

機能からみた肛門管の解剖, 生理

慶應義塾大学外科学教室
寺本 龍生

肛門は平滑筋と横紋筋の両括約筋により構成されており, したがってそれぞれの支配神経である自律神経と体制神経の協調作用により正常の肛門機能は維持されている. 解剖学的には恥骨直腸筋により形成される直腸肛門角が最も重要である. 肛門内圧検査における静止圧は内肛門括約筋の, 随意収縮圧は外肛門括約筋の機能をあらわす. 外肛門括約筋は筋電図学的に安静時においても活動電位がみられ, 常に一定の緊張を保っていても疲労することなく肛門を閉鎖状態に維持できる特性をそなえている. この特性は, 酵素組織化学染色において持続的緊張に耐え得る性質を有する筋繊維 (Type 1) が多く分布していることから理解される.

以上の肛門の解剖学的, 生理学的特性を把握した上で, 各種肛門疾患の病態を判断し的確な治療に役立てるべきである.

Key words: anal canal, anatomy, physiology

はじめに

肛門管は自律神経支配の平滑筋である内肛門括約筋と体制神経支配の横紋筋である肛門挙筋および外肛門括約筋により構成されており, それぞれの協調作用により正常の肛門機能は保たれている. したがって肛門機能を正しく理解するためには, これらの解剖学的関係, 生理学的さらには病理学的特徴を知ることが必要である.

1. 肛門管の解剖

肛門管は Fig. 1 に示すごとく直腸の不随意平滑筋である内輪筋がそのまま連続して肥厚した内肛門括約筋と, 随意筋である漏斗状の肛門挙筋とその最下端を形成する恥骨直腸筋, 外肛門括約筋が輪状に肛門管周囲を取り巻いた二重構造により形成されている.

内肛門括約筋 (IS) は胸髄 (Th) 12番~腰髄 (L) 2番から発し, 下腹神経 (HN) となり骨盤神経叢 (PP) に合流した交感神経と, 仙髄 (S) の 2~4 番より発し骨盤神経叢 (PP) を形成して分枝する副交感神経により支配されている. 一方, 恥骨直腸筋 (PR) を含む肛門挙筋 (LA) および外肛門括約筋 (ES) は第 2, 3, 4 仙髄 (S) より分枝した体制神経 (SN) である陰部

Fig. 1 Anatomy of the anal canal

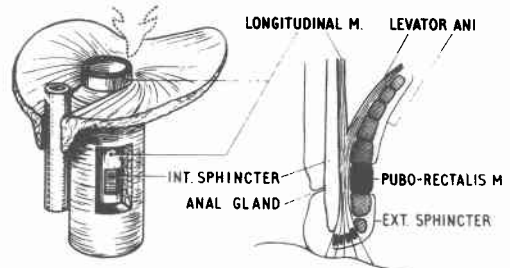
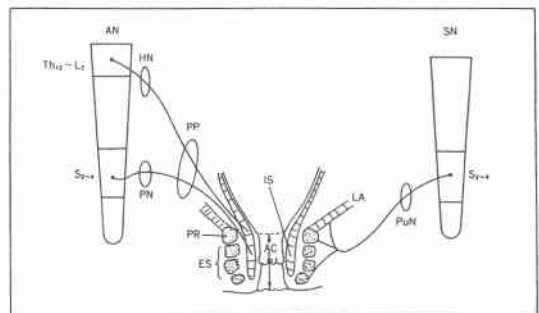


Fig. 2 Innervation of the muscles



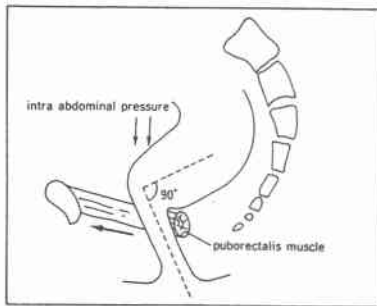
神経 (PN) により支配されており, これらの筋群の協調作用により肛門機能は微妙に維持されている (Fig. 2).

また恥骨直腸筋は肛門管の背面を走行するループを

*第16回卒後教育セミナー・機能上からみた直腸肛門手術

<1990年5月9日受理> 別刷請求先: 寺本 龍生
〒160 新宿区信濃町35 慶應義塾大学医学部外科

Fig. 3



形成し恥骨に付着しており、一方、外肛門括約筋の浅部括約筋は尾骨に付着しているため、この筋肉が緊張すると肛門管上部は前方へ、下部は後方へ牽引され、直腸と肛門管とが一定の角度を形成する。これが肛門直腸角と呼ばれており、通常90度とされている¹⁾。この肛門直腸角が正常に保たれていると、強い腹圧がかかっても肛門管の長軸方向に直接腹圧がかからず逆に肛門管直上で肛門管を閉鎖する形になるので便が漏れにくい (Fig. 3)。

2. 生理学的特徴

A. 肛門内圧

open tip または microballoon を肛門管内に挿入し、transducer に接続し、肛門管の静止圧と随意収縮圧を測定する。

Fig. 4 左の肛門静止圧引き抜き曲線では肛門縁より約4.5cm 口側より肛門縁まで昇圧帯を認め、機能的肛門管長と呼ばれる。最大静止圧は通常80~120cmH₂Oで、その85%は内肛門括約筋により構成される圧とされており²⁾、低値を示す場合は内肛門括約筋の障害を考える。また、Fig. 4 右の随意収縮圧は各高さで、随意的に肛門を収縮させた時に得られる静止圧に加わる圧であり、外肛門括約筋の収縮力を示すもので、やはり最大随意収縮圧は80~120cmH₂Oが正常値であり、低値を示す時は外肛門括約筋の障害を意味する。

直腸内を balloon 刺激することにより肛門静止圧が反射的に弛緩する直腸肛門反射 (Fig. 5) は外傷や直腸癌に対する郭清術により骨盤神経が損傷をうけた時、ヒルシュスプルング病のごとく壁内神経叢が欠如している場合には反射は陰性である。

B. 筋電図

横紋筋である肛門挙筋、恥骨直腸筋、外肛門括約筋に針電極を刺入して筋電図を測定する。これらの筋肉は安静時でも常に活動電位が見られ³⁾、随意的に収縮

Fig. 4 Manometric tracing of the anal canal

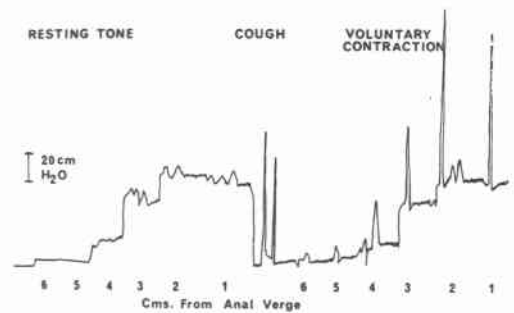


Fig. 5 Rectosphincteric reflex

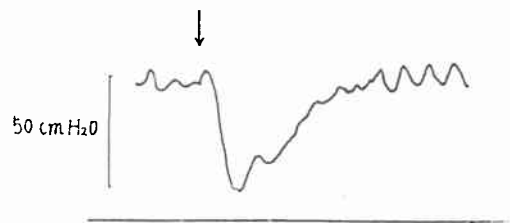
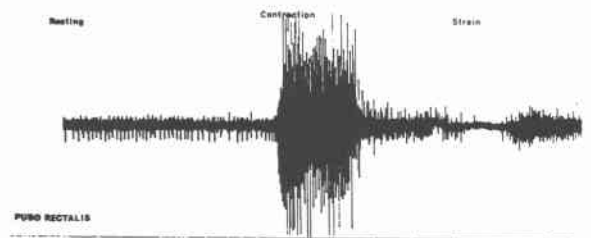


Fig. 6 Electromyography of the puborectalis muscle



させると正常の電気活動の激しい burst がおこり、怒積 (straining) により反射的に電気活動の抑制をきたし、便が排出される (Fig. 6)。この安静時の活動電位は他の骨格筋に見られない肛門括約筋に特徴的な所見であり、これは常に一定の緊張を保っていても疲労することなく睡眠時でも肛門を閉鎖状態に維持できる目的にかなった特性をあらわす。

これらの筋群は前述のごとく第2~4 仙髄を中枢とする陰部神経に支配されており、反射弓を形成している (Fig. 7)。したがって、さらに上位の脊髓で横断されている spinal paraplegia の場合には安静時の活動電位はみられるが、随意的に収縮させようとしても burst は見られない。一方、脊髓癱などで仙髄の後索が損傷されると随意収縮による burst はみられるが安静

時の活動電位はみられない。

外肛門括約筋内に針電極を刺入したまま、肛門周囲皮膚に100~150Vの電気刺激を与え、反射弓を介して得られる反応電位の有無、伝導時間を測定することにより、陰部神経の求心路または遠心路の異常を知ることができる (anal reflex)⁴⁾。

Table 1 に neuropathy による肛門括約筋不全症患者18例の anal reflex による伝導時間を示したが、健常者の8.9msec に対して不全症患者のそれは13.0msec と明かに延長している。

Fig. 7 Spinal arch

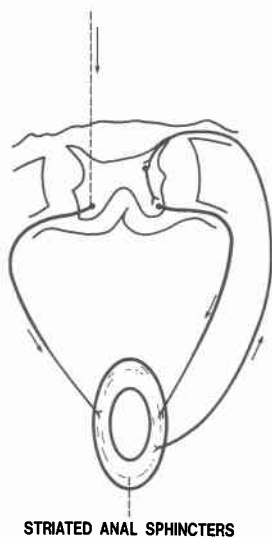


Table 1 Anal reflex

	LATENCY (msec.) (Mean±SD)
Normal n=13	8.9±1.2 (6.5~11.2)
Fecal Incontinence n=18	13.0±2.0 (8.5~16.5)
	p<0.01

また外傷による筋肉の断裂や鎖肛で、電極を肛門周囲の皮下に刺入し活動電位を探ることにより筋肉の mapping をおこない治療方針を決定することができる。

3. 病理組織学的特徴

局所麻酔下に肛門周囲皮膚を切開し、外肛門括約筋を露出し、生検組織を採取し、ただちに液体室内に凍結し酵素組織化学的特性を保った状態で組織化学染色を行う。

横紋筋を形成するおのおのの筋繊維は、それぞれ単一神経繊維により支配され、motor unit を形成しており、一般に、一本の支配神経により約500前後の筋繊維が支配されており、これが筋肉内にモザイク状に分布している。またそれぞれの支配神経の特性により筋繊維の組織化学的特性が異なっている⁵⁾。

Table 2 にその特性を示した。すなわち、横紋筋の筋繊維は、連続的に疲労することなく一定の筋肉の緊張を保つことのできる繊維 (Type 1) と、急激な筋肉収縮を司るが疲労しやすい繊維 (Type 2) とに大きく分

Fig. 8 The histochemical staining of muscle by ATP-ase (Ph 4.3)

Human normal external anal sphincter showing the type 1 fiber (black) predominance

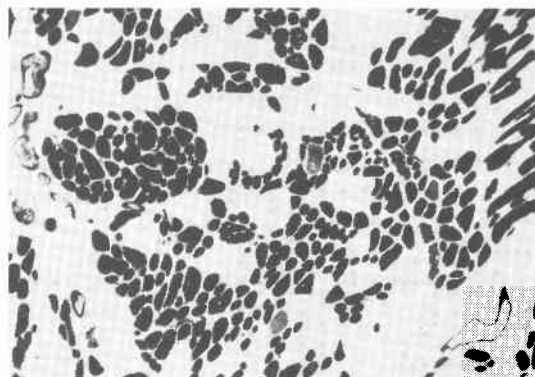


Table 2 Characteristic features of type 1 and type 2 fibres in skeletal muscle

Characteristic feature	Type 1	Type 2
Contraction speed	slow (tonic contraction)	fast (phasic contraction)
Reaction with :		
ATP ase pH 9.4	low	high
ATP ase pH 4.3	high	low
NADH tr.	high	low

類される。

Type 1, Type 2の筋繊維に含まれるATP (adenosine triphosphate)の組成が相違しているため, ATP-ase染色による染色性が異なることを利用してそれぞれの筋肉のType 1, Type 2繊維の分布をあらわすことができる。例えば薄筋の場合にはType 1とType 2繊維がほぼ同程度にモザイク状に分布しているが, それに対して, 外肛門括約筋は74%以上がType 1繊維で占められており (Fig. 8), 常に一定の緊張を保っていなければならない特性を示している⁶⁾。

そのほか, 外肛門括約筋を支配する陰部神経の損傷の結果, 各 motor unitの障害がそれぞれの筋繊維の萎縮や変性による変化をきたしたり, denervationより reinnervationの過程におこる筋繊維の分布の異常などの所見を酵素組織化学的染色により知ることができ

文 献

- 1) Parks AG, Swash M: Denervation of the anal sphincter causing idiopathic anorectal incontinence. *J R Coll Surg Edinb* 24: 94-96, 1979
- 2) Frenkner B, Von Euler C: Influence of pudendal block on the function of the anal sphincters. *Gut* 16: 482-489, 1975
- 3) Floyd WF, Walls EW: Electromyography of the sphincter ani externus in man. *J Physiol (Lond)* 122: 599-609, 1953
- 4) Henry MM, Swash M: Assessment of pelvic floor disorders and incontinence by electrophysiological recording of the anal reflex. *Lancet* 1: 1290-1291, 1978
- 5) Dubowitz V, Brooks MH: *Muscle Biopsy. A Modern Approach.* Saunders, London, 1973
- 6) Teramoto T, Parks AG, Swash M: Hypertrophy of the anal sphincter in haemorrhoids: A histometric study. *Gut* 22: 45-48, 1981

Functional Characteristic Features in Anatomy and Physiology of the Anal Canal

Tatsuo Teramoto

Department of Surgery, School of Medicine, Keio University

The anal function is controlled by the smooth and striated sphincter muscles which are innervated with the autonomic and somatic nerves respectively. Anatomically, the anorectal angle which is formed by an adequate forward pull of the puborectalis muscle is most important. In manometric study, resting pressure is a function mainly of the internal anal sphincter, and squeeze pressure is a function of the external anal sphincter. In electromyographical study, the external anal sphincter reveals continuous or basal electrical potentials in the resting state which is an unusual phenomenon for skeletal muscle. This feature means the anal canal can maintain in continuous tonic state all the time without fatigue. The same feature is provided as the type 1 fiber predominance by the histochemical staining of the external anal sphincter muscle. An assessment employing basic anatomical and physiological features of the anal canal may supply valuable information directly affecting diagnosis and treatment for various anal diseases.

Reprint requests: Tatsuo Teramoto Department of Surgery, School of Medicine, Keio University
35 Shinanomachi, Shinjuku-ku, Tokyo, 160 JAPAN