

Review

学校管理下突然死の現状と課題： 救急蘇生・AED 普及に伴うパラダイムシフト

鮎沢 衛

日本大学医学部小児科学系小児科学分野

Sudden Death under School Supervision: A Paradigm Shift with Resuscitation and Automated External Defibrillator Availability in Emergencies

Mamoru Ayusawa

Department of Pediatrics and Child Health, Nihon University School of Medicine, Tokyo, Japan

The number of sudden deaths of school students has been decreasing year by year in Japan. The incidence of sudden death in Japanese schools after 2010 decreased to lower than 0.1 per 100,000 students per year from 0.5 in the 1980's. The use of an automated external defibrillator (AED) by caregivers in schools may have contributed to this result. Some cases of sudden death occur because of previously diagnosed cardiovascular disease identified by the screening system for students in Japanese schools. However, more than half of cases of sudden cardiac arrest in schools are not previously diagnosed with cardiac disease and are partly identified on autopsy. A large part of these are probably caused by genetic life-threatening arrhythmias; therefore, it is necessary to perform as many genetic examinations as possible. Autopsies occasionally reveal structural heart disease as the cause of sudden unexpected cardiac arrest. However, the Japanese forensic system is limited to several big cities. It may be necessary to reconsider the screening system for discovering causative cardiac disease that is often discovered on autopsy. Besides sudden death due to cardiovascular disease, some cases are secondary to central nervous system issues. Sudden unexpected deaths in preschool children, including sudden infant death syndrome, are also reported every year. These also need to be analyzed and discussed for prevention. Cooperation of the screening system and the chain of survival will be expected to contribute to a more marked advance for preventing sudden death.

Keywords: school, sudden death, cardiac arrest in school, basic life support, automated external defibrillator

学校管理下の心臓系突然死は、1980年代には発生率約0.5件（/10万生徒・年）であったが、徐々に減少し、2010年以降は0.1件（/10万生徒・年）未満まで低下した。その要因として、学校教職員による救急救命処置とくにAEDの使用効果が大きいと考えられる。原因疾患の一部は学校心臓検診などにより事前に予想された例もあるが、発症前の病歴や検診では異常なく、予期されない心停止として発症し、解剖を行っても原因不明の例が多い。その中には致死性の遺伝性不整脈の例が多いと考えられ、解明のため遺伝的情報を集める体制を策定する必要がある。また、現在の心臓検診で発見できない疾患が解剖で判明することもあり、監察医制度の意義は大きい。日本では地域が限定されている問題があり、剖検で発見されやすい疾患に焦点を当てて検診方法を見直す必要もあろう。心臓系突然死の減

2016年6月9日受付、2016年8月27日受理

著者連絡先：〒173-8610 東京都板橋区大谷口上町 30-1 日本大学医学部小児科学系小児科学分野 鮎沢 衛

doi: 10.9794/jspccs.32.485

少傾向は明らかになったが、中枢神経疾患や、乳幼児突然死症候群に分類される事例については、まだ病態の解明と対策は十分とは言えない。これらの課題に対して、日常診療や検診による危険性予知と、救命措置の充実との両面から、突然死の克服が更に進むことが望まれる。

はじめに

日本では、学校における突然死について昭和 40 年代から調査研究が行われてきた。医学や社会の進歩に伴い、件数は徐々に減少して来たが、今でも年に数十件が報告される。ここでは、その多くを占める心臓系突然死の最近のデータを中心にまとめ、中枢神経系突然死や乳幼児の状況についても概要を述べた。一方で、2005 年以後、学校での bystander である教職員による AED の使用が認可され、致死的事例が救命される報告が徐々に増加した。AED が有力な手段となり、突然死対策は新たな方向へ進み始めている。現在、学校の大部分には AED が設置されている状況下で、心事故を発症した児童生徒に対して AED を使用して救命処置が行われた事例の発生状況を調査したので、同時期の突然死例と合わせて示した。まだ、この問題は発展途上とは思われるが、この機会に小児循環器の診療と学校安全に携わる関係者と情報を共有しておきたい。

学校での突然死の調査対象になるのは、全国の学校管理下で発生しう事故災害に備え、生徒の 98% 以上が加入している災害共済給付制度に報告されたデータが基になっている。本制度への加入者数は 1980 年代には約 2,500 万であったが、現在は少子化に伴って年間約 1,700 万に減少しており、これは全国の就学生徒数の 99% に達する。独立行政法人日本スポーツ振興センター (Japan Sports Council: JSC) 学校安全部がこの制度を管理しており、事例の発生時には、医療費給付のため報告書が必要であり、死亡例の場合には、おそらく全例の調査が可能と推察している。ここで述べる内容は、その報告書に基づき 2011 年に各教育委員会および学校向けに作成した冊子「学校における突然死予防必携—改訂第 2 版」¹⁾ にも一部共通しているが、さらに 2013 年までの報告に基づくデータによる変化についても述べる。

学校管理下突然死の概念

1. 学校管理下突然死の定義

WHO (世界保健機構) では、発症から 24 時間以内の予期せぬ内因性 (疾病による) 死亡とされている。共済給付制度上では、通常は発症から 24 時間以

内に死亡したものとするが、救急医療の進歩もあり、意識不明等のまま発症から相当期間を経て死亡に至ったものを含めており、その判定は災害共済給付審査委員会で行っている。

2. 突然死の発生数

JSC の集計に基づき、1983 年から 2013 年までの学校管理下における死亡事例数をグラフに示した¹⁾ (Fig. 1)。年間の総死亡数とその中で突然死に分類される事例数は、80 年代にはそれぞれ約 250 件と約 120 件あったが、最近の 2005 年以降はそれぞれ約 75 例と約 40 例に減少している。少子化による加入者減少の影響を補正するため、突然死全体と、その中で心疾患が原因と考えられる心臓系突然死 (Sudden Cardiac Death: SCD) の生徒 10 万人あたりの年間発生率を Fig. 2 に示した。1980 年代から 2010 年代までに、突然死全体の発生率は約 0.6 (/10 万生徒・年; 以下、発生率の単位は同じ) から約 0.2 へ、SCD 発生率は約 0.4 から約 0.1 へと減少した。1980 年代から 2000 年代前半までは、SCD は突然死全体の 7~8 割を占めていたが、2007 年頃から 4~6 割程度にその比率が減少した。図中の矢印で時期を示した 1995 年の学校心臓検診における心電図の義務化は、すでに多くの地域で心電図が行われていたこともあり、影響は小さかったと思われる一方で、2005 年以降に学校教員による AED の使用が可能になったことは、心臓系突然死の減少に大きく寄与したと思われる。

3. 発生率の国際比較

SCD 発生率を国際的に評価することも必要である。報告は限られており、調査方法の違いや、対象に先天性心疾患や心筋症など危険性の高い生徒も含まれているかどうかという点や、学校管理下など調査対象とする年齢層の違いなどにより正確な比較が困難ではある。最近の全米 50 州の高校生での突然の心停止 (sudden cardiac arrest: SCA) または SCD に対する AED 使用調査に基づく報告²⁾ によると母集団は約 8 分の 1 であるが、2 年間で高校生における SCA の発生率は 0.63 (約 207 万人中 26 名)、SCD は student athletes と non-athletes に各 2 名ずつで発生率はそれぞれ 0.13, 0.08 (/10 万生徒・年) とされ、non-athletes と我々のデータがほぼ同等の値である

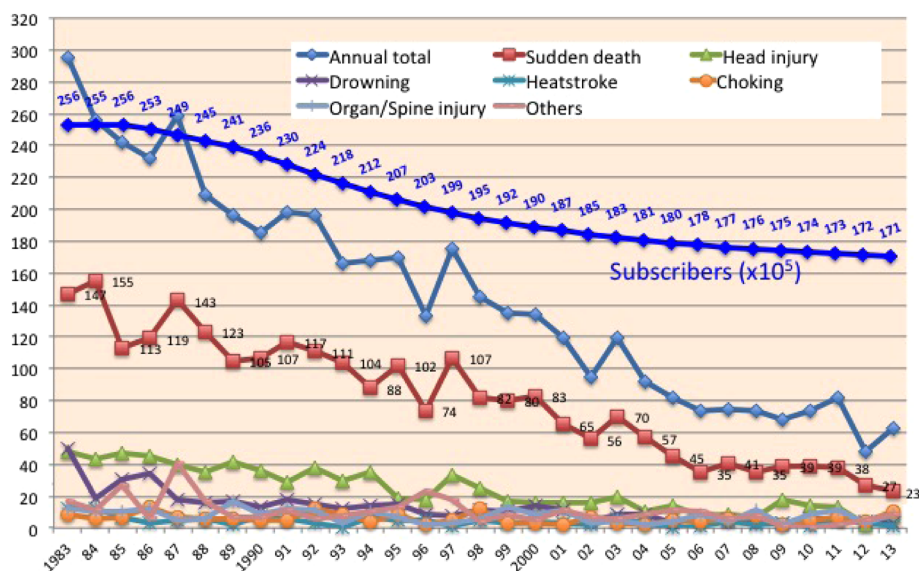


Fig. 1 Number of fatal events in schools (1983–2013)

The annual total number of death cases in Japanese schools in the 1980s was approximately 200 and that of sudden death cases was over 100. These numbers gradually decreased to less than 80 and 50, respectively, after 2006. The blue line indicates that the number of subscribers to the mutual aid system for accidents in schools also decreased to 17.1 million in 2013, which is 66.8% of that 30 years ago (1983). Edited and translated to English with newer additional data to reference article¹⁾, with permission from Japan Sports Council.

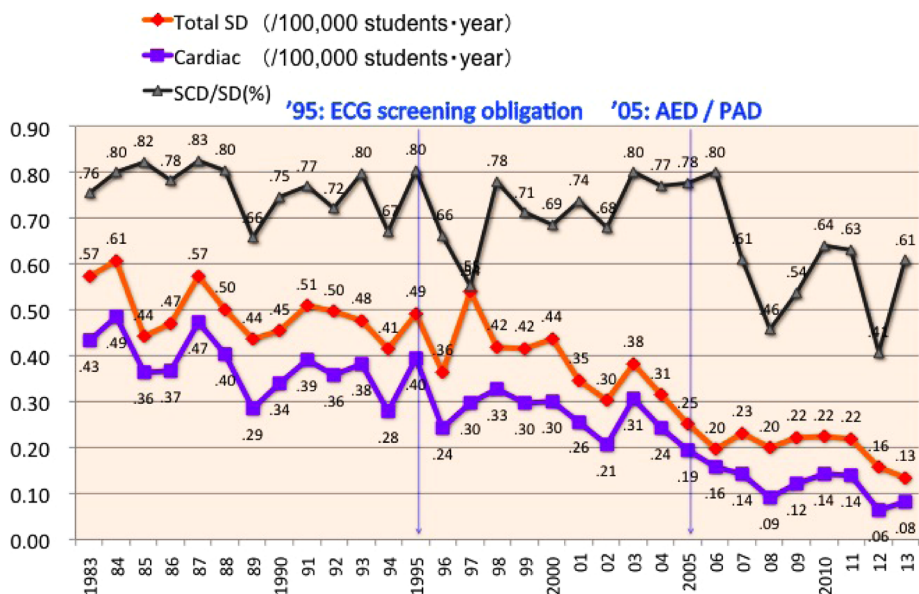


Fig. 2 Incidence (annual number among 100,000 students) of sudden cardiac death among total sudden death cases (1983–2013)

The incidence of sudden death is shown in red and that of sudden cardiac death (SCD) is shown in purple. Both numbers have been gradually decreasing over the past 30 years, from 0.5 and 0.4 to less than 0.2 and 0.1, respectively. In particular, data in the past 10 years have become very low. The black line shows the ratio of SCD to all sudden death. Cardiac causes had accounted for approximately 80%; however, they recently have declined to approximately 50%. It is thought that the electrocardiographic screening obligation after 1995 is not a clear contributor to the decline in SCD; however, the use of automated external defibrillators in schools and public access to defibrillation after 2005 has had remarkable impacts on the decline.

と考える。また SCA 発生率は、SCA 全体と比べて athlete で約 2 倍 (1.14), non-athlete で約 1/2 (0.31), 男子では約 3 倍 (1.73), 女子では約 1/2 (0.31) であった。

SCA について他の報告では母集団の違いによりデータは様々に分散しており、Seattle の Lotfi ら³⁾は、2005 年までの 16 年間の大学生まで含めた学校での頻度は 0.18 で、教職員など学校での成人の SCA の頻度 4.51 に比べ 25 分の 1 程度であったと報告している。また、イスラエルで 10~44 歳の心電図スクリーニングを行った athletes では 2.6⁶⁾と報告されている。

SCD は 1983~93 年における高校生の athletes では男子 0.75, 女子 0.13 と性差が明らか⁵⁾と報告された。Minnesota 州の調査では、ほぼ同時期 (1985~96 年) に Maron ら⁶⁾は 3 例の男子の SCD で 0.46, その後の調査でトレーニング前に病歴聴取と診察を行うと 0.24 から 0.11 まで減少している⁷⁾が、必ずしも検診スクリーニングを肯定はしていない。

イタリアの Veneto 市における Corrado らの長期 (1979~99 年) の SCD の調査報告⁸⁾では athletes で 2.3, non-athletes は 0.9 であった。Corrado らはさらに 1982 年から病歴、診察、心電図によるスクリーニングを加えた結果、athletes では 1979~80 年の 3.6 から 2003~04 年には 0.4 に減少したことも報告⁹⁾している。

2000 年以降には AED や蘇生に関する記述が増えてくるが、2004~08 年の NCAA データベースによる大学生 athletes では 2.3¹⁰⁾, 1998~2012 年の消防庁デー

タでは 18~24 歳の SCD は、学校管理外も含むため 3.8¹¹⁾と Toresdahl や筆者の調査よりかなり多い。欧州ではフランスの 10~35 歳の前方視的 SCD 全国調査¹²⁾で 0.46, デンマークで 2000~06 年の 12~35 歳のスポーツ関連 SCD が 1.2 という報告¹³⁾があり、米国も含めて学校における突然死の減少を記載した報告が今後明らかにされることを期待したい。

4. 学校における救命活動の普及

2000 年から日本蘇生協議会 (JRC) が International Liaison Committee on Resuscitation: ILCOR) に参画し推進されてきた、AED を含む救命活動の講習は、2004 年に救急救命士の気道確保が可能となり、2005 年には非医療従事者の AED 使用が可能になった。それに伴い学校現場でも蘇生活動と AED 使用が行われ始めたという情報が増えた。そのため 2012 年の時点で、JSC の学校事故災害報告書について 2005 年以降の AED の使用報告を抽出し、集計した結果を Fig. 3 に示した¹⁴⁾。学校現場においては、2007 年からは救急隊以前に教職員がより多く AED を使用開始していることが示された。

また、2013 年の文部科学省報告¹⁵⁾では、年々小中高等学校での AED 設置率は上昇し、Table 1 に示すように 90%以上の学校で AED が設置されるようになり、そのほとんどで教職員への講習、トレーニングが行われている。また、最近推進される中学、高校の生徒への BLS, AED 講習もそれぞれ 65%, 75%の学校で行われていると報告されている。また 2013 年に日

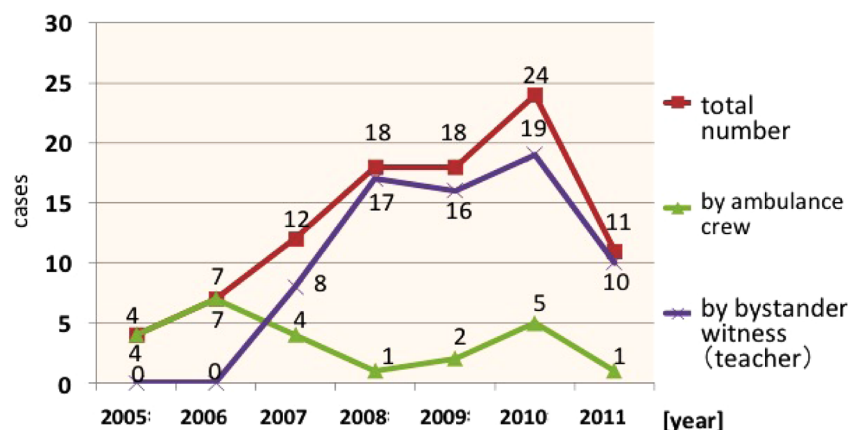


Fig. 3 Automated external defibrillator use in schools

Our preliminary study in 2011, based on data from the mutual aid system in Japanese schools, showed that resuscitations using automated external defibrillators (AEDs) have increased year by year since 2005, when AEDs became available to health workers other than doctors. After 2007, the number of cases in which an AED was used by a school-teacher as a bystander surpassed the number of cases in which the AED was used by an ambulance crew. (Presented in annual meeting of JSPCCS, 2012 by Kato M, Ayusawa M et al.)

Table 1 2013 Survey of basic life support and automated external defibrillators in schools by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

Proportion of Schools	2013 survey	2010 survey
Planning to equip with AED by the end of 2014	92.2%	88.8%
Performing ordinary maintenance of AED	98.5%	97.9%
Training students in basic life support including AED	50.0%	no data
Junior high school	65.8%	
High school	75.6%	
Training teachers in basic life support including AED	89.9%	

The ratios of schools that are planning to equip with, or are performing maintenance of, automated external defibrillators (AEDs) are more than 90%. Approximately 90% of schools are training teachers in Basic Life Support (BSL) and AED. Recently, students have been learning BSL and AED in approximately 70% of junior and senior high schools.

Table 2 Keyword search for resuscitated cases (2008–2013)

Inclusion: 478 cases were extracted from all reports by keyword search.			Exclusion: 271 cases were excluded from all extracted cases by reasons below.		
Japanese word	Translation for this article	n	Japanese word	Translation for this article	n
AED	AED	113	重複例	duplication	141
ICD	ICD	1	死亡例	deceased	16
植え込み	Implanted	1	保育所幼稚園	Nursery	30
心室細動	Ventricular fibrillation	3	外因性	external cause	66
除細動	Defibrillation	14	中枢神経疾患	CNS disease	12
心筋症	Cardiomyopathy	6	熱中症	heat stroke	6
胸骨圧迫	Chest compression	25	= 207 cases were enrolled as resuscitated students from sudden cardiac arrest in schools.		
蘇生	Resuscitation	167			
心臓マッサージ	Cardiac massage	48			

Resuscitated cases were extracted from all school reports by keyword search. The nine keywords and the number of cases including those words are shown in the slide as original Japanese words and “translation in English.” Each keyword was extracted from a few or many cases. We examined these, and data mining was done for these exclusion criteria. In the end, 207 cases were listed as resuscitations from sudden cardiac arrest in schools.

本学校保健会で行った学校における蘇生と AED 使用に関する全国調査¹⁶⁾では、5 年間で 690 例の心肺蘇生が行われ、522 例で AED が使用されたと報告され、JSC のデータより実際には多くの例で行われている可能性がある。

最近の学校管理下 SCD と SCA

JCS のデータについて、AED の使用が一般化したと考えられる 2008 年から 2013 年までの学校管理下で SCD 事例と救命活動により蘇生された SCA 事例とを調査した。2008 年からの 6 年間に JSC に報告された死亡事例の報告書を確認し、外因性の可能性が否

定され、心疾患との関連が強く考えられる 121 事例を SCD とした。一方、調査期間中の全報告事例に対して、Table 2 に示したように、'AED'、'ICD'、'植え込み'、'除細動'、'心室細動'、'心筋症'、'胸骨圧迫'、'蘇生'、'心臓マッサージ' の 9 つの keywords による検索を行い 478 事例が抽出された。これらのうち、重複例 141、死亡例 16、保育所幼稚園 30、外因性 66、中枢神経疾患 12、熱中症 6 を除外した結果、207 例が救命された群として抽出された。これらの SCD と救命された SCA 事例を集計、分析した。

1. SCD の発生頻度年次推移

Fig. 4 に示すように、発生数と発生率は、2008 年からそれぞれ年間 12~30 件、0.1~0.17 の間で推移し、直近 2 年間はそれぞれ 15 件以下、0.1 以下に減少傾向が見られた。0.1 以下の SCD 発生率は前述の Toresdahl らの集計²⁾と比較すると non-athletes のレベルに近い。

2. SCA の発生頻度年次推移

SCA のうち救命活動によって蘇生されたと判断した事例数は、2008 年以降年間 26~39 件であり、SCD と合わせて年間の SCA 発生率は 0.24~0.39 であっ

た。これは、2005 年以前の SCD の発生率と同レベルであることが Fig. 2 からわかる。

さらに、SCA 全体に対する蘇生成功件数の比率（図中の $R/(R+D)$ ）は、Fig. 4 に示すように、年間 10 万対 0.3~0.4 発生する SCA のうち 55~70 台に達しており、直近の 2 年間は成功率 70% を超えていると推測される。

総務省による日本の一般社会での最新のデータ¹⁷⁾では、2014 年に目撃者のあった心原性心肺停止は 25,255 件あり、bystander による応急手当は 13,679 人 (54.2%)、1 か月後の生存は 2,106 人 (15.4%) とされており、学校教職員の救急対応は効果を挙げていると思われる。

3. SCD の原因疾患 (Fig. 5)

突然死した事例の原因疾患の判断は必ずしも容易ではないが、2008 年から 6 年間の「心臓系」および「大血管系その他」の突然死について、原因疾患を推定した。報告書の中に、死亡する可能性がある疾患や健康診断所見の記載がある場合にはその心疾患を原因とした。それ以外のいわゆる unexpected sudden death では、一部で剖検報告書の結果から原因を推定できたが、剖検後も原因が不明な例が少なからず存在した。

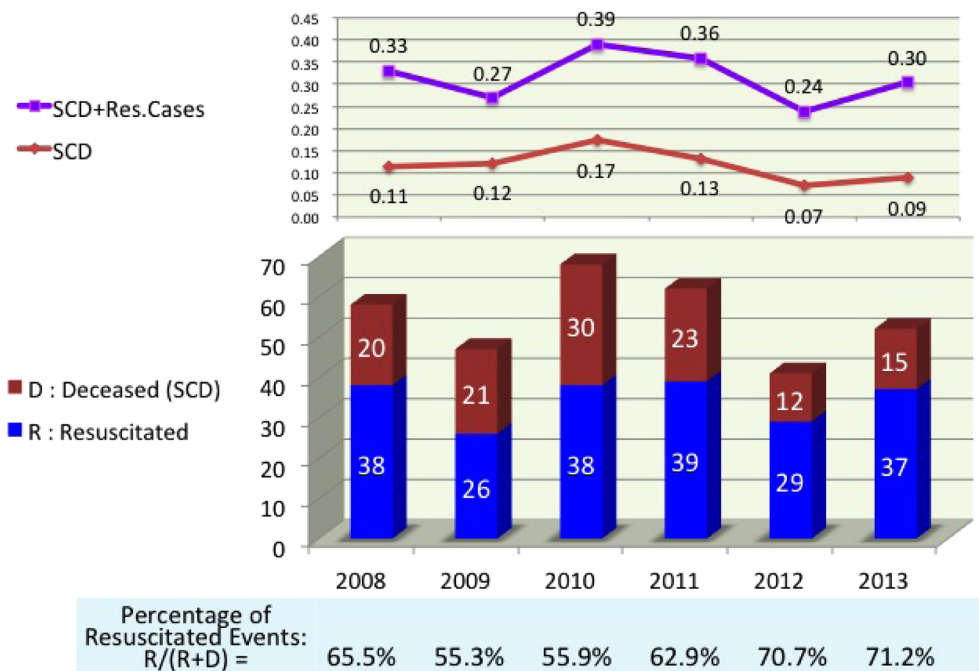


Fig. 4 Comparison of resuscitated cases and sudden cardiac deaths (2008–2013)

Resuscitated sudden cardiac arrest (SCA) case numbers are shown as the blue column, and the sudden cardiac death (SCD) cases during the same period are shown in red. The proportion of resuscitated SCA cases among all SCA cases, including SCD, has ranged from 55% to 70% in these 6 years. The total number of SCAs was approximately 40–60, with an incidence approximately 0.3 per 100,000 students every year.

また、「急性心不全」と記載される例は現在でも少なからずあり、その原因がいずれの報告書からも明らかでない場合は原因不明に分類した。また、心停止事例発生後、AEDが装着され作動したことが明記されている事例は、pulseless VTが含まれている可能性があるが、心室細動(VF)に分類した。

対象としたSCD事例は121例あり、そのうちFig. 5に示すように、死亡診断書上の「急性心不全」を含む原因不明例が32例(26%)と最も多く、次にVFが30例(25%)、心筋症が19例(16%) (肥大型15例、拡張型2例、拘束型1例、左室心筋緻密化障害1例、不整脈源性右室心筋症:ARVC1例)、先天性心疾患が10例(未手術1例:大動脈弁上部狭窄(Williams症候群)、手術後9例:大動脈弁狭窄兼閉鎖不全に対する弁置換術後、房室中隔欠損症術後、修正大血管転位術後2例、肺動脈閉鎖+単心室2例、両大血管右室起始症ペースメーカー装着後、心室中隔欠損及び大動脈弁閉鎖不全弁置換術後、大動脈縮窄複合術後)(8%)、冠動脈疾患9例(起始異常5例、低形成2例、機序不明の虚血2例)(7%)、大動脈解離8例(6%)、急性心筋炎6例(5%)の他に、QT延長症候

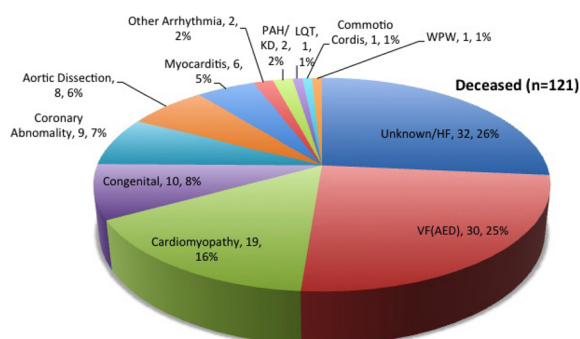


Fig. 5 Suspected causes of sudden cardiac death ($n=121$; 2008–2013)

All deceased cases were classified by the cause of cardiac arrest. When there was a distinct indication that an automated external defibrillator was discharged during life support activities, even if no report could reveal the cause of cardiac arrest, we judged the cause of the arrest to be idiopathic VF, including pulseless VT. Next, to the category of unknown cause, VF was most common, followed by 19 cardiomyopathies, 10 congenital heart diseases, 8 aortic dissections, and 6 of both coronary abnormalities and myocarditis. One case each was ascribed to long QT syndrome, Wolff–Parkinson–White syndrome, and commotio cordis. HF, heart failure (on certificate); LQT, long QT syndrome; PAH/KD, pulmonary artery hypertension or Kawasaki disease complication; VF, ventricular fibrillation; VT, ventricular tachycardia.

群(LQTS), WPW症候群, 心臓震盪, 肺動脈性肺高血圧症, 川崎病の既往, 不完全右脚ブロック, 心房期外収縮が各1例であった。

4. 蘇生されたSCAの原因疾患 (Fig. 6)

SCAの中で蘇生された事例では死亡診断書や死体検案書がなく、病院での過料もそれほど医療費を要しなかった場合には報告書の内容も限定されてくるが、多くはSCDと同様にすべての関連する報告書から情報を集め、心停止を発症する可能性がある疾患の記載がある場合にはそれを原因とした。

調査期間に対象としたSCA 207例のうち、Fig. 6に示すように、88例(43%)と半数近くが原因不明であった。次いでVFが58例(28%)、心筋症が21例(10%) (肥大型17例、拡張型、拘束型、左室心筋緻密化障害、不整脈源性右室心筋症:各1例)、LQTS 9例(4%)、冠動脈疾患9例(急性心筋梗塞6例、冠攣縮性狭心症2例、左冠動脈肺動脈起始症1例)(4%)、先天性心疾患6例(未手術2例:大動脈弁狭

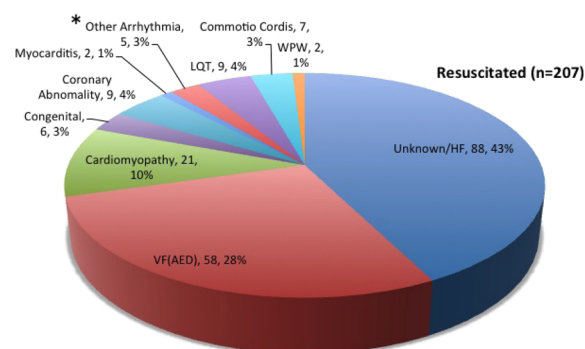


Fig. 6 Suspected causes of resuscitated sudden cardiac arrest ($n=207$; 2008–2013)

All resuscitated cases were classified by the cause of cardiac arrest. Proportions of unknown cause and ventricular fibrillation were 43% and 28%, respectively, both more common than deceased cases, followed by 21 cardiomyopathies, 9 long QT syndrome, 9 coronary abnormalities, 7 commotio cordis, 6 congenital heart diseases (2 cases were not operated: both are aortic stenosis, 4 cases were operated: I-TGA, Aortic valve replacement, Pulmonary atresia, and ventricular septal defect), and 2 cases each were ascribed to myocarditis and Wolff–Parkinson–White syndrome. No case of aortic dissection was resuscitated. *Other arrhythmias: Brugada, catecholaminergic polymorphic ventricular tachycardia (CPVT), sick sinus syndrome (SSS), ventricular tachycardia (VT), implantable cardiac defibrillator (ICD) unknown cause: one case for each).

窄, 術後4例: 修正大血管転位術後, 大動脈弁置換術後, 肺動脈閉鎖, 心室中隔欠損術後) (3%), 心臓震盪7例 (3%), 急性心筋炎2例 (1%), WPW 症候群2例 (1%), その他の不整脈5例 (Brugada 症候群: BrS, カテコラミン誘発性心室頻拍 (CPVT), 洞機能不全症候群, 心室頻拍, 原疾患不明の ICD 装着例各1例) であった。

これらの結果から, これまで学校心臓検診で, 突然死の可能性があると抽出され, 管理方法に議論が続けられてきた LQTS, WPW 症候群については, 突然死は6年間で各1例に減少したことが注目される。同期間に SCA を発症していたが蘇生された例は, LQTS が9例あったのに対し, WPW 症候群は2例のみであった。おそらく WPW 症候群は小児期にもリスクのある例に対してカテーテルアブレーションによる治療が普及してきたのではないと思われる。LQTS など致死的不整脈では心停止がこれまで同様に一定頻度で発症しているが, 学校現場での救急蘇生処置が効果をあげている可能性が高いと思われる。

救急蘇生の実践は, 不整脈系の疾患で成功例が多いと予想されるため, 次に SCA 蘇生成功例と SCD 例について, 原因を不整脈及び心電図異常群と, 器質的

疾患群に分けて蘇生成功実績を比較した。

5. 各原因疾患の蘇生効果の比較

3, 4 で述べた原因不明例, 心室細動, LQTS, WPW, その他の不整脈を不整脈群 (Rhythm disorder: R 群) とし, 心筋症, 先天性心疾患, 冠動脈疾患, 大動脈解離, 急性心筋炎を器質的疾患群 (Structural disorder: S 群) とした。

各原因及び両群について, 蘇生成功例と突然死例のそれぞれ全体における比率と, 蘇生成功の実績から算出した Odds 比 (OR) を Table 3 にまとめた。R 群では何の疾患分類も OR が大きく, R 群全体と原因不明あるいは急性心不全を原因とした事例はそれぞれ $p < 0.001$, $p < 0.01$ のレベルで蘇生成功例が多かった。また, 全体に対して事例数が少ないため有意ではなかったが, LQTS, 心臓震盪は OR が各 5.5, 4.2 と大きく, 学校での心停止において, 蘇生される可能性が高い疾患であるといえる。逆に S 群の疾患及び群全体はいずれも OR は小さく, 心筋症, 先天性心疾患, 大動脈解離, 急性心筋炎では有意に蘇生成功の可能性が低いと考えられた。冠動脈疾患は, SCD での報告書からは, 原因に先天性の起始異常 5 例と低形成 2 例が

Table 3 Cause and outcome of cardiac arrest in schools (2008–2013)

	Resuscitated (n=207)		Deceased (n=121)		OR	95% CI	p
Unknown/HF	88	42.5%	32	26.4%	2.1	1.26 - 3.35	<0.01
VF(AED)	58	28.0%	30	24.8%	1.2	0.69 - 1.92	NS
LQTS	9	4.3%	1	0.8%	5.5	0.88 - 33.6	NS(0.073)
Commotio Cordis	7	3.4%	1	0.8%	4.2	0.66 - 26.4	NS(0.15)
WPW	2	1.0%	1	0.8%	1.2	0.15 - 9.02	NS
Other Arrhythmia	5	2.4%	2	1.7%	1.5	0.32 - 6.67	NS
Rhythm disorder group	169	81.6%	67	55.4%	3.6	2.17 - 5.91	<0.001
Cardiomyopathy	21	10.1%	19	15.7%	0.67	0.31 - 1.17	NS
Congenital	6	2.9%	10	8.3%	0.33	0.12 - 0.90	<0.05
Coronary Abnormality	9	4.3%	9	7.4%	0.57	0.22 - 1.42	NS
Aortic Dissection	0	0.0%	8	6.6%	0	0 - 0.27	<0.01
Myocarditis	2	1.0%	6	5.0%	0.19	0.043 - 0.83	<0.05
Others (PAH, KD)	0	0.0%	2	1.7%			
Structural disorder group	38	18.4%	54	44.6%	0.28	0.17 - 0.46	<0.001

From the data on cause of sudden cardiac death and resuscitated sudden cardiac arrest, we analyzed the odds ratios for resuscitation according to each cause. Long QT had the highest odds ratio (OR), at 5.5, followed by commotio cordis, at 4.2. The rhythm disorder group had a significant high OR at 3.4 ($p < 0.001$). In contrast, aortic dissection did not have a resuscitated case, and myocarditis had an OR of 0.19, signifying smaller possibility of resuscitation. Cardiomyopathy, congenital coronary abnormality, and congenital structural heart disease also had low ORs; however, they were not significantly different from 1. The structural disorder group had a significantly low OR, at 0.28 ($p < 0.001$). OR, odds ratio; CI, confidential interval; PAH, pulmonary artery hypertension; KD, past history of Kawasaki disease.

剖検によって判明していたが、2例は動脈硬化の所見であった。蘇生されたSCA群の報告書では先天異常の有無は左冠動脈肺動脈起始症（ALCAPA）1例のみ記載されており、他は心筋梗塞とされるも原因は明確でなかった。冠動脈の先天異常は運動負荷によって虚血が顕性化し、心停止に至るが、安静時心電図でのスクリーニングは困難で「予期せぬ運動関連突然死」の代表的な原因であることへの注意をMaronら¹⁸⁾がACC, AHA 合同のcouncilから提言している。施設によっては、これを積極的にMRIで発見する試みも計画されている¹⁹⁾。

6. 原因不明突然死例への対応

原因不明に分類した事例の発症状況について分析すると、Fig. 7に示すように、小学生の女児での発症が比較的多く見られており、特に蘇生されたSCAで水泳中の発症が多く見られることから、この中にはLQTSを代表とする遺伝性不整脈が少なからず含まれていると推測される。一方中学生以上の運動関連の事例も多いことや、監察医制度が一部の自治体のみに限られている現状から、原因不明とされる中に、器質的疾患も含めて、まだ多くの病態が混在している可能性がある。現行の学校心臓検診で発見できない疾患が解剖で判明することもあり、剖検で発見されやすい疾患

に焦点を当てて検診方法を見直す必要もあろう。

デンマークでの1～18歳小児のSCD114例中77%に剖検を行ったデータでは、約半数が遺伝性の不整脈ではないかと推測されており²⁰⁾、オランダの50歳以下での予期せぬ突然死140例の血縁者からの診断では、LQTSが19%、CPVTが17%、BrSが15%、ARVCが13%の順²¹⁾であり、SCA蘇生例69例の前者では肥大型心筋症（HCM）が17%、心筋梗塞14%、LQTS、BrS、ARVCはいずれも12%の順で多かったが、CPVTは2%と少なく、不整脈性疾患の中で救命率が低い可能性がうかがわれる。

SCA事例に対する遺伝子検査は、日本では現時点では病院、主治医の判断や一部の研究者に依存しており、突然死の原因究明と予防のための策定はされておらず、積極的な検討が必要と思われる。

「心臓系」以外の学校管理下突然死

1. 中枢神経系突然死

学校管理下すなわち就学年齢での突然死の原因として、心疾患以外に中枢神経系疾患によるものがあり、以前から毎年10例前後発生している。心疾患同様に報告書の調査によると、主な原因疾患としては、脳内出血やくも膜下出血、脳梗塞、てんかん発作などであ

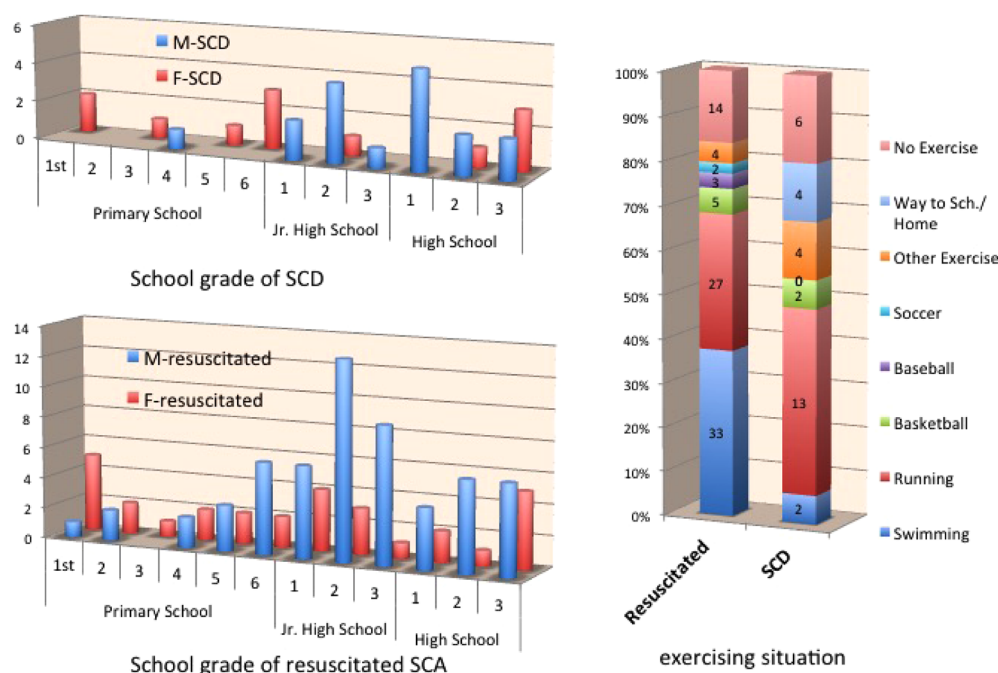


Fig. 7 Profiles of sudden cardiac arrest or sudden cardiac death of unknown cause

School grade and exercise history were analyzed for finding characteristics of cases with unknown cause. In both deceased and resuscitated cases, girls in primary school often developed sudden cardiac arrest. Analysis of exercise categories showed 40% of resuscitated cases occurred during swimming.

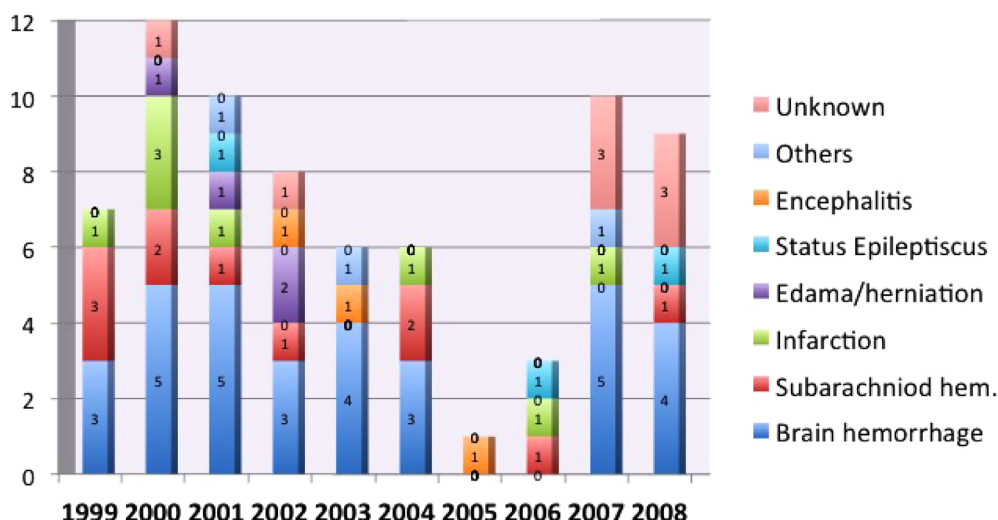


Fig. 8 Sudden death due to disease of central nervous system (1999–2008)

Seventy-two cases of sudden death due to brain disease have been reported to mutual aid systems in school during these 10 years. The leading cause is brain hemorrhage (32 of 72; 44%), next is subarachnoid hemorrhage (11 of 72; 15%), followed by cerebral infarction (8 of 72; 11%), brain swelling and herniation (4 of 72; 6%), status epileptics (3 of 72; 4%), and encephalitis (3 of 72; 4%). The causes of eight cases were unknown (11%).

る (Fig. 8). 心疾患での突然死が年間 20 例前後に減少してきたため、神経疾患が原因となる比率は増加しており、予防可能か検討が必要と思われる。出血性疾患が半数以上を占めており、JSC の報告書からは脳内出血、くも膜下出血などの記載にとどまるが、文獻的には突然死の原因には脳血管の動静脈奇形、動脈瘤を含む先天異常^{22,23)}、発見されていない脳腫瘍²⁴⁾や血管炎²⁵⁾が潜在している場合もあるとされる。幼児期の意識消失発作を「てんかん」と診断されてきた例が、学校管理下での発症後に LQTS と診断された事例はしばしば経験される。痙攣に伴う自律神経の変調は不整脈発症につながるため、てんかんと言われる児で発汗、さむけ、めまいなど体調の変化が見られる場合には注意を要する²⁶⁾。てんかん小児での突然死例では、MRI で計測した灰白質量が、扁桃体-海馬周囲で減少し、視床周囲で増加しているとする研究がある²⁷⁾。また KCNQ1 変異の家系の中には、続発する病態とは別にてんかんと LQTS とを合併している例もあるとする報告もある²⁸⁾。難治性痙攣疾患の中で、乳児重症ミオクロニーてんかん (Dravet 症候群) はしばしば突然死がある。興奮性神経細胞で産生する Na イオンチャネル蛋白 Nav1.1 合成に関連する SCN1A 遺伝子変異が判明しており²⁹⁻³⁵⁾、発達障害が比較的軽症の場合には就学している児もあり、注意を要する。

また、学校での事例は明らかでないが、軽症でも抗てんかん薬 Lamotrigine³⁶⁾、ADHD 治療薬 atomoxe-

tine³⁷⁾、向精神薬 Imipramin³⁸⁾ などの投与がマクロライド系抗菌薬^{39,40)}と同様に薬剤性の LQTS 発症の可能性にも注意する必要がある。

2. 就学前 (乳幼児) の突然死

JSC では、就学前施設 (保育園、幼稚園、保育所) における乳幼児の突然死についても申請と報告書が提出されているが、災害給付制度への加入率が約 80% と就学年齢よりも低く、心臓検診が行われていない年齢であり、心疾患についての情報は少ない。2008~13 年における突然死事例は計 26 例で男児が 15 例 (57.7%) であった。事例発生数は 1999~2008 年の 10 年間で 40 例¹⁾であり、平成 10 年からのうつぶせ寝への警告キャンペーン以降減少した⁴¹⁾が、その後、厚生労働省の統計では、全国で SIDS は年間 100~150 例であり明らかな減少はない⁴²⁾。年齢は 0 歳 5 例、1 歳 11 例、2 歳 5 例、3 歳 2 例、4 歳 2 例、5 歳 1 例で、21 例 (80.8%) が午睡中や終了時に気づかれたと報告されており、活動中は少ないことが特徴である。先行する発熱を 3 名 (11.5%) に認めた。診断は、乳幼児突然死症候群 (Sudden Infantile Death Syndrome: SIDS) とされる例が 11 例 (42.3%)、不詳と記載される例が 10 例 (37.4%)、他は肥大型心筋症、急性心筋炎、嘔吐後心肺停止、頭蓋内出血、溺水が各 1 例であった。AED が使用された記載があるのは 4 例 (15.4%) で、使用頻度はまだ少ない。致死的不整脈の関与も少なからずあると考えられるが、この

年齢では感染症や代謝異常症、難治性痙攣なども多いとされ、正確な頻度が不明である。SIDS 症例だけでなく、乳幼児突発性危急事態 (apparent life threatening events; ALTE) を含めて、本人及び 1 親等血縁者の遺伝学的検索により、致死的不整脈のみならず代謝疾患⁴³⁾ や睡眠中のセロトニン転送経路異常の関与⁴⁴⁾ などの病態解明が可能になりつつあり、日本でも積極的に実施できる体制構築が望まれる。

一方、救命処置の普及に関する最近の調査研究では、国内の乳幼児施設での小児一次救命処置講習の受講経験は 51.9%⁴⁵⁾、AED 設置率に関する幼稚園の約 50%、認可保育所の約 25%⁴⁶⁾ に過ぎない。乳幼児での BLS トレーニングと AED 設置の効果は未知数ともされる⁴⁷⁾ が、午睡中の身体反応の解明に加え、幼稚園、保育所での心電図検診や乳児の蘇生法と AED 普及を改善する検討は有意義と思われる。

積極的な蘇生行動を呼び掛けるにあたり、欧米大多数の地域では、非医療従事者が緊急時に蘇生行動を行った場合に、結果を問われずとする「善きサマリヤ人の法 (Good Samaritan laws)」が法整備され、医療者についても航空機内の場合や、医学生の場合についての細則まで検討⁴⁸⁻⁵⁰⁾ されつつある。日本ではまだ法整備の動きも不明確であり、検討が必要と思われる。

3. 蘇生成功事例の二次再発予防

除細動による SCA からの回復症例の中には、その後に再発予防のため ICD (Implantable cardioverter defibrillator: 植込み型除細動器) を挿入して、再発作時の対応が可能になった報告もあり、予測し得なかった突然死が救命され、予防も可能な状態にできる時代になったことを象徴している⁵¹⁻⁵⁴⁾。このような生徒たちへの医療関係者や学校関係者の対応、管理方法についての問題点は、今後まとめられていく必要があると思われる。

今後に向けて

学校管理下の心停止及び突然死について述べてきたが、学校管理外の時間帯における心停止については関連学会と消防庁が中心になり、ウツタイン方式による登録が進められており、2005 年から 2009 年にかけて bystander による AED 使用の増加に伴う 7~15 歳の院外心停止例の神経学的予後の改善が報告されている⁵⁵⁾。

学校検診のガイドライン⁵⁶⁾ も新たに作成され、そ

の充実による危険性の予測と、発症時の救命措置の普及の両方向から、関係者が協力して最適な医学的、社会的対策を追求することで、就学生徒たちを突然死から守ることができる時代が来ることが期待される。

利益相反

筆者は独立行政法人日本スポーツ振興センター学校安全部からの委嘱により、学校災害給付判定委員を務める。(「医学研究の利益相反に関する共通指針」(日本小児循環器学会)の細則第 1 条第 2 項①により申告する。)

引用文献

- 1) 鮎沢 衛, 伊東三吾, 岡田和夫, ほか: 学校における突然死予防必携 改訂 (第 2 版). 独立行政法人日本スポーツ振興センター学校安全部安全情報課 2010. pp. 16-21. http://www.jpnsport.go.jp/anzaen/Portals/0/anzaen/kenko/jyohou/pdf/totsuzenshi/22/totsuzenshi22_2_1.pdf
- 2) Toresdahl BG, Rao AL, Harmon KG, et al: Incidence of sudden cardiac arrest in high school student athletes on school campus. *Heart Rhythm* 2014; **11**: 1190-1194
- 3) Lotfi K, White L, Rea T, et al: Cardiac arrest in schools. *Circulation* 2007; **116**: 1374-1379
- 4) Steinvil A, Chundadze T, Zeltser D, et al: Mandatory electrocardiographic screening of athletes to reduce their risk for sudden death proven fact or wishful thinking? *J Am Coll Cardiol* 2011; **57**: 1291-1296
- 5) Van Camp SP, Bloor CM, Mueller FO, et al: Nontraumatic sports death in high school and college athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1995; **27**: 641-647
- 6) Maron BJ, Gohman TE, Aeppli D: Prevalence of sudden cardiac death during competitive sports activities in Minnesota high school athletes. *J Am Coll Cardiol* 1998; **32**: 1881-1884
- 7) Roberts WO, Stovitz SD: Incidence of sudden cardiac death in Minnesota high school athletes 1993-2012 screened with a standardized pre-participation evaluation. *J Am Coll Cardiol* 2013; **62**: 1298-1301
- 8) Corrado D, Basso C, Rizzoli G, et al: Does sports activity enhance the risk of sudden death in adolescents and young adults? *J Am Coll Cardiol* 2003; **42**: 1959-1963
- 9) Corrado D, Basso C, Pavei A, et al: Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. *JAMA* 2006; **296**: 1593-1601
- 10) Harmon KG, Asif IM, Klossner D, et al: Incidence of sudden cardiac death in National Collegiate Athletic Association Athletes. *Circulation* 2011; **123**: 1594-1600
- 11) Farioli A, Christophi CA, Quarta CC, et al: Incidence of sudden cardiac death in a young active population. *J Am Heart Assoc* 2015; **4**: e001818
- 12) Marijon E, Tafflet M, Celermajer DS, et al: Sports-related sudden death in the general population. *Circulation* 2011; **124**: 672-681
- 13) Holst AG, Winkel BG, Theilade J, et al: Incidence and etiology of sports-related sudden cardiac death in den-

- mark: Implications for preparticipation screening. *Heart Rhythm* 2010; **7**: 1365–1371
- 14) 加藤雅崇, 鮎沢 衛, 住友直方, ほか: 【学校での心事故はふせげるか】AEDの現況. *小児科* 2013; **54**: 277–283
 - 15) 文部科学省. 学校健康教育行政の推進に関する取組状況調査 (平成25年度実績), p. 6. <http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2015/04/01/1289307_10.pdf>
 - 16) 日本学校保健会「平成25年度学校生活における健康管理に関する調査」(2013年), p. 15. <http://www.gakkohoken.jp/book/ebook/ebook_H260030/H260030.pdf>
 - 17) 総務省消防庁: 平成27年版 救急・救助の現状, p. 46. <http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/kyukyukyojo_genkyo/h27/01_kyukyu.pdf>
 - 18) Maron BJ, Friedman RA, Kligfield P, et al: Assessment of the 12-lead electrocardiogram as a screening test for detection of cardiovascular disease in healthy general populations of young people (12–25 years of age): A scientific statement from the American Heart Association and the American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol* 2014; **64**: 1479–1514
 - 19) Angelini P, Vidovich MI, Lawless CE, et al: Preventing sudden cardiac death in athletes in search of evidence-based, cost-effective screening. *Tex Heart Inst J* 2013; **40**: 148–155
 - 20) Winkel BG, Risgaard B, Sadjadieh G, et al: Sudden cardiac death in children (1–18 years): symptoms and causes of death in a nationwide setting. *Eur Heart J* 2014; **35**: 868–875
 - 21) Van der Werf C, Hofman N, Tan HL, et al: Diagnostic yield in sudden unexplained death and aborted cardiac arrest in the young: The experience of a tertiary referral center in The Netherlands. *Heart Rhythm* 2010; **7**: 1383–1389
 - 22) Plunkett J: Sudden death in an infant caused by rupture of a basilar artery aneurysm. *Am J Forensic Med Pathol* 1999; **20**: 211–214
 - 23) Cioca A, Gheban D, Perju-Dumbrava D, et al: Sudden death from ruptured choroid plexus arteriovenous malformation. *Am J Forensic Med Pathol* 2014; **35**: 100–102
 - 24) Byard RW, Bourne AJ, Hanieh A: Sudden and unexpected death due to hemorrhage from occult central nervous system lesions: A pediatric autopsy study. *Pediatr Neurosurg* 1991–1992; **17**: 88–94
 - 25) Pistracher K, Gellner V, Riegler S, et al: Cerebral haemorrhage in the presence of primary childhood central nervous system vasculitis: A review. *Childs Nerv Syst* 2012; **28**: 1141–1148
 - 26) Moseley BD: Seizure-related autonomic changes in children. *J Clin Neurophysiol* 2015; **32**: 5–9
 - 27) Wandschneider B, Koeppe M, Scott C, et al: Structural imaging biomarkers of sudden unexpected death in epilepsy. *Brain* 2015; **138**: 2907–2919
 - 28) Tiron C, Campuzano O, Pérez-Serra A, et al: Further evidence of the association between LQT syndrome and epilepsy in a family with KCNQ1 pathogenic variant. *Seizure* 2015; **25**: 65–67
 - 29) Hirose S, Scheffer IE, Marini C, et al: SCN1A testing for epilepsy: Application in clinical practice. *Epilepsia* 2013; **54**: 946–952
 - 30) Glasscock E: Genomic biomarkers of SUDEP in brain and heart. *Epilepsy Behav* 2014; **38**: 172–179
 - 31) Cheah CS, Westenbroek RE, Roden WH, et al: Correlations in timing of sodium channel expression, epilepsy, and sudden death in Dravet syndrome. *Channels (Austin)* 2013; **7**: 468–472
 - 32) Ogiwara I, Iwasato T, Miyamoto H, et al: Nav1.1 haploinsufficiency in excitatory neurons ameliorates seizure-associated sudden death in a mouse model of Dravet syndrome. *Hum Mol Genet* 2013; **22**: 4784–4804
 - 33) Kalume F: Sudden unexpected death in Dravet syndrome: Respiratory and other physiological dysfunctions. *Respir Physiol Neurobiol* 2013; **189**: 324–328
 - 34) Kalume F, Westenbroek RE, Cheah CS, et al: Sudden unexpected death in a mouse model of Dravet syndrome. *J Clin Invest* 2013; **123**: 1798–1808
 - 35) Berkovic SF, Harkin L, McMahon JM, et al: De-novo mutations of the sodium channel gene SCN1A in alleged vaccine encephalopathy: A retrospective study. *Lancet Neurol* 2006; **5**: 488–492
 - 36) Verma DMA, Kumar A: Sudden unexpected death in epilepsy: Some approaches to prevent it. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 2015; **27**: e28–e31 (doi: 10.1176/appi.neuropsych.13120366)
 - 37) Sawant S, Daviss SR: Seizures and prolonged QTc with atomoxetine overdose. *Am J Psychiatry* 2004; **161**: 757
 - 38) Dodd S: QT Alterations in psychopharmacology: Proven candidates and suspects. *Curr Drug Saf* 2010; **5**: 97–104 <<http://www.eurekaselect.com/70539/article#sthash.A5MSn0dx.ddf>>
 - 39) Germanakis I, Galanakis E, Parthenakis F, et al: Clarithromycin treatment and QT prolongation in childhood. *Acta Paediatr* 2006; **95**: 1694–1696
 - 40) Tay KY, Ewald MB, Bourgeois FT: Use of QT-prolonging medications in US emergency departments, 1995–2009. *Pharmacoepidemiol Drug Saf* 2014; **23**: 9–17
 - 41) 田中哲郎, 石井博子, 内山有子: 乳幼児突然死症候群の発生率と疫学的特徴の推移. *日本小児救急医学会雑誌* 2009; **8**: 8–15
 - 42) 厚生労働省 HP. 平成27年10月26日報道発表資料 乳幼児突然死症候群死亡者数の推移 (人口動態統計). <<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000101529.html>>
 - 43) Angle B, Burton BK: Risk of sudden death and acute life-threatening events in patients with glutaric acidemia type II. *Mol Genet Metab* 2008; **93**: 36–39
 - 44) Filonzi L, Magnani C, Nosetti L, et al: Serotonin transporter role in identifying similarities between SIDS and idiopathic ALTE. *Pediatrics* 2012; **130**: e138–e144 [Epub 2012 Jun 18]
 - 45) 山田恵子: 乳幼児の小児一次救命処置に対する保育士の認識と現状. *日本小児看護学会誌* 2012; **21**: 56–62
 - 46) 山下麻美, 石舘美弥子, 穴戸路佳, ほか: 乳幼児視聞における小児一次救命処置に関する基礎的研究—市内の保育所幼稚園における自動体外式除細動器 (AED) の設置状況—. *小児保健研究* 2016; **75**: 14–19
 - 47) 日本心臓財団. AEDの具体的設置・配置基準に関する提言. *日本循環器学会 AED 検討委員会. 心臓* 2012; **44**: 392–402
 - 48) Mitamura H, Iwami T, Mitani Y, et al: Aiming for zero deaths: Prevention of sudden cardiac death in schools: Statement from the AED committee of the Japanese Circulation Society. *Circ J* 2015; **79**: 1398–1401
 - 49) American College of Emergency Physicians (ACEP): 911

- caller good Samaritan laws. Policy statement. *Ann Emerg Med* 2014; **64**: 562 (doi: 10.1016/j.annemergmed.2014.08.029). [Epub 2014 Oct 22]
- 50) Stewart PH, Agin WS, Douglas SP: What does the law say to Good Samaritans?: A review of Good Samaritan statutes in 50 states and on US airlines. *Chest* 2013; **143**: 1774–1783
 - 51) Bukowski JH, Richards JR: Commercial airline in-flight emergency: Medical student response and review of medicolegal issues. *J Emerg Med* 2016; **50**: 74–78
 - 52) 阿部百合子, 鮎沢 衛, 加藤雅崇, ほか: 学校管理下における肥大型心筋症による心事故発生状況の変化. *Pediat Cardiol Cardiac Surg* 2015; **31**: 240–245
 - 53) 佐藤 誠, 井上完起, 石井 卓, ほか: ICD 植込みの実際: AED で蘇生された先天性心疾患症例 6 例の検討. *Pediat Cardiol Cardiac Surg* 2015; **31**: 322–328
 - 54) Suzuki T, Sumitomo N, Yoshimoto J, et al: Current trends in use of implantable cardioverter defibrillators and cardiac resynchronization therapy with a pacemaker or defibrillator in Japanese pediatric patients: Results from a nationwide questionnaire survey. *Circ J* 2014; **78**: 1710–1716
 - 55) Mitani Y, Ohta K, Yodoya N, et al: Public access defibrillation improved the outcome after out-of-hospital cardiac arrest in school-age children: A nationwide, population-based, Utstein registry study in Japan. *Europace* 2013; **15**: 1259–1266
 - 56) 循環器病の診断と治療に関するガイドライン (2014～2015 年度合同研究班報告)『学校心臓検診のガイドライン』Guidelines for Heart Disease Screening in Schools 合同研究班参加学会: 日本循環器学会, 日本小児循環器学会 (班長: 住友直方)