

ボタン型アルカリ電池誤飲に関する基礎的、臨床的検討

関西医科大学救命救急センター

安井 達 和泉 宏 高木 大輔
武山 直志 千代 孝夫 田中 孝也
同 外科
渡 辺 直 山 本 政 勝

EXPERIMENTAL AND CLINICAL STUDY OF THE HAZARD BY AN ALKALINE BATTERY INGESTION

Tohru YASUI, Hiroshi IZUMI, Daisuke TAKAGI, Naoshi TAKEYAMA
Takao CHISHIRO, Takaya TANAKA, Naoshi WATANABE*
and Masakatsu YAMAMOTO*

Division of Critical care medicine and Department of Surgery*, Kansai Medical University

アルカリボタン電池誤飲による危険性などについて基礎的、臨床的検討を加えた。一般に誤飲による危険性はその内容物である強アルカリの漏出によると考えられているが、今回の結果では、たとえ内容漏出がなくとも胃液により惹起される電気分解により水酸イオンが発生し、それがために胃内壁は強度のアルカリとなり胃潰瘍が発生するとともに、胃穿孔発生の危険性が示唆された。電気分解の際には電池よりニッケル、亜鉛、鉄などの金属類が溶出されてくるが、たとえそれさが吸収されたとしても生体に悪影響を及ぼす程の量ではなかった。

索引用語：アルカリボタン電池，胃潰瘍，胃穿孔，電解反応

はじめに

最近、乳幼児によるアルカリボタン電池誤飲が注目を集め、その危険性について種々うぬんされているが、いまだ推測の域を出ず、したがって対処のしかたもさまざまであるのが現状である。現在までアルカリボタン電池誤飲に関する報告は、内外を含めほんの数編にすぎず、しかも、その危険性、治療方針に関して明確に結論づけられているものはいまだ見当たらない。今回われわれは、それらを解決する目的にて、臨床的、基礎的に種々の面より検討を加えたので報告する。

1. 臨床的検討

われわれが過去において経験したアルカリボタン電池誤飲症例は表1のごとく6例であり、年齢は0歳-9歳に及び、うち5例は1歳前後の乳幼児であった。誤飲された電池の種類は、全例がゲームウォッチに使

表1 アルカリボタン電池誤飲症例

	氏名	年齢	性	胃内停留時間(hrs)	用途	電池の種類	摘出方法	所見
1	A. T.	11M	♀	8	G.W	EVEREADY 186	G. F	n.p
2	T. M.	1 Y	♂	4	カメラ	LR 44	G. F	n.p
3	Y. Y.	9 Y	♂	5	G.W	LR 43	G. F	n.p
4	D. U.	11M	♂	3	G.W	LR 44	G. F	潰瘍⊕
5	T. A.	1 Y	♂	1.5	G.W	LR 43	磁石	/
6	T. Y.	9M	♂	2.2	G.W	SR 43	磁石	潰瘍⊕

G.W. ゲームウォッチ, G.F. 胃カメラ

用されることの多いLR44, LR 43といった比較的大容量のものであった。対処方法は、4例が全身麻酔下に胃ファイバースコープにて、ほかの2例は無麻酔下に細い胃チューブ先端に固定した強力な磁石を用いて摘出した。なお、誤飲から摘出までの時間は1.5時間から22時間であり、平均約7時間であった。胃粘膜所見としては、2例に潰瘍形成を認め、そのうち胃内に22時

<1983年11月9日受理>別刷請求先：安井 達
〒570 大阪府守口市文園町1 関西医科大学救命救急センター

図1 症例6の胃内視鏡所見，幽門周辺にBelagを伴った潰瘍の多発がみられる。

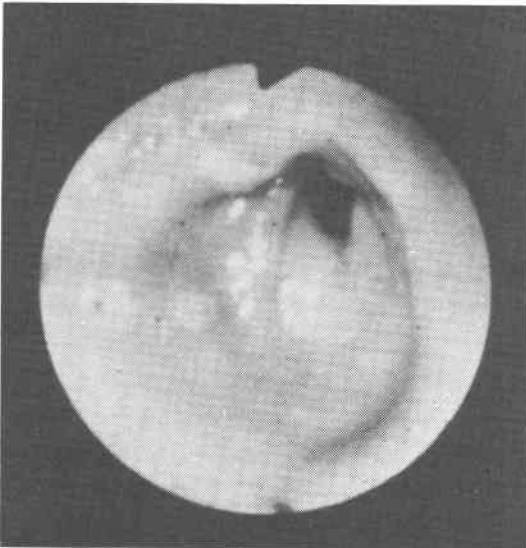
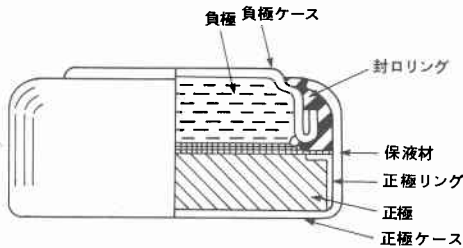


図2 ボタン形アルカリ電池の断面図

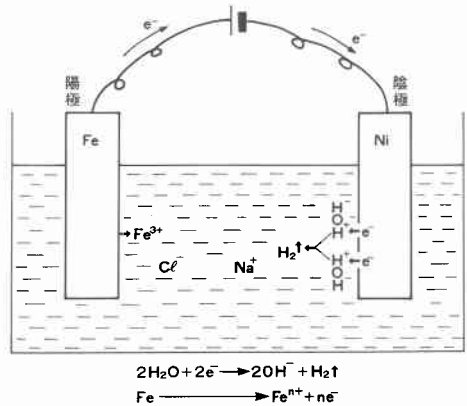
Cross-section view of typical button-type alkaline battery



間存在していた症例では，図1のごとく幽門部を中心に多発潰瘍を認めた。なお，これら2例とも，来院時までにミルクや固形物が摂取されていた。摘出電池表面は，胃液中の硫化物が附着し黒変していたものの，電池の穿孔，破壊といった所見は認められなかった。

一般にアルカリボタン電池は，活物質として正極には二酸化マンガンや酸化銀などが，負極には亜鉛が使用されており，それら活物質は水酸化カリウムなどのアルカリ溶液中にひたされている。缶材料としては，負極には銅，ステンレス，ニッケルからなるクラッド板が使用され，正極には，鉄にニッケルメッキがほどこされたものが使用されている(図2)。この電池が胃内に誤飲されると図3のごとく，胃液中にて水の電気分解が惹起され，負極より水素ガスおよび水酸イオン

図3 アルカリボタン電池の胃内における放電様式



が生成され，負極周辺部の pH は著しく高くなる。一方正極からは流れた電気量に相当する鉄が溶出し缶は腐蝕される。これらの反応速度は，起電力が大きいほど，また胃酸の pH が低いほど大となる。

2. 基礎的検討

1) 実験方法

i) 本実験に供したボタン型アルカリ電池は，日立マクセル社製 LR 44 であり，未使用かつ電圧，重量，大きさが一定のものを用いた。

ii) 電池穿孔を検討する目的にて，人工胃液(日本薬局方第1液)および健常人胃液を用い，それぞれの液における鉄およびニッケルの腐蝕速度を，電解電流を測定するとともに，液のカリウム濃度を測定することにより，電池内容漏出を検討した。

iii) 生理的食塩水を用いて ii)と同様に腐蝕速度を検討した。

iv) 電池の缶材料である鉄，マンガ，亜鉛，ニッケルなどの金属類の人工胃液中での溶出状態を原子吸光度法にて測定し，生体に対するそれらの金属類の影響を検討するとともに，実際にラット胃内に電池を封入し同様の検討を行った。

v) 電池穿孔による危険性を検討する目的にて，電池側壁に径，約1.5mmの穴を2カ所あけた電池を200グラム前後のウイスター系雌ラットの胃内に封入し検討した。なお電池はエーテル麻酔後胃切開を施行し封入した。対照群としては，胃切開による影響および金属との接触による胃壁変化を除外する目的にて，胃切開単独施行群，および空電池封入体群を作成し比較検討した。空電池とは，缶材料は既製品と同じであるが，活物質，電解液などの内容を含まない電池缶のことで

ある。また、胃切開単独施行群では、胃酸分泌を最大限促進させた状態にて胃粘膜変化を検討する目的にて、絶食下にテトラガストリン40mg/kgを2時間毎に皮下注した。また、それ以外の群は、食餌の影響を検討した後述の実験結果より、食餌摂取の有無と胃壁変化とはほとんど関係がなかったため、食物摂取下にて検討した。

vi) 食餌摂取による影響および時間的経過における胃粘膜変化を検討する目的にて上記と同方法にてラット胃内に封入し、絶食群、非絶食群に分けて検討した。なお、絶食群ではv)と同様の方法にてテトラガストリンを投与した。

vii) 電池内容漏出は電池電圧と加水分解の速度および量により決定されるため、ラット胃内に封入した電圧およびその放電率を経時的に測定し検討した。

viii) 時間経過により、電池内容がいかにかに漏出してくるかを検討する目的にて、電池をラット胃内に封入後、経時的に電池内残存水酸化カリウム量を測定することにより漏出率を算出した。

ix) 二種類の試作電池を用い(後述)、加水分解により生成されるアルカリの胃粘膜に及ぼす影響を検討した。

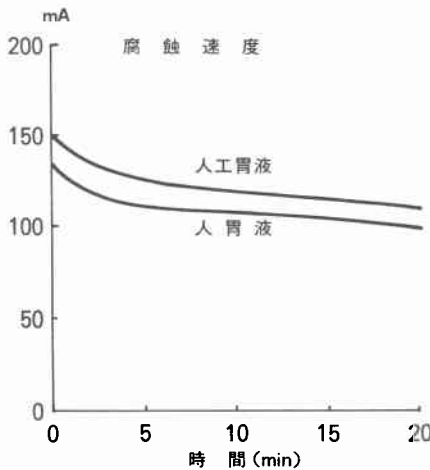
2. 結果

1) 人工胃液および人胃液中における鉄およびニッケルの腐蝕速度は図4のごとくであり、両胃液間に著明な差異を認めなかった。しかし、アルカリボタン電池胃液内浸漬実験では、図5のごとく両胃液間に大きな差異を認め、ヒト胃液では浸漬開始後4~8時間にて水酸化カリウムの漏出を認め、以後急激に漏出量は増加した。一方人工胃液では、24時間以内の漏出量は微量であるが、それ以後急速に増加した。

2) 次に生理食塩水中にてアルカリボタン電池がいかなる変化を示すかを検討した結果、図6のごとく電解電流すなわち反応速度は強酸中よりも小であるが、電解反応は十分に惹起されることが判明した。

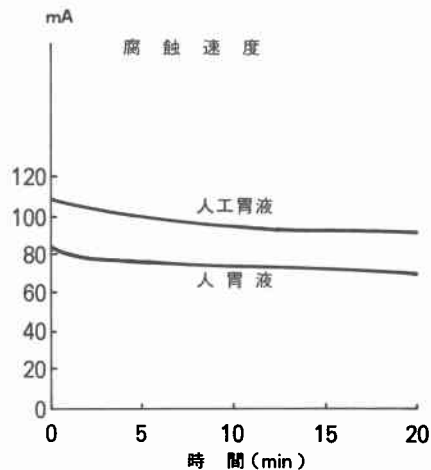
3) 人工胃液中にて電池を浸漬した際(図7)には、鉄が最も早期に溶出し、60時間後には約180mg、160時間後には約300mgが溶出した。一方マンガン、亜鉛は80時間後より溶出するも、その量は非常に少なく、160時間後でも50mg以下であった。また、ニッケルは140時間後でもほとんど溶出を認めなかった。次に実際にラット胃内に電池を封入し、その重量減少率を検討したところ図8のごとく絶食群、非絶食群間にほとんど差を認めず、量的には、8時間後には1.5%、16時間後

図 4



人胃液および人工胃液中における鉄の電解電流

正 極：鉄 4 cm²
 負 極：ニッケル 20 cm²
 温 度：37℃
 印加電圧：1.50 V



人胃液および人工胃液中におけるニッケルの電解電流

正 極：ニッケル 4 cm²
 負 極：ニッケル 20 cm²
 温 度：37℃
 印加電圧：1.50 V

図5 ヒト胃液及び人工胃液内におけるカリウム溶出量

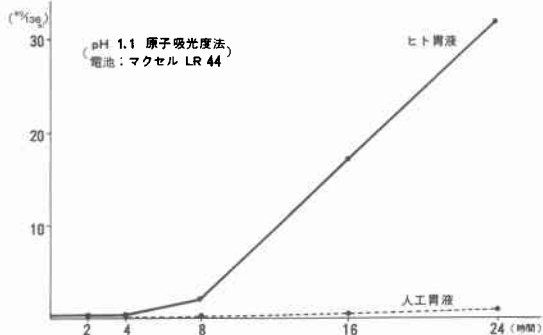
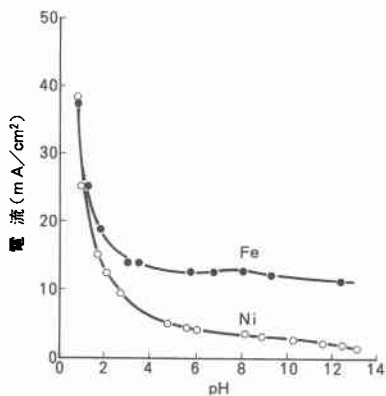


図6



鉄およびニッケルのアノード電流

印加電圧：1.5 V
 温度：37℃
 対極：ニッケル板
 電解液：0.9% NaCl sol.

には3%, 24時間後には4.5%, 48時間後では6%の重量減少を認めた。これは上記の結果より、大部分が鉄の減少によると考えられた。

4) ラット胃内に穿孔電池を封入し、24時間後、48時間後まで観察した結果は表2のごとくであり、いずれの群でも全例に出血、浮腫、びらん、潰瘍を認めた。しかし明確な穿孔を認めたのは、48時間群の1例のみであった。しかし24時間群および48時間群で穿孔を認めなかった症例でもアルカリによる変化は全例漿膜面に達していた。なお図9は穿孔を認めた例の病理所見である。その際測定した電池表面のpHは24時間群で11.12±0.3, 粘膜表面のpHは5.28±0.88, 48時間群

図7

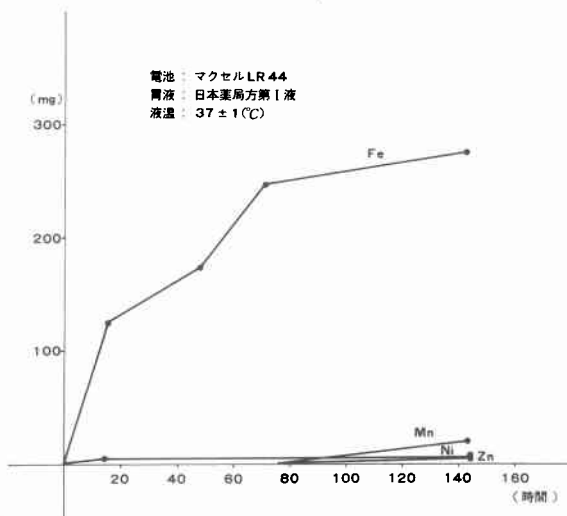


図8 重量減少率

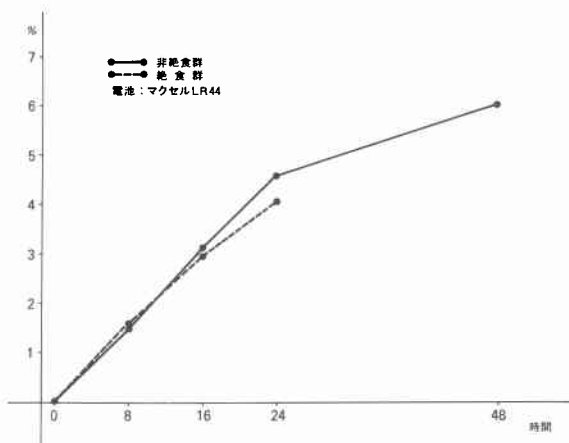


表2 ラット胃内アルカリポタン電池封入体実験(穿孔電池群)

非絶食							
時間	電池 pH	粘膜 pH	出血	浮腫	びらん	潰瘍	穿孔
24	11.12 ± 0.30	5.28 ± 0.88	5/5	5/5	5/5	5/5	0/5
48	9.72 ± 2.64	5.00 ± 1.28	5/5	5/5	5/5	5/5	1/5

で、それぞれ9.72±2.64, 5.00±1.28であった。したがって48時間後においても依然としてアルカリによる影響が存在していた。なお対照群の胃切開単独施行群

図9 穿孔電池にて発生した胃穿孔所見

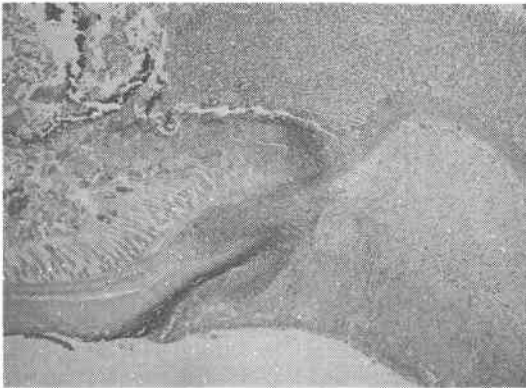


図 10

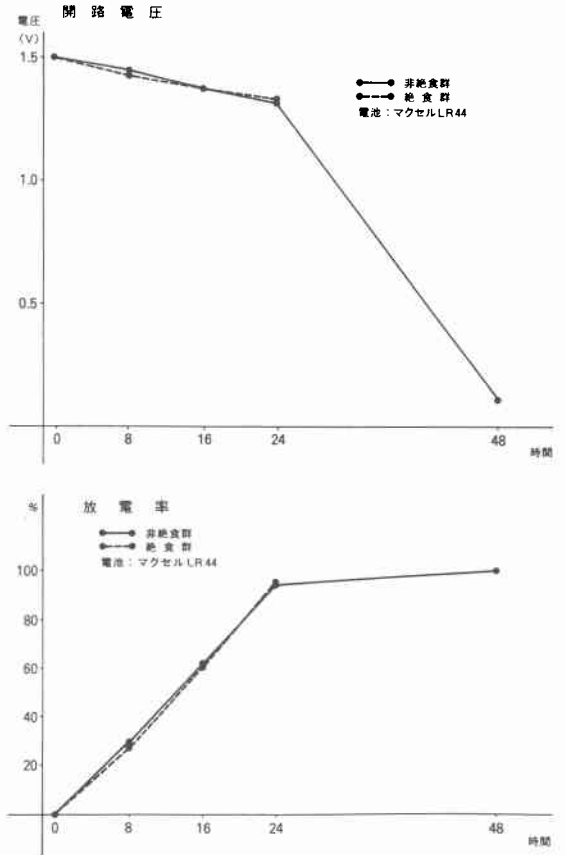


表3 ラット胃内アルカリボタン電池封入体実験

時間	非絶食群						絶食群					
	電池 pH	粘膜 pH	出血斑	浮腫	びらん	潰瘍	電池 pH	粘膜 pH	出血斑	浮腫	びらん	潰瘍
8	10.93 ± 0.23	6.80 ± 0.52	3/3	3/3	2/3	0/3	13.06 ± 1.03	11.13 ± 0.11	2/3	3/3	0/3	1/3
16	12.40 ± 1.05	7.06 ± 0.11	3/3	3/3	1/3	0/3	12.00 ± 1.17	11.00 ± 0.16	3/4	4/4	3/4	0/4
24	11.00 ± 0.20	6.66 ± 0.64	1/3	3/3	3/3	1/3	11.00 ± 0.20	6.66 ± 0.20	3/3	3/3	2/3	3/3
48	9.12 ± 2.70	4.92 ± 1.57	2/5	3/5	4/5	3/5	電池：マクセルLR44 絶食群のみテトラガストリン 40mg/kg S.C					

では、出血斑、びらん、潰瘍などの所見は1例も認めず、しかも空電池封入群でも、金属の接触に発生したと考えられる小出血斑1例を除き、何らの変化も認められなかった。したがって穿孔電池群において出現した諸変化は、ストレスによる影響、および機械的刺激による変化を除外しうるものと思われた。

5) 表3は、市販電池をラット胃内に封入し、in vitroの実験にて確認しえた結果と同様のことが発生するか否かを、また食物摂取がいかなる影響を及ぼすかについて検討したものである。8時間群における胃粘膜面pHは、食物摂取群で6.80±0.52、絶食群で11.13±0.11と両群ともすでにpHの上昇を認めるも、その程度は絶食群の方が大であった。胃粘膜病変は、食物摂取群ではほぼ全例に出血、浮腫、びらんの所見を認めたが、潰瘍形成は認められなかった。一方絶食群では、出血、浮腫はほぼ全例に、1例に潰瘍を認めた。上記とほぼ同様の所見が経時的に観察した群でも認められ、しかも潰瘍形成は時間の経過とともに増加し、絶食群で24時間後に全例、食物摂取群で24時間後に1例、48時間群で3例認められた。一般にアルカリボタン電池誤飲の際には、水分や食物を摂取する方が、その危

険性を軽減するとして推奨されている。しかし私どもの実験では、絶食群および非絶食群間にほとんど差異を認めなかったことより、たとえ水分や食物を摂取せしめたとしても、胃粘膜に及ぶ変化を軽減せしめえないものと推察された。

6) 電池穿孔の危険性は、電池内に残存する電気量により、決定される。図10はラット胃内に封入した電池の開路電圧およびその放電率を絶食群および非絶食群に分けて検討したものであるが、両群間に著明な差を認めず、8時間後の電圧は約1.45V、16時間後では約1.38V、24時間後では約1.33Vであった。一見24時間後でも高い電圧が保持されており危険と思われるが、放電率を計算すれば24時間後にはほぼ100%放電されていることにより、24時間の電圧は終止電圧に達しており、さらに大電流が流れることはもはやない。

7) 水酸化カリウム漏出率は図11のごとくであり、絶食群、非絶食群間では、その漏出率に多少の差異を認めるものの、いずれも8時間後以降において水酸化カ

図 11

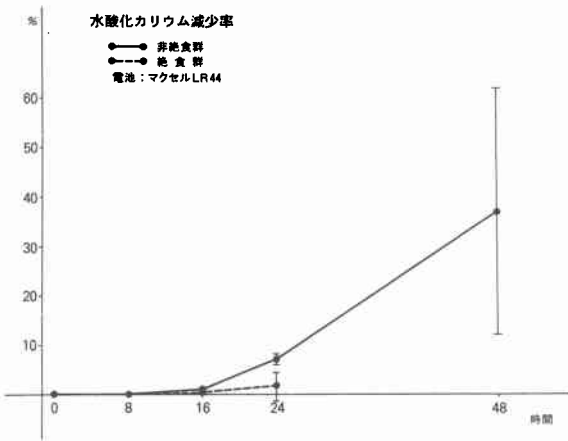


表4 ラット胃内アルカリポタン電池封入実験

I 溶出金属量の少ない電池: 電池A

時間	電池 pH	粘膜 pH	出血斑	浮腫	びらん	潰瘍
8	2.00 ±0.56	2.26 ±0.61	1/3	1/3	1/3	0/3
16	3.00 ±0.69	3.00 ±0.69	2/3	1/3	2/3	0/3
24	2.95 ±0.10	3.20 ±0.56	2/5	3/5	4/5	1/5
48	3.00 ±0.52	2.66 ±0.30	0/3	0/3	1/3	0/3

II 金属溶出のない電池: 電池B

時間	電池 pH	粘膜 pH	出血斑	浮腫	びらん	潰瘍
24	2.60 ±0.40	2.53 ±0.23	1/3	0/3	0/3	0/3

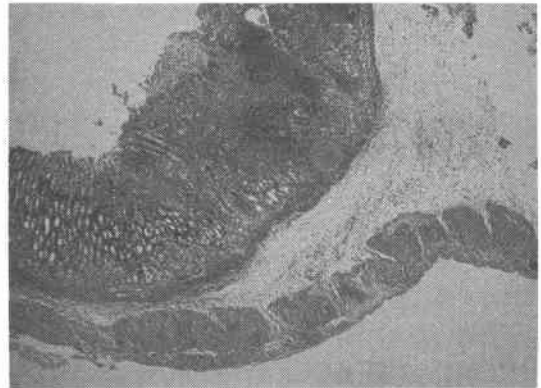
ウィスター系♀ラット

リウムの漏出を認め、非絶食で7.5%、絶食群で2%の漏出を認めた。なお非絶食群の48時間後の漏出率は平均37%、最高で67%であった。

8) 内容漏出をきたさない缶材料を用いた試作電池による検討は表4のごとくであり、試作電池Bは電解反応を全く起こさないものの自然放電率が高く長期間の使用に耐えないものであり、試作電池Aは少量の電解電流の発生を認めるものの、約40分程度の早期に電解反応は終了するため電池穿孔をきたすことはなく、しかも長期間の使用に耐えるものである。

電池A群では、8時間、16時間、24時間後に出血、浮腫、びらんなどの変化を認め、その病変出現率は24時間群で最も多く、しかも1例に潰瘍を認めた。図12はその病理所見である。しかし48時間後にはこれらの

図12 試作電池Aにて発生した胃潰瘍の初期像



病変出現率は減少していた。なお、これらの諸変化がアルカリ漏出にて発生したものでないことは、電池および粘膜 pH が2.0~3.0の間であったことから明らかである。電池B群では1例に小出血斑を認めるのみであり、電池A群との間には大きな差異を認めた。電池Bによる粘膜変化は、空電池を封入して検討した結果と酷似しており、これらより電池Bによる粘膜変化は、単なる機械的刺激によるものであり、電池Aによる変化は、発生した電解電流によるものであらうと思われる。また、その際測定した開路電圧は、当然のことながら電池Bでは電圧低下を認めず、電池Aでは24時間以降に多少の低下を認めるも依然として高い電圧が保持されていた。

考 察

最近、アルカリ電池誤飲がマスコミを賑わし、その危険性が社会問題化している。誤飲例報告の初期においては、むやみにその危険性が強調され、なかには開腹にて摘出された症例も報告されている¹⁾²⁾。その後、外科的摘出に対する批判や、経過観察にて自然排泄された症例をもとに、最近の多くは自然排泄を促す方向に進んでいる。しかし、アルカリ電池誤飲にともなう危険性や自然排泄是否に関して詳細に検討された報告はいまだ見あらず、現在施行されている治療方法も単にわずかな経験をもとにしているにすぎない。アルカリ液が消化管粘膜に多大の影響を及ぼし、出血、潰瘍、壊死、穿孔など、多彩な病変をもたらすことはすでに報告されているものの^{3)~5)}、アルカリポタン電池誤飲にともなう危険性の報告は、1977年の Blatnik などにはじまる⁶⁾。現在市販されているアルカリポタン電池は、正極に使用されている活物質の種類や、溶液

の種類によりその性能を異にするが、生産量および玩具における使用率はアルカリマンガン電池が圧倒的に多い。

電池穿孔は消化管内 pH と大いに関係があり、pH の低い胃内での電解反応は急速に進展し、内容漏出の危険性が大であるも、一般に崩壊直前の電池が腸内に移行し腸内にて崩壊する例を除けば、腸内での電池穿孔の危険性はないとされている⁷⁾。しかし、アルカリボタン電池誤飲により消化管穿孔をきたした報告例のいずれもが胃以外であり、2例は食道穿孔、食道気管瘻に引き続いて大血管損傷により大出血をきたして死亡し⁸⁾、ほかの1例はメッケル憩室内に電池が頓入し、それにより穿孔をきたしたため開腹術が施行されている⁹⁾。食道穿孔例の誤飲より摘出までの時間は1~4日間、摘出より出血をきたすまでに数時間~6日間の時間的経過がある、メッケル憩室例では誤飲後3日目に穿孔をきたしている。なお、食道穿孔例では電池摘出時すでに食道気管瘻を形成していた。過去におけるいずれの報告例も、アルカリ漏出による消化管壁への危険性が強調され^{6)~10)}、実際に動物の食道、胃内に電池内容を投与した報告でも、その危険性が確認されている¹¹⁾¹²⁾。

われわれもアルカリ漏出による危険性については決して否定するものではなく、電池側壁に穴をあけラット胃内に封入した今回の実験結果からも、いかに電池内容漏出によるアルカリの影響が強いかを確認している。しかも24時間後、48時間後における電池表面 pH はおよそ10前後、粘膜表面はおよそ5前後と48時間後においても依然として高い pH を維持し、穿孔電池による影響が長時間に及ぶ可能性があることが判明した。

電池穿孔に関し、鉄およびニッケル電極を用いて測定したそれぞれの腐蝕速度、すなわち電解電流は、ヒト胃液および人工胃液間において著明な差を認めなかった。一方、両胃液内にて施行したアルカリボタン電池浸漬実験では、人工胃液においてはほかの報告者とほぼ同様の結果を認めたが⁷⁾、ヒト胃液においては人工胃液に比べ早期より電池穿孔を認めた。これらの相異がいかにして惹起されたかは明らかではなかったが、ヒト胃液では人工胃液に含まれていない物質が存在し、それらの物質が実際の電池においては穿孔に対し何らかの反応促進因子となった可能性が示唆された。したがって本実験結果より、これまで行われてきた人工胃液を用いた実験が、必ずしも正確に *in vivo* の状態を反映しているとは限らないのではないかと思

われた。

先にも述べたごとく、消化管穿孔報告例のすべては胃以外の消化管であったことと、われわれが経験した2症例において、電池穿孔を認めないにもかかわらず胃潰瘍が形成されていた2つの事実より、以下に述べる2つの事項が推論される。その第1は、潰瘍形成は電池内容漏出によってのみ形成されるのではない事、第2は、胃液の pH は電池穿孔に関して大きな因子ではあるが必須条件ではない、ということである。前者については、ラット胃内における電池封入実験において、電池穿孔が惹起される以前より、電池表面 pH は10~11と異常高値を示し、しかも胃粘膜の変化が認められたことより、電解電流発生により生じた水酸化ナトリウムにより潰瘍が形成されると考えられた。後者については生理食塩水を用いての浸漬実験でも、塩酸含有液の1/2程度の反応速度ではあるが、アルカリが生成され、しかも生体内では Na, Cl が唾液中には10~20 mEq/l、胃液中には70~100 mEq/l、小腸液には45~150 mEq/l 程度含有されていることから、電解反応によるアルカリ生成は十分惹起され、潰瘍が形成される可能性があると思われた。そして、その反応速度が小さいことより潰瘍形成に要する時間も長くなることが考えられ、このことは胃以外の消化管穿孔例では、穿孔までに比較的長時間を要していることとも一致しているのではないかと思われた。

しかも電解反応にともなうアルカリ生成により、潰瘍が形成されることをさらに確認する目的にて施行した試作電池による実験にて、電解反応を全くおこさない電池の場合、胃粘膜には機械的変化以外全く著変を認めなかったことより、潰瘍形成は電解反応にても惹起されることが確認された。

なお、アルカリ電池は1.5Vの電圧を有しているため、電池よりの直接通電が消化管壁に火傷を生じないかとの疑問が生ずる。電池電圧は電解反応により低下してゆくため、一概に通常に通電とは同一視できないものの、一般に組織を通過する電気量は電圧、電流、抵抗、作用時間と関係があり、最大1.5ボルト(V)の電流が胃壁に通電されたとすれば、筋肉の抵抗を1,500オームと考えた場合、電流は1ミリアンペアとなる¹³⁾¹⁴⁾。はたしてこの程度の電流にて火傷が発生するか否かが問題となるが、3V以下という低電圧にて火傷が発生したという報告¹⁵⁾¹⁶⁾が見られる。しかし、これらの報告を検討してみると、電極を接触させる際、生理食塩水が用いられており、しかも、火傷部位が強ア

ルカリであったとしていることから、通電による火傷と考えるよりは、食塩水の電気分解にともなうアルカリ火傷と考えられた。しかも、かりに胃内で電流が流れたとしても粘膜と粘膜表面に存在する胃液とは、電気抵抗が著しく異なるため、電流の大部分が胃液中を流れ、胃壁を通過する電気量はごくわずかであろうと思われた。

次にマンガン、鉄、亜鉛などの缶材料が溶出し、吸収された際には、人体に何らかの悪影響が及ぶのではないかと思われたが、電池材料より溶出したそれらの諸金属は極めて微量であり、たとえそれらの物質が吸収されたとしても、いずれも人体に悪影響を及ぼすほどの量ではなかった^{17)~19)}。

電池誤飲の際の処置および対策であるが、食道胃内に留まっているようであれば摘出すべきであると考えられる。本来、使用済電池では、残存電気量がほとんどないため、電池器材による機械的影響以外、その危険性は存在しないものの、臨床の場合においては電池内に残存している電気量を知る手段がないことと、また、実験結果より、誤飲24時間には電池放電はほぼ終了していると考えられ、24時間異常なく経過すれば一見安全と思えるが、電池形態の崩壊もまたそれなりに進んでいると考えられ、腸内での電池崩壊、内容漏出の危険性が考えられることから、上部消化管に電池停滞を確認したならば、すみやかに摘出すべきであると考えられる。通常胃ファイバースコープにて摘出しうるが、乳幼児の場合多少の労力と時間を必要とする。最近われわれは胃チューブ先端に小さな強力磁石を固定したものをを用い、透視下、無麻酔にて電池を除去している。本手技の所要時間はほんの数分にすぎず、生体を与えるストレスも極めて少ないため有用な手段と考えている。なお幽門以下に電池が落下した場合でも早計な手術は施行せず、細心の管理下に自然排泄を促し、穿孔を認めたと時のみ緊急手術を施行する体制が望ましい。その理由は、胃以下における電解反応速度は小さく、しかし腸蠕動による電池移動性が高いことが穿孔の危険性を軽減せしめると推察されるからである。したがって、メッケルの憩室に電池が嵌入したような特殊症例を除き、腸内に穿孔を起こしてもいない症例に、むやみに開腹をすべきではないと考える。また、われわれの実験結果から、絶食群および非絶食群間における胃粘膜変化に著明な差を認めなかったことより、誤飲後は絶食にしておくことが望ましいと思われた。

最後に、電池誤飲に関する危険性について種々の面

から検討を加えたが、まずなによりも誤飲事故を未然に防ぐ両親の配慮と電池穿孔をおこさないような電池の改良、電池が容易に取りだせないような使用器具の改善が早急に望まれる。

おわりに

アルカリボタン電池誤飲に関して、臨床的基礎的検討を加えた結果、以下のごとき結論を得た。

1) 臨床的に、電池内容の漏出がなかったにもかかわらず、潰瘍を形成した症例を認めた。

2) 人胃液と人工胃液としては、電池内容漏出に関して時間的差異を認めた。

3) 市販電池および試作電池を用いた実験結果より、電池内容の漏出により胃潰瘍、胃穿孔が発生する以外に、たとえ内容漏出がなくとも、電解反応によりアルカリが生成され、胃潰瘍、胃穿孔が発生する危険性がある。

4) 電池穿孔は、胃酸の影響以外に、生理食塩水にても惹起されるため、胃以外の消化管にても、潰瘍が形成される危険性がある。

5) 電解反応により、電池よりニッケル、亜鉛などの金属類が溶出してくるものの、たとえそれらが全量吸収されたとしても生体に悪影響を及ぼすほどのものではなかった。

6) 電池誤飲後の食物摂取の是非について検討したが、潰瘍発生には著明な差異を認めなかった。

稿を終るに臨み市販電池、試作電池の提供ならびに実験協力を賜りました日立マクセル社の川瀬完治氏、石田和雄氏に甚大なる謝意を表す。

なお、本論文の要旨は第10回日本集中治療学会総会および第38回近畿救急医学研究会にて発表した。

文 献

- 1) Reilly DT: Mercury battery ingestion. *Br Med J* 31: 859, 1979
- 2) 山下 衛, 小山完二, 内藤裕史ほか: ボタン型アルカリ電池の誤飲とその対策. *日医新報* 3055: 31-34, 1982
- 3) Alford BR, Harris HH: Chemical burns of the mouth, pharynx, and esophagus. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 68: 122-128, 1959
- 4) Johnson EE: A study of corrosive esophagitis. *Laryngoscope* 73: 1651-1656, 1963
- 5) Carver GM, Sealy WC, Dillon ML: Management of alkali burns of the esophagus. *JAMA* 160: 1447-1450, 1956
- 6) Blatnik DS, Toohill RJ, Lehman RH: Fatal complication from an alkaline foreign body in

- the esophagus. *Ann Otol* 86 : 611—615, 1977
- 7) 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. *薬事* 24 : 2459—2461, 1982
 - 8) Shabino CL, Feinberg AN: Esophageal perforation secondary to alkaline battery ingestion. *JACEP* 8 : 360—362, 1979
 - 9) Willis GA, Ho WC: Perforation of Meckel's diverticulum by an alkaline hearing acid battery. *CMA Journal* 26 : 497—499, 1982
 - 10) 村上幹彦: マイクロ電池誤飲とその背景. *日医新報* 3055 : 63, 1982
 - 11) Gosselin RE: *Clinical toxicology of commercial products*. 4th Ed Williams & Wilkins, London, 207, 1976
 - 12) Krey H: On treatment of corrosive lesions in esophagus: Experimental study. *Acta Otolaryngol* 102 : 1—49, 1952
 - 13) Die Erkrankungen durch Blitzschlag und Elektrischer Starkstrom in Klinischer und forensischer Darstellung: 1903 Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart
 - 14) Sances A, Myklebust JB, Larson ST: Experimental electrical injury studies. *J Trauma* 21 : 589—597, 1981
 - 15) Leeming MN, Ray C Jr, Howland WS: Low voltage direct-current burns. *JAMA* 30 : 1681—1684, 1970
 - 16) Leeming MN, Jacobs RG, Howland WS: Low voltage direct current plethysmograph burns. *Med Res Eng* 10 : 19—21, 1971
 - 17) Hine CH, Pasi A: Manganese intoxication. *West J Med* 123 : 101—107, 1975
 - 18) Jaremin B: Zinc poisoning. *Bull Inst Mar Med Jdansk* 00 : 000—000, 0000
 - 19) Dreisbach RH: *Handbook of poisoning: Diagnosis & Treatment* 9th Ed, Lange Medical Publication, California, 1977