

救急活動記録から見た低血糖症例の特徴

多根総合病院 救急科

安部 嘉男 廣田 哲也

要 旨

大阪市においても、拡大二行為認定救急救命士による血糖測定並びに低血糖症例へのブドウ糖投与が始まり約1年が経過した。そこで、大阪市消防局救急活動記録に基づき、平成27年1月1日から6月30日の間に、救急現場（以下、現場）で血糖測定が考慮された906例を対象に、血糖測定の実施状況、現場観察所見からみた低血糖症例の特徴につき調査分析した。全体で低血糖症例、非低血糖症例は、それぞれ145例（16.0%）、761例であった。血糖測定例は482例、うち低血糖症例は114例（78.6%）に対し、血糖測定未実施例は424例、うち初診時低血糖症例は31例（7.3%）であった。現場観察所見では、不穏、皮膚冷感・湿潤、嘔吐、異常呼吸認めず、動脈血酸素飽和度（以下、 SpO_2 ） $\geq 90\%$ 、脈拍数 < 120 /分、**Japan Coma Scale**（以下、**JCS**） < 30 、瞳孔不同なしが低血糖と有意の正の関連性を示した。

Key words：低血糖；病院前救護；生理学的徴候

はじめに

救急業務は、平成3年4月の救急救命士法の公布、平成15年4月からの救急救命士による医師の包括的指示下での除細動の実施以来、その処置範囲の拡大と高度化が進み、現在では、市民生活に欠くことのできない行政サービスとして定着してきた。

そして、「救急救命士法施行規則の一部を改正する省令」（平成26年1月31日厚生労働省令第7号）が、平成26年4月1日より施行されたことに伴い、救急救命士が「心肺機能停止前の重度傷病者に対する静脈路確保及び輸液」、及び「血糖測定並びに低血糖発作症例へのブドウ糖溶液の投与」を拡大二行為として実施することが可能となった。

すでに大阪市においても、大阪市地域メディカルコントロール協議会による「指示・指導・助言」、「事後検証」、「再教育」体制のもと、「疾病傷病者のプロトコル（15歳以上）」、及び「意識障害のプロトコル」に則り、血糖測定並びに低血糖症例へのブドウ糖投与が、一定の教育課程を経た、拡大二行為認定救急救命士により始まっている。

その運用開始から1年を経過した現在、拡大二行為認定救急救命士が対応した血糖測定症例は1,000例近くに達していることから、今回は、血糖測定の実施状況を確認し、低血糖症例と関連性の強い現場観察所見、特に生理学的徴候について調査分析した。得られた情報が最終的には現場に還元され、メディカルコントロール体制充実強化の一助となることを期待したい。

対象及び方法

平成27年1月1日から平成27年6月30日の6ヶ月間に、大阪市消防局の救急隊員が現場で血糖測定を考慮したことが確実な症例906例を対象に、血糖測定の実施状況を確認し、低血糖症例数、非低血糖症例数、血糖測定実施率、血糖測定未実施理由、低血糖に関連性の強い現場観察所見などにつき調査分析した。ただし、心肺停止、及び心肺停止前状態患者431例は対象から除外した。後ろ向き要因対照研究。

血糖測定を考慮したことが確実な症例とは、平成27年12月現在、112項目からなるデータクレンジング済み大阪市救急活動記録データベースを参照し、

CN 救急隊処置・血糖測定コード

CO 救急隊処置・血糖測定 (名称)

CR 現場応急処置・その他

CS 備考

DH 内容 (車内収容後観察応急処置)

の、いずれかの項目から、血糖測定の実施が明らかなもの、あるいは「血糖」という文字列を含む症例、及び「検証表別紙2：心肺機能停止前、血糖測定・ブドウ糖投与・輸液」の血糖測定及びブドウ糖投与欄、「血糖測定」の項に血糖値の記載があるものである。これらを大阪市消防局データ管理委員会の許諾を得て全抽出した。なお各項目の最初の2英文字は項番号である。

低血糖症例は、次の(1)、あるいは(2)の合計とし、その他を非低血糖症例と定義した。

- (1) 現場で血糖測定が実施され、かつ現場での血糖値 $<70\text{mg/dl}$ であった症例。
- (2) 現場で血糖測定が未実施、かつ搬送先医療機関で初診時低血糖と診断された症例(項目、AH初診時傷病名に文字列「低血糖」を含む症例)。

低血糖との関連を調査した重点現場観察所見は以下の18項目(呼吸の異常4項目、循環の異常5項目、意識の異常9項目)である。

- (1) 呼吸の異常
 - (ア) 異常呼吸(努力様呼吸・下顎呼吸・起坐呼吸の、いずれかあり)
 - (イ) 顔色チアノーゼあり
 - (ウ) 呼吸数 <10 回/分
 - (エ) $\text{SpO}_2 < 90\%$ (酸素投与なし)
- (2) 循環の異常
 - (ア) 脈拍数 <50 回/分
 - (イ) 皮膚冷感・湿潤の、いずれかあり
 - (ウ) 脈拍数 ≥ 120 回/分
 - (エ) 血圧 $<90\text{mmHg}$
 - (オ) 皮膚蒼白あり
- (3) 意識の異常
 - (ア) 瞳孔不同あり
 - (イ) 不穏あり
 - (ウ) 嘔吐あり
 - (エ) $\text{JCS} \geq 30$
 - (オ) 興奮・不安・苦悶の、いずれかあり
 - (カ) 対光反射あり
 - (キ) 共同偏視あり
 - (ク) うつろ・無表情の、いずれかあり
 - (ケ) 痙攣あり

これら18項目、それぞれと低血糖症例との関連の強さを単変量ロジスティック解析により分析し、可能であればオッズ比と95%信頼区間を用いフォレストプロッ

トで表した。

統計学的処理は、欠損値を除外し、フィッシャーの直接確率検定、ピアソンの χ^2 検定、あるいはMann-WhitneyのU検定で行い、 $p < 0.05$ を有意差ありとした。また、数値は平均値 \pm 標準偏差で表した。

なお、大阪市救急活動記録データベースに記録された患者情報は、全て災害番号で匿名化されており個人情報特定されることはない。この研究に関連する一切の利益相反はなく、情報の処理管理には十分、かつ適切な配慮を行った。

結 果

1. 対象症例の平均年齢と性差 (表1)

平均年齢は、低血糖症例68.3才、非低血糖症例59.1才で、低血糖症例が平均9.2才高齢であった($p < 0.0001$)。

性差は認められなかった。

2. 現場血糖測定実施状況と低血糖症例 (表2)

現場での血糖測定例は482例(53.2%)で、低血糖症例、及び非低血糖症例はそれぞれ、114例、及び368例であった。

現場での血糖測定未実施例は424例(46.8%)で、低血糖症例、及び非低血糖症例は、それぞれ31例、及び393例であった。

なお、低血糖症例12例、非低血糖症例10例は、現場に居合わせた医師、看護師、本人、あるいは家族により血糖測定が実施されていた。

現行の「疾病傷病者のプロトコル(15歳以上)」、及び「意識障害のプロトコル」下での低血糖症例の検出性能は、感度78.6%、特異度51.6%、陽性的中率23.7%、陰性的中率92.7%であった。

初診時診断を含めた、全低血糖症例、全非低血糖症例は、それぞれ145例(16.0%)、及び761例(84.0%)で、低血糖症例の114例(78.6%)に現場での血糖測

表1 対象症例の平均年齢と性差

	低血糖症例(n=145)	非低血糖症例(n=761)	p 値
平均年齢(才)	68.3 \pm 16.6	59.1 \pm 24.5(n=750)	$< 0.0001^*$
性差(男:女)	85:60	399:351(n=750)	0.2305**

*、Mann-WhitneyのU検定 **、 χ^2 乗検定

表2 現場血糖測定実施状況と低血糖症例

	低血糖症例	非低血糖症例	合計
血糖測定あり	114	368	482
血糖測定なし	31	393	424
合計	145	761	906

定がなされていた。

一方で、血糖測定未実施例424例のうち初診時低血糖症例が31例（7.3%）に認められた。

また、現場血糖値は、低血糖症例、非低血糖症例、それぞれ平均 $36.8 \pm 14.5 \text{ mg / dl}$ 、及び $163.0 \pm 83.3 \text{ mg / dl}$ であった。

3. 現場血糖測定未実施の理由（表3）

プロトコルに従い血糖測定未実施となっていたものは、脳卒中疑い101例、ロードアンドゴー症例80例、意識自然回復例34例、及び15歳未満3例、合わせて、218例（51.4%）であった。一方、これらを除いた206例中、169例（82.0%）が本人、家族、あるいは現場に居合わせた者からの同意が得られず、あるいは搬

表3 現場血糖測定未実施の理由

同意得られず	103 (24.3) *
搬送優先（指示・希望）	66 (15.6)
脳卒中疑い	101
内因性 L&G **	55
外傷性 L&G	25
意識自然回復	34
体動	14
15歳未満	3
測定エラー	3
その他	20
計	424

*, () は百分率 ** , L&G はロードアンドゴー

表4 現場血糖測定の有無と現場 - 搬送開始時間

	血糖測定あり(n=482)	血糖測定なし(n=424)	p 値
現場-搬送開始時間(分)	33.4 ± 21.7	23.7 ± 17.4	<0.0001 *

*, Mann-Whitney の U 検定

送優先指示・希望（医師を含む）といった社会的事由による現場血糖測定未実施例であった。

なお、その内訳は初診時低血糖症例が6例（3.6%）であり、67例（39.6%）の初診時診断は急性アルコール中毒であった。

4. 現場血糖測定の有無と現場 - 搬送開始時間（表4）

現場にて血糖測定がなされた症例の現場 - 搬送開始時間は、平均 33.4 ± 21.7 分で、血糖測定未実施例に比して、平均9.7分の遅れが認められた($p < 0.0001$)。

5. 現場観察所見と低血糖症例の関連（その1）（表5）

異常呼吸あり、顔色チアノーゼあり、呼吸数<10回/分、脈拍数<50回/分、瞳孔不同ありなどは、いずれも該当症例なしを含んでいたため、修正オッズ比を参考値とし、有意差検定は χ^2 乗検定で行った。

異常呼吸あり ($p = 0.034$)、及び瞳孔不同あり ($p = 0.028$) それぞれと、低血糖症例との間には有意の負の関連性が認められた。

一方、顔色チアノーゼあり ($p = 0.537$)、呼吸数<10回/分 ($p = 0.653$)、及び脈拍数<50回/分 ($p = 0.306$)、それぞれと低血糖症例との間には、有意の関連性を認めなかった。

異常呼吸あり、瞳孔不同あり、顔色チアノーゼあり、呼吸数<10回/分、及び脈拍数<50回/分、それぞれの修正オッズ比(95%信頼区間)は、0.107(0.006~1.780)、0.099 (0.006~1.672)、0.044 (0.050~21.860)、1.646(0.067~40.633)、及び0.432(0.024~7.864)であった。

6. 現場観察所見と低血糖症例の関連（その2）（図1）

$\text{SpO}_2 < 90\%$ 、皮膚冷感・湿潤あり、脈拍数>120回/分、血圧<90mmHg、皮膚蒼白あり、不穏あり、嘔吐あり、JCS ≥ 30 、興奮・不安・苦悶あり、対光反射あり、共同偏視あり、うつろ・無表情あり、及

表5 現場観察所見と低血糖症例の関連（その1）

	低血糖症例			非低血糖症例			p 値*
	血糖測定あり	血糖測定なし	計*	血糖測定あり	血糖測定なし	計*	
異常呼吸あり	0	0	0	5	18	23	0.034
異常呼吸なし	108	31	139	354	350	704	
顔色チアノーゼあり	0	0	0	1	1	2	0.537
顔色チアノーゼなし	114	31	145	367	392	759	
呼吸数<10回/分	0	0	0	1	0	1	0.653
呼吸数 ≥ 10 回/分	101	27	128	311	323	634	
脈拍数<50回/分	0	0	0	2	3	5	0.306
脈拍数 ≥ 50 回/分	93	27	120	296	276	572	
瞳孔不同あり	0	0	0	2	13	15	0.028
瞳孔不同なし	69	18	87	159	109	268	

*, χ^2 乗検定

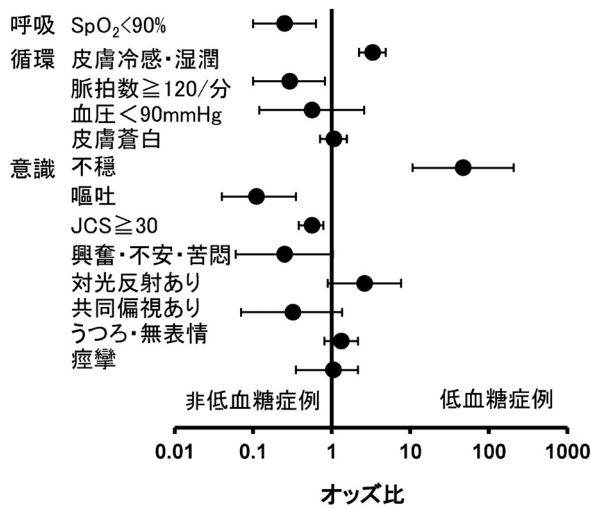


図1 現場観察所見と低血糖症例の関連（その2）

オッズ比	95% 信頼区間		p 値*
	下限	上限	
0.25	0.10	0.63	0.001
3.30	2.23	4.89	<0.001
0.29	0.10	0.82	0.010
0.56	0.12	2.59	0.740
1.06	0.71	1.56	0.840
47.07	10.70	207.15	<0.001
0.11	0.04	0.35	<0.001
0.56	0.38	0.78	0.001
0.25	0.06	1.03	0.033
2.61	0.89	7.63	0.091
0.32	0.07	1.35	0.134
1.32	0.81	2.15	0.295
1.05	0.35	2.15	0.295

*、フィッシャー直接確率検定

び痙攣あり，以上の13項目については，オッズ比と95%信頼区間をフォレストプロットで表した。

SpO₂<90% (p<0.001), 脈拍数≥120回/分 (p=0.010), 嘔吐あり (p<0.001), JCS ≥30(p=0.001), 及び興奮・不安・苦悶あり (p=0.033) の，それぞれと低血糖症例との間には，有意の負の関連性が認められた。

また，皮膚冷感・湿潤あり (p<0.001), 及び不穩あり (p<0.001), それぞれと低血糖症例の間には，有意の正の関連性が認められた。

現場で不穩を呈していた症例のうち低血糖症例は145例中16例 (11.0%) に対し，非低血糖症例は761例中2例 (0.26%) のみであった。不穩を呈していた16例の呼吸数，脈拍数，SpO₂，血圧の平均値は，それぞれ18.5±2.1回/分，79.6±13.3回/分，97.9±0.8%，160.5±6.4mmHg であった。

現場で皮膚冷感・湿潤を呈していた症例のうち低血糖症例は145例中53例 (36.6%) に対し，非低血糖症例は761例中113例 (14.8%) であった。皮膚冷感・湿潤を呈していた53例の呼吸数，脈拍数，SpO₂，血圧の平均値は，それぞれ17.6±2.6回/分，82.0±17.4回/分，95.5±4.6%，133.8±41.7mmHg であった。

一方，血圧<90mmHg (p=0.740), 皮膚蒼白あり (p=0.840), 対光反射あり (p=0.091), 共同偏視あり (p=0.134), うつろ・無表情あり (p=0.295) 及び，痙攣あり (p=0.295), それぞれと低血糖症例の間には，有意の関連性を認めなかった。

7. 現場血糖値と脈拍数(低血糖症例, n =93) (図2) 現場にて血糖測定がなされ，かつ脈拍数が記録されていた93症例の血糖値と脈拍数の関係を散布図で示す。

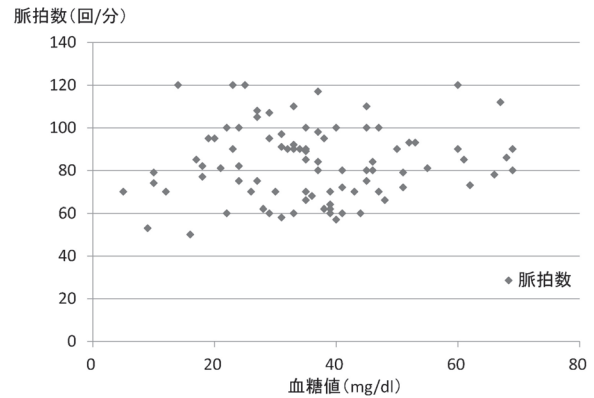


図2 現場血糖値と脈拍数（低血糖症例, n = 93）

脈拍数平均は83.8±16.8回/分，最小値50回/分，最大値120回/分，中央値84回/分であった。

低血糖症例で脈拍数≥120回/分，かつ現場血糖測定症例は4例のみでいずれも脈拍数は120回/分であった。一方，低血糖症例で脈拍数≥120回/分，かつ現場血糖測定未実施例は今回認めなかった。

8. 現場血糖値と SpO₂(低血糖症例, n =65) (図3)

現場にて血糖測定がなされ，かつ SpO₂が記録されていた65症例の血糖値と SpO₂の関係を散布図で示す。SpO₂平均は96.3±3.2%，最小値80%，最大値99%，中央値97%であった。

9. JCS 別現場血糖平均値と JCS 度数(低血糖症例, n =114) (図4)

JCS レベルと血糖値の間に一定の関連性は認められなかった。また，最頻値はJCS10の32例であり，JCS ≥10が89例 (78.1%) を占めていた一方で，JCS 3も14例 (12.3%)，JCS <10が25例 (21.9%) 認められた。

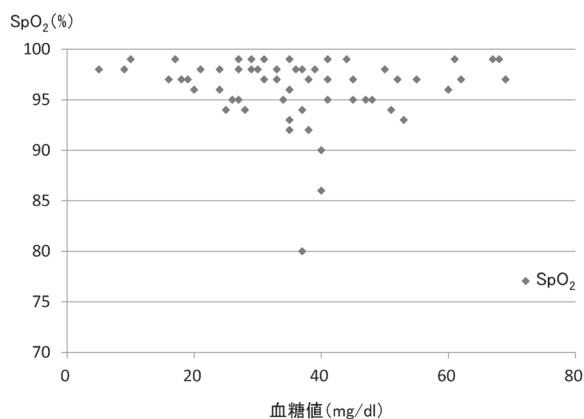


図3 現場血糖値と SpO₂ (低血糖症例, n = 65)

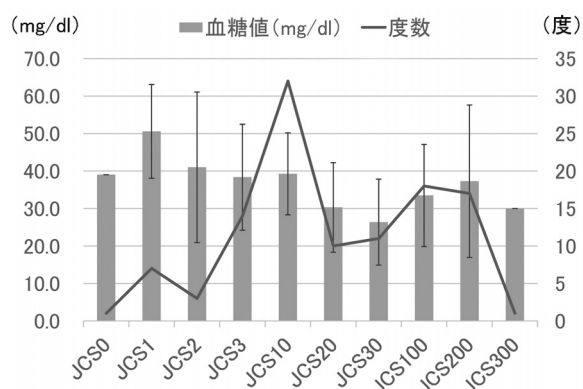


図4 JCS別現場血糖平均値とJCS度数(低血糖症例, n=114)

考 察

この研究は低血糖症例に関連して、大阪市交通局が一定期間(平成27年1月～6月の6ヶ月間)に扱った全救急症例、約10万件を母集団とした集団ベース研究であるが、これまで低血糖症例の病院前救護に関連して、一定のプロトコル下で大規模集団を対象にした要因対照研究は希少である。

今回、低血糖症例の定義をアメリカ糖尿病学会(American Diabetes Association: ADA)による定義に準じ、血糖値70mg/dl未満とした¹⁾。

平成26年より大阪府救急業務高度化推進連絡協議会により策定され運用されている、「意識障害のプロトコル」アルゴリズム上のブドウ糖投与基準値50mg/dl未満と一致しないのであるが、これは研究の主眼を、プロトコル実施状況の検証よりも、低血糖と関連する現場観察所見、特に緊急度評価のための第一補足因子、赤1)、及び赤2)の調査分析に置いたためである。

「異常呼吸」、「酸素投与なし下 SpO₂<90%」(いずれも呼吸の異常、赤1)、「脈拍数≥120回/分」(循環の異常、赤2)、及び「嘔吐」、「瞳孔不同」(いずれも意識の異常、赤1)については、低血糖症例との間に、有意

の負の関連性が認められ、現行「疾病傷病者のプロトコル(15歳以上)」を優先した救護活動の妥当性が再確認された。

低血糖と「SpO₂<90%(酸素投与なし下)」の関連性については、低血糖と低酸素血症の間に一次的な関連を述べた報告はほとんどない。アルコール過飲、薬物中毒、心不全、肝不全、敗血症、重症肺炎、あるいは低リン血症を伴うリフィーディング症候群³⁾などにより脳症を含む重症低酸素症から複合的にもたらされた低酸素血症と低血糖症の併存病態を除けば、多くの低血糖症では、血液の酸素化は保たれていることがほとんどである。よって呼吸状態が安定している限り、現場での血糖測定が考慮されるべきと考える。

また、低血糖と「脈拍数≥120回/分」の関連性については、低血糖症に伴い高度の頻脈を伴う可能性を否定できない。しかし今回の調査では、現場血糖測定症例で、脈拍数120回/分が4例のみで、現場血糖測定未実施例では、脈拍数≥120回/分、かつ初診時低血糖症例は確認されなかった。Candace MRらのSprague-Dawleyラットを用いたインシュリン持続投与モデルでは、終末期まで脈拍数の顕著な増加が認められなかった。さらに交感神経刺激により誘発される終末期の頻脈性不整脈も、α、あるいはβブロッカー投与群では著明に抑制されていた²⁾。よってショックあるいは心肺停止前状態の低血糖症例を除けば、循環が安定している限り、低血糖症の可能性は低いと考えられる。

さらに、「不穏」、及び「皮膚冷感・湿潤」(循環の異常、赤1)については、低血糖症例との間に、強い有意の正の関連性が認められ、特に「不穏」については、非低血糖症例では761例中2例(0.26%)にしか「不穏」が認められなかった。これらいずれかの現場観察所見があれば、バイタルサインが安定している限り、現場での血糖測定が考慮されるべきと考える。

JCSレベルに関しては、すでに報告されているように⁴⁾、JCSレベルと血糖値との間には一定の関連性を認めなかった。現場血糖測定が行われた114例中、JCS≥10が89例(78.1%)を占めていた一方で、JCS3も14例(12.3%)認められた。現行の「意識障害のプロトコル」は、JCS<10の場合、「搬送先選定と搬送開始」へとなっており、「血糖の測定」のアルゴリズムには入れない。プロトコルを遵守した症例が多いであろうことを考慮すると、血糖測度に対するJCSレベルの閾値を「JCS≥10」から「JCS≥3」へ広げるべきかもしれない。

改めて血糖測定と低血糖へのブドウ糖投与に関して

は、低血糖の病態を考慮すると、低血糖遷延時間が6時間以内と比較的短時間であっても重度の後遺症を残し得る可能性が報告されており、救急救命士による早期の判断と早期の処置による予後改善が期待される。また病院前において意識障害の判別がなされることにより、適切な搬送先の選定に資すると期待できる⁵⁾。

今回の調査分析では、約40%の症例で現場での血糖測定が社会的事由により未実施となっており、本人、あるいはその場に居合わせた関係者の協力が得られていないことが判明した。一般市民、のみならず医療関係者への適切な情報伝達と教育、啓発活動も、今後積極的に取り組んでいくべき課題であろう。

今回は、現場での血糖測定に続く静脈路確保手技、ブドウ糖投与手技の実態とその評価、短期的なブドウ糖投与の効果、及びその安全性、さらには病院後情報である治療内容、確定診断、転帰の収集までには至らなかった。特に、病院後情報については、平成26年10月より稼働しだした、大阪府の救急搬送支援情報収集分析システムである Osaka Emergency Information Research Intelligent Operation Network System: ORION に集積されていくであろうビッグデータの活用に今後負うであろうことから、消防機関と行政機関のさらなる連携を期待したい⁶⁾。

高度化した病院前救護体制の充実強化を図るためには、常にPDCAサイクルを意識し、プロトコルの実施状況や実績の点検・評価、並びに証拠に基づいた処置改善を継続的に実施することが極めて重要である。一定の方向性を持って多岐にわたる課題を計画的に、網羅的に、集積収集、処理、分析し、事後検証できる組織的な共助共有システムの発展的構築が望まれる。

おわりに

本研究を実施するにあたり、データ提供はもとより、データ集計、データ再構築、データクリーニングに多大なご理解ご協力を賜った、関係諸機関、関係者諸氏、大阪市消防局の皆様にご心より感謝申し上げます。

文 献

- 1) Childs BP, et al. : Defining and reporting hypoglycemia in diabetes-A report from the American Diabetes Association Workgroup on Hypoglycemia. Diabetes Care, 28 : 1245-1249, 2005
- 2) Candace MR, et al. : Severe Hypoglycemia - Induced Lethal Cardiac Arrhythmias Are Mediated by Sympathoadrenal Activation. Diabetes, 62 : 3570-3581
- 3) 中谷 豊, 阪上 浩, 原田永勝 : リフィーディング症候群. 四国医誌, 68 (1,2) : 23-28, 2012
- 4) 松田外志朗, 栗原敏修, 浅沼博司, 他 : 近畿大学医学部附属病院救急診療部 (ER) における低血糖症例の特徴. 近畿大医誌, 37 (1,2) : 71-79, 2012
- 5) 野口 宏, 浦島充佳, 横田裕行, 他 : 救急救命士の処置範囲拡大にかかわる実証研究について これまでの経緯と中間解析の結果. プレホスピタル・ケア, 26 (2) : 62-73, 2013
- 6) 池側恭洋 : ORION の運用状況と登録情報から見える課題および今後の活用方法について. 大阪救急, (92) : 7-11, 2015