

## 마취과 영역에서 사용되는 단위(Unit)

서울대학교병원 마취통증의학과

안 원 식

### The Units Used in Anesthesiology Field

Wonsik Ahn, M.D.

Department of Anesthesiology, College of Medicine, Seoul National University, Seoul, Korea

There are a lot of units used in Anesthesiology field. Sometimes, we could not compare two units describing the same physical category. For example, I cannot find reference materials explaining whether a 7 French catheter is larger than a 16 Gauge catheter. Furthermore, I would like to know why there are so many differences of blood calcium levels between regular check and intraoperative emergency reports. As for liquid drug concentrations, we usually use the mg/ml during a clinical practice, however, basic researchers report it as mole/liter (molarity, M). I would like to answer these questions. So, I have searched some references and have summarized them to explain length, concentration, temperature, particle size, pressure, and ratio units commonly used in our clinical practice, Anesthesiology. (Korean J Anesthesiol 2004; 46: 255~263)

**Key Words:** concentration, length, particle size, pressure, ratio, units.

### 서 론

마취과학은 과학의 한 분야로서 여러 단위(unit)를 사용한다. 그러나, 국제표준단위(International System of Units, SI)를 사용하지 않고, 관습적으로 기존에 사용하여 왔던 단위를 쓰는 경우가 많이 있다. 예를 들어, 다량의 수액 공급이 필요한 상황에서 7 Fr. 카테테르나 16 G 카테테르를 사용하는데 이 두 가지 카테테르 구경 차이를 쉽게 비교할 수 있는 자료가 없다. 이렇게 같은 분야의 단위도 여러 종류를 사용하여 이들의 변환이 전공의나 학생 수업의 필수 항목이 되고 있는 것이 현실이다.

대한마취과학회지 투고규정(2003. 12. 18. 개정판)에서는 다음과 같이 단위를 기술하라고 되어있다.

### 단위

국제단위 체계(International System of Units [SI])의 표기법을 따르는 것을 원칙으로 한다(<http://physics.nists.gov/cuu/Units/>)

index.html, 또는 <http://physics.nists.gov/Document/sp811.pdf> 참조).

다음과 같은 예외를 둔다.

가. 부피는 “L”로 사용하되 그 이외의 경우는 dl, ml,  $\mu$ l 를 사용한다(예; 1 L, 5 ml).

나. 압력의 SI 단위는 pascal이나 편의상 mmHg, cmH<sub>2</sub>O를 대신 사용한다.

다. 온도는 편의상 °C를 사용한다.

라. 농도의 단위는 편의상 M, mM,  $\mu$ M을 사용한다( $\mu$ mol/L; [x]).

마. 두 개 이상의 단위를 연결할 경우 slash(/)로 구분한다(예; mg/kg/min[o], mg · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>[x]).

바. 단위의 기술은 한글이면 한글, 영어면 영어로 통일한다(예; 6단위/kg/h [x], 6 unit/kg/h [o], 10회/min [x], 10 beats/min [o]).

사. 숫자와 단위 사이는 한 칸을 뒀다(예; 5 mmHg). 단, %, °C는 붙인다(예; 5%, 36°C).

아. 시간 단위(예; hour: 1 h = 60 min = 3,600 s, day: 1 d = 24 h = 86,400 s)

이 규정을 읽을 때 단위에 대한 개념이 없다면 규정에서 언급되지 않은 단위는 무엇이 있는지, 농도의 단위 중에 규정에서 언급하고 있지 않은 mg/ml 등은 사용해도 되는지

책임저자 : 안원식, 서울시 종로구 연건동 28  
서울대학교병원 마취통증의학과, 우편번호: 110-744  
Tel: 02-760-3087, Fax: 02-747-5639  
E-mail: aws@snu.ac.kr

**Table 1.** Definitions of Basic SI Units<sup>1,2)</sup>

Name	Base quantity	Definition
Meter (m)	Distance	“The meter is the length of the path traveled by light in vacuum during a time interval of 1/299 792 458 of a second.”
Kilogram (kg)	Mass	“The kilogram is equal to the mass of the international prototype of the kilogram.”
Second (s)	Time	“The second is the duration of 9 192 631 770 periods of the radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of the cesium 133 atom.”
Ampere (A)	Electric current	“The ampere is that constant current which, if maintained in two straight parallel conductors of infinite length, of negligible circular cross-section, and placed 1 meter apart in vacuum, would produce between these conductors a force equal to $2 \times 10^{-7}$ newton* per meter of length.”
Kelvin (K)	Temperature	“The kelvin is the fraction 1/273.16 of the thermodynamic temperature of the triple point of water.”
Mole (mol)	Amount of substance	“The mole is the amount of substance of a system which contains as many elementary entities as there are atoms in 0.012 kilogram of carbon 12. When the mole is used, the elementary entities must be specified and may be atoms, molecules, ions, electrons, other particles, or specified groups of such particles.”
Candela (cd)	Intensity of light	“The candela is the luminous intensity, in a given direction, of a source that emits monochromatic radiation of frequency $540 \times 10^{12}$ hertz <sup>†</sup> and that has a radiant intensity in that direction of 1/683 watt <sup>‡</sup> per steradian <sup>§</sup> .”

\*Newton: A force of one newton will accelerate a mass of one kilogram at the rate of one meter per second squared.

†Hertz: the SI unit of frequency, equal to one cycle per second. The hertz is used to measure the rates of events that happen periodically in a fixed and definite cycle.

‡Watt: the SI unit of power. Power is the rate at which work is done, or (equivalently) the rate at which energy is expended. One watt is equal to a power rate of one joule of work per second of time.

§Steradian: the standard unit of solid angle measure in mathematics. Just as there are 2pi radians in a circle, there are 4 pi steradians in a sphere.

여부를 알기 어렵다.

또한, 현재 우리나라 마취과 의사가 사용하고 있는 단위  
에 대한 변환법을 일목요연하게 정리한 자료가 없어 서로  
다른 두 단위를 비교할 때 어려움과 번거로움이 뒤따른다.  
그래서, 7가지 SI 기본 단위와 이 들의 조합에 의해 생성된  
단위들에 대해 알아보고, 마취과에서 많이 사용하는 단위이  
면서 서로 간의 변환이 필요한 것을 주 대상으로 이들 변  
환을 도표화하여 정확하고 빠르게 이해하기 위해 이 글을  
작성하였다.

### 대상 및 방법

국제 기본단위에 대해 간략히 알아본 후에, 마취과학 교  
과서에 나와 있는 단위 중에서 임상에서 흔히 사용되어지  
고, 비교나 변환이 필요한 분야-길이, 입자크기, 농도, 압력,  
온도, 비율-를 중심으로 정의와 함께 변환 공식을 알아보았  
다. 단위의 정의는 Dorland’s Illustrated Medical Dictionary 29  
판과 University of North Carolina의 홈페이지에서 제공하는  
A Dictionary of Units of Measurement (<http://www.unc.edu/~rowlett/units>)를 참고로 하였으며, 단위의 기준은 미국 National  
Institute of Standards and Technology (NIST) (<http://physics.nist.gov/cuu/Units/index.html>)에서 제공하는 International System of

**Table 2.** Examples of SI Derived Units Expressed in Terms of SI Base Units<sup>4)</sup>

Derived quantity	SI derived unit	
	Name	Symbol
Area	Square meter	m <sup>2</sup>
Volume	Cubic meter	m <sup>3</sup>
Speed, velocity	Meter per second	m/s
Acceleration	Meter per second squared	m/s <sup>2</sup>
Wave number	Reciprocal meter	m <sup>-1</sup>
Mass density (density)	Kilogram per cubic meter	kg/m <sup>3</sup>
Specific volume	Cubic meter per kilogram	m <sup>3</sup> /kg
Current density	Ampere per square meter	A/m <sup>2</sup>
Magnetic field strength	Ampere per meter	A/m
Amount-of-substance concentration	Mole per cubic meter	mol/m <sup>3</sup>
Luminance	Candela per square meter	cd/m <sup>2</sup>

Units (SI units)를 중심으로 삼았다.<sup>1-3)</sup> 단위의 변환 값을 구  
할 때는 NIST Special Publication 811 (SP 811)과 Interna-  
tional Organization for Standardization (ISO) 9626, ISO 10555-5,  
Online Conversion (<http://www.onlineconversion.com>)의 홈페이

지를 참고하였다.<sup>49)</sup>

**각종 단위와 상호변환**

**국제 기본단위(SI Base Unit)와 단위들의 조합**

국제 기본 단위는 크게 7가지의 서로 배타적인 물리량에 대해 기술하고 있다. 이 들은 길이, 질량, 시간, 전류, 온도, 물질의 양, 빛의 밝기로서 각각의 정의는 Table 1과 같다.

상기 7가지의 물리량이 곱하기와 나누기의 수학적 결합에 의해 여러 가지 유도 단위를 만든다. 그 중에서 일상생

활에서 자주 접하는 단위(Table 2)와 별도의 특별한 이름을 갖는 단위(Table 3)들을 정리해 보았다.

**길이(length)**

마취과에서 사용하는 길이 중에서 흔히 사용하는 미터(meter), 인치(inch)와 구경의 크기를 나타내는데 사용하는 게이지(Gauge), 프렌치(French), 그리고 입자의 크기를 표현하는데 주로 사용하는 메쉬(Mesh)에 대한 정의와 환산법을 살펴보면 다음과 같다.

**인치(Inch):** 길이에 대한 표현 중에서 국제표준 단위인 미

**Table 3. SI Derived Units with Special Names and Symbols<sup>4)</sup>**

Derived quantity	SI derived unit			
	Special name	Special symbol	Expression in terms of other SI units	Expression in terms of SI base units
Plane angle	Radian	rad		$m \cdot m^{-1} = 1$
Solid angle	Steradian	sr		$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
Frequency	Hertz	Hz		$s^{-1}$
Force	Newton	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Pressure, stress	Pascal	Pa	$N/m^2$	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Energy, work, quantity of heat	Joule	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Power, radiant flux	Watt	W	$J/s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Electric charge, quantity of electricity	Coulomb	C		$s \cdot A$
Electric potential, potential difference, electromotive force	Volt	V	$W/A$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Capacitance	Farad	F	$C/V$	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Electric resistance	Ohm	$\Omega$	$V/A$	$m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Electric conductance	Siemens	S	$A/V$	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
Magnetic flux	Weber	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Magnetic flux density	Tesla	T	$Wb/m^2$	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Inductance	Henry	H	$Wb/A$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Celsius temperature	Degree Celsius	$^{\circ}C$		K
Luminous flux	Lumen	lm	$cd \cdot sr$	$cd \cdot sr^*$
Illuminance	Lux	lx	$1 m/m^2$	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr^*$

\*The steradian (sr) is not an SI base unit. However, in photometry the steradian (sr) is maintained in expressions for units.

**Table 4. Units for Length and Diameter<sup>1-3)</sup>**

	Definition (symbol)	Conversion to SI unit	Frequently used conversion
Meter	The meter is the length of the path travelled by light in vacuum during a time interval of 1/299,792,458 of a second. (m)	SI unit	
Inch	One-twelfth of a foot, being the equivalent of 2.54 cm (in)	1 in = 0.0254 m	1 in = 2.54 cm
Gauge	International Organization for Standardization (ISO) standard (Refer to table 6, 7).		18 G = 1.2–1.3 mm
French	One French unit is 1/3 mm in diameter (Fr)	1 Fr = 0.003333 m	8 Fr = 2.67 mm

**Table 5.** The Birmingham or Stubs Iron Wire Gauge<sup>10)</sup>

Gauge#	Inch	Gauge#	Inch
36	.0040	15	.0720
35	.0050	14	.0830
34	.0070	13	.0950
33	.0080	12	.1090
32	.0090	11	.1200
31	.0100	10	.1340
30	.0120	9	.1480
29	.0130	8	.1650
28	.0140	7	.1800
27	.0160	6	.2030
26	.0180	5	.2200
25	.0200	4	.2380
24	.0220	3	.2590
23	.0250	2	.2840
22	.0280	1	.3000
21	.0320	1/0	.3400
20	.0350	2/0	.3800
19	.0420	3/0	.4250
18	.0490	4/0	.4540
17	.0580	5/0	.5000
16	.0650		

터(meter)를 사용하는 예는 생략하기로 하고, 미국에서 많이 사용하는 인치(Inch)에 대해 고찰해 보면, “폐쇄신경(Obturator nerve) 차단법을 설명할 때 치골돌기(Pubic tubercle)의 하 외측 0.5인치(inch)에 바늘의 자입점을 삼는다”는 표현이 있는데, 이것을 Table 4의 환산표(1 in ≍ 2.54 cm)를 이용하여 구해보면, 약 1.27 cm가 된다.

게이지(Gauge), 프렌치(French): 역사적으로 의료용 게이지(Gauge) 단위는 철사의 굵기를 정의하는데 기원을 두고 있다(Table 5).<sup>10)</sup> 프렌치(French) 단위는 19세기 의료용구 제작자 Joseph-Frédéric-Benoît Charrière에 의해 개발되었다.<sup>11)</sup>

대량 수액 주입을 위해 사용하는 카테테르의 크기인 16 G, 8 Fr. 카테테르의 크기를 비교해 보면, Table 4, 6, 7에서 제시하는 바와 같이 16 G의 구경은 1.70 mm이고, 8 Fr는 2.67 mm의 크기이다. 그런데, 주의할 점은 gauge의 단위가 바늘에 적용될 때(Table 6)와 카테테르에 적용될 때(Table 7)가 서로 다르다는 점이다. 바늘의 일종인 척추천자침 22 G (= 0.7 mm)와 정맥주사용 카테테르 22 G (= 0.8-0.9 mm)는 크기가 서로 다르다. 이들 구경은 카테테르나 바늘의 외경(outer diameter)을 주로 나타낸다. 특히, 카테테르에 대해서는 내경에 대한 정의가 없다(Table 7). 그러므로 내경을 기준으로 계산되는 수액의 주입 속도를 비교할 때는 제조 회사의 gauge가 내경은 정확히 몇 mm를 나타내는지 알아보

**Table 6.** International Standard for the Needles (ISO 9626)<sup>5,6)</sup>  
Dimensions in millimeters

Designated metric size	Gauge size	Range of outside designated		Inside diameter of tubing		
		Min.	Max.	Normal-walled Min.	Thin-walled Min.	Extra-thin-walled Min.
0.2	33	0.203	0.216	0.089	0.105	—
0.23	32	0.229	0.241	0.089	0.105	—
0.25	31	0.254	0.267	0.114	0.125	—
0.3	30	0.298	0.320	0.133	0.165	—
0.33	29	0.324	0.351	0.133	0.190	—
0.36	28	0.349	0.370	0.133	0.190	—
0.4	27	0.400	0.420	0.184	0.241	—
0.45	26	0.440	0.470	0.232	0.292	—
0.5	25	0.500	0.530	0.232	0.292	—
0.55	24	0.550	0.580	0.280	0.343	—
0.6	23	0.600	0.673	0.317	0.370	0.460
0.7	22	0.698	0.730	0.390	0.440	0.522
0.8	21	0.800	0.830	0.490	0.547	0.610
0.9	20	0.860	0.920	0.560	0.635	0.687
1.1	19	1.030	1.100	0.648	0.750	0.850
1.2	18	1.200	1.300	0.790	0.910	1.041
1.4	17	1.400	1.510	0.950	1.156	1.244
1.6	16	1.600	1.690	1.100	1.283	1.390
1.8	15	1.750	1.900	1.300	1.460	1.560
2.1	14	1.950	2.150	1.500	1.600	1.727
2.4	13	2.300	2.500	1.700	1.956	—
2.7	12	2.650	2.850	1.950	2.235	—
3.0	11	2.950	3.150	2.200	2.464	—
3.4	10	3.300	3.500	2.500	2.819	—

This table is reproduced with the permission of the International Organization for Standardization, ISO. These standards can be obtained from any ISO member and from the Web site of the ISO Central Secretariat at the following address: [www.iso.org](http://www.iso.org). Copyright remains with ISO.

는 것이 필요하다. 또한, 의학적 입장에서 보면, 내경을 기술하는 것이 환자진료에 보다 실질적이므로 이러한 정의가 필요하다는 주장이 제기되고 있다.<sup>12)</sup>

메쉬(mesh): 이산화탄소의 제거를 위해 사용하는 sodalime, baralyme 같은 탄산가스 흡수제의 크기는 8 mesh가 적당하다는 표현이 있다. 그런데, 메쉬라는 것은 채의 구멍의 크기를 정의하는 것으로 작은 구멍의 경우 1인치당 동시에 통과할 수 있는 구멍의 수를 기준으로 설정되어 있다. Table 8의 환산표를 이용하여 구하면, 8 mesh에 해당하는 것은 2.36 mm가 된다.<sup>13)</sup>

**Table 7.** International Standard for the Catheters (ISO 10555-5)<sup>7,8)</sup>

Nominal outside diameter of catheter tube (mm)	Range of actual outside (mm)	Color*	Gauge <sup>†</sup>
0.6	0.550 to 0.649	Violet	26
0.7	0.650 to 0.749	Yellow	24
0.8 ; 0.9	0.750 to 0.949	Deep blue	22
1.0 ; 1.1	0.950 to 1.149	Pink	20
1.2 ; 1.3	1.150 to 1.349	Deep green	18
1.4 ; 1.5	1.350 to 1.549	White	17
1.6 ; 1.7 ; 1.8	1.550 to 1.849	Medium grey	16
1.9 ; 2.0 ; 2.1 ; 2.2	1.850 to 2.249	Orange	14
2.3 ; 2.4 ; 2.5	2.250 to 2.549	Red	13
2.6 ; 2.7 ; 2.8	2.550 to 2.849	Pale blue	12
3.3 ; 3.4	3.250 to 3.549	Light brown	10

\*The color may be opaque or translucent. The color coding is usually applied to the catheter hub or to an integral fitting.

<sup>†</sup>The use of gauge number is optional.

(This table is reproduced with the permission of the International Organization for Standardization, ISO. These standards can be obtained from any ISO member and from the Web site of the ISO Central Secretariat at the following address: www.iso.org. Copyright remains with ISO).

**농도(concentration)**

마취과에서는 mg/L, mEq/L, mOsm/L, V/V (vol%), W/V (g%), mmol/L 등 다양한 농도가 사용되어진다. 이들에 대한 정의와 환산법을 살펴보면 다음과 같다(Table 9, 10).<sup>1-3)</sup>

마취과 의사가 가장 많이 사용하는 단위 중의 하나인 농도의 정의는 용매 속에 녹아 있는 용질의 양이다. 다른 단위와는 달리 농도는 여러 가지 국제표준 단위가 사용되고 있다. 여러 단위가 사용되게 된 이유는, 어떤 물질의 양을 나타낼 때 부피, 무게, 분자수(mole)로 나타낼 수 있기 때문이다. 즉, 세 가지 방법으로 물질의 양을 나타낼 수 있으므로 이들의 비율 관계인 농도는 9가지의 방법으로 표현할 수 있는 것이다(Table 10).<sup>14)</sup> 이 중에서 용액 속의 물질의 양을 나타낼 때는 mass density (kg/L), molarity (mol/L)을 주로 사용하고 있고, 기체 속의 물질의 양을 나타낼 때는 volume fraction (V/V)을 주로 사용한다. 마취과 영역에서 사용되는 단위 중에서 몇 가지를 고찰해보면 다음과 같다.

그램 퍼센트(g%): g%에서 %는 100을 의미하는데 여기서는 per 100 ml를 의미한다. 즉, 1 g%는 1 g/100 ml를 의미하는 것이다. 그래서 1 g%는 1 g/dl와 같은 표현이 된다. 예를 들어, 환원 혈색소(reduced hemoglobin)가 5 g% 이상이 되어야 청색증이 나타난다고 할 때, 5 g%의 의미는 혈액 100 ml에 환원 혈색소 5 g (5 g/100 ml)의 의미가 되는 것이다.

**Table 8.** Particle Size Conversion Table<sup>13)</sup>

Sieve designation (Standard)	Sieve designation (Mesh)	Nominal sieve opening
25.0 mm	1 in	25.4 mm
12.5 mm	0.5 in	12.7 mm
6.3 mm	0.25 in	6.35 mm
5.6 mm	No. 3.5	5.66 mm
4.75 mm	No. 4	4.76 mm
4.0 mm	No. 5	4.00 mm
3.35 mm	No. 6	3.35 mm
2.8 mm	No. 7	2.79 mm
2.36 mm	No. 8	2.38 mm
600 μm	No. 30	0.595 mm
150 μm	No. 100	0.149 mm
38 μm	No. 400	0.037 mm

Larger sieve openings (1 in to 0.25 in) have been designated a sieve “mesh” size that corresponds to the size of the opening in inches. Smaller sieve “mesh” sizes of 3.5 to 400 are designated by the number of openings per linear inch in the sieve.

**볼륨 퍼센트(vol%):** 마취가스의 농도를 표현할 때 많이 사용하는 vol%에서도 %는 100을 의미한다. 즉, 1 vol% = 1 ml/100 ml를 의미하는 것이다. 예를 들어, isoflurane의 1 MAC이 1.2 vol%라고 하는 것은 혼합가스 100 ml에 isoflurane 1.2 ml (1.2 ml/100 ml)가 포함되도록 하였다는 의미가 된다.

**몰농도(molarity)와 질량 밀도(mass density):** 응급 칼슘 검사에서 많이 사용되는 mmol/L의 단위와 정규 검사에서 사용되는 mg/dl 사이에는 다음과 같은 변환 관계가 있다. 먼저 정규 검사에서는 전체 칼슘(단백질에 결합된 칼슘 + 이온화된 칼슘)을 재는 경우가 대부분이고 단위로는 mg/dl를 주로 사용하며 이들의 정상치는 대략 8.4-10.2 mg/dl의 범위를 갖는다. 이 중에서 이온화된 칼슘은 대략 50% 정도가 되므로 단백질에 붙지 않은 양은 약 4.2-5.1 mg/dl가 된다. 그런데, 수술장에서 사용하는 응급검사들은 대개 이온화된 칼슘을 측정하면서 단위를 mmol/L를 사용하므로 어떻게 변환되는지 검토해 보면, 먼저 용매의 단위가 dl와 L로 다르므로 분자, 분모에 10을 곱하여 용매의 단위를 L로 통일하도록 하고, 그래서 나온 값이 42-51 mg/L이다. 그 다음 mg과 mmol의 변환에서

$$\text{Mass (in gram)/molecular weight (단위 없음)} = \text{mole (in mol)}^{14)}$$

$$\text{Molarity (M)} \times \text{molecular weight} = \text{Mass (g)}$$

의 공식에서, calcium의 원자량이 약 40이므로 상기의 값은 40으로 나누면<sup>15)</sup>

**Table 9.** Concentration Units Used in Anesthesiology<sup>1-3)</sup>

Definition (symbol)	Conversion	Examples
Molarity The moles of solute per liter of solution (mol/L)*		
Mass density (g/L) The mass (in grams) of solute per liter of solution (g/L)*	1 g/L = 1/(molecular weight)mol/L	
Mass density (W/V) The mass (in grams) of the substance dissolved in or mixed with 100 milliliters of solution or mixture (W/V or g%) <sup>†</sup>		
Mass density (1 : 1 or 100%) 1 g per 1 ml or 1 kg per 1 L		Epinephrine 1 : 200000 solution means 5 microgram epinephrine in 1 ml. Epinephrine 0.1% solution means 1 mg epinephrine in 1 ml.
Volume fraction (V/V) The volume (in milliliters) of the substance dissolved in or mixed with 100 milliliters of solution or mixture (V/V or vol%) <sup>†</sup>		2% v/v means that the volume of the substance is 2% of the total volume of the solution or mixture
Equivalent per liter Definition of equivalent: One equivalent weight of an element, compound, or ion is the weight in grams of that substance which would react with or replace one gram of hydrogen. One Eq of a substance is effectively equal to one mole divided by the valence of the substance (Eq/L)*	1 Eq/L = 1/(valence)mol/L	Ca <sup>2+</sup> 4 mEq/L = 2 mmol/L K <sup>+</sup> 4 mEq/L = 4 mmol/L
Osmole per liter Definition of osmole: the amount of substance that dissociates in solution to form one mole of osmotically active particles (Osm/L)*	1 Osm/L = (number of dissociation) mol/L	glucose 1 mmol /L = 1 mOsm /L sodium chloride 1 mmol/L = 2 mOsm/L

\*1 liter (L) is 0.001 m<sup>3</sup>. Liter (L) is outside the SI that are accepted for use with the SI. <sup>†</sup>percent (%): a unit of proportion, equal to 0.01. The word is Latin, meaning "by the hundred". The symbol % can be placed after any number; mathematically, its effect is an immediate division by 100.

**Table 10.** International Standard Units Used for Concentrations<sup>14)</sup>

Quantity in denominator	Quantity in numerator		
	Amount of substance (mol)	Volume (m <sup>3</sup> )	Mass (kg)
Amount of substance (mol)	Amount-of-substance fraction (mol/mol = 1)	Molar volume (m <sup>3</sup> /mol)	Molar mass (kg/mol)
Volume (m <sup>3</sup> )	Amount-of-substance concentration (mol/m <sup>3</sup> )	Volume fraction (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> = 1)	Mass density (kg/m <sup>3</sup> )
Mass (kg)	Molality (mol/kg)	Specific volume (m <sup>3</sup> /kg)	Mass fraction (kg/kg = 1)

The amount of substance can be described by the molecular number (mol), volume (m<sup>3</sup>), and mass (kg). The concentration is the ratio of the solute to the solution or solvent. Therefore, International Standard units used for concentrations are nine items as displayed in the above.

42-51 (mg/L)/40 = 1.05-1.275 (mmol/L)  
가 된다. 그래서 대부분의 병원에서 사용하는 이온화된 칼슘의 정상치가 1.1-1.3 mmol/L가 나오는 것이다.

**100%와 1 : 1; 100% solution**이나 **1 : 1 solution**을 말할 때 1 : 1이나 100%는 모두 1 g의 용질이 1 ml에 녹아있는 상태 (또는 1 kg의 용질이 1 L의 용매에 녹아 있는 상태)를 말한다. 심폐소생술에서 사용하는 epinephrine은 주로 0.1%를 사

용하는데, 이 0.1%는 100%가 어떻게 정의되었는가를 알면 쉽게 이해될 수 있다. 즉, 100%라는 것은 1 gram의 용질이 1 ml에 녹아있는 상태이므로 0.1% epinephrine이라고 하는 것은 1 mg의 epinephrine이 1 ml에 녹아 있는 상태가 되는 것이다. 다시 말해서 수술실에서 보통 사용되는, 0.1% epinephrine으로 표기되어 있는 1 ml ampule은 1,000 μg의 epinephrine을 함유하고 있는 것이다. 또한, 경막외마취를 시행할 때 사용하는 epinephrine 시험 약 용량인 1 대 20만(1 : 200,000) 희석 용액이라 함은, 20만분의 1 gram의 epinephrine이 1 ml에 녹아있다는 것을 의미하고, 통상적으로 20 ml의 용매를 사용하므로 1만분의 1 gram 즉, 0.1 mg (0.1% epinephrine 0.1 ml)을 20 ml의 국소마취제에 섞어서 사용하게 된다.

이QUIB러턴트(equivalent/L): 전해질을 표현할 때 많이 사용하는 equivalent/L의 단위는 다음과 같은 공식으로 계산할 수 있다.

$$[\text{mass (in gram)}/\text{molecular weight (단위 없음)}] \times \text{valence (단위 없음)} = \text{equivalent (in Eq)}^{14)}$$

Potassium을 보충할 때 사용하는 KCl은 통상적으로 20 ml에 3.0 g이 들어있다. Potassium의 원자량은 39.10이고, chloride의 원자량은 35.45이므로<sup>15)</sup>

$$[3.0/(39.10 + 35.45)] \times 1 = 0.040 \text{ (Eq)} = 40 \text{ (mEq)}$$

가 된다. 즉, 1 ml에 2 mEq (한 개의 ampule에 40 mEq)가 들어 있는 용액 인 것이다. 그래서 보통 ‘K-40’이라고 표기되어 있다.

오스몰 농도(osmolarity): Osmolarity에 대해 보충 설명하자면, 먼저 Osmolality의 정의는 물 1 kg안에 있는 분자수를 mole로 표시한 것이고, Osmolarity는 용액 1 liter 안에 있는 분자수를 mole로 표시한 것이다. 그런데, 이온화하는 분자는 이온화가 된 상태로 기술하게 된다. 예를 들어, NaCl은 생체에서 약 93%가 이온화하므로 1 mEq/L는 1.86 mOsm/L가 된다. 한편, urea같은 물질은 이온화하지 않으므로 urea nitrogen 28 mg은 1 mOsm에 해당한다. Urea nitrogen의 농도는 mg/dl로 표시하므로 osmolarity를 계산할 때는 2.8로 나누게 된다. 참고로, urea [CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>]의 분자량은 60이지만, 농도를 측정할 때 urea의 농도보다는 질소의 농도를 측정하므로 해당 질소의 분자량인 28을 계산에 사용한다. 포도당(분자량 180)도 mg/dl로 주로 표시되므로 18로 나누어 osmolarity를 계산하게 되므로 다음과 같은 식이 나오게 된다.

$$\text{Osmolality} = 1.86[\text{Na}] + [\text{glucose}]/18 + [\text{BUN}]/2.8$$

### 압력 (pressure)

마취과에서 사용하는 mmHg, cmH<sub>2</sub>O, Pascal, bar, kg/cm<sup>2</sup>, lb/in<sup>2</sup>, torr 등 여러 압력에 대한 정의와 환산법을 Table 11

Table 11. Pressure Units Used in Anesthesiology<sup>1-3)</sup>

Definition		Conversion	Frequently used conversion
Pascal	One newton* per square meter	SI unit	
mmHg	A unit of pressure equal to the pressure exerted at the Earth's surface by a column of mercury 1 millimeter high	1 mmHg = 133.3 Pa	1 mmHg = 1.36 cmH <sub>2</sub> O
cmH <sub>2</sub> O	A unit of pressure equal to the pressure exerted at the Earth's surface by a column of water 1 millimeter high	1 cmH <sub>2</sub> O = 98.067 Pa	1 cmH <sub>2</sub> O = 0.735 mmHg
bar	One million dynes per square centimeter (1 dyne = 10 <sup>-5</sup> Newton)	1 bar = 100 kPa	
kg/cm <sup>2</sup>	A traditional unit of pressure (1 kg = 9.80665 Newton)	1 kg/cm <sup>2</sup> = 98066.5 Pa	1 kg/cm <sup>2</sup> = 14.2 lb/in <sup>2</sup>
dyne/cm <sup>2</sup>	A dyne is the CGS unit of force. One dyne equals 10 <sup>-5</sup> newton.	1 dyne/cm <sup>2</sup> = 0.1 Pa	1 mmHg = 1333 dyne/cm <sup>2</sup> 1 dyne/cm <sup>2</sup> = 0.00075 mmHg
psi	A traditional unit of pressure (pound per square inch) (1 pound = 4.448222 N)	1 psi = 6894.757 Pa	1 lb/in <sup>2</sup> = 0.0703 kg/cm <sup>2</sup>
torr	A non-metric unit of pressure equal to exactly 1/760 atmosphere	1 torr = 133.3 Pa	1 torr = 1 mmHg

\*Newton: A force of one newton will accelerate a mass of one kilogram at the rate of one meter per second squared.

**Table 12.** Temperature Units Used in Anesthesiology<sup>1-3)</sup>

	Definition	Conversion	Frequently used conversion
Kelvin (K)	The temperature of the triple point of water (the temperature at which water exists simultaneously in the gaseous, liquid, and solid states) to be exactly 273.16 kelvins (= 0.01°C). One Kelvin represents the same temperature difference as one degree Celsius.	SI unit	
Celsius (C)	The freezing point of water (at one atmosphere of pressure) is 0°C, while the boiling point is 100°C. the Celsius degree is defined to be 1/100 of the difference between these two temperatures	K = C + 273.15	25°C = 77°F
Fahrenheit (F)	The freezing point of water (at normal sea level atmospheric pressure) turned out to be about 32°F and the boiling point about 212°F	K = (F - 32)/ 1.8 + 273.15	77°F = 25°C

에 정리하였다.<sup>1-3)</sup>

**mmHg, cmH<sub>2</sub>O와 Pascal:** 이 중에서 혈압을 나타낼 때는 mmHg를 주로 사용하고 기도압을 나타낼 때는 cmH<sub>2</sub>O과 mmHg를 주로 사용하고 있으면서 일부 인공호흡기에 부착된 압력 측정기(MCM890-3, Dameca TM, Denmark)에서는 Pascal를 사용하는 것도 있어 혼란을 일으키는 경우도 있다. 이들의 변환을 살펴보면, 1 mmHg ≃ 1.36 cmH<sub>2</sub>O이고, 1 cmH<sub>2</sub>O ≃ 0.74 mmHg, 1 cmH<sub>2</sub>O ≃ 98 Pa이 된다. 이 변환 수치에서 알 수 있는 것과 같이 기도압이 20 mmHg (≃27.2 cmH<sub>2</sub>O)인 것과 20 cmH<sub>2</sub>O (≃14.7 mmHg)인 것은 큰 차이가 있으므로 기도압을 표현할 때 단위에 주의를 기울이는 것이 필요할 것으로 생각된다.

**Pounds per square inch (psi):** 압축된 가스의 압력을 나타낼 때 사용하는 lb/in<sup>2</sup> (pounds per square inch, psi), kg/cm<sup>2</sup>의 변환은 다음의 공식으로 알 수 있다. 즉, 1 lb/in<sup>2</sup> ≃ 0.0703 kg/cm<sup>2</sup>, 1 kg/cm<sup>2</sup> ≃ 14.2 lb/in<sup>2</sup>이다.

**전신혈관 저항(systemic vascular resistance, SVR):** 전신혈관 저항을 구하는 다음의 공식을 함께 살펴보자.

$$SVR = 80 \times (MAP - CVP)/CO$$

상기의 공식에서 80이 나오는 이유를 살펴보면, 우변의 단위는 혈압(mmHg) 나누기 심박출량(L/min)이므로, mmHg/L/min이 된다. 좌변의 단위는 dyne · s/cm<sup>5</sup>로서 상호 변환하는 과정을 살펴보면, Table 11에서 보는 바와 같이 mmHg를 dyne/cm<sup>2</sup>으로 변환할 때 1 mmHg는 약 1,333 dyne/cm<sup>2</sup>이고, 1 L는 1,000 cm<sup>3</sup>이며, 1 min은 60 s이므로 1 mmHg/L/min는 1333 × 60/1,000 dyne · s/cm<sup>5</sup>이다. 이를 계산해보면 80이 나오므로 상수 80을 곱하게 되는 것이다.

**Table 13.** International System of Unit Prefixes<sup>16)</sup>

Prefix	Symbol	Multiple
exa	E	10 <sup>18</sup>
peta	P	10 <sup>15</sup>
tera	T	10 <sup>12</sup>
giga	G	10 <sup>9</sup>
mega	M	10 <sup>6</sup>
kilo	k	10 <sup>3</sup>
hecto	h	10 <sup>2</sup>
deka	da	10 <sup>1</sup>
deci	d	10 <sup>-1</sup>
centi	c	10 <sup>-2</sup>
milli	m	10 <sup>-3</sup>
micro	μ	10 <sup>-6</sup>
nano	n	10 <sup>-9</sup>
pico	p	10 <sup>-12</sup>
femto	f	10 <sup>-15</sup>
atto	a	10 <sup>-18</sup>

**온도(temperature)**

마취과에서 사용하는 온도는 섭씨(Celsius)와 화씨(Fahrenheit)를 주로 쓰고 있고, 이 밖에 SI unit인 절대온도 Kelvin이라는 단위가 있는데 이들 온도에 대한 정의와 환산법을 Table 12에 정리하였다.<sup>1-3)</sup>

**비율(ratio)**

비율을 표현하는 방법이 크게 두 가지가 있는데, 하나는 1 : 2 또는 1 : 1과 같은 방식으로 표현하는 것이고, 다른 하나는 분자, 분모의 형태로 1/2, 1/1과 같은 단일 수치로 표

시하는 것이다. 호흡관리에서 언급되는 인공호흡기의 흡기:호기 시간 비율(I:E ratio)을 통상 1:2로 표시하기도 하지만 1/2로 표시하기도 한다. 그러므로 폐쇄성 폐질환에서는 호기 시간을 늘려 1:2.5나 1:3으로 한다고 표현하기도 하고, 'I:E ratio를 줄인다'라고 표현하기도 한다. 또한 Blood gas partition coefficient를 표현할 때는 주로 단일 수치를 사용하여 표현하는 것이 관례이어서, 'sevoflurane blood: gas partition coefficient는 0.66이다'라고 표현하는데, 이것은 평형상태에서 혈액과 가스상태 배분(partition) 비율이 66:100이라는 의미로 사용된 것이다.

### 단위의 접두어(prefix)

국제적으로 통용되는 단위에 대한 접두사들은 Table 13과 같다.<sup>16)</sup>

### 맺 음 말

이 글을 통해 제공되는 자료는 마취과 전문의나 전공의들이 수술실에서 마취를 하거나 중환자실에서 환자를 진료하면서 단위의 변환이 필요하면 항상 참고 자료로 삼을 수 있게 작성하였으며, 무엇보다 마취과에 새로이 입문하는 신입 전공의들이 교과서를 학습할 때 도움이 되었으면 한다.

### 감사의 글

이 글의 작성하는데 가장 어려웠던 점은 gauge에 대한 정의와 국제표준 단위로의 변환이었다. 이 난관을 푸는데 도움을 준 B-Brown회사의 차미선씨와 Ms. Azilla에게 깊은 감사의 뜻을 표한다.

### 참 고 문 헌

1. Anderson DM: Dorland's illustrated medical dictionary. 29th ed. Philadelphia, W.B. Saunders Co. 2000.
2. Homepage of University of North Carolina: A Dictionary of Units of Measurement.  
Available URL: <http://www.unc.edu/~rowlett/units>.
3. National Institute of Standards and Technology (NIST): International System of Units (SI units).  
Available URL: <http://physics.nist.gov/cuu/Units/index.html>.
4. Talyor BN: Guide for the use of the international system of units (SI)-NIST Special Publication 811 (SP 811). 1995. Washington DC, US Government Printing Office.  
Available URL: <http://physics.nist.gov/Document/sp811.pdf>.
5. ISO 9626: Stainless steel needle tubing for the manufacture of medical devices. 1991, Geneva.
6. ISO 9626: Stainless steel needle tubing for the manufacture of medical devices. Amendment 1. 2001, Geneva.
7. ISO 10555-5: Sterile, single-use intravascular catheters-Part 5: Over-needle peripheral catheters. 1996, Geneva.
8. ISO 10555-5: Sterile, single-use intravascular catheters-Part 5: Over-needle peripheral catheters. Amendment 1. 1999, Geneva.
9. Online Conversion:  
Available URL: <http://www.onlineconversion.com>.
10. Iserson KV: The origins of the gauge system for medical equipment. J Emerg Med 1987; 5: 45-8.
11. Iserson KV: J.-F.-B. Charriere: the man behind the "French" gauge. J Emerg Med 1987; 5: 545-8.
12. Ahn W, Bahk JH, Lim YJ: The "Gauge" system for the medical use. Anesth Analg 2002; 95: 1125.
13. Sigma: Biochemicals and reagents for life science research. Seoul, Sigma. 2000, p 2844.
14. Bernes E, Young D: General laboratory techniques and procedures. In: Tietz textbook of clinical chemistry. 3rd ed. Edited by Burtis CA, Ashwood ER: Philadelphia, W.B. Saunders company. 1999, pp 23-5.
15. Painter P, Cope J, Smith J: Reference information for the clinical laboratory (Atomic Weights). In: Tietz textbook of clinical chemistry. 3rd ed. Edited by Burtis CA, Ashwood ER: Philadelphia, W.B. Saunders company. 1999, pp 1788-90.
16. Sigma: Biochemicals and reagents for life science research. Seoul, Sigma. 2000, p 2841.