

전기경련치료의 마취를 위한 실제적 문제들

동국대학교 일산병원 정신건강의학과,¹ 동국대학교 일산병원 전기경련치료센터,²
동국대학교 의과대학 임상정신약물학연구소,³ 동국대학교 일산병원 마취통증의학과⁴

윤 탁^{1,2,3} · 김용식^{1,2,3} · 이남영^{1,2,3} · 김세현^{1,2,3} · 최준권^{2,4} · 이정혁⁴ · 정인원^{1,2,3}

Practical Considerations in Anesthesia for Electroconvulsive Therapy

Tak Youn, MD,^{1,2,3} Yong Sik Kim, MD,^{1,2,3} Nam Young Lee, MD,^{1,2,3} Se Hyun Kim, MD,^{1,2,3}
Jun Gwon Choi, MD,^{2,4} Jeoung Hyuk Lee, MD,⁴ In Won Chung, MD^{1,2,3}

¹Department of Psychiatry, Dongguk University International Hospital, Goyang, Korea

²Electroconvulsive Therapy Center, Dongguk University International Hospital, Goyang, Korea

³Institute of Clinical Psychopharmacology, Dongguk University College of Medicine, Goyang, Korea

⁴Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Dongguk University International Hospital, Goyang, Korea

Electroconvulsive therapy (ECT) has been recognized effective as primary or secondary treatments for major psychiatric disorders including depression and schizophrenia, as well as psychiatric emergency such as suicide, food refusal and catatonia, and so on. Medicines used in anesthetic induction for ECT, cause various reactions in autonomous, hemodynamic, and neuromuscular systems. The anesthetics also affect the duration, threshold, and intensity of seizures evoked with electric stimuli, and thus modify the seizure quality in ECT. Individual characteristics of age, sex, weight, comorbid physical disorders, and medications should also be considered for optimal clinical response after ECT. When preparing for anesthesia, adequate anesthetic agents and muscle relaxants, and rapid recovery should be carefully considered. We conducted a case-series study to address practical issues that are frequently encountered during ECT anesthesia with reviews of updated journals in order to provide practical helps to clinicians who are preparing ECT for their patients.

Key Words Electroconvulsive therapy · Anesthesia · Optimization · Major psychiatric disorders.

Received: June 7, 2017 / Revised: July 10, 2017 / Accepted: July 17, 2017

Address for correspondence: In Won Chung, MD

Department of Psychiatry, Dongguk University International Hospital, 27 Dongguk-ro, Ilsandong-gu, Goyang 10326, Korea

Tel: +82-31-961-7230, Fax: +82-31-961-7236, E-mail: ciw@dumc.or.kr

서 론

오늘날 전기경련치료(electroconvulsive therapy, 이하 ECT)는 우울장애 및 조현병 등 주요 정신장애와 정신의학적 응급상태, 신경학적 질환 등의 다양한 신경정신의학적 증상에 일차 또는 이차 치료법으로써 사용되고 있으며, 그 치료효과가 확인되고 있다.¹⁻³ 임상적 효과의 정확한 기전을 규명하기 어려운 기술적 제한점으로 인하여, 전기경련치료의 치료 기전이 아직까지 명확히 규명되지는 않았지만,⁴ 현재까지 전기경련치료의 최적화(optimization)를 위한 새로운 시술 방법들이 지속적으로 개발되었고, 지속적으로 발표되고 있는 전기경련치료 임상 연구 결과들은 전기경련치료가 정신질환의

효과적인 치료법이라는 것을 뒷받침해주고, 임상에서 유용하게 사용할 수 있는 치료법으로 재조명 받게 해주고 있다.⁵⁻⁷

1938년 세레띠(Ugo Cerletti)와 비니(Lucio Bini)에 의하여 전기경련치료가 정신과 임상에 처음 도입된 이후, 가장 두드러진 기술적 발전의 하나는 1951년 스웨덴의 Holmberg와 Thesleff⁸에 의해 처음으로 시도된 마취하 전기경련치료라고 할 수 있다. 마취하 전기경련치료는 그동안 비인간적으로 비춰졌던 비마취하 즉, 고전적 전기경련치료(classical ECT)에 대한 부정적인 인식을 줄일 수 있었으며, 그 결과 환자에게 마취유도제와 근이완제를 사용하면서 시술하는 수정된 전기경련치료(modified ECT)(이하 '전기경련치료로 사용')가 현재 세계적인 표준이 되어 있다.⁹ 성공적인 전기경련치료를 위해

서는 마취에 영향을 미치는 요인들과 마취가 경련 및 환자에 미치는 영향들에 대한 임상적 고려가 필요하다.⁹⁾ 최근에는 전기경련치료의 효과가 재조명을 받고 있으며, 치료 대상의 영역과 연령 또한 확대되고 있다. 아울러, 과체중을 가지고 있거나 임신과 같은 특수한 상황에 놓인 환자들이 늘어나고 있으며, 당뇨병이나 심질환 등의 동반질환 혹은 파킨슨병과 같은 신경정신의학적 질환을 가지고 있는 환자들에 대한 시술이 증가함에 따라, 각각의 환자들에 대한 개인적 특성에 맞춘 전문화된 마취가 필요하게 되었다.¹⁰⁾¹¹⁾ 그러나, 현재까지의 관련 문헌들은 비교적 표준적인 방법임에도 서로 다른 견해가 제시되기도 하는 등 표준화되지 못한 것들이 있는데, 이는 전기경련치료 시술은 '가능한 간결한 시술'과 '엄격한 준비와 조절에 의한 시술'의 두 조건을 동시에 만족시켜야 하기 때문이다.⁹⁾ 또한, 문제를 복잡하게 하는 것은 전기경련치료의 임상 연구 특성상 이중맹검과 같은 연구방법으로 접근하기 어렵고, 때문에 증례나 단편적인 임상 결과에 대한 보고가 대규모의 임상 연구로 검증되지 않은 상태로 남아 있는 것들이 많아 임상가들의 판단에 어려움을 주고 있다는 점이다.⁵⁾

현재 가장 널리 사용되는 표준적인 전기경련치료(ECT) 시술 시에는 전신마취를 하게 되며, 이 전신마취가 전기경련치료 시술 전반에 미치는 영향은 매우 다양하다. 전신 마취 시 사용되는 마취유도제와 근이완제는 자율신경계와 심혈관계에 영향을 미쳐 혈액학적 변화를 초래하고, 근골격계의 반응을 유발한다.⁴⁾ 또한, 전기경련치료 시술의 목표인 경련 유발 및 경련 지속과 경련의 질에도 영향을 끼친다.¹²⁾ 그러므로, 전기경련치료 시술과 관련된 마취 준비, 마취의 유도, 유지, 회복 등 일련의 마취 과정에서 안전하고 효과적인 전기경련치료 결과를 얻기 위해서는 전기경련치료를 받는 환자의 증상과 신체적 특성, 그리고 환자에 맞춘 적절한 마취 과정 및 전기자극 등의 요소들이 서로 상관하여 발생할 수 있는 모든 문제들에 대하여 사전에 철저한 평가를 하여야 하며, 발생할 수 있는 문제들을 예방하고, 발생 시 대처할 수 있어야 할 것이다.

그러므로, 본 논문은 전기경련치료 시술의 좋은 치료효과를 도출해내기 위해서는 적절한 마취가 필수적이며, 그렇기 때문에 마취의 모든 과정에서 접할 수 있는 실제적인 문제들에 대하여, 저자들이 오랜 기간 동안 전기경련치료를 시행해 오면서 경험한 임상 증례들을 중심으로 기술하고, 저자들의 다수의 해외 유명 전기경련치료 전문 센터의 방문 경험과 전기경련치료 전문 학회들에 참석 및 전기경련치료 전문가들과의 논의 및 참고 문헌들을 참조하여, 향후 본격적인 전기경련치료의 시술을 준비하는 임상가들의 판단에 참고가 될 수 있는 내용들을 기술하고자 하였다.

방 법

본 연구는 2012년 3월부터 2017년 2월까지 동국대학교 일산병원 정신건강의학과에서 전기경련치료를 받은 환자들을 대상으로, 전기경련치료의 시행 의무 기록을 조사하여 진행되었다. 본 논문을 위하여 검토한 사항은 전기경련치료 전후의 마취의 전제 과정, 즉, 환자의 상태에 따른 마취유도제의 종류와 용량, 마취와 관련되어 발생하는 심혈관계 요인 조절, 기도유지, 마취 회복기의 문제 등을 검토하였으며, 전기경련치료의 치료효과와 관련된 경련의 역치, 품질 및 시간, 뇌파의 형태 등을 조사하였으며, 각 상황에 따른 본 저자들의 조치 및 결과 등을 기술하였다. 이를 통하여 실제 전기경련치료 과정에서 발생할 수 있는 여러 상황을 정리하고자 하였으며, 향후 전기경련치료의 시술에 도움이 되고자 하였다. 본 연구는 전기경련치료의 마취에 초점을 맞춘 일련의 증례 연구로서 동국대학교 일산병원 임상연구윤리위원회의 승인을 받았다 (과제번호 2017-41).

증례 및 토론

마취 전 준비

금식(NPO)

증례 1(금식)

50세 여성 조현병 환자는 전기경련치료 당일 아침에 잠에서 깨어나자마자 물을 한 컵 마셨다. 같이 있던 보호자는 마신 일이 없다고 하였지만, 환자는 분명히 마셨다고 하였다. 정확한 확인은 불가능한 상태였지만, 마취통증의학과 의료진과 상의하여, 추가적으로 2시간 동안 금식을 한 후에 전기경련치료를 하였다. 시술 과정에서 문제는 발생하지 않았다.

일반 수술 마취 시 마취 전 공복 유지는 고형 음식의 경우에 최소한 6시간의 공복 시간이 필요하며, 튀기거나 기름진 음식은 위 배출 시간이 지연되기 때문에 8시간 이상이 필요하다.¹³⁾ 전기경련치료 시술 시에도 환자가 전날 밤부터 깨어난 후까지 적어도 8시간 동안에 음식을 섭취하거나 2시간 이내에 음료수를 마셔서 공복상태가 유지되지 않은 경우는 전기경련치료의 시행을 중단하는 것을 원칙으로 하도록 되어 있다.¹⁴⁾ 다만, 전기경련치료 시술 전에 고혈압, 당뇨의 투약을 하는 것이 권장되고, 이를 위해 소량의 물을 섭취할 수 있다.⁹⁾ 투약을 위한 소량의 수분 섭취가 마취 전에 가능함에도, 본 증례의 환자가 2시간을 추가적으로 기다린 후에 시술을 한 이유는 다음과 같다. 시술 전 필요 약물을 복용하기 위해 물을 섭취

한 경우는 약물 복용에 따른 이득과 소량의 물을 섭취했을 때의 불이익을 예상할 수 있고, 섭취한 물의 양을 알 수 있는 상황이어서, 치료진이 적절히 대응할 수 있는 상황이지만, 본 증례의 환자는 투약과 상관없이 스스로 물을 마셨고, 그 양도 알 수 없기 때문에 충분한 시간을 기다린 후 시술을 하는 것이 환자에게 안전하다고 판단하였기 때문이다.

국내에서의 전기경련치료 시술은 입원한 상태에서 대부분 이루어지고 있으나, 당일 오전에 병원을 방문하여 시술을 받고 당일 퇴원하게 되면, 환자의 만족도가 높은 것으로 알려져 있다.¹⁵⁻¹⁷⁾ 이러한 경우 특히 공복 상태의 유지는 매우 중요하며, 주의가 필요하다. 본 저자들도 이미 외래 개념의 당일 수술 센터를 기반으로 한 전기경련치료를 직접 시행한 바가 있으며, 현재도 실시 준비 중이다. 만일, 환자의 정신증상의 위급성으로 인해 금식시간이 지켜지지 않은 환자의 전기경련치료를 연기하기 어려운 경우에는 지속적인 운상연골 압박(Sellick 조치법)을 통한 마스크 환기, 후두마스크(laryngeal mask airway, 이하 LMA)나 기관내삽관을 통한 환기 등을 고려해야 한다.¹⁸⁾ 임신 말기나 열공탈장, 위식도역류 또한 위흡인의 위험성을 증가시키므로 금식시간이 지켜지지 않은 상황으로 간주해야 한다. 신속 기관내삽관(rapid sequence intubation)을 통한 환기는 가장 확실하게 기도를 보호할 수 있는 방법이므로 흡인의 위험성이 높다면 우선적으로 고려해야 하지만, 어려운 기도관리의 상황에서는 후두마스크의 사용을 고려해 볼 수 있다.^{19,20)}

마취 전 불안 및 행동 장애

증례 2(플루마제닐, flumazenil)

19세 남성으로 자폐장애와 심한 폭력 성향 및 자해 행동, 정신병적 증상이 있었지만, 약물 치료효과가 없어 전기경련 치료를 의뢰하게 되었다. 전기경련치료 시행 전날 밤에 불면 및 과흥분성을 보여, 할로페리돌(haloperidol) 5 mg과 로라제팜(lorazepam) 2 mg 근육 내 주사를 밤 11시 30분경과 새벽 1시경에 모두 두 차례 근육 주사하였으며, 이후 시술일 오전까지 진정 상태가 계속되었다. 전기경련치료 시술 전까지 의식이 깨어나지 않고 진정 상태가 지속되어, 벤조디아제핀에 의한 경련 역치의 증가를 예방하기 위하여 플루마제닐(flumazenil)을 0.3 mg을 정맥투여하고, 티오펜탈(thiopental sodium) 275 mg으로 마취 유도하였으며, 전기량 192 mC으로 시술을 하였고, 운동성 경련은 37초, 뇌파상 경련은 66초간 지속되었다. 경련 후 억제(postictal-suppression, 이하 PIS) 점수²¹⁻²³⁾는 0~3점 중에서 3점에 해당하는 급작적(abrupt)이었으며, 경련 후 혼돈(confusion)은 없었다.

증례처럼 전기경련치료를 받는 환자의 경우에는 불안 및 불면, 행동 증상 등의 문제를 조절하기 위해 치료 과정 중 벤조디아제핀계 진정제를 투여해야 하는 경우가 흔히 있다. 또한, 전기경련치료는 마취 시설이 완비된 공간인 수술장 등에서 주로 시술하며, 이때 수술장 등의 치료실로 입실 과정에서부터 막연한 불안감, 공포감, 피해 사고 및 행동 증상 등이 생길 수 있으며, 이를 진정시키기 위해 벤조디아제핀계 약물을 사용하여야 하는 경우도 있다. 일반적으로 시술 전날 초저녁경에 벤조디아제핀계 약물 처치를 한 경우는 큰 문제가 없지만, 전기경련치료 시술 수 시간 전부터 직전까지 사이에 벤조디아제핀계 약물이 투여되어, 진정 상태가 시술 때까지 계속되거나, 장기적으로 벤조디아제핀계 약물을 복용하고 있는 경우에는 벤조디아제핀의 항경련 효과가 전기경련치료의 경련 유발에 영향을 줄 수 있다. 그 결과 경련 유발이 안 되거나, 전체 경련시간이 감소하여 전기경련치료의 임상적 효과를 감소시킬 수 있다. 이때는 벤조디아제핀 길항제인 플루마제닐을 전기자극 직전에 0.4~1.0 mg을 정맥 투여한다.^{24,25)}

증례 3(자해 행동)

14세 여아 자폐증 환자로서, 심한 자해 행동의 조절이 안 되어, 계속 손톱을 물어뜯고, 팔을 꼬집고 물고, 얼굴을 때리고, 벽이나 가구에 부딪히는 행동을 하며, 쉽게 화를 내는 행동이 장기간의 약물 치료에도 전혀 반응이 없었다. 이러한 자해 증상의 조절을 위해 소아청소년과의 자문과 특수치료위원회 승인을 받고, 부모의 서면동의하에 전기경련치료가 결정되었다. 시술 전에 환자의 협조 및 의사소통이 전혀 되지 않아, 통제불능의 심한 자해 행동이 계속되었으며, 진정제를 사용하여도 행동 조절이 되지 않았다. 전기경련치료 당일, 시술 전 진정이 필요하다는 판단하에 마취통증의학과와 소아청소년과와 협의하여 케타민(ketamine)을 투여하여 진정시키기로 하였으며, 병실에서 케타민을 정맥 주사한 후 진정된 상태에서 수술실로 이동하여 대기 시간 없이 전기경련치료를 바로 시행하였다. 티오펜탈 125 mg과 석시닐콜린(succinylcholine) 60 mg으로 마취하였으며, 전기경련치료가 끝난 후 회복실에서 한동안 진정되어 있었다가 의식이 회복되어 병실로 이송되었다. 6회기까지는 케타민(120~180 mg) 전 처치를 통한 진정 상태에서 전기경련치료를 시술하였으며, 이후에는 환자의 행동 증상이 많이 호전되어, 케타민 전 처치 없이 수술실로 이동하여 전기경련치료를 시술하였다.

소아청소년과에서 검사나 수술 전에 진정의 목적으로 케타민 2~4 mg/kg을 사용하는 것은 잘 알려져 있다.^{26,27)} 케타민은 해리성(dissociative) 마취제로서 강력한 진통과 기억상실 효과를 보이며, 다른 진정제에 비해 호흡 억제에 미치는 영향이 작

지만, 부작용으로 타액 분비의 증가나 각성 시 환각이나 흥분 등을 유발할 수 있다. 케타민은 정맥주사 시 의식 소실은 10~15분 정도이지만 기억 소실은 1~2시간까지 나타날 수 있다.²⁶⁾²⁷⁾

항콜린제의 사용

증례 4(빈맥)

20세 남성 조현병 환자로 증상 조절을 위해 전기경련치료를 받았다. 주 3회의 전기경련치료를 받았으며, 마취 전 글리코피롤레이트(glycopyrrolate) 0.2 mg 투약을 하고, 마취 시 티오펜탈 250 mg, 석시닐콜린 60 mg으로 전기경련치료를 시술하였다. 마취유도제 투여 직전 분당 심박 수는 112회에서 전기자극 시에 129회로 증가하여 베타차단제인 에스몰롤(esmolol) 30 mg을 투여하였다. 이후에는 심박 수의 변동은 적은 편이었으나, 전기경련치료 13회기부터는 전기자극 이후의 심박 수 증가가 계속되어 에스몰롤 투여가 반복되었다. 16회기 때에는 가벼운 폐렴 증세로 코막힘, 가래, 미열 등이 있었으며, 마취 전후에는 140~145회까지 심박 수가 증가되기도 하였으며, 전기경련치료 시술 후 의식회복기에 구강 내 타액 등 분비물이 많아서 흡입관으로 흡입하여야 할 정도였다. 17회기부터는 구강 내 분비물을 줄이기 위하여 글리코피롤레이트를 0.4 mg으로 증량하였고, 마취 직후 심박이 160회까지 증가하여 에스몰롤 30 mg을 투여하였다. 평소에도 다소 심박 수가 빠른 경향을 보이던 환자는 가벼운 폐렴 증세로 인한 분비물의 증가로 글리코피롤레이트를 2배로 증량한 후 심박 수가 더 증가한 것으로 판단되었다.

항콜린제는 보통 마취유도제 투여 전에 정맥 주사를 하며, 마취 중 기관지 내 분비물 감소 및 기도유지 목적과 전기경련치료 시술 시 전기자극 직후에 관찰되는 부교감신경 항진으로 발생하는 서맥 또는 심장무수축의 예방을 목적으로 사용한다.²⁸⁾ 특히 전기경련치료 시 경련 유발에 실패한 경우 부교감신경 항진에 의한 심장무수축이나 서맥이 나타날 수 있는데, 이를 예방하는 목적도 있다.²⁸⁾ 그러나, 항콜린제 투여는 빈맥으로 인한 심근운동 증가로 심장 부담을 증가시키며, 이로 인한 허혈성 심질환 등이 우려될 수 있기 때문에 사용 시 주의가 필요하다.²⁹⁾³⁰⁾ 일반적으로 아트로핀(atropine)은 0.4~0.8 mg, 글리코피롤레이트는 0.2~0.4 mg를 투여한다. 글리코피롤레이트가 아트로핀에 비해 빈맥이 덜 발생하고, 뇌혈관장벽을 적게 통과하여 인지부작용이나 전기경련치료 후 혼란이 적을 것으로 예상되어 임상에서 많이 사용되고 있지만,³¹⁾ 실제로 단기 기억장애는 두 약물 간에 차이가 없다는 연구결과들이 보고되고 있다.³²⁾³³⁾ 실제 본 저자들은 필요 시 기관지 분비물의 감소를 목적으로 전기경련치료 시술 전에 글리코피

롤레이트 0.2 mg을 사용하고 있다.

혈관통(Angialgia)

증례 5(혈관통)

남자 28세 조현병 환자로 피해 망상 등의 증상이 약물 치료에 의해 조절되지 않아, 전기경련치료를 시작하였다. 전기경련치료 시술 전에 항콜린제를 투약하기 위해 주사기를 수액연결 커넥터에 꽂기만 해도 환자는 주사 부위의 심한 통증을 호소하기도 하였다. 이는 진정한 혈관통으로 볼 수는 없으며, 전기경련치료에 대한 막연한 두려움과 병적 거부감 등으로 인한 것으로 판단되어 전기경련치료의 필요성과 안전성에 대한 설명을 통하여 진행할 수 있었다.

증례 6(혈관통)

남자 26세 조현병 환자로 증상 조절을 위해 전기경련치료를 시술하였다. 프로포폴(propofol) 주사 시 혈관통을 호소하였으며, 리도케인(lidocaine) 30 mg을 전처치하여 통증을 조절하였다. 이후 더 이상의 통증 호소는 없었지만, 전기자극에 의한 경련 유발에 실패하였다(리도케인 30 mg, 프로포폴 100 mg, 전하량 80 mC). 전하량을 증량하여 추가적인 전기자극을 주어도 20초 이내의 경련이 유발될 뿐이었다. 리도케인은 항경련 효과가 있어, 경련 유발에 영향을 주었을 것이라고 판단하였으며, 다음 시술 시에는 혈관통 조절을 위해 리도케인을 사용하지 않았으며, 혈관통의 호소는 있었지만 25초 이상의 적절한 경련이 유발되었다. 환자의 혈관통 감소와 함께 리도케인의 항경련 효과를 최소화하기 위해, 점차 리도케인의 용량을 10 mg까지 감량하였으며, 31번째 전기경련치료부터는 리도케인 사용을 중단하였고, 유지 전기경련치료 중이다.

일반적으로 마취 유도 시 혈관통을 호소하는 경우에는 리도케인을 직전에 주사하거나, 프로포폴 등의 국소마취제에 혼합하여 주사를 하기도 한다.³⁴⁾³⁵⁾ 프로포폴이나 메토헥시탈(methohexital)을 마취유도제로 사용할 경우 혈관통이 잘 발생하고, 주사 시 혈관 내막의 키니노젠(kininogen)이 방출되어 통증이 유발되며, 그 통증이 심할 수도 있다.³⁵⁾³⁶⁾ 다른 마취유도제인 에토미데이트(etomidate)는 프로포폴과 메토헥시탈(methohexital)에 비해 통증 유발 정도가 낮으며, 티오펜탈, 케타민의 통증 유발 정도가 제일 낮다.³⁵⁾ 일반적인 수술 과정에서 마취 유도 시, 통증의 감소를 위해 리도케인을 사용하는 것은 큰 문제가 되지 않지만, 전기경련치료 시술 시에는 리도케인 주사 후 전기자극을 할 때까지의 시간이 짧으며, 항경련제인 리도케인이 경련 역치에 영향을 줄 수밖에 없기 때문에, 여러 조건을 고려하여 사용여부를 판단하여야 하며, 사용 시

에는 10~40 mg의 용량을 사용한다.³⁴⁾³⁷⁻⁴⁰⁾ 리도케인을 꼭 사용해야 할 경우, 사용 시 경련 유발이 잘 안될 경우 전하량을 증가시키거나, 경련 역치를 낮추는 카페인의 투여를 고려할 수 있으나, 흔히 사용되는 방법은 아니다.³⁴⁾³⁵⁾⁴¹⁾⁴²⁾

전기경련치료의 마취

비만 환자 및 저산소증 : 기도유지와 환기

증례 7(과체중)

30세 남성으로 비만이 매우 심한 상태였고[체질량 지수 (Body Mass Index, 이하 BMI) = 40.4], 강박장애 환자였다. 강박증상 치료를 위해 투여한 세로토닌 재흡수 억제제로 인하여 조증 증상이 유발되고, 증상이 악화되어 약물 치료가 곤란한 상태로 전기경련치료가 의뢰되었다. 마취 과정 중에 원활한 기도유지를 위해 구강 기도유지기(oral airway)를 사용하였으며, 전기자극 직전 제거하고, 경련 종료 후 다시 삽입하였다. 초기에는 티오펜탈 400 mg과 석시닐콜린 120 mg으로 마취를 하였는데, 과체중이어서 항경련 효과가 있는 티오펜탈의 용량을 많이 사용할 수밖에 없었다. 그리고, 티오펜탈에 의한 기관지 연축이 반복되었고, 전기경련치료가 계속될수록 전기경련치료 자체의 항경련효과로 경련 유발을 위한 전하량이 계속 증가되어 512 mC까지 증량하였지만, 유효한 경련이 유발되지 않아, 마취유도제를 에토미데이트 20 mg으로 변경하였다. 이후 128 mC의 전하량에도 유효한 경련이 유발되었고, 호흡기 부작용도 감소하였다.

증례 8(저산소증)

29세 남성 조현병 환자로 체중 체질량 지수 34.1인 비만 환자였다. 증상 조절을 위해 전기경련치료를 시작하였으며, 티오펜탈 350 mg과 석시닐콜린 100 mg으로 마취를 하였으나, 근이완이 충분하지 않고, 회복기에 일시적 무호흡과 후두연축으로 인한 환기 보조의 어려움이 발생하여, 각각 200 mg과 50 mg을 추가 투여하였다. 다음 전기경련치료 시에는 기도 자극성의 측면에서 장점이 있는 프로포폴 110 mg으로 마취유도제를 변경하였고, 석시닐콜린은 150 mg으로 증량하였으나, 역시 의식회복기에 후두연축(laryngeal spasm)으로 인해 환기보조가 어려웠으며 산소포화도가 60%까지 감소하였다. 불충분한 근이완으로부터의 조기 회복과 비만이 그 원인으로 판단되었으며, 석시닐콜린을 180 mg으로 증량한 이후에는 산소포화도의 감소와 후두연축은 관찰되지 않았다.

전기경련치료의 마취 과정 중 기도유지와 환기는 매우 중요하며, 마취 과정 중이나 회복기의 무호흡, 후두연축, 저산

소증 등의 합병증은 드물지 않다.⁴³⁾ 이러한 호흡기계 합병증은 마취 과정 자체, 정신증상의 치료를 위해 사용하는 약물(벤조디아제핀계 약물, 항정신병약물), 과체중이나 비만 등이 관련되어 있다고 알려져 있다.⁴⁴⁾⁴⁵⁾ 특히 과체중이나 비만 환자의 경우 마취나 전기경련치료 시술 동안의 기도유지가 어렵고, 심혈관계 및 호흡기계의 변화가 매우 다양할 수 있기 때문에 주의를 하여야 한다. 전기경련치료 시술을 받는 환자가 클로자릴(clozaril) 등의 약물을 복용하고 있는 경우, 과체중이나 비만인 경우가 많으며, 이러한 환자들의 시술 시에는 기도유지와 환기에 각별한 주의를 기울여야 한다. 또한, 증례 7에서 볼 수 있는 것처럼, 심각한 비만인 경우 마취제로 사용되는 티오펜탈이나 프로포폴의 양이 많아질 수밖에 없으며, 이러한 약물의 자체적인 항경련효과가 증량으로 인하여 강화될 수밖에 없으며, 그 결과 경련 유발을 위해 필요한 전하량이 증가되며, 전하량의 증가는 인지기능 저하의 부작용을 더 유발할 수 있는 연쇄적인 문제가 발생할 수 있다.

비만 환자의 마취 시, 최대한 무호흡 시간을 짧게 하고, 안전한 마취를 하기 위해서는 제한된 산소 예비량(oxygen reserve)과 산소 요구도의 증가, 마취약물에 대한 반응 등을 고려한 세밀한 마취관리가 필요하다.⁴⁶⁾ 실제로 체질량 지수(BMI)가 26 이상인 환자의 마취 시 환기 장애가 거의 3배 이상 증가하였다는 연구 결과도 있다.⁴⁷⁾ 환기 장애로 인한 저산소증의 기간은 평균 12 ± 22 초로 짧지만, 발생률은 29%까지 보고되고 있으며, 비만이 심하고 경련시간이 길수록 발생이 증가한다.⁴⁸⁾ 체질량 지수와 경련 기간은 저산소증의 위험 요인이며, 실제로 40회기의 전기경련치료 동안 27.5%의 탈산소화(oxygen desaturation) 발생률을 관찰하였다는 보고도 있다.⁴⁸⁾ 전기경련치료 시 마취 전 산소투여를 필수로 권하고 있지는 않지만, 전산소투여(preoxygenation)로 산소불포화 상태를 예방하거나 줄일 수가 있다.⁴⁹⁾ 본 저자들은 경련 품질의 향상과 근이완제 투여에 의한 저산소증의 방지를 위해서 모두 마취 전 산소투여가 충분히 이루어진 상태에서 전기경련치료를 시술하고 있어서 위 증례 8 이외의 환자들에게서 산소포화도 저하를 별로 경험하지는 않았다. 또한, 비만으로 인하여 마취 과정 중 기도관리가 어려울 것으로 예상되는 경우에는 구강 기도유지기나 후두마스크(LMA), 기관내삽관튜브(endotracheal tube, ETT)를 적용할 수 있다. 기관내삽관을 하는 경우에 전기경련치료는 최소 10여 차례 이상 시술한다는 것을 고려하여, 반복적인 기관내삽관으로 인한 부작용, 즉 목 부위의 통증과 부종, 출혈 등을 감안해야 하며, 기관내삽관 자체도 맥박과 혈압 상승을 유발하기 때문에 전기경련치료 시술 전후의 심혈관계 합병증의 위험성이 증가할 수 있어서 가능한 사용을 자제하는 것이 좋다.⁵⁰⁾ 그리고, 비만 환자의 경우 위 배

출(gastric emptying)의 지연으로 위 내용물 흡인의 위험성이 높다는 것을 유념하여야 한다.

본 저자들은 과체중이나 비만 환자들의 기도관리의 문제점들을 감안하여, 필요한 경우 20~30도 상체거상체위를 취하거나 후두마스크 등의 어려운 기도관리에 따른 준비를 하고 있다.¹⁹⁾²⁰⁾ 또한 이러한 환자들에서 흡인이 발생한 경험은 없지만 항상 금식시간을 철저히 관리하고 있으며 만일에 발생할 수도 있는 위내용물의 흡인 가능성을 대비하고 있다. 또한 마취 및 전기자극 이전부터 적절한 기도유지와 마스크 환기는 전기자극에 의한 경련의 품질에도 많은 영향을 준다. 경련 기간의 부족으로 전기량을 높여야 하거나,⁵¹⁾ 경련 실패로 전기자극을 재투여해야 하거나,⁵²⁾ 경련 후 섬망이 발생하는 상황 등을 방지하거나 줄일 수가 있기 때문이다. 때로 취약한 환자에게는 오히려 지속 경련을 유발할 수도 있다.⁵³⁾

마취유도제

증례 9(레미펜타닐, remifentanyl)

28세의 양극성 장애 여자 환자로 약물 치료로는 증상 조절이 어려워, 2014년부터 약 3년간 급성기 및 유지 전기경련치료를 받았으며, 총 120회기의 전기경련치료를 받았다. 환자의 체질량 지수는 17.9였다. 첫 회기에서는 티오펜탈 150 mg과 석시닐콜린 50 mg을 사용하였으며 전기량은 192 mC로 전기경련치료를 하였다. 시술의 횟수가 증가함에 따라, 경련 유발을 위한 전하량이 점차 증가하여, 60회 시술 전후로는 480 mC로 전하량이 증가하였으며, 티오펜탈은 350 mg, 석시닐콜린은 80 mg까지 증가되었으며, 1주일 간격으로 유지 전기경련치료를 받았다. 66회 시술 시에는 전하량이 576 mC이었으나, 뇌파 경련시간이 19초로 짧아졌으며, 이후 67회기부터 75회기까지 마취유도제를 티오펜탈에서 에토미데이트 12~13 mg으로 변경하여 시술하였으며, 뇌파 경련시간은 23~49초로 양호하게 유지되었다. 76회기 때는 에토미데이트 13 mg 투여에도 마취가 되지 않아, 에토미데이트 7 mg을 추가 투여하였으나 마취에 실패하였다. 1주일 후인 77회기 때에는 티오펜탈 350 mg으로 다시 마취유도제를 변경하여 전하량을 신규로 적정하였으며, 이후 85회기까지 전하량은 576 mC까지 순차적으로 증량되었으며, 뇌파 경련시간은 21~25초 사이로 관찰되었다. 86회기 시술에서는 뇌파 경련시간이 16초로 관찰되어, 다시 87회기부터는 에토미데이트 13 mg를 사용하여 마취를 하였으며, 뇌파 경련시간은 27초로 관찰되었다. 이러한 과정에서 우울 증상의 악화가 관찰되어, 전기경련치료 빈도를 주 1회에서 주 2회로 증가시켰으며, 이에 따라 전하량과 에토미데이트의 용량도 순차적으로 증가되었고, 뇌파 경련시간은

최소 20초 이상이 되도록 시술을 지속하였다. 98, 99회기 때에는 두 번 연속 경련 유발을 실패하였으며, 각각 동일 전하량으로 재자극하여 뇌파상 경련이 각각 26초와 63초가 관찰되었다. 100회기 때에는 에토미데이트 18 mg를 투여하였으나, 마취 유도에 실패하였으며, 추가로 2 mg의 에토미데이트를 투여하여도 마취 유도가 전혀 되지 않아 전기자극을 하지 못하였다. 101회기부터는 마취유도제를 프로포폴 90 mg으로 변경하여 마취 유도를 하였으며, 전하량 192 mC에 뇌파 경련시간은 19초가 관찰되었다. 프로포폴의 양이 순차적으로 증량되어 110 mg까지 투여되었으며, 뇌파 경련시간은 11~14초로 짧게 관찰되었다. 마취유도제의 항경련효과에 의해 경련시간의 단축이 나타나는 것으로 판단하여, 프로포폴의 용량을 110 mg에서 50 mg으로 감량하였으며, 레미펜타닐 45 µg을 같이 투여하여 마취 유도를 하였고, 이후로는 최소 20초 이상의 경련시간을 유지할 수 있었다.

증례 10(에토미데이트)

72세 여성 파킨슨병과 치매 증상이 있는 환자로서, 항파킨슨 약물의 부작용으로 발생된 정신병적 증상의 치료를 위하여 전기경련치료가 의뢰되었다. 고령이고 치매를 같이 앓고 있어, 0.3 msec의 극단파(ultra-brief wave)와 우측단측성(right unilateral, RUL) 전극 ECT로 전기경련치료를 하였다. 심전도 상 좌심실 비대(left ventricular hypertrophy)와 495 msec의 QT 연장(prolongation) 소견이 있어서 리도카인을 주입하지 않고 프로포폴 60 mg과 석시닐콜린 45 mg으로 마취를 하였으며, 11회기까지 경련 유발이 잘 되었다. 12회기에서는 3분의 과호흡을 시행하고 614 mC의 전하량으로 전기자극을 주었음에도 불구하고 충분한 경련 유발이 되지 않았다. 인지기능 저하 등의 부작용 발생 가능성을 염려하여 13회기부터 전하량 증량 대신 마취유도제를 프로포폴에서 에토미데이트 12 mg으로 변경하였으며, 230 mC의 전하량에서 25초 이상의 유효한 경련이 유발되었고, 이후 지속적인 치료가 이루어졌다.

전기경련치료의 마취는 단기간, 신속한 깊은 마취, 충분한 근 이완 및 의식 소실, 신속한 의식 회복, 회복기의 흥분 예방 등이 필요하다. 이러한 마취에 사용되는 대부분의 마취유도제는 항경련효과를 가지고 있고, 용량 의존적으로 경련시간을 감소시키기 때문에, 경련 역치에 영향이 적은 마취유도제와 적절한 용량을 사용하는 것이 중요하다.⁹⁾ 즉, 마취유도제는 가능한 한 저용량을 사용해야 하지만, 그렇더라도 의식 소실은 눈썹반사의 소실 등으로 확실하게 확인되어야 하며, 회복 시에는 의식이 회복되기 이전에 근이완 상태가 먼저 회복되어 자가 호흡이 가능해야 환자가 불안을 겪지 않기 때문에, 적절한 용량의 선정이 중요하다.⁹⁾ 마취유도제의 용량은 경련 유

발 역치와 밀접한 관련이 있고, 개인에 따라 그 차이가 심하며, 동일한 개인에서도 매 회기마다 변화될 수 있다. 즉, 일반적으로 마취유도제에 의한 의식 소실 시 효과처 농도(effect-site concentration, 이하 EC)가 높을수록 항경련효과가 높기 때문에, 효과처 농도가 높고, 경련 역치가 높은 환자의 전기자극에 의한 경련 유발 실패의 확률도 높아진다.⁴⁾ 또한, 전기경련치료와 같이 회기마다 반복적으로 마취유도제를 한번에 정맥 투여하는 경우 효과처 농도(EC)의 변동이 심하기 때문에 항경련효과도 매회 달라질 수 있다. 그러므로 마취유도제 투여 후 전기자극을 줄 때까지의 간격을 어느 정도 일정하게 관리하는 것이 좋다.

전기경련치료를 사용되는 마취유도제는 단기 작용 바비류레이트(barbiturate)인 티오펜탈을 국내에서는 주로 사용한다. 다른 마취유도제로 프로포폴, 에토미데이트, 케타민 등이 있으며, 아편 유사제로서 레미펜탈 등이 있다. 미국에서는 바비류레이트로서 메토헥시탈을 기본 마취유도제로 사용하지만, 국내와 유럽에서는 구매가 불가능하여 사용할 수 없다.

티오펜탈(2~4 mg/kg)은 작용 발현 시간이 비교적 짧아, 투여 후 마취심도가 급격히 깊어지면서 항경련 효과가 상승하며, 일정 시간 경과 후 서서히 마취심도가 낮아지게 되며, 투여 후 160초 이상이 경과하면 항경련효과도 비교적 낮아진다.⁵⁴⁾ 티오펜탈은 다른 마취유도제들과 유사하게 저혈압, 무호흡, 기도 폐쇄 등의 심혈관계 및 호흡기계 변화가 유발될 수 있고, 마취 후 회복 시간은 프로포폴에 비해 길다.⁵⁵⁾

프로포폴(0.75~1.5 mg/kg)은 신속한 마취 효과가 나타나며, 작용시간도 짧고, 티오펜탈보다 전신 및 뇌혈관계의 혈액학적 안정성이 높기 때문에, 심혈관 계통의 질환이 있는 경우 선호하게 된다.⁵⁶⁻⁵⁸⁾ 티오펜탈보다 경련 역치가 높고, 효과적인 경련 유발을 위해서는 보다 높은 전하량이 필요하기도 하지만, 전기경련치료의 임상적 효과는 비슷하다.⁵⁹⁻⁶³⁾ 프로포폴의 약물역동학은 3-구획 모형(three-compartment model)에 잘 맞기 때문에 목표농도 조절주입(target controlled infusion, TCI)이 적합하다. 따라서 동일한 진정 상태에서는 티오펜탈보다 강한 항경련효과를 나타내고, 보다 높은 효과처 농도(EC)가 필요한 외과 수술을 위한 프로포폴 용량으로 투여하게 되는 경우 전기자극에 의한 경련 유발이 실패할 가능성이 높아진다.⁶⁴⁾ 프로포폴은 오심과 구토가 적고, 항경련효과도 임상적 효과를 방해할 정도는 아니며, 지연 경련도 적은 편이다.⁶⁴⁾ 그러나 오남용의 예가 보고되고 있기 때문에, 사용에 유의하여야 한다.⁶⁵⁻⁶⁷⁾

에토미데이트(0.15~0.3 mg/kg)는 경련 역치를 높이지 않고, 경련 기간을 연장시킨다. 그러므로, 경련 역치가 높은 전하량에도 충분한 경련이 유발되지 않을 경우 사용할 수 있다(증

례 7, 10 참조).⁵⁸⁾⁽⁶⁸⁾⁽⁶⁹⁾ 에토미데이트는 경련 기간 연장 효과가 있고, 심근 수축과 심장 박출량에 대한 영향이 적어 혈액학적 안정성의 측면에서 티오펜탈이나 프로포폴보다 선호되지만, 경련 기간이 연장된다고 임상적 효과를 증가시키는 것은 아니다.⁷⁰⁾ 에토미데이트는 정맥 투약 시 간대성 근경련(myoclonus)이 발생하기도 하며, 마취 회복 시 구토를 동반한 혼란 상태 또는 경련이 나타날 수도 있다.⁴⁶⁾ 일시적으로 부신기능 저하를 일으킬 수 있다는 보고도 있다.⁷¹⁾ 본 저자들의 경우 증례 9 환자의 경우 부신피질부하검사(adrenocorticotrophic hormone test, ACTH test)를 시행하여, 이상이 없음을 확인하기도 하였다. 실제로 내분비 질환이 동반되지 않은 전기경련치료의 마취 시에 큰 문제가 되지 않는다.⁷⁰⁾⁽⁷²⁾

전기경련치료는 1회성의 치료가 아니라, 일정 횟수를 지속적이고 반복적으로 시술하게 되며, 경우에 따라서는 유지 전기경련치료를 하여 계속적으로 시술을 하는 경우도 있다. 이러한 과정에서 전기경련치료를 반복하게 되면, 환자에 따라 마취심도의 유지가 어려워지거나, 마취 회복 과정에서 무호흡 또는 혼동 등이 발생하거나, 점진적인 경련 역치의 증가로 인하여 경련 기간이 점차 단축되는 일들이 나타난다. 마취심도의 유지가 어려워지는 경우에는 마취유도제의 용량을 증량하거나, 마취유도제를 변경할 수 있다. 마취유도제의 용량을 증량하는 경우에는 용량의 증가에 따라 마취유도제의 항경련효과도 같이 커지기 때문에, 전하량도 같이 증가하게 되는 경우가 많으며, 이로 인하여 마취 회복시간도 불필요하게 길어질 수 있으며, 전하량의 증가로 전기경련치료 부작용의 발생 빈도도 높아질 수 있다. 즉, 마취 심도와 경련 역치, 유효 경련시간, 마취의 회복, 전기경련치료 부작용 발생 등은 상호 밀접하게 연관되어 있기 때문에 통합적으로 고려하여 조절, 변경하는 것이 바람직하다.

마취유도제의 변경은 경련 역치를 측정하기 위한 전하량 적정 등의 과정을 다시 하여야 하기 때문에, 마취유도제 변경 이전에 경련시간을 늘리는 조치들을 취할 수 있다. 흔히 할 수 있는 방법은 전하량을 증가시키는 것이다.⁷³⁾ 전하량은 시술 횟수에 따라 점차 증가되는 경련 역치 때문이라도 시술 횟수가 늘어남에 따라 증가되는 것이 일반적이다. 우리나라의 경우 1152 mC까지 최대 전하량을 사용할 수 있다. 전하량의 증가 시에는 인지기능 저하 등의 부작용 발생 여부를 확인하여야 한다.⁷³⁾ 경련 기간이 짧은 경우에는 경련 기간을 연장하기 위하여 전기자극 전에 과호흡을 시킬 수도 있으나, 수 회기 만에 경련 기간이 다시 짧아지는 경우도 있기 때문에, 전하량을 증가시키고, 경련 역치에 영향을 줄 수 있는 투약 등을 확인하고 조절하거나, 마취유도제를 변경해야 하는 경우에는 신속하게 마취유도제를 변경하는 것이 권유된다.⁹⁾⁽⁷⁴⁾ 마취 심

도 및 경련 품질, 부작용 등에 따라 프로포폴, 에토미데이트, 케타민 등으로 변경하거나 레미펜타닐 등을 병용 투여하게 된다. 심혈관계 및 혈액학적 반응이 문제가 되는 경우는 프로포폴로 변경이 가능하지만,⁵⁶⁾⁷⁵⁾⁷⁶⁾ 경련 기간이 티오펜탈보다 단축될 수 있으며, 혈액학적 변화나 경련 기간의 단축이 우려되는 경우는 에토미데이트를 고려하는 것이 좋다.⁵⁷⁾ 단독으로 사용하는 마취유도제 만으로는 마취 심도의 유지가 어렵거나, 마취유도제의 용량 증가로 인한 항경련효과가 문제가 되는 경우에는 레미펜타닐 또는 알펜타닐(alfentanil) 등과 같이 항경련효과가 없는 아편 유도체들과 병용하면 티오펜탈 또는 프로포폴 등 마취유도제의 용량을 낮추면서 경련 기간을 증가하게 할 수 있다(증례 9).⁹⁾ 반복적인 전기경련치료에 의한 경련 역치의 상승은 gamma-aminobutyric acid(이하 GABA) 수용체 및 농도의 증가에 의한 GABA 활성의 증가로 인한 벤조디아제핀 수용체의 활성과 관련이 있을 수 있으며, 그렇기에 경련 역치가 높거나 경련의 품질이 좋지 않은 노인층에서 플루마제닐 전처치가 효과적일 수 있다는 가설이 제기되기도 하였지만, 실제 임상에서 시도되지는 않고 있다.⁷⁴⁾ 보다 자세한 경련의 품질 개선 및 강화에 대하여는 본 글의 후반부에서 기술한다.

마취유도제의 용량이 증가될수록 경련 역치의 상승으로 경련시간이 단축되기 때문에, 적절한 근이완이 이루어지고 전기 자극이 전달되는 시점에서 최소한의 마취 심도를 유지하는 것은 매우 중요하다. 일반적으로 바이스펙트럼 지수(Bispectral Index, 이하 BIS)는 뇌파를 비선형 분석하여 의식 소실의 정도와 마취 심도를 측정하는 방법으로 마취유도제의 적절한 용량을 결정하고, 수술 중 충분한 의식 소실을 보장하며, 수술 중 각성을 방지하고, 마취 종료 후 의식을 빨리 회복할 수 있도록 하고 있다.⁷⁷⁾⁷⁸⁾ 그러나, 반복적인 전기경련치료 과정에서 뇌파의 변화로 서파가 증가하거나, 항정신병 약물 투약의 결과로 서파가 증가하거나, 고령이나 치매, 뇌성마비 등 기본적으로 서파가 많은 환자들의 경우 BIS 값이 실제 마취 상태보다 낮게 측정될 수 있다. 즉, 마취가 더 된 것으로 측정될 수 있으며, 각성 상태와 의식 소실의 상태가 제대로 구별되지 않는 경우들이 보고되면서 판독에 주의를 요하는 등 BIS의 유용성에 대한 논란은 계속되고 있다.⁷⁹⁾⁸⁰⁾ 실제로 본 저자들이 방문한 세계의 전기경련치료 전문센터들 어느 곳에서도 BIS를 일상적으로 사용하고 있지는 않았다.

고전적인 방법으로 속눈썹 반사(eyelash reflex)의 소실을 의식 소실의 근거로 하고 있으나 메토힥시탈 등은 의식 소실이 있어도 속눈썹 반사가 유지되는 경우가 있어서 마취유도제가 과도하게 투여될 소지가 있다.⁸¹⁾ 따라서 의식 소실 여부를 확인하는 가장 확실한 방법으로 본 저자들은 속눈썹 반사

(eyelash reflex)의 소실뿐만 아니라 환자의 이름을 부르면서 “눈 떠보세요”, “양쪽 발가락을 움직여 보세요(Wiggle your toes!)” 등에 대한 반응으로 판단하고 있다.

마취 중 각성(Anesthesia awareness)

증례 11(마취 중 각성)

34세 남성 환자로 신장 178.4 cm, 체중은 112.1 kg, 체질량 지수는 34.8이었고, 티오펜탈 300 mg, 석시닐콜린 100 mg으로 마취를 하였으며, 양극성 전극 위치에서 전기량은 80 mC으로 뇌파상 경련은 35초였다. 시술 시 티오펜탈 투여 후 의식 소실 여부를, 앞에서 기술한 방법을 사용하여 반복 확인한 후, 석시닐콜린을 주사하였다. 그러나, 전기경련치료 시술이 끝나고 병실로 돌아온 후 환자는 근이완제 투여 후 전기자극 전에 마취가 풀려서 아주 힘들었다고 말하였다. 본 저자들은 이미 다른 일반 수술에서 마취 중 각성으로 환자의 기억이 왜곡될 수 있고, 외상후 스트레스 장애(post-traumatic stress disorder, PTSD)로까지 이어질 수 있는 공포와 각성을 경험할 수도 있으며,⁸²⁾ 2007년도 영화 ‘Awake’를 비롯한 대중매체의 관심을⁸³⁾ 익히 잘 알고 있기에 이런 상황의 발생에 주의를 기울이고 있었다. 다음 회기에서는 티오펜탈 400 mg, 석시닐콜린 150 mg으로 증량하고 전기경련시술을 하였고, 충분한 경련이 유발되었지만, 환자는 또다시 마취 중 각성을 호소하였다. 결국 환자는 증상의 치료를 위해 전기경련치료는 지속하겠지만, 중간에 다시 깨지 않도록 해 달라는 간곡한 부탁까지 하였다. 이후, 티오펜탈 450 mg으로 증량하였고, 이후 마취 중 각성은 더 이상 호소하지 않았다.

일반 수술에서 부적절한 마취 심도로 인한 마취 중 각성의 발생률은 0.13~0.4%로 드물지만, 위험성이 있는 환자에서는 1%까지 보고되고 있다.⁸²⁾⁸⁴⁾ 전기경련치료의 마취에서는 저용량의 마취유도제를 1회 정주하기 때문에 마취 중 각성이 일어나기 쉬운 조건을 갖추고 있다. 최근의 연구에 의하면 마취유도제 효과보다는 석시닐콜린의 신경근 차단 기간 동안에 발생하는 의도치 않은 각성으로 보고 있다.⁸⁵⁾ 각성의 비율은 근이완제를 투여한 경우가 투여하지 않은 경우에 비하여 두 배가 되는데, 이는 얇은 마취 심도를 나타내는 중요한 지표인 환자의 움직임이 근이완제로 차단되기 때문이다.⁸⁶⁾ 각성은 통증은 없더라도 근이완제의 투여에 의한 마비로 더욱 불쾌감을 느끼게 할 수 있다.⁸³⁾⁸⁷⁾ 마취 중 각성은 BIS상 60 이하로 유지하면 예방할 수 있으며,⁸⁸⁾⁸⁹⁾ 전신 마취 종료 후, 24시간 이내에 환자에게 확인해야 하며, 설문지로 비교적 간단하게 마취 중 각성 유무를 판단할 수 있다.⁹⁰⁾

한편 마취 중 각성과 관련하여 현장에서 먼저 파악할 사항

으로는 정맥 주사 수액세트의 선으로 유효한 용량이 적절히 투여되었는가를 확인하는 것이다. 수액세트 선이 긴 경우에 수액세트의 선 또는 캐놀라(cannula)의 사강(dead space)에 마취유도제가 정체되어 있는 경우, 마취 유도에 필요한 유효한 용량이 투입되지 않거나, 차후에 다른 약물 투여 시, 마취 유도제의 우발적인 추가 투여가 되어 마취가 연장되는 등의 불필요한 효과가 나타날 수도 있다. 그러므로 수액세트의 선은 가능한 짧은 위치에 3 way 연결관을 부착하고, 약제 투여 후 수액을 빠른 속도로 주입하여 체내에 모두 신속하게 투입되도록 해야 한다. 그리고, 둔마 증상이나 강직증을 보이는 환자들은 반응이 불분명하거나, 마취 전부터 반응이 없을 수도 있어서 감별이 더욱 필요하다. 이 경우 뇌파상 베타 파의 증가 양상이나 마취유도제의 투여 후 뇌파의 변화로 감별할 수 있다.⁸⁹⁾

현실적으로, 환자가 마취 중에 깨어났을 때 어떻게 하는 것이 좋은지에 대하여는 다음의 외국 증례 보고와 이에 대한 지적을 소개하고자 한다. 한 보고는 4회기까지 전기경련치료가 잘 진행되어 오다가 5회기에서 동일한 방법으로 근이완제까지 투여하였는데, 잠시 후 혈압띠를 감은 원위부의 발가락을 움직여 보라는 요구에 환자의 반응이 있었다. 치료진은 환자가 깨어난 것으로 판단하여, 관찰을 거라고 계속해서 환자를 안심시키면서 더 이상의 시술 진행을 중지하고, 근이완이 풀린 후에 환자에게 이 과정에 대한 설명과 사과를 하였다. 그리고, 다시 전기경련치료를 지속할 것인가를 환자와 상의하여 승락을 받은 후에 다시 마취를 시작하여 전기경련치료를 무사히 마쳤다.⁷⁹⁾ 이에 대한 반론으로 의식이 있으면서 마비된 상태에서 근이완이 완전히 풀릴 때까지 수 분간 기다렸다는 점을 지적하고 있다.⁹¹⁾ 본 저자들은 마취가 깨고 있다고 생각하면 바로 마취유도제를 추가로 투여하여 의식 소실을 재확인한 후에 전기경련치료를 지속하고 있다.

경련의 강화(Augmentation of seizure)

전기경련치료를 전기자극으로 인한 경련 유발이 임상적 효과의 지표로서 많은 연구가 이루어져 왔다. 경련 역치를 넘겨 전기자극이 전달되면, 경련은 유발되게 되어 있으나, 이러한 경련이 유발되었다는 것이 효과적이라는 의미는 아니며, 충분한 양의 전하량이 전달되는 경련이어야 임상효과를 기대할 수 있다.¹²⁾⁷³⁾ 전기경련치료에서 임상적 효과를 위해서는 경련 유발은 최소한의 조건이며, 일반적으로 경련 유발에 실패하거나 10여 초 이내의 단기간의 경련은 효과가 없는 것으로 알려져 있다.¹²⁾⁷³⁾⁹²⁾ 다양한 환자의 특성이 경련 역치를 상승시키거나 저하시키는 이외에 전기경련치료의 횟수, 마취유도제의 종류 등이 경련 역치를 변화시킨다.⁷³⁾ 그러므로 경련 유발에 실패하거나 경련시간이 짧은 경우에는 경련을 강화시키기 위한

다양한 방법들을 사용할 수 있다.¹²⁾⁷³⁾⁹³⁾

일반적인 경련 강화 방법은 전하량의 증량, 과호흡, 극단파폭(ultra-brief pulse width)으로의 전기자극 변환, 케타민이나 레미펜타닐 등의 마취유도제를 사용하는 것이며, 이를 통해 경련 역치를 낮춰 경련 유발을 용이하게 할 수 있다.¹²⁾⁷³⁾⁹⁴⁻⁹⁷⁾ 그러나, 과도한 전하량이나 과호흡은 뇌혈관과 관상 혈관 수축으로 심한 인지 기능 장애 또는 뇌 저산소증이나 심근 허혈을 초래할 수 있어서 주의해야 한다.⁹³⁾

과호흡

증례 9(과호흡)

28세 여자 조현병 환자로서, 증상 조절을 위해 총 120회기의 전기경련치료를 받았다. 전기경련치료 과정 중, 전하량 288 mC으로 전기자극을 주었을 때, 뇌파 경련 기간이 20초 이내로 관찰되어, 다음 회기부터 전하량 288 mC을 유지한 상태에서, 2분간의 과호흡을 추가하여 전기자극을 주었고, 그 결과 뇌파 경련시간이 증가하여, 이후 시술 시에는 28~35초의 뇌파 경련이 관찰되었다.

본 저자들은 경련 기간이 20~25초 미만일 때, 일반적으로 바로 전하량을 증가시키기보다는 마취유도제와 근이완제의 투여 후, 전기자극 직전까지 마스크 환기를 통하여 과호흡을 1~3분간 시행하여, 경련 역치를 낮추는 시도를 한다. 전기경련치료에서 과호흡은 경련 유발을 조절하기 위한 추가 처치가 필요한 경우에 전하량의 증량이나 마취유도제의 변경을 시도하기 전에 간편하게 시도할 수 있는 방법이다. 과호흡은 100% 산소 공급과 함께 40~45 회/분의 마스크 환기로 호기 말-이산화탄소 분압(end-tidal CO₂, 이하 ETCO₂)을 30 mm Hg 이하로 유지를 하면 경련의 품질을 향상시킬 수가 있다.⁹⁸⁾ 이는 산소압의 변화보다는 과호흡으로 인한 호흡성 알칼리증(respiratory alkalosis)에 의한 결과이다.⁵¹⁾ 또한, 과호흡을 하게 되면 일정 시간 전기자극 시점이 지연될 수밖에 없는데, 시간 경과에 따라 마취유도제에 의한 마취 심도가 낮아지게 되며, 이는 마취유도제의 항경련효과를 감소시키고 결과적으로는 경련의 품질을 향상시킬 수 있다.⁹³⁾

또한 경련시간의 증가뿐만 아니라, 경련 후 억제(PIS)의 개선 효과도 기대할 수 있다.⁹⁹⁾ 본 저자들의 경험으로도 경련 후 억제가 불분명한 경우, 과호흡 후에는 경련 후 억제가 분명해지는 사례를 흔하게 경험하였다. 그렇지만 과호흡을 얼마나 시행하여야 하는가는 아직 정해진 기준이 없으며, 경험적으로 이전 경련의 품질을 평가하여 과호흡의 시간을 결정하게 되며, 과호흡의 시간에 따라 경련시간이나 경련의 질이 어떠한 관련성을 가지는가에 대한 정량적 분석은 향후 연구의 대상이다.⁹⁹⁾

반면에 과호흡으로 유발된 저탄산증은 전기자극에 의해 유발된 심근부담율(rate pressure product, RPP)의 상승을 현저하게 증가시키지만, 한 연구에 의하면 심근부담율의 기저값과 최대값에서의 심박 수 차이는 과호흡군이 대조군에 비하여 더 큰 경향이 있었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 그 이유는 첫째, 비교적 낮은 수준의 저탄산증(ETCO₂ 30~35 mm Hg)에서는 심박 수의 증가율이 둔화되기 때문이며, 둘째, 과호흡은 혈압을 증가시키지 않으며, 셋째, 높은 전기량은 현저한 혈액학적 변화를 보이지만 프로포폴과 레미펜타닐을 마취유도제로 사용한 경우 과호흡을 시도할 때 필요한 자극 강도는 프로포폴을 단독으로 사용한 경우보다 비슷하거나 더 낮았기 때문이다.¹⁰⁰ 종합하면 레미펜타닐을 병용하고 과호흡을 한 경우 전기자극에 의한 수축기 혈압과 심박의 증가는 프로포폴을 단독 투여한 경우와 비슷한 정도의 상승을 보였다. 일반적으로 경련 기간의 연장과 관련한 경련 강화 방법들은 의식 회복 시간도 지연시키는데, 과호흡보다는 레미펜타닐의 사용과 관련이 큰 것으로 보인다.⁹³ 잘 조절된 과호흡은 치료 결과를 악화시키지 않고 환자가 받게 되는 전기자극을 낮게 유지하는 데 도움이 될 수 있으므로 유용한 기술적인 발전이지만, 연장 경련이 나타날 가능성도 신중하게 관찰할 필요가 있다.²⁰

마취유도제 투여 후 전기자극 시점

마취유도제에 이어서 근이완제인 석시닐콜린의 정맥 주사 후에 전기자극을 투여하는 시점은 경련의 품질에 영향을 준다.¹⁰¹ 마취유도제의 혈액 및 뇌의 농도는 투여 직후 급상승하다가 점차 감소하며, 대부분의 마취유도제는 항경련효과가 있어서 마취유도제의 혈중 농도가 저하될수록 경련의 품질이 향상되기 때문에 전기자극을 투여하는 시점이 중요하다. 앞서 언급한 바와 같이 BIS를 이용하여 적절한 마취 심도의 시점을 추적할 수도 있으나 전기경련치료에서는 임상적 유용성이 떨어진다. 다만, 반복 시행하는 전기경련치료의 경우에 마취유도제와 전기자극 투여 사이의 시점을 측정하는 것은 뇌파를 분석하여 경련의 품질을 평가하거나 다음 회기의 전기량을 결정하는데 도움이 될 수는 있다. 티오펜탈의 경우 투여 후 약 160~180초 이후에는 항경련효과가 떨어진다.⁵⁴ 따라서 이 시점을 전후하여 전기자극을 투여하면 효과적인 경련 유발의 가능성이 높아지며, 또한 이 시점을 잘 이용하면 어느 정도는 경련 기간도 조절할 수 있게 된다. 그러나 이러한 전기자극 시점은 유효한 경련의 발현과는 관계가 있지만, 임상적 증상의 호전효과와의 관계에 대하여는 아직 분명하게 규명되어 있지 않다. 또한 석시닐콜린의 작용시간은 1 mg/kg를 투여했을 때 최대로 근육이 이완되는 시점이 70~155초 범위이고, 평균 101초로 연령에 따라 증가하는 경향이 있어서, 근이

완제 투여 후 자극까지 최소 90초의 간격이 필요하다.¹⁰² 본 저자들은 최근에는 전기자극의 투여 시점을 별도로 측정하지는 않고 있으나, 마취유도제를 투여하여 의식 소실을 확인한 후 근이완제를 투여하고 근심유도발수축이 지나간 직후에 신속하게 전기자극을 투여하고 있다. 환자에 따라 의식 소실 및 근심유도발수축 시간이 다양하지만 전체적으로 마취유도제의 투여 후 3~4분 정도에서 전기자극을 주고 있다. 그리고, 전 과정 동안 마취 중 각성의 위험성을 항상 염두에 두어야 할 것이다.

레미펜타닐

레미펜타닐(1~8 μg/kg)은 혈장이나 조직의 에스터라제(esterase)에 의해 분해되어 작용시간이 매우 짧고 체내 축적 없이 강력한 진통효과를 갖고 있는 합성 아편 유사체 진통제이다. 레미펜타닐은 의식 소실 효과도 적지만 항경련효과가 없어 경련 억제에 영향을 주지 않는다.^{95,103-105} 증례 9(레미펜타닐)에서와 같이 마취유도제들을 감량하면서 레미펜타닐을 병용 투여하면 효과적인 마취 심도와 유의한 경련 기간의 증가효과를 기대할 수 있다.¹⁰⁶⁻¹⁰⁸ 또한, 뇌동맥류나 혈관 기형 등의 위험성이 있는 경우에는 전기자극에 의한 수축기 혈압 상승 위험을 감소시킬 수 있으나, 이러한 효과들은 레미펜타닐의 내적 영향보다는 레미펜타닐을 병용함으로써 나타나는 마취유도제의 감량 및 이에 따른 효과로 알려져 있다.^{112,109,110} 레미펜타닐에 의한 부작용으로는 근육 긴장(muscle stiffness), 호흡 억제(respiratory depression), 마취 후 오한(post-anesthetic shivering) 등이 나타날 수 있어 주의를 요한다. 보통 레미펜타닐은 1 μg/kg을 투여하는데, 30~60초에 걸쳐서 천천히 정맥 투여한 후에 마취유도제를 투여한다

케타민

케타민(2~3 mg/kg)은 펜사이클리딘(phencyclidine) 유도체로 N-methyl-D-aspartate(NMDA) 글루타메이트 수용체 길항제이다. 주로 성인에서의 연구 결과이지만 다른 마취유도제들에 비하여 항경련효과가 거의 없으며, 경련 기간을 증가시키는 내재적 효과가 있지만, 이러한 효과가 케타민의 임상 증상 호전 효과와 인지 기능 개선 효과와 관련된 것인지는 불확실하다고 알려져 있다.¹¹¹⁻¹¹⁴ 또한 다른 마취유도제들에 비하여 경련의 강도(intensity)를 증가시켜서 경련의 품질을 향상시키며, 경련 억치에 대한 영향도 적다고 보고되고 있다.^{35,115-117} 따라서 반복적인 전기자극이나 마취유도제의 용량 증가 등으로 경련 억치가 높아져 있거나, 유효한 경련 품질을 얻을 수 없는 환자에 추천된다.

케타민은 고용량을 사용하게 되면 뇌압을 상승시키며, 심

박 수와 혈압을 높여서 심부담을 증가시키므로 심장질환이 있는 경우 등에서 전기경련치료의 마취유도제로는 한때 제외되기도 하였다. 마취 회복기에는 매우 불쾌한 오심 및 구토, 어지러움, 현기증 등의 전정계(vestibular) 증상이 흔하며, 정신과적 부작용으로 환각 및 해리상태도 자주 나타난다. 따라서 케타민 마취를 한 경우 의식 회복 전 디아제팜이나 미다졸람 등 벤조디아제핀을 투여하여 이런 부작용의 발생을 줄여주는 것도 도움이 될 수 있다.¹¹⁸⁾

최근에는 케타민에 항우울효과가 내재되어 있다는 점에서 전기경련치료와 상승작용이 기대되면서 다시 주목을 받고 있다.¹⁰⁹⁾ 케타민(0.5 mg/kg)은 심한 우울증의 치료제로 효과가 보고되었으며,¹¹⁹⁾ 전기경련치료의 인지 부작용의 개선이 보고되기도 하여서,¹⁰⁹⁾ 최근 단독으로 또는 다른 마취유도제와 병용하여 사용하였을 때, 긍정적 치료 반응이 보고되었다.⁶⁴⁾¹²⁰⁻¹²²⁾ 최근 케타민과 프로포폴을 병합한 케토폴(ketofol)이 많은 관심을 받고 있는데, 케타민은 프로포폴에 의한 저혈압을 완화시키고 경련 기간의 감소를 상쇄하며, 프로포폴은 케타민에 의한 혈액학적 반응과 회복 시 구토 및 정신 증상을 완화시키는 이점이 있기 때문이다. 그러나 최근 케타민 관련 전기경련치료 연구들은 추가적 항우울효과나 인지 기능의 호전효과 없이 혼돈이 증가하는 경향이 있다는 등으로 다소 회의적이며,¹²³⁾ 양극성 우울증 환자에서 조증 전환이 다소 높았으며,¹¹²⁴⁾ 추가적인 항우울효과나 인지부작용 완화도 보이지 않았다고 보고하고 있다.¹¹⁸⁾ 이렇게 전기경련치료에서 케타민 사용의 장단점에 대한 논란이 아직 해결되고 있지 않은데, 아직은 케타민 단독 또는 병용 투여가 전기경련치료의 임상적 효과를 증가시킨다는 근거가 확실하지 않다고 정리하고 있다. 최근 영국에서 전기경련치료에서 케타민의 역할을 확인하기 위한 대단위 연구가 보고되었는데, 프로포폴과의 1 : 1 비교¹²⁵⁾ 및 프로포폴에 병용 연구¹²⁶⁾에서 결과적으로는 모두 전기경련치료의 임상적 효과를 향상시키는 결과를 얻는 데는 실패하였다.

기타 약제

경련 역치를 낮추고, 경련 기간을 연장시키기 위한 목적으로 카페인 250~500 mg을 전처치하기도 한다.⁴²⁾ 그러나 카페인 고용량 투여 시 불안 및 혈액학적 항진, 부정맥, 해마의 신경세포 손상 등의 위험성을 초래할 수 있다는 보고도 있으므로, 카페인 전처치에 대한 검토가 필요하다.¹²⁷⁾

근이완제

중례 8(석시닐콜린)에서와 같이 근이완이 충분하지 않은 경우에는 용량의 증량이 필요하다. 석시닐콜린의 통상 용량을 투약하였을 때에도 근이완이 불충분한 경우는 약 5%로 비

교적 흔하여, 전기경련치료의 마취 과정에서 사용되는 약물 중에서 효과 예측이 가장 어려운 약물이라고 할 수 있다.¹²⁸⁾ 마취 과정에 사용되는 대부분의 약물들은 투여 용량에 따라 반응이 예측 가능하지만, 석시닐콜린 등과 같이 예외가 존재한다는 것을 임상가들은 항상 염두에 두어야 한다.

석시닐콜린의 용량은 통상적으로는 평균 0.85~0.9 mg/kg이며, 예외적으로 용량이 달라지는 경우도 있다.¹²⁸⁾¹²⁹⁾ 분해효소인 콜린에스테라제 수준의 유전적 변이나 병용 약물 등이 원인으로 생각되지만, 이유를 알 수 없는 경우도 있다. 미국 뉴욕의 한 병원에서 500명을 대상으로 석시닐콜린의 용량을 조사한 결과, 평균 용량은 0.96 mg/kg(표준편차 0.26 mg/kg)으로 최소 용량은 0.29 mg/kg, 최대 용량은 2.10 mg/kg에 이르렀다. 투여 용량이 2표준편차 범위를 벗어난 범위는 0.43 mg/kg 미만이었으며, 1.2%가 이 범위에 해당하였으며, 4.6%는 1.48 mg/kg 이상이었다.¹²⁸⁾ 석시닐콜린의 효과에 대한 저항성이 의심되면 비탈분극성 근이완제로 변경을 고려할 수 있지만, 그보다는 석시닐콜린의 용량이 부족한 문제일 가능성이 더 많다. 마취유도제의 경우와 같이 수액세트의 라인으로 빠르게 투입할 필요가 있으며, 특히 석시닐콜린은 보관 온도에 따라 분해 속도가 다르기 때문에 응급용 구급장비 등 상온에서 장기간 보관된 경우에는 역가가 떨어질 수 있다는 것을 고려할 필요가 있다. 상온에서는 1.2~2.1%/월 수준의 분해율을 보이며, 냉장보관하였을 경우에는 0.18~0.30%/월, 체온과 같은 섭씨 37도에서는 5.4~8.1%/월의 분해율을 보인다.¹³⁰⁾ 따라서 충분한 근이완이 보이지 않는 경우에는 근이완제의 변경보다는 석시닐콜린의 증량을 우선적으로 시도할 필요가 있다.¹³¹⁾

전기경련치료에서 근이완제는 전기자극으로 유발되는 운동성 경련으로 인한 근골격계의 손상을 예방하기 위해 근이완효과가 충분하여야 하며,¹³²⁾ 경련의 품질에 영향을 주지 않아야 하며,¹³³⁾ 경련 이후 신속하게 자발 호흡이 회복되어야 한다.¹²⁹⁾ 현재 근이완제로는 작용시간이 짧으며 빠른 회복을 보이는 탈분극성 신경근육 차단제(neuromuscular blocking agents, NMBAs)로 석시닐콜린이 가장 기본적인 약물이며,¹²⁹⁾ 작용시간은 5~10분 정도로 짧고, 신속한 회복이 가능하기 때문에 가장 널리 사용되고 있다.¹²⁹⁾¹³⁴⁾¹³⁵⁾ 석시닐콜린은 투여 직후 약 20~30초부터 약물이 전달되지 않은 혈압피를 감은 원위부를 제외한 전신에 근섬유다발수축(muscle fasciculation)을 유발하여, 근육의 움찝거림을 관찰할 수 있다. 이러한 수십 초간의 근섬유다발수축이 사라진 후에 완전한 근이완이 나타난다. 충분한 근이완이 이루어졌는가의 여부는 전기자극기를 이용하거나, 관절의 이완, 바빈스키 반응(Babinski's sign) 및 심부 건반사의 소실 등으로 확인할 수 있다. 석시닐콜린의 용량이 증가되면 근육의 활동성이 최소화되고, 이는 유산(lac-

tate) 분비를 감소시키게 되고, 이는 경련 후 흥분을 감소시킬 수도 있다.¹³⁶⁾

석시닐콜린의 부작용으로는 위내압 상승(elevation of internal gastric pressure), 근육통, 고칼륨증, 서맥, 신경이완제 악성 증후군(neuroleptic malignant syndrome, 이하 NMS), 악성 고열(malignant hyperthermia) 등이 있다.¹²⁹⁾ 유전적으로 가성콜린에스테라제의 결핍이 있거나 포르피린증, 신경이완제 악성 증후군(NMS), 고칼륨혈증, 악성 고열, 근육통, 신경근육 질환(neuromuscular diseases), 임신 30주 이후 등의 경우에는 근이완 시간이 연장될 수 있기 때문에¹³⁷⁾ 근이완제를 비탈극성 근이완제인 베쿠로니움(vecuronium) 및 로쿠로니움(rocuronium) 등으로 변경하여 사용하며, 이때는 신경근육 차단으로부터 회복이 필요한 시점에 슈가마텍스(sugammadex)를 투여하여 신경근육 차단을 풀어야 한다.¹²⁹⁾ 국내에서도 가성콜린에스테라제의 결핍이 보고된 증례가 있으며,¹³⁸⁾ 우리나라가 점차 다문화 사회로의 이행이 가속되고 있다는 점을 감안하면 국내에서도 이에 대한 주의가 필요할 것으로 보인다.¹³⁹⁾

혈역학적 반응

증례 12(혈압 및 맥박 상승)

33세 여성 양극성 환자로 3~4주 간격으로 전기경련치료 중이었다. 전기경련치료 시술 시, 마취 직전의 맥박은 86회, 혈압은 153/104였으며, 티오펜탈 300 mg과 석시닐콜린 80 mg으로 마취를 시작하였다. 전기자극 후 경련 도중에 맥박 100회, 혈압 216/155로 상승하였으며, 칼슘채널 차단제인 니카르디핀(nicardipine) 1 mg을 정맥 투여하였고, 5분 후 맥박은 111회로 계속 상승된 상태였으나, 혈압은 171/125로 감소하였다.

증례 13(혈압 및 맥박 상승)

81세 파킨슨병과 정신증이 병발된 여성 환자 전기경련치료 마취를 위해 티오펜탈 175 mg 투여 후 맥박 90회, 혈압 131/81이었으며, 에스몰롤 20 mg을 투여하였으나, 전기자극 후 맥박 81회, 혈압 218/117로 증가하여, 니카르디핀 0.3 mg을 추가 투여하였으며, 5분 후 맥박은 102회로 높았으나 혈압은 111/65로 감소하였다. 다음 회기에는 마취 직전에 맥박 88회, 혈압 212/100이었으며, 라벤타놀(labetalol) 5 mg을 투여하였고, 8분 후 맥박은 73회로 감소하였고, 라벤타놀을 5 mg 추가 투여 후 맥박 70회, 혈압 203/95로 감소하였다.

프로포폴은 티오펜탈에 비하여 혈압의 감소가 많고, 에토미데이트는 혈압의 변화가 비교적 적으며, 케타민은 오히려 혈압이 증가하는 경우가 많아서, 혈역학적 반응에 따라 적절한 약제를 신속하게 투여함으로써 안정시키도록 해야 한다. 향

콜린제는 전기자극 직후에 나타나는 부교감 신경 항진에 의한 서맥을 방지하기 위하여 사전에 투여한다. 아트로핀(0.4~0.8 mg)이나 글리코피롤레이트(0.2~0.4 mg)을 사용하는데 최근에는 상대적으로 뇌-혈관 장벽의 통과가 적으며 경련 후 빈맥도 적은 글리코피롤레이트를 선호하고 있다.⁹¹⁾⁴⁰⁾¹⁴¹⁾ 부교감 신경 항진에 뒤이어 나타나는 교감신경 항진에 의한 혈압 상승은 신경절 차단제(ganglion blocker), 베타 차단제, 알파-2 효현제, 칼슘 채널 길항제, 나이트레이트 등을 사용한다.⁹¹⁾⁴⁰⁾ 초단기간 작용하는 베타 차단제인 에스몰롤이나 알파 및 베타 차단제인 라벤타놀, 칼슘채널 차단제인 니카르디핀 등을 혈압 상승에 주로 사용한다.¹⁴⁰⁾ 한편, 전처치로 클로니딘(clonidine) 0.2~0.3 mg을 경구 투여하여 평균동맥압의 저하를 시도할 수 있으나, 클로니딘의 사용으로 경련이 실패한 보고도 있어, 클로니딘이 전기자극에 의한 혈압 상승 자체를 예방하기보다는 전기자극 이전에 혈압을 강하시킨 효과에 의한 것으로 보아야 한다.¹⁴¹⁻¹⁴³⁾

경련의 종류

증례 9(지속 경련)

28세 양극성 장애의 여성 환자로 전기경련치료 79회기에서 전기자극 이후 경련이 지속되어 120초를 경과하였으며, 티오펜탈 100 mg을 추가 투여하여 경련을 중단시켰다. 이 당시 마취유도제는 직전 회기와 동일한 용량으로, 티오펜탈 350 mg, 석시닐콜린 80 mg이었다.

통상적으로 유효한 임상적 경련 기간은 25~60초로 알려져 있다. 경련이 3분 이상 지속되면 산소 공급이 충분해도 신경세포의 과흥분으로 뇌 손상까지 일어날 수 있기 때문에, 경련이 지속되는 경우에는 뇌파를 계속해서 관찰하면서 간질 중첩증에 준하여 치료한다. 일차로는 기존의 마취유도제를 추가 투여하거나 미다졸람 1~2 mg을 정맥 투여하여 경련을 중단시킨다. 지속 경련 기간의 기준으로 영국은 2분 이상, 미국은 3분 이상¹²⁾¹⁴⁴⁾으로 판단하고 있다.¹²⁾¹⁴⁵⁾ 본 저자들은 경련이 1분 30초 이상 지속되는 경우에 마취유도제의 추가 투여 준비를 마취통증의학과 의료진에 요청하고, 2분이 넘어가면 뇌파 양상을 평가하여 약물 투여 등으로 경련을 중단시킨다. 또한 경련이 종료되고 자발 호흡과 의식이 돌아올 때까지 인공 환기를 지속하면서 의식, 호흡, 순환, 움직임, 산소포화도 등을 지속적으로 감시 및 관찰한다. 병실로 복귀한 후에 추가적인 뇌파 검사의 여부는 임상적 판단에 의한다.

회복기

경련후 호흡 관련 문제

증례 6(혈압 상승과 후두 연축)

26세 남성 조현병 환자로 BMI 28.9로 과체중이었으며, 마취 유도제로 티오펜탈 250 mg을 사용하였다. 전하량 80 mC에서 80초의 뇌파 경련 기간을 보였으며, 경련 도중에 수축기 혈압이 200 mm Hg 이상으로 상승하여 니카르디핀을 1 mg씩 2회 투여하였고, 의식회복 과정에서는 무호흡과 후두연축, 혼동 증상이 관찰되었다. 이 환자의 경우는 앞서 언급된 증례 8(석시닐콜린)과 달리 산소포화도는 90% 이하로 내려가지 않았다. 후두연축으로 인하여 기도유지 자세를 취하면서 미다졸람을 투여하여 안정시키는 처치가 두세 차례 반복되었다. 증례 8에서는 티오펜탈에서 프로포폴로 교체해도 해결되지 않고 석시닐콜린의 증량으로 해결된 것과는 달리 마취유도제를 프로포폴 100 mg으로 변경한 후부터는 더 이상 혈압 상승 및 후두연축, 혼동 증상이 나타나지 않았다.

전기경련치료 동안 기도유지를 위하여 100% 산소를 공급하면서 표준 안면 마스크를 사용하여 용수환기한다. 전기자극에 의한 경련과 석시닐콜린에 의한 근육 연축은 체내 산소 소비량을 늘리고, 이산화탄소 생산을 증가시킨다.⁴⁾ 따라서 경련이 종료된 후에도 약 5분간 적절히 환기량을 늘려야 하며, 근이완제의 효과가 사라지고 자발적 호흡이 다시 돌아올 때까지 인공 환기를 지속해야 한다. 환기가 부적절한 경우 저산소증이나 고탄산증을 유발하게 되고 경련 후 고혈압과 빈맥이 나타날 수 있다.¹⁴⁶⁾

또한, 회복 과정에서 과다한 타액 분비 등이 추가적인 호흡 기계적 문제를 발생시킬 수 있기 때문에, 적절히 구강, 비강 흡인을 해주어야 한다. 실제로 Tecoult 등은 75명의 환자에서 612회의 전기경련치료를 하는 동안 타액과 관련한 잠재적으로 위급할 수 있는 흡인성 폐렴 환자 1명을 보고하였고, 심한 후두연축과 기관지연축이 각각 5건과 2건이 있었으며, 그중 4건은 타액에 의한 것이었다고 하였다.¹³⁶⁾¹⁴⁷⁾

증례 7, 8과 같이 과체중, 비만 환자의 경우에 진단받지 않은 폐쇄성 무호흡증후군(obstructive sleep apnea syndrome, OSAS)의 가능성도 배제할 수 없다. 특히 이런 환자들은 자발 호흡이 되돌아올 때, 안와위 자세로 있기 때문에 자발적으로 환기하기가 어려울 수 있다. 폐쇄성 수면무호흡증은 30~40대 성인 가운데 10% 이상에서 중증도 이상[Apnea-Hypopnea Index (AHI) > 15]의 수면무호흡증이 관찰되며, 50세 이상에서는 17% 이상에서 관찰되는 매우 흔한 질환이다.¹⁴⁸⁾¹⁴⁹⁾ 특히 연령의 증가와 비만이 있을수록 폐쇄성 수면무호흡증은 증가되

며, 비만이 심할수록 더 심한 무호흡증이 관찰된다.¹⁵⁰⁾ 과도한 비만은 수면 무호흡증의 악화에도 영향을 주지만, 호흡에도 영향을 줄 수 있는데, 첫째, 비만으로 흉벽에 지방이 축적되고, 이 지방이 흉곽을 압박하여 폐의 용적을 감소시킬 수 있으며, 복부지방의 증가는 마취 시 횡경막의 원활한 움직임에 방해하며, 이는 상기도에 대한 기관지의 중단견인력(longitudinal traction)을 감소시켜 상기도의 허탈력을 증가시켜 호흡에 영향을 줄 수 있다.¹⁵¹⁻¹⁵³⁾

정신질환을 앓고 있는 경우에는 더 높은 비율의 수면무호흡증이 보고되고 있는데, 주요 우울증의 경우 36.3%, 양극성 장애는 24.5%, 조현병에서는 15.4%에서 관찰되었다.¹⁵⁴⁾ 특히, 항정신병 약물을 복용하는 경우 대사성 증후군의 부작용 및 체중 증가 등의 문제가 발생하게 되면 무호흡증의 증상은 더 악화될 수 있으며, 이러한 환자들이 전기경련치료를 받는 경우 마취 전 과정에서 세심한 주의가 필요할 것이다.

경련 후 흥분(Postictal agitation)

증례 14(경련 후 흥분)

45세 남성으로 양극성 장애의 증상 조절을 위해 전기경련 치료가 의뢰되었다. BMI 36.3인 환자였으며, 티오펜탈 400 mg과 석시닐콜린 120 mg으로 마취를 하였으며, 마취 도중 혈압이 높아서 라베탈롤 20 mg, 에스몰롤 30 mg, 니카르디핀 1 mg을 차례로 투여하였다. ECT 시술 후 회복실에서 지남력 장애와 침상에서 억지로 일어나려고 하며, 구두 지시에 따르지 않고, 배뇨를 하는 등의 증상이 관찰되어, 미다졸람 2 mg을 정맥 투여하였으며, 5분 정도 후 진정되었다.

전기경련치료 종료 후 의식회복의 과정에서 발생하는 경련 후 흥분은 비교적 흔하여 7~36%까지 보고되고 있으며,¹³⁶⁾ 섬망은 36%까지 이르기도 한다.¹⁵⁵⁾ 지남력 저하, 산만하고 무의미한 행동, 구두 지시에 무반응, 공황 행동, 수액세트 라인의 임의 제거, 회복실 이탈 등의 증상이나 이상 행동들이 나타나며 이로 인하여 환자뿐만 아니라 치료진도 위험에 빠질 수 있다. 특히 노인 섬망 환자 등에서는 낙상을 주의해야 한다. 경련 후 흥분은 경련 직후 5분에서 1시간가량 지속되고 시간이 경과하면 자연적으로 해소된다. 증상이 처음에는 흥분으로 보이나, 비경련성 간질 발작인 경우도 드물게 가능하다. 따라서 경련 후 흥분의 원인으로 지연성 경련을 배제하기 위하여 추적 뇌파 검사를 할 필요가 있다.¹³⁶⁾¹³⁸⁾ 경련 후 흥분이 심한 경우라도 치료를 중단할 필요는 없지만, 환자가 치료에 대한 동의를 철회할 수도 있다. 경련 후 섬망은 대체로 경련 자체에 의한 것으로 판단된다. 전기경련치료에 의한 인지 장애는 경련 후 흥분 이외에도 경련 간 혼란과 기억 장애 등이

나타날 수 있다.¹⁵⁶⁾

증례 15(경련 후 흥분, 오심과 두통)

33세 여성 조현병 환자로 티오펜탈 175 mg, 석시닐콜린 60 mg으로 마취하였다. 4회기부터 치료 종료 후 자발 호흡과 의식회복기에 사지의 움직임이 많고, 구두 지시에 반응이 없으며, 지속적으로 침상에서 일어나려고 하였다. 회복실에서도 지남력 저하와 혈압 측정도 어려울 정도로 불수의적 행동이 반복되어, 보호자가 옆에서 보호할 수 있도록 하였고, 약물 처치 없이 수분 만에 안정되었다. 병실로 돌아와서는 오심과 구토, 두통을 호소하였다. 오심과 구토는 메토클로프라미드(metoclopramide)을 투여하면서 호전되었고 두통은 0~10점의 숫자 통증 강도척도(numeric pain rating scale, 이하 NRS)상 6점에 해당하였고, 타이레놀(tylenol)을 시차를 두고 반복 투여하면서 NRS상 2점으로 해소되었다. 본 저자들은 NRS상 3점 이상의 유의한 통증이 있는 경우에 타이레놀을 최소한 2시간 간격으로 2회까지 투여하고 있다.

경련 후 흥분은 경도부터 중증까지 다양하게 나타날 수 있다. 처치 환경이 적절하고 경도의 증상인 경우는 약물 투여보다는 보호자나 의료진의 보호하에 간단한 제한과 수액 주사 라인의 유지 정도로도 효과적이며, 일정한 시간이 경과 후에 자연적으로 안정이 된다. 지지적 치료가 성공적이지 않거나 흥분 정도가 심하고 지속되면 급성 증상 완화를 위하여 일시적으로 강박과 정맥주사로 약물 치료를 한다. 많은 환자들에서 경련 후 흥분이 반복되는 경향이 있어서 충분한 시간과 간병인을 제공하는 등 차후 치료에서는 미리 대비할 필요가 있다.¹⁵⁷⁾

경련 후 흥분이 발생하는 원인으로는 전기자극의 각종 지표, 전하량, 리듬의 병용, 마취유도제의 용량과 근이완제, 치료 전 불안 정도 등 전기경련치료에 관여하는 거의 모든 요소들이 관련이 있다.¹⁵⁷⁻¹⁶⁰⁾ 이에 따라 사인파의 불필요한 전기량을 사각파로 변경하며, 파폭(pulse width)을 단파의 사용으로 줄이고, 양측전두측두엽 전극위치를 단측성이나 양측전두엽 전극위치로 변경하고, 병용하는 리듬을 중단하고, 우측 단측성 전극위치일 경우에도 경련 후 흥분이 발생할 경우 좌측단측성 전극으로의 변경도 고려하여, 비우세성 대뇌반구를 자극하는 등 관련 요인들을 개선함에 따라 경련 후 흥분의 발생을 줄일 수 있다.⁵⁷³⁾ 또한, 마취유도제와 근이완제의 용량을 적절히 증량하면 경련 후 흥분의 발생을 최소화할 수 있다.⁹¹³⁶⁾ 전기자극에 의한 경련 기간이 80초 이상으로 길수록 경련 후 흥분이 더 발생하며,¹⁶¹⁾ 강직증 환자에서 더 많이 발생한다.¹⁵⁵⁾

경련 후 흥분과 지연 경련의 표준 약물 치료는 미다졸람, 로라제팜, 디아제팜 등의 정맥 내 투여이다. 미다졸람은 단기

작용으로 0.5~2 mg을 주로 사용한다.¹⁵⁶⁾ 섭망으로 판단되면 할로페리돌 5~20 mg을 정맥주사할 수 있다. 이들 약제에도 반응하지 않는 심한 경우에는 마취유도제를 다시 투여할 수 있다. 경련 종료 후 처음에는 프로포폴 0.1~2 mg/kg을 일회량(bolus) 정주하고, 이후 20분~1시간 동안 1.5~9 mg/kg을 지속 정주한다.¹⁵⁸⁾¹⁶²⁾ 이때는 기도유지와 저혈압 방지를 위하여 산소포화도 및 혈압을 모니터링한다.¹³⁶⁾

전기경련치료 시행 후에는 의식과 호흡, 근이완 등의 완전한 회복을 포함하여 치료 과정과 관련된 합병증이나 부작용에 대한 전반적인 관리가 필요하다. 실제 회복 과정에서 나타나는 증상들이 전신 마취에 의한 것인지 전기자극에 의한 경련 때문인지 불분명하며 때로는 중첩되어 있어 구분하기는 어렵다. 전기경련치료의 마취유도제는 저용량의 일회 정주용량을 사용하기 때문에 일반 수술의 마취보다 합병증의 빈도는 낮은 편이고, 마취 후에 의식과 자발 호흡이 돌아오는 과정은 마취유도제와 근이완제로부터의 회복 과정이지만, 오심 및 구토, 두통, 혼돈, 섭망 등은 전신 마취나 전기자극에 의한 경련 후의 회복 과정에서 흔히 나타날 수 있기 때문이다.

퇴원 기준과 환자 교육

외래 기반의 전기경련치료에서는 분명하고 적절한 퇴원의 기준을 준수해야 한다. 당일 수술센터의 퇴원 기준을 적용할 수 있으며, 주요 퇴원 기준으로는 지남력 회복, 명료한 의식, 안정된 활력징후 및 보행, 수분 섭취 등이 포함된다.⁵⁸⁾ 마취후 퇴원 평가체계(postanesthesia discharge scoring system, PADSS)는 외래 수술센터에서 사용하는 간단한 방법으로 전기경련치료에서도 쉽게 준용할 수 있다.⁵¹⁵⁹⁾ 활력징후와 보행, 통증, 오심 및 구토, 수술 출혈 등의 5가지 항목들을 각각 0, 1, 2점으로 채점하여 합산한다. 외래 수술센터에서는 9점 이상이 되어야 보호자의 동반하에 퇴원이 가능하다. 외래 기반 전기경련치료의 경우에는 환자의 정신상태 평가를 해야 하며, 귀가 후 안정이 어려울 것으로 예상되면 입원도 고려해야 한다. 두통이나 근육통, 오심 등에 대한 처치가 필요하며 가벼운 간식이나 배뇨가 확인될 때까지 회복실에서 대기하는 것이 좋다.¹³⁶⁾

결론

전기경련치료의 과정에서 마취는 전기자극에 의한 성공적인 치료적 경련 유발의 성공 여부를 결정하는 중요한 요소이다. 즉 전기자극에 의한 경련 유발을 성공적으로 수행하는 데에 마취 자체의 부작용이 때로는 걸림돌이 되기도 하지만 마취유도제가 경련의 품질을 향상시키는 해결책이 되기도 하

Table 1. Cases and their managements associated with anesthesiology in ECT

증례	발생한 문제	치 치
1	금식과 물 마심	금식 및 공복 유지
2	마취 전 불안과 행동 장애 및 벤조디아제핀 투여	플루마제닐 전처치
3	자해 행동	케타민 전처치
4	빈맥	베타차단제 투여
5	혈관통	심리적 안정 유도
6	혈관통, 혈압 상승 및 후두 연축	마취유도제 변경
7	과체중	기도유지, 마취유도제 변경
8	저산소증	근이완제 증량
9	경련시간의 단축/지속 경련	마취유도제 변경 및 레미펜탈닐 병용과 과호흡 유도/마취 유도제 추가 투여로 경련 중단
10	경련 유발 실패	마취유도제 변경
11	마취 중 각성	마취유도제 증량
12	혈압 및 맥박 상승	칼슘채널 차단제 투여
13	혈압 및 맥박 상승	베타 차단제, 알파-2 효연제 투여
14	경련 후 흥분	미다졸람 투여
15	경련 후 흥분/오심과 두통	의료진 대기 및 보호/ 메토클로프 라미드, 타이레놀 투여

기 때문이다. 본 증례 연구에서 제시한 증례들과 같이 전기경련치료 및 마취와 관련되어 나타나는 부적절한 마취 심도, 경련 실패 및 경련 시간의 단축, 후두연축 등이 복용 약물의 조절 및 마취 유도 전 과호흡, 전하량의 증가뿐만 아니라 마취 유도제의 용량 조절이나 변경, 추가 등을 통하여 해소되는 것을 보면서, 본 저자들은 마취의 중요성을 다시 한 번 주목하게 되었다. 그리하여 단순히 마취를 전기자극에 의한 부작용 방지 및 편의의 과정이라고 하기보다는 환자의 안전을 보장하고 전기경련치료의 임상적 효과를 최적화할 수 있는 중요한 수단이라는 인식의 변화를 갖게 되었다. 특히, 전기경련치료를 준비하고 있는 정신건강의학과 의료진 입장에서는 좋은 파트너가 될 수 있는 마취통증의학과 의료진의 아낌없는 도움을 받는다는 것은 전기경련치료의 최적화를 위한 반 이상의 의미를 갖고 있다고 생각된다. 본문에 제시된 증례들을 표 1에 간략히 요약하였다. 추후, 본 증례들과 관련된 사항들에 대한 추가적인 증례 사례 및 심층적인 연구들이 필수적이며, 이는 전기경련치료를 시술하는 모든 정신건강의학과 의료진들의 노력이 필요하다. 다만 저자들이 본 원고에서 피력한 의견이 반드시 옳다는 증거는 없음을 상기하고 하나의 참고로서 이용되기 바란다.

중심 단어: 전기경련치료·마취·최적화·주요 정신장애.

Conflicts of interest

The authors have no financial conflicts of interest.

REFERENCES

- 1) **Bailine S, Fink M, Knapp R, Petrides G, Husain MM, Rasmussen K, et al.** Electroconvulsive therapy is equally effective in unipolar and bipolar depression. *Acta Psychiatr Scand* 2010;121:431-436.
- 2) **Nobler MS, Sackeim HA.** Electroconvulsive therapy. In: Henn F, Sartorius N, Helmchen H, Lauter H, editors. *Contemporary psychiatry*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg;2001. p.1795-1803.
- 3) **Thomann PA, Wolf RC, Nolte HM, Hirjak D, Hofer S, Seidl U, et al.** Neuromodulation in response to electroconvulsive therapy in schizophrenia and major depression. *Brain Stimul* 2017;10:637-644.
- 4) **Saito S.** Anesthesia management for electroconvulsive therapy: hemodynamic and respiratory management. *J Anesth* 2005;19:142-149.
- 5) **Youn T, Kang UG, Kim YS, Chung IW.** Recent trends for optimization of electroconvulsive therapy. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 2016;55:12-24.
- 6) **Demoto Y.** Comprehensive monitoring during procedures under reasonable anesthetic control. In: Saito S, editor. *Anesthesia management for electroconvulsive therapy: practical techniques and physiological background*. Tokyo: Springer Japan;2016. p.17-47.
- 7) **Jeong JH, Youn T, Kim YS.** History of electroconvulsive therapy. In: Kim YS, editor. *Electroconvulsive therapy*. Seoul: Seoul National University Press; In press.
- 8) **Holmberg G, Thesleff S.** Succinyl-choline-iodide as a muscular relaxant in electroshock therapy. *Am J Psychiatry* 1952;108:842-846.
- 9) **Chung IW, Choi JK.** Anesthesia for electroconvulsive therapy. In: Kim YS, editor. *Electroconvulsive therapy*. Seoul: Seoul National University Press; In press.
- 10) **Coffey CE, Kellner C.** Electroconvulsive therapy. In: Coffey CE, Cummings JL, editors. *The American Psychiatric Press textbook of geriatric neuropsychiatry*. Washington, DC: American Psychiatric Press;2000. p.829-859.
- 11) **Kim EY, Youn T, Kim YS.** Electroconvulsive therapy in special population. In: Kim YS, editor. *Electroconvulsive therapy*. Seoul: Seoul National University Press; In press.
- 12) **American Psychiatric Association, Committee on Electroconvulsive Therapy.** The practice of electroconvulsive therapy : recommendations for treatment, training, and privileging: a task force report of the American Psychiatric Association. 2nd ed. Washington, DC: American Psychiatric Association;2001.
- 13) **American Society of Anesthesiologists Committee.** Practice guidelines for preoperative fasting and the use of pharmacologic agents to reduce the risk of pulmonary aspiration: application to healthy patients undergoing elective procedures: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Committee on Standards and Practice Parameters. *Anesthesiology* 2011;114:495-511.
- 14) **Bryson EO, Kellner CH.** Airway and respiratory management during electroconvulsive therapy (ECT). In: Saito S, editor. *Anesthesia management for electroconvulsive therapy: practical techniques and physiological background*. Tokyo: Springer;2016. p.66.
- 15) **Jaffe R, Dubin W, Shoyer B, Roemer R, Sharon D, Lipschutz L.** Outpatient electroconvulsive therapy: efficacy and safety. *Convuls Ther* 1990;6:231-238.
- 16) **Kramer BA.** Outpatient electroconvulsive therapy: a cost-saving alternative. *Hosp Community Psychiatry* 1990;41:361-363.
- 17) **Lee JE, Park SJ, Lim JG, Yang HS.** Ambulatory anesthetic care for electroconvulsive therapy (ECT) in psychiatric patients. *Korean J Anesthesiol* 2002;43:520-524.
- 18) **Pal R, Pal VS.** Anesthesia for electroconvulsive therapy: a noble approach. *Int J Med Res Health Sci* 2015;4:890-895.
- 19) **Brown NI, Mack PF, Mitera DM, Dhar P.** Use of the ProSeal laryn-

- geal mask airway in a pregnant patient with a difficult airway during electroconvulsive therapy. *Br J Anaesth* 2003;91:752-754.
- 20) **Haeck M, Gillmann B, Janouschek H, Grözinger M.** Electroconvulsive therapy can benefit from controlled hyperventilation using a laryngeal mask. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci* 2011;261 Suppl 2: S172-S176.
 - 21) **Azuma H, Fujita A, Sato K, Arahata K, Otsuki K, Hori M, et al.** Postictal suppression correlates with therapeutic efficacy for depression in bilateral sine and pulse wave electroconvulsive therapy. *Psychiatry Clin Neurosci* 2007;61:168-173.
 - 22) **Nobler MS, Sackeim HA, Solomou M, Lubner B, Devanand DP, Prudic J.** EEG manifestations during ECT: effects of electrode placement and stimulus intensity. *Biol Psychiatry* 1993;34:321-330.
 - 23) **McCall WV, Robinette GD, Hardesty D.** Relationship of seizure morphology to the convulsive threshold. *Convuls Ther* 1996;12:147-151.
 - 24) **Bailine SH, Safferman A, Vital-Herne J, Bernstein S.** Flumazenil reversal of benzodiazepine-induced sedation for a patient with severe pre-ECT anxiety. *Convuls Ther* 1994;10:65-68.
 - 25) **Krystal AD, Watts BV, Weiner RD, Moore S, Steffens DC, Lindahl V.** The use of flumazenil in the anxious and benzodiazepine-dependent ECT patient. *J ECT* 1998;14:5-14.
 - 26) **Reves JG, Glass P, Lubarsky DA, McEvoy MD, Ruiz RM.** Intravenous anesthetics. In: Miller RD, editor. *Miller's anesthesia*. Philadelphia, PA: Churchill Livingstone/Elsevier;2010. p.719-771.
 - 27) **Kurdi MS, Theerth KA, Deva RS.** Ketamine: current applications in anesthesia, pain, and critical care. *Anesth Essays Res* 2014;8:283-290.
 - 28) **Shettar SM, Grunhaus L, Pande AC, Tandon RC, Kronfol ZA, Haskett RF.** Protective effects of intramuscular glycopyrrolate on cardiac conduction during ECT. *Convuls Ther* 1989;5:349-352.
 - 29) **Knos GB, Sung YF, Cooper RC, Stoudemire A.** Electroconvulsive therapy--induced hemodynamic changes unmask unsuspected coronary artery disease. *J Clin Anesth* 1990;2:37-41.
 - 30) **Uppal V, Dourish J, Macfarlane A.** Anaesthesia for electroconvulsive therapy. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain* 2010;10:192-196.
 - 31) **Kramer BA, Allen RE, Friedman B.** Atropine and glycopyrrolate as ECT preanesthesia. *J Clin Psychiatry* 1986;47:199-200.
 - 32) **Kelway B, Simpson KH, Smith RJ, Halsall PJ.** Effects of atropine and glycopyrrolate on cognitive function following anaesthesia and electroconvulsive therapy (ECT). *Int Clin Psychopharmacol* 1986;1: 296-302.
 - 33) **Sommer BR, Satlin A, Friedman L, Cole JO.** Glycopyrrolate versus atropine in post-ECT amnesia in the elderly. *J Geriatr Psychiatry Neurol* 1989;2:18-21.
 - 34) **MacPherson RD, Lawford J, Simpson B, Mahon M, Scott D, Loo C.** Low dose lignocaine added to propofol does not attenuate the response to electroconvulsive therapy. *J Affect Disord* 2010;126:330-333.
 - 35) **Rasmussen KG, Ritter MJ.** Anesthetic-induced pain on injection in electroconvulsive therapy: review of the literature and suggestions for prevention. *J ECT* 2014;30:203-209.
 - 36) **Eriksson M.** Prilocaine reduces injection pain caused by propofol. *Acta Anaesthesiol Scand* 1995;39:210-213.
 - 37) **Fu W, Stool LA, White PF, Husain MM.** Acute hemodynamic responses to electroconvulsive therapy are not related to the duration of seizure activity. *J Clin Anesth* 1997;9:653-657.
 - 38) **Gajraj NM, Nathanson MH.** Preventing pain during injection of propofol: the optimal dose of lidocaine. *J Clin Anesth* 1996;8:575-577.
 - 39) **Helbo-Hansen S, Westergaard V, Krogh BL, Svendsen HP.** The reduction of pain on injection of propofol: the effect of addition of lignocaine. *Acta Anaesthesiol Scand* 1988;32:502-504.
 - 40) **King SY, Davis FM, Wells JE, Murchison DJ, Pryor PJ.** Lidocaine for the prevention of pain due to injection of propofol. *Anesth Analg* 1992;74:246-249.
 - 41) **Lee SH, Bae HB, Jeong CY, Chung SS, Yoo KY.** The effect of lidocaine on propofol-induced hemodynamic changes during induction of anesthesia in elderly patients. *Korean J Anesthesiol* 2005;48:614-618.
 - 42) **Heo JS, Kim GH, Lee SM.** Anesthesia for caffeine augmentation in electroconvulsive therapy: a case report. *Korean J Anesthesiol* 2006; 50:236-239.
 - 43) **Watts BV, Groft A, Bagian JP, Mills PD.** An examination of mortality and other adverse events related to electroconvulsive therapy using a national adverse event report system. *J ECT* 2011;27:105-108.
 - 44) **American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of patients with obstructive sleep apnea.** Practice guidelines for the perioperative management of patients with obstructive sleep apnea: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of patients with obstructive sleep apnea. *Anesthesiology* 2014;120:268-286.
 - 45) **Gupta MA, Simpson FC.** Obstructive sleep apnea and psychiatric disorders: a systematic review. *J Clin Sleep Med* 2015;11:165-175.
 - 46) **Verduzco LA, Lemmens HJ.** What is the best way to induce general anesthesia in obese patients? In: Leykin Y, Brodsky J, editors. *Controversies in the Anesthetic Management of the Obese Surgical Patient*. Milano: Springer;2013. p.157-168.
 - 47) **Langeron O, Masso E, Huraux C, Guggiari M, Bianchi A, Coriat P, et al.** Prediction of difficult mask ventilation. *Anesthesiology* 2000; 92:1229-1236.
 - 48) **Surve R, Bansal S, Sriganesh K, Subbakrishna DK, Thirthalli J, Umamaheswara Rao GS.** Incidence and risk factors for oxygen desaturation during recovery from modified electroconvulsive therapy: a prospective observational study. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 2015;31:99-103.
 - 49) **World Health Organization.** "BMI Classification". *Global Database on Body Mass Index*;2012.
 - 50) **Kadar AG, Ing CH, White PF, Wakefield CA, Kramer BA, Clark K.** Anesthesia for electroconvulsive therapy in obese patients. *Anesth Analg* 2002;94:360-361.
 - 51) **Bergsholm P, Gran L, Bleie H.** Seizure duration in unilateral electroconvulsive therapy. The effect of hypocapnia induced by hyperventilation and the effect of ventilation with oxygen. *Acta Psychiatr Scand* 1984;69:121-128.
 - 52) **Datto C, Rai AK, Ilivicky HJ, Caroff SN.** Augmentation of seizure induction in electroconvulsive therapy: a clinical reappraisal. *J ECT* 2002;18:118-125.
 - 53) **Pande AC, Shea J, Shettar S, Grunhaus LJ, Haskett RF.** Effect of hyperventilation on seizure length during electroconvulsive therapy. *Biol Psychiatry* 1990;27:799-801.
 - 54) **Sartorius A, Muñoz-Canales EM, Krumm B, Krier A, Andres FJ, Bender HJ, et al.** ECT anesthesia: the lighter the better? *Pharmacopsychiatry* 2006;39:201-204.
 - 55) **Lihua P, Su M, Ke W, Ziemann-Gimmel P.** Different regimens of intravenous sedatives or hypnotics for electroconvulsive therapy (ECT) in adult patients with depression. *Cochrane Database Syst Rev* 2014 Apr 11 [Epub]. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009763.pub2>.
 - 56) **Avramov MN, Husain MM, White PF.** The comparative effects of methohexital, propofol, and etomidate for electroconvulsive therapy. *Anesth Analg* 1995;81:596-602.
 - 57) **Jun GW, Yang HS, Lee YK, Seo HJ.** Anesthetic efficacy of etomidate, propofol and thiopental sodium during electroconvulsive therapy. *Anesth Pain Med* 2011;6:32-36.
 - 58) **Lee IH, Kong MH.** The Comparison of the effects of propofol and etomidate on seizure duration and hemodynamic responses during ECT. *Korean J Anesthesiol* 2000;39:29-36.
 - 59) **Rasmussen KG.** Propofol for ECT anesthesia a review of the literature. *J ECT* 2014;30:210-215.

- 60) **Hooten WM, Rasmussen KG Jr.** Effects of general anesthetic agents in adults receiving electroconvulsive therapy: a systematic review. *J ECT* 2008;24:208-223.
- 61) **Eranti SV, Mogg AJ, Pluck GC, Landau S, McLoughlin DM.** Methohexitone, propofol and etomidate in electroconvulsive therapy for depression: a naturalistic comparison study. *J Affect Disord* 2009;113:165-171.
- 62) **Mitchell P, Torda T, Hickie I, Burke C.** Propofol as an anaesthetic agent for ECT: effect on outcome and length of course. *Aust N Z J Psychiatry* 1991;25:255-261.
- 63) **Bauer J, Hageman I, Dam H, Báez A, Bolwig T, Roed J, et al.** Comparison of propofol and thiopental as anesthetic agents for electroconvulsive therapy: a randomized, blinded comparison of seizure duration, stimulus charge, clinical effect, and cognitive side effects. *J ECT* 2009;25:85-90.
- 64) **Kellner CH, Bryson EO.** Electroconvulsive therapy anesthesia technique: minimalist versus maximally managed. *J ECT* 2013;29:153-155.
- 65) **Kim EJ, Kim SH, Hyun YJ, Noh YK, Jung HS, Han SY, et al.** Clinical and psychological characteristics of propofol abusers in Korea: a survey of propofol abuse in 38, non-healthcare professionals. *Korean J Anesthesiol* 2015;68:586-593.
- 66) **Kim JH, Byun H, Kim JH.** Abuse potential of propofol used for sedation in gastric endoscopy and its correlation with subject characteristics. *Korean J Anesthesiol* 2013;65:403-409.
- 67) **Earley PH, Finver T.** Addiction to propofol: a study of 22 treatment cases. *J Addict Med* 2013;7:169-176.
- 68) **Trzepacz PT, Weniger FC, Greenhouse J.** Etomidate anesthesia increases seizure duration during ECT. A retrospective study. *Gen Hosp Psychiatry* 1993;15:115-120.
- 69) **Tan HL, Lee CY.** Comparison between the effects of propofol and etomidate on motor and electroencephalogram seizure duration during electroconvulsive therapy. *Anaesth Intensive Care* 2009;37:807-814.
- 70) **Singh PM, Arora S, Borle A, Varma P, Trikha A, Goudra BG.** Evaluation of etomidate for seizure duration in electroconvulsive therapy: a systematic review and meta-analysis. *J ECT* 2015;31:213-225.
- 71) **Ball C, Westhorpe R.** Intravenous induction agents: etomidate. *Anaesth Intensive Care* 2002;30:405.
- 72) **Lebowitz P.** Etomidate is still a valid anesthetic for electroconvulsive therapy. *J ECT* 2014;30:261-262.
- 73) **Youn T, Chung IW, Kim YS.** Stimulation dosage and methods. In: Kim YS, editor. *Electroconvulsive therapy*. Seoul: Seoul National University Press; In press.
- 74) **Yi J, Torres J, Azner Y, Vaidya P, Schiavi A, Reti IM.** Flumazenil pretreatment in benzodiazepine-free patients: a novel method for managing declining ECT seizure quality. *J ECT* 2012;28:185-189.
- 75) **Park HS, Lee JH, Lee KN, Moon JI.** Comparison of propofol and thiopental for electroconvulsive therapy: effects on hemodynamic changes and intraocular pressure. *Korean J Anesthesiol* 1996;30:305-310.
- 76) **Kang CK, Shin OY, Kim KS, Choi YK, Kwon MI.** Comparison of propofol and thiopental sodium as anesthetic induction agents for electroconvulsive therapy. *Korean J Anesthesiol* 1996;31:184-189.
- 77) **Choe YK, Lee SR, Lee KM, Cheong SH, Kim YJ, Shin CM, et al.** Correlation between pre-ictal bispectral index and seizure duration during electroconvulsive therapy under thiopental anesthesia. *Korean J Anesthesiol* 2003;45:693-696.
- 78) **Thimmaiah R, Thirthalli J, Ramesh VJ, Radhakrishnan MC, Muralidharan K, Mahadevaiah M, et al.** Effect of a course of electroconvulsive therapy on interictal bispectral index values: a prospective study. *J ECT* 2012;28:20-23.
- 79) **Litt L, Li D.** Awareness without recall during anesthesia for electroconvulsive therapy. *Anesthesiology* 2007;106:871-872.
- 80) **Titch JF, Vacchiano C.** Pre-ictal bispectral index values; are they accurate? *Br J Anaesth* 2015;114:529-530.
- 81) **Bryson EO, Briggs MC, Pasculli RM, Popeo DM, Kellner CH.** Depth of anesthesia appropriate for electroconvulsive therapy: the lash reflex need not be abolished. *J ECT* 2014;30:e40.
- 82) **Gajwani P, Muzina D, Gao K, Calabrese JR.** Awareness under anesthesia during electroconvulsive therapy treatment. *J ECT* 2006;22:158-159.
- 83) **Rule E, Reddy S.** Awareness under general anaesthesia. *Br J Hosp Med (Lond)* 2014;75:573-577.
- 84) **Myles PS, Leslie K, McNeil J, Forbes A, Chan MT.** Bispectral index monitoring to prevent awareness during anaesthesia: the B-Aware randomised controlled trial. *Lancet* 2004;363:1757-1763.
- 85) **Pandit JJ, Andrade J, Bogod DG, Hitchman JM, Jonker WR, Lucas N, et al.** The 5th National Audit Project (NAP5) on accidental awareness during general anaesthesia: summary of main findings and risk factors. *Anaesthesia* 2014;69:1089-1101.
- 86) **Sebel PS, Bowdle TA, Ghoneim MM, Rampil IJ, Padilla RE, Gan TJ, et al.** The incidence of awareness during anesthesia: a multicenter United States study. *Anesth Analg* 2004;99:833-839.
- 87) **Ghoneim MM, Block RI, Haffarnan M, Mathews MJ.** Awareness during anesthesia: risk factors, causes and sequelae: a review of reported cases in the literature. *Anesth Analg* 2009;108:527-535.
- 88) **Punjasawadwong Y, Boonjeungmonkol N, Phongchiewboon A.** Bispectral index for improving anaesthetic delivery and postoperative recovery. *Cochrane Database Syst Rev* 2007 Oct 17 [Epub]. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003843.pub2>.
- 89) **Avidan MS, Zhang L, Burnside BA, Finkel KJ, Searleman AC, Selvidge JA, et al.** Anesthesia awareness and the bispectral index. *N Engl J Med* 2008;358:1097-1108.
- 90) **Brice DD, Hetherington RR, Utting JE.** A simple study of awareness and dreaming during anaesthesia. *Br J Anaesth* 1970;42:535-542.
- 91) **Kempen PM.** Electroconvulsive therapy: compassion in care and risk-benefits of discomfort. *Anesthesiology* 2007;107:857; author reply 857-858.
- 92) **Peterchev AV, Rosa MA, Deng ZD, Prudic J, Lisanby SH.** Electroconvulsive therapy stimulus parameters: rethinking dosage. *J ECT* 2010;26:159-174.
- 93) **Nishikawa K, Yanmakage M.** Reconsideration of augmentation strategies in electroconvulsive therapy: effects of the concurrent use of a reduced dose of propofol with divided supplemental remifentanyl and moderate hyperventilation on electroconvulsive therapy-induced seizure production and adverse events. *Open J Anesthesiol* 2015;5:219-226.
- 94) **Sawayama E, Takahashi M, Inoue A, Nakajima K, Kano A, Sawayama T, et al.** Moderate hyperventilation prolongs electroencephalogram seizure duration of the first electroconvulsive therapy. *J ECT* 2008;24:195-198.
- 95) **Chen ST.** Remifentanyl: a review of its use in electroconvulsive therapy. *J ECT* 2011;27:323-327.
- 96) **Nishikawa K, Higuchi M, Kawagishi T, Shimodate Y, Yamakage M.** Effect of divided supplementation of remifentanyl on seizure duration and hemodynamic responses during electroconvulsive therapy under propofol anesthesia. *J Anesth* 2011;25:29-33.
- 97) **Abdallah CG, Fasula M, Kelmendi B, Sanacora G, Ostroff R.** Rapid antidepressant effect of ketamine in the electroconvulsive therapy setting. *J ECT* 2012;28:157-161.
- 98) **Weiner RD.** The psychiatric use of electrically induced seizures. *Am J Psychiatry* 1979;136:1507-1517.
- 99) **Scott AI.** Hyperventilation and seizure quality. *J ECT* 2014;30:e39.
- 100) **Bergsholm P, Bleie H, Gran L, d'Elia G.** Cardiovascular response and seizure duration as determined by electroencephalography during unilateral electroconvulsive therapy. *Acta Psychiatr Scand* 1993;88:25-28.

- 101) **Gálvez V, Loo CK.** Clinical applicability of monitoring the time interval between anesthesia and electroconvulsive therapy. *J ECT* 2017;33:4-6.
- 102) **Beale MD, Kellner CH, Lemert R, Pritchett JT, Bernstein HJ, Burns CM, et al.** Skeletal muscle relaxation in patients undergoing electroconvulsive therapy. *Anesthesiology* 1994;80:957.
- 103) **Recart A, Rawal S, White PF, Byerly S, Thornton L.** The effect of remifentanyl on seizure duration and acute hemodynamic responses to electroconvulsive therapy. *Anesth Analg* 2003;96:1047-1050.
- 104) **van Zijl DH, Gordon PC, James MF.** The comparative effects of remifentanyl or magnesium sulfate versus placebo on attenuating the hemodynamic responses after electroconvulsive therapy. *Anesth Analg* 2005;101:1651-1655.
- 105) **Rasmussen KG, Imig MW, Varghese R.** Remifentanyl/Thiopental combination and seizure length in electroconvulsive therapy. *J ECT* 2009;25:31-33.
- 106) **Dinwiddie SH, Glick DB, Goldman MB.** The effect of propofol-remifentanyl anesthesia on selected seizure quality indices in electroconvulsive therapy. *Brain Stimul* 2012;5:402-407.
- 107) **Kadoi Y, Saito S.** Effects of adding remifentanyl to propofol anesthesia on systemic hemodynamics, cardiac output, and middle cerebral artery flow velocity during electroconvulsive therapy: a pilot study. *J ECT* 2015;31:98-100.
- 108) **Sedighinejad A, Nabi BN, Haghghi M, Farzam A, Sayyah Z, Kabiri M, et al.** Electroconvulsive therapy-related cognitive impairment and choice of anesthesia: the tipping point. *J ECT* 2015;31:101-104.
- 109) **MacPherson RD.** Which anesthetic agents for ambulatory electroconvulsive therapy? *Curr Opin Anaesthesiol* 2015;28:656-661.
- 110) **Takekita Y, Suwa T, Sunada N, Kawashima H, Fabbri C, Kato M, et al.** Remifentanyl in electroconvulsive therapy: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci* 2016;266:703-717.
- 111) **Loo CK, Gálvez Gálve V.** Ketamine and electroconvulsive therapy. In: Mathew SJ, Zarate, Jr. CA, editors. *Ketamine for treatment-resistant depression: the first decade of progress*. Cham: Springer;2016. p.123-135.
- 112) **Gálvez V, McGuirk L, Loo CK.** The use of ketamine in ECT anaesthesia: a systematic review and critical commentary on efficacy, cognitive, safety and seizure outcomes. *World J Biol Psychiatry* 2017;18:424-444.
- 113) **Lunn RJ, Savageau MM, Beatty WW, Gerst JW, Staton RD, Brumback RA.** Anesthetics and electroconvulsive therapy seizure duration: implications for therapy from a rat model. *Biol Psychiatry* 1981;16:1163-1175.
- 114) **Krystal AD, Weiner RD, Dean MD, Lindahl VH, Tramontozzi LA 3rd, Falcone G, et al.** Comparison of seizure duration, ictal EEG, and cognitive effects of ketamine and methohexital anesthesia with ECT. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 2003;15:27-34.
- 115) **Kranaster L, Kammerer-Ciernoch J, Hoyer C, Sartorius A.** Clinically favourable effects of ketamine as an anaesthetic for electroconvulsive therapy: a retrospective study. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci* 2011;261:575-582.
- 116) **Loo CK, Katalinic N, Garfield JB, Sainsbury K, Hadzi-Pavlovic D, Mac-Pherson R.** Neuropsychological and mood effects of ketamine in electroconvulsive therapy: a randomised controlled trial. *J Affect Disord* 2012;142:233-240.
- 117) **Järventausta K, Chrapek W, Kampman O, Tuohimaa K, Björkqvist M, Häkkinen H, et al.** Effects of S-ketamine as an anesthetic adjuvant to propofol on treatment response to electroconvulsive therapy in treatment-resistant depression: a randomized pilot study. *J ECT* 2013;29:158-161.
- 118) **Rasmussen KG.** Psychiatric side effects of ketamine in hospitalized medical patients administered subanesthetic doses for pain control. *Acta Neuropsychiatr* 2014;26:230-233.
- 119) **Ghasemi M, Kazemi MH, Yoosefi A, Ghasemi A, Paragomi P, Amini H, et al.** Rapid antidepressant effects of repeated doses of ketamine compared with electroconvulsive therapy in hospitalized patients with major depressive disorder. *Psychiatry Res* 2014;215:355-361.
- 120) **Okamoto N, Nakai T, Sakamoto K, Nagafusa Y, Higuchi T, Nishikawa T.** Rapid antidepressant effect of ketamine anesthesia during electroconvulsive therapy of treatment-resistant depression: comparing ketamine and propofol anesthesia. *J ECT* 2010;26:223-227.
- 121) **Erdogan Kayhan G, Yucel A, Colak YZ, Ozgul U, Yoluglu S, Karlıdag R, et al.** Ketofol (mixture of ketamine and propofol) administration in electroconvulsive therapy. *Anaesth Intensive Care* 2012;40:305-310.
- 122) **Wang X, Chen Y, Zhou X, Liu F, Zhang T, Zhang C.** Effects of propofol and ketamine as combined anesthesia for electroconvulsive therapy in patients with depressive disorder. *J ECT* 2012;28:128-132.
- 123) **McGirr A, Berlim MT, Bond DJ, Neufeld NH, Chan PY, Yatham LN, et al.** A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials of adjunctive ketamine in electroconvulsive therapy: efficacy and tolerability. *J Psychiatr Res* 2015;62:23-30.
- 124) **Angst J, Angst K, Baruffol I, Meinherz-Surbeck R.** ECT-induced and drug-induced hypomania. *Convuls Ther* 1992;8:179-185.
- 125) **Fernie G, Currie J, Perrin JS, Stewart CA, Anderson V, Bennett DM, et al.** Ketamine as the anaesthetic for electroconvulsive therapy: the KANECT randomised controlled trial. *Br J Psychiatry* 2017;210:422-428.
- 126) **Anderson IM, Blamire A, Branton T, Clark R, Downey D, Dunn G, et al.** Ketamine augmentation of electroconvulsive therapy to improve neuropsychological and clinical outcomes in depression (Ketamine-ECT): a multicentre, double-blind, randomised, parallel-group, superiority trial. *Lancet Psychiatry* 2017;4:365-377.
- 127) **Enns M, Peeling J, Sutherland GR.** Hippocampal neurons are damaged by caffeine-augmented electroshock seizures. *Biol Psychiatry* 1996;40:642-647.
- 128) **Li EH, Bryson EO, Kellner CH.** Muscle relaxation with succinylcholine in electroconvulsive therapy. *Anesth Analg* 2016;123:1329.
- 129) **Mirzakhani H, Welch CA, Eikermann M, Nozari A.** Neuromuscular blocking agents for electroconvulsive therapy: a systematic review. *Acta Anaesthesiol Scand* 2012;56:3-16.
- 130) **Adnet F, Le Moyec L, Smith CE, Galinski M, Jabre P, Lapostolle F.** Stability of succinylcholine solutions stored at room temperature studied by nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Emerg Med J* 2007;24:168-169.
- 131) **Kopman AF, Zhaku B, Lai KS.** The "intubating dose" of succinylcholine: the effect of decreasing doses on recovery time. *Anesthesiology* 2003;99:1050-1054.
- 132) **Nott MR, Watts JS.** A fractured hip during electroconvulsive therapy. *Eur J Anaesthesiol* 1999;16:265-267.
- 133) **Sarpel Y, Toğrul E, Herdem M, Tan I, Baytok G.** Central acetabular fracture-dislocation following electroconvulsive therapy: report of two similar cases. *J Trauma* 1996;41:342-344.
- 134) **Durant NN, Katz RL.** Suxamethonium. *Br J Anaesth* 1982;54:195-208.
- 135) **Kadoi Y.** Selection of anesthetics and muscle relaxants for electroconvulsive therapy. In: Saito S, editor. *Anesthesia management for electroconvulsive therapy: practical techniques and physiological background*. Tokyo: Springer;2016. p.49-65.
- 136) **Sato M.** Postprocedural assessments and considerations. In: Saito S, editor. *Anesthesia management for electroconvulsive therapy: practical techniques and physiological background*. Tokyo: Springer;2016. p.99-124.
- 137) **Ammundsen HB, Sorensen MK, Gätke MR.** Succinylcholine resistance. *Br J Anaesth* 2015;115:818-821.

- 138) **Ok SH, Woo MK, Kim CG, Hwang I, Sohn JT.** Delayed recovery from paralysis by succinylcholine in patient with preoperatively unrecognized and inherited pseudocholinesterase deficiency. *Korean J Anesthesiol* 2013;65(6 Suppl):S19-S20.
- 139) **Lee JH, Hahn MH, Chung SH, Choi YS, Chang JY, Bae CW, et al.** Statistic observation of marriages, births, and children in multi-cultural families and policy perspectives in Korea. *Korean J Perinatol* 2012;23:76-86.
- 140) **Shin OY, Kang CH, Kim KS.** The effect of the intravenous esmolol on blood pressure and heart rate during electroconvulsive therapy. *Korean J Anesthesiol* 1997;33:1054-1060.
- 141) **Ham SH, Choi YK, Shin KI.** The effect of clonidine pretreatment on cardiovascular response and seizure duration according to electroconvulsive therapy. *Korean J Anesthesiol* 2000;38:243-250.
- 142) **Elliott RL.** Case report of a potential interaction between clonidine and electroconvulsive therapy. *Am J Psychiatry* 1983;140:1237-1238.
- 143) **Fu W, Stool LA, White PF, Husain MM.** Is oral clonidine effective in modifying the acute hemodynamic response during electroconvulsive therapy? *Anesth Analg* 1998;86:1127-1130.
- 144) **Waite J, Easton A.** The ECT Handbook: the third report of the royal college of psychiatrists' special committee of ECT. 2nd ed. London: RCPsych Publications;2005.
- 145) **Fink M.** The ECT handbook : the second Report of the Royal College of Psychiatrists' Special Committee on ECT. London: Royal College of Psychiatrists 1995;12:127-132.
- 146) **Saito S, Kadoi Y, Nihishara F, Aso C, Goto F.** End-tidal carbon dioxide monitoring stabilized hemodynamic changes during ECT. *J ECT* 2003;19:26-30.
- 147) **Tecoult E, Nathan N.** Morbidity in electroconvulsive therapy. *Eur J Anaesthesiol* 2001;18:511-518.
- 148) **Heinzer R, Vat S, Marques-Vidal P, Marti-Soler H, Andries D, Tobback N, et al.** Prevalence of sleep-disordered breathing in the general population: the HypnoLaus study. *Lancet Respir Med* 2015;3:310-318.
- 149) **Peppard PE, Young T, Barnet JH, Palta M, Hagen EW, Hla KM.** Increased prevalence of sleep-disordered breathing in adults. *Am J Epidemiol* 2013;177:1006-1014.
- 150) **Peppard PE, Young T, Palta M, Dempsey J, Skatrud J.** Longitudinal study of moderate weight change and sleep-disordered breathing. *JAMA* 2000;284:3015-3021.
- 151) **Babb TG, Wyrick BL, DeLorey DS, Chase PJ, Feng MY.** Fat distribution and end-expiratory lung volume in lean and obese men and women. *Chest* 2008;134:704-711.
- 152) **Rowley JA, Permutt S, Willey S, Smith PL, Schwartz AR.** Effect of tracheal and tongue displacement on upper airway airflow dynamics. *J Appl Physiol* (1985) 1996;80:2171-2178.
- 153) **Trakada G, Velentza L, Konsta A, Pataka A, Zarogoulidis P, Dikeos D.** Complications of anesthesia during electroconvulsive therapy due to undiagnosed obstructive sleep apnea: a case-study. *Respir Med Case Rep* 2017;20:145-149.
- 154) **Stubbs B, Vancampfort D, Veronese N, Solmi M, Gaughran F, Manu P, et al.** The prevalence and predictors of obstructive sleep apnea in major depressive disorder, bipolar disorder and schizophrenia: a systematic review and meta-analysis. *J Affect Disord* 2016;197:259-267.
- 155) **Kikuchi A, Yasui-Furukori N, Fujii A, Katagai H, Kaneko S.** Identification of predictors of post-ictal delirium after electroconvulsive therapy. *Psychiatry Clin Neurosci* 2009;63:180-185.
- 156) **Mankad MV, Beyer JL, Weiner RD, Krystal AD.** Clinical manual of electroconvulsive therapy. Washington, DC: American Psychiatric Publishing;2010.
- 157) **Cristancho MA, Alici Y, Augoustides JG, O'Reardon JP.** Uncommon but serious complications associated with electroconvulsive therapy: recognition and management for the clinician. *Curr Psychiatry Rep* 2008;10:474-480.
- 158) **Augoustides JG, Greenblatt E, Abbas MA, O'Reardon JP, Datto CJ.** Clinical approach to agitation after electroconvulsive therapy: a case report and literature review. *J ECT* 2002;18:213-217.
- 159) **Small JG, Milstein V.** Lithium interactions: lithium and electroconvulsive therapy. *J Clin Psychopharmacol* 1990;10:346-350.
- 160) **Prudic J.** Strategies to minimize cognitive side effects with ECT: aspects of ECT technique. *J ECT* 2008;24:46-51.
- 161) **Reti IM, Krishnan A, Podlisky A, Sharp A, Walker M, Neufeld KJ, et al.** Predictors of electroconvulsive therapy postictal delirium. *Psychosomatics* 2014;55:272-279.
- 162) **Tzabazis A, Schmitt HJ, Ihmsen H, Schmittlein M, Zimmermann R, Wielopolski J, et al.** Postictal agitation after electroconvulsive therapy: incidence, severity, and propofol as a treatment option. *J ECT* 2013;29:189-195.