平成18年度日本眼科学会学術奨励賞　受賞論文総説

内眥部の解剖と導涙機構

柿﨑　裕彦
愛知医科大学眼科学講座

要　約

導涙機構は眼輪筋と密接に関連しており，涙嚢，涙小管は，Horner筋との関係によって，それぞれ2つの区域に分けられる．涙嚢では，その外壁がHorner筋と接する部分と接していない部分，涙小管では，Horner筋内を走行する部分とHorner筋外の部分である．涙嚢上半部は，Horner筋収縮時に拡張，弛緩時に収縮，また，涙嚢下半部は眼窩圧の影響を受けるため，Horner筋収縮時に収縮，弛緩時に拡張する．Horner筋内を走行する涙小管は，Horner筋収縮時に圧迫され，弛緩時に拡張する．Horner筋に覆われていない部分では，Horner筋収縮時に拡張，また，弛緩時にはHorner筋と前方のmedial canthal tendonによって圧迫される．この部分の動きが機能的弁を形成する．このような動的な導涙機構の他に，静的な導涙機構として，涙嚢や鼻涙管の壁構造の解剖から導涙機構の一部が導かれる．(日眼会誌 111：857—863，2007)

キーワード：眼輪筋，Horner筋，涙嚢，涙小管，medial canthal tendon

A Review

Medial Canthal Anatomy and the Lacrimal Drainage System

Hirohiko Kakizaki
Department of Ophthalmology, Aichi Medical University

Abstract

The Lacrimal drainage system has a close relationship with the orbicularis oculi muscle. The lacrimal sac and the lacrimal canaliculus are divided into 2 compartments by Horner's muscle. Namely, the lacrimal sac has one part attached to Horner's muscle and one part unattached, and the lacrimal canaliculus has one part in Horner's muscle and a part out side. The upper part of the sac dilates during contraction of Horner's muscle and is compressed during muscle relaxation. On the other hand, the lower part of the sac, affected by the orbital pressure, is compressed during contraction of the orbicularis oculi muscle, but dilates during relaxation. The lacrimal canaliculus in Horner's muscle is compressed during contraction of Horner's muscle, and dilates during muscle relaxation. However, the contraction of the Horner's muscle dilates the part of the canaliculus not covered by the muscle, but the muscle relaxation compresses the part between Horner's muscle and the medial canthal tendon. The movement of this part functions as a valve. In addition to this dynamic drainage, the architecture of the lacrimal sac and nasolacrimal duct aids the lacrimal drainage as a static drainage system.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi (J Jpn Ophthalmol Soc 111：857—863, 2007)

Key words：Orbicularis oculi muscle, Horner's muscle, Lacrimal sac, Lacrimal canaliculus, Medial canthal tendon

別刷請求先：480-1195　愛知県愛知郡長久手町大字岩作字雁又21　愛知医科大学眼科学講座　柿﨑　裕彦
(平成19年1月10日受付，平成19年3月15日改訂受理)　E-mail：cosme@d1.dion.ne.jp
Reprint requests to：　Hirohiko Kakizaki, M. D., Ph. D.　Department of Ophthalmology, Aichi Medical University. 21 Karimata-Yazako, Nagakute, Aichi 480-1195, Japan
(Received January 10, 2007 and accepted in revised form March 15, 2007)

I はじめに

内眥部の解剖については，これまでにさまざまな報告がある[1)~11)]．medial canthal tendon(MCT)は，古典的にはmedial canthal ligament(MCL)と呼ばれ，これは前枝と後枝に分かれ，後枝とは別にHorner筋が存在するとされた[1)2)4)]．しかし，1977年にJonesら[3)]がMCLは靱帯ではなく眼輪筋の腱である，と報告してから古典的解剖に対する再検証がなされた．JonesらはMCLの後枝も腱と報告したが，後にRitlengら[4)]はMCL後枝に相当するものは腱ではなくHorner筋であるとした．Ritlengらは，MCTを眼輪筋瞼板前部の腱で一様な腱組織と考えたが，Yamamotoら[6)]は眼輪筋瞼板前部だけでなく眼輪筋眼瞼部も含む筋線維の集合体と報告した．

涙嚢への眼輪筋の付着に関して，Jonesら[3)]は涙嚢の上部から外側部にかけてのlacrimal diaphragmに眼輪筋の付着があるとした．しかし，Fernandezら[5)]は涙嚢上部と前面のみに筋線維が付着することを報告し，また，Yamamotoら[6)]は涙嚢と鼻涙管の外側面には眼輪筋の付着がないことを報告した．

導涙機構を説明するうえで眼輪筋と涙道の関係を理解することは重要であるが，涙小管とHorner筋の関係が重視され，涙嚢や鼻涙管と眼輪筋の関係は軽視されてきた[1)7)12)]．Doane[12)]は涙小管ポンプを中心とした導涙機構説を報告したが，その中で涙嚢は単に貯留庫の役割しかないと推測した．その後，Becker[13)]は‘Tricompartment theory’を提唱し，涙嚢も導涙機構上重要な働きがあるとした．しかし，眼輪筋眼瞼部，眼窩部の動きを中心に涙嚢の動きを説明しており，Horner筋に関してはほとんど述べられていない．最近では，Amrithら[14)]の行ったmagnetic resonance imaging(MRI)を用いた研究により，一定数の瞬目に応じて，涙嚢内に貯留した液体が鼻涙管へ排出されていくことが示された．

以上のような動的な導涙機構の他に，最近では静的な導涙機構に関する研究も進んできた[11)15)~22)]．これは，涙嚢や鼻涙管の壁構造の解剖から導涙機構の一部を導いており，局所性，神経性の調節によって，涙液排出量が規定されるというものである．

本論文では，はじめに，内眥部の解剖を詳述し，その知見に基づいて，動的な導涙機構について述べる．また，静的な導涙機構に関しても述べ，動的導涙機構との関連を考察する．なお，今回提示した解剖写真を撮影するにあたり，御遺体や標本の取り扱いは人道的に行い，また，ヘルシンキ宣言の趣旨に従った．

II MCTの解剖[8)]

MCTは厚い前枝と，薄い後枝から構成される(図1A)．MCT前枝は，眼輪筋瞼板前部から連続する表層の白い腱組織(前葉)と，眼輪筋眼瞼部，眼窩部から連続する筋線維または筋腱移行部(後葉)からなる複合体である(図1A，B，C)．このため，MCTというよりは，前葉，後葉という異なる構造を含むため，medial canthal tendon complex(MCTC)といえる構造である．MCT後枝はHorner筋の前面を走行し，後涙嚢稜に付着する(図1A)．MCT後枝と涙嚢との間には厚い結合組織が存在する(図1A)．

III Horner筋の解剖[8)23)]

Horner筋は，内眥部に位置する眼輪筋構造の一部であり[1)]，後涙嚢稜とそのやや深部から起こり，前方に凸の弓状に瞼板に向かう(図1A，図2)．そして，眼窩側を走行する筋線維は直接，瞼板内に入り，前方を走行する筋線維は瞼板前面に至る．瞼板鼻側縁より耳側で睫毛根より瞼縁側に位置する眼輪筋をRiolan筋という[24)]．瞼板鼻側面に付着している構造は，この筋構造だけであり，靱帯様構造は付着しない．すなわち，瞼板鼻側面は靱帯で固定されているのではなく，Horner筋で固定されている．Horner筋は，涙小管外側部のほとんどを覆うが，Horner筋は総涙点のやや外側で後方に向かい涙小管からはなれる[23)]．Horner筋からはなれた涙小管は，その前面をすぐに眼輪筋眼瞼部からの線維に覆われる[23)]．

IV 内眥部眼輪筋の解剖[24)]

上眼瞼側の眼輪筋眼瞼部は涙嚢上部を覆い，一部後涙嚢稜にも付着している．前面から見ると，内側の線維は深部へ向かっており，一部はMCT前枝に付着する(図1B)．下眼瞼側の眼輪筋眼瞼部線維は後涙嚢稜に付着せず，前涙嚢稜やその周辺に付着している(図2)．一部はMCT前枝に付着する(図1B)．したがって，下眼瞼側の眼輪筋眼瞼部線維は涙嚢，鼻涙管の前面は覆うが，涙嚢下半部外側面と鼻涙管外側面は覆っておらず，同部は筋に裏打ちされていない．

V Levator aponeurosis，Capsulopalpebral fascia(CPF)の付着[9)]

Levator aponeurosisは，瞼板前面の下方1/3の部位，すなわち，瞼縁から約3 mmの部分に付着する．内眥部ではaponeurosisの内角を構成しており，MCTの上面に付着する(図3A)．CPFは，Capsulopalpebral head(CPH)がLockwood靱帯より瞼縁側で名称を変えた構造である(図3B)．CPHは，下直筋の筋膜から起始し，下斜筋を包み，Lockwood靱帯に至り，そこでCPFと名称を変え，下瞼板に付着する[9)]．途中，下眼瞼結膜嚢付近で大量の平滑筋線維を含む[25)]．この平滑筋線維は，眼球赤道部付近に大量に存在する平滑筋線維群(inframedial peribulbal muscle[26)])の一部であり，以前は，inferior palpebral muscle[27)]といわれた構造であ

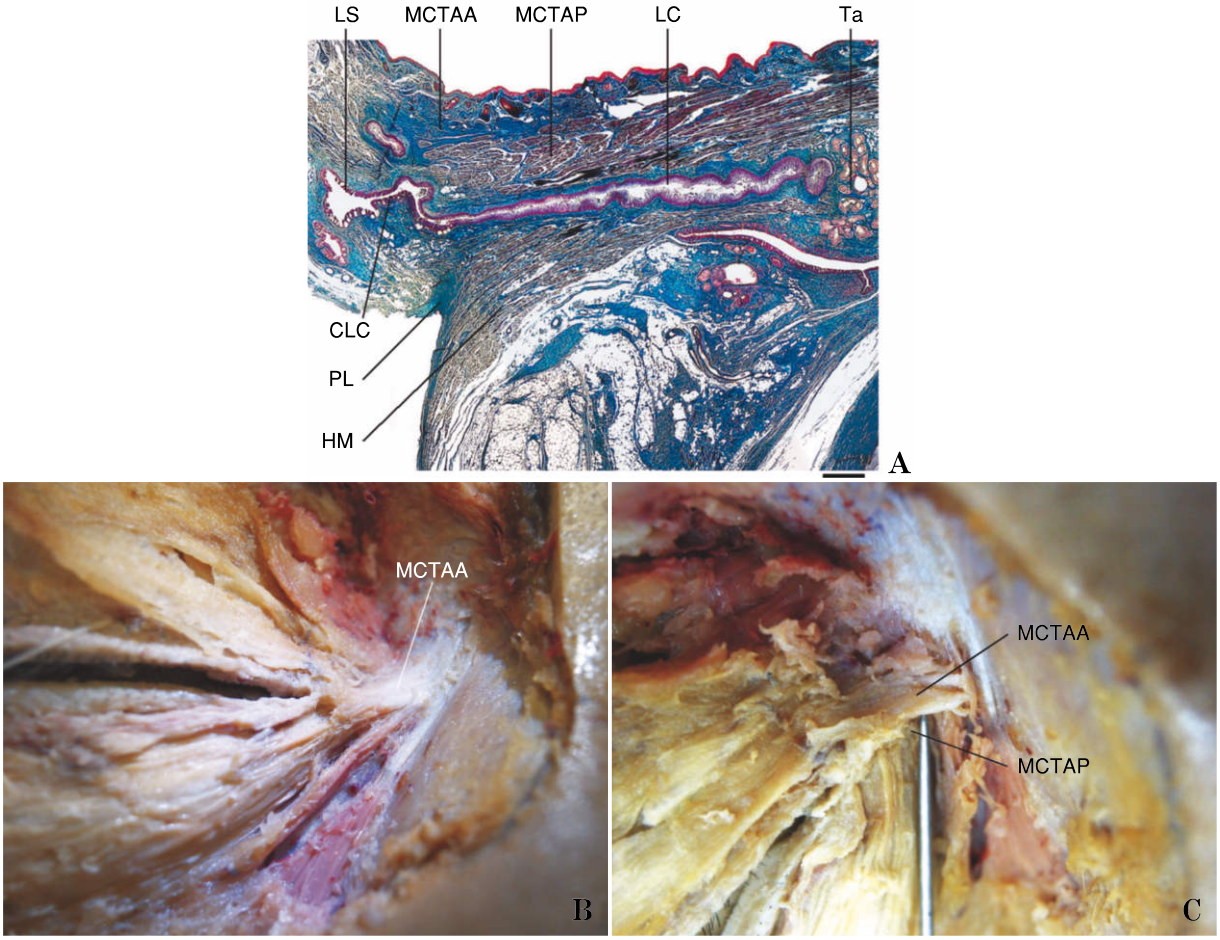

図 1　Medial canthal tendon の構造.

A：(左：鼻側，上：前方)．Medial canthal tendon(MCT)は厚い前枝と，薄い後枝から構成される．MCT 後枝は，Horner 筋の前面を走行し，後涙嚢稜に付着する．MCT 後枝と涙嚢との間には厚い結合組織が存在する．Horner 筋のうち，眼窩側を走行する筋線維は直接，瞼板内に入り，前方を走行する筋線維は瞼板前面に至る(Masson-trichrome 染色：bar＝1 mm)．LS：lacrimal sac. MCTAA：MCT anterior layer, anterior lobe. MCTAP：MCT anterior layer, posterior lobe. LC：lacrimal canaliculus. Ta：tarsus. CLC：common lacrimal canaliculus. PL：posterior lacrimal crest. HM：Horner's muscle.

B：(右：鼻側，上：頭側)．MCT 前枝前葉は，眼輪筋瞼板前部から連続する表層の白い腱組織である．MCTAA：MCT anterior layer, anterior lobe.

C：(右：鼻側，上：頭側)．MCT 前枝後葉は，眼輪筋眼瞼部，眼窩部から連続する筋線維または筋腱移行部(後葉)からなり，MCT 前枝前葉の下にもぐりこむように位置する．一部の線維は，MCT 前枝前葉に付着する．MCTAA：MCT anterior layer, anterior lobe. MCTAP：MCT anterior layer, posterior lobe.

る．また，CPF は，内眥部では Horner 筋の下側を走行し後涙嚢稜から涙嚢外側面に付着する(図 3 B)．

VI　涙嚢の導涙機構

眼輪筋の骨付着部付近には涙嚢が存在し，涙嚢の導涙機構には眼輪筋が関与する[9)13)]．涙嚢との関連で眼輪筋の構造をみると，上眼瞼側では Horner 筋が MCT 後枝と結合組織を介して涙嚢上半部外側面を覆っており，涙嚢上部の fornix には眼輪筋眼瞼部，眼窩部の深部線維が付着している[5)6)10)]．下眼瞼側眼輪筋は涙嚢と鼻涙管の前面のみ覆い，涙嚢外側壁，鼻涙管膜性部外側壁は覆っていない．これら構造から眼輪筋の涙嚢への作用は以下のように推定される．

涙嚢上半部では Horner 筋は前方へ凸の弓状構造をとっている．したがって，収縮すると筋は起始，停止間で最短距離をとるため，涙嚢からはなれる方向に動く．そして涙嚢壁は MCT 後枝，結合組織による牽引と弾性によって外方へ拡張する(図 4 A)．Horner 筋の弛緩時には再び Horner 筋は元の弓状構造をとり，涙嚢を内方へ押し，また，涙嚢も弾性のために収縮する[10)13)](図 4 B)．

涙嚢下部外側や鼻涙管外側は CPF に覆われている

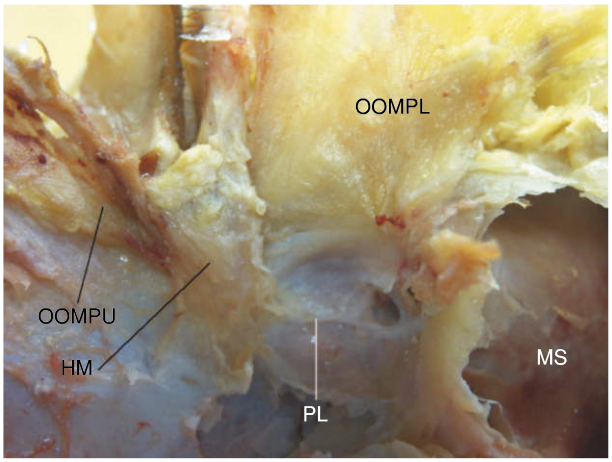

図 2　Horner 筋の解剖と涙嚢との関係.
(左：頭側，右：尾側，上：鼻側).
Horner 筋は，後涙嚢稜とそのやや深部から起こり，前方に凸の弓状に瞼板に向かう．下眼瞼側の眼輪筋眼瞼部線維は後涙嚢稜に付着せず，前涙嚢稜やその周辺に付着している．したがって，涙嚢，鼻涙管の前面は筋に覆われているが，涙嚢下半部外側面と鼻涙管外側面は筋に覆われていない．
OOMPU：orbicularis oculi muscle, palpebral part, upper. HM：Horner's muscle. OOMPL：orbicularis oculi muscle, palpebral part, lower. PL：posterior lacrimal crest. MS：Maxillary sinus.

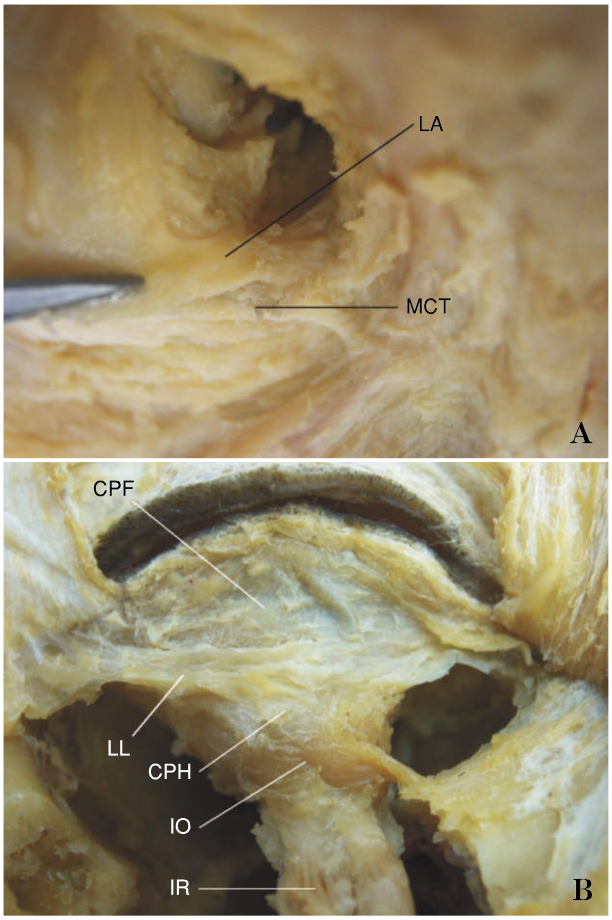

図 3　内眥部での levator aponeurosis と，下眼瞼 capsulopalpebral fascia.
A：(右：鼻側，上：頭側)．Levator aponeurosis は，MCT の上面に付着する．LA：levator aponeurosis. MCT：medial canthal tendon.
B：(上：頭側，右：鼻側)．Capsulopalpebral fascia (CPF) は，Capsulopalpebral head (CPH) が Lockwood 靱帯より瞼縁側で名称を変えた構造である．CPH は，下直筋の筋膜から起始し，下斜筋を包み，Lockwood 靱帯に至り，そこで CPF と名称を変え，下瞼板に付着する．また，CPF は，内眥部では Horner 筋の下側を走行し後涙嚢稜から涙嚢外側面に付着する．CPF：capsulopalpebral fascia. LL：Lockwood ligament. CPH：capsulopalpebral head. IO：inferior oblique muscle. IR：inferior rectus muscle.

が[9]，閉瞼時には CPF に緊張がかかっていないので眼窩圧の上昇に抗わず[9]，開瞼時には CPF に緊張がかかり涙嚢下部外側や鼻涙管外側を外側へ牽引する[9]．下眼瞼側の眼輪筋の収縮は涙嚢下部前面を深部方向へ押す．眼輪筋収縮時には眼球が約 1.5 mm 深部方向に陥凹するので[28]，眼窩内圧が上昇し，涙嚢下部外側や鼻涙管外側の bare な部分が内側へ押される．Horner 筋は瞼板へ直接付着しているので[8]，Horner 筋収縮時には瞼板を深部方向へ牽引する力となり眼窩内圧上昇に役立っている[8]．

涙嚢上部の fornix の部分には眼輪筋の付着があるため[5)6)]，筋収縮時は牽引され上方へ拡張する．この涙嚢の fornix に付着する眼輪筋は弛緩時には levator aponeurosis の内角によって拮抗され，至適筋長[29)30)]にまで弛緩し，次の収縮に備える[9]．涙嚢上部前面はほとんどすべてが MCT に覆われており[8]，眼輪筋の収縮方向から考えて，水平方向にしか力が加わらないので涙嚢に対する影響は少ない．

以上のように，眼輪筋の構造上からは，筋収縮時に涙嚢の下半部が圧迫され，上半部が拡張することになる．弛緩時はその反対に下半部が拡張し上半部が圧迫される．これは，Becker の報告 (tricompartment theory)[13] を裏付ける結果である．Becker は涙嚢鼻腔吻合術後のドレナージ孔から内視鏡で涙嚢壁の動きを観察し，眼輪筋の収縮時は涙嚢の下半部が陥凹，上半部が拡張，弛緩時は涙嚢の下半部が拡張し，上半部が陥凹することを報告した．涙嚢上半部と下半部の境界は総涙点の下方約 2〜3 mm とされたが，その部は下眼瞼側の Horner 筋の下端に一致する．また，Amrith ら[14]によると，涙液の動きは 1 回の涙嚢の動きと対応するのではなく，7〜8 回の動きの後に，涙嚢内に貯留した涙液が，一塊として下流に押し出される．

Ⅶ　涙小管の導涙機構

涙小管の導涙機構については Doane が詳細に報告し

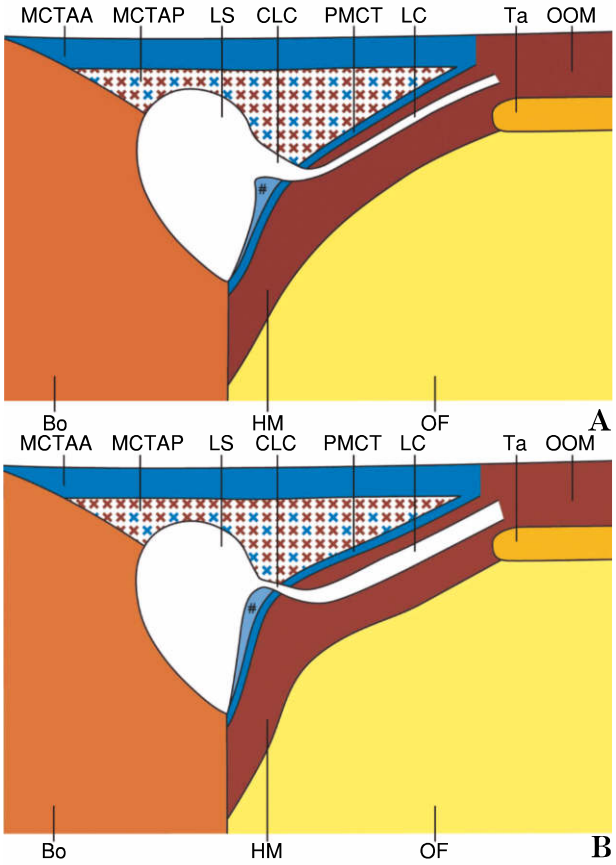

図 4　涙嚢上半部軸位断面の模式図.

A：閉瞼時．眼輪筋，Horner 筋は収縮する．Horner 筋は瞼板と後涙嚢稜を最短にするように収縮するため涙嚢からはなれ，したがって，涙嚢は medial canthal tendon(MCT)後枝や結合組織に牽引され拡張する．また，Horner 筋内を走行する涙小管は Horner 筋の収縮によって圧迫される．総涙小管は深部方向に牽引され MCT 前枝からの圧迫から逃れ，Horner 筋に隣接する結合組織によって牽引され拡張し，総涙点は拡張する．

B：開瞼時．眼輪筋，Horner 筋は弛緩するため，Horner 筋は orbital fat に押され前内方に凸の弓型になり，MCT 後枝，結合組織を介して，涙嚢を圧迫する．総涙小管は前方に押され，その前方にある MCT 前枝と後方の Horner 筋に挟まれ，総涙点は閉塞する．Horner 筋に包まれている涙小管は Horner 筋の圧が低下するため拡張する．

MCTAA：MCT anterior layer, anterior lobe. MCTAP：MCT anterior layer, posterior lobe. LS：lacrimal sac. CLC：common lacrimal canaliculus. PMCT：posterior branch of the medial canthal tendon. LC：lacrimal canaliculus. Ta：tarsus. OOM：pre-tarsal part of orbicularis oculi muscle. Bo：bone. HM：Horner's muscle. OF：orbital fat. #：connective tissue.

(柿﨑裕彦，木下慎介：涙液のメカニズムと眼瞼へのアプローチ．眼科手術 20(3), 2007 より許可を得て転載)

ているが[12]，Horner 筋や MCT 後枝，これらに隣接する結合組織などの解剖学的知見に基づいて涙小管との関係を述べたものはない．また，Doane は総涙点付近で の valve like structure の存在を強く推測しているが，その実体は示されていない．そこで，これらを加味した涙小管の導涙機構を以下に考察する．涙小管は Horner 筋とはなれた後，すぐに上下が合流して総涙小管になるので，ここで Horner 筋に覆われている涙小管を「涙小管」，Horner 筋に覆われていない涙小管を「総涙小管」として説明する．

Horner 筋は弛緩時には前方に凸の弓状の構造をしている．収縮すると起始，停止間で最短距離をとるため，弓なりの形状は直線的になろうとする．すなわち，Horner 筋は，涙嚢からはなれる方向に動くため，涙嚢は外側にふくらみ，上・下涙小管を圧平し起始方向である後内方に牽引し，涙液を総涙小管方向に排出する[13)14)](図 4 A)．また，総涙小管は MCT 前枝と接しているが，Horner 筋の収縮時には，涙小管は後方に牽引されるので MCT 前枝からの接触圧は小さい．したがって，総涙小管は下方の結合組織の牽引により拡張する．総涙点も上眼瞼側眼輪筋眼瞼部の筋収縮による上方への牽引や下方の結合組織の牽引により拡張する．その結果，涙液は涙小管から涙嚢に流入する．また，弛緩時はこの逆で，Horner 筋は再び弓なりの形状をとろうとするため前外方に動き，涙嚢上部は収縮し，圧平されていた上・下涙小管は拡張し耳側に移動し，涙点から涙液を吸引する(図 4 B)．この涙点からの吸引は，毛管現象[1)]や涙小管内の陰圧[12)]が動力源となっている．総涙小管は涙嚢外側壁の前方に位置し，MCT 前枝と接している．総涙小管は Horner 筋の弛緩により前内方に動くが，このため Horner 筋と MCT 前枝に圧平される格好となる．また，総涙点は自らの弾性によっても縮小する[12)13)]．開瞼時には MCT 前枝は上眼瞼挙筋腱膜内角によって深部方向に牽引されるので[9)]さらに総涙小管を圧迫できる．このような機構で涙嚢からの逆流を防いでいると考えられる．

現在までに涙小管のポンプ機能の重要性を提唱した報告は多いが[1)7)12)13)28)]，涙小管の全長を 1 つの区画と考えていた．しかし，解剖学的には涙小管は 2 つのコンパートメントに分かれ，また，その結果に基づいて，導涙機構を考察する必要がある[22)]．総涙小管は 1〜2 mm 程度の長さしかないため[31)]，総涙点という点ではなく，総涙小管も含めて本研究で考案したような機能的弁を構築していると考えるのが妥当と思われる．総涙小管開口部には Rosenmüller 弁は存在しないため[16)19)31)]，Rosengren の推定した総涙点部における valve like structure[7)]は実際には valve ではなく，Horner 筋，涙小管の動き，MCT 前枝から機能的に構築された valve mechanism と考えられる．Rossomondo ら[32)]は radioactive tracer を使って総涙小管付近の機能的な閉塞部位をガンマカメラで観察したが，その実際はこの valve mechanism をみていたと考えられる．

Ⅷ 静的な導涙機構

厳密には内眥部の解剖との関連は小さいが，現在，導涙機構を考えるうえで無視できない概念となっているので，静的な導涙機構も理解する必要がある．静的とはいえ，若干の動きは伴うが，これは涙嚢壁内，鼻涙管壁内の局所性，神経性調節による導涙機構である[11)15)~22)]．涙嚢壁，鼻涙管壁は，微絨毛をもつ円柱上皮とその下層に1層の基底細胞層を含む[19)21)]．粘膜下組織内には多数の血管を含み，1種類の動脈(barrier artery)，2種類の静脈成分(capacitance vein，throttle vein)[16)19)]，また，多数の神経線維を含み[15)19)]，海綿状組織を形成する．鼻涙管下部の同組織は下鼻道の海綿状組織と連続する[11)]．

動脈の血流が増え，throttle veinからの排出が減少すれば，capacitance veinに貯留する血液が増加し，その結果，涙嚢壁，鼻涙管壁は肥厚する[19)]．この現象は涙液排出を抑制したい状況，すなわち，眼表面への異物の接触，または，涙腺からの分泌が亢進した場合に生じる．Narioka ら[22)]によると，副交感神経作動薬の点眼によっても同様の反応がみられる．一方，動脈の血流が減少し，throttle veinからの排出が増加すれば，capacitance veinに貯留する血液が減少し，その結果，涙嚢壁，鼻涙管壁は薄くなる[19)]．この状態は交感神経作動薬点眼時に生じる[18)19)22)]．実際の神経刺激によって生じる涙嚢壁，鼻涙管壁の反応をみた報告はないが，以上の結果から，涙嚢壁，鼻涙管壁の血流調節は自律的に行われている可能性がある[15)19)]．

また，海綿状組織内には，螺旋状に上流から下流へ走行するコラーゲン束，弾性線維，細網線維が存在する[11)19)]．この線維束の配列と動的導涙機構が連動し，効率的に涙液が下流へ排出されると推測されている[11)19)]．

Ⅸ おわりに

内眥部の解剖と導涙機構との関係を詳述した．内眥部の眼輪筋は三次元的に配置されており，また，動的導涙機構においては涙嚢，涙小管はそれぞれ2つの区画に分かれていた．すなわち動的導涙機構の理解には，内眥部眼輪筋の三次元構造とtetra-compartmentの導涙機構を理解する必要がある．また，涙嚢壁，鼻涙管壁が関与する静的な導涙機構も合わせて理解することによって，導涙機構全体を総合的に理解することができる．解剖，生理は病理の基礎となるため，導涙機構の理解は涙道疾患を理解するための礎石となると考える．

稿を終えるにあたり，受賞講演の機会を与えて下さいました学術奨励賞選考委員各位，第111回日本眼科学会総会長下村嘉一教授に心より感謝申し上げます．また，研究面でのご指導をいただいた愛知医科大学眼科学講座岩城正佳教授，雑喉正泰助教授，ご遺体の使用を許可していただいた愛知医科大学解剖学講座中野 隆教授，浅本 憲教授，組織染色を担当していただいた元愛知医科大学病理学第2講座宮石 理助教授に感謝いたします．

文 献

1) **Jones LT**：Epiphora：its relation to the anatomic structure and surgery of the medial canthal region. Am J Ophthalmol 43：203—212, 1957.
2) **Nagashima K, Araki K**：On the lacrimal part of the orbicularis muscles with special reference to the suc dilators. Jpn J Ophthalmol 7：220—226, 1963.
3) **Jones LT, Wobig JL**：New concepts of tear duct and eyelid anatomy and treatment. Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol 83：603—616, 1977.
4) **Ritleng P, Bourgeon A, Richelme H**：New concepts of the anatomy of the lacrimal apparatus. Anat Clin 5：29—34, 1983.
5) **Fernandez-Valencia R, Gomez Pellico L**：Functional anatomy of the human saccus lacrimaris. Acta Anat 139：54—59, 1990.
6) **Yamamoto H, Morikawa K, Uchinuma E, Yamashina S**：An anatomical study of the medial canthus using a three-dementional model. Aesth Plast Surg 25：189—193, 2001.
7) **Rosengren B**：On lacrimal drainage. Ophthalmologica 164：409—421, 1972.
8) **Kakizaki H, Zako M, Mito H, Miyaishi S, Nakano T, Miyagawa T,** et al：The medial canthal tendon is composed of anterior and posterior lobes in Orientals and fixes the eyelid complementarily with Horner's muscle. Jpn J Ophthalmol 48：493—496, 2004.
9) **Kakizaki H, Zako M, Nakano T, Asamoto K, Iwaki M**：The medial horn and capsulopalpebral fascia in the medial canthus are significant antagonists of the orbicularis oculi muscle for lacrimal drainage. Ophthalmologica 218：419—23, 2004.
10) **Shinohara H, Kominami R, Yasutaka S, Taniguchi Y**：The anatomy of the lacrimal portion of the orbicularis oculi muscle(tensor tarsi or Horner's muscle)：Okajimas Folia Anat Jpn 77：225—232, 2001.
11) **Thale A, Paulsen F, Rochels R, Tillmann B**：Functional anatomy of the human efferent tear ducts：a new theory of tear out flow mechanism. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 236：674—678, 1998.
12) **Doane MG**：Blinking and the mechanism of the lacrimal drainage system. Ophthalmology 88：844—851, 1981.
13) **Becker BB**：Tricompartment model of the lacrimal pump mechanism. Ophthalmology 99：1139—1145, 1992.
14) **Amrith S, Goh PS, Wang SC**：Tear flow dy-

namics in the human nasolacrimal ducts-a pilot study using dynamic magnetic resonance imaging. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 243：127—131, 2005.
15) **Paulsen F, Hallmann U, Paulsen J, Thale A**：Innervation of the cavernous body of the human efferent tear ducts and function in tear outflow mechanism. J Anat 197：177—187, 2000.
16) **Paulsen FP, Thale AB, Hallmann UJ, Schaudig U, Tillmann BN**：The cavernous body of the human efferent tear ducts：function in tear outflow mechanism. Invest Ophthalmol Vis Sci 41：965—970, 2000.
17) **Thale A, Paulsen F, Kohla G, Schauer R, Rochels R, Tillmann B**：The efferent lacrimal ducts of the human. Morphological and biochemical studies. Ophthalmologe. 98：67—73, 2001.
18) **Ayub M, Thale AB, Hedderich J, Tillmann BN, Paulsen FP**：The cavernous body of the human efferent tear ducts contributes to regulation of tear outflow. Invest Ophthalmol Vis Sci 44：4900—4907, 2003.
19) **Paulsen FP, Schaudig U, Thale AB**：Drainage of tears：impact on the ocular surface and lacrimal system. Ocul Surf 1：180—191, 2003.
20) **Paulsen F**：The human nasolacrimal ducts. Adv Anat Embryol Cell Biol 170：III—XI, 1—106, 2003.
21) **Paulsen F, Thale A, Kohla G, Schauer R, Rochels R, Parwaresch R,** et al：Functional anatomy of human lacrimal duct epithelium. Anat Embryol(Berl) 198：1—12, 1998.
22) **Narioka J, Ohashi Y**：Changes in lumen width of nasolacrimal drainage system after adrenergic and cholinergic stimulation. Am J Ophthalmol 141：689—698, 2006.
23) **Kakizaki H, Zako M, Miyaishi O, Nakano T, Asamoto K, Iwaki M**：The lacrimal canaliculus and sac bordered by the Horner's muscle form the functional lacrimal drainage system. Ophthalmology 112：710—716, 2005.
24) **Lipham WJ, Tawfik HA, Dutton JJ**：A histologic analysis and three-dimensional reconstruction of the muscle of Riolan. Ophthal Plast Reconstr Surg 18：93—98, 2002.
25) **Kakizaki H, Zhao J, Zako M, Nakano T, Asamoto K, Miyaishi O,** et al：Microscopic anatomy of Asian lower eyelids. Ophthal Plast Reconstr Surg 22：430—433, 2006.
26) **Miller JM, Demer JL, Poukens V, Pavlovski DS, Nguyen HN, Rossi EA**：Extraocular connective tissue architecture. J Vis 3：240—251, 2003.
27) **Jones LT**：A new concept of the orbital fascia and rectus muscle sheaths and its surgical implications. Trans Am Acad Ophthalmol 72：755—764, 1968.
28) **Doane MG**：Interaction of eyelids and tears in corneal wetting and the dynamics of the normal human eyeblink. Am J Ophthalmol 89：507—516, 1980.
29) **Berne RM, Levy MN**：Principles of physiology. 3rd edition. Mosby, St Louis, 2000.
30) **Gordon AM, Huxley AF, Julian FJ**：The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibers. J Physiol 184：170—192, 1966.
31) **Tucker NA, Tucker SM, Linberg JV**：The anatomy of the common canaliculus. Arch Ophthalmol 114：1231—1234, 1996.
32) **Rossomondo RM, Carlton WH, Trueblood JH, Thomas RP**：A new method of evaluating lacrimal drainage. Arch Ophthalmol 88：523—525, 1972.