

## ボタン型電池による角結膜アルカリ外傷の 1 例と その局所傷害に関する実験

小笠原幹英<sup>1)</sup>, 後藤 聡<sup>2)</sup>, 柴 琢也<sup>1)</sup>, 大野 建治<sup>1)</sup>  
柴田 朋宏<sup>1)</sup>, 神前 賢一<sup>1)</sup>, 常岡 寛<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>東京慈恵会医科大学附属病院眼科

<sup>2)</sup>東京慈恵会医科大学附属青戸病院眼科

### 要 約

**目 的**：ボタン型電池が結膜嚢に迷入し長時間停留したのち、角膜混濁を来した 1 例と、その局所傷害に関する実験を報告する。

**症 例**：3 歳女児。結膜嚢にボタン型電池が 4 時間停留し、角膜に緑白色の強い混濁を生じた。洗浄を行い加療するも角膜下鼻側に癒痕、偽翼状片、周辺虹彩前癒着を生じた。視力は徐々に改善した。

**実 験**：豚眼の角膜上にボタン型電池の陰極側を接触させ観察したところ、5 分後から混濁が始まり、増強した。生理食塩水を浸したガーゼでボタン電池を挟むと陰極側のガーゼは茶褐色に変化し、ガーゼが電池の側面にも密着すると反応が増強した。

**考 按**：本症例はボタン型電池が結膜嚢へ飛入後停留し、結膜浮腫により固定され、陰極側の NaOH 濃度の上昇により持続的に角結膜がアルカリ曝露されたものと思われた。近年電池の小型化が進んでおり、十分な注意が必要である。

**結 論**：小児のボタン型電池によるアルカリ外傷は、視認困難になりうるうえ、急速に進行し重篤な所見を呈す恐れがあるため、早期処置が重要である。(日眼会誌 115 : 711—717, 2011)

**キーワード**：ボタン型電池、角膜異物、角膜混濁、アルカリ外傷、小児

## A Case of Button Battery-induced Corneal and Conjunctive Burn Injury and Experimental Findings of Local Damage

Mikihide Ogasawara<sup>1)</sup>, Satoshi Goto<sup>2)</sup>, Takuya Shiba<sup>1)</sup>, Kenji Ohno<sup>1)</sup>  
Tomohiro Shibata<sup>1)</sup>, Ken-ichi Kouzaki<sup>1)</sup> and Hiroshi Tsuneoka<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Ophthalmology, Jikei University School of Medicine

<sup>2)</sup>Department of Ophthalmology, Aoto Hospital Jikei University School of Medicine

### Abstract

**Purpose** : To report a case of button battery-induced alkaline burn injury of the cornea and conjunctiva, with experimental findings of local damage.

**Case** : A three-year-old girl had a hard and polished white opacity on the nasal lower cornea and conjunctival injection, caused by a button battery remaining in the conjunctival sac for several hours. The ocular surface was washed carefully with distilled water. The opacity improved gradually over several months and scarring was replaced by secondary pterygium.

**Experiment** : A button battery was placed on an eyeball of a pig, with the cathode directed toward the cornea. Corneal opacity developed in five minutes and increased thereafter. Another battery was sanded with saline-soaked gauze and the gauze near the cathode turned dark brown. This change intensi-

fied when the gauze was in contact with the side of the battery.

**Conclusions** : The cornea and conjunctiva of the patient were damaged by continuous exposure to alkaline solution (concentrated NaOH) after the button battery had entered the lacrimal sac causing fixation by chemosis. The recent development of smaller batteries increases the risk of similar accidents. Button battery-induced burn injuries may be severe and require immediate correct diagnosis and treatment, especially in small children who may be difficult to examine.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi (J Jpn Ophthalmol Soc 115 : 711—717, 2011)

**Key words** : Button battery, Corneal foreign body, Corneal opacity, Alkaline injury, Children

別刷請求先 : 105-8461 東京都港区西新橋 3-25-8 東京慈恵会医科大学附属病院眼科学講座 小笠原幹英  
(平成 22 年 9 月 22 日受付, 平成 23 年 3 月 15 日改訂受理) E-mail : ogasawara@jikei.ac.jp

Reprint requests to : Mikihide Ogasawara, M. D. Department of Ophthalmology, Jikei University School of Medicine, 3-25-8 Nishi-shimbashi, Minato-ku, Tokyo 105-8461, Japan

(Received September 22, 2010 and accepted in revised form March 15, 2011)

## I 緒 言

ボタン型電池の誤飲や鼻腔内異物の報告は過去に多数あり、緊急処置の必要性や方法について考察されている<sup>1)~9)</sup>。しかし、過去にボタン型電池による角膜への傷害の報告は、1983年から2010年までの医学中央雑誌と、PubMedによる検索では存在しなかった(キーワード: button battery, cornea)。今回我々は、ボタン型電池が結膜嚢に迷入し、長時間停留したため角膜混濁を来した幼児の1例を経験したので、局所傷害に関する実験と文献的考察を加えて報告する。

## II 症 例

患者: 3歳, 女児。

現病歴: 2008年12月24日20時30分頃、玩具のメジャー(LEDライト付き)で遊んでいたところ突然泣き出した。玩具の電池が外れた模様で、床にボタン型電池が転がっていた。その後寝てしまったが、22時30分頃、再び泣き出し、そのとき右眼瞼の腫れが著明であったため近医へ救急受診した。眼瞼腫脹のため開瞼困難であり、激しく泣いており診察への協力が得られず眼表面の診察はできなかった。黒色の色素を眼周囲に認めたため、精査目的で同日東京慈恵会医科大学病院へ受診となった。

初診時所見: 当院受診時、上下眼瞼は著明に腫脹しており、黒色粉状の異物が多量に付着していた。開瞼器を用いてわずかに開瞼すると、眼球は上転しており全周に結膜浮腫がみられた。診察時、上眼瞼の結膜嚢内にボタン型電池(酸化銀電池SR-41と同型、直径7.9mm厚さ3.6mm、1.55V)を発見した。眼球上転のため角膜は上方に向いており、そのためボタン型電池は角膜下方部分と密着していた。また、下方の角膜と直下の結膜に粉状

の黒色異物が付着していた。手持ち細隙灯顕微鏡検査では、前房深度は保たれていた。

経過: 痛みが強く診察困難であり、詳細な所見は不明であったが、しばらく除去を試みるとボタン型電池を摘出できた(図1)。同日、全身麻酔下で、前眼部、中間透光体および眼底の確認を行ったところ、眼表面に多量の黒色粉状の物質が付着していた。下鼻側の角結膜に緑白色の強い混濁を認め、混濁の中心部には茶褐色の色素沈着(鉄錆状)を認めた。スパーテルで角膜、結膜上の色素沈着と緑白色混濁の擦過除去を試みたところ、色素沈着の大部分は除去できたが、緑白色混濁の病変部は硬化しており除去不能であったので、眼内灌流液(BSS®)500mlと蒸留水50mlを使用して十分に洗浄した。中間透光体および眼底に異常はなかった。

術翌日(2008年12月25日)の視力は本人の協力が得られず測定できなかった。上下眼瞼は腫脹し、角膜下鼻



図2 術後前眼部。

角膜下鼻側に緑白色の混濁が存在している。混濁中心部には、茶褐色の鉄錆状色素沈着を認めた。



図1 摘出ボタン型電池の実物。

摘出された電池。1年経過時のもので周囲は錆びついている。陰極は黒色に変化しているが、破壊による内部漏出はなかった。



図3 術後約1年の前眼部。

偽翼状片を生じ、瞳孔偏位、6時~9時方向の虹彩に色素脱失(矢頭)を認めた。

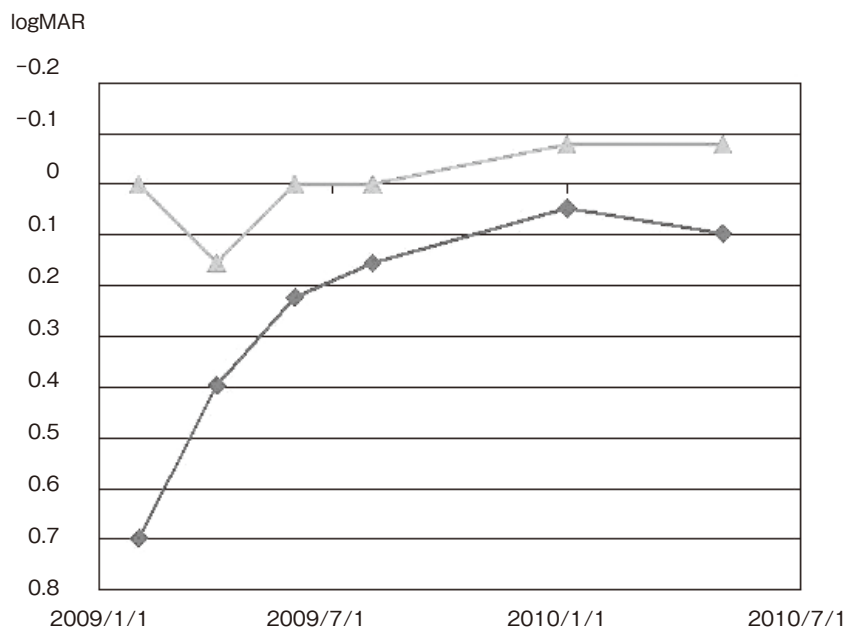


図 4 Logarithmic minimum angle of resolution (logMAR) 視力の変化。  
浮腫の改善と健眼遮蔽治療により、視力は徐々に改善した。◆：右，▲：左。

側に緑白色の混濁が残存し(図 2)，混濁の深度は細隙灯顕微鏡上では不明であった。混濁中心部には、茶褐色の鉄錆状色素沈着を認めたが、フルオレセインでは染色されなかった。下鼻側以外にも全体に浮腫があり前房の炎症所見は不明であったが、前房深度は正常であった。眼球結膜には著明な充血、浮腫を認め、一部に黒色粉状の物質が残存していた。しかし、眼瞼結膜には明らかな硬化や癬痕化は認めなかった。術翌日より、レボフロキサシン点眼/右 4 回、ベタメタゾン点眼/右 4 回、エリスロマイシン眼軟膏/右 4 回、メチルプレドニゾロン眼軟膏/右 4 回を使用して治療を開始した。

2009 年 1 月 15 日には病変部以外の角膜浮腫は改善し、ほぼ消失した。白色混濁は瞳孔縁にわずかにかかっていたが、6 月には瞳孔縁部分の角膜混濁は減少した。9 か月後の再診時には、瞳孔縁部分の角膜混濁はわずかに残存するのみとなり、病変部の濃白色混濁は消失したものの、徐々に偽翼状片を生じた(図 3)。2009 年 2 月から健眼遮蔽 3 時間/日による弱視治療を開始し、右眼視力は 2 月に 0.2、4 月に 0.4、6 月に 0.6、8 月に 0.7 へと徐々に上昇し、2010 年 1 月 29 日には 0.9 に改善した。Logarithmic minimum angle of resolution (logMAR) 視力の経過を図 4 に示す。視力の改善傾向がみられたため外科的加療は行わず、経過観察とした。

2010 年 2 月の診察時、偽翼状片の範囲は著変なかったが、瞳孔のゆがみ、偏位をわずかに認めていた。また、病変部の対側の 6~9 時方向に虹彩色素脱失を認めた(図 3)。6 月、前眼部タイムドメイン光干渉断層計を撮影したところ、病変部後方に周辺虹彩前癒着を認めた(図 5)。2010 年 7 月現在、眼圧は右 16 mmHg、左 17 mmHg と



図 5 前眼部光干渉断層計(OCT)。  
病変部後方に周辺虹彩前癒着を認めた。

上昇は認めていない。レボフロキサシン点眼/右 3 回、ベタメタゾン点眼/右 3 回、0.1% ヒアルロン酸ナトリウム点眼/右 4 回、エリスロマイシン眼軟膏/右 1 回による治療を現在継続中である。

### III 実 験

同型電池を生理食塩水の存在下で眼球に密着させた場合、どのような変化が起こるかを知るために豚眼を用いて以下の実験を行った。また結膜嚢内のボタン型電池は両極が生体と密着する構造のため、単極のみが接触する場合と比べ反応の強さに差が生じる可能性を考え、結膜嚢のように電池が密着する状態とそうではない状態について、ガーゼを用いて比較検討した。

#### 1. 方 法

まずボタン型電池の陰極側が角膜と結膜に密着するようにして豚眼に置き、陽極平面部分が 3 分の 2 程度隠れるように余剰結膜を被覆した状態(図 6 a)で、生理食塩水を 20 秒ごとに滴下させ、角結膜の変化を経時的に観



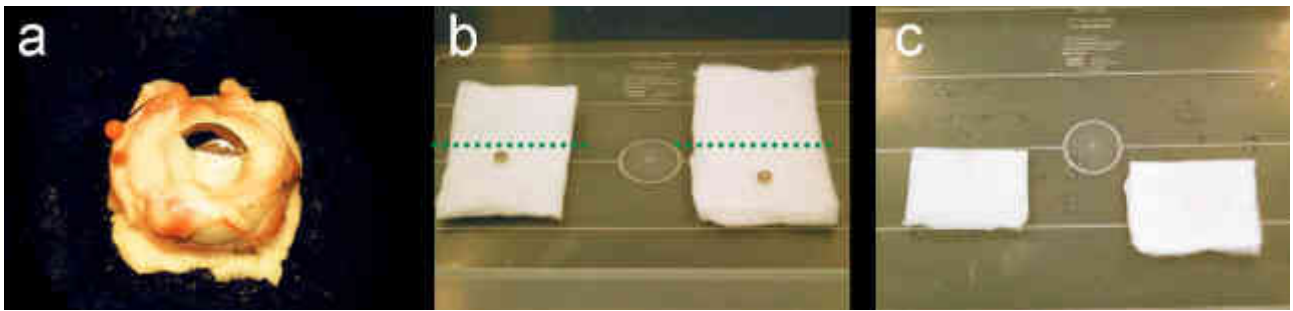


図 6 豚眼と生食ガーゼでの実験.

豚眼にボタン型電池を乗せ余剰結膜で被覆した(a). 生食ガーゼは折り目に近い部分に電池を置いたものと遠い部分に置いたものを準備し(b), 点線の位置で折り曲げ(c), 周囲の変化を確認した.

豚眼

生食ガーゼ①

生食ガーゼ②

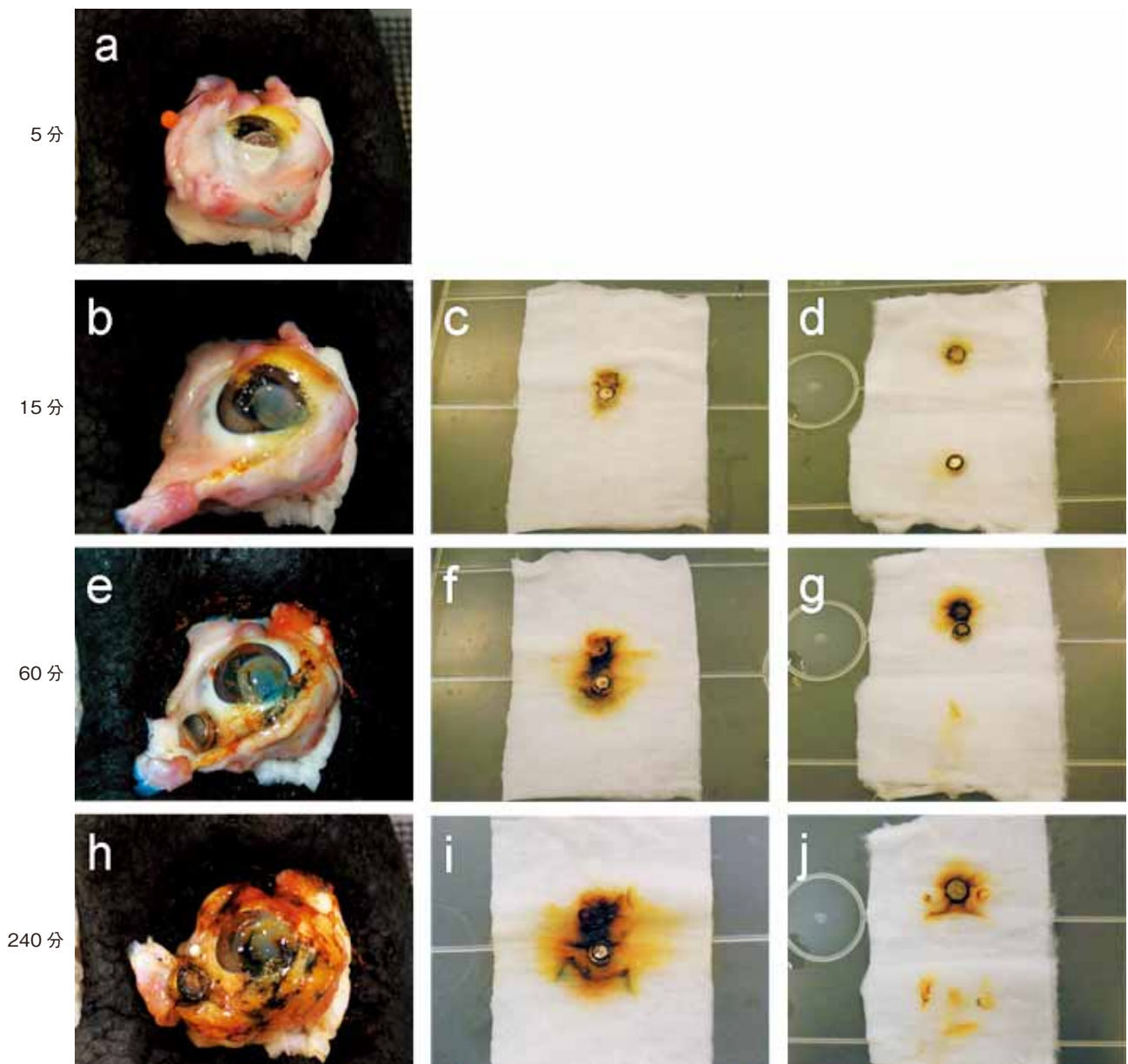


図 7 実験 A(豚眼)と実験 C(生食ガーゼ)の結果.

上段から 5, 15, 60, 240 分の経時的変化を示した. 角膜には本症例と似た色調の混濁を生じた. 15 分以降は撮影時にボタン型電池を角膜から除去している. 写真 e, h で豚眼の左下方にある円形の物体は角膜から一時移動させたボタン型電池である.

察した(実験 A)。次に、反対に陽極側が角膜と接するようにして同様に観察した(実験 B)。比較として、生理食塩水を浸したガーゼで電池を覆ったものを使用した。ガーゼの折り目に電池を置き、陽陰極の水分が移動しやすい状態(生食ガーゼ①)と、折り目から離れた場所に置き、陽陰極の水分が移動しにくい状態(生食ガーゼ②)のものを準備し(図 6 b, c)反応の強さを比較した(実験 C)。また、NaCl がほぼ存在しない水道水を浸したガーゼでも確認した(実験 D)。追加として、陽極、陰極を下にしたものをそれぞれガーゼに乗せ、反応を確認した(実験 E)。

## 2. 結 果

実験 A では 5 分後には茶褐色の液体成分が発生するとともに、角膜の変性が始まっていた(図 7 a)。15 分後には気体の発生とともに電池の形に沿って白色混濁が明瞭となった(図 7 b)。30 分後、電池は角膜に固着し容易に剥がせない状態であった。60 分後以降、反応が進み顕著な混濁を呈した(図 7 e)。陰極側の眼球結膜は接地する表面が黒色に変化し、180 分後、240 分後には陰極側の角膜、眼球結膜に黒色に炭化したような変化があった(図 7 h)。反応は電池の陰極側と側面部分(陽極)付近で著明にみられたが、陽極の平面部分では乏しかった。実験を通して、電池が熱を発することはなかった。

実験 B では、陰極側に接する眼瞼結膜表面は黒色に変化したが、角膜、眼球結膜は 240 分まで変化を認めなかった。

実験 C では、生食ガーゼ①、②とも同様に陰極側に茶褐色の変性を認め(図 7 c, d)、30 分以降は顕著であった(図 7 f, g, i, j)。生食ガーゼ②では①と比較すると反応が若干軽度であった(図 7 g, j)。実験 D の水道水ガーゼでは 45 分後も肉眼上わずかな反応しか出現しなかった。実験 E では陰極が下になった場合は、生食ガーゼ②と同様にガーゼが茶褐色に変化したが、陽極が下の場合はまったく変化しなかった。

## IV 考 按

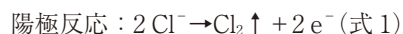
事故発生時の詳細は不明だが、我々は次のように推測した。すなわち、玩具で遊んでいる際に何らかの理由で蓋を外してしまい、電池収納部分奥のバネにより電池が勢いよく飛び出し、それが右眼に飛入し、強い閉瞼とともに偶然に密着し留まった。さらに結膜浮腫を引き起こし停留し、自然脱落しない状態になって外傷が引き起こされた。

もし意図的に入れられたと想定すると、遊んでいる中で子供が故意に目に入れたことになるが、眼瞼浮腫や結膜浮腫で物理的に固定されるまで取らずに密着させていることは、強い異物感を伴うため困難であると思われる。

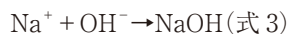
電池がアルカリを生じ組織傷害を起こす機序として、

① 電池内部からの強アルカリの漏出、② 塩化ナトリウムの電気分解による強アルカリの発生、の 2 つが考えられる<sup>1)</sup>。大橋らは、鼻腔内に 3 日間留まったボタン型電池の摘出を行った際、内部の水酸化カリウムの漏出を認めた。ただし金属部分の穿孔はなく、絶縁体部分からの漏出を疑っていた<sup>1)</sup>。また山下らは人工胃液中では 72 時間後に電池が穿孔し、内容物の漏出が始まったと報告している<sup>2)</sup>。我々の症例では摘出した電池に穿孔はなく、絶縁体部分も明らかな異常を認めなかった。このことに加え、4 時間の停留時間を考えると、原因は①ではなく、②であると考えられた。

NaCl 溶液中の電池が起こしうる化学反応式は以下のとおりである<sup>3)4)</sup>。



我々の症例でも同様に、陽極では  $\text{Cl}_2$  が、陰極では  $\text{H}_2$  が発生し、気泡となったと推測され、陽極では  $\text{Na}^+$  が、陰極では  $\text{OH}^-$  が増加するため、次の式 3 で示されるように溶液中の NaOH は急激に高濃度となり、アルカリ被曝が起こったと考えられた。



藤島らは人工胃液中でのボタン型電池による電気分解発生時の pH を測定しており、陰極付近は数分後には最大値の 15 を示したと報告している<sup>5)</sup>。Yoshikawa らはウサギの食道でのボタン型電池の停留による pH の変化を調べているが、3 時間後には平均 10.99 の値を示していた<sup>6)</sup>。

これらの反応に加え、式 4 で示されるように、陽極で生じた  $\text{Cl}_2$  の一部は  $\text{H}_2\text{O}$  と反応し、HCl と HClO を生成し平衡状態となる<sup>7)</sup>。



さらに、式 5, 6 で示されるように、HCl と HClO のそれぞれは再び NaOH と反応する。



よって、陽極では HCl, HClO, NaClO が生じ、それぞれ組織傷害を起こしうる。しかし  $\text{Cl}_2$  は大部分が気化するため、これらの量自体は微量であると考えられ、組織への影響は非常に少ないと思われる。

今回摘出されたボタン型電池の表面金属部分は主にステンレス鉄からなり、陽陰極ともにニッケルメッキで覆われている。そのため酸・アルカリ両方に対して耐蝕性を備えている。内部の陽極活物質には酸化銀  $\text{Ag}_2\text{O}$ 、陰極活物質には亜鉛 Zn、電解質には 20~45% KOH が存在する。HCl 曝露によってニッケルは通常長時間かけて腐食していくが、今回は短時間の腐食であり、穿孔を起こしボタン型電池の内部漏出を起こしていたことまでは考えにくい。ニッケル自体の反応で新たな化合物が微量に生成したとしても組織への影響は非常に少ないと思わ

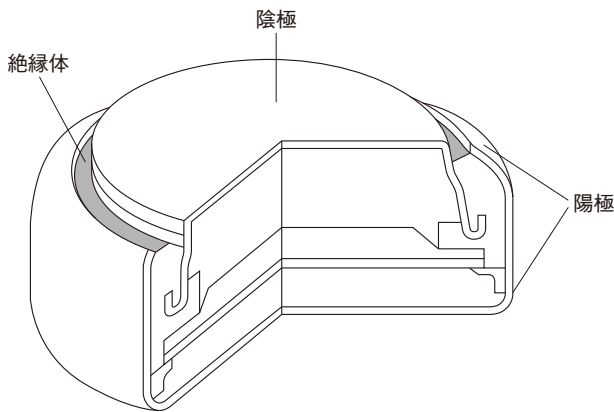


図8 ボタン型電池の構造。

陽極と陰極は円形の絶縁体で区切られており、陰極部分のすぐ外側に陽極が存在する。

れる。

実験においては、豚眼の角膜には本症例と類似した色調の混濁を生じた。NaOH 濃度の上昇による変化と考えられた。5分という短い時間でも混濁は始まっていた。生体では角膜の異物防御作用やポンプ作用があり、まったく同じ進行にはなり得ないが、実験において急激な変化を認めたことから、生体でも非常に類似した変化を起こすことは十分に考えられた。

陰極平面は陰極部分の外縁を絶縁体が円形に囲んでいる構造で、そのすぐ外側に陽極が存在する(図8)。つまり、電子の流れは図9の矢印で示したようになり<sup>5)</sup>、絶縁体付近はNaCl存在下で最も通電しやすい環境にある。生食ガーゼの実験結果で①と②を比較した場合、絶縁体から陽極にかけての部分を生食食塩水が充滿している①の状態の方がより強い色調変化を起こしており、生体においても結膜嚢に停留したうえ結膜浮腫で密着した状態は、その構造上最も反応を進めやすい状態であることが示唆された。

また、陰極側付近の激しい変化に対して、陽極平面部分の変化は乏しかった。我々の症例では眼瞼結膜に明らかな硬化や瘢痕化は認めなかった。実験においても被覆した結膜には癒着や肉眼的な傷害はみられなかった。Yoshikawaらは、食道に電池を停留させた場合の気管への影響を調べた実験を行い、陰極側が気管方向を向いていたときのみ気管内のpHの上昇を認めたが、逆に陽極が気管側を向いた場合には、食道内pHの低下がありながら気管内pHの低下の傾向はなかったと報告している<sup>6)</sup>。陰極側ではアルカリ成分が浸透していったためと解釈できる。彼らの報告では陽極側の食道内の組織変化は少ないながらも認められた。我々の実験では、陽極側に角膜が接していた場合には角膜に混濁を生じなかった。pHの変動、組織変化は今回の実験からは不明である。しかし、仮に電池の陽極側が直接pHを低下させていたとすると、角膜については透明性になんらかの変化を生



図9 電子の流れ。

絶縁体付近は陽陰極間距離が短いため、NaCl存在下で最も通電しやすい。離れるほど抵抗が増えるため通電は少なくなる。

じることが推測される。したがって陽極側の酸性化はわずかだったと思われた。陽極側の変化が生じなかった理由として、我々の症例の電池の電圧は彼らの使用した電池の3Vに対して約半分の1.55Vであり、周囲の通電の範囲が大きく異なっていた可能性がある。つまり今回は、局所的な電子の流れの大部分が絶縁体付近に存在したため、陽陰極それぞれの反応が陰極側の絶縁体付近でほぼ発生していたことが考えられた。そして陽極平面部分には反応が生じにくかったことが推測された。元来、酸は組織に浸透しにくい、アルカリは浸透しやすく組織傷害が進行しやすいことが周知されている<sup>3)</sup>。このため、陰極側平面で起こった傷害に対する処置は特に重要である。

高温への曝露も角膜混濁を引き起こす。しかし、今回の実験では電池に熱の発生はなかったため、高温曝露による変化ではないことが確認された。

本症例では視力の改善傾向があり、瘢痕部位が瞳孔領の手前で済んだことに加え、瞳孔領付近の炎症、浮腫が徐々に沈静化してきたことが改善につながったと考えられた。今後も健眼遮蔽を行いながら視力の改善、維持を目指していくが、副腎皮質ステロイド点眼や虹彩前癒着が引き起こす眼圧上昇にも注意していく必要がある。

今回我々は、初期対応において洗浄する際、生理食塩水を用いず、蒸留水を用いた。その理由として、当初、起こっている化学変化について把握することはできなかったことがあるが、そのうえで、何らかの外的原因で硬化と黒色粉状物質が生じたものとの判断で、浸透した物質の濃度を最も効果的に下げられる蒸留水を用いることを考えた。

虹彩前癒着は病変部のみに存在することから、前房内のアルカリ濃度の上昇が直接引き起こしたものではなく、傷害直後からしばらくの間、局所的に著しい角膜肥厚が生じ、周辺部虹彩と持続的に密着していた可能性、もしくは摘出されるまでの間、ボタン型電池の物理的な圧迫が角膜を数時間歪ませ続けたため、化学外傷を伴いながら周辺部虹彩と密着していた可能性が考えられた。

ボタン型電池の誤飲の場合、胃まで到達していれば状況によっては経過観察が可能だが、食道や腸管内に停留



した場合には可能な限り早期の摘出を必要とする<sup>3)8)</sup>。鼻腔内異物の場合、数時間から数十時間の停留で鼻中隔穿孔を引き起こす<sup>1)9)</sup>。眼合併症においては、本症例のように結膜嚢内に固着した場合、角膜実質へのアルカリの到達が少なくとも 15 分後には起こっている可能性が示唆された。このことから、眼球への局所傷害が疑われた場合、一刻も早い摘出が必要と考えられた。

利益相反：利益相反公表基準に該当なし

## 文 献

- 1) 大橋晋吾, 服部康夫, 鶴窪一行, 中嶋慶則, 柏戸泉：電池鼻腔異物(ボタン型アルカリ電池)の一症例およびその局所傷害に関する実験的研究. 日耳鼻 96 : 387—393, 1993.
- 2) 山下 衛, 服部治夫, 内藤裕史：ボタン型アルカリ電池の人工胃液, 人工腸液内での変化. 月刊薬事 24 : 2459—2461, 1982.
- 3) 吉川啄磨, 浅井 聰：ボタン型電池誤飲とその合併症. 小児内科 35 : 1358—1361, 2003.
- 4) 山下 衛, 齊藤重行, 小山完二, 野口雅之, 服部治夫, 内藤裕史, 他：直流低電圧による化学火傷—ボタン型電池の例. 医学のあゆみ 126 : 957—959, 1983.
- 5) 藤島一郎, 河原崎秀雄, 宇野武治, 上山武郎, 原田幸雄, 吉村敬三, 他：ボタン型電池誤飲とその病態—誤飲した電池の消化管内における変化およびその生体に与える影響の基礎的研究一. 日小外会誌 22 : 674—679, 1986.
- 6) Yoshikawa T, Asai S, Takekawa Y, Kida A, Ishikawa K : Experimental investigation of battery induced esophageal burn injury in rabbit. Crit Care Med 25 : 2039—2044, 1997.
- 7) 大橋晋吾, 服部康夫, 上野則之, 清水都夫：リンゲル液内におけるボタン型アルカリ—マンガン電池の放電に関する研究—ボタン型電池異物による局所傷害因子に関連して一. 日耳鼻 98 : 1796—1804, 1995.
- 8) 奥村 徹, 久岡英彦, 山田京志, 奥村澄枝, 富田善雅, 内藤俊夫, 他：家庭用品の誤飲, 誤食—タバコ, ボタン電池, ハイターなど一. 総合臨床 53 : 1227—1230, 2004.
- 9) 松本和彦：鼻内異物(水銀電池)による鼻中隔穿孔の 1 症例. 耳喉 48 : 481—483, 1976.