



진정요법에 쓰이는 약물들의 약동학과 약력학

이 윤 숙* | 고려대학교 의과대학 마취통증의학교실

Pharmacokinetics and pharmacodynamics of drugs for sedation

Yoon Sook Lee, MD*

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea

*Corresponding author: Yoon Sook Lee, E-mail: yslee4719@korea.ac.kr

Received January 7, 2013 · Accepted January 28, 2013

Pharmacokinetics describes the processes of absorption, distribution, and elimination of drugs and pharmacodynamics describes the effect of drugs on the body. Sedation can be performed by various classes of drugs each with its own mechanism of action and using varying routes of administration: oral, rectal, or parenteral. The course of sedation over time is a reflection of the relationship between pharmacokinetics and pharmacodynamics. The safety and efficacy of sedation is mainly dependant on understanding pharmacologic principles. This review will focus on the general concepts of the pharmacokinetics and pharmacodynamics of drugs used for sedation.

Keywords: Pharmacodynamics; Pharmacokinetics; Sedation

서 론

진정약물을 안전하고 효과적으로 투여하려면 진정약물과 관련된 기초적인 약동학(pharmacokinetics)과 약력학(pharmacodynamics)의 기본 원리를 이해하는 것이 중요하다. 흡수(absorption), 분포(distribution), 제거(elimination)를 포함하는 약동학적 과정은 실제 임상에서 진정요법에 사용되는 약제들의 투여경로를 정하거나 병용투여를 결정하기 위해서 필수적으로 고려되어야 한다. 그러나 현재까지 모든 임상환경에 적합한 단일 진정약제 투여나 병용투여 방법이 확립되어 있지 않다. 모든 진정약물은 충분한 효과치

농도에 이르면 환자를 진정상태에 이르게 하며, 약력학은 약물이 체내에 미치는 영향으로 수용체에서의 농도 및 효과를 포함한다. 진정은 최소(minimal) 진정에서 중등도(mode-rate) 진정, 깊은(deep) 진정과 전신마취에 이르는 연속선상에 있으며 이는 진정약물의 용량-반응 관계에 따라 진행되지만, 환자들이 특정 약물 용량에 어떻게 반응할지를 정확하게 예측하는 것이 항상 가능한 것은 아니므로 진정의 깊이가 예상보다 깊어졌을 때 환자를 처치할 수 있어야 한다[1]. 여기서는 진정요법에 쓰이는 약물들의 약동학과 약력학의 기본 개념과 실제 임상에서 진정약물을 안전하고 효율적으로 투여하기 위해 어떻게 사용하는지에 관하여 기술하고자 한다.

© Korean Medical Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

진정요법에 쓰이는 약물의 약동학

1. 약물의 흡수

생체이용률(bioavailability)은 투여된 약물의 양과 활성화된 형태로 혈중에 도달하는 약물의 양의 비율로 정의한다. 이는 흡수의 약동학적 지표이며 정맥으로 투여된 용량은 모두 체순환으로 들어가므로 생체이용률은 100%가 되고, 이를 기준으로 하여 다른 경로(경구 혹은 근육)로 투여한 경우의 흡수는 이와 비교하여 표시한다. 약물이 정맥으로 투여되지 않은 경우 추가 용량을 사용할 때에는 약물흡수에 필요한 시간을 기다려서 투여하여야 한다. 이 때 약물의 흡수는 예상하기 어려운 경우가 많으므로 약물을 반복해서 투여하는 것은 권장되지 않는다[1].

2. 약물의 분포

약제가 흡수되면 혈관 내로 순환하여 대부분의 신체 조직으로 분포한다. 분포용적(volume of distribution)이 증가할수록 목표한 약물농도에 도달하기 위한 약물투여량이 증가한다. 분포의 속도는 조직으로 가는 관류량에 비례하며, 심장, 폐, 간, 신장은 관류량이 많아 약물이 이 구획으로 빠르게 순환한다. 진정약물의 효과치는 뇌조직이므로 이곳으로 분포되어 효과치 농도가 충분히 증가하면 진정작용을 나타낸다. 중추신경계의 모세혈관의 내피세포는 별아교세포(astrocyte)에 의해 강하게 결합되고 덮여있는데 이러한 구조적인 차이를 혈액뇌장벽(blood brain barrier)으로 설명한다. 혈액에서 뇌조직으로 빠르게 분포하기 위해서는 약물의 지질용해도가 높아야 한다.

1) 단백 결합

혈액 내에 순환하는 약물은 다양한 비율로 혈장단백과 결합(protein binding)하고 있는데, 결합하고 있지 않은 자유형이 혈액에서 조직으로 분포하고 제거된다. 따라서 환자의 신체 상태가 혈장단백의 부족을 포함하는 경우 약제의 용량을 줄여서 투여하여야 하며 심한 간질환과 신질환의 경우가 이에 해당한다. 정상적으로 혈장단백은 나이가 증가함에 따라 감소하지만 약물의 사용에 있어서 나이에 따른 변화는 임상적 중요성은 없으며, 단지 환자의 병태생리학적 변화와

질환의 중증도에 따른 혈장단백의 변화가 중요하다[2].

2) 지질용해도

진정약물은 서로 다른 지질용해도(lipid solubility)를 가지며 약물의 지질용해도는 세포막으로의 확산과 관련하여 발현시간의 차이를 나타낸다. 지질용해도가 높은 약물을 정맥 투여하면 혈액 내로 순환 후 혈액뇌장벽과 뇌로 빠르게 분포한다. 따라서 지질용해도가 낮은 진정약물은 정맥 투여로 적정하기 위해 거의 사용되지 않는다.

3. 약물의 분포와 제거

진정약물 효과의 지속시간은 혈중 농도의 감소와 관련이 있다. 그러나 제거반감기(elimination half life)가 긴 약물이 진정 지속시간이 길 것이라고 잘못 알려져 있다. 약물을 인체에 주입할 때 3구획 모형으로 설명하는데 V_1 은 중심구획으로 뇌, 심장, 폐, 신장과 같은 혈관이 많은 조직이고 V_2 와 V_3 는 말초구획으로 혈관이 적은 근육과 지방조직이 이에 해당한다. 반감기는 혈중농도가 50% 감소하는데 걸리는 시간으로 일 회 정맥 투여 후 혈중농도의 감소는 초기의 빠른 감소와 후기의 느린 감소로 이루어진다. 초기의 빠른 감소는 분포반감기(distribution half life)에 의해 결정되고 그 후 느린 감소는 제거반감기에 의해 결정된다. 진정 지속시간은 약물이 제거되기 전 분포와 재분포에 의해 의존하게 되므로 제거반감기보다 분포반감기에 더 많은 상관관계를 가진다.

약물의 혈중농도는 반복 투여 후 증가하게 되고, 이에 따라 진정 지속시간이 길어지는데 이는 약물이 조직에 포화되고 제거과정이 시작되기 때문이다. 예를 들어 미다졸람(midazolam)을 정맥 주사 후 지속시간은 약 10-15분에 불과한데 이는 이 약물의 분포반감기와 같으며 긴 진정이 필요하게 되면 추가 용량이 필요하게 된다. 분포와 재분포가 진정 지속시간을 결정하는 반면, 약물의 제거는 퇴원 시에 고려되어야 한다. 잔여 혈중농도는 깊은 진정을 유발하지는 않더라도 정신 운동 회복(psychomotor recovery)에 영향을 줄 수 있다.

4. 지속 주입

지속 주입으로 약물을 투여하는 방법은 깊은 진정과 전신 마취에서 흔히 사용된다. 간헐적인 반복 투여를 하게 되면

시술에 요구되는 혈중농도보다 많거나 적게 되는데, 이 방법은 비교적 짧은 시술에 사용할 수 있다. 중등도 및 깊은 진정이 요구되는 오래 걸리는 시술은 지속 주입을 시행하여야 하고 이에 대한 약동학적 원리를 이해하는 것이 필요하다.

지속 주입 시간이 길어질수록 회복 시간이 길어질 수 있으며, 이는 말초 구획 내에 약물 농도가 증가하고 제거 기전이 포화되었기 때문이다. 약제마다 갖고 있는 특성 중에 상황 민감성반감기(context sensitive half time)가 있는데, 이는 다양한 기간 동안 약물 주입 후 중단하였을 때 혈중 농도가 50% 감소되는데 걸리는 시간으로 정의한다[3]. 그 후 혈중농도의 감소는 분포와 제거에 영향을 받는다. 프로포폴(propofol)과 레미펜타닐(remifentanyl)은 상황 민감성 반감기가 매우 짧아서 오래 지속 주입한 후에도 혈중농도가 증가하지 않고 빠른 회복이 가능하여 지속 주입에 적합하다. 그러나 다이아제팜(diazepam)과 펜타닐(fentanyl)은 상황 민감성반감기가 길어 지속 주입에 사용되지 않는다.

진정요법에 쓰이는 약물의 약력학

약물의 작용과 효과

약물의 작용(action)이란 인체의 조직과 상호 작용하여 효과를 나타내는 생물학적 기전을 의미한다. 약물의 효과(effect)는 의도되는 주요 작용에 의해 범주화되며 추가적인 효과를 함께 나타내는데, 예를 들어 아편유사제가 진통제로 사용되었다면 진정효과가 부작용으로 생각될 수 있다. 효능(efficacy)은 약물의 작용에 의해 얻어지는 임상적인 효과의 크기이고, 역가(potency)는 약물이 특정 강도의 효과를 낼 수 있는 약물의 용량을 의미한다.

진정을 일으키는 대표적인 기전으로 벤조다이아제핀(benzodiazepine)은 gamma aminobutyric acid (GABA) 수용복합체의 이온 통로(channel)를 통한 염소 이온의 유입을 강화하여 GABA의 억제작용을 증가시키는 것이다. 프로포폴(propofol), 바르비트루산염(barbiturate)과 에토미데이트(etomidate)는 염소이온의 유입을 강화할 뿐 아니라 직접 GABA 수용복합체의 이온 통로를 통한 염소이온의 유입을 증가시킨다.

1. 벤조다이아제핀

벤조다이아제핀은 높은 치료지수(therapeutic index)를 가지며 완만한 용량 반응곡선을 나타내므로 대부분의 진정 시술에서 많이 사용된다. 최소 진정을 시행할 때 권장 용량에서 호흡기계와 심혈관계에 대한 영향이 적지만, 용량에 비례하여 환기 억제가 나타나며 무의식을 유발할 수 있는 고용량에서는 일시적 무호흡이 나타난다. 중요한 점은 상기도의 근육 긴장도를 감소시켜 상기도 폐쇄를 일으킬 수 있으므로 만성폐쇄성폐질환이 있거나 폐쇄성수면무호흡증이 있는 환자에서는 더욱 주의하여 사용하여야 한다.

미다졸람은 다른 벤조다이아제핀 약물에 비해 지질용해도가 높고 분포반감기와 제거반감기가 짧다. 따라서 발현시간이 빠르고, 지속 시간이 짧으며 기억상실의 정도가 더 크다[4]. 진정 유도 시 일 회 주입 용량(1 mg)을 반복하여 정맥 내로 투여하면서 환자 상태를 관찰하며 조심스럽게 적정하는 것이 권장된다. 고령의 환자에서 연령의 증가에 따른 간혈류의 감소와 효소 활성도의 감소는 미다졸람의 효과에 더욱 민감하게 만든다[5].

과도한 졸림과 호흡 억제를 치료하기 위하여 추가적인 산소의 투여와 환기(ventilation)를 포함하는 기도 관리가 중요하며 길항제인 플루마제닐(flumazenil)의 투여를 고려할 수 있다. 플루마제닐의 투여는 매 3-5분마다 0.2 mg씩 정주하고, 환자 상태를 확인하면서 총 사용량이 1 mg이 될 때까지 투여할 수 있다.

2. 클로랄 하이드레이트

클로랄 하이드레이트(chloral hydrate)는 소아에게 가장 많이 처방되는 진정약물로, 50-75 mg/kg을 경구 투여 시 심각한 호흡기계와 심혈관계 부작용 없이 수면을 유도한다[6]. 클로랄 하이드레이트는 트리클로로에탄올(trichloroethanol)로 빠르게 대사 후 변환되어 효과를 나타내는데 진정 작용은 이름에서 유추할 수 있듯이 에탄올의 진정 작용의 특성을 공유한다. 에탄올의 결합 부위는 GABA_A 수용체 결합체로 확인되었고 클로랄 하이드레이트가 GABA에 매개된 효과를 증진시키는 것으로 추정된다. 효과적인 진정을 위해 사용되는 용량은 위장관 점막을 자극하지만 오심은 거의 일으키지 않는다.

3. 아편유사제

진통효과 이외에도 아편유사제는 아편유사제 수용체에 작용하여 진정작용을 일으킨다. 다른 진정제에 비해서 진정작용이 강하지 않고 예측하기 어렵지만 다른 진정제와 함께 사용하면 상승작용을 일으킨다. 벤조다이아제핀과 아편유사제를 함께 투여하면 호흡억제가 심하게 일어나므로 주의 깊게 적정하여 사용하여야 한다.

1) 펜타닐

펜타닐은 효과 발현이 5-15분으로 빠르고 작용시간이 30-60분으로 짧으며, 히스타민 분비를 촉진시키지 않는 장점을 가지고 있다. 지질용해도가 높아 빠른 재분포로 인해 작용시간이 비교적 짧지만, 반복 투여 시 축적되고 장기간 지속 주입 시 상황 민감성반감기가 연장되고 제거반감기는 3-8시간으로 길기 때문에 퇴원 시 반드시 고려하여야 한다. 다른 아편유사제와는 달리 골격근 강직을 유발할 가능성이 높으므로 흥벽과 성대의 강직으로 인해 호흡이 어려울 수 있음을 인지하여야 한다. 50 μ g의 소량의 펜타닐을 빠르게 주입할 경우에도 근육의 강직이 보고되었다[8].

2) 레미펜타닐

레미펜타닐(remifentanyl)은 펜타닐 유도체로써 조직과 적혈구에 있는 에스테르분해효소(esterase)에 의해 매우 빠르게 제거되므로 매우 빠른 발현시간과 짧은 작용시간을 나타내어 지속 주입 요법으로 사용된다. 레미펜타닐은 간에 의해 대사되지 않아 심한 간질환에서 청소율에 영향을 받지 않으며, 신질환에 의해서도 영향을 받지 않는다[9,10]. 진정을 위한 지속 정맥 주입 용량은 0.05-2.00 μ g/kg/min으로 지방 뼉 체중(lean body mass)을 기초로 계산하여 투여하여야 한다[11]. 지속 정맥 주입을 중단한 후 완전히 각성되는데 필요한 시간은 5-15분으로 프로포폴과 함께 사용하여 목표 조절 주입(target controlled infusion) 요법에 사용한다. 저혈압과 서맥이 주요 부작용으로 나타나므로 주의가 필요하다.

4. 프로포폴

프로포폴은 현재 전 세계적으로 가장 많이 쓰는 정맥마취제로서 GABA에 의해 조절되는 염소 이온 채널 안에 존재하는 특정 수용체를 활성화시킨다. 분포 용적이 크고 분포 반

감기가 짧아 효과 발현이 1-2분, 지속시간은 2-8분으로 짧다. 일 회 주입 혹은 저용량의 지속 주입으로 사용될 때 각성(emergence)은 재분포에 의해 일어나며, 짧은 상황 민감성 반감기(context sensitive half time)로 인해 회복이 빠르다. 그러나, 프로포폴을 장기간 지속 주입하여 말초조직(peripheral tissue)이 포화되면 각성은 대사성 청소(metabolic clearance)와 관련되어 일어난다[12]. 진정 용량에서 구토억제효과와 전향기억상실(anterograde amnesia)을 나타낸다[13,14]. 이러한 장점에도 불구하고 저혈압과 호흡억제가 심하게 나타날 수 있으므로 일 회 주입보다는 지속 주입을 이용하여 약물의 효과와 용량을 적정하여야 한다.

5. 케타민

케타민(ketamine)은 N-methyl-D-aspartate로 불리는 글루타메이트(glutamate) 수용체의 길항제로 작용한다. 이 수용체는 흥분성 신경 전달 물질인 글루타메이트에 표적화하여 피질시상 교통(corticothalamic communication)을 제공하는데, 케타민은 이를 방해하고 해리시킨다. 케타민은 무의식, 기억 상실, 진통 및 악몽이나 환각을 일으키는데, 이 중 악몽이나 환각을 방지하기 위해 벤조다이아제핀을 병용하여 사용할 수 있다[15]. 케타민 1-2 mg/kg을 정주하면 지질용해도가 높아 혈액뇌장벽(blood brain barrier)을 빨리 통과하여 1분 내로 효과가 나타나고 다른 조직으로 재분포가 빠르게 일어나 10-15분 지속된다[16]. 기도 반사를 유지하고 기관 평활근을 이완시키므로 천식 환자에서 좋은 선택 약제이지만, 구강과 기도 분비물을 증가시켜 후두연축(laryngospasm)을 일으킬 수 있다. 또한 케타민은 심혈관계 자극효과가 있어 심부정맥, 관상 동맥 질환, 고혈압 환자에서 금기이다.

6. 덱스메데토미딘

덱스메데토미딘(dexmedetomidine)은 선택적인 α_2 아드레날린성 수용체에 대한 강력한 선택적 작용제이다. 중추신경계와 척수신경계의 α_2 아드레날린성 수용체에 작용해서 교감신경 억제, 진정 및 진통효과를 나타내지만 심한 호흡저해를 일으키지 않는다. 제거반감기는 2-3시간이고 상

황 민감성반감기는 10분 지속 주입 후 4분이고, 8시간 지속 주입 후 250분이다[17]. 진정에 사용하는 용량은 텍스메테 토미딘 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 의 부하 용량을 10-20분 동안 투여한 후 0.2-0.7 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{hr}$ 속도로 지속 주입한다[18]. 텍스메테 토미딘은 빠르게 분포되고 주로 간에서 대사되어 소변과 대변으로 배설된다. 간질환이 있는 경우 용량을 줄여서 투여하여야 하지만, 신질환이 있을 때 용량을 조절할 필요는 없다[19]. 서맥, 저혈압, 심정지 등의 부작용이 보고되었으므로 이에 대한 주의가 요구된다.

결론

진정을 위해 사용하는 약물들의 약동학과 약력학에 대하여 알아보았다. 이는 약물이 체내 여러 부위를 거쳐 작용 부위에 도달하여 원하는 임상효과를 나타내도록 수용체에 작용하는 것을 이해하는데 도움을 준다. 약동학과 약력학적 과정은 인종간 차이, 나이, 동반 질환, 투약하는 약물에 의해 영향을 받게 되므로, 수술을 위한 진정을 유도할 때 적절한 약물을 선택하고 적절한 용량을 결정하는데 기초가 된다. 원하는 진정약물의 효과 발현과 지속시간에 영향을 주는 과정은 약물의 흡수와 분포에 의하며, 환자의 안전한 퇴원을 위한 적절한 수준의 회복을 결정하기 위한 과정은 약물의 제거에 의존한다. 중등도와 깊은 진정을 위해서 적은 양의 약물을 계속 증량하여 원하는 수준의 진정과 진통을 얻는 것이 환자의 만족감을 증진시키고 위험을 줄이는데 도움이 될 것이다[1]. 또한, 진정요법을 위한 약물 투여 시 수술기간 동안 산소를 투여하고 자발 호흡 여부에 대한 세심한 관찰을 하여야 하며, 예상보다 깊은 진정에서 나타날 수 있는 저환기, 저산소증, 서맥과 저혈압 등의 부작용을 치료하고 원하는 진정 단계를 유지할 수 있는 전문성이 요구된다.

핵심용어: 약력학; 약동학; 진정

REFERENCES

- American Society of Anesthesiologists Task Force on Sedation and Analgesia by Non-Anesthesiologists. Practice guidelines for sedation and analgesia by non-anesthesiologists. *Anesthesiology* 2002;96:1004-1017.
- Grandison MK, Boudinot FD. Age-related changes in protein binding of drugs: implications for therapy. *Clin Pharmacokinet* 2000;38:271-290.
- Hughes MA, Glass PS, Jacobs JR. Context-sensitive half-time in multicompartment pharmacokinetic models for intravenous anesthetic drugs. *Anesthesiology* 1992;76:334-341.
- Wright SW, Chudnofsky CR, Dronen SC, Kothari R, Birrer P, Blanton DM, Bruner A. Comparison of midazolam and diazepam for conscious sedation in the emergency department. *Ann Emerg Med* 1993;22:201-205.
- Greenblatt DJ, Abernethy DR, Locniskar A, Harmatz JS, Limjuco RA, Shader RI. Effect of age, gender, and obesity on midazolam kinetics. *Anesthesiology* 1984;61:27-35.
- Boswinkel JP, Litman RS. Sedating patients for radiologic studies. *Pediatr Ann* 2005;34:650-654, 656.
- Shibutani K, Inchiosa MA Jr, Sawada K, Bairamian M. Pharmacokinetic mass of fentanyl for postoperative analgesia in lean and obese patients. *Br J Anaesth* 2005;95:377-383.
- Vaughn RL, Bennett CR. Fentanyl chest wall rigidity syndrome: a case report. *Anesth Prog* 1981;28:50-51.
- Dershwitz M, Hoke JF, Rosow CE, Michalowski P, Connors PM, Muir KT, Dienstag JL. Pharmacokinetics and pharmacodynamics of remifentanyl in volunteer subjects with severe liver disease. *Anesthesiology* 1996;84:812-820.
- Hoke JF, Shlugman D, Dershwitz M, Michalowski P, Malthouse-Dufore S, Connors PM, Martel D, Rosow CE, Muir KT, Rubin N, Glass PS. Pharmacokinetics and pharmacodynamics of remifentanyl in persons with renal failure compared with healthy volunteers. *Anesthesiology* 1997;87:533-541.
- Egan TD, Huizinga B, Gupta SK, Jaarsma RL, Sperry RJ, Yee JB, Muir KT. Remifentanyl pharmacokinetics in obese versus lean patients. *Anesthesiology* 1998;89:562-573.
- Barr J, Egan TD, Sandoval NF, Zomorodi K, Cohane C, Gambus PL, Shafer SL. Propofol dosing regimens for ICU sedation based upon an integrated pharmacokinetic-pharmacodynamic model. *Anesthesiology* 2001;95:324-333.
- Shafer SL. Advances in propofol pharmacokinetics and pharmacodynamics. *J Clin Anesth* 1993;5(6 Suppl 1):14S-21S.
- Veselis RA, Reinsel RA, Feshchenko VA, Wronski M. The comparative amnestic effects of midazolam, propofol, thiopental, and fentanyl at equisedative concentrations. *Anesthesiology* 1997;87:749-764.
- White PF, Way WL, Trevor AJ. Ketamine: its pharmacology and therapeutic uses. *Anesthesiology* 1982;56:119-136.
- Okamoto GU, Duperon DF, Jedrychowski JR. Clinical evaluation of the effects of ketamine sedation on pediatric dental patients. *J Clin Pediatr Dent* 1992;16:253-257.
- Venn RM, Karol MD, Grounds RM. Pharmacokinetics of dex-

medetomidine infusions for sedation of postoperative patients requiring intensive care. *Br J Anaesth* 2002;88:669-675.

18. Tan JA, Ho KM. Use of dexmedetomidine as a sedative and

analgesic agent in critically ill adult patients: a meta-analysis. *Intensive Care Med* 2010;36:926-939.

19. Maze M, Scarfani C, Cavaliere F. New agents for sedation in the intensive care unit. *Crit Care Clin* 2001;17:881-897.



Peer Reviewers' Commentary

의료의 어느 분야에서나 약제를 사용하는 데 있어 가장 중요한 사항은 약력학(pharmacokinetics)과 약동학(pharmacodynamics)에 관한 지식이다. 약력학이란 약제가 인체에 투여되었을 때, 어떻게 흡수, 분포, 제거가 이루어지는가에 관한 내용이고, 약동학이란 약제가 인체내의 약물 수용체(receptor)와 결합하여 어떠한 약리학적 작용을 나타내는가에 관한 내용이다. 현재 우리나라에서 진정요법을 위해 투여되는 약물들의 사용 주체는 그 약물들의 약력학이나 약동학에 익숙한 마취통증의학과 의사 이외에도 내과, 성형외과, 피부과 등 다양한 분야의 의사들이다. 본 논문은 이들 다양한 분야의 의사들에게 진정요법 시 사용하는 약물들의 약력학 및 약동학적 이해를 돕고, 그로 인해 보다 효과적이고 안전하게 약물을 사용할 수 있게 도와줄 것으로 기대한다.

[정리: 편집위원회]