

卵管疎通性の非侵襲的検査法 — 子宮腔内の酸素注入法と人工気腹法による

The nonoperative determination of patency of fallopian tubes - By means of intrauterine inflation with oxygen and the production of a artificial pneumoperitoneum

Rubin IC*. *J Am Med Assoc* 75:661-7,1920

卵管疎通性の診断は、従前開腹による直接視診あるいは触診による外なかった。診察所見も疎通性については推測によるしかなく、なお不十分なものであった。これは特に、卵管腔に拡張がないが卵管采が硬く閉鎖しているような例にあてはまる。また卵管水腫による閉塞があるが、卵管壁が軟らかい場合も同様である。婦人科以外の疾患に起因する腹膜炎による卵管閉塞もある。病歴によらず、このような卵管の開存性は常に問題となるところである。腫瘍による卵管閉塞も同様である。

外側円蓋の腫瘍が、卵管、卵巣病変によるものかを知ることとはしばしば不可能である。両側性腫瘍があり卵管・卵巣病変が疑われていても、卵管が開存している場合もある。外科医が、卵管溜膿腫があり、不妊のみならず衰弱の原因になると断言しても手術を拒む患者で、子宮腔の酸素注入法を行なって卵管開存性を確認した一例があった。これは明らかに卵巣病変であった。

女性不妊の診断、治療にあたって、卵管疎通性を正確に知ることは必須である。卵管閉塞による不妊であれば、卵管形成術、搔爬術、拡張術、臓器エキス法などは明らかに無効である。実際、卵管病変はしばしば子宮頸部の術後まもなくして、熱発、疼痛、子宮両側の疼痛、圧痛などで発症する。単なる陳旧性潜在性感染の再燃であっても、何も知らない患者はこれを外科医のせいにするものである。

妊孕性獲得手術が不首尾に終わる原因は、卵管間質部、内腔、采部など卵管の一部の閉塞である。卵管間質部の小さな子宮角ポリープ、結節性峽部卵管炎、卵管水腫、卵管奇形(完全中隔、盲端など)があると、子宮下部の手術は不成功に終わる。

卵管病変による不妊の頻度

Giles は、女性不妊の 11% が卵管病変によるとしている。24 歳以下の女性では、さらに多く 14.4% にのぼる。このような腹膜炎による卵管閉塞に加えて、卵管そのものの異常による不妊が約 15% ある。ここでは簡単にするため、腫瘍、奇形は除くものとする。すなわち、6~7 に 1 人の不妊が卵管による。診察上女性に明ら

かな異常がなく(約 2%)、頸管および子宮底部の精子の存在により男性が正常と判断される場合は、卵管の先天性閉塞が不妊の原因と考えられる。このような場合に、試験開腹を行なうのは憚られ、非外科的に卵管疎通性を知る方法が大きく望まれるところである。

子宮内腔酸素注入法による診断

これは、酸素、X線透視、X線撮影の組合わせにより可能と考える。子宮に酸素を注入して膨張させることにより、正常では腹腔に相応の量の酸素が充盈することから、卵管の疎通性を知ることが可能である。すなわち人工気腹により、確実に卵管疎通性を知ることができる。予備報告では、子宮、卵管經由でも腹腔の直接穿刺でも、同じように気腹が得られることを示した。しかし直接穿刺でも、あるいは穿刺せずに子宮腔經由でも、同じ結果が得られることは明らかである。一般的な腹部の診断では、少なくとも 1.5L のガスが必要である。卵管疎通性を知るだけの目的であれば、必要な酸素は 300cc を超えることはなく、最近の症例では平均 150cc 程度である。

Dr. H. Lilienthal からの紹介症例では、急性穿孔性虫垂炎の術後合併症としての腎周囲膿瘍の可能性を考えて、卵管經由で酸素を注入した。酸素は大部分虫垂切開部の洞から腹腔に流出したことから、交通があることが証明された。洞の開口部に気泡がみられ、この漏出により被包化気腹には至らなかった。

少量の酸素を使用することにより、24 時間以上の臥床は不要で、外来で検査できる利点がある。横隔膜刺激症状は明らかに軽度で、患者は日常生活が可能である。より多くの酸素を使用する場合は、中等度の Trendelenburg 体位を取らせる方が患者は楽である。これにより酸素は骨盤内に挙上し、酸素による横隔膜の運動障害が軽減される。

子宮から酸素を注入した最初の患者では、酸素の量を測定しなかったが、中等度の腹部膨満が見られるまで注入した。X線透視像、X線写真像は、腹壁にトロカールあるいは針を刺して酸素を注入した Stein & Stewart の報告と同様であった。この患者は、検査 1 時間後に帰宅させ、下肢を挙上して仰臥するよう指示した。3 日後に再診したところ、なお少量の酸素が横隔膜下に認められた。推測量は 2 ないし 2.5L であった。

引き続き、32 例の不妊例を子宮内腔酸素注入法で検査し、以下の点を検討した。(1) 診断法としての患者耐

* The Second Gynecological Service and the Roentgen-Ray Department of Mount Sinai Hospital (マウントサイナイ病院第 2 婦人科、放射線科)。本稿は、第 71 回 American Medical Association 年次総会産婦人科・腹部外科部門で発表したものである。誌面の制約で図の一部は省略。完全版は予稿集、別刷を参照。

容性, (2) 感染の危険性, (3) 塞栓症の危険性, (4) 所見の診断的信頼性と解釈, (5) X線透視で確認できる気腹が得られる最小酸素量.

(1) 患者耐容性

検査による患者の不快感は非常にわずかなものであった. 多くの例で, 子宮ゾンドの挿入時と痛みと同程度であった. 注入時にはほとんどが何も訴えなかったことから, 神経質な患者では, 実際の疼痛よりも恐怖感からの訴えと思われた. 空気の腹腔内注入は無痛である. 通常 5~10 分後に横隔膜付近に圧迫感, 片側あるいは両側の肩にこわばり感を訴える. 酸素 1/2L を注入すると中等度の症状が見られる. 1L ではより強い心窩部圧迫感, 肩痛が見られる. 1L 以上では, 症状がそれに応じて増強する. 100~200cc では症状は非常にわずかで, 日常生活に支障を来すほどではない.

(2) 腹腔感染の危険性

ガス注入膨張後に, 骨盤症状は見られなかった. 腹膜刺激症状をみる例はなかった. 腹膜感染を示唆する症状はひとつも見られなかった. 嘔吐, 腹痛, 硬直, 圧痛, 体温脈拍の上昇はなかった. 患者は慎重に観察し, 3~4 月経周期にわたって酸素注入の後遺症がないかフォローした.

(3) 塞栓症の危険性

空気塞栓を示唆する症状は, 1 例も認めなかった. こ

の問題は, 本法を考えるに当たって第一の懸念であった. イヌの実験では, 下肢静脈に酸素 350cc を直接注入しても, 注入時, 注入後ともに症状がないことを確認した. 酸素注入速度は, 不妊症患者例と同様であった. 必要最大量 350cc で, 酸素による塞栓症の危険は無視しうると考えた. その後, この静脈内酸素投与法を軍医が, 特に肺炎の治療目的に利用していることを知った.

(4) 所見の診断的信頼性と解釈

人工気腹が見られた時点で, 生殖管の外端から腹部内端までの疎通性が証明されたことになる. しかしこれは, 片側卵管が開存していれば, 他側が閉塞しても見られる. 不妊を考えるに当たっては, 実際には一側の卵管が開存していれば十分である. 将来的には, 片側・両側疎通性の区別, 片側の場合はいずれが閉塞しているかを知ることができるようになるかも知れない. 現時点ではこの問題については言及できない.

子宮内酸素注入で人工気腹が得られない場合, 内子宮口より上部の生殖管に何らかの閉塞がある可能性が高い. 卵管入口部, 中間部, 采部のいずれかである. 入口部を閉塞するボールバルブ状の子宮角ポリープ, 卵管内の濃縮粘液, 卵管内膜ヒダの癒着, 采部の閉塞なども同じ結果となる. 検査が 1 回陰性であっても, 非疎通性とは限らない. このような場合, もう 1 回ある

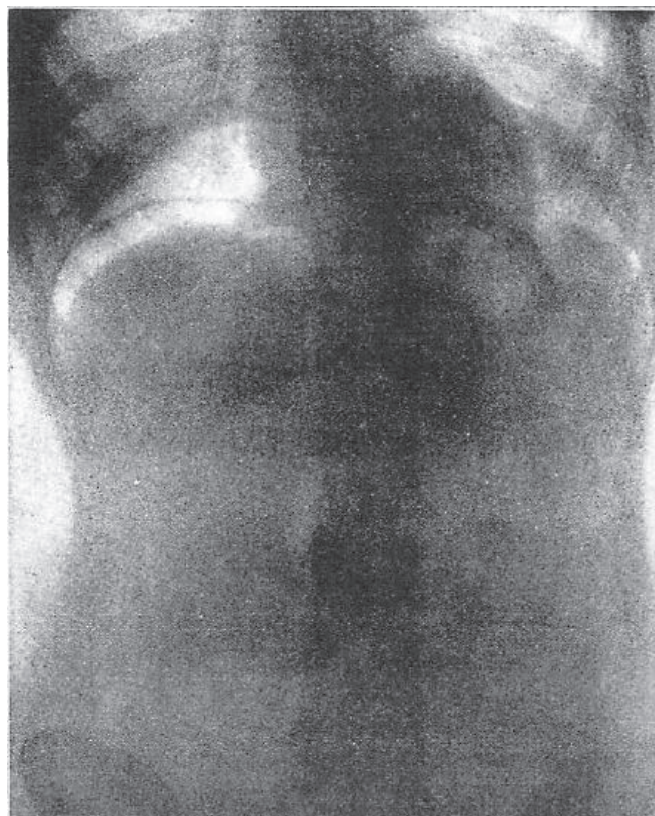


図 4. 気腹撮影. 酸素 250cc を子宮, 卵管経由で腹腔内に注入. 右横隔膜が見える. 左側は見えない. 肝がやや下方に変位している.

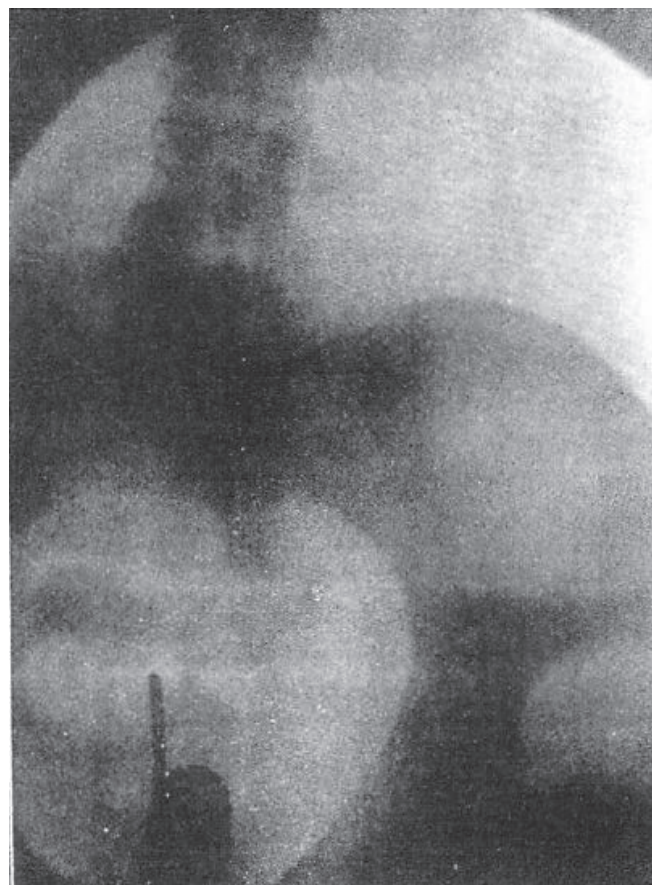


図 7. 卵管閉塞例. 2 年前に両側卵管卵巣切除術. 腔鏡, 子宮内カニューラ留置. 大きな Thomas 式ペッサリーが見える. 酸素 40cc を注射器で注入. 子宮内腔が, 横長の洋梨型に見える.

いは2回、その都度少しずつガス増やして繰り返す。繰返し検査で酸素が通過しない場合は、機械的閉塞による不妊と診断できる。しかし、一側子宮角部のボールバルブ状ポリープによる狭窄などでは、ガス容積を増加して圧を高めると通過して、気腹が得られることがある。このような場合も、検査には相応の診断的意義があり、適切な治療方法を考慮する参考となる。卵管近位の濃縮粘液も同様の効果を示すことがあり、陰性の結果は物理的な原因を示唆する有意な所見となる。

この結果は、付属器のついた摘出子宮で証明することができた。1例では^{*}、手術により、酸素試験の臨床所見を確認する機会を得た。

症例：27歳。結婚歴12年、挙児3人、末子は2歳。末子出産以後、2回妊娠、いずれも中絶した。骨盤部痛と月経遷延を訴えた。主治医の婦人科医 Dr. H. N. Vineberg の診察では、右付属器の軽度圧痛を伴う中等度嚢胞性腫大が認められ、左側は正常と考えられた。子宮は2倍に腫大。体温正常、脈拍80。右付属器病変と診断された。圧190の酸素注入で人工気腹は得られず、左卵管にも病変があり、閉塞していると考えた。酸素注入6日後の開腹手術で、陈旧性持続性腹膜炎が認められた。両側卵管は采部で閉塞し、右側は中等度に腫大していたが、左側は軽度腫大をみるのみであった。いずれも癒着組織に埋没しており、卵巣にも軽度の病変が認められた。酸素注入に際しては、疼痛や不快感はなかった。新たな再燃病変はなく、患者の術後経過は良好であった。

明らかな炎症がある例で本法を推奨するわけではないが、この経験は安全性を証明する上で明らかな意義のあるものである。摘出標本で、酸素注入を繰返し、子宮内圧、疎通性の関係を確認することができた。圧が190に達すると、酸素が卵管外口に逆流し始める。外口をカニューラで締めると圧は210に上昇し、ガスがカニューラから漏れるとやや低下する。さらに圧を上げて、酸素は卵管を通過、膨張しない。酸素の気泡流が感染物質を腹腔内に流入させないことを確認するために、膿性卵管の一端を閉塞して前回と同じように酸素注入を繰り返した。所見は同じで、卵管を水浸した水容器中に膿が逸出することはなかった。この説明としては、通常直径わずか約1~2mmの卵管壁内部が膿や粘液で塞栓しており、さらに卵管内膜、卵管被膜が腫脹して、事実上卵管内腔を閉塞し、子宮内腔から隔離しているためと考えられる。大きな卵管溜水腫、溜膿腫が子宮内にドレーンしているような稀な例でも、卵管の子宮端は閉塞しており通常の疎通性検査の酸素注入圧には抵抗性である。采端が閉塞していれば、これが強制開放される可能性は全くない。開放には、検査の何倍もの圧が必要だからである。さらに、外側端が安全弁として作用し、一定圧に達すると酸素が漏出

する。

子宮内腔から正常卵管、さらに腹腔内に感染物質が進入する可能性は、幾つかの要因によって考えにくいといえる。ひとつは、子宮腔は多くの場合無感染であることである。膿あるいは粘液が存在すれば、感染卵管から下行することが多い。子宮からの分泌が明らかに膿性の場合には、本法は施行しない。この理論的な可能性に対する反証は、70例中そのような例は1例もなかったことである。

非疎通例では、トリウム、臭化物を対照とすることができる。クエン酸トリウム、臭化ナトリウム溶液を子宮に注入し、閉塞状態でX線撮影を行なう方法である。初期には何回か行なったことがあるが、その後は不要となった。

手技

手技は非常に単純である。子宮内注入に必要な器具は、(1) 端部に数個の小孔をもつ金属製カニューラ (Keyes-Ulzman 式) (図9)、(2) 支持鉗子、(3) 子宮ゾンデ、(4) 包交鉗子、(5) 二弁膺鏡 (Graves 式)、(6) 水ボトルに接続した酸素ボンベである。ボトルのゴム栓には3点で屈曲ガラス連結管を貫通させ、その1本は酸素ボンベに連結して先端は水面下に水浸する。他の2本のガラス管は、水面には達さずに1~2インチ挿入する。その1本は水銀圧力計のゴム管に、他の1本は金属カニューラに接続する。ボンベから放出される酸素量を知るために、水ボトルを通過して気泡が見えるようにする。気泡は毎分300以下とする。実際の毎分量は、等量の水を目盛付きのボトルから他の容器に移すことで測定できる。これにより、例えばガスが毎分200~250ccの水を置換していることが分かる。酸素ボンベに連結した水ボトルには、煮沸水あるいは低刺激の滅菌溶液を用いる。

頸部を膺鏡で開く。膺を慎重に清拭し、頸部を乾燥してヨードチンキを塗布する。子宮腔の方向に疑念がある場合は、ゾンデで確認する。支持鉗子で頸部の前唇を把持して固定する。ボンベから放出、調整した酸素を、水ボトル、ガラス管を介して金属カニューラを取付けたゴム連結管に通す。カニューラ近傍のゴム管を挟むことにより、すべての連結部分に漏れがないことを確認する。漏れがなければ直ちに水銀柱が上昇する。酸素ボンベとカニューラの間には漏れがあると、圧は陰圧となる。これは非常に重要なポイントである。圧が正常であることを確認し、圧力計の空気バルブを開き、カテーテルを子宮内腔に、膺に逆流しないように内子宮口を超えるところまで挿入する。カニューラ端から1~2インチにある尿道用ゴム製チップ端を、外子宮口にあてて閉塞をさらに確実なものとする。これは分娩歴のない子宮頸部の場合には必ずしも必要ないが、手

^{*} 多発子宮筋腫と診断されていた別の1例では、気腹が得られず、手術にて両側卵管閉塞(卵管溜水腫)であった。

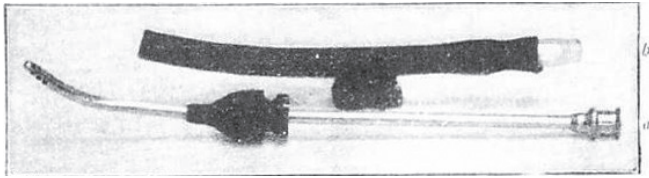


図9. (a) Keyes-Ultzmann 式カニューラ。頸部の外子宮口を閉塞するために、いくつか小孔をあけた尿道用ゴム性チップを貫通させてある。(b) もとの装置に使用されているガラス接続管にゴム管をつないだもの(必ずしも必要ない)

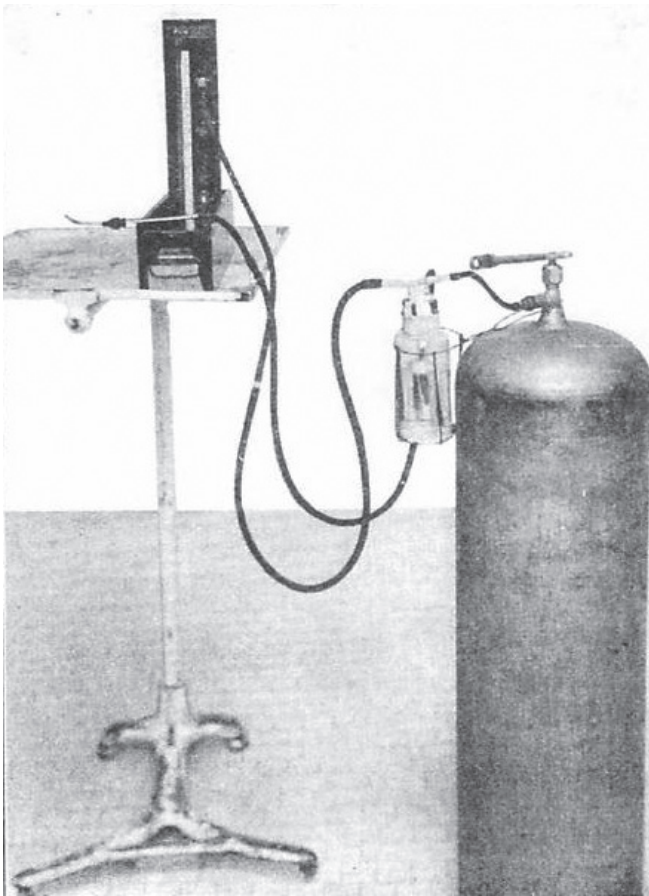


図10. 検査装置一式。排水量によって事前に決定した酸素流量を、子宮内注入前、注入中ともに維持する。水銀圧力系は、ここに示すような標準型あるいは Tycos 型を使用し、水ボトルのゴム栓に直接挿入する。

術、分娩による裂傷などの変形で開放している外子宮口では必要である。空気バルブを閉じる。

酸素が子宮腔内にはいると数秒で、水銀圧力計の示度が上昇する。開存例では 1.5～3 分後に最高値となり、数秒間変動した後、急速に 10～30 低下し、その後はこの値を概ね維持する。開存卵管の場合は、外子宮口から軽度の酸素逸出音が聞えることがあるが、原則としてカニューラを抜去時に軽度の逆流がおこるまで聞こえない。

非開存例では、3/4～1 分以上にわたって圧が漸増し、腔に逆流すると急速に低下する。X 線透視で認められるに十分な量の酸素が腹腔に到達するには 1 1/2 分を要し、それまでカニューラは抜去しない。圧が 1 分以内に 200 に達する場合は、それ以上の上昇を防ぐために空気バルブの 1 つ(ニードルバルブ)を開放すると

表. 卵管疎通性検査を行なった 70 例の所見

第 1 グループ： 内圧測定を行なわなかった例				33
A. 絶対的不妊			25	
(a) 手術既往あり		8		
卵管開存	5			
卵管非開存	3			
(b) 手術既往なし		17		
卵管開存	10			
卵管非開存	7			
B. 相対的不妊			8	
(a) 手術既往あり		4		
卵管開存	1			
卵管非開存	3			
(b) 手術既往なし		4		
卵管開存	3			
卵管非開存	1			
第 2 グループ： 内圧測定を行なった例				37
A. 絶対的不妊			10	
(a) 手術既往あり		8		
卵管開存	2			
卵管非開存	6			
(b) 手術既往なし		5		
卵管開存	5			
卵管非開存	0			
B. 相対的不妊			27	
(a) 手術既往あり		15		
卵管開存	12			
卵管非開存	3			
(b) 手術既往なし		12		
卵管開存	9			
卵管非開存	3			

良い。我々の開存症例では、ここまで上昇した例はなかった。

子宮内圧は、ガスが卵管から腹腔に到達する時間を確認するために重要である。我々の初期の例では、3 時間隔で確認することが必要と考えた。当時は、750～850cc を使用しており、ガスが卵管を通過する時点を知る方法はなかった。このため症状は強く、気腹も過度であった。疎通性を判断する目的には酸素 1/4L で十分であり、1L は不要であった。流量を事前に知っていれば、水ボトルに接続した圧力計で腹腔に注入すべき量を知ることができる。圧が低下する時点から、1/2～1 分間ガスを流し、十分な精度、すなわち実用上問題とならない 50cc の誤差範囲で酸素量を知ることができる。

子宮内圧の計測用に様々な装置を試したが、最終的に標準型水銀圧力計を採用した。この装置については、Mount Sinai 病院放射線科医の Dr. Arthur J. Bendick のアドバイスを得た。圧測定は、理論的には過大な圧により酸素が血管内に混入して空気塞栓を起こす可能性があるため重要である。第 1 グループでは、正確なコントロールができなかったがそのような事故は起きなかった。本法では、酸素が塞栓の原因となることがないことが明らかとなった。第 1 グループでは、酸素を最小量しか使用しなかったため、2 ないし 3 回検査を

繰り返した。これらの患者の多くは、十分量の酸素で検査すると卵管は開存していた。圧計測を行なうようになって以後は、神経質な患者で中断を余儀なくされた例を除けば、陰性例で検査を繰り返す必要はなくなった。これは1例のみで、安心させて行なった再検時には検査を完了し、卵管疎通性を確認できた。非開存例では、少なくとも1回繰り返して結果を確認することが望ましい。

陽性例(卵管開存例)では、圧が40mmを超えることはない。平均圧は60~80であるが、時に酸素が卵管の子宮開口部を通過する際に100以上に上昇することがある。圧が150以上に達する場合は、卵管内腔が完全閉塞あるいは狭窄している可能性があるが、必ずしも全例ではない。200になれば閉塞していることはほぼ確実である。しかし部分狭窄例では必要圧は高いが腹腔に漏出する場合もあるので、常にX線透視で確認する必要がある。

第2グループの37例の圧力表示は、卵管疎通性を良く反映したが、それでもX線透視を行なう必要がある。強い圧で少量のガスが腹腔内に進入し、右あるいは左の横隔膜下に達することが時にあり、X線でこれを確認できる。

陽性例(卵管開存例)では、酸素が横隔膜下の透亮域として認められ、多くは両側であるが片側の場合もある。透亮域の大きさは、投与した酸素量によって異なるが、150~250ccを投与した平均的な例では幅1/4~1インチである。右側では、横隔膜は濃い肝陰影上を横走する隔壁のように見える。見逃すことはなく、特に患者に深吸気させると明瞭になる。X線撮影を行なった全例で、X線所見は常に確実であった。体格の良い患者では、腹壁の濃度が高いためより多めの酸素が必要である。

全検査は5分で終了する。最小量の酸素、100~150ccを使用する場合、症状はほとんど無視しうる程度である。横隔膜周囲にごく軽度の不快感、一側あるいは両側肩に放散する軽度の疼痛がある。患者は自分で着替えて帰宅し、単純な膀胱鏡検査後と同じように日常の家事もできる。しかしより大量のガスを使用する場合は、強い症状が現れることがある。このような場合は、帰宅後数時間、下肢を挙上して仰臥させると良い(中等度のTrendelenburg体位)。

陰性例(卵管閉塞例)では、人工気腹は得られない。この場合、患者は不快感を訴えず、肩の放散痛、横隔膜周囲の痛みはない。子宮内酸素注入後に骨盤痛を訴えた例はなかった。カニューラ抜去後数分間、特に月経直前あるいは直後に少量の血性分泌をみることがある。従って、月経10日後に検査すると良い。

結果

総計70例をこの子宮腔内酸素注入法で検査した。33例は圧力計による測定なし、37例は圧力計を使用した。第1グループは、本法の診断的意義を損ねるような不快な症状を伴わずに人工気腹が得られる最小量を求める目的で様々なガス投与量を試みた。様々な不妊症を検査した。一部は結婚歴1~12年あるいはそれ以上で、卵管、卵巢、至急病変に対する手術歴のない一次性不妊であった。一部は、不妊症に対して1回ないし数回の搔爬を行なった症例であった。また流産したという例もあった。少数例は、一子挙児後数年にわたって不妊であった。一側あるいは片側の卵管が卵管溜膿腫で廃絶していることが確実な少数例を診断的意義を評価するための対照とした。不妊に対する頸部形成術の既往がある例もあった。

本法の適応

本法は以下の場合適応となる。

1. 卵管病変以外すべての要因が除外された一次性不妊。確実な予後予測的、診断的意義がある。
2. 淋菌感染症の既往がある一次性不妊
3. 虫垂炎に伴う腹膜炎の既往がある相対的不妊
4. 出産あるいは妊娠中絶後の骨盤内感染による相対的不妊
5. 一子挙児後、明らかな感染の既往がない不妊
6. 卵管溜水腫あるいは溜膿腫で一側の卵管すべておよび対側の卵管の一部を切除した例(保存的手術)
7. 一側の卵管妊娠後、対側の卵管疎通性を診断する場合
8. 卵管由来の不妊治療のための卵管吻合術後、卵管疎通性を確認する場合
9. 卵管結紮による不妊手術後、結紮あるいは切断した卵管の疎通性を確認する場合
10. 子宮筋腫に対する多数回手術後、卵管の子宮開口部の開存を確認する場合

禁忌

本法は、急性あるいは亜急性骨盤内感染、バルトリン腺、尿道、膣、頸部の化膿性病変がある場合は禁忌である。

不妊の原因は多くの場合不明確あるいは不明である。しかし、少なくとも卵管疎通性の機械的要因については多くの例で診断可能である。子宮内酸素注入による人工気腹法は、開腹検査を不要とし、特に原因不明の例で有用である。

討論

Dr. John O. Polak (Brooklyn) :

Dr. Rubin は卵管疎通性を診断する非常に巧みな方法を提案されました。これはもちろん、子宮・卵管内へのアルジロール圧注法、トリウム注入法と同様なものです。私はこのいずれも試みましたが、画像はきれいですがほとんど情報が得られないので放棄しました。子宮、卵管を圧力下に拡張して気腹を得る方法が安全とは思えません。子宮によって刺激性が異なることを考える必要があります。頸部の操作、単に頸部に器具を挿入するだけで強い子宮収縮を起こす患者もいます。このような患者の選別法がわかりません。明らかな利点が多くあるとしても、これひとつとってもこの方法を汎用することができません。不妊の場合、適切な検査によってその原因をいろいろ調べることができます。687 例の不妊症患者のうち、400 例が卵管病変でした。その多くが一児挙児後の不妊で、患者は感染の既往を否定しますが、それでも骨盤腹膜炎、卵管周囲炎がありました。再建が可能なのは、単純な淋菌感染で混合感染のない場合に限られます。男性不妊以外の二大原因は、頸管炎、および外部あるいは内部からの卵管感染です。これについては、性交後異なる時期、異なる部位から精液を吸引することにより十分検査することができます。子宮内に精子を認めれば、試験開腹の適応となる卵管あるいは卵巣病変があると考えられます。このような病歴の場合は、卵管、子宮をガスで拡張するよりも試験開腹する方が安全です。

Dr. Isador C. Rubin (New York) :

Dr. Polak の反論は承知しています。我々はまさにこのような反論を受けましたが、現実に実験で否定されました。子宮の刺激性については、ほとんどの患者がこの方法を非常によく受容しました。非常に神経質な 1 名は初回には施行できませんでしたが、2 回目は施行できました。患者の受容性に関して言えば、膀胱鏡と同程度です。ゾンデを子宮にいれても、膀胱に膀胱鏡を入れるときと同じくらい刺激性はありません。もちろん、この方法を使わない場合もありますが、それでもこの方法は絶対的に安全です。安全性については完全に自信があります。頸部から排膿がある場合、高熱がある場合、骨盤感染がある場合は推奨しません。子宮がこの方法に耐えられず、精子すら進入できない場合もあります。内圧が卵管の子宮開口部の圧を超えると、圧が 60~80 から 40, 30, あるいは 20 にまで低下します。必要な圧はそれほど大きなものではありません。子宮は驚くほど大きな圧に耐えます。頸部が安全弁として働くからです。この方法は有望だと思います。