

## چند نکته راجع به فرضیه وکتوری\*\*

پایه فرضیه وکتوری عبارت از اینست که در اختلاف پتانسیلی را که در عضله قلب بوجود می‌آید میتوان بصورت وکتوری نمایش داد بطوریکه نوک وکتور متوجه نقاط مثبت و ته آن بطرف نقاط منفی باشد. اثری که این وکتور در اشتقاقهای مختلف میگذارد متناسب است با  $\cos$  زاویدای که وکتور با خط اشتقاق تولید میکند زیرا چنانکه در شکل یک سی بینیم وکتور  $M$  را میتوانیم بدو وکتور  $M_1$  و  $M_2$  تقسیم کنیم. وکتور  $M_2$  هیچگونه اختلاف پتانسیلی در نقاط  $A$  و  $B$  یعنی محل اتصال الکترودها تولید نمیکند و تنها وکتور  $M_1$  است که سبب میشود نقطه  $A$  نسبت به  $B$  مثبت شود و  $M_1$  همان  $M \cos \theta$  یعنی تصویر وکتور  $M$  بر روی خط اشتقاق است.

در اختلاف سطح بین  $A$  و  $B$  دو عامل دیگر نیز دخالت دارند که یکی فاصله بین این دو نقطه است که هرچه کوتاهتر باشد اختلاف سطح آنها نیز کمتر میشود و هرچه این فاصله بلندتر باشد اختلاف سطح بیشتر خواهد شد. عامل دیگر فاصله نقاط  $A$  و  $B$  از وکتور است بطوریکه اختلاف پتانسیل بین  $A$  و  $B$  با کعب این فاصله نسبت معکوس دارد لذا اگر فاصله بین دو نقطه را  $d$  فرض کنیم و فاصله آنها را از وکتور  $r$  بگیریم میتوان نوشت:

$$1) VA - VB = \frac{M \cos \theta d}{r^2}$$

این فرضیه پایه الکتروکاردیوگرافی و وکتوکاردیوگرافی را تشکیل میدهد و بطور خلاصه میتوان گفت که اختلاف پتانسیلی را که در هر لحظه در قلب بوجود آید بصورت وکتوری نمایش میدهد و تصویر آن بر روی خط اشتقاق اندازه و لتاژ هر اشتقاق را بمانشان خواهد داد. ولی چون طول و جهت این وکتورها در لحظه‌های مختلف فعالیت قلب تغییر می‌یابد لذا نوک این وکتورها منحنی رسم میکند که آنرا وکتوکاردیوگرام نامند و تصویر محیط این منحنی بر روی سه خط اشتقاق شکل اشتقاقهای  $D_1$  و  $D_2$  و  $D_3$  را مشخص میکند.

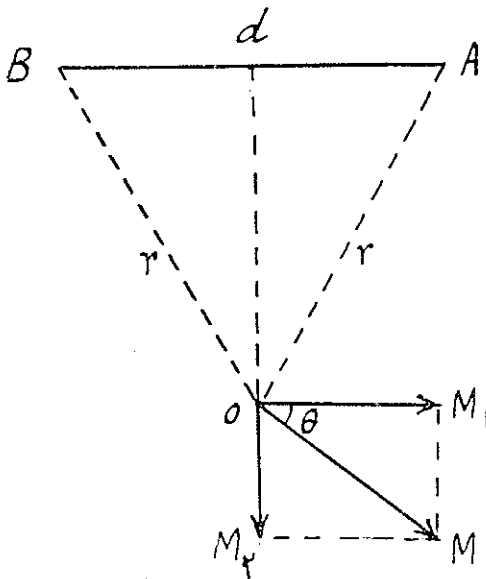
استفاده از رابطه (۱) در الکتروکاردیوگرافی و وکتوکاردیوگرافی از نظر ریاضی و فیزیکی اشکالاتی دارد که بررسی آنها موضوع بحث امروز است.

\* - استاد دانشکده پزشکی

\*\* - این مقاله بصورت کنفرانس در آزمایشگاه فیزیولوژی ایراد شده است

۱- **فاصله الکترودها از قلب** - طبق نظریات تون سوچی میتوان تغییرات الکتریکی را بصورت دیپول یا وکتوری نمایش داد که الکترودها دور از قلب قرار گرفته باشند و اگر الکترودها بزرگ و قلب نزدیک باشد فقط ناحیه محدودی را میتوان بررسی کرد. (Potentiell local) خوشبختانه آزمایشهای متعدد نشان داده اند که این موضوع سوچی اهمیت پیدا میکند که الکترودها روی قلب قرار گرفته باشد و یا فوق العاده به آن نزدیک باشد لذا میتوان گفت که در اشتقاقهای اعضا حتی در اشتقاقهای جلو قلبی وضع وکتورها و فاصله آنها با الکترودها طوریست که میتوان از فرضیه وکتوری استفاده نمود.

۲- **تساوی فاصله الکترودها** - در محاسبه اثر الکتریکی دیپول سوچی میتوان فرمول (۱) را بکار برد که فاصله دیپول از دو الکترودها A و B یک اندازه باشد بطوریکه اگر نقطه O نزدیک



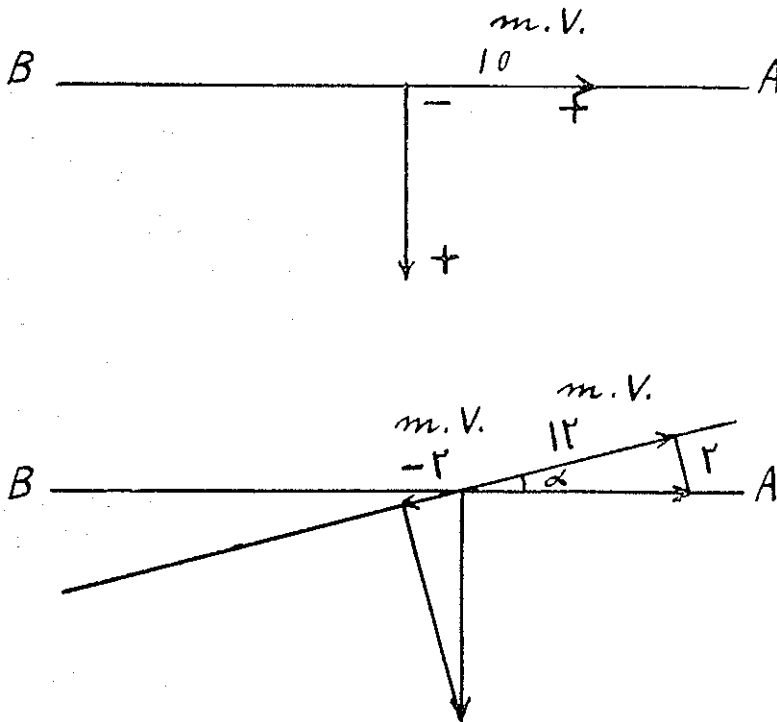
شکل ۱

الکترودها A قرار بگیرد دیگر تصویر وکتور  $OM_1$  بر خط اشتقاق صفر خواهد بود بلکه یک مقدار منفی خواهد شد زیرا در این وضع اثر دو انتهای وکتور یعنی مثبت و منفی آن بر نقطه B که دور قرار گرفته تقریباً یکسان است در صورتیکه انتهای منفی آن که نزدیک نقطه A قرار میگیرد در این الکترودها پتانسیل منفی ایجاد میکند و با نتیجه تصویر  $OM_2$  بر اشتقاق AB منفی میشود. (شکل ۲) وکتور  $M_1$  بالعکس اگر به نقطه A نزدیک شود پتانسیل بیشتری در این الکترودها ایجاد خواهد کرد. به عبارت دیگر در روی خط

اشتقاق تصویر بلندتری خواهد داشت لذا در این حالت اثر وکتور M در اشتقاق یک متناسب با  $M \cos \theta$  خواهد بود.

برای آزمایش میتوان دیپولی بطور مصنوعی روی سینه شخص ایجاد کرد و با بهتر قالبی شبیه قفسه سینه انسان ساخت و داخل آنرا با سرم فیزیولوژیک پر کرد و دیپول متحرکی را درون آن قرار داد و اثرات آنرا در  $D_1$  ثبت نمود. یک مرتبه این دیپول را در وسط قفسه سینه بطور قائم قرار میدهم و ملاحظه میکنیم هیچ نوع اثری در اشتقاق  $D_1$  ندارد ولی سوچیکه آنرا بطور

افقی قرار می‌دهیم گالوانومتر اختلاف سطحی نشان می‌دهد که فرض می‌کنیم ۱ میلی ولت باشد (شکل ۳-۱) حال اگر محل دیپول را تغییر داده و آنرا در ناحیه قلب قرار دهیم بطوریکه فاصله آن از دو الکترود متفاوت باشد مشاهده می‌شود که اگر دیپول قائم باشد ۲- میلی ولت و موقعیکه افقی است ۱۲+ میلی ولت جریان تولید می‌کند بطوریکه از لحاظ الکتریکی بنظر می‌رسد خط اشتقاق  $D_1$  دیگر افقی نیست (شکل ۳-۲) زیرا یک وکتور قائم روی آن تصویر دارد زاویه این انحراف را چنانکه در شکل مشاهده می‌شود می‌توان محاسبه کرد زیرا:  $\tan \alpha = \frac{2}{12} = \frac{1}{6}$  لذا این زاویه در حدود  $10^\circ$  است.



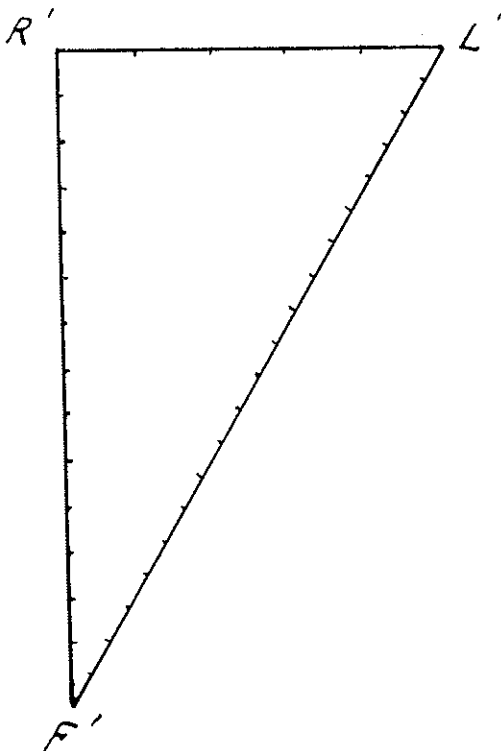
شکل ۳

بهین جهت در طریقی که برای رسم وکتور کاردیوگرام از اشتقاق  $D_1$  استفاده می‌کنند بعات آنکه قلب در وسط قفسه سینه قرار گرفته است منحنی تغییر شکل پیدا می‌کند. ویلسون با قرار دادن دیپول مصنوعی در جلو قلب و تغییر جهت آن نشان داده که این اختلاف اغلب قابل توجه است:

اختلاف	جهت ثبت شده	جهت حقیقی وکتور
$۱۲^\circ$	$-۱۲^\circ$	$0^\circ$
۱۳	۴۳	۳۰
۲۶	۸۶	۶۰
۱۸	۱۰۸	۹۰

چنانکه مشاهده میشود اگر دیپول را در  $0^\circ$  قرار دهیم الکتروکاردیوگرام آنرا در  $۸۶^\circ$  نشان خواهد داد یعنی خطای ما در حدود  $۲۶$  درجه است.

برای بدست آوردن جهت صحیح خطوط اشتقاقها وکتور داخل قالب را طوری قرار میدهم که تصویر آن در اشتقاق مورد نظر ما کمزیم باشد در اینصورت وکتور ما با خط اشتقاق



شکل ۳

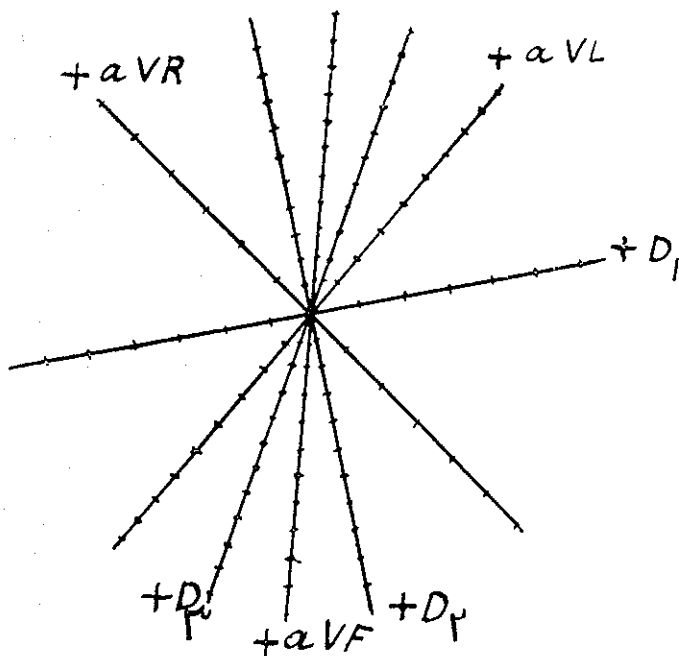
سوازیست زیرا در این وضع زاویه  $0$  صفر شده و  $\cos$  آن مساوی یک میگردد. بالنتیجه  $M \cos 0 = M$  بعدا کثرتول خود میرسد. از طرف دیگر چون وکتور  $M$  برای تمام اشتقاقها ثابت فرض شده لذا  $d$  یعنی طول خط اشتقاق متناسب با ارتفاع منحنی است که در آن اشتقاق ثبت میشود پس بدین ترتیب جهت اشتقاقها و نسبت آنها را یکدیگر نمیتوان بدست آورد و از این رو مثلثی میتوان رسم کرد که آنرا مثلث بورگر (Burger) نامند (شکل ۳)، رئوس این مثلث عبارتند از  $R'$  که در پائین و جلو راس  $R$  مثلث انتوون قرار دارد و راس  $L'$  در بالا و عقب  $L$  و راس  $F'$  در طرف راست  $F$  واقعست. بطوریکه مشاهده میشود طول اشتقاق  $D_p$  و  $D_p$  خیلی بیش از طول اشتقاق  $D_1$

است لذا طول وکتورهای قلب در این دو اشتقاق خیلی بلند تر از  $D_1$  ثبت میگردد و بالتیجه محور الکتریکی قلب همیشه عمودی تر از آنچه هست بنظر میرسد. درحقیقت اگر بخواهیم طول وکتورها را بایکدیگر مقایسه کنیم لازم است طول هر اشتقاقی را در ضریب مخصوص ضرب کرد.

اگر ضریب اشتقاق  $D_1$  را یک فرض کنیم ضریب سایر اشتقاقها طبق محاسبه لانگنر (Langner) چنین بدست آمده است.

$D_1$	۱	$aVR$	۱/۱
$D_2$	۰/۶	$aVL$	۰/۸
$D_3$	۰/۵	$aVF$	۰/۶

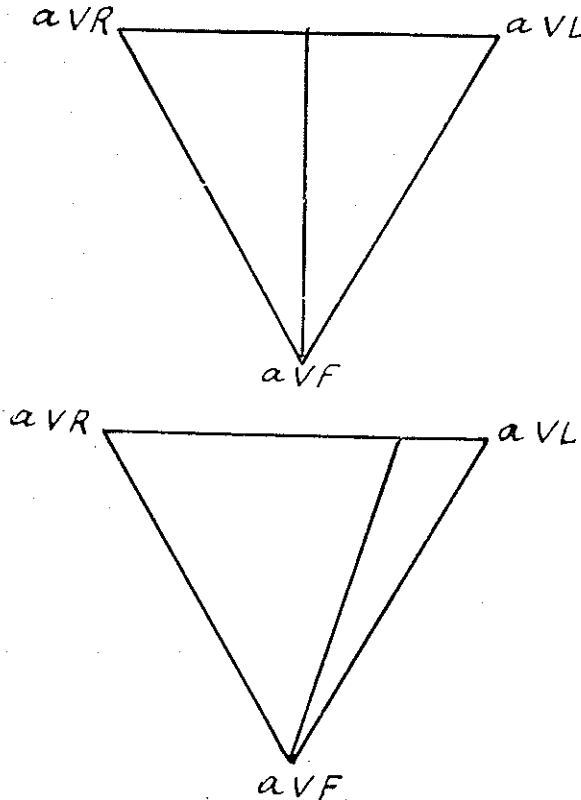
چنانکه مشاهده میشود چون در مثلث بورگر خط اشتقاق  $D_3$  دو برابر خط اشتقاق  $D_1$  است لذا ضریب  $D_3$  ۰/۵ میباشد بعبارت دیگر برای نمایش وکتور در  $D_3$  باید طول آنرا نصف کنیم تا نسبت آن با  $D_1$  تصحیح شود (شکل ۴).



شکل ۴

نتیجه دیگری که میتوان از مطالب بالا گرفت اینست که در اشخاصی که سینه پهن دارند

اشتقاق  $D_1$  بلند تر و در اشخاص باریک اندام ارتفاع آن کمتر است زیرا فاصله  $d$  در اشخاص باریک اندام کوتاه تر از اشخاص سینه پهن است و چنانکه میدانیم این تغییرات سبب میشود که محور الکتریکی افقی و یا قائم شود لذا جهت محور الکتریکی نمیتواند وضع قلب را در قفسه سینه مشخص کند.



شکل ۵

همچنین مشاهده میکنیم که اختلاف پتانسیل بین A و B با فاصله این نقاط از وکتور نسبت معکوس دارد لذا اگر قلب قدری پایین تر قرار بگیرد اشتقاق  $D_1$  کوتاه شده و یا زهم بنظر میرسد و وضع قلب قائم شده است.

**۳- مقاومت بدن انسان** - چنانکه میدانیم موقعی می توان تغییرات الکتریکی قلب را بصورت وکتور نشان داد که قلب در محیط متجانس قرار گرفته باشد بعبارت دیگر مقاومت انساج اطراف قلب یکسان باشد در غیر اینصورت یکنواختی میدان الکتریکی زائل شده و منحنی تغییر شکل می یابد.

اندازه گیری مقاومت انساج بدن بطور کلی بسیار مشکل است و تا بحال برای اینکار طریقه

دقیقی پیدا نشده زیرا از یک طرف مقاومت یک نسج برحسب شرایط فیزیولوژی آن متغیر است و از طرف دیگر نوع جریانی که از آن عبور میکند نیز دخالت دارد و برحسب آنکه جریان مستقیم و یا مستواب باشد و یا تغییرات دیگری در آن تولید کنیم قابلیت هدایت نسج تغییر میکند. به همین جهت برای آنکه تغییرات مقاومت اعضاء باعث تغییر شکل منحنی های یک قطبی نشود و بلسون مقاومت های . . . اهمی در مدار هر یک از آنها قرار داده است زیرا اگر فرض کنیم مقاومت دست راست و چپ بایکدیگر برابر باشند اشتقاق  $aVF$  کاملاً در وسط قاعده فوقانی قرار میگیرد ولی اگر مقاومت دست راست بیشتر باشد  $aVF$  بدست چپ نزدیک میگردد بطوریکه اگرسیم دست راست را قطع کنیم و مقاومت آن بی نهایت شود  $aVF$  مساوی  $D_3$  خواهد شد (شکل ۵) به همین جهت با بکار بردن مقاومت های . . . اهمی تا اندازه ای اثر این تغییرات خنثی میشود.

در اینجا میتوان گفت شاید اگر مقاومت های بزرگتری بکار بریم دقت منحنی بیشتر میشود ولی متأسفانه مقاومت های بزرگتر سبب تولید پارازیت و ظاهر شدن نوسانات جریان شهر میگردد. از مطالب بالا نتیجه میگیریم که مثلث مساوی الاضلاع اینتوون برای نمایش وکتورها صحیح نیست و هر شخص برحسب وضع قلب در داخل قفسه سینه و مقاومت بافت های اطراف آن از نظر الکتریکی دارای مثلثی مخصوص بخود میباشد که آنرا مثلث بورگر مینامند همچنین میتوان گفت که پتانسیل قطب بی تفاوت و بلسون نیز صفر نیست مگر آنکه دست ها و پای چپ را بمقاومت های متفاوت و محاسبه شده ای وصل کنیم تا مقاومت هر سه عضو نسبت بقلب بایکدیگر برابر شود.

در پایان جلسه، مختصری راجع به متد گریشمن در وکتو کاردیوگرافی و چند ساکت وکتو کاردیو گرم که توسط دکتر پزشکین ساخته شده بود توضیحاتی داده شد.