

چند نکته راجع به فرضیه وکتوری**

پایه فرضیه وکتوری عبارت از اینست که در اختلاف پتانسیلی را که در عضله قلب بوجود می آید میتوان بصورت وکتوری نمایش داد بطوریکه نوك وکتور متوجه نقاط مثبت و تده آن بطرف نقاط منفی باشد. اثری که این وکتور در اشتقاقهای مختلف میگذارد متناسب است با \cos زاویدای که رکتور 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 وکتو کاردیوگرافی را تشکیل میدهد و بطور خلاصه میتوان گفت که در 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 را اشتقاق را بمانشان خواهد داد. ولی چون طول و جهت این وکتورها در لحظه های مختلف فعالیت قلب تغییر می یابد لذا نوك این وکتورها منحنی رسم میکند که آنرا وکتو کاردیوگرم نامند و تصویر محیط این منحنی بر روی سه خط اشتقاق شکل اشتقاقهای D_1 و D_2 و D_3 را مشخص میکند.

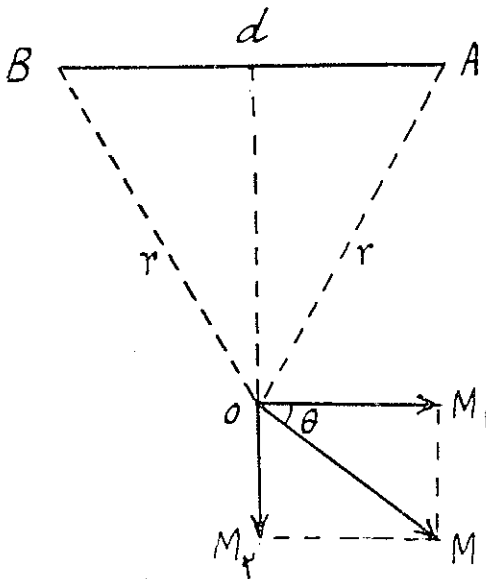
استفاده از رابطه (۱) در الکتروکاردیوگرافی و وکتو کاردیوگرافی از نظر ریاضی و فیزیکی اشکالاتی دارد که بررسی آنها موضوع بحث امروز است.

* - استاد دانشکده پزشکی

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

۱- فاصله الکترودها از قلب - طبق نظریات نیوتون موقعی میتوان تغییرات الکتریکی را بصورت دیپول یا وکتوری نمایش داد که الکترودها دور از قلب قرار گرفته باشند و اگر الکترودها بزرگ بقلب نزدیک باشد فقط ناحیه محدودی را میتوان بررسی کرد. (Potentiel local) خوشبختانه آزمایشهای متعدد نشان داده اند که این موضوع موقعی 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 موقعی میتوان فرسول (۱) را بکار برد که فاصله دیپول از دو الکترودها A و B یک اندازه باشد بطوریکه اگر نقطه O نزدیک



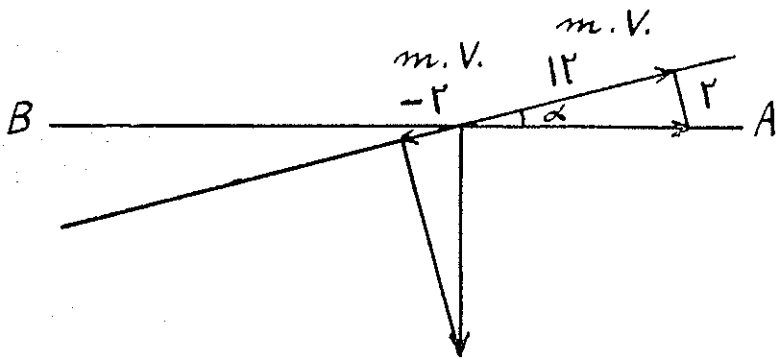
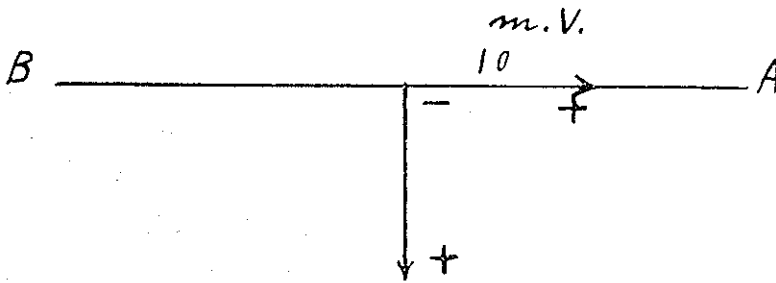
شکل ۱

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 میدیم و ملاحظه میکنیم هیچ نوع اثری در اشتقاق D_1 ندارد ولی موقعیکه 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 موقعی که 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° است.



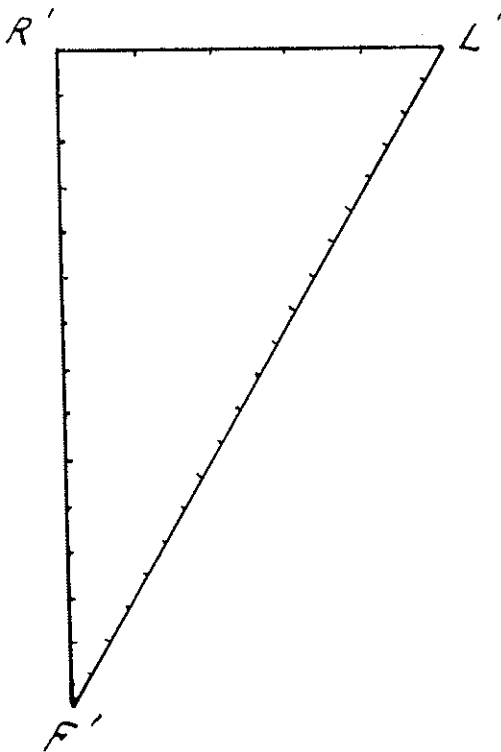
شکل ۳

به همین جهت در طریقی که برای رسم وکتور کاردیوگرام از اشتقاق D_1 استفاده می‌کنند بعات آنکه قلب در وسط قفسه سینه قرار نگرفته 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:

جهت حقیقی وکتور	جهت ثبت شده	اختلاف
0°	-12°	12°
30	43	13
60	86	26
90	108	18

چنانکه مشاهده میشود اگر دیپول را در 0° قرار دهیم الکتروکاردیوگرام آنرا در 86° نشان خواهد داد یعنی خطای ما در حدود 26 درجه است.

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



شکل ۳

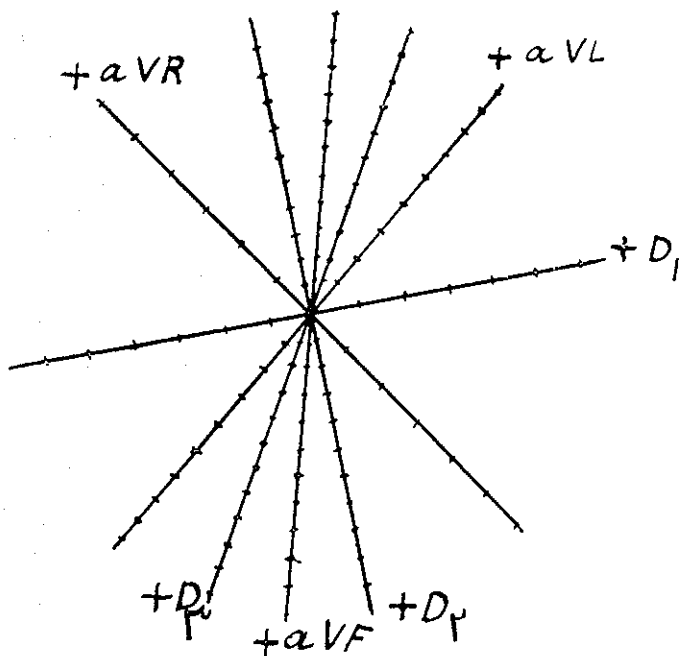
سوازیست زیرا در این وضع زاویه 0 صفر شده و \cos آن مساوی یک میگردد. بالنتیجه $M \cos \theta d$ بعدا کثرتول خود میرسد. از طرف دیگر چون وکتور M برای تمام اشتقاقها ثابت فرض شده لذا d یعنی طول خط اشتقاق متناسب با ارتفاع منحنی است که در آن اشتقاق ثبت میشود پس بدین ترتیب جهت اشتقاقها و نسبت آنها را یکدیگر میتوان 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

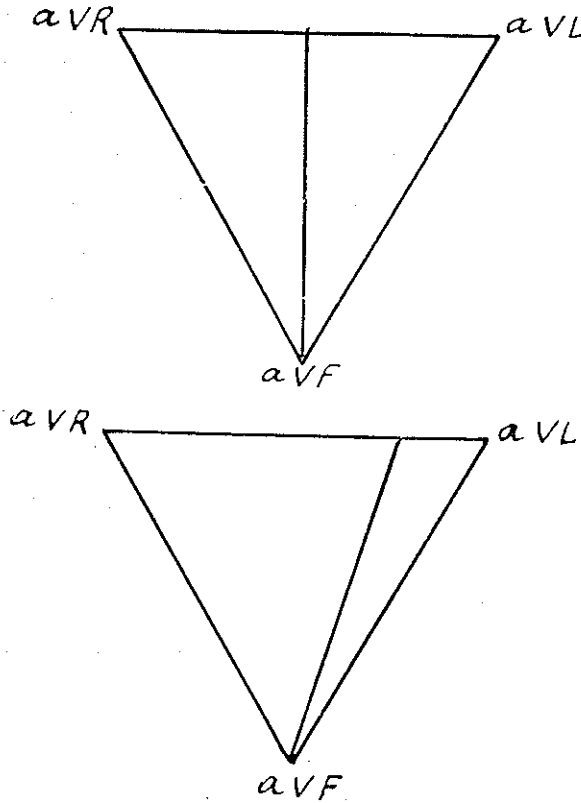
چنانکه مشاهده میشود چون در مثلث بورگر خط اشتقاق D_3 دو برابر خط اشتقاق D_1 است لذا ضریب D_3 ۰/۵ میباشد بعبارت دیگر برای نمایش وکتور در D_3 باید طول آنرا نصف کنیم تا نسبت آن با D_1 تصحیح شود (شکل ۴).



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 پائین تر قرار بگیرد اشتقاق D_1 کوتاه شده و یا زهم بنظر میرسد 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. بهمین 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) بهمین 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 و کتورها 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 ساعت وکتو کاردیو گرم که توسط دکتر پزشکین ساخته شده بود توضیحاتی داده شد.