

جلد ۲

میلر ۲۰۲۵

تروما

فصول ۴۳-۴۴-۴۵-۴۶-۶۲-۶۳-۶۴

ترجمه و تلخیص

دکتر ندا علی زاده

متخصص بیهوشی و مراقبت های ویژه
عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی همدان

دکتر بی بی منا رضوی

متخصص بیهوشی و مراقبت های ویژه
استادیار دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان

دکتر نرگس خجسته کلانسر

فوق تخصص مراقبت های ویژه
عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی همدان

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمه

با کمال افتخار و مسئولیت و با امید و ایمان به آینده‌ای روشن‌تر، مجموعه حاضر که ترجمه‌ای از فصل‌های منتخب کتاب مرجع میلر در بیهوشی است، به جامعه پزشکی ایران و به ویژه همکاران گرانقدر، رزیدنت‌ها و علاقه‌مندان به علم بیهوشی تقدیم می‌کنیم. هدف از این تلاش، فراهم آوردن منبعی قابل اعتماد و به روز برای ارتقای سطح علمی و عملی متخصصان و دانشجویان این حوزه بوده است. امید داریم این کتاب بتواند در مسیر پیشرفت دانش بیهوشی و بهبود کیفیت مراقبت از بیماران، سهمی هرچند کوچک داشته باشد و راهگشای پژوهش‌ها و درمان‌های نوین در کشور عزیزمان باشد.

با آرزوی موفقیت

فهرست

فصل ۴۳: الکترولیت و مایع درمانی پری اپراتیو	۷
فصل ۴۴: تعادل اسید - باز در حوالی عمل	۹۸
فصل ۴۵: <i>Patient Blood Management: Transfusion Therapy</i>	۱۴۵
فصل ۴۶: مدیریت خون بیمار: انعقاد	۲۱۲
فصل ۶۲: بیهوشی جهت تروما	۲۵۲
فصل ۶۳: مراقبت‌های پیش بیمارستانی برای اورژانس‌های پزشکی و تروما	۳۳۳
فصل ۶۴: نقش متخصص بیهوشی در بلایای طبیعی، زیستی و انسانی	۳۵۶

الکترولیت و مایع درمانی پری اپراتیو

نکات کلیدی

درمان با مایعات وریدی بخش اساسی از مراقبت‌های دوره‌ی پری‌اپراتیو (پیش، حین و پس از عمل جراحی) است و می‌تواند بر نتایج بیماران تأثیر بگذارد.

آب تقریباً ۶۰٪ از وزن کل بدن را تشکیل می‌دهد، اگرچه این نسبت با سن و ترکیب بدنی تغییر می‌کند. نسبت حجم آب داخل سلولی به مایع خارج سلولی فائکشنال تقریباً ۲ به ۱ است.

* گلیکوکالیکس اندوتلیال لایه‌ای از مایع داخل عروقی با پروتئین کم در حاشیه عروق را تشکیل می‌دهد؛ این ساختار در نسخه‌ی بازنگری‌شده‌ی معادله استارلینگ و مدل جدید حرکت مایع در مویرگ‌ها گنجانده شده است.

• سدیم کاتیون اصلی مایع خارج سلولی است و عامل اصلی تعیین‌کننده‌ی اسمولالیه مایع خارج سلولی محسوب می‌شود. اختلال در سطح سدیم (دیس‌ناترمی) معمولاً با تغییر در حجم مایع خارج سلولی همراه است.

⚡ پتاسیم کاتیون اصلی مایع داخل سلولی است و در حفظ پتانسیل غشایی سلول‌ها نقش حیاتی دارد. اختلال در سطح پتاسیم (دیس‌کالمی) ممکن است با اختلال عملکرد در بافت‌های تحریک‌پذیر همراه باشد.

* کلسیم پیام‌رسان ثانویه‌ی مهم داخل سلولی است و در عملکرد عصبی-عضلانی، تقسیم سلولی و مسیرهای اکسیداتیو نقش دارد.

⚡ منیزیم دارای طیف گسترده‌ای از اثرات فیزیولوژیک است و در محیط پری‌اپراتیو کاربردهای درمانی فراوانی دارد.

⚖️ تعادل اسید-باز در درمان با مایعات اهمیت دارد، زیرا مایعاتی که حاوی سطوح بالای کلر هستند ممکن است موجب اسیدوز ایاتروژنیک شوند؛ هرچند اهمیت بالینی این اسیدوز همچنان مورد بحث است.

📖 مایعات وریدی اثرات فیزیولوژیک متنوعی دارند و باید همانند داروها با در نظر گرفتن اندیکاسیون‌ها، موارد منع مصرف، دوز مناسب، هشدارها و عوارض جانبی تجویز شوند.

⚠️ چالش‌های فیزیولوژیک دوره پری‌اپراتیو ممکن است منجر به طیف گسترده‌ای از اختلالات در تعادل مایع و الکترولیت‌ها شود.

در بسیاری از زمینه‌ها شواهد بالینی کافی برای راهنمایی درمان مایع در دوره پری‌پراتیو وجود ندارد و نمی‌توان نتایج مطالعات مراقبت‌های ویژه‌ی عمومی را مستقیماً به این بیماران تعمیم داد.

باید تعادلی میان تجویز ناکافی مایعات — که موجب هیپوپرفیوژن بافتی می‌شود — و اثرات نامطلوب تجویز بیش از حد مایعات وریدی و توکسیسیته ناشی از ترکیبات آن‌ها برقرار شود.

درمان مایع هدف‌مند (Goal-Directed Therapy - GDT) ممکن است به تعیین نیاز مایع هر بیمار در محیط پری‌پراتیو کمک کند، و برخی شواهد نشان می‌دهند که این روش می‌تواند موربیدیتی پس از عمل را کاهش دهد.

هنوز اجماع روشنی درباره‌ی اینکه کدام نوع مایع وریدی بهترین نتایج بالینی را در محیط پری‌پراتیو ایجاد می‌کند وجود ندارد. مقایسه‌ی مایعات بالانس و غیربالانس و کریستالوئید و کلئوئید همچنان در مطالعات بالینی مختلف در حال بررسی است.

* رویکرد مدیریت مایعات و الکترولیت‌ها باید براساس ویژگی‌های بیمار و نوع جراحی تنظیم شود.

تجویز مایعات وریدی (IV) یکی از مهارت‌های اصلی متخصصان بیهوشی است و حوزه‌ای محسوب می‌شود که در آن، ما نقش مهمی در راهنمایی و مشاوره به همکاران بالینی ایفا می‌کنیم. در کنار تریاد سنتی بیهوشی — شامل حفظ بیهوشی، کنترل درد، و ایجاد شلی عضلانی — درمان با مایعات وریدی بخش اساسی از مراقبت‌های پری‌پراتیو (پیش، حین و پس از عمل جراحی) در بیهوشی به شمار می‌رود.

اهداف تجویز مایع در دوره‌ی پری‌پراتیو باید شامل موارد زیر باشد:

۱. جلوگیری از دهیدراتاسیون،
۲. حفظ حجم مؤثر گردش خون،
۳. و پیشگیری از پرفیوژن ناکافی بافتی، در زمانی که بیمار به دلیل شرایط جراحی، قادر به تأمین این نیازها از طریق مصرف طبیعی مایعات خوراکی نیست

دانش درباره‌ی اثرات بالینی انواع مختلف مایعات، در سال‌های اخیر به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. نوع مایع در شرایط بالینی گوناگون را می‌توان به‌صورت منطقی با درک ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیک انواع محلول‌های کریستالوئید و کلئوئید موجود، و با در نظر گرفتن داده‌های حاصل از کارآزمایی‌های بالینی، انتخاب کرد.

هر تصمیم بالینی در مورد درمان با مایعات، شامل دو جزء اصلی است:

۱. انتخاب نوع مایع،
۲. و تعیین مقدار مایع قابل تجویز.

در سال‌های اخیر، چندین مطالعه‌ی بالینی درک ما را نسبت به هر دو جنبه‌ی فوق تغییر داده‌اند. با این حال، باید در تعبیر بیش از حد داده‌های به‌دست آمده از محیط‌های غیر پری‌پراتیو (غیر جراحی) محتاط باشیم. با وجود انجام چندین کارآزمایی بزرگ و باکیفیت ("mega-trials") که شامل هزاران بیمار بدحال بوده‌اند، همچنان پرسش‌های کلیدی در

زمینه‌ی درمان مایع در محیط پری‌اپراتیو بی‌پاسخ باقی مانده‌اند. در مان مایع هدف‌مند (Goal-Directed Fluid Therapy – GDT) نمونه‌ی خوبی از مداخله‌ای است که در دوره‌ی پری‌اپراتیو مؤثر است، اما در بیماری بحرانی بی‌اثر می‌باشد — و این تفاوت باید ما را نسبت به وجود تمایزات مشابه در سایر زمینه‌ها آگاه‌سازد. این فصل به بررسی فیزیولوژی و فارماکولوژی درمان وریدی با مایعات در انسان می‌پردازد و تأثیر مدیریت مایعات و الکترولیت‌ها و روش‌های جایگزین را بر نتایج بالینی مورد بحث قرار می‌دهد.

فیزیولوژی

کمپارتمان مایعات بدن (Fluid Compartments)

آب در یک فرد بالغ به‌طور متوسط حدود ۶۰ درصد از وزن کل بدن را تشکیل می‌دهد. این نسبت با سن، جنس، و ترکیب بدن متفاوت است. بافت چربی در مقایسه با سایر بافت‌ها مقدار کمی آب دارد، و به همین دلیل نسبت آب کل بدن (Total Body Water – TBW) میان افراد لاغر (حدود ۷۵٪) و افراد چاق (حدود ۴۵٪) می‌باشد. تفاوت در میزان بافت چربی همچنین باعث بروز تفاوت‌هایی در TBW میان مردان و زنان بالغ می‌شود؛ این تفاوت‌ها در سنین بالا کاهش می‌یابد زیرا میزان بافت چربی در پیری کمتر می‌شود. تغییرات ترکیب بدن که با افزایش سن رخ می‌دهند، باعث تغییر گسترده در نسبت آب کل بدن نیز می‌شوند (جدول ۴۳.۱).

Table 43.1 Age-Related Variation in Total Body Water and Extracellular Fluid as Percent of Body Weight (MULTIPLY by 10 for mL/kg)

Age	TBW (%)	ECF (%)	Blood Volume (%)
Neonate	80	45	9
6 months	70	35	
1 year	60	28	
5 years	65	25	8
Young adult (male)	60	22	7
Young adult (female)	50	20	7
Elderly	50	20	

In pregnancy, blood and plasma volumes increase by 45% and 50%, respectively, by term.

ECF, extracellular fluid; TBW, total body water.

Data from Jones JG, Wardrop CA. Measurement of blood volume in surgical and intensive care practice. *Br J Anaesth*. 2000;84(2):226–235; Chumlea WC, Guo SS, Zeller CM, et al. Total body water data for white adults 18 to 64 years of age: the Fels Longitudinal Study. *Kidney Int*. 1999;56(1):244–252; Baarsma R, Hof P, Zijlstra WG, et al. Measurement of total bodywater volume with deuterated water in newborn infants. *Biol Neonate*. 1992;62(2–3):108–112; and Ellis KJ, Shypailo RJ, Abrams SA, et al. The reference child and adolescent models of body composition. A contemporary comparison. *Ann NY Acad Sci*. 2000;904:374–382.

آب کل بدن میان بخش‌های آناتومیک و عملکردی مختلف در بدن تقسیم می‌شود که بزرگ‌ترین تقسیم‌بندی آن بین مایع داخل سلولی (Intracellular Fluid - ICF) و مایع خارج سلولی (Extracellular Fluid - ECF) است. اندازه‌ی این فضاها و ترکیب شیمیایی بسیار متفاوت آن‌ها در شکل ۴۳،۱ و جدول ۴۳،۲ نشان داده شده است.

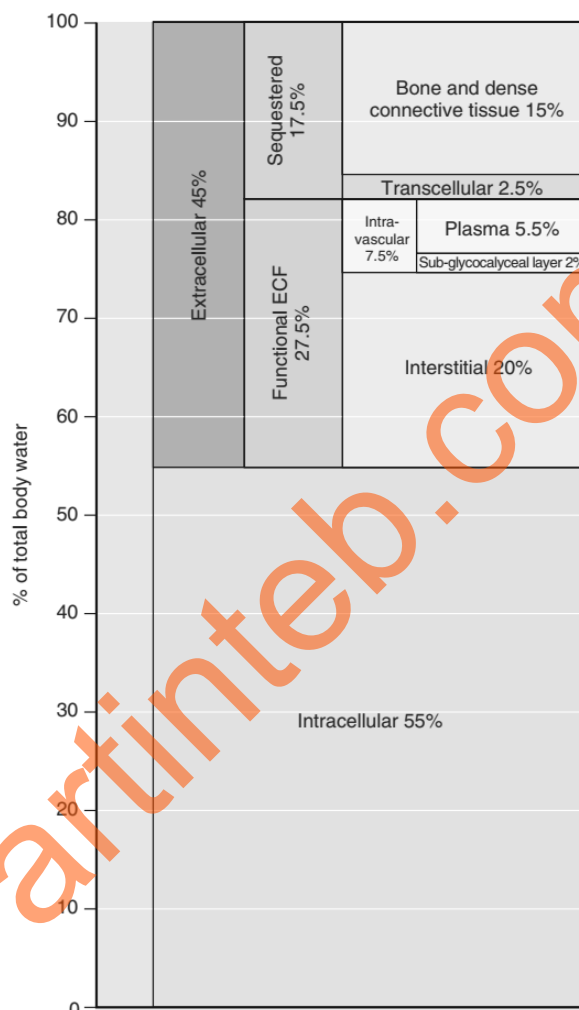


Fig. 43.1 Distribution of total body water between fluid compartments. "Sequestered" extracellular fluid (ECF) refers to water associated with bone and dense connective tissue or within the transcellular compartment and therefore not immediately available for equilibration with the other fluid compartments.

مایع خارج سلولی (ECF) خود به چند بخش تقسیم می‌شود:

◆ مایع بین سلولی (Interstitial Fluid - ISF): شامل مایع لنفاوی و مایع کم پروتئین که در فضاها بین سلول‌ها قرار دارد.

◆ مایع داخل عروقی (Intravascular Fluid): حجم پلاسما را شامل می‌شود، شامل بخشی از آن که در زیر لایه‌ی گلیکوکالیکس (subglycocalyx) قرار دارد (در ادامه توضیح داده خواهد شد).

◆ مایع درون سلولی (Transcellular Fluid): شامل مایعات دستگاه گوارش، صفرا، ادرار، مایع مغزی-نخاعی (CSF)، زلالیه چشم، مایع مفصلی، و مایعات پلور، صفاق و پریکارد است. این مایعات از نظر عملکرد بسیار مهم هستند و با ترکیب متفاوت درون فضاهایی که با اپی‌تلیوم پوشیده شده‌اند قرار دارند و از طریق انتقال فعال سلولی تنظیم می‌شوند (جدول ۴۳،۳).

◆ آب موجود در استخوان و بافت همبند متراکم: بخش قابل توجهی از آب کل بدن را تشکیل می‌دهد، اما به دلیل سرعت پایین تبادل آب بین این بخش و سایر فضاهای مایع، بخشی از مایع خارج سلولی عملکردی محسوب نمی‌شود. حجم کل خون (Total Blood Volume) از اجزای خارج سلولی (پلاسما و فضای زیر گلیکوکالیکس) و داخل سلولی (سلول‌های خونی) تشکیل شده است. با در نظر نگرفتن بخش مایع خارج سلولی غیرفعال (یعنی آب موجود در استخوان و بافت همبند)، نسبت بین مایع داخل سلولی (ICF) و مایع خارج سلولی عملکردی (ECF) تقریباً ۲ به ۱ است. به عبارت دیگر، حدود ۵۵٪ از آب کل بدن (Total Body Water) در فضای داخل سلولی (ICF) قرار دارد و حدود ۲۷/۵٪ در فضای خارج سلولی (ECF) جای گرفته است.

Table 43.2 Composition of Intracellular and Extracellular Fluid Compartments (in mOsm/L Water)

	EXTRACELLULAR		
	Intracellular	Intravascular	Interstitial
CATIONS			
Na ⁺	10	142	145
K ⁺	157	4	4
Ca ²⁺	0.5*	2.5	2.5
Mg ²⁺	20	0.8	0.7
ANIONS			
Cl ⁻	10	103	117
HCO ₃ ⁻	7	25	27
HPO ₄ ²⁻ /H ₂ PO ₄ ⁻	11	2	2
SO ₄ ²⁻	1	0.5	0.5
Organic acids		6	6
Protein	4	1.2	0.2

*Total intracellular Ca²⁺ concentration may be as high as extracellular levels; however, this is largely sequestered or buffered, such that the cytoplasmic ionized Ca²⁺ concentration is approximately 1000 times lower than extracellular fluid (0.3–2.6 μEq/L). The intracellular content of anions such as PO₄³⁻ has been difficult to establish for similar reasons. Data from Campbell I. Physiology of fluid balance. *Anaesth Intensive Care Med.* 2009;10(12):593–596; Hoffer LJ, Hamadeh MJ, Robitaille L, et al. Human sulfate kinetics. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2005;289(5):R1372–R1380; and Hall JE. The body fluid compartments. In: *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology.* 12th ed. Philadelphia: WB Saunders; 2010:285–300.

Table 43.3 Composition of Transcellular Fluids (mEq/L Unless Stated)

	Daily Volume (L)	Cations				Anions		pH
Fluid		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	
Gastrointestinal tract								
Saliva	1–1.5	30–90	20–40	2.5	0.6	15–35	10–40	6–7
Gastric	1.5–2.5	20–60	10–20			20–160	0	1–3.5
Bile	0.7–1.2	130–150	5–12	10–50		25–100	10–45	7–8
Pancreatic	1–1.5	125–150	5–10			30–110	40–115	8–8.3
Small bowel (concentrations from proximal to distal)	1.8	140–125	5–9			110–60	100–75	7–8
Large bowel	0.2 (lost in feces)	20–40	30–90			0–15	40	7–8
Sweat	0.1–0.5	45–60	5–10			45–60	0	5.2
Cerebrospinal fluid		140	2.8	2.1	1.7	120		7.33

Data from Grădinaru I, Ghiciuc C-M, Popescu E, et al. Blood plasma and saliva levels of magnesium and other bivalent cations in patients with parotid gland tumors. *Magnes Res.* 2007;20(4):254–258; Sewón LA, Karjalainen SM, Söderling E, et al. Associations between salivary calcium and oral health. *J Clin Periodontol.* 1998;25(1 Pt 1):915–919; and Lentner C. *Geigy Scientific Tables. Vol. 1. Units of Measurement, Body Fluids, Composition of the Body, Nutrition.* 8th ed. Basle: Ciba-Geigy Ltd; 1981.

قوانین فیزیکی و شیمیایی حاکم بر حرکت مایعات و الکترولیت‌ها (Physicochemical Laws Governing Fluid and Electrolyte Movement)

حرکت آب و مواد حل‌شونده (solute) در بدن، توسط مجموعه‌ای از فرایندهای فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیک کنترل می‌شود، که در بخش بعدی به تفصیل مورد بحث قرار خواهند گرفت.

انتشار (Diffusion)

انتشار، فرایندی است که طی آن ذرات ماده‌ی محلول (solute) با حرکت از ناحیه‌ای با غلظت بالا به ناحیه‌ای با غلظت پایین، فضای موجود در حلال (solvent) را پر می‌کنند. انتشار همچنین می‌تواند از غشاهای قابل نفوذ (permeable membranes) نیز رخ دهد و مطابق با قانون انتشار فیک (Fick's law of diffusion) توصیف می‌شود:

$$J = -DA \left(\frac{\Delta c}{\Delta x} \right)$$

که در آن:

J: نرخ خالص انتشار (Net rate of diffusion) است،

D: ضریب انتشار (Diffusion coefficient) می‌باشد،

A: مساحت سطح مقطع در دسترس برای انتشار است،

و $\Delta c / \Delta x$: شیب غلظت یا گرادیان شیمیایی (concentration gradient) را نشان می‌دهد.

علاوه بر این، انتشار می‌تواند تحت تأثیر تمایل ذرات باردار برای حرکت در جهت گرادیان الکتریکی نیز افزایش یابد.

اسمز (Osmosis)

اگر یک غشای نیمه‌تراوا (semipermeable membrane) — غشایی که به آب نفوذپذیر است اما به ماده‌ی حل‌شده (solute) نفوذپذیر نیست — آب خالص را از آبی که در آن ماده‌ی حل‌شده وجود دارد جدا کند، مولکول‌های آب از طریق غشا به ناحیه‌ای با غلظت بالاتر ماده‌ی حل‌شده حرکت می‌کنند. فشاری که برای ممانعت از

حرکت مولکول‌های حلال به این شکل لازم است، فشار اسمزی (osmotic pressure) نامیده می‌شود. این ویژگی یکی از خواص کولیکاتیو (colligative) اساسی محلول است؛ به این معنی که به تعداد ذرات فعال اسمزی موجود در محلول وابسته است، نه به نوع آن‌ها. این ذرات می‌توانند مولکول کامل یا یون‌های جداشده باشند. فشار اسمزی در یک محلول ایده‌آل تحت تأثیر دما و حجم قرار دارد و با رابطه‌ی زیر بیان می‌شود:

$$P = \frac{nRT}{V}$$

که در آن:

- P: فشار اسمزی،
- n: تعداد ذرات حل شده فعال از نظر اسمزی،
- R: ثابت گازها،
- T: دما،
- V: حجم محلول است.

تعداد ذرات (n) را می‌توان از حاصلضرب جرم ماده حل شونده/وزن مولکولی ماده حل شونده در تعداد ذراتی که ماده حل شونده به آن‌ها تفکیک می‌شود، بدست آورد. با این حال، مایعات بدن محلول‌های ایده‌آلی نیستند، زیرا تداخل‌های بین یونی باعث می‌شوند تعداد ذراتی که آزاد هستند تا اثر اسمزی ایجاد کنند کاهش یابد. فشار اسمزی کل پلاسما تقریباً ۵۴-۵۵ mmHg است.

اسمولالیت (Osmolality)

مولالیت (Molality) تعداد مول‌ها (هر مول شامل 6×10^{23} ذره از یک ماده‌ی خاص) موجود در ۱ کیلوگرم حلال است. اسمولالیت ممکن است برای توصیف محلول‌هایی که حاوی انواع مختلف ذرات هستند استفاده شود و نشان‌دهنده‌ی تعداد اسمول‌ها (هر کدام شامل 6×10^{23} ذره از هر نوع موجود) در ۱ کیلوگرم حلال است. اسمولالیت طبیعی بدن بین ۲۷۵ تا ۲۹۵ mOsm/kg است و در هر دو بخش داخل سلولی و خارج سلولی یکسان است، زیرا حرکت آزاد آب بین بخش‌ها از ایجاد هرگونه گرادیان اسمزی جلوگیری می‌کند و تعادل را حفظ می‌کند. بزرگ‌ترین سهم در اسمولالیت پلاسما متعلق به سدیم و آنیون‌های مرتبط با آن، کلراید و بی‌کربنات است. اسمولالیت سرم می‌تواند با کاهش نقطه‌ی انجماد پلاسما یا با استفاده از اسمومترهای فشار بخار اندازه‌گیری شود.

اسمولاریت (Osmolarity)

اسمولاریت تعداد اسمول‌های حل شده در هر لیتر محلول است؛ بر خلاف اسمولالیت، ممکن است تحت تأثیر تغییرات دما قرار گیرد زیرا افزایش دما باعث افزایش حجم محلول می‌شود. اگر غلظت مواد فعال اسمزی غالب در محیط آزمایشگاهی (معمولاً در سرم اندازه‌گیری می‌شوند) مشخص باشد، اسمولاریت را می‌توان تخمین زد:

$$\text{Serum osmolarity} = (2 \times \text{Na}) + \left(\frac{\text{glucose}}{18} \right) + \left(\frac{\text{urea}}{2.8} \right)$$