

روش‌هایی برای اندازه‌گیری برون‌ده قلب

در حیوانات آزمایشگاهی با وارد کردن نوعی لوله به آئورت، شریان ریوی یا وریدهای بزرگ که به قلب می‌روند می‌توان برون‌ده قلب را با استفاده از هر یک از انواع جریان‌سنج‌ها اندازه‌گیری کرد. جریان‌سنج الکترومغناطیسی یا ماوراء صوت را می‌توان بر روی آئورت یا شریان‌های ریوی قرار داد و برون‌ده قلب را اندازه گرفت. برون‌ده قلب انسان به جز در موارد نادر با روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری می‌شود که نیازی به جراحی ندارند. دو روش که به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرند روش اکسیژنی فیک^۱ و روش رقت معرف^۲ است، که برای مطالعات آزمایشگاهی از آن استفاده می‌شود برون‌ده قلب را می‌توان به واسطه اکوکاردیوگرافی تخمین زد، روشی که در آن از امواج ماورای صوت از طریق مبدلی که بر روی قفسه سینه یا در مری گذاشته می‌شود اندازه‌گیری می‌گردد تا بدین وسیله اندازه حفره‌های قلب را اندازه بگیرند. همین‌طور می‌توان سرعت جریان خون از بطن چپ به آئورت را اندازه گرفت. حجم ضربه‌ای از سرعت جریان خون به داخل آئورت و مساحت سطح مقطع آئورت که به واسطه اندازه‌گیری قطر آئورت قابل

1-Oxygen Fick method

2-indicator dilution method

محاسبه است به دست می آید آنگاه ، برون ده قلب از حاصل ضرب حجم ضربه ای در ضربان قلب به دست می آید.

سنجش برون ده ضربانی قلب به واسطه جریان سنج الکترومغناطیسی یا ماورای صوت

شکل ۱۷-۲۰ جریان خون در ریشه آئورت سگ را نشان می دهد که با استفاده از جریان سنج الکترومغناطیسی ثبت شده است. این شکل نشان می دهد که جریان خون حین سیستول به سرعت تا حد پیک بالا می رود، و سپس در پایان سیستول به مدت کسری از ثانیه معکوس می شود. این جریان معکوس باعث می شود تا دریچه آئورت بسته شود و جریان به حد صفر باز گردد.

اندازه گیری برون ده قلب به روش اکسیژنی (اصل فیک)

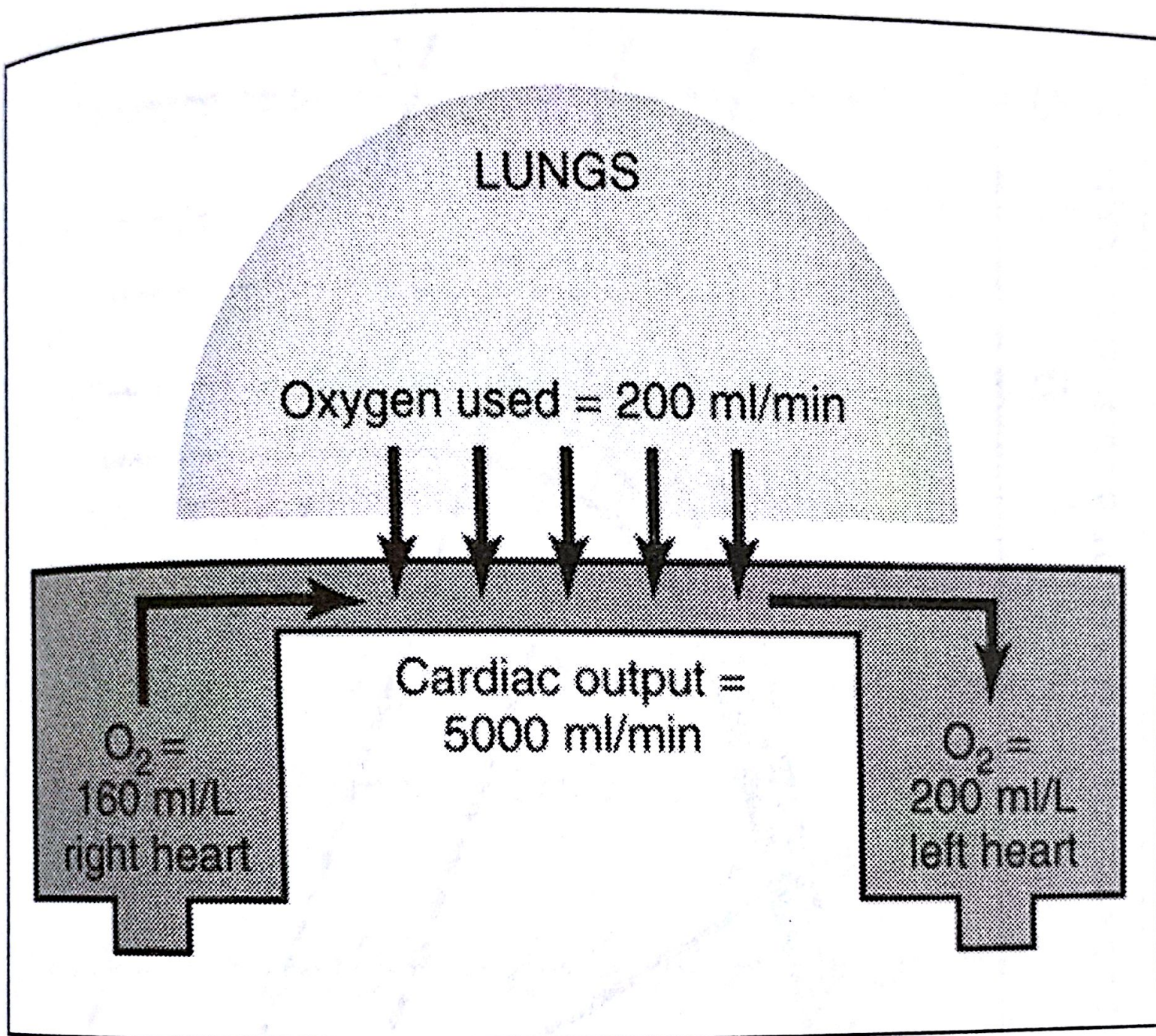
روش فیک در شکل ۱۸-۲۰ نشان داده می شود. این شکل نشان می دهد که در هر دقیقه ۲۰۰ میلی لیتر اکسیژن از ریه ها جذب شریان ریوی می شود. همچنین همان طور که ملاحظه می کنید غلظت اکسیژن خونی که وارد قلب راست می شود ۱۶۰ میلی لیتر در هر لیتر خون است، در حالی که غلظت آن در خونی که از سمت چپ خارج می شود ۲۰۰ میلی لیتر در هر لیتر خون است. با استفاده از این اطلاعات می توان فهمید که هر لیتر خون که از ریه ها عبور می کند، ۴۰ میلی لیتر اکسیژن جذب می کند.

به دلیل اینکه مقدار کل اکسیژنی که در هر دقیقه از ریه ها جذب خون می شود ۲۰۰ میلی لیتر است، حاصل تقسیم ۲۰۰ به ۴۰، برابر است با ۵ لیتر. پس در هر دقیقه باید ۵ حجم ۱ لیتری خون از گردش خون ریوی عبور کند. بنابراین، مقدار خونی که در هر دقیقه در ریه ها جریان می یابد ۵ لیتر است.

بدین ترتیب می‌توان برون‌ده قلب را اندازه‌گیری کرد. برون‌ده قلب را می‌توان از فرمول زیر حساب کرد:

$$\text{برون‌ده قلب} = \frac{(\text{ml/min}) \text{ اکسیژن جذب شده به وسیله ریه‌ها در هر دقیقه}}{(\text{ml/L خون}) \text{ اختلاف اکسیژن شریانی - وریدی}}$$

در اجرای روش فیک معمولاً کاتتری را بعد از وارد کردن در ورید بازویی و راندن آن به سمت بالا و عبور دادن آن از ورید سابکلوین تا دهلیز راست، وارد بطن راست یا شریان ریوی می‌کنند و سپس نمونه خون مخلوط وریدی را برمی‌دارند، خون شریانی عمومی را می‌توان از هر کدام از شریان‌های عمومی بدن به دست آورد. سرعت جذب اکسیژن توسط ریه‌ها را می‌توان با استفاده از مقدار کاهش اکسیژن در هوای تنفسی با استفاده از هر کدام از دستگاه‌های اکسیژن‌سنج اندازه‌گیری کرد.



شکل ۱۸-۲۰ اصل فیک برای تعیین برون ده قلب

روش رقت معرف برای اندازه‌گیری برون‌ده قلب

برای اندازه‌گیری برون‌ده قلب به وسیله روشی که به آن "روش رقت معرف" می‌گویند، ابتدا مقدار کمی از نوعی معرف مثل نوعی رنگ را به درون وریدی بزرگ یا ترجیحاً به درون دهلیز راست تزریق می‌کنند. معرف مذکور به سرعت از سمت راست قلب، ریه‌ها و سمت چپ قلب عبور می‌کند و در نهایت وارد دستگاه شریانی می‌شود. آن‌گاه غلظت رنگ حین عبور از یکی از شریان‌های محیطی اندازه‌گیری می‌شود. در نتیجه منحنی‌های

شبيه به يکى از دو منحنى شکل ۱۹-۲۰ به دست مى آيد. در هر یک از موارد ذکر شده ۵ ميلی گرم رنگ کارديو گرین^۱ را در زمان صفر تزريق مى کنند. در قسمت بالاي شکل، هيچ رنگى تا حدود ۳ ثانيه بعد از تزريق به دستگاه شريانى نرسيده است، اما بعد از آن غلظت شريانى رنگ به سرعت افزايش مى يابد و در حدود ۶ تا ۷ ثانيه به حداکثر مى رسد. آنگاه غلظت رنگ به سرعت کاهش مى يابد، اما قبل از اينکه غلظت آن به صفر برسد، قسمتى از رنگ یک بار تمام گردش خون را طى کرده است و مجدداً با عبور از قلب به شريان مذکور رسيده است. در نتيجه غلظت رنگ در شريان مجدداً شروع به افزايش مى کند. به منظور محاسبه بايد ادامه شيب رو به پايين منحنى را به طور فرضى تا نقطه صفر رسم کنيم، همان طور که در شکل ۱۹-۲۰ نيز ادامه شيب را به صورت خطوط نقطه چين مى بينيد. بدین ترتيب منحنى تعميم داده شده زمان - غلظت در مورد رنگ در شريان و بدون گردش مجدد آن به دست مى آيد که قسمت اول آن دقيق تر از بقيه قسمت ها است و قسمت بعدى آن نيز تخمينى قابل قبول را ارايه مى کند.

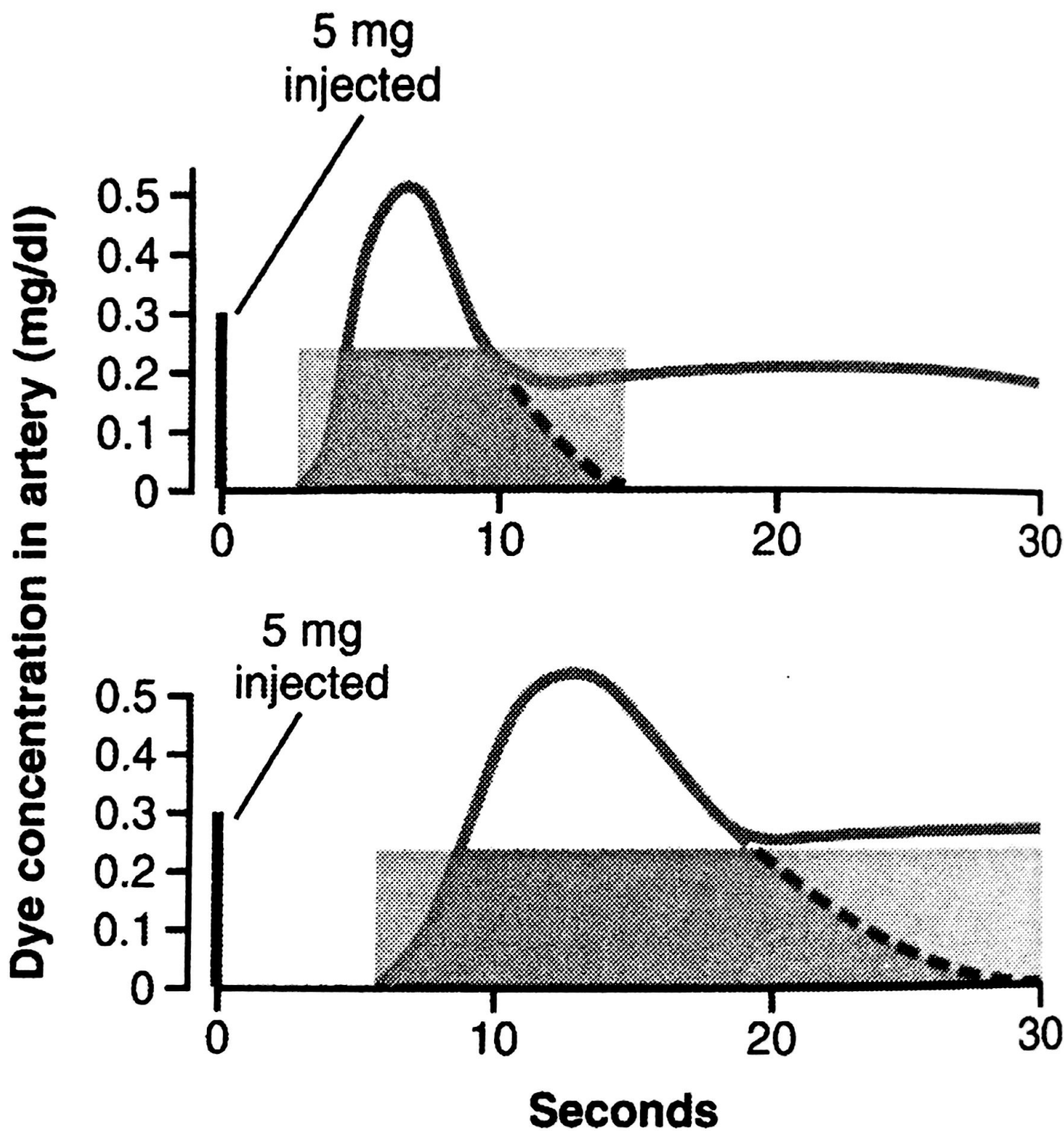
بعد از حصول منحنی تعمیم داده شده زمان - غلظت می توان میانگین غلظت رنگ را در خون شریانی در مدت زمان منحنی محاسبه کرد. در مثال بالا از شکل ۱۹-۲۰ برای محاسبه میانگین غلظت، ابتدا کل مساحت زیر منحنی را اندازه گیری می کنند و سپس متوسط غلظت رنگ را در مدت زمان منحنی محاسبه می کنند؛ مستطیل سایه داری که بر روی منحنی بالایی شکل کشیده شده است نشان می دهد که میانگین غلظت رنگ حدود ۰/۲۵ میلی گرم در ۱۰۰ میلی متر خون است و مدت زمان این غلظت میانگین ۱۲ ثانیه است. از آنجایی که مقدار کل رنگ تزریق شده در ابتدای آزمایش ۵ میلی گرم است، و سپس غلظت آن به ۰/۲۵ میلی گرم در ۱۰۰ میلی متر رسیده است. تمام ۵ میلی گرم رنگ از طریق قلب و ریه ها در مدت ۱۲ ثانیه حمل شده است یعنی رنگ تزریقی در ۲۰ قسمت از ۱۰۰ میلی متر خون با غلظت ۲۵/۰ میلی گرم در ۱۰۰ میلی متر حل شده است. این حجم ۲۰ دسی لیتری طی ۱۲ ثانیه از قلب عبور کرده است، به همین جهت برون ده قلب ۲L/۱۲s یا ۱۰L/min است. محاسبه برون ده قلبی با استفاده از قسمت پایین منحنی تعمیم داده شده در شکل ۱۹-۲۰ را به خواننده می سپاریم. به طور خلاصه برون ده قلب را می توان با استفاده از فرمول زیر تعیین نمود:

$$\text{برون ده قلب (ml/min)} =$$

$$60 \times \text{رنگ تزریق شده بر حسب میلی گرم}$$

$$\times (\text{میانگین غلظت رنگ در هر میلی لیتر} \times \text{مدت زمان منحنی بر خون در مدت زمان منحنی})$$

(حسب ثانیه)



شکل ۱۹-۲۰ تعمیم منحنی‌های غلظت رنگ برای محاسبه دو سطح جداگانه برون‌ده قلب با استفاده از روش رقیق‌شدن نواحی مستطیلی نشانگر غلظت محاسبه‌شده رنگ در خون شریانی در مدت زمان منحنی تعمیم داده شده مربوطه هستند.