



APSF.ORG

뉴 스 레 터

마 취 환 자 안 전 재 단 공 식 저 널

전 세계적으로 연간 1,000,000명 이상의 독자가 이용

제7권 제1호

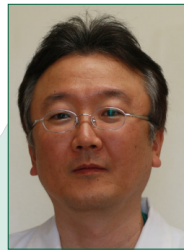
한국어 발행

2024년 2월

마취 환자 안전 재단(APSF)은 최근 대한 마취 통증 의학회의 환자 안전 위원회와 협력하여 대한민국에서 APSF 뉴스레터를 제작 및 배포하기 시작했습니다. 공동의 목표는 수술 전후 환자에 대한 안전 교육을 계속해서 개선하고 마취 환자 안전에 대한 국제적인 아이디어를 교환하는 것입니다. 영어 외에도 일본어, 프랑스어, 표준 중국어, 스페인어, 러시아어, 포르투갈어, 아랍어 등 여러 언어로 뉴스레터를 발행했습니다. 앞으로도 더욱 풍성한 콘텐츠를 위해 노력하겠습니다.



Daniel J. Cole, MD
마취 환자 안전 재단
의장



Seung Woo Ku, MD, PhD
편집자, 교수, 마취통증의학과, 울산의대
의과대학, 서울아산병원,
대한민국 서울



Jeong-Hyun Choi, MD
편집자, 부교수, 마취 통증 의학과,
경희대학교 의과대학, 경희대학교 병원,
대한민국 서울



Byung-Moon Choi
편집자, 교수, 마취통증의학과,
울산의대 의과대학, 서울아산병원,
대한민국 서울



Hee Young Kim, MD, PhD
보조 편집자, 기금 조교수, 마취통증의학과,
부산대학교 의과대학, 양산부산대학교병원,
대한민국 경상남도 양산시



Kwon Hui Seo, MD, PhD
보조 편집자, 조교수, 마취통증의학과,
의과대학, 가톨릭대학교, 여의도성모병원,
대한민국 서울



Sung-Ae Cho, MD
보조 편집자, 조교수, 마취 통증 의학과,
건양대학교 의과대학, 건양대학교 병원,
대한민국 대전

미국에서 온 APSF 뉴스레터 한국 발행본 편집부 대표:

Steven Greenberg, MD,
FCCP, FCCM
APSF 뉴스레터 편집자
임상 교수
일리노이주 시카고 소재 시카고대학교
마취과/중환자학과
Jeffery S. Vender 일리노이주
에반스턴 노스쇼어 대학 보건 시스템
마취과 연구 및 교육 의장

Jennifer Banayan, MD
APSF 뉴스레터 편집자
일리노이주 시카고
노스웨스턴 대학교 파인버그 의과대학
마취과
부교수

Edward Bittner, MD, PhD
APSF 뉴스레터 보조 편집자
하버드 의과대학
마취과 부교수
매사추세츠주 보스턴의
매사추세츠 종합병원 마취과

Felipe Urdaneta, MD
플로리다 대학교/노스 플로리다/
사우스 조지아 재향 군인 의료 시스템
(NFSGVHS) 마취과 교수
플로리다주 게인즈빌

마취 환자 안전 재단

창립 후원자(\$340,000)
미국 마취과 학회(asaqh.org)



2024년 기업 자문 위원회 위원(2024년 1월 1일 현재)

플래티넘(\$50,000)



골드(\$30,000)



실버(\$15,000)
Dräger

브론즈(\$10,000)
Senzime

APSF/Medtronic 환자 안전 연구 보조금(\$150,000)에 대한 지원과 자금 지원을 도와주신 Medtronic과 교육 보조금을 지원해 주신 Merck에 특별히 감사드립니다.

기업에서 APSF 미션을 지원하고 2024년 기업 자문 위원회에 참여하는 방법에 대한 자세한 내용은 apsf.org에서 확인하시거나 담당자인 Sara Moser에게 moser@apsf.org로 메일을 보내 문의하십시오.

지역사회 기부자(전통 기관, 마취과 단체, 미국 마취과 학회(ASA) 주 구성 협회, 개인 포함)

전통 기관

\$2,000 ~ \$4,999

마취과 및 수술 전후 의학 학회
(Society of Academic
Associations of Anesthesiology
and Perioperative Medicine)
마취과 학회(The Academy of
Anesthesiology)

\$750 ~ \$1,999

미국 정골의학 마취과 대학
(American Osteopathic College
of Anesthesiology)
미국 치과 마취과 학회(American
Society of Dentist
Anesthesiologists)
플로리다 마취 전문의 보조 학회
(Florida Academy of
Anesthesiologist Assistants)
기도 관리 학회(Society for Airway
Management)
일시적 마취 학회(SAMBA)
소아 마취 학회(Society for
Pediatric Anesthesia)

\$200 ~ \$749

마취과 의사 보조 교육 프로그램
협회(Association of
Anesthesiologist Assistant
Education Program)(2023년 AA
학생 포스터 대회 우승자인
콜로라도주 덴버의 콜로라도
대학교 Alexandria Jenkins 와 최종
후보자인 인디애나주
인디애나폴리스의 인디애나 대학교
의과대학 Isabelle Manning,
콜로라도주 덴버의 콜로라도
대학교 Erin Daniel, 조지아주
에틀랜타의 에모리 대학교 Amy
Sirizi 에 대한 축하와 CAA의 Caleb
Hopkins 를 추모하며)

마취과 단체

\$15,000 이상

북미 마취과 파트너(North American
Partners in Anesthesia)
미국 마취과 파트너(US Anesthesia
Partners)

\$5,000 ~ \$14,999

보조 마취과 의사(Associated
Anesthesiologists), PA
Frank Moya 평생교육 프로그램
(Frank Moya Continuing
Education Programs)(Frank
Moya 박사를 추모하며)
NorthStar 마취(NorthStar
Anesthesia)

TeamHealth

\$2,000 ~ \$4,999

매디슨 마취과 컨설턴트(Madison
Anesthesiology Consultants),
LLP

\$750 ~ \$1,999

캔자스 시티 마취 협회(Madison
Anesthesiology Consultants)
일반 마취 서비스(General
Anesthetic Services)
스펙트럼 헬스케어 파트너
(Spectrum Healthcare
Partners), PA

ASA 주 구성 협회(ASA
State Component Soci-
eties)

\$5,000 ~ \$14,999

인디애나 마취과 의사 협회(Indiana
Society of Anesthesiologists)
미네소타 마취과 의사 협회
(Minnesota Society of
Anesthesiologists)

\$2,000 ~ \$4,999

캘리포니아 마취과 의사 협회
(California Society of
Anesthesiologists)
매사추세츠 마취과 의사 협회
(Massachusetts Society
of Anesthesiologists)

미시간 마취과 의사 협회(Michigan
Society of Anesthesiologists)
뉴욕주 마취과 의사 협회(New York
State Society
of Anesthesiologists)

\$750 ~ \$1,999

아칸소 마취과 의사 협회(Arkansas
Society of Anesthesiologists)
테네시 마취과 의사 협회
(Tennessee Society of
Anesthesiologists)
위스콘신 마취과 의사 협회
(Wisconsin Society of
Anesthesiologists)

\$750 ~ \$1,999

아칸소 마취과 의사 협회(Arkansas
Society of Anesthesiologists)
컬럼비아 마취과 의사 협회(District
of Columbia Society
of Anesthesiologists)
플로리다 마취과 의사 협회(Florida
Society of Anesthesiologists)
조지아 마취과 의사 협회(Georgia
Society of Anesthesiologists)
일리노이 마취과 의사 협회(Illinois
Society of Anesthesiologists)
아이오와 마취과 의사 협회(Iowa
Society of Anesthesiologists)

켄터키 마취과 의사 협회(Kentucky
Society of Anesthesiologists)
네브래스카 마취과 의사 협회
(Nebraska Society of
Anesthesiologists)

오하이오 마취과 의사 협회(Ohio
Society of Anesthesiologists)
오리건 마취과 의사 협회(Oregon
Society of Anesthesiologists)

펜실베이니아 마취과 의사 협회
(Pennsylvania Society
of Anesthesiologists)

\$200 ~ \$749

콜로라도 마취과 의사 협회
(Colorado Society of
Anesthesiologists)
메인 마취과 의사 협회(Maine
Society of Anesthesiologists)

미시시피 마취과 의사 협회
(Mississippi Society of
Anesthesiologists)

뉴저지주 마취과 의사 협회(New
Jersey State Society
of Anesthesiologists)

텍사스 마취과 의사 협회(Texas
Society of Anesthesiologists)
(Tajdin R. Popatia, MD와 Paul R.
Hummell, MD를 추모하며)

개인

\$15,000 이상
Steven J. Barker, MD, PhD

\$5,000 ~ \$14,999
이명
Daniel J. Cole, MD
James J. Lamberg, DO, FASA

James M. Pepple, MD
Steele Family Foundation
Mary Ellen과 Mark Warner

\$2,000 ~ \$4,999
Robert A. Caplan, MD(Dr. Robert
Stoelting 을 추모하며)

Fred Cheney, MD
Jeffrey B. Cooper, PhD
Steven Greenberg, MD
Eric P. Ho, MD

May Pian-Smith, MD, MS(Jeffrey
Cooper, PhD를 추모하며)
Drs. Ximena와 Daniel Sessler

\$750 ~ \$1,999
Donald E. Arnold, MD, FASA
Douglas R. Bacon, MD, MA(Mark
Warner, MD를 추모하며)

Doug와 Jennifer Bartlett(Diana
Davidson, CRNA를 추모하며)

Allison Bechtel

Casey D. Blitt, MD
Frank와 Amy Chan(Peter
McGinn, MD를 추모하며)
Dr. Robert와 Mrs. Jeanne Cordes

Timothy Dowd, MD
Kenechi Ebede

Thomas Ebert, MD
James C. Eisenach, MD
David M. Gaba, MD와 Deanna
Mann

Alexander Hannenberg, MD
Gary와 Debra Haynes
Marshall B. Kaplan, MD과 Pamela
Fenton, MD(Debbie, Amanda,
Maxwell을 추모하며)

Catherine Kuhn, MD
Seema Kumbhat, MD
Meghan Lane-Fall, MD, MSHF

Joshua Lea, CRNA
Mark C. Norris, MD
Reede Family(과거, 현재, 미래의
APSF Family를 기념하며)

Elizabeth Rebello, MD
Patty Mullen Reilly, CRNA
Ty A. Slatton, MD, FASA

Robert K. Stoelting, MD
Joseph W. Szokol, MD(Steven
Greenberg, MD를 추모하며)

Brian Thomas, JD
Butch Thomas(Bob Stoelting을
추모하며)

Dr. Donald C. Tyler
Joyce A. Wahr

\$200 ~ \$749
Amolej Abcejo, MD
Aalok Agarwal, MD, MBA
Shane Angus, CAA, MSA

Valerie Armstead
Marilyn L. Barton(Darrell Barton을
추모하며)

John Beard, MD
William A. Beck, MD, FASA
Drs. David와 Samantha Bernstein
K. Page Branam(Donna Marie
Holder, MD를 추모하며)

Charles와 Celeste Brandon(Steven
Greenberg, MD와 Jennifer
Banayan, MD를 추모하며)

Heather Ann Columbano
Robert A. Daniel
John K. DesMarteau, MD
Andrew E. Dick, MD
Barbara M. Dilos

Kirk Dise, MD(James Lamberg, DO
를 추모하며)
Karen B. Domino, MD
James DuCanto, MD

Steven B. Edelstein, MD, FASA
Mike Edens와 Katie Megan
Mary Ann과 Jan Ehrenwerth, MD
Thomas R. Farrell, MD

Jim Fehr
Mary A. Felberg, MD, FASA
Anthony Frasca, MD
Ronald George, MD

Ian J. Gilmour, MD
Ben과 Rebekah Guillow(Seth
Hoblitzell과 Daniel Sloyer, MD를
추모하며)

Allen N. Gustin, MD
Paul W. Hagan
Ronald Hasel, MD, BSc, DABA,
FRCPC

Steve Howard와 Jenifer
Damewood
John F. Heath, MD

Kevin Jenner
Rebecca L. Johnson, MD
Laurence A. Lang, MD
Ruthie Landau Cahana, MD

Sheldon Leslie
Michael Lewis(Jeff Apfelbaum, MD
를 추모하며)
Della M. Lin, MD

Kevin과 Janice Lodge(Richard A.
Brenner, MD를 추모하며)
Michael Loushin

Linda S. Magill, MD(1991년 베일리
의과대학 마취과 학부 졸업생을
기념하며)

Elizabeth Malinzak, MD
Christina Matadial, MD
Edwin Mathews, MD

Stacey Maxwell
Russell K. McAllister, MD
Gregory McComas
Roxanne McMurray

Frank Overdyk, MD(Anders
Pederson을 추모하며)
Parag Pandya, MD
Amy Pearson, MD(Stacey Maxwell
을 추모하며)

Lee S. Perrin, MD
Gregory Pivarunas
Paul Pomerantz
Scott A. Schartel

Scott Segal
Adam Setren, MD
Emily Sharpe, MD
David A. Shapiro, MD와

Sharon L. Wheatley
Stephen J. Skahen, MD
Brad Steenwyk
Paloma Toledo

Laurence와 Lynn Torsher
Andrea Vannucci
Andrew Weisinger

Shannon과 Yan Xiao
Zheng Xie
Christopher Young

John W. Zipper, MD
Toni Zito

사회적 유산 협회(Legacy
Society)
[https://www.apsf.org/
donate/legacy-society/](https://www.apsf.org/donate/legacy-society/)

Steve와 Janice Barker
Dan과 Cristine Cole
Karma와 Jeffrey Cooper

Burton A. Dole, Jr.
Dr. John H.과 Mrs. Marsha Eichhorn
Jeff와 Debra Feldman

David Gaba, MD와 Deanna Mann
Drs. Alex와 Carol Hannenberg
Drs. Joy L. Hawkins와 Randall
M. Clark

Dr. Eric과 Marjorie Ho
Drs. Michael과 Georgia Olympio
Lynn과 Fred Reede

Bill, Patty, Curran Reilly
Dru와 Amie Reddie
Steve Sanford
Dr. Ephraim S. (Rick)과 Eileen Siker

목차

아티클:

착용형 기기(웨어러블 기기)와 수술 전후 환자 안전 개선 - 해결책을 모색하다!	3 페이지
안전한 말초 신경 차단을 위한 고려 사항	7 페이지
마취 모니터링 및 기술과 임상 행동 및 결과 개선의 연관성에 대한 APSF 2023 Pierce 기념 강의	10 페이지

APSF 공지사항:

APSF 기부자 페이지	1 페이지
저자용 가이드	2 페이지
클라우드 펀딩	12 페이지
사회적 유산 협회(Legacy Society) 회원 <i>스포트라이트</i>	14 페이지
전 세계에 도달한 APSF 뉴스레터	15 페이지
2024 이사회 구성원 및 위원회 위원:	https://www.apsf.org/about-apsf/board-committees/

저자용 가이드

제출에 구체적으로 요구되는 사항이 있는 저자를 위한 자세한 가이드는 온라인(<https://www.apsf.org/authorguide>)으로 확인할 수 있습니다.

APSF 뉴스레터는 마취 환자 안전 재단의 공식 저널입니다. 이는 다양한 마취 전문가, 수술 전후 관리 제공자, 주요 업계 대표자, 위험 관리자에게 널리 배포됩니다. 따라서 저자들은 환자 안전에 대한 다학제적, 다전문적 접근 방식을 강조하고 해당 내용을 포함하는 내용을 써주시기를 강력히 권고드립니다. 뉴스레터는 1년에 3회(2월, 6월, 10월) 발행됩니다. **각 호별 마감일은 다음과 같습니다. 1) 2월호: 11월 10일, 2) 6월호: 3월 10일, 3) 10월호: 7월 10일.** 뉴스레터는 일반적으로 마취와 관련된 수술 전후 환자 안전에 중점을 둔 내용을 다룹니다. 내용에 관한 결정과 출판물 제출 승인에 대한 결정은 편집자의 책임입니다.

- 모든 제출은 newsletter@apsf.org로 이메일을 보내주십시오.
- 제출물의 제목, 각 저자의 전체 이름, 소속, 이해 상충 진술이 포함된 표제지를 작성해 주시기 바랍니다. 또한, APSF 환자 안전 우선순위 목록에서 기사 제출과 일치하는 주요 키워드를 제공하십시오. 두 번째 페이지에는 원고 제목을 기재하고, 제목 아래에는 '작성자'라는 단어와 함께 모든 저자와 학위를 기재하십시오.
- APSF 웹사이트에서 본인의 작업물을 홍보할 때 사용할 수 있도록 제출물의 요약본(3~5 문장)을 함께 기재해 주십시오.
- 모든 제출물은 Microsoft Word에 Times New Roman 폰트, 이중 간격, 글꼴 크기 12로 작성되어야 합니다.

- 원고에 페이지 번호를 기재해 주십시오.
- 참고 문헌은 미국 의사 협회(American Medical Association)의 인용 스타일을 준수해야 합니다.
- 참고 문헌은 원고 본문 내에 위첨자 번호로 포함되어야 합니다.
- 제출물에 Endnote 또는 기타 참고용 소프트웨어 도구를 사용한 경우 제목 페이지에 기재해 주십시오.
- 저자는 출처에 대한 전체 세부 정보와 함께 다른 곳에 나타난 직접 인용문, 표, 그림, 삽화 등을 사용하기 위해서는 저작권 소유자의 서면 허가를 제출해야 합니다. 저작권 소유자가 요구할 수 있는 모든 허가 수수료는 APSF가 아니라, 빌린 자료의 사용을 요청하는 저자의 책임입니다. 출판되지 않은 그림은 해당 저자의 허가가 필요합니다.

아티클 유형에는 (1) 리뷰 기사, 찬반 토론 및 사설, (2) 질의응답(Q&A), (3) 편집자에게 보내는 편지, (4) 신속한 답변 등이 있습니다.

- 리뷰 기사, 찬반 토론 및 사설은 원본 원고입니다. 이 아티클들은 환자 안전 문제에 초점을 맞춘 내용이어야 하며, 적절한 참고 문헌이 있어야 합니다. 참고 문헌은 25개 이하여야 하며, 2,000 단어 제한이 있습니다. 그림 및/또는 표를 사용하실 것 적극 권장합니다.

- 마취 환자 안전에 관한 독자의 질문을 다룬 Q&A 아티클은 전문 지식을 갖춘 전문가나 지정 컨설턴트가 답변을 제공합니다. 아티클 내용은 750 단어로 제한됩니다.
- 편집자에게 보내는 편지는 언제나 환영이며, 500 단어 제한이 있습니다. 참고 문헌을 적절히 포함해 주십시오.
- '안전 정보 답변 시스템'이었던 'Dear SIRS'의 새로운 버전인 (독자님들의 질문에 대한) *신속한 답변*은, 제조사의 업계 대표들의 의견과 답변을 바탕으로 독자들이 제기한 기술 관련 안전 우려 사항에 대해 신속하게 답변할 수 있도록 하는 칼럼입니다. 현재 기술 위원회(Committee on Technology) 위원장인 Jeffrey Feldman, MD가 칼럼을 총괄하고 독자들의 질문과 업계의 답변을 조정합니다.

APSF 뉴스레터에서는 상업적 제품을 광고하거나 보증하지 않지만, 편집자의 재량에 따라 새롭고 중요한 특정 안전 관련 기술 발전에 관한 아티클이 발행될 수는 있습니다. 저자는 해당 기술이나 상업적 제품에 대해 상업적 관계나 금전적 이해관계가 없어야 합니다.

출판이 승인되면 승인된 아티클에 대한 저작권은 APSF로 이전됩니다. APSF 뉴스레터의 아티클, 그림, 표 또는 내용을 복제하려면 APSF로부터 허가를 받아야 합니다.

질문이 있으시면 newsletter@apsf.org로 이메일을 보내주십시오.

착용형 기기(웨어러블 기기)와 수술 전후 환자 안전 개선 - 해결책을 모색하다!

Megan H. Hicks, MD 및 Ashish K. Khanna, MD, MS, FCCP, FCCM, FASA

서론

외과 의사들은 종종 동반 질환이 있는 환자들을 수술합니다. 그럼에도 불구하고, 수술 중 기간은 이제 그 어느 때보다 안전해졌습니다. 그러나 수술 후 부작용은 놀랍도록 흔하며, 매년 전 세계 사망의 약 7.7%를 차지합니다.¹ 비심장 수술 후 첫 30일 동안의 수술 후 사망의 가장 흔한 원인은 과다 출혈, 비심장 수술 후 심근 손상(myocardial injury after noncardiac surgery, MINS), 그리고 패혈증 순입니다.² 중요한 점은, 이 세 가지가 함께 전체 수술 후 사망의 약 절반을 차지한다는 것입니다.² 심근 손상은 특히나 발견하기 어렵기 때문에 증상이 과소평가될 수 있습니다. 이는 ‘무증상 심근경색’으로, 진단에 필요한 유일한 기준이 ‘고감도 트로포닌 T 검사(high-sensitivity TnT, hsTnT)’ 뿐입니다.³ 수술 후 hsTnT의 최고 수치가 수술 전 농도에서 최소 5ng/L 증가하여 기준 농도와 상관없이 최소 20ng/L 또는 65ng/L 이상까지 증가하는 경우에는 비심장수술 후 심근 손상을 암시합니다.⁴ 비심장 수술 후 심근 손상은 수술 중 및 수술 후 저혈압과 연관이 깊습니다. 그러나 대부분의 비심장수술 후 심근 손상은 수술 후 첫 3일 내에 발생하며, 이는 수술 후 저혈압이 주요 원인일 수 있음을 뜻합니다.^{4,5}

임상적 상황에서, 수술 후 사망에 이르는 중대한 부작용을 겪는 환자를 떠올려 보면, 심각한 급성 심폐 허탈로 인한 경우가 가장 흔합니다. 실제로, 병원 내 심폐 정지를 겪는 대부분의 환자는 사건 몇 시간 전부터 하나 이상의 주요 생체 신호 이상을 보이며, 심정지 전 이상 생체 신호 수가 증가할수록 사망 위험도 더 높아집니다.⁶ 이러한 환자의 절반 이상은 병동에 입원하므로,^{6,7} 생체 신호 모니터링이 보통 간헐적으로 이루어지며,⁸ 이러한 작은 변화는 큰 사건이 발생하기 전까지는 눈에 띄지 않는 경우가 많습니다. 따라서 착용형 기기를 통한 병동의 생체 신호 모니터링 개선은 환자 피해를 극적으로 줄일 수 있는 혁신적인 수술 전후 환자 안전 대책이 될 수 있습니다.^{9,10} 교과서적 정의는 없지만, “착용형 기기”는 일반적으로 센서를 사용하여 환



착용형 기기
기술이 수술 전후
환자 안전을
향상시킬 수
있을까요?

구현 과제

- 비용 및 투자수익률**
예방 및 안전을 측정하는 데 필요한 더 나은 비용 효율성 모델
- 경보 피로**
어떤 환자가 피해를 입을 가능성이 가장 높은지를 결정하기 위해 위험 예측 전략을 동시 사용
- 개입 시스템 찾기**
사용자 친화적인 프로토콜로 효율적인 원심성 개입 시스템 생성 가능

자 데이터를 지속적으로 모니터링하는 비침습적이고 자율적인 장치를 말합니다. 이러한 조치를 일상적으로 구현하는 데에는 투자 대비 수익 및 실제 실행을 포함하는 증거 구축에 여전히 과제가 남아 있습니다.

병동 모니터링을 위한 이론적 근거

중환자실이 아닌 병동의 환자들은 인력 부족, 중환자실 외 병동의 생체 신호 및 상태 악화 추세 파악 및 적절한 모니터링 기능 부족, 경보 피로(alarm fatigue)의 명백한 위험을 완화하지 못하는 등 여러 가지 잠재적 요인으로 인해 모니터링이 제대로 이루어지지 않는 상태로 방치되고 있습니다. 중환자실에 입원한 환자들 경우 종종 간호사가 최대 두 명의 환자를 돌보고 생체 신호가 지속적으로 또는 적어도 1시간마다 측정되는 반면, 병동 환경에 입원한 환자들은 종종 많은 환자들을 책임지는 간호사에 의해 돌보이며 간헐적인 생체 신호 모니터링을 받게 됩니다. 측정 간격은 4시간에서 12시간 사이입니다. 신속 대응 팀이 흔히 존재하지만, 이러한 응급 의료 팀의 효과는 간헐적으로 측정된 생체 신호와 연관되어 있습니다.⁸ 증상 악화

인식이 단 15분만 늦어져도 부정적인 결과가 발생할 위험이 높아집니다.¹¹ 조기 경보 점수가 지속적인 병동 모니터링과 연결되어 있으면 신속한 대응 후 더 나은 임상 결과를 볼 수 있습니다. 병동 모니터링 구현의 잠재적 이점은 조기 개입이 가능하고 신속한 대응 호출이 전반적으로 감소한다는 것입니다.¹¹ 현재의 병동 모니터링 표준은 조기 패턴 인식과 실시간 개입 기회를 놓치고 있으며, 향후 환자 진료 방식을 바꾸는 데 도움이 될 기록 패턴에서 학습이 이루어지지 않고 있습니다. 많은 의료계 구성원은 지속적인 병동 모니터링의 필요성을 인식하고 있으며, 한 설문조사에 의하면 거의 모든 마취 전문가가 최소한 고위험 환자에게는 혈압, 심박수, 맥박 산소 측정에 대해 지속적인 모니터링이 필요하다고 생각합니다.⁸

안타깝게도 주관적으로 이루어지는 간헐적 생체 신호 측정은 부정확한 평가와 잘못된 위치에 착용하여 제대로 인식되지 않은 탓에 아티팩트(artifact)와 부정확성이 발생하기 쉽습니다.¹² 일부 증거에 따르면 심박수와 호흡수는 심장 마비, 중환자실 이송, 사망 등 향후의 결과를 가장 잘 예측하는

‘착용형 기기’, 3페이지 참조

지속적인 병동 모니터링으로 결과 향상 가능

‘착용형 기기’의 1페이지

두 가지 생체 신호입니다.¹³ 호흡수는 해당 병상 담당 의료 서비스 제공자가 수행한 부정확한 수동 기록으로 빈번하게 발생하는 문제이고, 자동화된 착용형 기기 모니터링으로 측정된 추세 변화는 중요한 사건으로 이어진다는 점에서 상당한 차이를 보여줍니다. 최근에는 나이와 지속적인 심박수 및 호흡수에 대한 기계 학습 분석이 개발되었으며, 이것이 중환자실로의 이송 및 사망을 예측하는 것으로 밝혀졌습니다.¹⁴ 간헐적인 병동 모니터링은 혈류 동태 및 호흡기 생체 신호의 작은 변화를 자주 놓치게 하고^{15~18} 사전 예방적 환자 진료 개입보다는 반응적 개입을 강화합니다.

수술 후 저혈압 및 저산소혈증의 진단 누락

호흡수와 심박수 변화 외에도 수술 후 저혈압이 비심장수술 후 심근 손상(MINS) 및 사망률과 같은 수술 후 부작용에 중요한 역할을 할 수 있습니다.¹⁹ 수술 후 저혈압은 흔히 발생하고, 지속적이며, 심각하고, 종종 탐지되지 않기도 합니다.^{15,19,20} 예를 들어, 병원 병동에서 진행되는 간헐적 모니터링에서는 평균 동맥압 65mmHg 미만 발작 중 약 절반이 누락됩니다.¹⁵ 마찬가지로 수술 후 저산소혈증은 그 중증도와 기간상으로 볼 때 흔히 발생하고 장기간 지속되며 심각합니다. 임상 개입 모니터링을 진행한 수술 후 비심장 입원 환자의 21%에서 90% 미만의 동맥혈 산소 포화도 (SpO₂)가 *시간당* 10분 이상으로 나타났습니다. 4시간 간격으로 정기적 측정을 해보면 산소포화도 감소 사건(연속적인 시간 동안 산소포화도가 90% 미만)의 90% 이상이 누락되었습니다.¹⁸ 수술 후 저혈압과 달리 장기간 감지되지 않은 저산소혈증의 영향은 불분명합니다. 아직 연구되지 않은 중요한 분야는 심박수, 호흡수, 혈압, 산소 포화도의 동시 추세 변화와 이러한 추세가 병원 현장의 장기 체계 기능 장애에 미치는 영향입니다. 예를 들어, 병원 병동 환자에서 감지되지 않은 빈맥이 저혈압 상태에서 심근 산소 요구량이 증가하므로 더욱 해로운 결과를 가져올 것으로 추측할 수 있지만, 그 상관관계는 아직 연구되지 않았습니다.

오피오이드(OPiOID)로 인한 호흡 기능 저하

오피오이드에 기인한 호흡 기능 저하는 특히 심부전과 수면 호흡 장애가 있는 노인 남성 환자의 하위 집단에서 중대한 수술 전후 부작용입니다.²¹

PRODIGY 연구에 참여한 전체 환자 중 약 절반은 지속적인 호기말 이산화탄소 그래프(capnography) 및 산소포화도 측정기를 통해 감지되며 아티팩트를 분리하기 위한 엄격한 기준을 사용하여 판정된 오피오이드 기인 호흡 기능 저하를 최소 한 번 이상 겪었습니다.²¹ 수술 후 환자 집단의 약 5명 중 1명은 시간당 90% 미만의 산소 포화도 저하를 겪었고, 이 중 대부분을 간헐적인 생체 신호 모니터링으로 인해 놓쳤습니다.¹⁶ 병동에서 급성 호흡기 증상을 겪는 환자의 약 40%가 사망합니다.²² 이와 관련해 오피오이드 기인 호흡 기능 저하에 대한 비공개 청구 데이터에 따르면, 이러한 증상 중 약 절반이 마지막 간호 점검 후 2시간 이내에 발생하며 대부분은 모니터링과 교육의 개선을 통해 예방할 수 있습니다.²³

병동 모니터링 장치를 조사하는 대부분의 연구는 실제로 극적인 변화를 추진하기에는 저력이 부족하다는 관찰, 후향 및 전후 설계 연구임에도 불구하고 병동 모니터링 장치를 지원하는 데이터 집단이 점점 늘어나고 있습니다. 이러한 유형의 데이터 세트는 실제 사용률을 이해하는 데 도움이 되며, 경보 피로와 기타 도입에 대한 장벽을 고려하는 데 도움이 될 수 있습니다. 완전한 착용형 기기 솔루션을 포함하여 지속적인 병동 모니터링을 구현한 후에는 신속 대응 호출, 구조 사건(rescue events), 중환자실 이송 횟수, 심정지 비율이 크게 감소한 것으로 나타났습니다.^{24~26} 적절한 동력을 얻긴 했지만 임상 결과가 있는 모니터링 유형의 전향적 개입 무작위 임상시험은 아직 수행되지 않았으며, 특히 환자가 많고 인력은 제한된 평균 규모의 환자 병동에서 개별 환자의 수준의 무작위화와 개입을 고려하는 경우에는 논리적으로 더욱 어렵습니다.

구현(IMPLEMENTATION)

웨이크 포레스트 대학 의료 센터에서는 심박수, 호흡수, 산소 포화도, 혈압, 심방세동, 환자 이동성, 체온을 15초마다 측정하는 무선 착용형 기기 솔루션을 사용하여 지속적인 병동 모니터링을 구현했습니다. 구현 후 데이터를 구현 전 과거 집단과 비교한 연구에서는 신속 대응 호출 빈도의 감소가 통계적으로 유의미한 것으로 나타났습니다(1,000회 수행당 189회에서 158회, $P = 0.036$).²⁷ 이는 현재 영국의 한 대형 병원 시스템에서 현재 구현된 병동

모니터링과 비교한 과거 연구 집단과 일치한 결과입니다. 과거 연구 집단에서도 동일한 무선 연속 모니터링 기술을 사용하여 중환자실 입원 및 신속 대응 호출이 크게 감소했다고 보고했습니다.²⁶ 최근에는 2018년과 2019년에 간헐적인 현장 검사 모니터링을 받은 12,345명의 환자를 그와 동일한 기간 동안 지속적인 휴대용 장비 모니터링을 받고 우리 기관의 병원 여러 층에서 수술 후 회복 중인 7,955명의 성향 일치 환자 집단(propensity-matched cohort)과 비교했습니다.²⁸ 지속적인 병동 모니터링을 받은 환자는 그렇지 않은 환자에 비해 중환자실로 이송되거나 입원 기간 중 사망할 가능성이 3.5배 낮았고, 심부전이나 심근경색, 신장 손상을 겪을 가능성도 낮았습니다.²⁸ 흥미롭게도 2020년과 2021년에 우리 기관에서 실시한 무작위, 실용적, 대체 개입 시험인 병동 클러스터는 지속적인 모니터링이 혈압, 산소 포화도, 심박수 변화의 복합적인 위험이 크게 감소하는 데 유리한 것으로 나타났습니다(NCT04574908, clinicaltrials.gov). 또한, 비심장수술 후 심근 손상을 조사한 결과 이는 두 그룹 모두에서 크게 다르지 않은 것으로 나타났습니다.

수술 후 이동성(MOBILITY) 및 자세

전통적인 생체 신호는 병동에서 간헐적으로 모니터링되어 왔지만, 환자의 움직임은 수술 후 회복 과정의 개선과 밀접하게 연결된 비교적 새로운 패러다임입니다. 실제로 환자의 이동성(mobility)은 병원의 수술 후 모니터링에서 종종 과소평가되는 부분인 반면, 흥미롭게도 가정에서는 다양한 추적 장치를 사용하여 잘 추적됩니다. 웨이크 포레스트의 모니터링 솔루션에는 트렁크에 위치한 3축 가속도 센서도 포함되어 있어, 90도로 서기, 45도로 서기, 반듯하게 누운 자세, 한쪽으로 눕기, 걷기, 넘어진 자세 등을 파악할 수 있습니다. 병원 병동에서 수술을 받고 회복 중인 약 9,000명의 환자 데이터 세트에서 환자 결과를 조사했습니다. 데이터는 15초 간격으로 기록되었으며 환자의 자세가 90도 직립 및 보행 자세로 파악되면 이동성이 있는 것으로 판단되었습니다. 최종 교란 변수 조정 분석에서는 가동성(mobilization)이 4분 증가하는 것이 심근 손상, 장폐색증, 뇌졸중, 정맥혈 전색전증, 폐 합병증 및 모든 원인에 의한 병원 내

‘착용형 기기’ 다음 페이지 보기

여전히 주요 과제로 남은 지속적인 병동 모니터링

‘착용형 기기’ 이전 페이지에 이어서

사망을 포함하는 복합 결과(위험 비율[HR], 0.75, 95% CI, 0.67~0.84, $P < .001$)와 유의미한 연관성이 있다고 보고했습니다. 또한 이동성 증가와 관련하여 병원 입원 기간이 0.12일 단축되었습니다(95% CI, 0.09-0.15; $P < .001$).²⁹ 이 데이터에서 관찰되지 않은 교란 변수를 배제할 수는 없지만, 여기에서 드러난 신호는 지속적으로 모니터링되는 기존 생체 신호와 이동성 기반 개입을 결합하는 향후의 중재 임상시험을 장려할 것입니다.

착용형 기기 병동 모니터링 시스템

무선 및 소형 맥박산소측정기, 최소 침습 부정맥 모니터링 장치, 지속적 혈당측정기, 무선 인슐린 주입기, 유축기가 등장한 이후 의료 및 통원 커뮤니티는 착용형 의료 장치로 가득 차 있습니다. 따라서, 대부분의 장치가 정확한 검증 데이터 및 중재적 결과 시험으로 어려움을 겪고 있지만 입원 환자 환경에 착용형 모니터링 기기를 설계하는 것은 비교적 간단한 전환입니다(표 1).⁸ 이 수준 이상의 경우, 병원 병동에서의 구현은 여전히 어려운 과제입니다.

구현 과제

착용형 모니터링 장치는 쉽게 배포할 수 있는 도구처럼 보이지만, 비용 및 투자 수익률, 보안 위험, 데이터 처리, 아티팩트(artifact) 및 연결성과 관련된 우려를 포함한 기술적인 문제와 관련된 구현 과제가 가득합니다.^{8,10} 초기 비용이 상당하지만 좋지 않은 환자 치료 결과(patient outcomes)를 최소한으로 줄여 비용을 절감하면 이러한 초기 지출을 빠르게 극복할 수 있습니다.^{21,30} 그러나 이는 원치 않는 중환자실 입원, 중환자실 침상의 기능 상실, 입원 기간 연장, 인지하지 못한 혈액학적 및 호흡기계 변화로 인한 장기 체계 기능 장애 문제에 대한 지속적인 모니터링의 설정과 연간 유지 관리를 모델링하는 더 나은 비용 효율성 분석을 수행할 수 있는 기회이기도 합니다.

이러한 장치 구현 후 주요 기능적 장애는 사용 가능한 데이터양이 급격히 증가함에 따른 정보 피로가 따를 수 있습니다. 따라서, 병동 모니터링 구현은 위험 예측 전략을 동시에 사용하여 어떤 환자가 해를 입을 가능성이 가장 높고 이로 인해 이득을 얻을지 예측해야 합니다.^{21,31} 그리고 이러한 시스템 최적화에는 기계 학습, 패턴 감지 기술, 인공

표 1. 이상적인 병원 병동 모니터링 시스템의 특징^a

실행 전 근거 평가, 이해관계자 참여, 직원 교육
이동성과 위치 데이터를 포함한 비침습적 휴대용 심폐 생체 신호 측정
지속적이고 수정 가능한 모니터링 빈도
정밀한 추세 표시와 통합된 신호를 가능하게 하고, 정보 과부하를 방지하는 모니터링 디스플레이
신속 대응 페이징(paging) 시스템 및 조기 경보 점수와 연결된 임계값(Threshold-based) 기반 경보
장치 및 중앙 모니터링 스테이션 수준에서 조정할 수 있는 경보 제어 및 지연
장치 데이터 서버 및 클라우드 기반 저장으로 자동화된 고주파 데이터 흐름
정확하고 신뢰 가능하며 재현 가능한 데이터 생성
다른 모니터의 아티팩트 간섭 최소화
다른 장치(환자 모니터, 중앙 모니터링 플랫폼 및/또는 기타 휴대용 또는 모바일 기기)로의 데이터 흐름
전자 의료 기록과 완벽하게 통합됨
정확한 타임 스탬프로 쉽게 추출 가능한 데이터(파형 데이터 포함)
사전 예방적 개입을 알려주는 계층화된 예측 분석
생체 신호 및 경보의 다양한 조합에 태그가 지정된 AI 기반 개입 프로토콜(AI-based suggested intervention protocols)

지능의 생성 및 구현뿐만 아니라 발전된 최소 침습 심장 생리학적 모니터링 양식(minimally invasive advanced cardiac physiologic monitoring modalities.)의 개발도 포함될 수 있습니다. 병원에 지속적인 모니터링을 사용하려면 이러한 착용형 센서를 시장에 출시하기 전에 착용형 센서의 연구 및 개발을 돕는 간호직들 및 과학자들과 협력해야 합니다. 마지막으로, 병원의 중환자실이 아닌 임상 영역의 의료 서비스 제공자를 위해 프로토콜화되고 사용자 친화적인 효과적 원심성 개입 시스템(effective efferent intervention)이 필요합니다. 이것은 특히 지속적인 생체 신호가 잘못된 방향으로 추세를 보이는 환자의 경우 의료 전문가가 적절한 개입을 실행하는 데 도움이 될 수 있습니다.

결론

요약하면, 착용형 기기를 사용한 지속적인 병동 모니터링은 환자의 안전과 결과를 향상시키는 데 상당한 가능성을 가지고 있습니다. 구현 과정에는 여전히 있지만 현재 모니터링 관행의 변화를 지원하기

위해 더 좋은 연구를 진행하여 극복할 수 있습니다.

Megan H. Hicks, MD는 노스캐롤라이나주 윈스턴 살렘 소재 웨이크 포레스트 의과대학 마취과 교수입니다.

Ashish K. Khanna, MD는 노스캐롤라이나주 윈스턴살렘 소재 웨이크 포레스트 의과대학의 마취과 부교수이자 연구 부회장입니다.

Megan H. Hicks, MD는 이해관계 상충이 없습니다.

Ashish K. Khanna, MD는 Medtronic, Edwards Life Sciences, Philips Research North America, Fifth Eye Inc., GE Healthcare, Potrero Medical, Retia Medical, Caretaker Medical에서 컨설팅을 맡고 있습니다. 병동 모니터링에 대한 그의 연구는

‘착용형 기기’ 다음 페이지 보기

착용형 기기의 광범위한 사용을 더욱 검증하기 위해 환영 받는 추가 연구

‘착용형 기기’ 이전 페이지에 이어서

임상 전환 과학 연구소(CTS) NIH/NCTAS KL2
TRO01421 상으로 자금을 지원받았습니다.

참고 문헌

- Nepogodiev D, Martin J, Biccari B, et al. Global burden of postoperative death. *Lancet*. 2019;323(10170):401. PMID: [30722955](#).
- Spence J, LeManach Y, Chan MTV, et al. Association between complications and death within 30 days after noncardiac surgery. *CMAJ*. 2019;191:E830–837. PMID: [31358597](#).
- Writing Committee for the VSI, Devereaux PJ, Biccari BM, et al. Association of postoperative high-sensitivity troponin levels with myocardial injury and 30-day mortality among patients undergoing noncardiac surgery. *JAMA*. 2017;317:1642–1651. PMID: [28444280](#).
- Ruetzler K, Khanna AK, Sessler DI. Myocardial injury after noncardiac surgery: preoperative, intraoperative and postoperative aspects, implications, and directions. *Anesth Analg*. 2020;131:173–186. PMID: [31880630](#).
- Sessler DI, Khanna AK. Perioperative myocardial injury and the contribution of hypotension. *Intensive Care Med*. 2018;44:811–822. PMID: [29868971](#).
- Andersen LW, Berg KM, Chase M, et al. Acute respiratory compromise on inpatient wards in the United States: Incidence, outcomes, and factors associated with in-hospital mortality. *Resuscitation*. 2016;105:123–9. PMID: [27255952](#).
- Perman SM, Stanton E, Soar J, et al. Location of in-hospital cardiac arrest in the United States—variability in event rate and outcomes. *J Am Heart Assoc*. 2016;5:e003638. PMID: [27688235](#).
- Michard F, Thiele RH, Saugel B, et al. Wireless wearables for postoperative surveillance on surgical wards: a survey of 1158 anaesthesiologists in Western Europe and the USA. *BJA Open*. 2022;23(1):100002. PMID: [37588692](#).
- Hemaphria D, Viswanath P, Mithra VM, et al. Wearable medical devices—design challenges and issues. IEEE International Conference on Innovations in Green Energy and Healthcare Technologies (ICIGEH'17). March 2017. doi: 10.1109/IGEH.2017.8094096.
- Khanna AK, Hoppe P, Saugel B. Automated continuous noninvasive ward monitoring: future directions and challenges. *Crit Care*. 2019;23(1):194. doi:10.1186/s13054-019-2485-7.
- Michard F, Kalkman CJ. Rethinking patient surveillance on hospital wards. *Anesthesiology*. 2021;135:531–540. PMID: [34237129](#).
- Badawy J, Nguyen OK, Clark C, et al. Is everyone really breathing 20 times a minute? Assessing epidemiology and variation in recorded respiratory rate in hospitalised adults. *BMJ Qual Saf*. 2017;26:832–836. PMID: [28652259](#).
- Churpek MM, Adhikari R, Edelson DP. The value of vital sign trends for detecting clinical deterioration on the wards. *Resuscitation*. 2016;102:1–5. PMID: [26898412](#).
- Akel MA, Carey KA, Winslow CJ, et al. Less is more: Detecting clinical deterioration in the hospital with machine learning using only age, heart rate, and respiratory rate. *Resuscitation*. 2021;168:6–10. PMID: [34437996](#).
- Turan A, Chang C, Cohen B, et al. Incidence, severity, and detection of blood pressure perturbations after abdominal surgery: a prospective blinded observational study. *Anesthesiology*. 2019;130:550–559. PMID: [30875354](#).
- Saab R, Wu BP, Rivas E, et al. Failure to detect ward hypoxaemia and hypotension: contributions of insufficient assessment frequency and patient arousal during nursing assessments. *Br J Anaesth*. 2021;127(5):760–768. PMID: [34301400](#).
- Sun Z, Sessler DI, Dalton JE, et al. Postoperative hypoxemia is common and persistent: a prospective blinded observational study. *Anesth Analg*. 2015;121:709–715. PMID: [26287299](#).
- Khanna AK, O'Connell NS, Ahuja S, et al. Incidence, severity and detection of blood pressure and heart rate perturbations in postoperative ward patients after noncardiac surgery. *J Clin Anesth*. 2023;89:111159. PMID: [37295123](#).
- Sessler DI, Khanna AK. Perioperative myocardial injury and the contribution of hypotension. *Intensive Care Med*. 2018;44:811–822. PMID: [29868971](#).
- Liem VGB, Hoeks SE, Mol KHJM, et al. Postoperative hypotension after noncardiac surgery and the association with myocardial injury. *Anesthesiology*. 2020;133:510–522. PMID: [32487822](#).
- Khanna AK, Bergese SD, Jungquist CR, et al. Prediction of Opioid-induced respiratory Depression on Inpatient wards using continuous capnoGraphY and Oximetry: an international prospective, observational trial (PRODIGY). *Anesth Analg*. 2020;131:1012–1024. PMID: [32925318](#).
- Morrison LJ, Neumar RW, Zimmerman JL, et al. Strategies for improving survival after in-hospital cardiac arrest in the United States: 2013 consensus recommendations: a consensus statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013;127:1538–1563. PMID: [23479672](#).
- Lee LA, Caplan RA, Stephens LS, et al. Postoperative opioid-induced respiratory depression: a closed claims analysis. *Anesthesiology*. 2015;122:659–665. PMID: [25536092](#).
- Taenzler AH, Pyke JB, McGrath SP, Blike GT. Impact of pulse oximetry surveillance on rescue events and intensive care unit transfers: a before-and-after concurrence study. *Anesthesiology*. 2010;112:282–287. PMID: [20098128](#).
- Brown H, Terrence J, Vasquez P, et al. Continuous monitoring in an inpatient medical-surgical unit: a controlled clinical trial. *Am J Med*. 2014;127:226–232. PMID: [24342543](#).
- Eddahchouri Y, Peelen RV, Koenen M, et al. Effect of continuous wireless vital sign monitoring on unplanned ICU admissions and rapid response team calls: a before-and-after study. *Br J Anaesth*. 2022;128:857–863. PMID: [35282866](#).
- Weller RS, Foard KL, Harwood TN. Evaluation of a wireless, portable, wearable multi-parameter vital signs monitor in hospitalized neurological and neurosurgical patients. *J Clin Monit Comput*. 2018;32:945–951. PMID: [29214598](#).
- Rowland B, Motamedi V, Michard F, et al. Impact of continuous and wireless monitoring of vital signs on clinical outcomes: a propensity matched study in 34,636 surgical ward patients. *Br J Anaesth*. 2023. (accepted for publication)
- Turan A, Khanna AK, Brooker J, et al. Association between mobilization and composite postoperative complications following major elective surgery. *JAMA Surg*. 2023;158:825–830. PMID: [37256591](#).
- Khanna AK, Ahuja S, Weller RS, et al. Postoperative ward monitoring—why and what now? *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2019;33:229–245. PMID: [31582102](#).
- Greenwald S, Chamoun GF, Chamoun NG, et al. Risk stratification index 3.0, a broad set of models for predicting adverse events during and after hospital admission. *Anesthesiology*. 2022;137:673–686. PMID: [36129680](#).

여러분의 APSF를 지원하세요

기부 사용처:

- 기금 연구 보조금
- APSF 뉴스레터 지원
- 중요한 안전 계획 장려
- 임상의-제조업체 상호작용 촉진
- 웹사이트 지원

온라인(www.apsf.org/donate/) 또는
다음 주소로 우편으로 기부하세요.

APSF, P.O. Box 6668
Rochester, MN 55903 U.S.A.

안전한 말초 신경 차단을 위한 고려 사항

Christina Ratto, MD; Joseph Szokol, MD, JD, MBA; 및 Paul Lee, MD, MS

서론

말초 신경 차단(PNB)은 전신 마취에 대한 안전하고 효과적인 대안 또는 보조 방법입니다. 이 방법은 수술 중과 수술 후의 통증 조절을 개선할 수 있으며, 전신 오피오이드의 많은 부작용을 피할 수 있습니다. 말초 신경 차단(PNB)은 환자 만족도 향상, 자원 활용 감소, 그리고 마취 가스와 기타 약물 사용 감소로 환경에도 더 좋을 수 있습니다.

말초 신경 차단 사용은 시간이 지남에 따라 증가하고 있습니다. 국립 마취 임상 결과 레지스트리(National Anesthesia Clinical Outcomes Registry)를 이용한 한 연구에서는 2010년부터 2015년 사이에 12,911,056건의 외래 수술 데이터를 분석한 결과, 전반적인 말초 신경 차단 사용이 현저히 증가한 것을 발견했습니다.¹ 미국에서 말초 신경 차단 사용이 증가함에 따라, 우리는 이 절차와 관련된 안전 문제를 검토하고자 합니다. 특히, 신경 손상, 국소 마취제 전신 독성(LAST)의 인식과 치료, 잘못된 부위 차단을 피하기 위한 적절한 의료 전문가의 타임아웃 수행과 관련된 신경 차단 안전성을 검토할 것입니다.

환자 안전을 위한 초음파 유도 말초 신경 차단

초음파 유도 말초 신경 차단은 많은 마취 전문가들 사이에서 빠르게 선호되는 방법이 되었습니다. 말초 신경 자극법과 비교했을 때, 초음파 유도를 사용하면 차단 성공률이 크게 향상되고, 구제 진통제의 필요성이 감소하며, 차단 수행 중 통증이 줄어들고, 혈관 및 흉막 천자 비율이 낮아질 수 있습니다. 특정 차단(예: 척추 주위 차단 및 쇄골 상부 차단)에 대해 초음파 유도 지역 마취가 기흉 위험을 줄인다는 확실한 증거는 없지만, 흉막을 시각화하는 능력을 통해, 흉막 공간이 침범되지 않았다는 확신을 줄 수 있습니다.²

초음파를 사용하여 바늘과 목표 신경을 직접 시각화함으로써 신경 손상의 위험을 더욱 줄일 수 있다는 제안이 있습니다. 그러나 기존 문헌은 초음파 유도 차단이 말초 신경 자극과 같은 다른 기술과 비교하여 수술 후 신경학적 증상의 발생률을 줄인다는 주장을 일반적으로 지지하지 않습니다. 말초 신경 차단으로 인한 신경 손상의 주요 원인은 신경 섬유에 대한 기계적 손상 및/또는 국소 마취제를 신경 섬유 내에 주입하여 발생하는 수초 및 축삭의 변성일 가능성이 높습니다. 다행히 말초 신경 차단

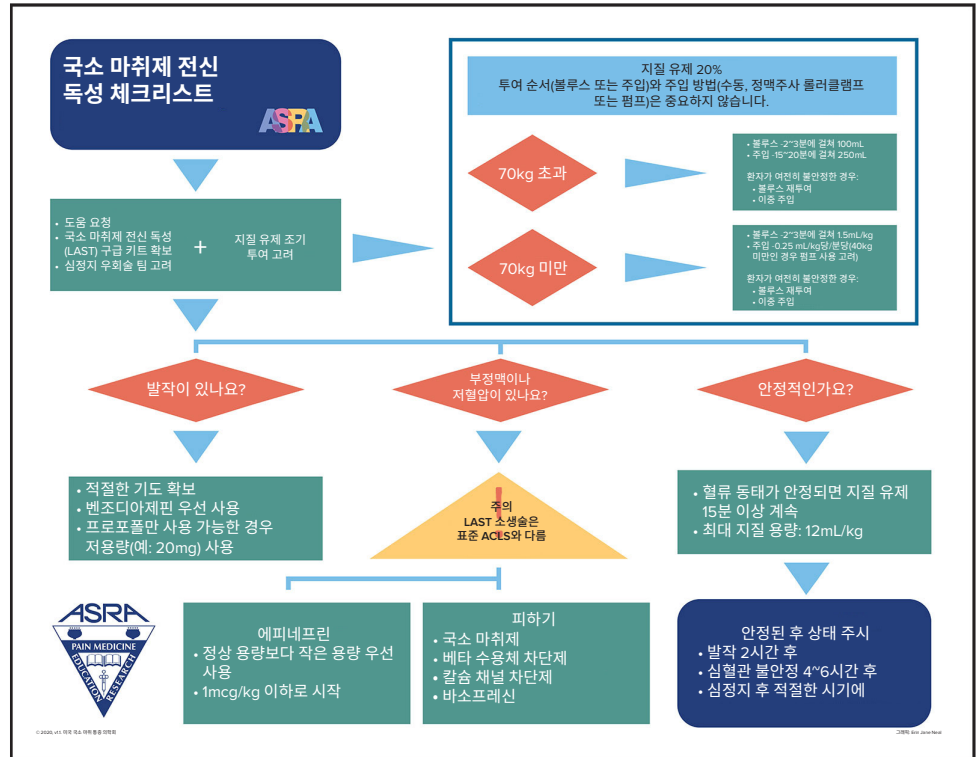


그림 1. 국소 마취제로 인한 전신 독성(LAST) 발생 시 체크리스트

이 그림은 American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine의 허가를 받아 사용되었습니다.

후 대부분의 신경학적 증상은 일시적입니다. 세 가지 주요 레지스트리에서 보고된 장기 신경 손상의 발생률은 10,000건의 말초 신경 차단 중 4건으로, 이는 말초 신경 자극 유도 차단과 관련된 과거의 발생률과 유사합니다.² 이러한 차이가 나타나지 않는 부분은 초음파 장비의 품질과 절차 수행자의 기술이 원인일 수 있습니다. 수술의 바늘 끝을 충분히 시각화하지 못하고 주변 아티팩트(artifact)를 잘못 해석할 수 있습니다. 바늘의 움직임 및/또는 수압 박리가 바늘과 신경의 접촉 또는 국소 마취제의 혈관 주입을 방지하지 못할 수 있습니다. 또 다른 레지스트리에서는 수술 후 5일 이상 지속되는 신경학적 증상의 발생률이 1,000건의 차단 중 1.8건이었으며, 6개월 이상 지속되는 신경학적 증상의 발생률은 1,000건의 차단 중 0.9건에 불과했습니다.³ 기존에 신경병증이 있는 환자는 수술 후 신경학적 기능 장애의 위험이 증가할 수 있다는 점은 주목할 가치가 있습니다. 신경 내 주입을 피하는 것이 환자 안전에 가장 중요합니다.⁴

반면에 초음파의 사용은 LAST(국소 마취제 전신 독성) 위험을 상당히 줄입니다. 최근 연구에서

는 초음파 사용이 LAST 발생률을 감소시키는 데 기여할 수 있다는 강력한 증거를 제공했습니다.⁵ 초음파 유도는 바늘이 혈관 손상을 피하고 국소 마취제의 혈관 내 주입을 실시간으로 안내할 수 있게 합니다. 초음파 사용은 LAST 발생률을 최소화하지만(10,000건 중 2.7건), 여전히 이 가능성에 주의를 기울여야 하며 의료 제공자는 이러한 발생에 대해 항상 경계해야 합니다.⁶

국소 마취제 전신 독성(LAST)

1998년에 Weinberg와 동료들은 건강한 마취된 쥐를 대상으로 한 연구에서 일반적으로 총 비경구 영양 용액에 사용되는 대두유 유제(emulsion)를 주입하면 부피바카인 과다 복용으로 인한 심정지를 예방(사전 치료)하거나 역전시킬 수 있다는 첫 사례 보고를 발표했습니다.⁷ 거의 20년 후, 어깨 수술을 위해 말초 신경 차단을 받던 환자가 심정지를 겪은 사례가 보고되었습니다. 이 환자는 약 20분 동안 표준 소생 노력에 반응하지 않았지만, 100mL의 지질 유제(lipid emulsion)를 볼루스로 투여받은 후 곧 정상적인 생체 신호를 회복했습니다.

‘말초 신경 차단’ 다음 페이지 보기

잘못된 차단은 여전히 발생하는 ‘Never Event’

‘말초 신경 차단’ 이전 페이지에 이어서

이 환자는 신경학적 결손이나 심혈관 후유증 없이 완전히 회복되었습니다.⁸

2010년, 미국 지역 마취 및 통증 의학회는 LAST 체크리스트를 발표했으며, 이 체크리스트는 2012년, 2017년, 그리고 가장 최근인 2020년에 개정되었습니다.⁹ (그림1) 2020년의 개정은 시뮬레이션과 사용자 피드백을 기반으로 하여 LAST 소생 노력과 ACLS(심폐소생술)-유도 소생 간의 차이점을 강조하지 않은 점이 문제로 지적되었습니다. 동물 연구에서는 ACLS에 사용되는 표준 약물 중 코드 용량 에피네프린과 바소프레신이 LAST의 결과를 악화시키는 것으로 나타났습니다.^{10,11} 시뮬레이션 대상자들이 LAST와 ACLS 체크리스트를 모두 사용하기로 선택했을 때, 그로 인해 혼란과 실수가 발생하여 치료가 지연되거나 잘못된 치료가 이루어지기도 했습니다. 이전 체크리스트 상단에 경고문이 있었지만, 이는 실수를 방지하지 못했습니다. 2020년의 재고안은 국소 마취제 전신 독성(LAST) 및 전문 심장 소생술(ACLS)의 차이점을 강조하기 위해 표준 삼각형 주의 표시를 통합하는 것이 목적이었습니다. 2020년 업데이트는 또한 70kg 이상의 환자에게 지질 유제(lipid emulsion) 투여 용량을 체중 기반 계산 대신 단일 100ml 볼루스 후 주입으로 간소화했습니다.⁹

진정 상태에서 말초 신경 차단 위험성

전신 마취 중인 환자에게 시행하는 흉부 경막외 마취의 위험성에 대한 사례 보고가 모든 사람들에게 알려진 지 수십 년이 지났습니다.¹² 해당 사례의 환자는 경막외 접근 4번을 시도한 후 척수 손상을 입었습니다. 그러나 전신 마취 중인 환자에게 부위 마취 적용의 안전성이나 위험에 대한 지침을 제공하는 성인 인구 집단 대상 문헌은 부족합니다. 소아 인구 집단의 경우 마취된 환자에게 부위 차단을 사용하는 것은 안전한 것으로 간주됩니다. 이는 18세 미만 어린이를 대상으로 50,000건 이상의 부위 마취 차단 레지스트리를 생성한 다기관 연구 컨소시엄인 소아 부위 마취 네트워크의 데이터에서 나온 것입니다.¹³ 반대로, 엄격한 과학적 근거를 기반으로 하지 않는 성인 환자의 경우 전신 마취를 유도하기 전에 환자에게 부위 마취를 시행하는 것

이 관행입니다. 진정제 투여는 차단술 사용의 안전성과 성공률을 향상시키고 차단술을 수행하는 마취 전문가의 기술 조건을 향상시켜 환자 만족도를 높일 수 있습니다.¹⁴ 전신 마취하의 성인에게 말초 신경 차단술(PNB)을 시행하는 것의 위험성과 이점을 결정하기 위해서는 추가 연구가 필요합니다.

잘못된 부위의 시술 방지

잘못된 부위의 시술은 아직도 일어나고 있는 ‘Never Events’입니다. 여전히 수술 10,000건당 7.5건의 비율로 발생하고 있습니다.¹⁵ ‘Never Events’라는 용어는 2001년 국가 품질 포럼(the National Quality Forum, NQF)의 전 CEO인 Ken Kizer, MD가 결코 일어나서는 안 되는 심각한 의료 오류와 관련하여 처음으로 도입했습니다.¹⁶ 시간이 지남에 따라 명확하고, 심각하며, 일반적으로 예방 가능한 부작용을 지정하기 위해 해당 용어의 사용이 확장되었습니다. 최초의 Never Event 목록은 2002년 만들어진 이후 수년에 걸쳐 여러 차례 개정되었으며, 현재 7개 범주로 분류된 29개의 ‘심각한 보고 대상 사건’으로 구성되어 있습니다.¹⁷

대부분의 잘못된 부위 시술에는 확실한 특징들이 있습니다(표 1). 신경 차단술을 시작하기 전에 기 관별 표준을 사용하여 환자와 간호사 모두 올바른 수술 위치를 시각적으로 확인해야 합니다. 여기에는 ‘예’라는 단어가 표시된 밴드를 수술 부위에 착용하는 것이나 수술을 수행하는 외과의나 의료 서비스 제공자가 명확하게 부위를 표시하는 행위가 포함됩니다. 진정제 투여나 마취 전에 환자를 확인 과정에 참여시키면 오류가 감소하고 환자가 시술 과정의 적극적인 참여자라고 느끼면서 의료 서비스 제공자에 대한 신뢰도를 높일 수 있어, 환자 만족도가 향상될 수 있습니다.¹⁴

표 1: 잘못된 부위 차단 원인이 되는 요소¹⁵

잘못된 부위 차단 특성
• 수술 전 부위를 확인하지 못함
• 외과의사가 부위를 적절하게 표시하지 못함
• 마취 타임아웃이 조급하거나, 부적절하거나, 부재함
• 주의 산만
• 환자 체위 변경
• 일정 변경

• 의사소통 부족

부위 마취 차단을 시행하는 임상 의는 마취나 중등도 진정을 시행하기 전에 환자와 수술 또는 침습적 시술에 대해 논의해야 합니다. 환자는 시행하는 시술명과 시술 부위가 올바른지 구두로 동의해야 하며, 논의 내용 및 환자의 구두 동의는 동의서에 기록되어야 합니다. 의사소통 장벽(예: 시각 및 청각 장애, 비영어권 환자, 환자의 정서적 상태)은 환자가 수술 전 논의에 완벽하게 참여할 수 있도록 모든 의료 서비스 제공자가 해결해야 합니다. 의사소통 장벽을 해결하기 위한 조치는 의료 기록에 문서화되어야 합니다.

동의서, 현재 병력, 진단 데이터를 포함한 모든 관련 문서는 시술 전 간호사/시술팀에서 확인해야 합니다. 불일치나 불확실성이 있는 경우, 간호사/시술팀은 시술 시작 전에 외과의에게 전화하여 확인을 받아야 합니다.

말초 신경 차단술을 시행하기 직전에 시술 전문가는 ‘범용 프로토콜’에 따라 수술 전 ‘타임아웃’을 수행해야 합니다(그림 2). ‘타임아웃’은 절개 또는 수술 시작 직전에 수행되어야 합니다. ‘타임아웃’ 절차는 수술이 수행될 장소에서 해야 하며, 수술을 수행하는 개인, 순환 간호사, 그리고 처음부터 수술에 참여할 다른 적극적인 참가자를 포함한 시술팀의 직속 구성원이 참여해야 합니다.

부위 마취를 수행하기 전에 최소한 다음 작업을 수행해야 합니다.

마취 전문가가 부위 마취 차단을 시작하려고 할 때는 위에서 설명한 것과 동일한 방법으로 차단술을 수행하는 사람이 해당 부위의 표시를 확인해야 합니다. 하지만 이는 우리 병원의 관행이었으며, 다른 기관에서는 다른 프로토콜을 사용하고 있을 수도 있습니다.

결론

요약하면, 부위 마취는 환자 만족도를 높이고 부작용과 오피오이드 사용을 줄일 수 있는 전신 마취의 안전한 대안입니다. 신경 차단술은 이미 상당히 안전하지만, 훌륭한 치료와 함께 최대한 안전을 보장하는 것이 중요합니다. 부위 마취의 활용이 계속 증가함에 따라 가능한 경우 초음파를 사용하고, 국소 마취제 전신 독성(LAST) 파악과 소생술에 대한 이해도를 높이며, 시술 전 체크리스트를 통한 잘못된 부위의 차단을 예방함으로써 최대한 안전하게 부위 마취 차단을 시행하는 것이 중요하겠습니다.

‘말초 신경 차단’ 다음 페이지 보기

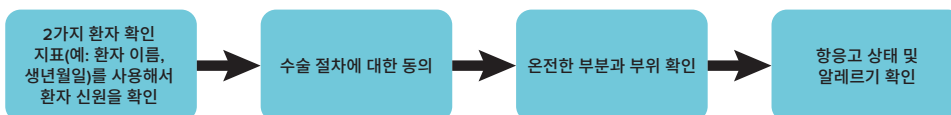


그림2. 말초 신경 차단을 수행하기 위한 타임아웃 절차

말초 신경 차단 (계속)

‘말초 신경 차단’ 이전 페이지에 이어서

Christina Ratto, MD, is a clinical assistant professor at the Keck School of Medicine, Los Angeles, CA.

Joseph Szokol, MD, JD, MBA, is a clinical professor at the Keck School of Medicine, Los Angeles, CA.

Paul Lee, MD, MS, is a clinical assistant professor at the Keck School of Medicine, Los Angeles, CA.

저자들은 이해관계 상충이 없습니다.

참고 문헌

- Gabriel RA, Ilfeld BM. Use of regional anesthesia for outpatient surgery within the United States: a prevalence study using a nationwide database. *Anesth Analg*. 2018;126:2078–84. PMID: 28922231.
- Neal JM, Brull R, Horn JL, et al. The Second American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine evidence-based medicine assessment of ultrasound-guided regional anesthesia: executive summary. *Reg Anesth Pain Med*. 2016;41:181–194. PMID: 26695878.
- Sites BD, MD, Taenzer AH, Herrick MD. Incidence of local anesthetic systemic toxicity and postoperative neurologic symptoms associated with 12,668 ultrasound-guided nerve blocks an analysis from a prospective clinical registry. *Reg Anesth Pain Med*. 2012;37:478–482. PMID: 22705953.
- Brull R, McCartney C, Chan V, El-Beheiry H. Neurological complications after regional anesthesia: contemporary estimates of risk. *Anesth Analg*. 2007;104:965–975. PMID: 17377115.
- Barrington MJ, Kluger R. Ultrasound guidance reduces the risk of local anesthetic systemic toxicity following peripheral nerve blockade. *Reg Anesth Pain Med*. 2013; 38:289–99. PMID: 23788067.
- El-Boghdady K, Pawa A, Chin KJ. Local anesthetic systemic toxicity: current perspectives. *Local Reg Anesth*. 2018;11:35–44. Published online 2018 Aug 8. PMID: 30122981.
- Weinberg GL, VadeBoncouer T, Ramaraju GA, et al. Pretreatment or resuscitation with a lipid infusion shifts the dose-response to bupivacaine-induced asystole in rats. *Anesthesiology*. 1998;88:1071–1075. PMID: 9579517.
- Rosenblatt MA, Abel M, Fischer GW, et al. Successful use of a 20% lipid emulsion to resuscitate a patient after a presumed bupivacaine-related cardiac arrest. *Anesthesiology*. 2006;105:217–218. PMID: 16810015.
- Neal JM, Neal EJ, Weinberg GL. American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine local anesthetic systemic toxicity checklist: 2020 version. *Reg Anesth Pain Med*. 2021;46:81–82. PMID: 33148630.
- Hiller DB, Di Gregorio G, Ripper R, et al. Epinephrine impairs lipid resuscitation from bupivacaine overdose. *Anesthesiology*. 2009;111:498–505. PMID: 19704251.
- Di Gregorio G, Schwartz D, Ripper R, et al. Lipid emulsion is superior to vasopressin in a rodent model of resuscitation from toxin-induced cardiac arrest. *Crit Care Med*. 2009;37: 993–999. PMID: 19237909.
- Bromage PR, Benumof JL. Paraplegia following intracord injection during attempted epidural anesthesia under general anesthesia. *Reg Anesth Pain Med*. 1998;23:104–107. PMID: 9552788.
- Taenzer AH, Walker BJ, Bosenberg AT, et al. Asleep versus awake: does it matter? Pediatric regional block complications by patient state: a report from the Pediatric Regional Anesthesia Network. *Reg Anesth Pain Med*. 2014;39: 279–283. PMID: 24918334.
- Kubulus C, Schmitt KC, Albert N, et al. Awake, sedated or anaesthetised for regional anaesthesia block placements? A retrospective registry analysis of acute complications and patient satisfaction in adults. *Eur J Anaesth*. 2016;33:715–724. PMID: 27355866.
- Barrington MJ, Uda Y, Pattullo SJ, Sites BD. Wrong-site regional anesthesia: review and recommendations for prevention? *Curr Opin Anesthesiol*. 2015;28:670–684. PMID: 26539787.
- Kizer KW, Stegun MB. Serious reportable adverse events in health care. In: Henriksen K, Battles JB, Marks ES, et al., eds. *Advances in patient safety: from research to implementation* (volume 4: programs, tools, and products). *Advances in Patient Safety*. Rockville, 2005:339–352.
- Agency for Healthcare Research and Quality. Patient Safety Network. Never events. <https://psnet.ahrq.gov/primer/never-events> Accessed December 13, 2023.



비전

마취 환자 안전 재단(APSF)의 비전은 마취 치료로 인해 피해를 받는 사람이 없도록 하는 것입니다.

미션

APSF의 미션은 다음을 통해 마취 치료 중 환자의 안전을 향상시키는 것입니다.

- 안전 이니셔티브를 파악하고 협력 조직과 함께 직접 구현을 위한 권장 사항 작성
- 전 세계적으로 마취 환자 안전을 위해 선도적으로 목소리를 냄
- 마취 환자 안전 문화, 지식, 학습 지원 및 발전

날짜를 기억하세요!

2024년 APSF Stoelting 컨퍼런스

마취 진료의 변화: 약물 오류 및 오피오이드 안전에 대한 심층 분석

컨퍼런스 기획 위원회:

의장 - Elizabeth Rebello, MD, FACHE, FASA, CPPS, CMQ
Ken Johnson, MD, Joshua Lea, DNP, MBA, CRNA, Angie Lindsey, Emily Methangkool, MD, MPH, Tricia Meyer, PharmD, Nat Sims, MD

2024년 9월 4일~5일

Markell Conference Center
Somerville, MA

하이브리드 컨퍼런스로 제공됩니다

등록 및 컨퍼런스 문의는

APSF 관리자인 Stacey Maxwell(maxwell@apsf.org)에게 문의하십시오.
호텔 예약 블록은 추후 오픈 예정입니다.

Stoelting 컨퍼런스 지원자가 되는 자세한 방법은 APSF 개발 이사인 Sara Moser에게 문의하십시오
(moser@apsf.org)



APSF.ORG

뉴 스 레 터

마취 환자 안전 재단 공식 저널

인용: Eichhorn J. APSF 2023 Pierce memorial lecture relates anesthesia monitoring and technology to improved clinical behaviors and outcomes. *APSF Newsletter*. 2024;39:14–17.

마취 모니터링 및 기술과 임상 행동 및 결과 개선의 연관성에 대한 APSF 2023 Pierce 기념 강의

John H. Eichhorn, MD

올해 APSF (Anesthesia Patient Safety Foundation)의 연례 Pierce 기념 강의를 ‘마취 환자 안전을 위한 행동과 기술 통합’이라는 제목으로 2023년 10월 14일 샌프란시스코에서 열린 ASA (American Society of Anesthesiologists) 회의에서 진행되었습니다.

Ellison C. “Jeep” Pierce Jr 박사는 APSF의 영감을 주는 창립 회장으로서, 처음으로 마취 환자의 안전에 대해 생각하게 된 것은 그가 주니어 교수로서 “마취 사고”에 관한 강의를 맡았을 때였습니다 (Fig. 1). 그 주제는 나중에 열정적으로 몰두하게 되었고, 이는 부분적으로 친구의 딸이 치과 수술 중 마취로 인한 인식되지 못한 우발적인 식도 삽관으로 비극적으로 사망한 사건에 의해 촉발되었습니다. 뉴잉글랜드 디코니스 병원/하버드의 마취과 과장으로서, 그는 전국에서 발생한 사고 사례 보고서를 수집했으며, 식도 삽관으로 인한 상당한 수의 사망자에 대해 자주 한탄했습니다.

1982년 텔레비전 방송/다큐멘터리 ‘깊은 잠: 죽거나 뇌 손상을 입는 6,000명의 사람들’이라는 제목의 마취 사고를 다룬 내용이 큰 세간의 주목을 끌었습니다.¹ 이는 E.C. Pierce의 미국 마취과학회 (ASA) 회장 취임이 임박한 시기와 맞물려, 그에게 ASA 내에서 환자 안전에 대한 관심과 프로젝트를 시작할 기회를 주었습니다. 영국에서 마취 사고에 대한 인식이 높아지면서, Pierce 박사는 매사추세츠 종합병원/하버드 소속의 Jeff Cooper 박사와 Richard Kitz 박사와 함께 1984년 보스턴에서 “예방 가능한 마취 사망 및 이환율에 관한 국제 회의”를 개최했습니다. 이 회의 직후 APSF가 구상되었으며, 이는 의사, CRNA (Certified Registered Nurse Anesthetists), 관련 기업 및 규제 기관들을 포함시키는 것을 목표로 했고, 정부와 대규모 조직의 관료적 제약으로부터는 완전히 독립적이었습니다. 신문 기자 및 편집자로서의 저의 이전 경험을 바탕으로, Pierce 박사는 저에게 *APSF 뉴스레터*를 만들고 편집해 달라고 요청했습니다. APSF 뉴스레터는 당시에도 그랬고 현재도 세계에서 가장 많은 발행 부수를 자랑하는 마취 관련 출판물입니다. 2010년 특별 호는 APSF의 첫 25년 역사를 자세히 담고 있습니다.²

우연히도 동시에, 하버드 소속 병원과 모든 교수진에게 의료 과실 보증을 제공하는 자회사에서 하버드 병원의 9개 마취과 과장들에게 마취 관련 청구가 과도하다는 우려를 제기했습니다. 마취과 의사는 전체 교수진의 3%에 불과했지만, 보험사 지급액

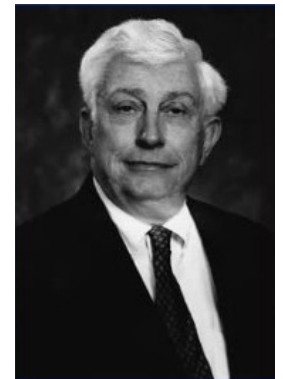
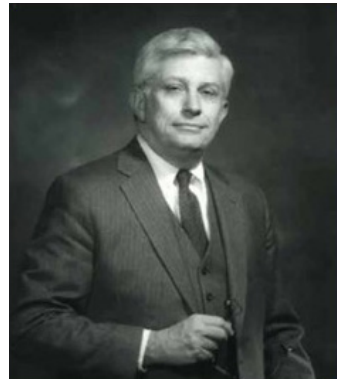


Figure 1. Ellison C. (Jeep) Pierce, Jr., MD (1929~2011). 뉴잉글랜드(New England) 디코니스(Deaconess) 병원 회장, ASA 회장, 마취 환자 안전 재단 창립 회장.

의 12%를 차지하고 있었습니다.³ 이 문제를 조사하고 해결하기 위해 하버드 위험 관리 위원회(Harvard Risk Management Committee)가 설립되었습니다. 저는 작년에 앨라배마의 욕군 병원에서 일어난 끔찍한 산소 파이프라인 사고에 대한 조사와 해결을 지휘했던 일 때문에 해당 위원회의 의장으로 임명되었습니다. 위원회는 1976년 보험회사가 설립된 이래 1984년까지의 모든 하버드 마취 의료 과실 청구를 매우 자세히 조사했고, 대부분의 심각한 사고가 환자 환기(ventilation) 문제를 인지하지 못한 데서 비롯되었다는 것을 깨달았습니다. 하버드 수술 중 모니터링 표준은 지침이나 권고 사항이 아닌 필수적인 관리 기준으로 제정되었으며,⁴ 이를 무시하는 것의 법적 의료적 함의가 명확하도록 했습니다. 설득을 거쳐, 이러한 표준은 1985년 7월 1일에 하버드에서 채택되었습니다. 하버드 시스템에서 그 시대의 안전 모니터링으로 예방될 수 있었던 마지막 대형 사고는 다음 달에 발생했습니다. 중요한 점은, 이러한 ‘안전 모니터링’의 핵심 원칙으로 환기와 순환에 대한 지속적인 모니터링이 요구되는 반면, 호기말 이산화탄소 분압과 맥박 산소 포화도는 가능한 방법으로만 언급되었다는 것입니다. 이러한 기술들은 전반적으로 그들의 엄청난 가치를 인식하면서 인간 감각을 확장하는 데 큰 역할을 한 것으로 인정받은 후에야 필수적인 표준이 되었습니다. 따라서 우발적인 상황(예: 식도 삽관)의 조기 경보를 제공하고 보다 적시에 진단을 내리고 교정 치료를 실시할 수 있게 해 주었습니다. 수술 중 치명적인 마취 사고를 사실상 없앨 수 있는 안전 모니터링의 효과를 명백하게 입증하는 것은 무작위 전향적 대조 연구에서 볼 수 있는 고전적인 통계적으로 유의한 p 값이 0.05 미만인 것과는 어울리지 않습니다. 그러나 하버드 마취과 의사들의 의료 과실

보험료율이 1986년부터 1991년까지 66% 감소한 것으로 나타났습니다. 요율의 큰 감소는 마취 사고의 수와 심각성이 상당히 감소했기 때문에 가능했습니다. 더 나아가, 처음에 모니터링 표준을 유발한 치명적 사고들에 대한 후향적 분석은 안전 모니터링의 원칙을 적용했을 경우 해당 환자 손상 사건을 예방할 수 있었음을 보여 주었습니다.⁵

표준 확산

하버드 모니터링 표준은 확장된 미국 마취과 학회(ASA) 기본 수술 중 모니터링 표준⁶(기본적으로 오늘날 종이든 전자든 모든 마취 기록에는 ‘ASA 모니터 적용’ 확인란이 있음)에 영감을 주었고, 이는 세계 마취 국제 표준 협회(World Federated Societies of Anesthesia International Standards)의 독립적인 그룹에 의해 만들어져 1992년에 처음 채택되었으며, 그 이후 수년에 걸쳐 업데이트를 여러 차례 거쳤습니다.⁷ 여러 해 동안의 모든 표준을 주의 깊게 살펴보면 모니터링 장치와 기술이 중요하더라도, 생성된 신호를 해석하고 반응하는 마취 전문가의 행동이 마취 환자 안전을 유지하는 최종 공통 경로를 알 수 있습니다.

현재의 수술 중 모니터링 실무(practice)는 미국 마취과학회 표준과 신경 차단에 대한 모니터링 및 길항에 대한 2023 미국 마취과 학회 매개 모수(2023 ASA Practice Parameter)⁸에 의해 규정됩니다. 이는 수술 중 척골신경(ulnar nerve)의 사면속 자극(train-of-four)의 정량적 모니터링을 강력히 권장하여 정성적 모니터링보다 우위를 주장합니다. 뇌 모니터링은 ASA “실무 자문”에 포함되어 있지만, APSF는 다른 것들 중 하나로서 가공된 EEG를 사용하여 의식 방지를 위한 개정된 권고 사항을

‘Pierce 강의’ 다음 페이지 보기

안전 기술의 차세대 개척 시작

‘Pierce 강의’ 이전 페이지에 이어서

발표했습니다.⁹ 모든 삽관에 비디오 후두경을 사용하는 것은 아직 다루지 않은 문제입니다. 그러나 상당한 출판된 연구가 이를 지지하고 있으며, 이는 향후 권장 사항이 되거나 혹은 사실상의 의료 표준이 될 수 있습니다.

주의 분산(DISTRACTION DANGER)

환자 안전에 대한 위험한 오해가 마취 전문가들 사이에 존재할 수 있습니다. 왜냐하면 1970년대에 비해 이제는 모니터링 부족으로 인한 수술 중 치명적인 환자 손상이 훨씬 적기 때문입니다. 이 놀랄만한 성공은 우리가 본질적으로 위험한 것을 다루고 있기 때문에, 게으름과 경계를 늦추는 경향이 발생할 수 있으며, 이는 결국 ASA의 모토와도 관련 있습니다. 주의가 산만해지는 일은 언제나 존재해 왔지만, 오늘날의 문제는 수술실에 컴퓨터, 태블릿, 휴대폰이 있으며, 마취 전문가가 소셜 미디어를 이용하거나 인터넷 서핑, 쿠팡이나 네이버에서 쇼핑을 하거나, 게임을 하거나 문자를 보내거나 심지어 전화로 대화하는 것입니다. 이에 관한 논쟁은 있을 수 있고 의견은 다를 수 있지만, 수술 중 마취 인력이 자발적으로 산만해질 때 환자 손상 사건이 발생

하면, 해당 시간에 수술실에 있는 다른 사람들의 증언에 의하면 법적 책임이 심각할 수 있습니다.¹⁰ 한 가지 관련된 아이디어는 수술실의 모든 활동을 연속적인 고해상도 다각도 오디오-비디오 녹화를 하는 것이 어떤 역할을 할 수 있는지에 대한 것입니다. 고도의 정확한 기술이 존재하긴 하지만,¹¹ 비용과 법적 영향이 이 최첨단 기술과 인간 행동의 새로운 통합에 영향을 미칠 가능성이 높습니다.

추가적인 기술 발전

고급 기술 응용 프로그램은 펜실베이니아 대학의 직접적인 침상 중환자실 관리와 통합되어 있습니다. 여기에는 한 군데의 중환자실에서 450개 이상의 중환자실 침대를 커버하는 원격 모니터링 시스템이 있으며, 이는 전자 의무 기록과 통합되어 있으며 조기 경고 알람을 제공할 수 있습니다.¹² 흥미로운 추측 결과는 언젠가 그러한 시스템이 마취 치료에도 적용될 수 있는지 여부입니다.

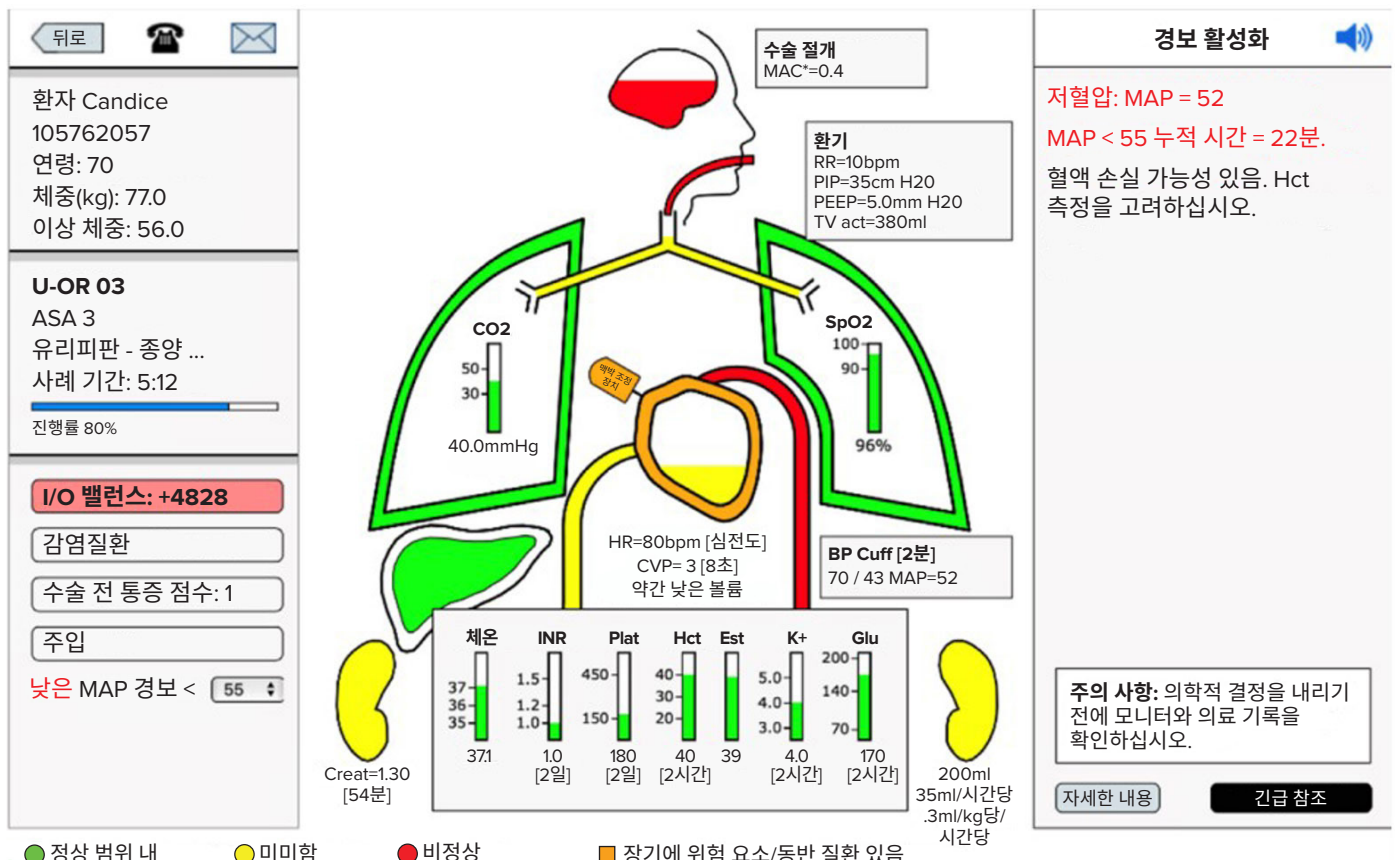
‘스마트’ 경보는 수술실 마취 중 기술과 임상의의 행동을 통합하는 논리적인 단계입니다. 안전 모니터링은 여러 번의 동시 측정에서 비정상적이거나 불길한 신호의 가능한 조기 경고를 제공하여, 위험/손상을 예방하기 위한 적절한 대응에 대한 시간

을 극대화하기 위하여 의도되었습니다. 1988년 스마트 경보의 최초 아이디어는¹³ 모든 모니터링 신호와 경보를 하나의 디스플레이에 통합하는 것이었습니다. 그 이후로 많은 발전, 연구, 개발, 테스트가 이루어졌으며 그중 가장 극적인 것은 미시간 대학의 연구자에 의해 개발되었습니다. 다중 반복 기능을 갖춘 ‘Alert Watch® OR’ 시스템은 현대 항공에서 조종사들이 사용하는 다기능 1차 비행 디스플레이에서 영감을 얻은 그래픽 인간-기계 인터페이스와 함께 반응형 의사결정 지원 시스템을 제공합니다. 마취 전문가에게 이상 징후를 알려줄 뿐만 아니라 원인과 확인 검사를 제안할 수 있습니다(Fig. 2). 규모가 큰 한 보고서는 현재까지 해당 시스템이 프로세스 측정치를 개선했지만 수술 후 임상 결과는 개선되지 않았다고 결론 내렸습니다.¹⁴

더 스마트한 경보와 AI

‘더 스마트한(smarter)’ 경보는 마취 관리에 인공지능을 적용하는 가교 역할을 합니다. 기계 학습 및 예측 분석을 도입하여 기술-행동 인터페이스를 향상합니다. 여러 연구에서 동맥 파형을 자동으로 분석하고 마취 중 저혈압을 5~15분 전에 예측하는 프

‘Pierce 강의’ 다음 페이지 보기



자세한 내용을 보려면 다양한 기관계, 버튼, 막대 차트를 클릭하십시오. 모든 기능을 사용할 수 있는 건 아닙니다.

Figure 2. “Alert-Watch OR”의 프로토타입 샘플 모니터/알림/의사 결정 지원 화면¹⁸

더 스마트한 경보로 기술-행동 인터페이스 향상

‘Pierce 강의’ 이전 페이지에 이어서

로그인을 시연했습니다. 물론 경고의 가치를 결정하는 것은 임상역사의 반응입니다. 인공지능에 한 발 더 가까워진 것은 수술 전 환자의 모든 특성과 변수를 고려하여 전신 마취 유도 후 저혈압을 예측하는 시스템입니다. 후향적 분석에 따르면, 연구자들은 이 시스템을 “적당한 성능”이라고 여겼으며, 정확도는 72%였습니다.¹⁵

진정한 AI(그리고 어쩌면 AI가 주도하는 미래의 로봇)는 아직 등장하지 않았지만 인기 있는 주제입니다.¹⁶ 잠재력은 무한해 보입니다. 미시간 대학에서 개발된 시스템은 환자의 모든 요소를 고려하여 부정적 결과의 위험을 예측하고, 각각의 잠재적 “부담”을 고려하여 각각을 완화하는 잠재적 조치를 고려한 후, 어떤 조치가 전반적으로 가장 적은 부담을 유발하는지 계산하여 판단과 권장사항을 내립니다.¹⁵ 최근 한 논문¹⁷에서는 수술 전후의 의학 전반에 대한 인공지능 확대에 대한 예측이 제공되었으며, 흥미로운 그림으로 설명되었습니다(Fig. 3).

지금까지는 기술이 인간 행동을 대체할 수 없었습니다. 수술 중 패턴은 항상 동일하며, 예상치 못한 전개에 대한 최대한 빠른 경고는 교정 진단 및 대응에 최대한 많은 시간을 확보하게 해줍니다. AI의 구현은 본질적으로 1980년대 후반의 “안전 모니터링” 전략의 채택과 유사한 것이며, 수술 중 마취 사고를 거의 제거한다는 결과를 끌어냈습니다. 원래의 안전 모니터링 표준의 시행과 비교했을 때, AI로부터의 실무 개선은 명백하거나 극적일 것이라고 보기 어렵겠지만, 향후 의료 표준이 될 수 있습니다. 이는 훌륭한 일이지만, 이 강의를 통해 영

감을 주는 APSF 창립회장인 Jeep Pierce가 상기시켜 주었듯, 우리는 항상 인간이고 항상 실수가 있을 수 있기에(미국 마취과 학회의 모토) 항상 ‘조심해야 합니다’.

2023년 APSF Pierce 기념 강의를 강사인 John H. Eichhorn, MD는 APSF 뉴스레터의 창립 편집자이자 발행인이었습니다. 그는 캘리포니아주 산호세에 거주하며 은퇴한 마취과 교수로서 계속해서 APSF 편집 위원회에서 활동하고 있습니다.

저자는 이해관계 상충이 없습니다.

참고 문헌

- Janice Tomlin (producer): The Deep Sleep: 6,000 will die or suffer brain damage, WLS-TV Chicago, 20/20. April 22, 1982
- Eichhorn JH. The APSF at 25: pioneering success in safety, but challenges remain. *APSF Newsletter* 2010;25:21-24,35–39. PMID: [22253277](#). Accessed December 14, 2023.
- Eichhorn JH. The history of anesthesia patient safety. In: Ball C, Bacon D, Featherstone P (eds.) Broad horizons—the history of anesthesia beyond the operating room. *International Anesthesiology Clinics*. 2018;56:56-93.
- Eichhorn JH, Cooper JB, Cullen DJ, et al. Standards for patient monitoring during anesthesia at Harvard Medical School. *JAMA*. 1986;256:1017–1020. PMID: [3735628](#).
- Eichhorn JH. Prevention of intraoperative anesthesia accidents and related severe injury through safety monitoring. *Anesthesiol*. 1989;70:572–577. PMID: [2929993](#).
- American Society of Anesthesiologists. Standards for Basic Anesthetic Monitoring. (last amended October 20, 2010) (original approval: October 21, 1986) (<https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/standards-for-basic-anesthetic-monitoring>).
- Merry AF, Cooper JB, Soyannwo O, et al. International standards for a safe practice of anesthesia. *Can J Anesth*. 2010;57:1027–1034. PMID: [20857254](#).
- ASA Task Force on Neuromuscular Blockade. 2023 American Society of Anesthesiologists practice guidelines for monitoring and antagonism of neuromuscular blockade. *Anesthesiol* 2023;138:13–41. PMID: [36520073](#).
- Committee on Technology. APSF-endorsed statement on revising recommendations for patient monitoring during anesthesia. *APSF Newsletter*. 2022;37:7–8. (<https://www.apsf.org/article/apsf-endorsed-statement-on-revising-recommendations-for-patient-monitoring-during-anesthesia/#:~:text=Quantitative%20neuromuscular%20blockade%20monitoring%20has,neuromuscular%20blocking%20agent%20is%20used.>) Accessed November 30, 2023.
- Thomas BJ. Distractions in the operating room: an anesthesia professional's liability? *APSF Newsletter*. 2017;31:59–61. (<https://www.apsf.org/article/distractions-in-the-operating-room-an-anesthesia-professionals-liability/>) Accessed November 30, 2023.
- Michaelsen, K. Cameras in the OR: reimaging patient safety. *ASA Monitor*. 2023;37:38. doi: [10.1097/01.ASM.0000949632.42292.92](#)
- Scott, M. “The Tele-ICU – Now and in the Future.” APSF Stoelting Conference, Las Vegas, NV; September 7, 2023. (www.apsf.org)
- Watt RC, Miller KE, Navabi MJ, et al. An approach to “smart alarms” in anesthesia monitoring. *Anesthesiol*. 1988;89:A241. doi: [10.1097/0000542-198809010-00240](#)
- Kheterpal S, Shanks A, Tremper K. Impact of a novel multi-parameter decision support system on intraoperative processes of care and postoperative outcomes. *Anesthesiol*. 2018;128:272–282. PMID: [29337743](#).
- Mathis M. “Machine learning & predictive analytics.” APSF Stoelting Conference, Las Vegas, NV; September 6, 2023. (<https://www.apsf.org/event/apsf-stoelting-conference-2023/>). Accessed December 8, 2023.
- Kennedy S. “Exploring the Role of AI in Anesthesiology.” Health IT Analytics, July 20, 2023. (<https://healthitanalytics.com/features/exploring-the-role-of-artificial-intelligence-in-anesthesiology>)
- Maheshwari K, et al. Artificial intelligence for perioperative medicine: perioperative intelligence. *Anesth Analg*. 2023;136:637–45. PMID: [35203086](#).
- Tremper KK, Mace JJ, Gombert JM, et al. Design of a novel multifunction decision support display for anesthesia care: AlertWatch® OR. *BMC Anesthesiol*. 2018;18:16. PMID: [29402220](#).
- Nathan N. Perioperative artificial intelligence: infographic. *Anesth Analg*. 2023;136:636. PMID: [36928148](#).

‘Pierce 강의’ 다음 페이지 보기



#APSFCrowd에 참여하세요!

다음 사이트에서 지금 기부 <https://apsf.org/FUND>



마취 환자 안전 재단은 많은 사람들로부터 소액의 자금을 모으는 것, 즉 최초의 크라우드 펀딩 이니셔티브를 시작했습니다.
단 \$15만으로도 우리의 목표를 달성할 수 있습니다.

‘마취 치료로 인해 누구도 피해를 입지 않아야 한다’는 비전을 지지해 주세요.

1980년대 안전 모니터링과 유사한 인공지능의 구현

‘Pierce 강의’ 이전 페이지에 이어서

수술 후 인공지능

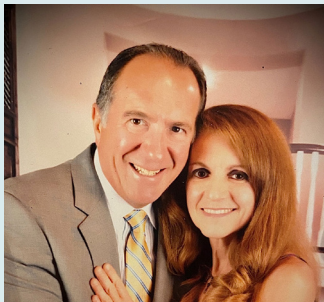
마취 전문가는 인공지능을 어떻게 사용하여 수술 후 결과를 개선할 수 있습니까?

수술 후 사망은 심장 질환, 암 다음으로 주요 사망 원인입니다. 인공지능은 대량의 복잡한 데이터를 분석하여 임상 관리를 알릴 수 있는 잠재력을 가지고 있습니다. Maheshwari et al의 리뷰에서는 AI가 수술 전후 의학에서 어떻게 유용성을 입증했는지 설명합니다!



Figure 3 Perioperative Artificial Intelligence Application Models¹⁹ Anesthesia & Analgesia에서 사용 및 수정을 위한 허가를 받았습니다. Nathan N. 수술 후 인공지능: 인포그래픽. Anesth Analg. 2023; 136: 636.

사회적 유산 협회(Legacy Society) 회원 **스포츠라이트**



Drs. Michael과 Georgia Olympio

제 첫 번째 ‘기계적’ 실패는 경동맥 교차 클램핑 후 허혈이 발생한 환자에게 전신 마취를 유도해야 했을 때 드라마틱하게 발생했습니다. 제 학생은 현재 삼관된 환자에게 환기를 할 수 없었습니다. 갑자기 놀라서 조치를 취하지 않았다면(적극적으로 환기를 시도하던 중 백과 코르크가 백암(bag-arm)에서 떨어져 나갔습니다) 우리 환자는 심각한 부상을 입었을 수도 있습니다!

단 하나의 극적인 사건이 환자 안전에 대한 평생 헌신의 계기가 될 수 있습니다. 저에게 그 헌신은 기술과 관련된 것이며, 환자 안전을 개선하기 위해 마취 기술의 이해, 적용, 교육, 문제 해결에 대한 열정을 키우는 데 APSF보다 더 좋은 조직은 없었습니다. 기술 위원회 위원장으로 재직하면서, 제 팀은 *뉴스레터*에서 꾸준한 인기가 있는 *Dear SIRS*(현재 *신속한 답변*) 칼럼을 통해 기술 안전 문제에 대한 정당한 비평을 장려함으로써 환자의 이익을 위해 임상 의와 업계 엔지니어를 하나로 모으기 위해 힘썼습니다.

아내인 Dr. Georgia K. Olympio의 변함없는 지원과 사랑이 없었더라면 저는 APSF와 웨이크 포레스트 의과대학에서의 교육자 역할에 헌신할 수 없었을 것입니다. 최고의 마취 안전 전문가와 함께 일하고 협력하는 기쁨 및 동료애를 나누었습니다. 이제 은퇴 초기지만 우리는 아직도 APSF의 비전에 대한 사회적 유산 지원을 약속해야 한다고 생각합니다. 비전이란, ‘마취 치료로 인해 누구도 피해를 입지 않아야 한다’는 것을 뜻합니다. 이 멋진 재단을 지원하는 데 함께해주세요!



Steve Sanford

전국 마취 진료의 대표 보험사인 Preferred Physicians Medical (PPM)의 전 CEO로서 마취 환자 안전 재단과의 협력으로 마취 전속 보험사로서 성공의 초석을 마련했습니다. 20년 넘는 기업 공헌자로서, APSF에 대한 재정적 지원은 환자 안전의 중요성에 대한 PPM의 공유 비전을 보여주는 하나의 척도일 뿐입니다. 또한 저는 APSF 집행 위원회와 APSF 이사회에서 11년 동안 활동했습니다. 그 자격으로 APSF의 중요 작업을 직접 보았고, 마취 환자 안전 운동의 많은 ‘거물’들과 함께 일하는 특권을 누렸습니다. 마취 손실 데이터에 대한 PPM의 접근을 통해 새로운 손실 추세를 파악하고 *APSF 뉴스레터*에 시기적절한 기사를 기고할 수 있었으며, APSF와의 파트너십을 통해 여러 방식으로 환자 안전에 유의미한 영향을 미칠 수 있었습니다. 예를 들어, 척추 수술 후 시력 손실에 대한 우리의 협력은 새로운 손실 추세에 대응하여 환자 안전 지침을 신속하게 제공하고 APSF와 함께 마취 환경을 변화시킬 수 있는 능력을 보여주었습니다. 환자 안전에 대한 이러한 적극적인 접근 방식은 마취 환자 안전 운동에서 이해관계자들이 환영받기 때문에 가능했습니다.

저는 APSF에 개인적으로 참여함으로써 위험 관리에 대한 전통적인 보험 업계의 관점을 재구성하고 회원 피보험자와 대규모 마취 커뮤니티 모두에게 유의미한 환자 안전 지침을 제공하기 위한 노력을 재구성할 수 있었습니다. 무엇보다도 이러한 변화는 PPM을 조직으로 변화시키는 데 도움이 되었으며 결과적으로 보험 시장에서의 성공에 극적인 영향을 미쳤습니다. 이러한 이유로, 저는 APSF 사회적 유산 협회를 통해 APSF의 미션을 이어가는 데 개인적으로 도움을 더할 수 있다는 점을 기쁘게 생각합니다.

마취학의 미래를 지키는 신념입니다.

2019년에 설립된 **APSF 사회적 유산 협회**는 재산, 유언장 또는 신탁을 통해 재단에 기부한 사람들을 기리며, 이를 통해 우리가 열정을 갖고 있는 직업군을 대신하여 환자 안전 연구 및 교육이 계속되도록 보장합니다.

APSF는 유산이나 유산 기부를 통해 APSF를 아낌없이 지원해 준 창립 회원분들에게 인정과 감사 인사를 드립니다.

계획된 기부에 대한 자세한 내용은 APSF 개발 이사인 Sara Moser (moser@apsf.org)에게 문의하십시오.

함께하세요! <https://www.apsf.org/donate/legacy-society/>



기부금은 중요한 프로그램에
자금을 제공합니다

스캔하여 기부하세요



<https://www.apsf.org/donate/>

전 세계에 도달한 **APSF** 뉴스레터

현재 중국어, 프랑스어, 일본어, 포르투갈어, 스페인어, 러시아어, 아랍어로 번역되어
234국 이상에서 읽히고 있음



apsf.org
700,000명의
연간 순 방문자

독자들:
마취과 의사, 공인 등록
마취 전문의, 외과의사,
치과의사, 의료 전문가,
위험 관리자, 업계 리더 등



현재까지 진행된
APSF 합의
컨퍼런스 수
(등록비 없음)

22

\$135만
이상의
연구 보조금 수여