



Asahikawa Medical University Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

日本泌尿器科学会雑誌 (1991.06) 82巻6号:955～960.

陰茎硬度・周径連続測定法による本邦正常成人の夜間陰茎勃起現象の
解析

金子茂男、八竹 直、宮田昌伸、水永光博、渡部嘉彦、谷
口成実、井内裕満、松田久雄、栗田 孝

陰茎硬度・周径連続測定法による本邦正常成人の夜間陰茎勃起現象の解析

旭川医科大学泌尿器科学教室 (主任: 八竹 直教授)

金子 茂男 八竹 直 宮田 昌伸 水永 光博
渡部 嘉彦 谷口 成美 井内 裕満

近畿大学医学部泌尿器科学教室 (主任: 栗田 孝教授)

松田 久雄 栗田 孝

CONTINUOUS MONITORING OF PENILE RIGIDITY AND TUMESCENCE IN JAPANESE WITHOUT ERECTILE DYSFUNCTION

Shigeo Kaneko, Sunao Yachiku, Masanobu Miyata, Mitsuhiro Mizunaga, Yoshihiko Watabe, Narumi Taniguchi and Hiromitsu Iuchi

Department of Urology, Asahikawa Medical College
(Director: Prof. S. Yachiku)

Hisao Matsuda and Takashi Kurita
Department of Urology, Kinki University School of Medicine
(Director: Prof. T. Kurita)

Continuous monitoring of penile rigidity and tumescence has been proved to be of use for accurate diagnosis of erectile impotence, since it provides objective recording of penile rigidity as well as circumferential expansion. Prior to clinical use of this procedure in Japan, a study was performed to clarify normal features of nocturnal penile tumescence of Japanese and to ensure safety of this procedure. The subjects consisted of 16 normal volunteers, aged from 24 to 44 years. With fully informed consent of the volunteers, nocturnal penile rigidity and circumferential expansion were simultaneously measured for three consecutive nights by means of RigiScan at the base of the penis (base) and at about five millimeters proximal to the coronary sulcus (tip). The minimum circumference of the penis was 62.7 ± 4.6 mm (mean $\pm$ SD) at the tip and 65.4 ± 9.3 mm at the base. The maximum circumference, which meant full erection in the normal volunteers, was 102.5 ± 14.2 mm at the tip and 108.6 ± 14.7 mm at the base. The mean duration of tumescence, i.e. circumference expansion more than 10 mm, was 23.0 ± 6.9 minutes at the tip and 38.3 ± 12.0 minutes at the base. The mean rate of episodes of circumference expansion more than 10 mm was 0.75 ± 0.27 per hour at the tip and 0.70 ± 0.26 per hour at the base. The maximum rigidity lasting more than 10 minutes was $82.9 \pm 10.1\%$ at the tip and $85.4 \pm 8.4\%$ at the base. Out of the 16 volunteers, 10 felt discomfort at the last episode of full erection on the penis where the loops were placed. Since the discomfort followed after several episodes of full erection, it did not disturb the assessment of penile rigidity and tumescence. None of the subjects made an error in operating the instrument. With its ambulatory character and safety, the RigiScan will be of use for diagnosis and treatment of patients with erectile impotence.

Key words: impotence, nocturnal penile tumescence, penile rigidity

要旨: 陰茎硬度周径連続測定法を本邦において臨床応用するにあたり, 正常人における夜間陰茎勃起現象の解析とその安全性について検討した。

本邦正常成人16名 (年齢24~44歳, 平均31.1歳) を対象とし, 陰茎硬度周径連続測定には RigiScan™ を用いた。測定部位は環状溝から約5mm 陰茎根部寄り (遠位側) と根部 (近位側) の2箇所である。陰

茎の平均最小周径は遠位側で62.7mm, 近位側で65.4mmであり, 勃起時の平均最大周径は遠位側で102.5mm, 近位側で108.6mmであった。周径が10mm以上のびたときを勃起とすると約1時間20分に1回の頻度で勃起が生じており, この勃起の平均持続時間は遠位側で23.0分, 近位側で38.3分であった。10分以上持続した硬度の最大値は遠位側で82.9%, 近位側で85.4%であった。1例に測定部位の一部に発赤を認めたが処置を必要とするような副作用はなかった。RigiScanによる陰茎硬度周径連続測定は簡便, 安全かつ客観的に夜間陰茎勃起現象をとらえることができ, 今後勃起不全の診断, 治療効果の判定に役立つものとおもわれる。

キーワード: インポテンス, 夜間陰茎勃起現象, 陰茎硬度

結 言

勃起不全の診断においては詳細な問診, 診察をはじめ, 神経系, 循環器系, 内分泌系など種々の検査が行われる。しかし, 神経の伝導速度の低下や陰茎の血圧の低下などの検査結果の異常が必ずしも器質性勃起不全を意味するものではない。これらの検査は, 勃起不全の原因についての情報を提供してくれるものであり, 器質性勃起不全の確定診断には陰茎勃起そのものの有無を評価することが必要であった。このために聴覚, 視覚的な刺激による誘発試験(AVSS)などもおこなわれ, その臨床的価値については評価されてきた¹⁾。しかし, 勃起現象そのものは精神的な影響を強くうける現象であり, 誘発試験にたいする精神的ストレス, 慣れといった問題がつねに存在し, これら誘発試験に対する信頼性は十分なものではない²⁾。

夜間陰茎勃起現象は幼児から認められ, 精神的な抑制をうけないため, 心因性勃起不全の鑑別に重要な現象とされてきた³⁾。この夜間陰茎勃起現象の観察, 記録方法には, ストレインゲージによる陰茎周径の連続的観察⁴⁾, あるいはスタンプテスト⁵⁾やSnap-Gauge Band^{TM6)}による非連続的観察が報告されていた。ストレインゲージによる検査方法は終夜にわたる連続的な観察を可能にしたすぐれた方法である。最近では記録装置の縮小がはかられ, 記録そのものについての改良は行われてきたが, 陰茎硬度は評価できていない。スタンプテストは簡便ではあるが, ミシン目の破損に影響する因子は硬度だけではない。ミシン目が裂けるまでの陰茎勃起の回数や皮膚の湿度, 陰茎の屈曲もミシン目の破損に影響すると思われる。またミシン目が裂けるときの強度が陰茎の十分な硬度を意味するものかは不明確である。Snap-Gauge Bandは勃起硬度について半定量的な判定ができるが, 睡眠中に何度もおこるとされる勃起現象の全体像をとらえられないことについてはスタンプテストと同じ欠点を持つ。

このため以前から陰茎の硬さを連続的に測定する方

法の開発が待ち望まれていた。RigiScanTMは陰茎の太さ(周径)と硬さを同時に3日間記録でき, その携帯性と簡便性から自宅での検査を可能にし, その臨床的有用性は十分に評価されてきた^{7,8)}。しかし本邦においてはまだ報告がない。邦人における正常値をもとめることは臨床応用にあたってまず検討すべき課題であり, 今回その機会を得たので報告する。

対象・方法

対象は勃起不全を訴えないボランティア16名(24~44歳, 平均31.1歳, 標準偏差6.0)である。全員当院の医療従事者で検査目的および装置にたいする説明を十分にうけた後, 同意が得られた者に限られた。

陰茎の硬さ, 周径の測定にはリジスキャン(RigiscanTM, DACOMED Corporation, Minneapolis, MN, USA, 販売高井医科工業株式会社, 東京)を用い3日間の夜間陰茎勃起現象を観察した。この3晩のうち, 最も良好な成績を示した1晩のデータを検討対象とした。すなわち3夜のデータのうち硬度が最大である勃起現象を含む1夜のデータを最優先とし, さらに硬度持続時間のより長いもの, 回数のより多いものを採用した。

RigiScanのシステムは本体とデータ読み取り機, プリンターの3つからなる。本体には2つのループを動かし, 周径と硬さを測定する部分とそのデータを記憶する部分とが一体化されている(Fig. 1)。測定部位は環状溝から約5mm近位側と陰茎の根部の2箇所である。この2箇所に巻かれたループにより30秒毎に周径が測定され, 更に根部周径が弛緩時の値から1cm以上伸びたときには, 硬度も測定されるようにプログラムされている。ループは人工血管様の材質からなる管状構造で, その中にワイヤーが通り本体内のセンサーにつながっている(Fig. 2)。陰茎が腫脹しループが伸びるとループの中のワイヤーに張力がかかりループの伸展に応じてセンサーからワイヤーがひきだされる。ワイヤーには陰茎勃起をさまたげない程度の弱い張力

Fig. 1 RigiScan. The apparatus has two loops and measures rigidity and circumferential expansion of the penis at the tip and the base. It continuously measures these data as long as ten hours in one session and can repeat measurement three times. All data of the three sessions are stored in a memory tip in the apparatus.



(4 オンス, 113g)が常にかけられており, 陰茎周径が短縮すればワイヤーはセンサー内に引き戻され, ループが小さくなる. こうしてループは常に陰茎に密着し, その周径を反映できるようになっている. センサーはこのワイヤーの動きから陰茎の周径を測定する. 硬度測定はワイヤーを10オンス (283g) の強さで牽引し, このとき牽引しえたワイヤーの長さを硬度に換算して表示する. 換算式は,

$$100 - 100 \times (a - b) \div 22 = \text{硬度}(\%)$$

a: 4 オンス牽引時の周径(mm)

b: 10オンス牽引時の周径(mm)

である. この式の意味はワイヤーがまったく引き戻されなかったときの硬度が100%, ワイヤーが22mm 以上引き戻されたときの硬度が0%である. この数値はRigiScanによる計測と同時に数人の検者による診察をおこない, 経験的に定められたものであり, 0~40%: 腔内挿入不能, 40~70%: 補助手段により挿入可能, 70~100%: 補助手段なしで挿入可能がめやすである⁹⁾. また陰茎弛緩時の硬度測定は不愉快でありしばしば睡眠をさまたげること, 正常勃起には少なくとも13.1mm 以上¹⁰⁾, あるいは16mm 以上¹¹⁾必要であることから, 周径の延長が1cm 未満であれば硬度測定は行われない.

一晩のデータは最長10時間まで記憶でき, さらに3晩すべてのデータが本体内に記憶される. 実際の測定は本体を左右いずれかの大腿にベルトで固定して測定

Fig. 2 Loops of RigiScan. In the left figure, a tension guide ① is disconnected from a "Y" connector ② of the loop ③ and a tension cable (arrow heads) is shown.

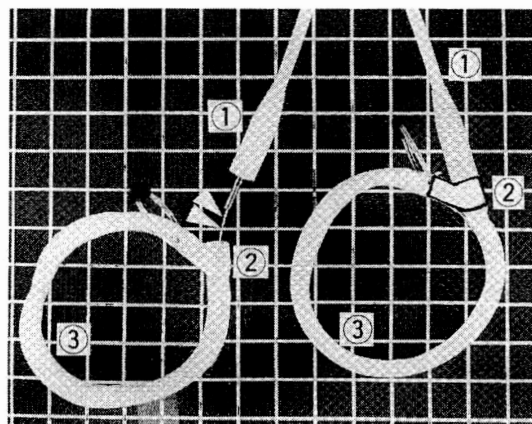
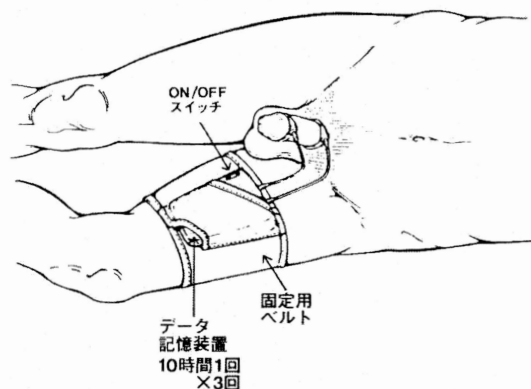


Fig. 3 Application of RigiScan (revised from the manual of RigiScan, DACOMED Corporation).

陰茎硬度・周径連続記録装置 (Rigiscan™) 装着図



した (Fig. 3).

3晩の測定終了後, 測定装置を読み取り機に接続しデータを読み取らせると, Fig. 4のようなグラフが3日分えられる. 上の2列は陰茎先端部, 即ち, 環状溝近くの硬さと周径を, 下の2列は陰茎根部の硬さと周径をそれぞれ表す.

結 果

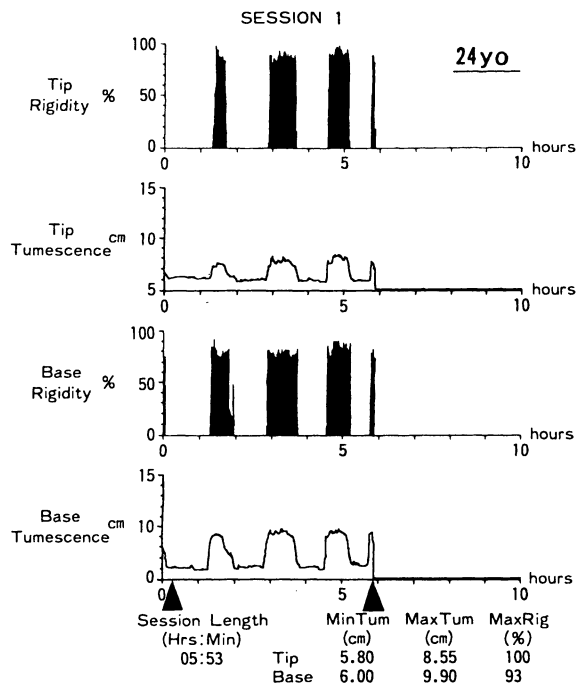
測定結果を表にまとめた.

1) 陰茎の周径

最小周径, つまり陰茎が弛緩しているときの太さは

Fig. 4 Simultaneous recording of penile rigidity and tumescence of a 24-year-old normal volunteer.

Four episodes of penile tumescence with sufficient rigidity are demonstrated in the tip and the base. Each arrow-head indicates time of falling asleep and getting up respectively.



遠位側で 62.7 ± 4.6 mm (平均 $\pm$ 標準偏差, 以下同様), 近位側で 65.4 ± 9.3 mmであった。勃起時の最大周径は遠位側で 102.5 ± 14.2 mm, 近位側で 108.6 ± 14.7 mmであった。弛緩時から勃起時の陰茎の周径の伸び幅は遠位側で 40.4 ± 11.8 mm, 近位側で 43.3 ± 8.7 mmであり, 伸び率は遠位側 $64.9 \pm 18.1\%$, 近位側 $66.7 \pm 13.4\%$ であった。

2) 勃起持続時間

1回の勃起現象の持続時間について検討した。周径が1cm以上伸びたときを1回の勃起として計算した。各個人の最も長い持続時間は16.5分から60.0分と個体によってかなりの幅があり, 16名の平均 $\pm$ 標準偏差値は遠位側で 39.4 ± 12.8 分, 近位側で 43.9 ± 14.3 分であった。一方, 最も短い持続時間は遠位側で 10.0 ± 5.6 分, 近位側 10.9 ± 6.5 分であった。各個人の平均持続時間をすべての症例で平均すると遠位側で 23.0 ± 6.9 分, 近位側で 38.3 ± 12.0 分であった。

3) 頻度

周径が1cm以上伸びた時を1回の勃起として, 睡眠中の勃起の頻度について検討した。全ての症例の頻度の平均 $\pm$ 標準偏差は遠位側 0.75 ± 0.27 回/時間, 近位側 0.70 ± 0.26 回/時間であり, 勃起現象は約1時間20分毎に1回の頻度で生じていた。

4) 硬度

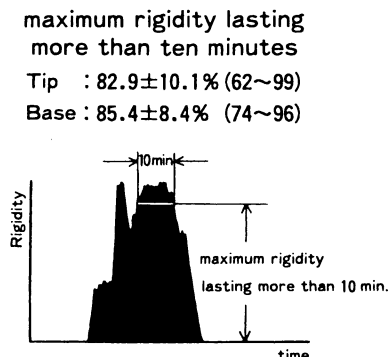
陰茎硬度の最大値は遠位側 $91.4 \pm 6.8\%$, 近位側 $94.1 \pm 5.0\%$ であった。しかし十分な硬度がありながら

Table. Parameters of the nocturnal monitoring of the penile rigidity and circumferential expansion in normal volunteers

	tip	base
1. circumference		
maximum	102.5 ± 14.2 mm	108.6 ± 14.7 mm
minimum	62.7 ± 4.6	65.4 ± 9.3
difference	40.4 ± 11.8	43.3 ± 8.7
rate of expansion	$64.9 \pm 18.1\%$	$66.7 \pm 13.4\%$
2. duration of tumescence		
maximum	39.4 ± 12.8 min	43.9 ± 14.3 min
minimum	10.0 ± 5.6	10.9 ± 6.5
average	23.0 ± 6.9	38.3 ± 12.0
3. frequency of tumescence		
	0.75 ± 0.27 /hour	0.70 ± 0.26 /hour
4. rigidity		
maximum	$91.4 \pm 6.8\%$	$94.1 \pm 5.0\%$
maximum value lasting more than ten minutes	$82.9 \pm 10.1\%$	$85.4 \pm 8.4\%$

Values are presented as mean $\pm$ SD (n=16).

Fig. 5 Measurement of maximum rigidity lasting more than ten minutes.



1～2分で弛緩する場合も性交障害となるため、単純に最大硬度で検討することは意味がない。今回の対象における陰茎勃起の最短持続時間が約10分であったので10分間以上持続したときの最大硬度（以下、10分間最大硬度）を指標として検討した（Fig. 5）。全症例の平均±標準偏差は遠位側で $82.9 \pm 10.1\%$ 、近位側で $85.4 \pm 8.4\%$ であった。

5) 操作性, 安全性

被検者には測定前に本体内の乾電池の入れ替え, 本体の大腿部固定, ループの装着, 測定開始終了, 夜間排尿時の一時的な検査中断と再開, 緊急時のループの外し方について説明した。検査は被検者自身の操作により自宅で行われたが, 操作上の問題はなかった。

ループ装置による陰茎皮膚の部分的な発赤を1例に認めたが特に処置を必要としなかった。その他浮腫, びらん等の異常は認めなかった。3晩のうち1晩でもループによる不快感を覚え, 覚醒したのは10例であり, いずれも数回の勃起のあと早朝に生じた勃起の最中であつた。

考 察

夜間陰茎勃起現象が勃起不全の診断に重要であることは多くの研究者が報告してきた。しかし勃起現象そのものを正確に記録することは必ずしも容易ではなく, 常に研究がかさねられてきた。また夜間陰茎勃起現象を分類し判定基準をつくる努力もおこなわれてきた。白井(1971)¹²⁾, Procci, W.R.(1981)¹³⁾, Tulloch, A.G.S.(1982)¹⁴⁾らは陰茎の周径の変化を重視し, Karacan, I.(1977)¹⁵⁾, Marshall, P.(1981)¹⁶⁾, 赤沢(1984)¹⁷⁾らは勃起の周期に重点をおいた判定基準を提唱してきた。しかし陰茎の硬度は周径の増加と並行して増すの

ではなく, 周径がある値を越えたときに急激に増すものであり¹⁸⁾, 周径のみの観察では性交に必要な硬度が得られているか否かについては評価できなかった。

この欠点を補うため Karacan, I. (1977)¹⁵⁾は周径が増加したときの硬度を直接観察した。その後, 白井ら(1982)¹⁹⁾は陰茎硬度計を作成し, 視聴覚性刺激時の硬度を定量的に記録することに成功した。Bradley, W.E. (1985)²⁰⁾らは RigiScan を開発し, 終夜にわたる睡眠時勃起現象を周径と硬度ともに記録することを可能にした。この RigiScan による夜間陰茎勃起現象の解析は勃起不全の診断精度を高め, 勃起現象にはいろいろなパターンが存在することも明らかになった²¹⁾。また勃起誘発試験における陰茎硬度周径の定量的記録にも応用されるようになった⁸⁾。本邦では1989年に本装置の臨床応用がみとめられ, その簡便性から今後広く普及すると思われる。RigiScan による陰茎硬度の指標が実際の硬度を評価する指標になりうるかについては科学的に検討され¹⁸⁾, また検者たちが触診で確認してきたものであるが, 今までの報告は欧米を中心におこなわれたものであり, 人種間の体格的相違を考慮すればその結果をそのまま邦人に適用することには慎重を要する。このため我が国での正常成人における解析をまず行った。今回の検討では正常成人における夜間の陰茎勃起現象は, 平均して1時間20分毎に20～40分間生じていることになる。勃起時の陰茎の周径, 硬さについては陰茎根部の方が先端部よりも若干太く硬い傾向があるが, 両部分はほぼ等しく, 周径は約4cm 太くなり硬さは約85%であった。

安全性においては1例にループ装着部の一部に発赤を認め, 装着時に皮膚のかたより, しわが生じたためとおもわれる。その後この様な症例は経験しなかった。勃起時のループ装着部の不快感はいずれも数回の十分な硬度をともなった勃起の後に生じており, 十分な勃起の存在が確認できているため勃起不全の診断には支障ないとおもわれるが, より快適な検査にするには改善すべきところである。

今回の対象は平均年齢31.1歳と比較的若く, 高齢者における正常値とすることは出来ない。陰茎硬度については瞬間的な硬度が高くても持続できない症例を経験したこと⁷⁾, 今回の検討で周径が1cm 以上延長した勃起の最短持続時間が平均約10分であったことから10分間最大硬度を指標として検討した。この点についても更に検討を加えれば, 本検査法の臨床的価値が一層たかまることが期待される。

結 語

本邦正常成人16名(平均31.1歳)を対象とし、RigiScanによる夜間陰茎硬度周径連続測定を行った。周径が1cm以上伸びた勃起現象は睡眠中に約1時間20分毎に1回生じ、その平均持続時間は約20~40分であった。10分以上持続し得た陰茎の平均最大硬度はRigiScanの硬度指標で約85%であった。

本装置の操作は簡単で安全であり、自宅での測定は支障なくおこなわれた。このため外来患者にたいする自宅での検査が安全かつ容易におこなえたとおもわれた。

本論文の要旨の一部は第53回日本泌尿器科学会東部総会(千葉, 1988年10月), 第259回日本泌尿器科学会北海道地方会(札幌, 1989年1月), 第1回日本インポテンス学会(東京, 1990年9月)で発表した。

文 献

- 1) 白井将文: 男性インポテンスに関する研究—第VII報。Visual sexual stimulationを応用したradioisotope penogramによる機能的インポテンスと器質的インポテンスの鑑別診断法に関する研究。日泌尿会誌, 64, 786—792, 1973.
- 2) 三浦一陽, 高波真佐治, 白井将文, 奥平進之: 終夜睡眠ポリグラフィによるインポテンスの鑑別診断に関する研究。東邦医誌, 28, 213—215, 1981.
- 3) Karacan, I., Williams, R.L., Thornby, J.I. and Salis, P.J.: Sleep-related penile tumescence as a function of age. *Am. J. Psychiat.*, 132, 932—937, 1975.
- 4) Kenepp, D. and Gonick, P.: Home monitoring of penile tumescence for erectile dysfunction. Initial experience. *Urology*, 14, 261—264, 1979.
- 5) Barry, J.M., Blank, B. and Boileau, N.: Nocturnal penile tumescence monitoring with stamps. *Urology*, 15, 171—172, 1980.
- 6) Ek, A., Bradley, W.E. and Krane, R.J.: Nocturnal penile rigidity measured by the Snap-Gauge band. *J. Urol.*, 129, 964—966, 1983.
- 7) Kaneko, S. and Bradley, W.E.: Evaluation of erectile dysfunction with continuous monitoring of penile rigidity. *J. Urol.*, 136, 1026—1029, 1986.
- 8) Weinberg, J.J. and Badlani, G.H.: Utility of RigiScan and papaverine in diagnosis of erectile impotence. *Urology*, 31, 526—529, 1988.
- 9) Dacomed Corporation: RigiScan Ambulatory Rigidity and Tumescence System. Selected Case Studies. From Number 7501560486. Dacomed Corp, Minneapolis, 1986.
- 10) Karacan, I. and Ilaria, R.L.: Nocturnal penile tumescence (NPT): The phenomenon and its role in the diagnosis of impotence. *Sex Disabil.*, 1, 260—271, 1978.
- 11) Karacan, I., Salis, P.J., Ware, J.C., Dervent, B., Williams, R.L., Scott, F.B., Attia, S.L. and Beutler, L.E.: Nocturnal penile tumescence and diagnosis in diabetic impotence. *Am. J. Psychiat.*, 135, 191—197, 1978.
- 12) 白井将文: 糖尿病とインポテンス。インポテンス研究会編, インポテンス—診断と治療の実際—, p. 115—128, メディカルトリビューン日本支社, 東京, 1982.
- 13) Procci, W.R., Goldstein, D.A., Adelstein, J. and Massry, S.G.: Sexual dysfunction in the male patients with uremia: A reappraisal. *Kidney Intern.*, 19, 317—323, 1981.
- 14) Tulloch, A.G.S., Keogh, E.J., Csillag, E.R., Dunn, J.C., Brown, D.S. and Morlet, A.: Impotence—The team approach to investigation and surgical treatment. *Brit. J. Urol.*, 54, 755—758, 1982.
- 15) Karacan, I., Scott, F.B., Salis, P.J., Attia, S.L., Ware, J.C., Altinel, A.A. and Williams, R.L.: Nocturnal erections, differential diagnosis of impotence, and diabetes. *Biol. Psychiat.*, 12, 373—380, 1977.
- 16) Marshall, P., Surridge, D. and Delva, N.: The role of nocturnal penile tumescence in differentiating between organic and psychogenic impotence: The first stage of validation. *Arch. Sex Behav.*, 10, 1—10, 1981.
- 17) 赤澤誠二: 勃起不全の診断。第4報。夜間陰茎勃起現象記録の判読基準。日泌尿会誌, 75, 1415—1422, 1984.
- 18) Frohrib, D.A., Goldstein, I., Payton, T.R., Padma-Nathan, H. and Krane, R.J.: Characterization of penile erectile states using external computer-based monitoring. *J. Biomedical Engineering*, 109, 110—114, 1987.
- 19) 白井将文, 高波真佐治, 牧 昭夫, 松橋 求, 村上 憲彦, 藤尾幸司, 三浦一陽, 中山孝一, 安藤 弘: 陰茎硬度測定を試み。日不妊会誌, 27, 655, 1982.
- 20) Bradley, W.E., Timm, G.W., Gallagher, J.M. and Johnson, B.K.: New method for continuous measurement of nocturnal penile tumescence and rigidity. *Urology*, 26, 4—9, 1985.
- 21) Bradley, W.E.: New techniques in evaluation of impotence. *Urology*, 29, 383—388, 1987.

(1991年3月5日受理)