる御指導と御校閲を賜つた恩師宍戸仙太郎教授に心より感謝致します。又種々御協力下さいました本学放射線医学教室中村護講師、藤沢薬品工業中央研究所 R I 主任野口英世先生、土井正博氏、酒井茂氏に感謝致します。尚本研究は文部省科学研究費の援助により行われたことを明記し感謝の意を表します。)

文 献

- 1) 白井将文：日泌尿会誌，62，147，1971.
- 2) 白井将文：日泌尿会誌，62，700，1971.
- 3) 白井将文：日泌尿会誌，64，1，1973.
- 4) Eckhard, C.: Beiträge zur Anat. u. Physiol., 3, 123, 1863.
- 5) Holmquist, B. and Olin, T.: Scand. J. Urol. Nephrol., 3, 291, 1969.
- 6) Semans, J.H. and Langworthy, D.R.: J. Urol., 40, 836, 1938.
- 7) Masters, W.H. and Johnson, U.E.: Human sexual response, p. 179, Little, Brown and Company, Boston, 1966.
- 8) Bloom, W. and Fawcett, D.W.: A textbook of histology, 9th ed., p. 723, W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1968.
- 9) Langley, J.N. and Anderson, H.K.: J. Physiol., 19, 85, 1895.
- 10) 佐々木桂一：日泌尿会誌，62，688，1971.
- 11) Newman, H.F. et al.: Inv. Urol., 1, 350, 1964.
- 12) 杉田篤生：日泌尿会誌，55，423，1964.

(1973年3月22日受付)