

【窒息・溺水からの生還のプロセス】 1-A

ダイビングのレスキューにおいて、潜水中や水面における溺れについて述べたものである。

当然として、気道閉塞による窒息も起きる為に平行して説明をした。

いかに水中で、肺へ入った水の排出と換気が大事であるか、また浮上時や水中・水面の移動時にも肺換気(人工呼吸)が大事で有るかの医学的説明をする。

早い時期にこのレスキュー法が普及する事を願って…

レスキュー1 [EXPERT RESCUE DIVER-\(エキスパート レスキューダイバー\)](#)

レスキュー2 [GRAND RESCUE DIVER-\(グランド レスキューダイバー\)](#)

日本海中技術振興会(JCS) 常任理事 國次 秀紀

【溺水】

A) 定義: 溺水とは

淡水または海水などに水没して窒息した状態を言い、水没していた時間によって重症度はさまざま、肺損傷の程度と中枢神経系のアノキシア(無酸素症)による障害の程度により重症度が決定される。

B) 病態生理

1) 溺水には淡水によるものと海水によるものの2種類があるが、共に肺内ガス交換不全による低酸素血症と組織アノキシアによる代謝性アシドーシス(呼吸性アシドーシスが関与することもある)が特徴。淡水の場合、肺の界面活性物質(surfactant)を破壊し、肺胞を障害することが原因。一方、海水では海水が高浸透圧のため(3.5%食塩水に相当)、血漿が肺胞へ漏出するため高度の肺水腫をきたす。

アシドーシス(acidosis)とは? 血液は通常「中性」ですが、それを「酸性」に傾かせようとする物質(=酸性物質)が体内に発生している状態

2) 淡水による溺水(> 22 ml / kg)では、吸入された水が急速に肺胞から吸収されて循環血液量が増加し、血液希釈、血清Na・Cl・Ca濃度の低下、溶血による高K血症が出現する。

(K=カリウム)

3) 海水による溺水(> 11 ml / kg)では、海水が血液から水分を吸い出すほか、海水中のNa・Cl・Mgなどが血液中へ移行するため、血液濃縮、血清Na・Cl・Mg濃度の上昇、循環血液量の減少などをきたす。

4) 水没した時に吸引した水で反射的に喉頭痙攣が起こり、**窒息状態**になった場合は肺内への水の吸入は少なく、乾性溺水と呼ばれる。溺水者の10~20%にみられる。

C) 合併症

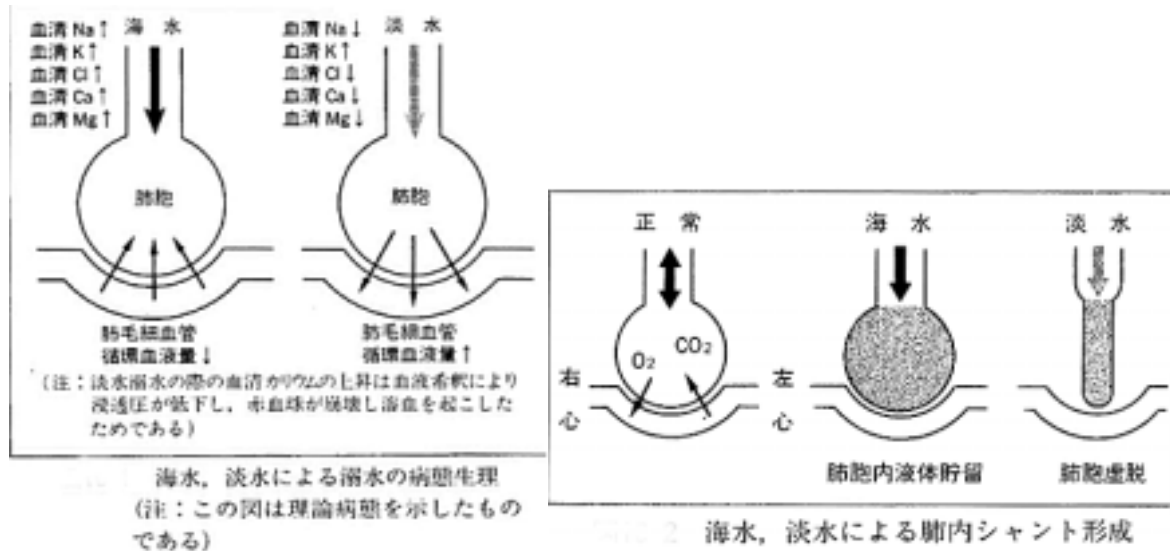
- 1) 肺: 吸引性肺炎、細菌性肺炎、肺水腫、ARDS
- 2) 神経系: アノキシアによる脳障害
- 3) 循環器系: 不整脈、血圧低下、心不全
- 4) その他: 低体温症、溶血、急性腎不全、DICなど

窒息時の経過

第1期:炭酸ガスの蓄積;呼吸促進,顔面蒼白,意識喪失.

第2期:中枢神経の興奮;全身の痙攣,血管収縮,流涎,瞳孔縮小.

第3期:中枢神経系の麻痺;血圧低下,呼吸停止.やがて心停止,瞳孔散大,死亡.



低酸素状態

溺水によりからだは低酸素状態(身体の中の酸素が非常に少ない状態)になります。

この低酸素状態は、進行すると死にいたる危険な状態です。その原因は溺水後の時間の経過とともに変化します。直後には口腔・鼻腔に水が入り、その水が気管に入らないように咳や飲みこむ反応が起き、その結果、反射的に喉頭がけいれんを起こして声門が閉じてしまいます。これは**窒息**の状態です。また気管、気管支に液体が侵入していない乾いた状態なので「**乾性溺水**」といわれます。**乾性溺水**では声門が閉じたまま呼吸が停止してしまうため、脳に酸素が行かなくなります。そして、意識がなくなると力が抜けたようになって、声門が開き、液体が気管、気管支に侵入すると「**湿性溺水**」といわれる状態となり、**乾性溺水**と同様に低酸素状態となり、やがて心臓も止まってしまう。

低体温状態

屋外で水におぼれた場合、からだの温度は下がっていきます。これを「低体温症」といいます。体温が下がりすぎると致命的な不整脈(心室細動)を引き起こしたり、血管が収縮することにより全身の血液循環がうまくいかない状態(循環不全)が起こります。循環不全により体温はますます下がってしまい、悪循環をくり返すこととなります。しかし、低体温状態ではからだの代謝は抑制され、そのぶん組織は保護されています。そのため、蘇生の可能性は上がります。通常、心肺停止から5分経過すると蘇生率は約25%に下がってしまいますが、冷水に40分間ついていた子供が後遺障なしで救命された例もあります。

低体温状態での心停止は救命率が高いので、あきらめずに根気強く心肺蘇生法を行う事が大切です。

浸漬症候群

海に住む哺乳類動物はからだに必要な酸素を節約する反射を持っていることが知られています。これはからだがか冷水につかると自然に呼吸を止め、脈を遅くし、未消の血管を

収縮させて、脳や心臓に行く血液を増やそうとするものです。人間、特に幼小児にもこの反射はみられます。本来、この反射は血液を中枢の重要臓器に集めることにより生命を維持するのに有利です。しかし、人間ではときどき迷走神経という心臓の働きを抑制する方向に働く神経が緊張して、心臓が止まったり致死的な不整脈が生じたりもします。これらは冷水につかった直後にみられ、「浸漬症候群」といわれています。

D)治療

- 1)溺水に特異的な治療はなく、救急蘇生と蘇生後の集中治療、特に呼吸・循環管理が重要。
- 2)淡水と海水では上述したような違いがあるが、実際の臨床例では、吸入している水の量はそれほど多くないので、両者を特に区別しなくてもよい。
- 3)救助後一時的に回復したように見えても、後に呼吸不全をきたす場合もあるので、少しでも吸入の可能性のある全ての溺水患者では、原則として入院とし、少なくとも24時間は注意深く観察する必要がある。**(二次溺水)**

レスキューの早期必要性(水中・水面での換気と心マッサージ)

水中での経過時間、水温、年齢(潜水反射は小児のほうが活発である)、および蘇生術の早さである。

生存するかどうかは電解質平衡異常の補正よりも、低酸素血症やアシドーシス(換気不全)の迅速な補正に依存し;その目的は、組織の低酸素症(ハイポキシア)による肺や脳の浮腫の防止である。**(レスキューの早急性)**

非常に低温の水で溺水した場合、患者は低体温になることがある。哺乳類の潜水反射と低体温による代謝の低下を考慮し、たとえ溺水者が1時間以上水中にいた場合でも(特に小児)、積極的な蘇生術を行う。一次救命処置と低体温からの迅速な回復が重要である。なぜなら低体温患者の心臓は、蘇生術に対してより反応しにくいからである。

溺水者が無呼吸状態の場合、直ちに口対口人工呼吸を始めるべきであり、必要とあれば水中でも行う。

心拍や頸動脈拍動が認められない場合、閉胸式心マッサージも開始する。挿管を含む、より高度な心肺蘇生法を迅速に実施する。機械的人工呼吸器が使用可能になり次第、吸入O₂濃度を増加させるために使用すべきである。十分な換気と酸素供給に無反応な律動障害を補正するために、電氣的除細動および/または心臓除細動が必要である。(一般例)

この項では心拍や頸動脈拍動が認められない場合は閉胸式心マッサージとなっているが、水中に於いては胸部心打震による圧迫しか施術出来ない。しかし、水中に於いて肺からの水の排出並びに肺換気によって十分なる高濃度酸素を肺内に暴露させる事が出来る事で律動障害補正の役割である胸部心打震による圧迫で蘇生する可能性が大で有る。

(胸部心打震と説明しているが適切な言葉が無い為に使った。拳による心胸部への強打)

溺水者が水没しているときは、頸部の外傷が疑われる。溺水者の頸部は、屈曲や伸展はさせずにまっすぐな位置に保持し、頭を傾かせたり顎を持ち上げたりせずに、下顎を上方へ押し上げて呼吸を補助する。(陸上に於いての対処法)

淡水溺水では、肺から水を出そうとするのは時間の無駄である。低張液はすぐに循環系へ入ってしまうからである。

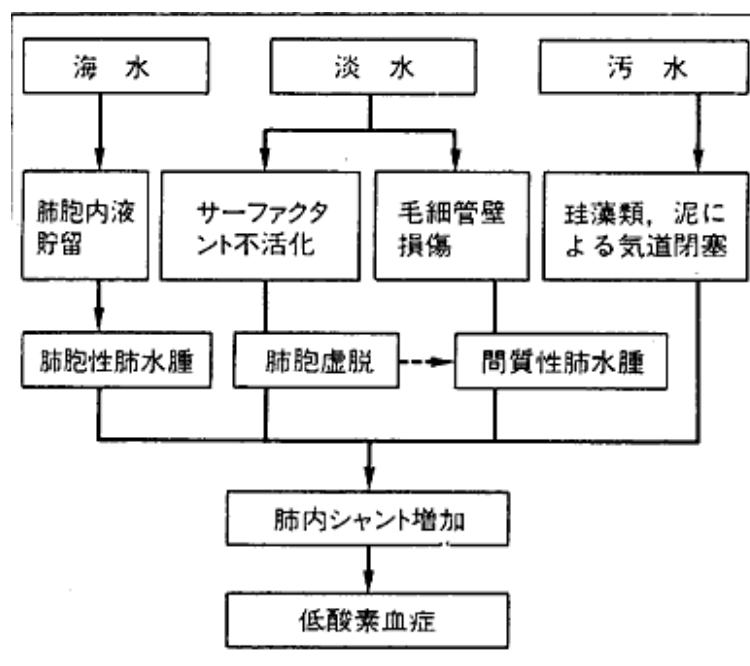
海水溺水では、海水は高張液で、肺内に血漿を引き込むので、吸引を試みるべきであり、トレンデレンブルグ体位が有効である。(陸上に於いての対処法)

海水中に於いては急ぎ海水を排出する事が重要である。ここに於いても海水を排出する体位の説明が有るが、足又は腰の部分が高くして頭を低くするトレンデレンブルグ体位を奨励している。水中に於いては同じ事が出来ずらく、肺からの水の排出に体位の調整が不可欠である。つまり、頭部を下にして肺をコップに見立てた方法にて排出を行う。この時に気を付けなければいけないのは胃の内部へ空気が入り、胃の中の物が口へ出て来てしまう為、気道へのつまりや窒息が起きる可能性が有る。相当の練習を要す事と、万が一に胃の内部の物が吐出した時の排除法も学ばなければならない。

全ての溺水者は入院させる必要がある。蘇生努力は患者の容態にかかわらず、輸送中も続けるべきである。肺損傷や低酸素症が水没の数時間後に現れることがあるからである。このため意識があることは、回復と同義ではない。(二次溺水)

大量の淡水は、重大な電解質平衡異常、血液量の急激な増加、溶血を起こす。

海水はNaとClを若干上昇させるが、致死的になることはまれである。



溺水における低酸素症の発生機序

参考1.

換気不全は、溺水者では最も危険な問題である。重度の低酸素症は液体の吸引あるいは急性の反射性喉頭がいれんによるもので、水を吸引せずに窒息を起こす。液体や粒子の吸引により化学肺炎が起こり、肺胞の細胞が損傷され、また肺細胞のサーファクタント分泌が障害され、斑状の無気肺に陥ることがある。肺の無換気、無気肺の灌流により肺内の血流のシャントが起こり、低酸素血症が悪化し、液体吸引量が多いほど、サーファクタントの喪失が増加し、無気肺や低酸素症が悪化する。相当量の範囲で無気肺が起こり、肺は硬直してコンプライアンスがなくなり、呼吸不全を起こす。高炭酸ガス血症を伴った呼吸性アシドーシスが起こる。随伴性の代謝性アシドーシスは組織の低酸素より生じる。肺胞や組織の低酸素症により肺浮腫や脳浮腫も起こる。溺水による肺浮腫は、高山病の肺浮腫に類似した肺胞の低酸素症が直接の原因と思われ、すなわち、非心原性である。肺浮腫と無気肺は併存することがある。

他の問題として、電解質や血液量の変化があり、吸引した水の種類と量によって大きく異なる。海水はNaとClを若干上昇させるが、致死的になることはまれである。一方、大量の淡水は、重大な電解質平衡異常、血液量の急激な増加、溶血を起こす。窒息と心室細動は、現場で死亡を引き起こすことがある。心停止は通常、細動の後に起こるが、多くの溺死の原因となっている。

冷水中における哺乳類の潜水反射によって、溺水者は冷たい水中に長時間いた後も生きていられる。海生哺乳類で最初に確認されたこの反射は、心拍数を下げ、末梢血管を収縮させて、酸素化された血液を下肢や腸管からシャント、心臓や脳へ送る。また、冷水中では組織のO₂の必要量は減少するので、生存可能時間は延長する。

参考2

治療

永久的な損傷を受けることなく溺水者が生存する可能性に影響する重大な要因は、水中での経過時間、水温、年齢（潜水反射は小児のほうが活発である）、および蘇生術の早さである。生存するかどうかは電解質平衡異常の補正よりも、低酸素血症やアシドーシス（換気不全）の迅速な補正に依存し、その目的は、組織の低酸素症による肺や脳の浮腫の防止である。

非常に低温の水で溺水した場合、患者は低体温になることがある。哺乳類の潜水反射と低体温による代謝の低下を考慮し、たとえ溺水者が1時間以上水中にいた場合でも（特に小児）、積極的な蘇生術を行う。一次救命処置と低体温からの迅速な回復が重要である。なぜなら低体温患者の心臓は、蘇生術に対してより反応しにくいからである。

溺水者が無呼吸状態の場合、直ちに口対口人工呼吸を始めるべきであり、必要とあれば水中でも行う。心拍や頸動脈拍動が認められない場合、閉胸式心マッサージも開始する。挿管を含む、より高度な心肺蘇生法を迅速に実施する。機械的人工呼吸器が使用可能になり次第、吸入O₂濃度を増加させるために使用すべきである。十分な換気と酸素供給に無反応な律動障害を補正するために、電気的除細動および/または心臓除細動が必要である。

溺水者が水没しているときは、頸部の外傷が疑われる。溺水者の頸部は、屈曲や伸展はさせずにまっすぐな位置に保持し、頭を傾かせたり顎を持ち上げたりせずに、下顎を上方へ押し上げて呼吸を補助する。

淡水溺水では、肺から水を出そうとするのは時間の無駄である。低張液はすぐに循環系へ入ってしまうからである。海水は高張液で、肺内に血漿を引き込むので、吸引を試みるべきであり、トレンデレンブルグ体位が有効である。

全ての溺水者は入院させる必要がある。蘇生努力は患者の容態にかかわらず、輸送中も続けるべきである。肺損傷や低酸素症が水没の数時間後に現れることがあるからである。このため意識があることは、回復と同義ではない。

病院内での治療は、適切な動脈血ガス濃度と酸塩基平衡を得るため、集中的な肺の管理に重点を置くべきである。（自発呼吸を行っている患者に対する）単なるO₂投与から、（無呼吸の患者に対する）気管挿管および継続的な機械的呼吸まで、必要な処置は様々である。十分な肺胞換気および組織灌流の回復は、溺水者における心停止中の酸塩基平衡を最適化するために重要である。薬理的緩衝液の使用と時期には様々な意見がある。肺胞換気が十分な場合は、重炭酸ナトリウム静注が検討される。なぜなら代謝性アシドーシスは常に組織と細胞の低酸素状態を伴うからである。血中ガスのモニタリングは、酸素供給および酸塩基平衡の状態、重炭酸塩投与の必要性、換気補助継続の必要性、適切な吸入O₂濃度の判断に有効である。動脈血の検査により低濃度O₂が適切だと判明するまでは、高濃度O₂吸入を継続しなければならない。

無気肺胞を再拡張させるため、手動による肺の過膨張を行うことが必要である。実施頻度は臨床的な反応に基づく。標準的な用量の₂作動薬の吸入や注射による投与は、気管支けいれんを減少させるのに役立つ。液体の誤嚥を伴う溺水は誤嚥性肺炎の一形態なので、コルチコステロイドや抗生物質投与を考慮する。

急性呼吸窮迫症候群の患者は、機械的人工呼吸が必要である。PEEPは肺胞開存を維持し、肺胞虚脱を防ぎ、虚脱肺胞を拡張させるのに役立つ。肺の治療は、動脈血ガスやpHの分析によって、数時間あるいは数日は必要なことがある。

重大な電解質平衡異常を補正するために水分および電解質溶液が必要である。海水溺水時には大量の液体が肺

内に浸出し、それにより血液量が減少して中心静脈圧の低下が起こることがあり、血漿増量薬の点滴の適応となる。輸液の制限は通常望ましくない。なぜなら低酸素症により生じる肺や脳の浮腫は、心不全にみられるような循環系に対する過負荷よりは、肺上皮損傷や浸透圧勾配に関連しているからである。重大な溶血がある場合、血液の O₂ 運搬能を増加させる赤血球補充や血漿中遊離 Hb の排泄を促す強制利尿が必要なこともある。

低酸素血症や組織虚血による永久脳障害は、一部の患者に残された問題である。過換気、高圧酸素室での高酸素化は有効な場合もあるが、内在性のリスクがある。脳全体の虚血後に有効な単一の薬物あるいは治療法はわかっていない。脳に重点をおいた包括的集中治療(American Heart Association's Advanced Life Support ガイドラインにあるもの)が行われるべきである。

日本海中技術振興会 常任理事 國次 秀紀

・参考と引用文献

- 1.山内教宏:溺水 総合臨床 Vol.37(救急辞典) 1988 永井書店
- 2.内科治療マニュアル 第4版 MEDSi 1987
- 3.溺水・窒息に関して、医学部・研究者よりの引用の部分が有ります。