

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شاهرود

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد
رشته مهندسی برق گرایش بیوالکتریک

عنوان پایان نامه:

پیش بینی مرگ ناگهانی قلبی از روی سیگنال HRV و ECG با
پردازشهای زمان - فرکانس

استاد راهنما :

آقای دکتر محمد پویان

نگارش :

الیاس ابراهیم زاده

تابستان ۱۳۹۰

کلیه حقوق این اثر محفوظ و متعلق به دانشگاه شاهد
می باشد .

تقدیم به :

عجب نیست اگر موسیٰ عمران به میان حرم تو بشود خادم و دربان
و عجب نیست اگر عیسیٰ مریم ز دو چشمان تو جان گیرد و او بر تن اموات دهد جان،
و عجب نیست که جبریل امین خاک در کفش گنت را ببرد بهر تبرک به جنان،
و عجب نیست ز مهر تو شود کفر، مسلمان . عجب اینجاست که با این جبروتت شده ای
ضامن آهوی بیابان!

و عجب نیست ، عجب نیست ، عجب نیست همان آهوی وحشی که تو ضامن شدی از لطف
و کرامت، شود ضامن مردم به قیامت.

تقدیم به ساحت مقدس مرجع شریف و عالیقدر، شهنشاہ ایران زمین ، سلطان انس و جن ،
جناب علی بن موسیٰ الرضا . مقام حضرتش نه چندان است که این سطور حمل آن و این
قلم قوت تقدیم آن ، تواند کرد ؛ امید که به مدد نظر بلندش ، مقبول درگاهش واقع شود .
تقدیم به پدرم که همت بلند و دعای های خیر خواهانه اش و مادرم که سرشک مناجات
های خالصانه اش ، دلگرمی مسیرم بودند و توان پیمودنم دادند.

سپاسگذاری:

حمد و سپاس فراوان از خداوند کریم که توفیق تدوین این پایانامه را بر من عطا فرمود. با کمال میل خرسندم که مراتب امتنان خود را به استاد عالیقدر جناب آقای دکتر پویان بواسطه حمایت های بی دریغشان ، تقدیم نمایم . ایشان همچون پدری مهربان با سعه صدر خود امکان ارائه این مجموعه را میسر نمودند و حقیقتاً بدون مساعدت های ایشان به سرانجام رساندن این کار غیر ممکن می نمود .

چکیده

مرگ ناگهانی قلبی (SCD) همه ساله جان میلیونها انسان را میگیرد. با استفاده از تجهیزات پزشکی از قبیل دیفیبریلاتور می توان تعداد این نوع مرگها را کاهش داد، با این وجود راههای مناسبی برای پیش بینی مرگ ناگهانی قلبی که پزشکان بتوانند از طریق آن تصمیمات مناسبی را برای بیماران در معرض خطر بگیرند، وجود ندارد. در این پروژه با استفاده از پردازش سیگنال الکتروکاردیوگرام مرگ ناگهانی قلبی پیش بینی شده است. برای این کار بعد از استخراج سیگنال HRV از سیگنال ECG به استخراج ویژگی های خطی، زمان فرکانس و غیر خطی پرداخته شده است. در مرحله بعد با اعمال PCA به بردار ویژگی ترکیبی، ابعاد ویژگی کاهش یافته و در نهایت از طریق شبکه عصبی MLP و KNN افراد سالم و افرادریسک پذیر، دسته بندی می شوند. به منظور ارزیابی توانمندی هر یک از روشهای تحلیلی در تفکیک افراد، آنها را بصورت مجزا و ترکیبی با هم مقایسه کرده ایم. نتایج بدست آمده نشان می دهند که در سیگنال HRV مربوط به افرادریسک پذیردر نزدیکی وقوع SCD ویژگی هائی وجود دارد که آنها را کاملا از افراد سالم متمایز می کند. روش بردار ترکیبی از توانایی به مراتب بیشتری جهت آشکار کردن این اختلاف برخوردارست. از طرفی نشان داده ایم که از ۴ دقیقه قبل از رخ دادن مرگ قلبی، این افزایش احتمال خطر کاملا مشهود است. بطوری که هرچه به وقوع حادثه نزدیکتر می شویم، احتمال وقوع نیز افزایش می یابد و این زمانی کافی جهت اتخاذ راهکارهایی جهت جلوگیری از این واقعه توسط پزشک یا مراکز درمانی می باشد. روش های ارائه شده با استفاده از داده های موجود در پایگاه داده MIT-BIH مورد ارزیابی قرار گرفته است.

واژه های کلیدی: مرگ ناگهانی قلبی؛ تغییرات نرخ ضربان قلب؛ روش زمان-فرکانس؛ سیگنال الکتروکاردیوگرام.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

.....۱.....	فصل اول - مقدمه
.....۱۱.....	فصل دوم - مرگ ناگهانی قلبی (SUDDEN CARDIAC DEATH)
.....۱۲.....	۱-۲) مقدمه
.....۱۵.....	۲-۲) علائم مقدماتی
.....۱۶.....	۱-۲-۲) ارزیابی بالینی بیماران
.....۱۷.....	۲-۲-۲) معاینه فیزیکی
.....۱۸.....	۳-۲) علل مرگ ناگهانی قلبی
.....۱۸.....	۱-۳-۲) بیماریهای ایسکمیک قلبی
.....۱۹.....	۲-۳-۲) کاردیومیوپاتی
.....۲۰.....	۳-۳-۲) کاردیومیوپاتی هیپرتروفیک
.....۲۱.....	۴-۳-۲) دیسپلازی آریتمی زا بطن راست (Arrhythmogenic RV dysplasia)
.....۲۱.....	۵-۳-۲) تنگی دریچه آئورت
.....۲۱.....	۵-۳-۲) بیماریهای قلبی مادرزادی
.....۲۲.....	۶-۳-۲) اختلالات الکتروفیزیولوژیک
.....۲۳.....	۷-۳-۲) سایر علل مرگ ناگهانی قلبی

..... ۲.۴	۴-۲) مرگ ناگهانی قلبی در گروه های خاص
..... ۲.۴	۱-۴-۲) ورزشکاران
..... ۲.۵	۲-۴-۲) خانم های حامله
..... ۲.۵	۳-۴-۲) مسمومیت با دیگوکسین
..... ۲.۶	۴-۴-۲) مصرف کنندگان داروهای ضد افسردگی سه حلقه ای
..... ۲.۶	۵-۴-۲) Anthracycline مسمومیت
..... ۲.۶	۶-۴-۲) 5 – Fluorouracill مسمومیت
..... ۲.۷	۷-۴-۲) مصرف کوکائین
..... ۲.۷	۵-۲) بررسی های پاراکلینیکی برای نجات یافتگان از مرگ ناگهانی قلبی
..... ۲.۷	۱-۵-۲) الکتروکاردیوگرافی
..... ۲.۷	۲-۵-۲) تست های آزمایشگاهی
..... ۲.۸	۳-۵-۲) بررسی های تصویر برداری
..... ۲.۹	۴-۵-۲) بررسی های تهاجمی
..... ۳.۰	۶-۲) درمان طبی
..... ۳.۲	۷-۲) درمان های تهاجمی و جراحی
..... ۳.۲	۱-۷-۲) از بین بردن کانون های آریتمی با فرکانس های رادیویی (Radiofrequency ablation)
..... ۳.۳	۲-۷-۲) دفیبریلاتور داخلی (Implantable Cardioverter Defibrillator)
..... ۳.۳	۳-۷-۲) درمان جراحی
..... ۳.۴	۸-۲) پیش آگهی

فصل سوم - تغییرات نرخ ضربان قلب (HRV) HEART RATE VARIABILITY (HRV)

.....۳۶

.....۳۷	.....(۱-۳)مقدمه
.....۳۸	.....(۲-۳) الکتروکاردیوگرام
.....۳۸	.....(۱-۲-۳) قلب
.....۴۲	.....(۲-۲-۳) الکتروکاردیوگرافی
.....۴۳	.....(۳-۲-۳) اشتقاق های الکتروکاردیوگراف
.....۴۹	.....(۴-۲-۳) کاربردهای بالینی الکتروکاردیوگرام
.....۵۰	.....(۵-۲-۳) مشخصات الکتروکاردیوگرام طبیعی
.....۵۲	.....(۶-۲-۳) پارامتر های الکترو کاریوگرام
.....۵۳	.....(۷-۲-۳) محاسبه ضربان قلب از روی الکتروکاردیوگرام
.....۵۴	.....(۳-۳) تغییرات نرخ ضربان قلب (HRV)
.....۵۴	.....(۱-۳-۳) استخراج HRV
.....۵۶	.....(۲-۳-۳) تکنیک های آنالیز سیگنال HRV
.....۵۶	.....(۱-۲-۳-۳) روش های خطی تحلیل HRV
.....۵۸	.....(۲-۲-۳-۳) روش های غیر خطی تحلیل HRV
.....۶۰	.....(۳-۳-۳) پردازش سیگنال ECG
.....۶۲	.....(۴-۳-۳) مجموعه داده
.....۶۳	.....(۵-۳-۳) مراحل کار
.....۶۴	.....(۱-۵-۳-۳) الگوریتم تشخیص QRS

.....۶۴.....	[5] QRS روش های تشخیص کمپلکس (۱-۱-۵-۳-۳)
.....۶۵.....	[6] Pan&Tompkins الگوریتم (۲-۱-۵-۳-۳)
.....۷۲.....	HRV استخراج (۲-۵-۳-۳)
.....۷۶.....	فصل چهارم - استخراج ویژگی و روش های پردازشی
.....۷۷.....	(۴-۱) مقدمه
.....۷۸.....	(۲-۴) استخراج ویژگی های کلاسیک
.....۷۸.....	(۱-۲-۴) ویژگی های حوزه زمان
.....۸۰.....	(۲-۲-۴) ویژگی های حوزه فرکانس
.....۸۲.....	(۳-۴) آنالیز زمان - فرکانس
.....۸۴.....	(۱-۳-۴) استخراج ویژگی های TF
.....۸۶.....	(۴-۴) کاهش ابعاد ویژگی
.....۸۷.....	(۵-۴) شبکه عصبی
.....۸۹.....	(۱-۵-۴) شبکه MLP
.....۹۰.....	(۲-۵-۴) شبکه KNN
.....۹۶.....	(۶-۴) آنالیز غیر خطی
.....۹۹.....	(۱-۶-۴) استخراج ویژگی های غیر خطی
.....۱۰۶.....	فصل پنجم - جمع بندی و پیشنهادات
.....۱۱۹.....	منابع

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: سیگنال ECG فردی در لحظه مرگ ناگهانی قلبی.....	۳
شکل ۱-۲: الف) سیگنال ECG فرد نرمال ب) سیگنال ECG فرد ریسک پذیر درست ۱ دقیقه قبل از وقوع حادثه.....	۵
شکل ۱-۳: الف) سیگنال ECG فرد سالم ب) سیگنال ECG فرد SCD.....	۶
شکل ۱-۳: اجزای داخلی قلب.....	۳۰
شکل ۲-۳: الکتروکاردیوگرافی.....	۳۲
شکل ۳-۳: اشتقاق I.....	۳۳
شکل ۳-۴: اشتقاق II.....	۳۴
شکل ۳-۵: اشتقاق III.....	۳۴
شکل ۳-۶: مثلث آینتهوون.....	۳۵
شکل ۳-۷: اشتقاق تک قطبی تقویت شده دست راست.....	۳۶
شکل ۳-۸: اشتقاق تک قطبی تقویت شده دست چپ.....	۳۶
شکل ۳-۹: اشتقاق تک قطبی تقویت شده پای چپ.....	۳۶
شکل ۳-۱۰: محل قرار گیری الکتروود های ثبت اشتقاق سینه ای.....	۳۷
شکل ۳-۱۱: سیگنال های ثبت شده از ۱۲ اشتقاق قلبی.....	۳۹
شکل ۳-۱۲: اجزای مهم موج الکتروکاردیوگرام.....	۴۱
شکل ۳-۱۳: تغییرات در R-R interval و بیان مفهوم HRV.....	۴۶

- شکل ۳-۱۴: سیگنال ECG فرد ریسک پذیر از سه دقیقه قبل از رخ دادن واقعه تا بعد از SCD ۵۳
- شکل ۳-۱۵: الگوریتم Pan&Tompkins ۵۵
- شکل ۳-۱۶: سیگنال اصلی ECG ۶۰
- شکل ۳-۱۷: تشخیص پیک سیگنال ECG توسط الگوریتم Pan&Tompkins ۶۱
- شکل ۳-۱۸: ۱ دقیقه سیگنال ECG فرد سالم ۶۲
- شکل ۳-۱۹: آشکار سازی کمپلس QRS از ۱ دقیقه سیگنال ECG فرد سالم ۶۳
- شکل ۳-۲۰: سیگنال HRV استخراج شده از ۱ دقیقه سیگنال ECG فرد سالم ۶۳
- شکل ۳-۲۱: ۱ دقیقه سیگنال ECG فرد سالم ۶۴
- شکل ۳-۲۲: آشکار سازی کمپلس QRS از ۱ دقیقه سیگنال ECG فرد ریسک پذیر ۶۴
- شکل ۳-۲۳: سیگنال HRV استخراج شده از ۱ دقیقه سیگنال ECG فرد ریسک پذیر ۶۵
- شکل ۴-۱: سیگنال ECG فرد در آستانه مرگ قلبی از ۳ دقیقه قبل تا لحظاتی پس از وقوع حادثه ۶۷
- شکل ۴-۲: (الف) سیگنال HRV استخراج شده . (ب) سیگنال HRV در حوزه فرکانس ۷۰
- شکل ۴-۳: تفکیک پذیری دوکلاس نرمال و ریسک پذیر بر اساس ویژگی های خطی کلاسیک ۷۱
- شکل ۴-۴: تفکیک پذیری دوکلاس نرمال و ریسک پذیر بر اساس ویژگی های خطی کلاسیک ۷۱
- شکل ۴-۵: نمایش در حوزه زمان - فرکانس SCD استخراج شده یک فرد HRV ۷۳
- شکل ۴-۶: نمایش HRV استخراج شده یک فرد نرمال ، در حوزه زمان - فرکانس ۷۳
- شکل ۴-۷: نمایش HRV استخراج شده یک فرد SCD ، در حوزه زمان - فرکانس با ۷۴
- شکل ۴-۸: تفکیک بازه های زمانی و فرکانسی به جهت استخراج ویژگی در حوزه زمان - فرکانس ۷۶

شکل ۴-۹: نمای کلی یک شبکه عصبی مصنوعی..... ۷۶

شکل ۴-۱۰: نمایی از عملکرد آموزش شبکه عصبی..... ۷۹

شکل ۴-۱۱: نمودار عملکرد خطا بر حسب تکرار..... ۸۰

شکل ۴-۱۲: فلوجارت کلی ارائه شده در این مرحله..... ۸۸

شکل ۴-۱۳: الف) نموداره پوانکاره مربوط به فرد سالم، ب) نمودار پوانکاره مربوط به فرد SCD..... ۹۰

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۴-۱: نتایج تفکیک افراد با استفاده از طبقه بندی کننده های شبکه عصبی.....	۸۱
جدول ۴-۲: نتایج تفکیک افراد در آستانه مرگ قلبی و افراد سالم، از طرق کلاسیک و TF برای ۲ دقیقه ECG.....	۸۲
جدول ۴-۳: مقایسه روش پیشنهادی با روش بکار رفته در مرجع [1].....	۸۳
جدول ۴-۴: میانگین صحت تفکیک پذیری در دقیقه اول بین افراد SCD و نرمال.....	۸۴
جدول ۴-۵: میانگین صحت تفکیک پذیری در بازه های ۲۰ ثانیه ای در دقیقه دوم.....	۸۴
جدول ۴-۶: میانگین صحت تفکیک پذیری در بازه های ۱۰ ثانیه ای در دقیقه سوم.....	۸۵
جدول ۴-۷: روند رو به رشد احتمال خطر در افراد ریسک پذیر.....	۸۶
جدول ۴-۸: میزان صحت تفکیک پذیری افراد سالم و ریسک پذیر با توجه به روشهای تحلیلی مختلف.....	۹۲
جدول ۴-۹: تفکیک پذیری دو دقیقه اول قبل از SCD.....	۹۳
جدول ۴-۱۰: تفکیک پذیری دقیقه دوم قبل از SCD با بازه های ۲۰ ثانیه ای.....	۹۳
جدول ۴-۱۱: تفکیک پذیری دقیقه سوم قبل از SCD با بازه های ۱۰ ثانیه ای.....	۹۴
جدول ۴-۱۲: میانگین درصد تفکیک پذیری از ۴ دقیقه قبل از وقوع حادثه.....	۹۵
جدول ۵-۱: نتایج تفکیک افراد در آستانه مرگ قلبی و افراد سالم، از طرق کلاسیک و TF برای ۱ دقیقه ECG.....	۹۹
جدول ۵-۲: نتایج تفکیک افراد در آستانه مرگ قلبی و افراد سالم، از طرق کلاسیک و TF برای ۲ دقیقه.....	۱۰۰
جدول ۵-۳: میانگین صحت تفکیک پذیری در دقیقه اول بین افراد SCD و نرمال.....	۱۰۱

- جدول ۴-۵ : میانگین صحت تفکیک پذیری در بازه های ۱۰ ثانیه ای در دقیقه سوم ۱۰۱
- جدول ۵-۵ : میانگین صحت تفکیک پذیری در بازه های ۲۰ ثانیه ای در دقیقه دوم ۱۰۲
- جدول ۶-۵ : روند رو به رشد احتمال خطر در افراد ریسک پذیر ۱۰۳
- جدول ۷-۵ : میزان صحت تفکیک پذیری افراد سالم و ریسک پذیر به صورت مجزا و ترکیبی ۱۰۴
- جدول ۸-۵ : تفکیک پذیری دو دقیقه اول قبل از SCD ۱۰۵
- جدول ۹-۵ : تفکیک پذیری دقیقه دوم قبل از SCD با بازه های ۲۰ ثانیه ای ۱۰۶
- جدول ۱۰-۵ : تفکیک پذیری دقیقه سوم قبل از SCD با بازه های ۱۰ ثانیه ای ۱۰۶
- جدول ۱۱-۵ : میانگین درصد تفکیک پذیری از ۴ دقیقه قبل از وقوع حادثه ۱۰۸

پیشگفتار

هجوم انبوه بیماران قلبی و وقوع مرگ ناگهانی قلبی در میان این بیماران از اقبال مختلف اجتماع ، میزان نیاز جامعه پزشکی و دانش پژوه را به وجود مرجعی جهت بررسی علائم و ارائه راهکارهایی به منظور پیش بینی مرگ ناگهانی قلبی نشان می دهد؛ به این سبب بر آن شدیم گامی در جهت پاسخ گویی به این نیاز برداشته و اوراقی را تقدیم نمائیم.

این مجموعه حاصل بررسی بیش از ۱۰۰ مقاله متعلق به یک دهه اخیر و از معتبر ترین پایگاه ها و منابع علمی همچون IEEE و ELSEVIER ، در زمینه مرگ ناگهانی قلبی و انواع روش های پردازشی ارائه شده در این راستا بر روی سیگنال HRV و ECG می باشد .

نگارش این اثر ، حاصل تحقیق و پژوهش حقیر در مدت ۲ سال در دانشگاه ها و بیمارستان های مختلف می باشد؛ لذا در انجام آن تمامی اساتید محترمی که در طی این مدت در خدمتشان بوده ام ، نقش بسزایی داشته اند و جا دارد آرزوی قلبی خود را برای موفقیت و سلامتی یکایک آنها ، تقدیم حضورشان نمایم.

اینجانب مفتخرم که مراتب امتنان خود را به استاد عالیقدر جناب آقای دکتر پویان ، به واسطه حمایت های بی دریغشان، تقدیم نمایم .

بدیهی است به رغم کوشش و دقت صورت گرفته به منظور ارائه این اثر با کمترین خطا ، مجموعه حاضر خالی از نقص نمی باشد ؛ لذا از اساتید و دانشجویان گرامی تقاضا دارم با ذکر نواقص احتمالی و نیز معرفی روش های بهتر ، ما را در ارائه پژوهش های پربارتر یاری دهند .

در انتها خداوند بزرگ را شاکرم که توانایی ارائه این مجموعه را به بنده حقیر خود عنایت فرمود و امکان انجام این مهم را میسر نمود و حقیقتاً بی نظر لطف حضرت دوست ، هر تلاشی محکوم به فناست.

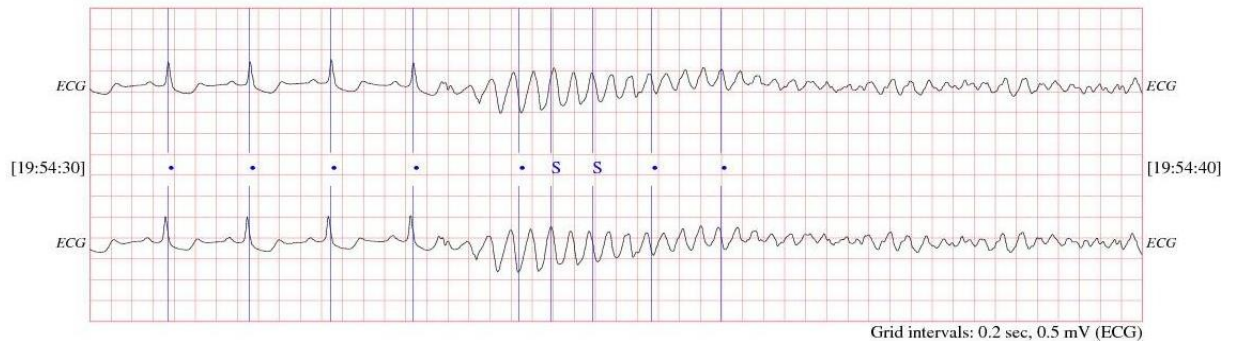
فصل اول

مقدمه

بیماری‌های قلب و عروق از شایع‌ترین بیماری‌های قرن حاضر محسوب شده و نارسایی قلبی بزرگ‌ترین عامل مرگ و میر در جوامع صنعتی و نیمه صنعتی به حساب می‌آید. به دلیل اهمیت موضوع، ابزارها و روش‌های مختلفی برای بررسی نحوه عملکرد قلب در پزشکی نوین ابداع شده که از جمله آن‌ها می‌توان به ثبت و آنالیز فعالیت الکتریکی قلب، الکتروکاردیوگرافی (Electrocardiography) بررسی رفتار و تصویربرداری از آناتومی قلب با امواج فراصوت، تصویربرداری از قلب به روش‌های مقطع‌نگاری محاسبه شده (Computerized Tomography (CT))، تصویربرداری تشدید مغناطیسی (Resonance Imaging (MRI Magnetic))، رگ‌نگاری (Angiography) به کمک تصویربرداری اشعه X... اشاره کرد. هدف تمام این روش‌ها به دست آوردن انواع مختلف و مکمل اطلاعات ساختاری (Structural) و عملکردی (Functional) از قلب است، به نحوی که به کمک آن‌ها پزشک متخصص نه تنها توانایی تشخیص نوع بیماری قلبی را داشته باشد، بلکه بتواند بروز نارسایی قلبی احتمالی در آینده را نیز پیش‌بینی و از آن جلوگیری کند.

مرگ ناگهانی قلبی (SCD) نتیجه تخریب شدید عملکرد قلبی است که سبب از بین رفتن سیستم قلبی در افراد می‌شود. وقتی این اتفاق رخ می‌دهد، خون دیگر نمی‌تواند برای مدتی به قسمت‌های مختلف بدن پمپ شود. این رخداد، هر ساله، عامل مرگ تقریباً ۴۰۰۰۰۰ انسان در آمریکا و میلیون‌ها انسان در سراسر جهان می‌باشد. این عدد می‌تواند با توجه به تجهیزات پزشکی از قبیل دیفیبریلاتور کاهش یابد، با این وجود راه‌های مناسبی برای پیش‌بینی مرگ ناگهانی قلبی که پزشکان بتوانند از طریق آن تصمیمات مناسبی را برای بیماران در معرض خطر بگیرند، وجود ندارد. تنها ۱-۲٪ از بیماران که دچار SCD شده‌اند می‌توانند در بیرون بیمارستان جان سالم بدر ببرند [1]. این اتفاق، غالباً با یک تاکی‌آریتمی

شدید از قبیل ، تاکیکاردی بطنی (VT) ، لرزش بطنی (VFL) ویا فیبریلاسیون بطنی ، شروع می شود . در موارد نادری نیز در اثر برادی آریتمی میباشد .



شکل ۱-۱: سیگنال ECG فردی در لحظه مرگ ناگهانی قلبی

با ایجاد درک کاملی از مکانیزم آریتمی های قلبی در فرد بیمار می توان ارزیابی بهتری از خطر مرگ ناگهانی قلبی (SCD) داشت. برای کمک به فهم آریتمی های قلبی می توان از آنالیز ECG ثبت شده از بیمارانی که دچار مرگ ناگهانی قلبی شده اند ، استفاده کرد. در این راستا سئوالاتی که ممکن است مطرح شود به این ترتیب است که :

- ۱ - آیا ECG فرد سالم و فرد ریسک پذیر تفاوت هایی با یکدیگر دارند؟
- ۲ - در صورت وجود اختلاف هایی در سیگنال الکترو کاردیوگرام بین افراد سالم و در معرض مرگ قلبی ، چه روش پردازشی ، توانمندی بیشتری در آشکار کردن این اختلاف دارد؟
- ۳ - آیا می توان اساساً وقوع مرگ ناگهانی قلبی را پیش بینی کرد؟
- ۴ - در صورت وجود پیش بینی مرگ قلبی ، قادر به پیش بینی آن تا چه زمانی زودتر از واقعه می باشیم؟

۵ - آیا این زمان، وقت کافی در اختیار پزشک و یا مراکز درمانی جهت اتخاذ راهکارهایی برای جلوگیری از این واقعه قرار می دهد؟

۶ - آیا روند افزایش احتمال خطر در بیماران در معرض مرگ قلبی قابل آشکار کردن است یا این واقعه یک حادثه ناگهانی است ، یا به عبارتی آیا روشهای تحلیلی موجود توانمندی لازم جهت آشکار کردن این علائم خطر را ندارند؟

۷ - آیا تحلیل های غیر خطی ، روشهای کارآمدی بدین منظور می باشد، توانمندی آن در مقایسه با روشهای خطی به چه ترتیب است؟

۸ - نتایج مقایسه میزان تفکیک پذیری روشهای مختلف تحلیلی به صورت مجزا و ترکیبی به چه ترتیب است؟
بعد از مطرح شدن این سئوالات ، آنچه واضح و مبرهن است این است که:

۱- سیگنال الکترو کاردیوگرام افراد سالم و افراد در معرض مرگ ناگهانی قلبی تفاوت چندانی از نظر ظاهری ندارند. چنانچه در شکل شماره ۱-۲ سیگنال الکترو کاردیو گرام یک دقیقه ای فرد سالم و فرد در آستانه مرگ قلبی که دقیقاً ۱ دقیقه تا وقوع حادثه زمان دارد را ملاحظه می کنید ، تفاوت چندانی که قابل آشکار کردن باشد وجود ندارد. حتی در صورت وجود اختلافهایی در سیگنال الکتروکاردیو گرام ، ویژگی بارزی که توانمندی لازم جهت تفکیک افراد سالم و ریسک پذیر را در اختیار ما قرار دهد ، وجود ندارد .