

り、曇り止めのテープ処理がしてあったりすることで判断する(写真 17-3)。

一方、表裏は通常山折れが上向きなのが内側である(写真 17-4)。

⑥帽子

帽子は各種デザインを備えている場合が多い(写真 17-5)。くれぐれも頭髪の露出することのないように、自分にあったものを選ぶこと

4. 手術野の清潔と手術室実習

手術室は清浄な状態でなければいけないので、入室及び室内での活動には標準予防等のルールがある。指導のポイント③

手術室内にあるものはすべて清潔であり、勝手に触ったり物を置いたりしてはいけない。麻酔器及び麻酔カートの上も、時として清潔物を置く場合があるので、必ず指導者に確認すること(表 17-2)。

教科書等の資料は控え室に置く方がよい。メモ帳は指導医に確認の上、麻酔カートやモニターの上を使用させてもらうようにする。

①入室の実際

履き替えと着替えは指示どおり行う。麻酔医が不在のときは、手術室看護師に相談する。入室から帰室までの流れを図 17-1 に示した。

②挨拶と名札

手術室内でスクラブ衣を着てマスクをすると、個人識別は困難になるので、読みやすい名札を準備する。ただし、名札の脱落がないよう取り付けには注意する。

担当麻酔医以外のスタッフにとって、受講者は「よそ者」であるのではっきりと挨拶をする。

手術室入室の際は、挨拶のあとすぐに(帽子マスク履き替え等で手の汚染が考えられるので)手洗いをする。ただし、(最初の症例に備えて)スクラブナースが手洗いを始めている場合は、(たとえ自分の好みのタイプであっても)そばに寄らず、なるべく離れた場所で手洗いをする。この場合、衛生的な手洗いでよい(マクドナルドのトイレに書いてある方法)。速乾性手指消毒薬も有用である。

5. 安全な脱衣

①手術衣

手術室内では、「手術衣」と呼ばれる上に滅菌された手術着(スクラブ衣)を着用する(写真 17-6)。一般に手術室内へ入室する際の手術衣は滅菌されていないので、更にもう一枚滅菌手術着が必要となるのである。

SSI に従い、血液体液等で汚染したらただちに交換すること。指導のポイント④

②inside out

外側に存在するかもしれない汚染を考慮して、スクラブ衣は必ず内側が外になるよ

うに脱ぐこと。上着を脱ぎ終えるまで、マスク・ゴーグル・帽子等の感染予防具は脱がない。

③手袋の脱ぎ方

一方の手で反対側の手掌部の手袋をつかんで脱ぐ(写真 17-7)。脱いだ手袋を保持したままで、裸になった手を残っている手袋の内側に手背面を外にして指を入れ、手袋を破かぬよう注意しながらはずす。この際、手袋の外側が内側に入るよう留意する。手袋を脱いだら、直ちに手洗いをする。

④手袋の交換

スタンダードプレコーションに従って、血液や体液に触れた場合は直ちに手袋を交換する。指導のポイント⑤

汚染した手袋で他のものに触れないように注意する。挿管操作の後、手袋を交換してからバッグを圧すか、交換せずに圧すかは前もって打ち合わせること。

⑤一時的外出時の着替え

CDC のガイドラインでは、スクラブ衣のまま外に出るのは一向にかまわないことになっているが、実習先病院の方針に従うこと。無用な軋轢を生じないように注意すること。指導のポイント⑥

6.麻酔の実際

(1)準備

手術の際の気管挿管の準備は、病院外で気管挿管を行うものと全く異なる。一般的に気管チューブは細めのものを用意する(♂8mm、♀7mm)。透明なものがよい。カフのリークチェックを指示された場合、大気圧中で無用な高圧をかけるのはよくないので、急激に膨らませたり大きく膨らませたりしないよう注意する。また、カフのシリンジとの接続部はやさしく扱うようにする。

(2)吸引

吸引器が働くことを確認し、太めの吸引カテーテル等を接続しておく。

(3)固定具

AHA 推奨の固定具を使っているところはまだ少ない。テープで固定する場合、固定法は千差万別である。ちなみに筆者は、

①右上顎からチューブのみを一回転して左上顎に 1 本

②右下顎からチューブとバイトブロックを一回転し、左上顎に 1 本

③どちらも骨の上からテープを止め始める

という方法をとっている。

(4)患者入室時

患者入室時には、マスクをはずしてから名札をみせ、インフォームドコンセントのときと同様に姓名を名乗る。患者確認時には自分も参加する(「容貌、体型等が昨日の患者と一致します」などと告げる)。また、教科書では触れていないが、生年月日の確認をするところもある。

(5)モニター装着

心電図電極、血圧計、パルスオキシメーター等を装着し、バイタルサインをとる。

(6)導入とマスク換気

麻酔導入にあたっては、指導医が睡眠導入剤を投与するときにこれから眠くなる旨、患者に伝える。指導のポイント⑦

酸素を 6l/分以上の流量でマスクを通して投与するが、入眠前はマスクを密着する必要はない。入眠の確認は、返事の有無、睫毛反射の消失等で確認する。入眠後マスクを密着し換気を行う。指導のポイント⑧

通常のバッグ・バルブ・マスクと異なり、麻酔器の患者回路ではバッグが自張式でないので呼気抵抗も呼気の具合もまっすぐに手のひらに返ってくる。この感触は気道の状況を知る上で大切なものなのでしっかりと覚えておく。また、換気中のカブノグラフと SpO₂ をみる。指導のポイント⑨

(7)筋弛緩

手術室麻酔では十分な筋弛緩の後、気管挿管をする。このため麻酔医がどうやって筋弛緩の状態を観察しているかに留意する。筋弛緩モニターを使う場合も多い。不十分な筋弛緩では正しい挿管は難しい。

(8)開口から挿管

開口時の歯牙の損傷には特に注意する。みやすいように指導医に BURP してもらうようにする。実際の間人は、人形よりはるかに軟らかく傷つけやすいので、喉頭鏡の挿入時には最大の注意を払う。

(9)挿管の確認

気管挿管に成功したら、気管チューブを左手で保持し(親指で蛇管、Y ピース又はフィルターを下から支え、人差し指でエルボーコネクターを中指と薬指で気管チューブを支え、小指はほほに密着させる)、右手でバッグを加圧する(この右左は原則、逆でもできる)。指導医に挿管の確認をしてもらうか、自分で聴診する(指導医に聴診器をあててもらい自分で聴診するか、あるいは自分で聴診器をもち、指導医にバッグを圧しても

らう)。確認後、チューブを固定する。

(10)挿管中の移動

脳外の麻酔等で、手術終了時に挿管のまま検査等の移動をする場合がある。外傷を学んだ救急救命士にとって相当危なくみえると思う。指導者にうまく助言するようにしよう。指導のポイント⑩

ちなみに、手術室内で NC, BB と呼んでも理解されにくい。

(11)モニター

SpO₂, ETcO₂, BP, ECG 等のモニターの意味をよく考える。自身の症例以外でも観血的動脈圧やスワンガンツ等があれば見学をする。ただし、この二者の見学では清潔に留意すること。指導のポイント⑪

厚生科学研究補助金（医療技術評価総合研究事業）

分担研究報告書（平成 16 年度）

分担研究者 森田 昌宏 国土舘大学 講師

研究課題 : 担研究項目「気管挿管講義ハンドアウトの作成」

課題番号 : H16-医療技術評価総合研究事業-015

「気管挿管講義指導者用ハンドアウトの作成」

1.気管挿管に必要な解剖の知識

1.解剖学を学習する目的

気管挿管は物理的損傷や生理変化等、様々な危険性が伴う非常に侵襲的な処置である。気管挿管を安全に実施するには気道のみならず、周囲の構造や生理的特徴を正確に理解する必要がある。また、他の医療従事者に正確に情報を伝えるため(たとえばオンラインメディカルコントロール等においても)、詳細な名称等も知っておく必要がある。さらに、気管挿管は1名でできる手技ではないため、これらの構造や名称、そして気管挿管時の介助方法等を正確に他の隊員に教育できる知識が必要となる。

すなわち、表 1-1 に示した事項が気管挿管に関する解剖学を学習する目的となる。

指導のポイント①:

解剖学は医学の基礎として救急救命士養成課程の初期に学習するが、その後の学習機会が少なく忘れられがちである。気管挿管に関する解剖学教育においては、基礎的内容はもちろん、臨床解剖学として実際の行為と関連付けた解剖学を理解させる必要がある。

また、とかく受身になりがちな教育であるが、実際に現場で挿管を実施するまでには、受講生自身が医療従事者として他の隊員に指導者として教育しなければならない点も強調すべきであろう。

2.気道の解剖学

気道は、鼻腔・口腔から咽頭、喉頭、気管、気管支を経て肺にいたる呼吸時の空気の通り道で、生命が営まれている限り通常は開通している。人間は常に呼吸をしており、長時間呼吸を止めておくことは不可能である。

また、声を出すためには肺から出た空気が声帯を通り(すなわち喉頭を通る)口から出る必要があり、話している際も常に気道は開通している。逆にいえば気道が生理的に閉塞するのは、食物を嚥下するときのみといえる。

様々な病態により気道が閉塞する場合、種々の器具を用いて気道確保を行う必要がある。気管挿管はその中でも侵襲的な方法であるが、同時に確実な気道確保法となる。

指導のポイント②:

この部分では基礎的な解剖学的知識の再確認を行う。同時に生理的な作用の一部も述べる。構造と生理的作用が密接に関連していることを伝えられれば、とかく暗記科目になりがちな両者の理解も深まる。

また、この部分では比較的細かな解剖学的名称も教育すべきであろう。このことは目標にもあげた、正確に理解し伝えるための最低限必要な知識となる。

(1)鼻腔の解剖

鼻腔は前方の外鼻口から始まり、後方では後鼻口により咽頭鼻部(上咽頭)とつながっている。

鼻腔の生理的作用は鼻腔上方では嗅いの感知、他の部分では吸気の加温・加湿、空気中微小異物の除去である(図 1-1)。

気管挿管時は正常の呼吸と異なり、これらの作用が失われるため、吸気の加湿が必要となり、長期間の挿管では感染症にも注意が必要となる。

鼻腔の解剖学的構造は、正中に鼻中隔が存在し、内側壁として鼻腔を左右に分ける。

外側壁では上鼻道に篩骨洞後部の開口部、中鼻道に半月裂孔(上顎洞、前頭洞、篩骨洞の前中部から開口)、下鼻道に鼻涙管がそれぞれ開口している。上鼻道の更に上方は蝶篩陥凹と呼ばれ蝶形骨洞が開口している。副鼻腔はこれら開口部のみにより鼻腔と交通しているため、閉塞が起これるとしばしば副鼻腔炎が起これる。

外側壁からは上中下の鼻甲介が鼻腔内に突出し、一側の鼻腔を更に上・中・下の各鼻道に分けている。鼻甲介が存在することにより鼻粘膜の表面積が飛躍的に増大し、生理的作用を増強している。

鼻腔上壁は鼻骨、前頭骨、篩骨、蝶形骨で構成されており、このうち篩骨は嗅覚をつかさどる嗅神経が骨をつらぬき鼻腔内に出てくるため、厚さ数ミリと非常に薄い骨となっている。

下壁は口蓋により口腔と隔てられている。

指導のポイント③:

鼻腔は救急救命士が行う気管挿管時には通常関与しないが、気管挿管にいたるまでの気道確保にとって重要な知識となる。そのため経鼻エアウェイに関連した部分は強調すべきである。

鼻腔内の構造で気道確保(経鼻操作)に関連して特に注意すべき解剖学的構造として、鼻腔上壁と鼻中隔がある。

外側壁からは鼻甲介が突出しており、外鼻孔からチューブ等を挿入すると上方か内側下方にしかチューブが進みにくいが、経鼻操作の際はチューブを上方に向けるのではなく後方に向かって進める必要がある。また、顔面骨骨折の際には経鼻操作による鼻腔上壁の損傷(さらにはそのすぐ上にある脳の損傷)を防ぐために、経鼻操作は禁忌となっている。

鼻中隔では前篩骨動脈、蝶口蓋動脈が鼻中隔前下部で毛細血管網をつくっており(キセルバツハ部位)、鼻中隔の粘膜を損傷すると出血が起これやすい。

指導のポイント④:

通常のエアウェイ挿入で挿入の方向と正中を沿わせる理由(鼻甲介の存在)と注意点(キセルバツハ部位の損傷による出血)を理解させる必要がある(図 1-2)。

また、「救急救命士標準テキスト追補版」(以下、テキスト)の図では前頭蓋窩部分の篩骨が厚く書かれているが、この部分は非常に薄い骨である(特に正中に近い部位)。このことが顔面骨折時に経鼻エアウェイが脳頭蓋内に迷入しないよう禁忌となっている理由であるため注意する必要がある。

(2)口腔の解剖

口腔は口唇により囲まれる口裂から始まり、後方では口蓋垂(Uvula)、口蓋舌弓、口蓋咽頭弓、舌根で構成される口峽により咽頭口部(中咽頭)とつながっている(図 1-3)。口腔の生理的作用は食物の咀嚼と嚥下、味覚の感知等の食物の消化に関連したものと呼吸や構音に関連したものがある。

口腔の解剖学的構造は、歯列により口唇と歯列間の口腔前庭と歯列以後の固有口腔に分けられる。歯列は成人では正中から上下左右対称に切歯 2、犬歯 1、小白歯 2、大白歯 3本の計 32本の歯で構成されている。

口腔は上壁の硬口蓋と上顎・下顎を除き軟部組織で構成されている。口腔の上壁を構成する口蓋は前方の硬口蓋を除き後方は筋で構成された軟口蓋となっている。

口腔の下壁を構成するのは舌で、大きな筋のかたまりである。このため意識障害で筋の緊張(特にオトガイ舌筋)が保てなくなると、下顎が下がり、さらに舌根沈下が起きて気道を閉塞する。

口腔の後方は口峽により咽頭口部(中咽頭)とつながっている。口峽を構成するのは口蓋舌弓・口蓋咽頭弓(それぞれ同名の筋により構成:口蓋舌筋・口蓋咽頭筋)と舌根及び上方の口蓋垂(Uvula)である。口蓋舌弓・口蓋咽頭弓の間には口蓋扁桃があり舌扁桃などとともにワルダイエルのリンパ咽頭輪を構成して異物の進入を監視している。小児ではこれらの扁桃腺が肥大すると口峽が狭くなり、呼吸困難に陥ることがある(アンギーナ)。また扁桃腺は動静脈が多く入り血流が豊富なため・損傷の際には出血を起こすことがある。

指導のポイント⑤:

口腔は気管挿管時の視線の通過部分となる。そのため構造やその名称を正確に理解する必要がある(図 1-4)。

歯は加齢に伴い減少することも多いが、挿管操作の際に喉頭鏡では傷つけてはならない。特に上切歯は不適切な喉頭鏡の使用で用意に折れるため注意が必要である(喉頭鏡の使用法として後述)。

口腔は咀嚼のための硬組織(歯・上顎・下顎)と嚥下のための軟組織の部分がある。すなわち口腔内の構造は歯や骨などの硬組織を除き、可動性があるということである。テキストの図では軟口蓋にも骨が描かれているため注意が必要である。

多くの侵襲的処置ではその位置を決める基準は骨又は軟骨に求められる。これは軟部組織に比べ可動性が少ないためである。このため気管挿管では口腔内の構造ではなく、喉頭蓋(軟骨)が位置決め基準となっている。

(3)咽頭の解剖

咽頭は鼻腔・口腔・気管(喉頭)・食道を結び、呼吸器系(気道)と消化器系が交わる重要な部位である。上下に長く(約 12cm)、上方より順に咽頭鼻部・咽頭口部・咽頭喉頭部の 3 部に分けられる。咽頭後壁は上・中・下咽頭収縮筋及び輪状咽頭筋により構成され、そのすぐ後方は頸椎となっている(図 1-5)。

咽頭の生理的作用は気道を通る空気と消化器系を通る食物を誤嚥しないように振り分ける作用である。通常は気道として開通しているが、食物が通る際には反射的に嚥下運動が起こり、食物が気管に入らないようにしている(詳細後述)。

指導のポイント⑥:

咽頭は鼻腔・口腔・喉頭の後方に位置しており、気道と消化器系が交わる複雑な構造をしている(図 1-6、1-7)。

この部分の視野を十分に確保することが喉頭口・声帯を目視するためには重要となるため、スライド等を用い各部位の名称を理解させる必要がある。

咽頭正中断の図を用い鼻部、口部も含めた咽頭腔の全体的な構造を理解させる。

また咽頭後壁は椎骨前面にあること等、周囲の関係にも注目させる。

①咽頭鼻部(上咽頭)

鼻腔の後方に位置し、外側壁には耳管が開口し中耳と交通している。この部位には耳管扁桃・咽頭扁桃があり、ワルダイエルのリンパ咽頭輪の一部として鼻腔からの異物の進入を監視している。小児でこの耳管扁桃が肥大すると呼吸困難を起こすことがある。咽頭鼻部の後壁は上咽頭収縮筋が構成しており、嚥下時に挙上した軟口蓋とともに鼻腔を閉鎖する。

この部位は咽頭の他の部位とは異なり、食物は通らず気道専用となっている。

②咽頭口部(中咽頭)

口峽後部に位置し軟口蓋から舌骨までの高さを占め、咽頭後壁は舌骨より起こる中咽頭収縮筋と甲状軟骨より起こる下咽頭収縮筋の一部が構成している。咽頭後壁の粘膜には知覚神経として舌咽神経があり、この部位の刺激により嘔吐反射が誘発される。また、咽頭後壁には咽頭の運動を支配している咽頭神経があり、舌咽神経・迷走神経・交感神経など多くの神経から構成されている。

指導のポイント⑦:解剖メモ

嘔吐反射:消化管粘膜-舌咽・迷走・交感神経-延髄-迷走神経-咽頭筋

咳嗽反射:気道粘膜-迷走神経-延髄-体性神経-呼吸筋

迷走神経反射:嚥下などに伴う伸展受容器の刺激による迷走神経の興奮に伴い、副交感神経による各種生理反応が起こる。

この他、気道への痛み刺激により交感神経による各種生理反応が起こることもある。

心肺停止後の経過時間が長い場合、これらの反射は起こらない(図 1-8)。

③咽頭喉頭部(下咽頭)

舌骨の下方から輪状軟骨の下端までの高さにある。舌骨の後方には喉頭蓋(Epiglottis)があり、舌根と喉頭蓋の間を喉頭蓋谷といい、正中と外側に舌喉頭蓋ヒダがある。この部分はマッキントッシュ型喉頭鏡の先端が入る場所として重要である。

喉頭蓋の前下方には喉頭口があり、気道と消化管の分岐部となる。喉頭口は舌骨の後方にある喉頭蓋と披裂喉頭蓋ヒダに囲まれた部分で喉頭へつながっている。喉頭蓋の外側には更に食道との間に梨状陥凹があり、この部位は食事の際に小骨などが引っかかりやすい部位と

なっている。

咽頭喉頭部の後面は、下咽頭収縮筋と輪状咽頭筋が構成している。下咽頭収縮筋は筋繊維の走行が多様で、筋の走行が変わる隙間部分は抵抗減弱部位として憩室ができやすくなっている。主な好発部位は下咽頭収縮筋と輪状咽頭筋の間(咽頭憩室)、輪状咽頭筋と食道縦走筋がつくる三角(食道憩室)である。気管挿管の操作を行う際には注意が必要である。

(4)喉頭の解剖

喉頭は主に甲状軟骨に囲まれた気道専用の空間で、第4頸椎(C4)から第6頸椎(C6)の高さに存在し、上方は喉頭蓋と披裂喉頭ヒダで囲まれた喉頭口から始まり、下方は輪状軟骨を通り気管へとつながっている。甲状軟骨の内部には披裂軟骨・輪状軟骨との間に声帯がつくられている(図1-9～図1-14)。

指導のポイント⑧:

喉頭は気管挿管においては目視できる最終的な構造となるため、立体的にその構造を熟知しておく必要がある。出来る限りスライドや模型を用い理解を深めさせる必要がある。

喉頭の生理的作用は声帯による発声の調節に加え、血流豊富な粘膜で覆われることにより吸気を加温・加湿するとともに、気管への異物の進入を予防している。

喉頭口から前庭ヒダまでの部分を喉頭前庭という。前庭ヒダの更に奥に声帯ヒダ(Vocal fold)があり、その間を喉頭室という。声帯より下方は喉頭下腔となり気管へとつながっている。

声帯ヒダは前方では甲状軟骨正中部に付着し、後方では披裂軟骨に付着し可動性をもっている。呼吸時には開き、発声時には適度に狭まり、嚥下時には閉じる。また声帯ヒダには声帯筋と甲状披裂筋が走り、その張り具合や厚みを変え異なる音が出せるようになっている。

左右の声帯ヒダの間を声門裂といい、成人ではこの部分が気道で最も狭い部位となる。また声帯の上部の粘膜が浮腫を起こすと気道が狭くなり(喉頭浮腫)、呼吸困難を生じることがある。

喉頭の神経支配のうち、知覚神経は声門上部が迷走神経から出る上喉頭神経、声門下部は反回神経から出る下喉頭神経が支配している。また、運動神経は甲状軟骨の内部はすべて下喉頭神経であり、甲状軟骨外側の輪状喉頭筋のみ上喉頭神経が支配している。

(5)気管・気管支・肺の解剖

気管は第6頸椎(C6)の高さで輪状軟骨より続いて起こり、頸部正中を下降し胸腔内、第5胸椎の高さで左右の気管支に分枝する。胸腔内で左右の気管支は左右非対称に肺内に入る。

気管・気管支の生理的作用は、気道として呼吸時の空気の通り道となるとともに、空気中の異物を除去し、喉頭とともに適度な気道内圧を保つ。

気管の解剖学的構造は呼吸時に虚脱しないよう全長にわたり前方にU字型の軟骨によって囲まれている。気管後壁は膜性壁と呼ばれ、さらに後面の食道壁とつながっている。気管内

は粘膜上皮で覆われ、さらに上皮細胞は繊毛を有し肺への異物の進入を予防している。また、頸部では気管と食道の横を反回神経が走っている。

気管はほぼ第 5 胸椎(T5)の高さ(前方では胸骨角の高さ)で左右の気管支に分岐する。気管内管内よりみたとき、この分岐部の高まりを気管カリナという。

気管支の構造には左右差があり、右の気管支は左に比べ太く・短く・下方に向かって分岐している。この構造的差異により、気管内に入った異物は右気管支へと入ることが多い。

分岐した気管支は肺内に入ると、葉気管支(上中下葉へ)から区域気管支(肺の各区域へ)と分岐を繰り返していき、最終的には終末細気管支から呼吸細気管支を通り肺胞へとつながっている。葉気管支より末梢では、気管支軟骨は不規則となる。

肺も左右差があり、右が 3 葉(上・中・下葉)・左が 2 葉(上・下葉)に分かれ、右肺の方が大きくなっている。

指導のポイント⑨:

気管・気管支・肺は通常見ることができない。すなわち、喉頭展開・喉頭鏡で目視しているのは解剖学的には喉頭口とその奥の声帯であり、気管以降の気道は直接目視していない。

気管は最初の輪状軟骨を除き、すべて馬蹄形の気管軟骨で形成され、頸部にあり管状であり、内腔が閉じてしまわないようになっている。

特に喉頭入口軸と気管軸が異なる点を強調すべきであろう。このため、スタイレットを用いた気管挿管では、声帯以降にスタイレットが入るとスタイレットの角度と気管軸が異なるため、気管損傷を起こす可能性がある。

また、気管が気管支に分岐する高さの理解は重要である。挿管位置が深い場合の状態と合併症についても理解させるべきであろう(図 1-15)。

3.小児と成人の解剖学的相違

小児と成人における頭頸部の解剖学的構造は大きく異なる。ここでは特に成長に関連した事柄とともに述べる。

指導のポイント⑩:

小児、特に乳幼児期における頭頸部の解剖は成人と大きく異なる点を理解させる必要がある。

頭蓋骨は脳が存在する脳頭蓋と、眼窩・鼻腔・口腔を構成する顔面頭蓋に分類することができる。脳頭蓋は生後 1 年半で大泉門が閉鎖し成長の速度が鈍るのに対し、顔面頭蓋は年齢とともに変化し続け、特に生後 6~7 年は成長が著しい。この変化は上顎骨や下顎骨の発達によってもたらされ、歯牙の萌出と関連している。これらの理由により乳児期(出生~1 歳)においては成人に比べ口腔内の容積は小さい。

喉頭も年齢により変化する器官である。喉頭の位置は新生児期(出生~4 週)には成人に比べ 1~2 椎体上位に存在し、喉頭蓋の位置も高い。これらの構造により、乳児では口呼吸よりも鼻腔を通り呼吸する鼻呼吸の方が理にかなっている。成長に伴い喉頭の位置は下がり、ま

た思春期以降、男性では喉頭隆起が突出し、声帯長が伸びるなどの性差を生じる。

小児の気道は成人に比べ全体的に細いが、小児は成人と異なり、特に輪状軟骨が気道における最狭窄部位となっている。様々な要因で小児の気道で粘膜浮腫が起こると、成人に比べ容易に呼吸困難・気道閉塞となる(表 1-2)。

4. 気道の体表解剖と立体的構造(周囲の構造との関係)

気道は顔面頭蓋から頸部、胸部と広範囲に伸びている。顔面頭蓋や胸腔内の臓器は体表から触知できないが、このうち頸部にある喉頭や気管は体表から触れることができ、周囲の構造との相互関係を知ることができる。

指導のポイント⑩:

救急救命士は現場において体表より人体内部構造を特定しなければならないため、一般の医療職種以上に体表解剖学や頸部と周囲の構造を理解させる必要がある(図 1-16, 1-14、写真 1-1)

頸部は前頸部・外側頸三角部・後頸部の3部に分けられる。前頸部で注意すべき点は甲状腺・気管・食道が頸筋膜前葉でできる鞘に包まれていることである。内頸静脈・総頸動脈・迷走神経は別に頸動脈鞘と呼ばれる構造で包まれており、食道と椎骨の外側に位置している。また、頸筋膜前葉・頸動脈鞘の間には交感神経幹が位置している。

体表から解剖学的な位置を同定する際に基準となるのが骨(軟骨)である。気道に関連し頸部で触れる骨・軟骨は舌骨・甲状軟骨・輪状軟骨・気管軟骨の一部である。

舌骨は下顎骨から下顎底に沿っていくと、頸部との角をなす部分に触れることができる。舌骨は第4頸椎(C4)の高さにあり、この位置では胸鎖乳突筋の前縁を押し込むことにより総頸動脈(この部分は内外頸動脈への分枝部に相当する)に触れることができる。また第4頸神経からは横隔神経が頸神経叢の一部として出ており、呼吸運動にとって非常に重要な部位となっている。気道内部では舌骨の後面に喉頭蓋軟骨が位置している。

甲状軟骨は喉頭隆起という高まりがあり、体表から一番触れやすい構造で、第5頸椎(C5)の高さにあり、この軟骨内部に声帯がある。

輪状軟骨は喉頭隆起から下降していき、輪状甲状靭帯の凹みを越えたところに触れることができる。第6頸椎(C6)の高さにあり、輪状軟骨が喉頭と気管・咽頭と食道の境界となっている。また喉頭から気管にかけて唯一全周性の軟骨のため、小児の気管(成人では声門)や食道の生理的狭窄部位となる。医師が行う緊急喉頭穿刺は輪状軟骨の上の輪状甲状靭帯を、気管切開は輪状軟骨の下方の気管で行われる。このように輪状軟骨は頸部の外科的な処置の際の基準となる。成人において輪状軟骨の高さでは正中に甲状腺はほとんど存在しないが(時に錐体葉が正中に存在)、左右には甲状腺が存在している。

5. 嚥下運動

人が生きていく上で気道は常に開通し確保されている。しかし、誤嚥が起こらないように食

物を嚥下するときのみ気道が閉鎖される。この嚥下運動を理解することにより、逆に気道を確保する際にどのような手技を行えばよいのかが理解できる。そのためここでは嚥下運動について説明する。

嚥下運動は口腔期・咽頭期・食道期の3相に分けられる。

①口腔期

食物が咀嚼され、舌背に乗って後方に送られる。

②咽頭期

食物が咽頭に入る。この相では食物が鼻腔・口腔に逆流しないよう、また気管に誤嚥されないよう、複雑な運動が反射により行われる。鼻腔への食物の逆流を防止するため、まず軟口蓋が挙上するとともに上咽頭収縮筋が収縮し後方から咽頭壁を軟口蓋に押しつける。また、口腔への食物の逆流を防止するため舌が後退し口峽を閉鎖する。

気管に食物を誤嚥しないようにするメカニズムについて、もう少し詳しく説明しよう。咽頭後部に入った食物は反射的に中・下咽頭収縮筋の運動により食道へと送られる。このとき舌骨上筋群の働きにより、舌骨とともに甲状軟骨が前上方に引き上げられ、気管に食物が入らないようになっている。同時に喉頭蓋は後退した舌によりやや下制されるが、喉頭蓋自体が筋により単独で下制されるのではない点が重要である。また喉頭蓋は逆V型をしており、食物は左右に流れて梨状陥凹の方向を通過することにより気管に入りにくくなっている。さらに、喉頭口の披裂喉頭蓋ヒダや声帯も閉じる方向に働いて誤嚥を防止するとともに、気管内に進入した異物は咳嗽によって排出される。

③食道期

蠕動運動により食物が胃に送られる。

これらを統合すると、生体で嚥下の際、気管を閉鎖するのは喉頭部が前上方に引き上げられることにより起こることが分かる。すなわち、気道を開くためには逆の力を加えればよいこととなる(経鼻エアウェイの挿入による後鼻口の開放・舌を前方に挙上:各種用手気道確保法や喉頭展開、喉頭を後方に押さえつける: BURP法等)。

指導のポイント⑫:

嚥下運動は生理的気道閉鎖状態であり、この動きを理解することにより逆に気道確保の原理を理解させる。

図による説明を加え、嚥下運動の理解を深めさせた上で、各種気道確保法がこの生理的気道閉鎖とどのように拮抗した動きかを理解させる(図1-18、1-19)。

オトガイ挙上、修正下顎挙上法等: 下顎骨及びそれとつながる下を前方に引き出し気道確保

経鼻エアウェイ: 後鼻口を開通させ舌根部までチューブを挿入することによって気道確保

経口エアウェイ: 舌根部を持ち上げることで、気道確保。空気はE型のエアウェイの両脇を通る。

ここで、BURP法について質問が出るであろう。BURP法では甲状軟骨を後上方(更にやや右より)に押すことが推奨されている。嚥下の際に甲状軟骨が移動するのは前上方である。そのため、単純に甲状軟骨を押し上げるのみでは当然気道閉塞の状態に近くなる。すなわち、BURP法はセリック法と異なり、喉頭展開下で視線軸上に喉頭口を近づける操作であり、不適切な操作によっては気道狭窄状態に近くなる点を理解させる必要がある。

6.気管挿管の実際と解剖学的知識の関連づけ

(1)喉頭展開

気管挿管時の喉頭展開では、まずはじめに挿管実施者及び傷病者のポジショニングが重要である。

挿管実施者は、狭い口峽を通して深部の喉頭口(声帯)を目視するために、挿管実施者の視線が傷病者の正中軸に沿っている必要がある。視線が左右にずれている場合、喉頭展開しても声帯が目視できない場合がある。

傷病者のポジショニングに関しては、咽頭腔を広げ、直角に近い咽頭軸と口腔軸を一致させるため頭部に枕を挿入したり、頭部を後屈させる必要がある。ただし、外傷時に頸椎損傷が疑われる場合には頭部後屈させることはできない。

口唇と歯列を開き喉頭鏡を口腔内に進めるのはこれらのポジショニングがすべて整った後となる。

指導のポイント⑬:気管挿管のポジショニング

スニッピングポジションとは、仰臥位で頭頸部を前方に前額面を一定に保ちながら移動させるものである。麻酔科領域においては数多くの研究がなされているが、解剖学的に口腔軸や咽頭軸・気管軸の関係を変化させるものではない。

一般的に気管挿管のために喉頭口及び声帯を直視するには、上切歯から喉頭口までの直線上に障害物が存在しない必要がある。また、視野を確保するには上切歯の位置を相対的に下げるか、直線上の障害物を少なくし圧排しやすくする必要がある。

スニッピングポジションをとることにより相対的に舌骨が前方に移動し、少ない喉頭展開で視野を確保しやすくなる。またそのポジションからやや頭部後屈を加えることにより上切歯の位置が相対的に下がり、視野を確保しやすくなることもある(図 1-20、1-21)。

単純な頸部後屈は頸椎全体に外力がかかり、頸椎の彎曲が強くなるのみである(写真 1-3)。

なお挿管のポジショニングは傷病者の体格等により個人差があり一概に決まった高さや角度を出すことはできない。また外傷患者に対しては頸椎保護の観点からこれらのポジショニングは適当ではない。今後、頸椎保護と適切な気道確保が同時に行える器具又は手技の開発・承認が望まれる。

喉頭鏡を口腔内に進めるにあたり、口唇や歯牙の欠損を起さぬよう注意する必要がある。これは挿入時のみでなく喉頭鏡操作中を通じて注意する必要がある。

喉頭鏡はその L 字型のブレードの構造上、右の口角近くより挿入し・ブレードで舌を左側によけるようになっている。舌根部ではブレードの先端が喉頭蓋谷に入るため、舌を完全によけることはできない。口峽や舌根部は軟部組織でできており、外力で容易に変形するため、咽頭喉頭部で目標となる硬組織は喉頭蓋(軟骨)しかない。喉頭蓋は舌根部のすぐ下方にあるため、喉頭鏡のブレードを挿入し喉頭蓋が確認できない場合はブレードが深く入りすぎている可能性が高く、それ以上ブレードを進めるのは危険である。

喉頭蓋が確認できれば喉頭鏡のハンドル軸に向かい喉頭鏡を引き上げると喉頭蓋の奥に喉頭口、その先に声帯がみえてくる(写真 1-2)。

指導のポイント⑭:

喉頭鏡の構造は様々な解剖学的特性ともっており、これらの理解が重要である。特にマッキントッシュ型喉頭鏡に関していくつか要点を追加しておく。

マッキントッシュ型喉頭鏡のブレードは彎曲しており、ブレードを深く挿入しすぎると自身の彎曲で視野をさえぎることがある。喉頭蓋谷は舌根部のすぐ後方にあり、ブレードを過度に O 乳する必要はない。

ブレード先端部分を用いて舌根部を前方に挙上すると、視線上の障害物を排除することができる。

テコの原理を用いると、歯牙欠損の危険のみでなく、舌骨・喉頭蓋・甲状軟骨が一体となって前上方に移動してしまう。これは嚥下時の運動と同じで、かえって声帯を目視し難くする行為でもある。

(2)気管挿管の手技と解剖学的要点

気管チューブを右口角から挿入していく。このとき気管チューブはそのカーブを垂直ではなくやや寝かせた状態で挿入する必要がある。これは挿管実施者の声帯直視の状態を可能な限り保つ(気管チューブが視線を遮らないようにする)ためと、気管チューブ先端が喉頭蓋を引っかけてしまわないようにするためである。

気管チューブの先端が喉頭蓋を越え喉頭口に達したら、気管チューブを垂直にし、声帯を越え気管内に進める。気管チューブを垂直にすることにより気管チューブ先端も垂直に V 字形となり声帯を痛めずに挿入することができる。

さらに、気管チューブの先端が声帯を越えたところからスタイレットが気管内に入りすぎないように抜去するように指示する必要がある。カーブがついた硬いスタイレットを装着したまま気管チューブを進めると、気管壁を傷つける可能性があるためである。

指導のポイント⑮:

気管挿管において挿管実施者の視野確保は手技を安全に成功させるために重要である。そのため気管チューブの口腔内への挿入に関して注意する必要がある。挿管実施者の視野が妨げられると気管チューブが喉頭口からずれ、食道損傷等の誘因となる。

また、スタイレットの抜去時期も重要である。スタイレットの彎曲は咽頭から喉頭口に対しては

適切な形状であるが、声帯以下の気管に対しては適切ではない。スタイレットが声帯以下深く進められると、気管損傷の可能性がある。

上記は気管チューブが正確に喉頭口から挿入できた場合である。しかし、気管チューブを垂直にした後にずれ等により気管チューブが進まない場合(抵抗がある場合)には気管チューブ先端が解剖学的に他の部分に引っかかっている場合があり、その場合は、無理に進めず一度抜去する必要がある。

気管チューブを留置する深さは成人では約 21cm とされている。これ以上気管チューブを進めるとその先端が気管支(通常右気管支)に入り込み、片肺挿管となる可能性が高いためである。

(3) 介助者の手技

気管挿管は挿管実施者1人で行うことはできない。安全に気管挿管を行うためには挿管介助者が適切な準備及び介助を行う必要がある。適切な準備としては喉頭鏡や気管チューブの準備・確認等が含まれる。

介助方法のいくつかに関しては、介助者自身が気管挿管に関する解剖生理学的特性を熟知している必要がある。

挿管準備段階では患者のポジショニング介助、スタイレットのカーブを決めるなどの必要があるためである(どちらも気管軸と口腔軸に関する解剖学的知識が必要)。

また、喉頭展開時には挿管実施者の声帯確認を容易にするため、挿管実施者の指示でBURP法により甲状軟骨を押さえたり、右口角を引いたりする(喉頭鐘の構造や喉頭の解剖生理学知識が必要)。

さらにはスタイレットの抜去のタイミング等も知っている必要がある(喉頭から気管にかけての解剖学的知識が必要)。

上記の介助は必須のものではないが、介助者がこれらの知識をもたないことにより傷病者に過度の侵襲を加える可能性がある。挿管後の適切なカフ圧等も知っている必要があるだろう。

以上により、気管挿管実施者が事前に介助者の教育を十分行う必要があると考えられる。指導のポイント⑩:

介助者に対する教育は現在のところ制度化されていない。本教育を受けた救急救命士が介助につく場合を除き、実際に挿管実施者たる救急救命士が救急隊の他の隊員を教育する必要があるだろう。

挿管手技を安全に成功させるには、解剖学的背景を十分に理解させる必要がある。

7. おわりに

実際の症例に合わせた挿管手技や臨床的な知識、生理学等は他の講義・教科書に委ねるが、通常気管挿管に関連した解剖生理学的知識のうち、最低限必要と思われるものを列記した。また、実際の気管挿管手技には解剖学的原理が非常に密接に関連していることを示し

た。

生体に侵襲的な処置を行う場合は、必ず正確な解剖学的知識を身につけておく必要がある。本書のみでなく解剖学アトラス等を活用し、更なる学習を行う必要がある。

実際の喉頭周囲の解剖は大学医学部等における解剖実習により飛躍的に理解度が増すと考えられる。基礎教育終了後、実際に病院実習に出る前に人体解剖見学を行うことにより、理解が深まり、より安全に臨床実習を行うことができると考えられる。教育方法の選択肢の一つとして考慮することも可能である。

指導のポイント⑰:

正常解剖を理解することは、人に対し侵襲的行為をなす際には安全のために非常に重要である。出来る限りで写真等の視覚教材や模型等の教材を駆使し、受講者の理解を深める必要がある。

しかし、複雑な人体構造の理解はやはり実物を知ることなくしては難しい。そのため効果的な教育法の一つとして人体解剖学見学(実習)も考慮されてよいであろう。

教育のための正常解剖は法律上、大学の医・歯学部においてのみ認められている。近年、日本解剖学会ではコメディカルに対する解剖教育(人体解剖見学等)の充実が検討されている。

2 気管挿管に必要な生理の知識

1.はじめに

気道はいわゆる呼吸する上での空気の通り道であり、上気道、下気道に分類されている。解剖学的にはその発生過程などから、喉頭以下を下気道、それ以上を上気道としている。臨床の現場では、やや曖昧な部分もあるが、喉頭までを上気道としている(図 2-1)。

気道の働きとして、表 2-2 に述べる項目が重要と考えられる。ただし、気管挿管により、異物除去の一部や、加温や湿潤化という部分の機能は失われてしまう。

2.気道の生理と役割

(1)吸気の加温と湿潤化

気道内は粘液で覆われており、異物を吸着するとともに、吸気を湿潤化し、また暖めている。特に鼻腔内は、左右に上中下の鼻甲介があり・このため表面積が広く、その働きが大きい(図 2-2)。

気管挿管によってこの鼻腔の機能は失われる。

指導のポイント①:

加温、加湿という鼻腔の機能は気管挿管によって失われる。

(2)嚥下機能との分離

嚥下機能とは、気道内に食物が入らないようにしつつ食物などを食道へ送り込む働きである。

嚥下機能は、

- ①舌根が挙上し咽頭へ食物が流れる。
- ②喉頭蓋が、舌根の挙上とともに喉頭への経路をふさぐ。
- ③咽頭の筋肉の働きにより食物は食道へ押しやられる。

この三つの運動で気道への食物の流入を防いでいる(図 2-3)。

指導のポイント②:

気管挿管によって食道とは分離されることで、挿管されるとその後の誤嚥は予防できる。と同時に、嚥下機能は失われ能動的な摂食は不可能となる。

(3)発声機能

喉頭には声帯という構造があり、呼気時にこの部分を振動させ音を出す。この音を、咽頭、口腔、鼻腔、副鼻腔で共鳴させ、構音を行う。声門の開閉状態の調節は、喉頭筋によって行われているが、これら喉頭筋は、迷走神経の分枝である反回神経の支配を受けている。このため、両側の反回神経麻痺で声門が閉じたままだと気道閉塞を起こすことがある。また、片側の麻痺では嗄声となる。

指導のポイント③:

声門をチューブが通過することで、発声機能は失われる。

(4)感染や異物への防御

①免疫系

口蓋や咽頭周囲のリンパ組織(扁桃、ワルダイエル環)や常在菌の作用により気道への細菌の侵入を防いでいる(図 2-4)。

また、肺胞には多くのマクロファージが存在し、異物・細菌を貪食している。

②粘液線毛クリアランス

気道は全体に粘液で覆われており、異物を吸着して吸気を清浄化し、湿潤させる働きをもっている。特に気管、気管支の表面は、杯細胞と線毛細胞があり、粘液が分泌され、線毛細胞により口側へ移動し、異物とともに排泄される。この一連の流れを粘液線毛クリアランスという。また、肺胞ではマクロファージが異物や細菌などを貪食し、炎症時には粘液などとともに痰として排泄される。

気管挿管を行うことは、これらの防御機能の一部を失うことになり、細菌などに感染しやすくなる。

③主な気道反射

指導のポイント④:

気管挿管時には下記にも述べている以外にも様々な反射が起こりうるが、気管挿管という手技を行う上では好ましくない反射がほとんどである。また、心肺停止傷病者には基本的に反射は起こらない。ただし、筋肉が弛緩し、また心臓マッサージなどの影響で、胃からの逆流が起き、誤嚥の可能性がある。

上気道は、ほぼ気管チューブに置換されるため、ここでの感染、異物に対する防御機能は失われ、肺炎などの呼吸器感染症の機会が増加する。

〈くしゃみ反射〉

鼻腔内への異物などによる粘膜の刺激で起こる反射である。

三叉神経などから延髄を介し呼吸筋へ作用する。

〈咳漱反射〉

喉頭や気管、気管支の粘膜への異物などでの刺激による。

有髄神経を介した反応の早い反射である。

これらの部位の受容体から迷走神経より延髄を介し呼吸筋に作用する。いったん声門が閉鎖した後に爆発的な呼気が起こり、異物などの排泄が起こる。

この反射の際は気管の収縮や攣縮、血圧上昇が起きるため、挿管時には刺激をできるだけ避ける必要がある。また、一時的に声門が閉じるため、その間気管挿管が困難となる。

〈咽頭(嘔吐)反射〉

嘔吐は上部消化管の様々な部位の刺激により起きる(末梢性嘔吐)。また、中枢神経の直接

的な嘔吐中枢への刺激によっても中枢性の嘔吐が起きる。前者は、咽頭や舌根部の刺激によっても起き、挿管時の喉頭展開などで問題となる。迷走神経、延髄の嘔吐中枢を介して、胃、咽頭に作用する。この際に胸腔、腹腔内圧の上昇も起きる。

咽頭異物の除去の反射でもあるが、厳密な意味では気道の反射とはいえない。気道管理においては望ましくない反射であり、刺激はできる限り避ける必要があり、この反射による誤嚥は窒息や肺炎の原因になる。

3.呼吸の生理

(1)腹式呼吸と胸式呼吸

呼吸は、外肋間筋、内肋間筋、横隔膜などの働きにより胸腔容積と圧が変化することで起こる(表 2-3)。主として外肋間筋の作用により胸式呼吸の吸気が、横隔膜の働きにより腹式呼吸の吸気がなされている。安静時は、これらの筋の弛緩、肺の弾性と内肋間筋の作用で呼気が行われ、筋の作用はわずかである。横隔膜の神経支配は C3~C5 であり、肋間筋は胸髄神経の支配である。深呼吸時や努力性呼吸時にはこれらの筋以外にも補助呼吸筋が働く(図 2-5)。

気管挿管し陽圧人工呼吸を行うことは、これら呼吸筋の働きを不要にし、呼吸筋の退縮を招く。

指導のポイント⑤:

胸式呼吸(胸髄神経)と腹式呼吸(頸髄神経 C3~C5)の神経支配について、また自発呼吸時(吸気時陰圧)と陽圧呼吸時(吸気時陽圧)の気道内圧の変化について説明すること。

内肋間筋、外肋間筋、横隔膜が重要な呼吸筋である。その他努力呼吸時には、補助呼吸筋が働く。気管挿管し陽圧人工呼吸を行なうことは、これら呼吸筋の働きを不要にし、呼吸筋の退縮を招く。

(2)ガス交換、拡散

気道は 23 回の分枝を経て肺胞にいたるが、肺でのガス交換は 17 分枝以降、呼吸細気管支以降が担っており、それ以前は導管部と呼ばれる解剖学的死腔である(肺血流の問題で、肺胞でガス交換が行われない場合その肺胞も死腔となるが、それらすべてを含めたものを生理学的死腔という)。

肺胞でのガス交換は拡散というしくみでなされている。健常人の安静状態では、肺胞と毛細血管内の酸素分圧は平衡できるだけの血流の留まる時間がある(ただし、肺線維症など拡散障害を来す疾患では平衡に達するまで時間がかかる)。

大気圧は約 760mmHg である。気道内の水蒸気が飽和しているとする、37 度で分圧は 47mmHg ある。760-47mmHg×21%/100 で約 150mmHg が肺胞内の酸素分圧となることが予想されるが、肺胞内は換気のため CO₂ が約 40mmHg 含まれており、そのような理由より肺胞内酸素分圧は約 100mmHg となる。肺胞内の酸素は肺胞上皮細胞(I 型細胞)、基底膜、