جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

# العلـوم الصناعيـة
# الاجهزة الطبية
# الثالث

تأليف

حبيب حسن شهاب — علـــي هاشـــم جبر

كاظـــم جواد أحمد — شروق محمود محمد

عصام حيدر جاسم — علي عبد الحسين علي

محمد حسين عايز

الطبعة السادسة

1442هـ - 2020 م

# المقدمة

احتل موضوع الاجهزة الطبية موقعا متميزا ضمن دراسة العلوم والتقنيات الحديثة نظرا لاهميتها وتأثيره على حياة فئة ليست قليلة من الناس. ان تدريس موضوع الاجهزة الطبية التي يعتمد عليها قسم صيانة الاجهزة الطبية في المرحلة الثالثة ياتي ضمن خطة موضوعة من قبل المديرية العامة للتعليم المهني لتهيئة كادر فني متخصص لصيانة الاجهزة الطبية. وتهتم مادة العلوم الصناعية لهذه المرحلة بدراسة معظم الاجهزة المستخدمة في المستشفيات مثل جهاز الاشعة السينية وجهاز التخدير وجهاز غسل الكلية.....الخ والتي لا يخلو أي مشفى منها، وقد روعي اعتماد الاجهزة الحديثة والمستخدمة فعليا في منهاج هذه المرحلة لكي يتمكن الطالب من الاستفادة القصوى من هذه المعلومات عند ممارسة صيانة الاجهزة الطبية في المستشفيات نأمل أن يكون هذا الكتاب اللبنة الاساسية لدراسة الاجهزة الطبية في المعاهد والكليات الطبية والفنية لاحقاً. نرجو من مدرسينا الكرام رفدنا بملاحظاتهم القيمة التي تسهم في تطوير الكتاب.

.....ومن الله التوفيق

المؤلفون

# الفهرست


| المحتويات | الصفحة |
|---|---|
| الفصل الاول | 8 |
| تمهيد | 9 |
| أنواع واستخدامات جهاز الاشعة السينية | 9 |
| الأجزاء الرئيسة لجهاز الاشعة السينية | 10 |
| جهاز معالجة الأفلام الشعاعية (التحميض) | 18 |
| الوقاية من الإشعاع | 20 |
| أسئلة الفصل الأول | 22 |
| الفصل الثاني | 23 |
| تمهيد | 24 |
| قوانين الموجات فوق الصوتية | 25 |
| امتصاص الموجات فوق الصوتية | 28 |
| تأثير دوبلر | 28 |
| الظاهرة الكهروضغطية | 30 |
| أنماط إرسال الموجات فوق الصوتية | 32 |
| التصوير بواسطة الأمواج فوق الصوتية | 33 |
| الأجهزة الفوق صوتية المختبرية | 41 |
| استخدام الموجات الفوق صوتية للعلاج | 49 |
| أسئلة الفصل الثاني | 50 |
| الفصل الثالث | 51 |
| القلب | 52 |
| صمامات القلب | 52 |
| جدران القلب | 54 |
| الدورتان الدمويتان | 54 |
| الفعالية الكهربائية للقلب | 55 |
| النبضة القلبية | 56 |
| ربط الاقطاب | 57 |
| قابلو المريض | 59 |
| إحداثيات الإشارة القلبية | 60 |
| جهاز تخطيط القلب | 62 |

| | |
|---|---|
| المخطط الكتلوي لجهاز تخطيط القلب | 64 |
| مراحل جهاز تخطيط القلب | 65 |
| اسئلة الفصل الثالث | 73 |
| **الفصل الرابع** | 74 |
| منظم ضربات القلب الاصطناعي | 75 |
| الانماط الاساسية لمنظم ضربات القلب | 76 |
| جهاز الرجة الكهربائية | 81 |
| انواع اجهزة الرجة الكهربائية | 81 |
| الاشكال الموجية المستعملة في أجهزة الرجة الكهربائية | 82 |
| جهاز الرجة الكهربائية (DC) غير ألمتزامن | 83 |
| جهاز الرجة الكهربائية (DC) المتزامن | 84 |
| جهاز الرجة المزروع | 86 |
| اقطاب جهاز الرجة الكهربائية | 87 |
| مزايا أجهزة الرجة الحديثة | 87 |
| اسئلة الفصل الرابع | 89 |
| **الفصل الخامس** | 90 |
| النسيج العضلي | 91 |
| جهد الخلية العضلية | 93 |
| جهاز تخطيط العضلات | 93 |
| كيفية قياس جهد الخلية بواسطة جهاز تخطيط العضلات | 94 |
| المراحل الاساسية لجهاز تخطيط العضلات | 95 |
| اسئلة الفصل الخامس | 99 |
| **الفصل السادس** | 100 |
| وظائف الحاضنة | 101 |
| مكونات الحاضنة | 102 |
| اسئلة الفصل السادس | 111 |
| **الفصل السابع** | 112 |
| جهاز الاسنان | 113 |
| الوحدات الرئيسية | 114 |
| دورات جهاز الاسنان | 131 |
| الاجهزة المساعدة | 134 |
| اسئلة الفصل السابع | 139 |

| | |
|---|---|
| **الفصل الثامن** | **140** |
| جهاز الجراحة الكهربائي | **141** |
| مبدأ عمل جهاز الجراحة الكهربائي | **142** |
| العوامل التي تعتمد عليها كمية حرارة النسيج | **143** |
| أنواع أقطاب أجهزة الجراحة | **143** |
| القطع والتخثير | **144** |
| المخطط الكتلوي لوحدة الجراحة الكهربائية | **145** |
| مكونات وحدة الجراحة الكهربائية | **146** |
| أنواع أجهزة الجراحة الكهربائية | **150** |
| أسئلة الفصل الثامن | **153** |
| **الفصل التاسع** | **154** |
| تمهيد | **155** |
| غازات التخدير ومواده | **155** |
| مواد التخدير السائلة | **156** |
| الأجزاء الرئيسة لجهاز التخدير | **157** |
| دائرة مسار الغاز | **173** |
| أسئلة الفصل التاسع | **174** |
| **الفصل العاشر** | **175** |
| تمهيد | **176** |
| مكونات ومقاييس جهاز مراقبة المريض | **177** |
| المخطط الكتلوي لجهاز شاشة مراقبة المريض | **185** |
| بعض أنواع الأقطاب المستخدمة في أجهزة شاشة مراقبة المريض | **186** |
| أسئلة الفصل العاشر | **187** |
| **الفصل الحادي عشر** | **188** |
| تمهيد | **189** |
| أنواع الليزر | **189** |
| تصنيفات الليزر | **190** |
| مكونات أجهزة الليزر | **190** |
| تأثير أشعة الليزر في الأنسجة | **192** |
| مزايا استخدام الليزر في الجراحة | **193** |
| أجهزة العلاج بالليزر | **193** |
| مميزات جهاز الليزر ( $CO_2$ ) الجراحي الكهربائي | **193** |

| | |
|---|---|
| المكونات الرئيسة لجهاز الليزر الجراحي | **195** |
| أسئلة الفصل الحادي عشر | **198** |
| **الفصل الثاني عشر** | **199** |
| الكلية البشرية | **200** |
| جهاز الكلية الاصطناعية | **200** |
| مكونات جهاز الكلية الاصطناعية | **201** |
| المرشح | **201** |
| طريقة عمل المرشح | **202** |
| منظومة الدم | **202** |
| أجزاء منظومة الدم وكيفية عملها | **205** |
| أجزاء منظومة المحلول وكيفية عملها | **210** |
| الماء المرشح | **218** |
| كيف تعمل منظومة المحلول المركز | **218** |
| تعقيم الجهاز | **219** |
| أسئلة الفصل الثاني عشر | **220** |

# الفصل الأول

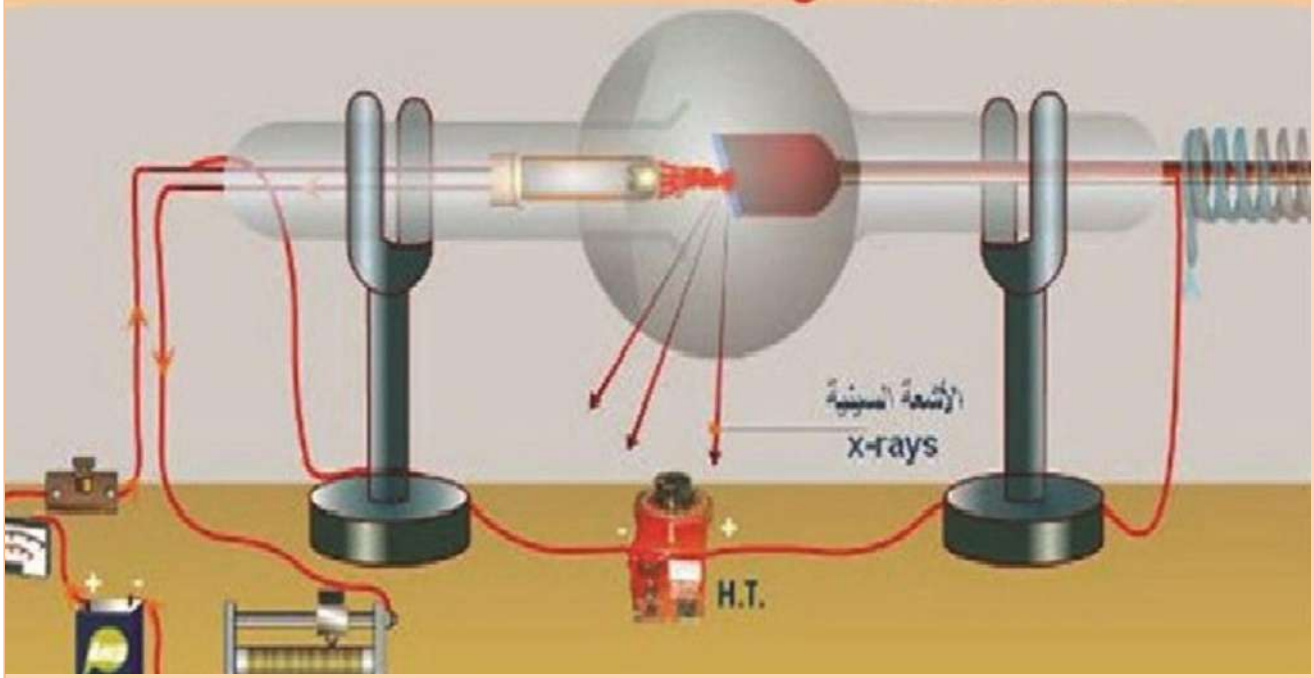
## جهاز الاشعة السينية X-ray equipment

الأهداف: بعد أن يكتمل الفصل يستطيع الطالب أن :-

1 - يعرف جهاز الاشعة السينية وأنواعه ومجال أستخدام كل نوع.
2 - يعدد مكونات أنبوبة الاشعة السينية ووظيفة كل مكون.
3 - يعدد أنواع مولدة الضغط العالي المستخدمة في جهاز الاشعة السينية.
4 - يرسم المخطط الكتلوي لجهاز الاشعة السينية.
5 – يعرف مراحل تحميض الأفلام الشعاعية.
6 – يعدد وسائل الحماية من الإشعاع للعاملين في مجال الاشعة السينية.
7 - يعدد وسائل حماية المريض من الاشعة.
8 - يعدد وسائل حماية من أجهزة الاشعة السينية.

### محتويات الفصل الاول


1 - 1 تمهيد
1- 2 انواع واستخدامات جهاز الاشعة السينية .
1- 3 الاجزاء الرئيسة لجهاز الاشعة السينية .
1- 4 جهاز معالجة الافلام الشعاعية ( التحميض ) Film Processor
1- 5 الوقاية من الاشعاع .

# الفصل الاول

# جهاز الاشعة السينية X-ray equipment

## 1-1 تمهيد

مرعلينا في الفصل الثالث عشر في المرحلة الثانية لكتاب العلوم الصناعية بأن الاشعة السينية هي نوع من الاشعة الكهرومغناطيسية ذات تردد عالي جدا (طول موجي قصير) لها القابلية على اختراق الاجسام وتستخدم في الكثير من المجالات الطبية فهي تعطي صور واضحة للعظام والتي تظهر باللون الابيض، والهواء والانسجة يظهران باللون الاسود. وسنتطرق في هذا الفصل على انواع اجهزة الاشعة السينية واستخداماتها وشرح مبسط لجهاز الاشعة السينية بشكل عام.

## 2-1 أنواع واستخدامات جهاز الاشعة السينية

### Types and uses of X-ray Equipment

1- جهاز الاشعة السينية ذات الصورة الثابتة Still Picture X-ray Machine

يستخدم هذا الجهاز لتصوير اجزاء الجسم المختلفة كالاطراف واشعة الصور العادية والجمجمة والكسور، وهذه تعطي صورة عادية على فلم اشعة بحسب حجم الجزء المراد تصويره.

2- جهاز الاشعة السينية ذات الصورة المستمرة

Continuous Picture X-ray Machine (Fluoroscopy)

يستخدم هذا الجهاز لفحص الجهاز الهضمي والجهاز البولي والكلى وعادة مايعطى المريض صبغة ملونة تؤخذ عن طريق الفم او تعطى للمريض عن طريق الوريد.

3- جهاز الاشعة السينية ذات الصورة المتحركة

Motion Picture X-ray Machine (Angiography)

يستخدم هذا الجهاز لفحص عمل جهاز الدوران وتشخيص الانسداد في مجرى الدم باستخدام صبغة ملونة يتم حقنها داخل الشريان او الوريد ومن ثم الحصول على صور ملونة للاوردة والشرايين.

4- جهاز تصوير الثدي Mammography

وهو جهاز يستخدم لاكتشاف وتشخيص اورام الثدي والاكتشاف المبكر لاورام الثدي.

5- جهاز الاشعة السينية المقطعية بالحاسوب

Computerized X-ray Scan Machine (Tomography)

يستخدم هذا الجهاز وبمساعدة الحاسوب لتصوير الاجزاء المختلفة من الجسم كالرأس والعنق والصدر والبطن والحوض والعمود الفقري وحتى الاجزاء المتناهية الصغر في الجسم كالغدة النخامية والغدة فوق الكلوية. وهذا النوع من الاجهزة بأمكانه تصوير مقاطع من الجسم يصل سمكها 1ملم.

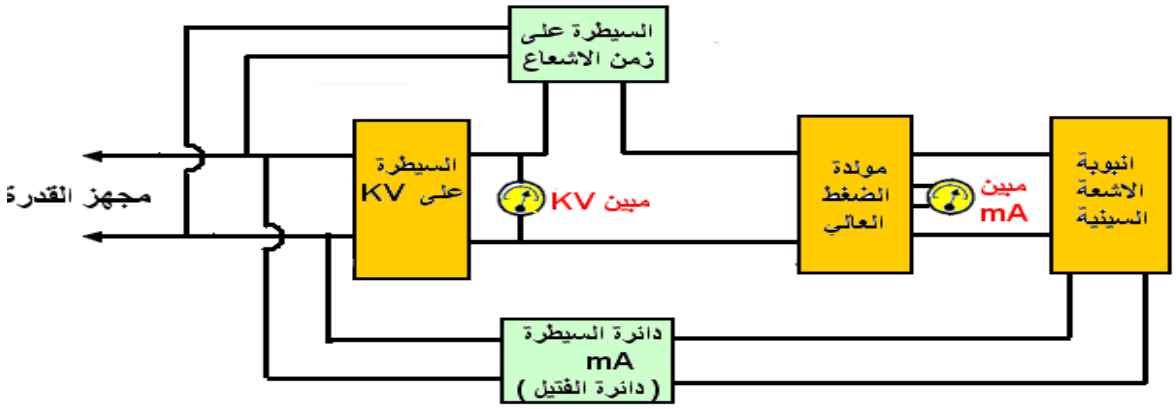
## 3-1 الأجزاء الرئيسة لجهاز الاشعة السينية

## The Major Sections of the X-ray Machine

يتكون جهاز الاشعة السينية من المكونات التالية :

1- مجهز القدرة الرئيسي Main Power Supply
2- انبوبة الاشعة السينية X-ray tube
3- وحدة السيطرة Control Unit
4- مولد الضغط العالي High Tension Generator
5- المنضدة والبكي Table And Bucky

الشكل (1-1) يمثل المخطط الكتلوي لجهاز الاشعة السينية و سنتناول في هذا الفصل شرح موجز لكل من مكونات الجهاز.




**شكل 1-1 المخطط الكتلوي لجهاز الاشعة السينية**

### 1-3-1 مجهز القدرة الرئيسي Main Power Supply

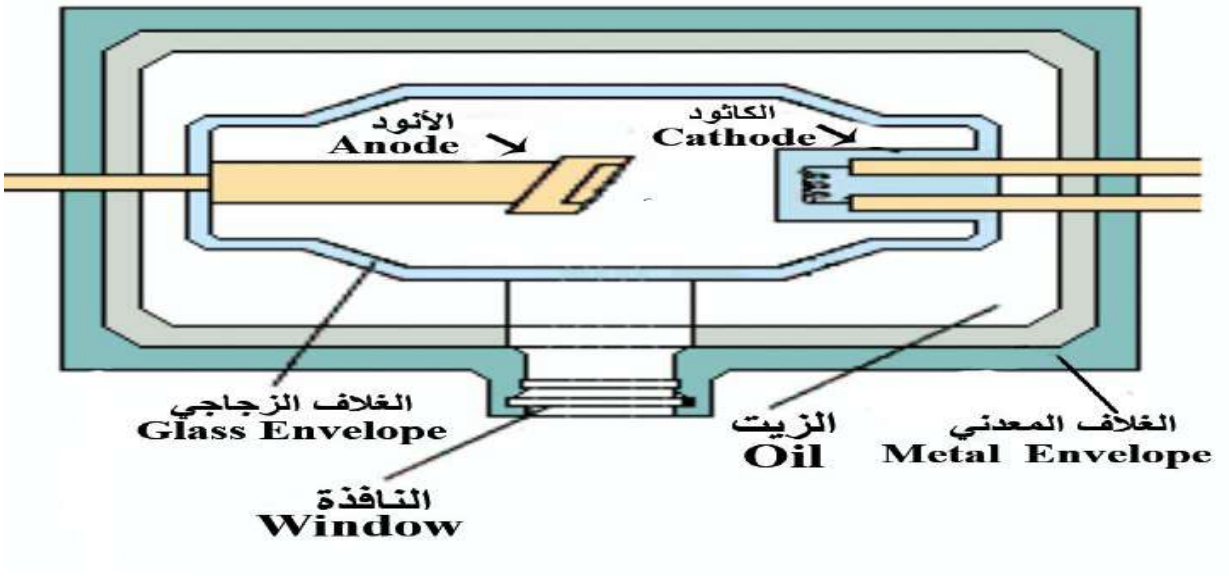
يتم تجهيز جهاز الاشعة السينية من مصدر تجهيز القدرة الرئيسي اما احادي الطور (Single Phase) (220V-50Hz) او ثلاثي الطور (Three Phase) (380V-50Hz) اعتمادا على قدرة الاجهزة وهنالك أجهزة تعمل بالتردد العالي (High Frequency).

### 2-3-1 أنبوبة الاشعة السينية X-Ray Tube

لاحظ مكونات انبوبة الاشعة السينية في الشكل (1-2) :-

**أ- الكاثود (المهبط) The Cathode**

وهو القطب السالب في انبوبة الاشعة السينية وهو عبارة عن فتيل (Filament) من مادة التنكستن (Tungsten) يتم امرار تيار فيه ويسبب هذا التيار تسخين الفتيل وتهيج ذراته واطلاق الكترونات تتجمع حول هذا الفتيل.يمكن ان يتألف الكاثود من فتيل واحد ويسمى الانبوب في هذه الحالة احادي التركيز ويمكن ان يتألف من فتيلين ويسمى ثنائي التركيز.




**شكل 1-2 أنبوبة الاشعة السينية**

## ب- الانود (المصعد) Anode

وهو القطب الموجب لانبوبة الاشعة السينية وهو هدف فلزي يصنع من صفيحة تصطدم به الالكترونات السريعة جدا والقادمة من الكاثود ويكون سطحه مائلا بزاوية معينة على محور القطب السالب ونتيجة لاصطدام الالكترونات بالهدف تتولد حرارة عالية لذا يصنع الهدف من مادة درجة انصهارها عالية جدا مثل التنكستن والموليبدينيوم (Molybdenum)، وفي الوقت نفسه يتم اختيار الهدف من مادة ذات عدد ذري كبير وذلك لزيادة كفاءة الاشعة السينية لان شدة الاشعة السينية تتناسب طرديا مع العدد الذري لمادة الهدف. وقد يكون الانود ثابتا او دوارا حيث يستعمل الانود الدوار لغرض التبريد و لزيادة مساحة اصطدام الالكترونات بنسبة كبيرة.

## ج- الغلاف الزجاجي The Glass Envelope

وهو عبارة عن انبوب مصنوع من زجاج ذي معامل تمدد منخفض ويتحمل الحرارة العالية وتوضع داخله اقطاب انبوبة الاشعة السينية ويكون مفرغا تفريغا عاليا من الهواء وذلك لكي لاتتسبب الالكترونات المتحركة بين الكاثود والانود بطرد الذرات الموجودة في الهواء مما يسبب حدوث شرارة كهربائية قوية بين الكاثود والانود تسبب تلف الانبوبة. يكون الغلاف الزجاجي عريضاً من الوسط وذلك لايجاد مساحة كافية لتبريد الحرارة الناتجة عن الانود، كما وان سمك جدار هذا الغلاف يكون اقل عند مكان خروج الاشعة الى المريض وذلك للتخفيف من تخامدها ويكون هذا الغلاف عازلا كهربائيا ويتحمل الفولتية العالية.

## د- الغلاف المعدني The Metal Envelope

يكون الغلاف المعدني اسطواني الشكل مصنوع من سبيكة الالمنيوم ومبطن من الداخل بالرصاص لامتصاص الاشعة الثانوية داخل انبوبة الاشعة ويكون هذا الغلاف عازلا للكهرباء وعازل للاشعة لكي لاتؤثر في المريض او المصور الشعاعي. يوضع زيت بين الغلاف الزجاجي والغلاف المعدني لزيادة العزل الكهربائي وتبريد انبوبة الاشعة، حيث يقوم الزيت بامتصاص الحرارة من الغلاف الزجاجي وتوصيلها الى الغلاف المعدني ومن ثم عن طريق الاشعاع الحراري يتم التخلص منها.

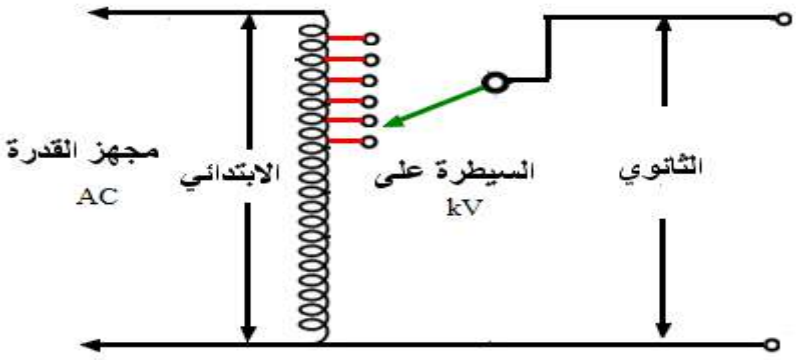
يوجد ضمن الغلاف المعدني عنصران للحماية من ارتفاع درجة الحرارة، الاول حساس حراري يوضع من جهة الانود وهو يوقف عمل الجهاز عند ارتفاع درجة الحرارة عن الحد المسموح به، والثاني هو مفتاح دقيق (Micro Switch) موجود في طرف الغلاف المعدني مستند الى قطعة مرنة ملامسة من الجهة المقابلة للزيت الموجودة في الحجرة الداخلية، فعندما يتمدد الزيت نتيجة ارتفاع درجة الحرارة يضغط على القطعة المرنة والتي بدورها تضغط على المفتاح الدقيق فيوقف عملية التصوير الى ان تعود الحرارة الى الحدود المسموحة فيرجع الزيت ويتحرر المفتاح.

## 3-3-1 وحدة السيطرة Control Unit

توجد ثلاثة مسيطرات اساسية في جهاز الاشعة السينية للسيطرة على جرعة الاشعة السينية للمريض (نوعية الاختراق، الكمية، الوقت). وتكون هذه المسيطرات متداخلة ويجب اختيارها بصورة صحيحة لتناسب المريض الضعيف والبدين. هذه المسيطرات هي:-

### أ- السيطرة على الفولتية العالية The Control of Hight Voltage

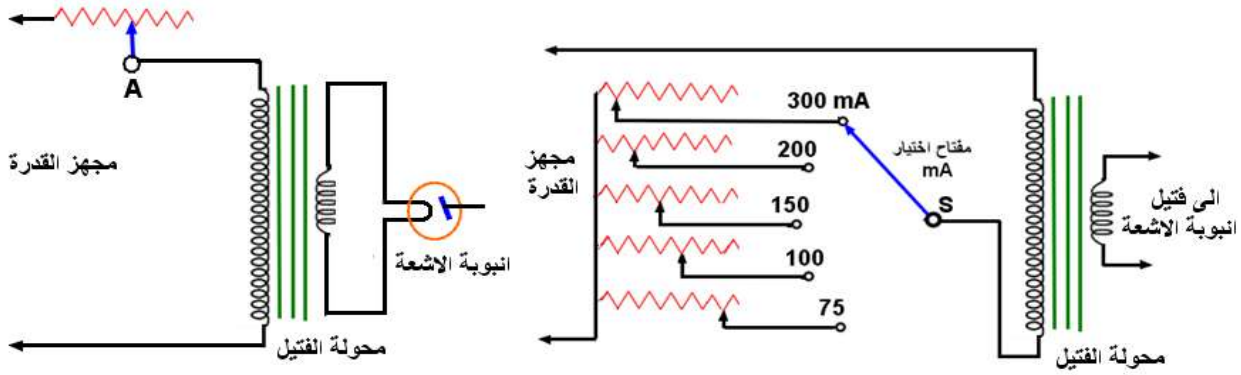
يتم السيطرة على طاقة الاشعة السينية التي تخترق الجسم المراد تصويره من خلال السيطرة على الفولتية العالية التي تجهز أنبوبة الاشعة السينية. ان تغيير الفولتية العالية عبر أنبوبة الاشعة تؤثر في الطاقة التي تخترق الجسم وكذلك تؤثر في شدة الإشعاع. يستخدم المحول الذاتي (Autotransformer) للسيطرة على الفولتية ويتكون المحول الذاتي من ملف ويعمل على مبدأ الحث الذاتي كما في الشكل (3-1) ويستعمل المحول الذاتي لرفع الفولتية او لخفضها من مجهز القدرة الرئيسي ويمتاز بصغر حجمه ورخص ثمنه.




**الشكل 3-1 السيطرة على kV**

### ب- السيطرة على تيار انبوبة الاشعة The Control Of Tube Current

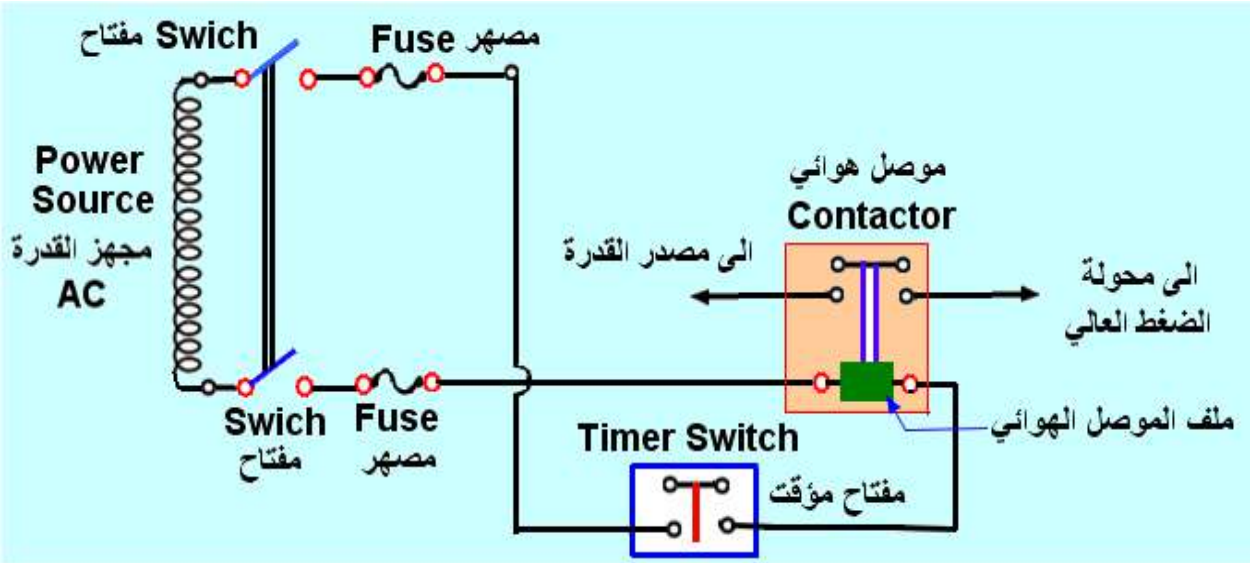
يتم السيطرة على شدة الإشعاع من خلال التغيير في عدد الالكترونات التي تنبعث من تسخين فتيل أنبوبة الاشعة السينية. كلما زاد تسخين الفتيل زاد عدد الالكترونات وبالتالي يزداد التيار المار في أنبوبة الاشعة عند اخذ الصورة الشعاعية ويقاس هذا التيار بـ (mA) وكلما يزداد (mA) يزداد وضوح الصورة ويتم السيطرة على تيار انبوبة الاشعة من خلال السيطرة على حرارة الفتيل وتستخدم مقاومة متغيرة مربوطة على التوالي مع محولة خافضة للفولتية التي تجهز فتيل الاشعة السينية كما موضحة في الشكل (4-1).




-أ- شكل 1-4 السيطرة على تيار أنبوب الأشعة - ب -

## ج- السيطرة على زمن الاشعاع The Control Of Exposure Time

يتم السيطرة على فترة اشعاع الاشعة السينية بواسطة دائرة كهربائية تحدد بداية الاشعاع ونهايته والفترة الزمنية للاشعاع. والشكل(1 - 5) يوضح مخطط لدائرة المؤقت المتكون من جهاز التوقيت (Timing Device) وموصل هوائي (Contactor) وتحصل دائرة المؤقت قدرتها من الخط الرئيسي عبر المفتاح (Switch) والمصهرات (Fuses) ويمكن اعتبار المؤقت مفتاح ضاغط (Push Button) مع ميكانيكية تؤقيت آلية لقطع التيار بعد زمن محدد، وعندها تنغلق نقاط الموصل الهوائي المفتوحة ليتم تطبيق الضغط العالي (H.P) الى الملف الابتدائي لمحولة الضغط العالي وتتولد الاشعة السينية فقط عندما يمر التيار خلال المؤقت.




الشكل1-5 يوضح مخطط لدائرة المؤقت

وهنالك عدة أنواع من أجهزة التوقيت تستخدم لهذا الغرض ومنها ما يلي :-

1-المؤقت اليدوي (Hand Or Mechanical Timer):- ويحتوي على نابض مع مؤشر وعتلة يمكن تحريكها على قرص مدرج ويعتمد الزمن على مدى بعد وضع المؤشر. وللمؤقت الميكانيكي زمن ادنى هو ثمن الثانية (1/8sec) ويوجد هذا النوع في الاجهزة المحمولة التي لاتحتاج الى الدقة.

2- المؤقت التزامني (Synchronous Timer):- ويستخدم محرك تزامني يقوم بتدوير عتلة (Shaft) بسرعة (60) دورة بالدقيقة مقسمة الى اجزاء هي (1/30,1/20,1/10) من الزمن الاصلي للدورة.

3- المؤقت الالكتروني (Electronic Timer):- وهو الاكثر تعقيداً والاكثر دقة اعتماداً على نوع الدائرة الالكترونية لحساب الزمن، ويعتمد تصميم المؤقت في تحديد زمن الشعاع على متسعة يتم شحنهاعن طريق مقاومة متغيرة ويمكن الحصول على زمن تعرض من عدة ملي ثانية والى عدة ثواني. ومن المؤقتات الالكترونية الأخرى التي تعمل بالنظام الرقمي، حيث يستعمل المؤقت (555) في الأجهزة الاشعة السينية الحديثة. وتحتوي بعض الانواع على معالج دقيق وذاكرة وتتميز بسهولة التحكم بزمن الاشعاع وبرمجتها على زمن دقيق وتحتوي على شاشة عرض رقمية أو تماثلية وتستعمل في أجهزة الاشعة السينية العادية وفي أجهزة الاسنان. والشكل (1- 6) يوضح صورة لبعض الانواع من المؤقتات.




**الشكل 1 - 6 يوضح صورة لبعض الانواع من المؤقتات**

## 4-3-1 مقاييس وحدة السيطرة Control Unit Measures

### *أ- مقياس الفولتية العالية kV-meter*

وهو مقياس يبين للمصور الشعاعي الفولتية العالية التي يمكن الحصول عليها من المواقع المختلفة لمفتاح اختيار (kV) والتي تغذي بها انبوبة الاشعة.

### *ب- مقياس ملي امبير mA meter (mA)*

وهو مقياس يبين قيمة التيار المار في انبوبة الاشعة، وبالنتيجة يقيس التيار المار في الدائرة الثانوية لمحولة الضغط العالي. يبين هذا المقياس للمصور الشعاعي بانه تم اخذ الصورة الشعاعية للمريض بعد الضغط على مفتاح التعريض (Exposure Switch).

### *ج- مقياس ملي امبير_ثانية mA Seconds meter (mAs)*

وهو مقياس يبين قيمة حاصل ضرب التيار المار في انبوبة الاشعة مع الزمن الذي استغرقه في المرور، وهو مقياس لكمية الكهرباء او شحنة الكهرباء. تحتاج الى هذا المقياس لان فترة الإشعاع صغير جداً ولا

يمكن للمصور ألشعاعي قراءة مقياس mA ويمكن الحصول على قيمة mA من حاصل قسمة (mAs) على الزمن (s). وفوائد مقياس mA أو mAs هو انه يوضح للمصور الشعاعي مايلي:

1- مرور التيار في أنبوبة الاشعة.
2- حدوث الإشعاع.
3- عمل منظمات جهاز الاشعة (وحدة السيطرة) بصورة صحيحة.

## 5-3-1 مولد الضغط العالي High Tension generator

لكي نجعل انبوبة الاشعة السينية تنتج اشعة سينية فأنه من الضروري ربطها بمصدر فولتية عالية. يمكن الحصول على هذه الفولتية العالية من محولة رافعة تغذى من المصدر الرئيسي للفولتية. تربط دائرة موحد (Rectifier) على الملف الثانوي لمحولة الضغط العالي وتدعى محولة الضغط العالي ودائرة الموحد بمولدة الضغط العالي.

ان اهم خاصية في وصف أي مولدة ضغط عالي هي القدرة الخارجة من المولدة وتقاس بالكيلو واط (kW). هنالك انواع عديدة من مولدات الضغط العالي وتعتمد على المصدر الرئيسي لمجهز الفولتية احادي الطور او ثلاثي الطور. تمتاز مولدات الضغط العالي ثلاثية الطور عن مولدات الضغط العالي احادية الطور بالمحاسن التالية:

1- تولد تيار عالي.
2- تولد كمية كبيرة من الاشعة.
3- الزمن قليل.

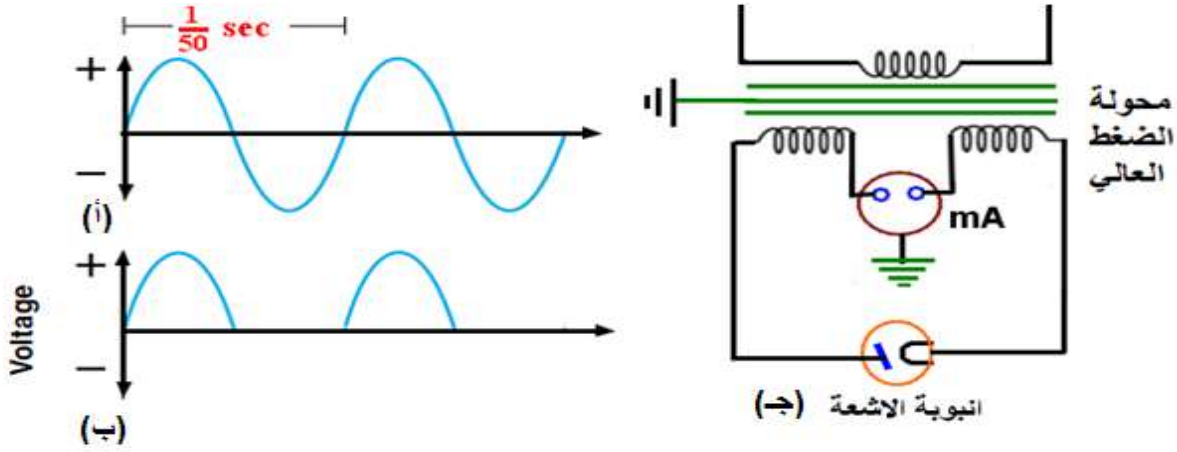
اما مساوئ مولدات الضغط العالي ثلاثية الطور مقارنة بمولدات الضغط العالي احادية الطور هي:-

1- اغلى ثمناً.
2- اكثر تعقيدا في دوائرها الالكترونية.
3- اكبر حجما وتشغل حيزا اكبر.

### انواع مولدات الضغط العالي احادية الطور

#### 1- مولد نبضة واحدة One-Pulse generator

ان الفولتية التي تغذي محولة الضغط العالي هي فولتية متناوبة (AC) تتغير بالمقدار والاتجاه مع الزمن كما في الشكل (أ) (1-7) خلال النصف الأول من الموجة يكون انود أنبوبة الاشعة السينية للمحولة متصل بالقطب الموجب للمحولة والكاثود متصل بالقطب السالب وفي هذه الحالة فأن الالكترونات تنتقل باتجاه الانود ويتم توليد الاشعة السينية، أما خلال النصف الثاني من الموجة فيكون انود أنبوبة الاشعة السينية متصل بالقطب السالب والكاثود متصل بالقطب الموجب وفي هذه الحالة فأن الالكترونات لاتنتقل باتجاه الانود ولا يتم توليد الاشعة السينية. وعليه تتولد نبضة واحدة كما في الشكل (ب) (1-7). والشكل (جـ) (1-7) يمثل الدائرة الكهربائية لمولدة نبضة واحدة.

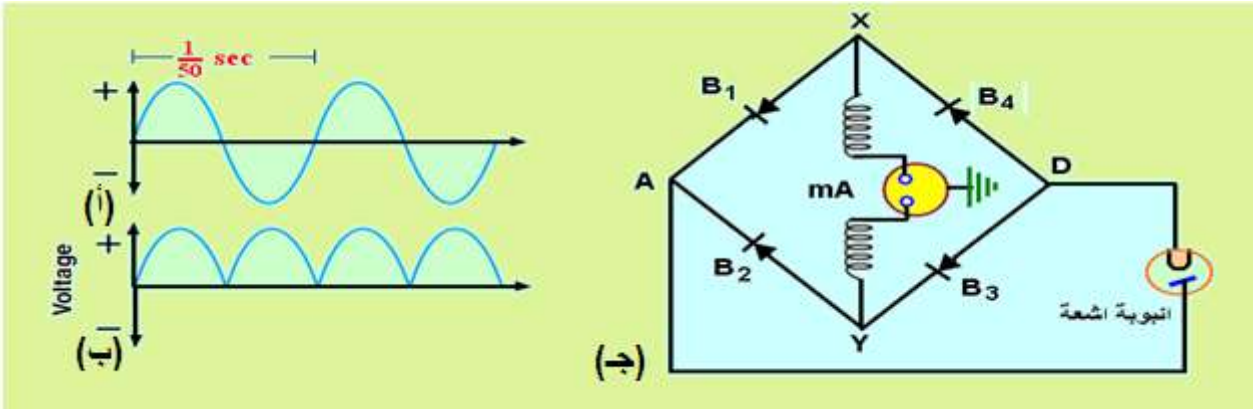



**شكل 1-7 أ- الإشارة الداخلة للمحولة، ب- الإشارة الخارجة من أنبوبة الاشعة**

**جـ - الدائرة الكهربائية لمولدة نبضة واحدة**

### 2- مولد نبضتان Two-Pulse generator

ان دائرة توحيد موجة كاملة نوع القنطرة كما مبين في الشكل (1-8) (جـ) الدائرة الكهربائية لمولدة نبضتين تقوم بتوحيد النصف الأول من الموجة وكذلك النصف الثاني من الموجة وبذلك نحصل على نبضتين خلال الموجة الواحدة. والشكل (1-8) (أ- ب) تمثل الإشارة الداخلة والإشارة الخارجة.



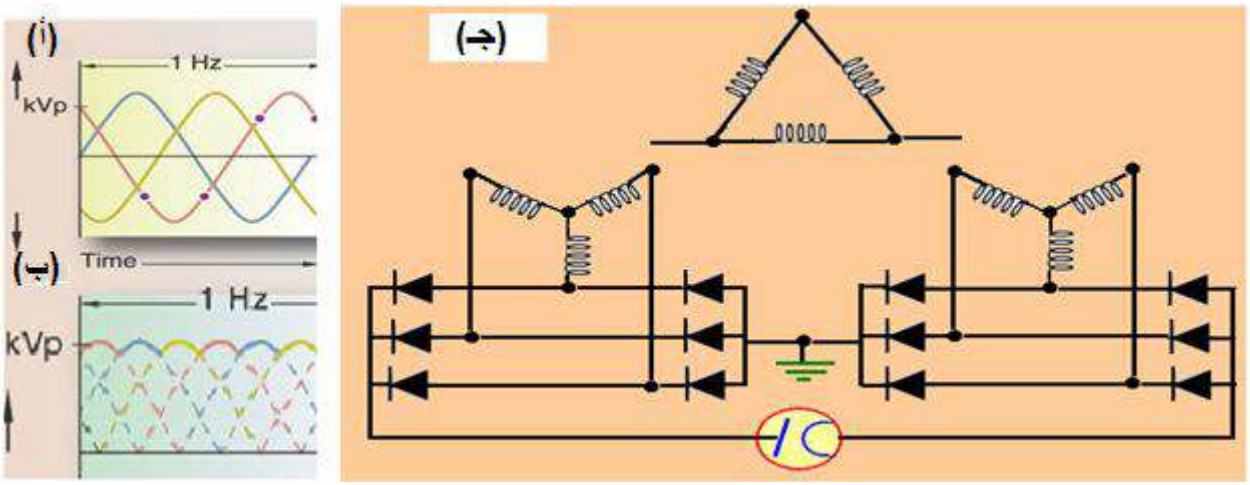

**شكل 1-8 أ- الإشارة الداخلة للمحولة، ب- الإشارة الخارجة من أنبوبة الاشعة**

**جـ- الدائرة الكهربائية لمولدة نبضتين**

## اما انواع مولدة الضغط العالي ثلاثية الطور

### 1- مولدة ستة نبضات Six-Pulse Generator

ان الفولتية التي تغذي محولة الضغط العالي ثلاثية الطور (3-phase) هي فولتية متناوبة (AC) تتغير بالمقدار والاتجاه مع الزمن كما في الشكل (1-7) (أ) في حالة مولدة ستة نبضات يكون الملف الابتدائي ذبذبة واحدة لمحولة الضغط العالي مربوط على شكل دلتا (Δ) والملفات الثانوية مربوط على شكل نجمي مضاعف (Y-Y). وتتصل دائرة توحيد (قنطرة) مع الملفات الثانوية كما في الشكل (1-9) (جـ). وتكون الإشارة الخارجة كما في الشكل (1-9) (ب).

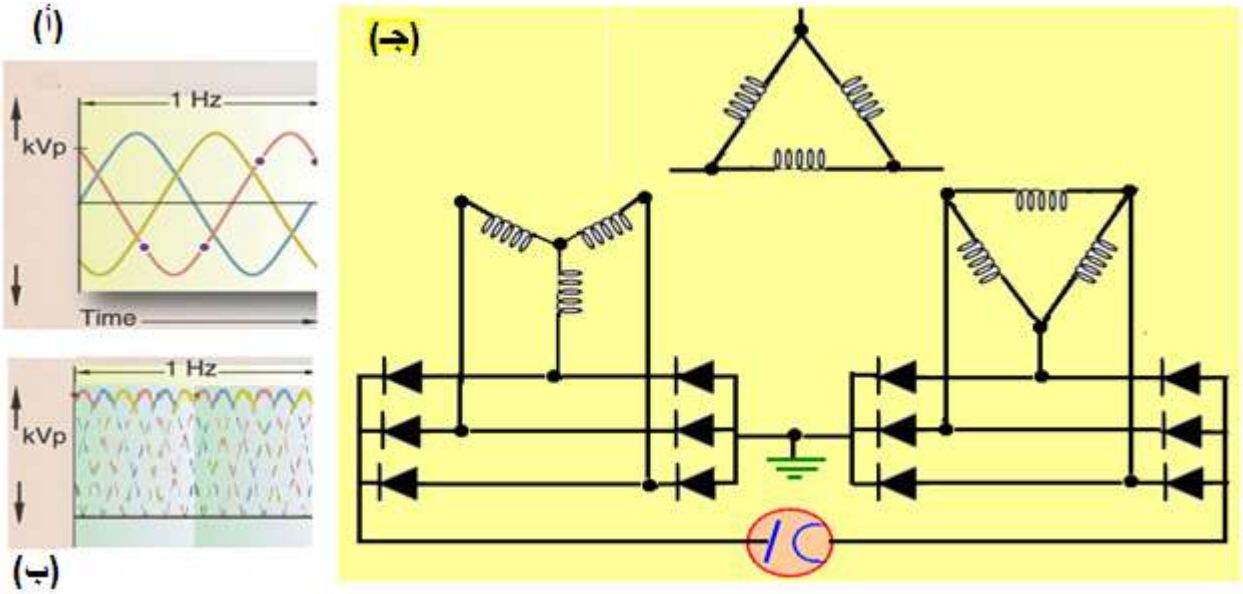



**شكل 1-9 أ- الإشارة الداخلة الى المحولة، ب- الإشارة الخارجة من أنبوبة الاشعة**

**ج- الدائرة الكهربائية لمولدة ستة نبضات**

## 2- مولد اثنى عشر نبضة Twelve-Pulse Generator

ان الفولتية التي تغذي محولة الضغط العالي ثلاثية الطور (3-phase) هي فولتية متناوبة (AC) تتغير بالمقدار والاتجاه مع الزمن كما في الشكل (1-10) (أ). في حالة مولدة اثنى عشر نبضة تكون الملفات الثانوية لمحولة الضغط العالي مربوطة على شكل (Δ-Y) وتتصل دائرة توحيد (قنطرة) مع الملفات الثانوية كما في الشكل (1-10)(جـ) وتكون الإشارة الخارجة كمـا فـي الشكـل (1-10)(ب).




**شكل 1-10 أ- الإشارة الداخلة الى المحولة، ب- الإشارة الخارجة من أنبوبة الاشعة،**

**جـ- الدائرة الكهربائية لمولدة اثنتي عشر نبضة**

### 6-3-1 المنضدة والبكي Tables and Bucky

توجد أنواع مختلفة من المناضد تعطي كافة الاحتياجات الطبية الشعاعية منها :

أ- طاولة أشعة تتحرك بالاتجاهات الأربعة وتتحمل وزن مريض لغاية 150 kg ومزودة ببكي يقبل كافة قياسات الأفلام مع فرامل كهرومغناطيسية.

ب- منضدة أشعة متنوعة التحكم بها عن بعد ($90^0$-18)، ($90^0$-20)، ($90^0$-90) قابلة للتحكم من لوحة السيطرة وتتحمل وزن مريض لغاية 150 kg.

ج- منضدة أشعة أساسية مع منضدة متحركة مزودة ببكي يقبل كافة قياسات الأفلام الشعاعية.

د- بكي قائم لتصوير الصور قابل للتحكم بالارتفاع من 40 لغاية 170 cm مع فرامل كهرومغناطيسية.

## 4-1 جهاز معالجة الأفلام الشعاعية (التحميض) Film Processor وهو على نوعين

### 1-4-1 جهاز معالجة الافلام الشعاعية اليدوي Manual Film Processor

يتكون الجهاز من ثلاثة احواض اساسية:-

1- ***حوض المحلول المظهر (Developer):*** وفيه مادة تستخدم لتحميض او أظهار الأفلام الفوتوغرافية.

2- ***المحلول المثبت (Fixer):*** لأزالة المواد الماسة التي لم تتعرض للضوء عن طبقات الفلم.

3- ***الغسل (Wash):*** لغسل الفلم بالماء للتخلص من المواد غير المرغوبة والمتبقية على سطح الفلم.

ويضاف اليها جهاز التجفيف بالهواء المسخن بعد ان يسخن المظهر تبدأ عملية التحميض (سخان في حوض المظهر ويجب ان يسخن المظهر قبل ان تبدأ عملية التحميض) يعمل المظهر على إظهار المناطق السوداء في الفلم التي تحسست للأشعة، ثم يقوم المثبت بإظهار المناطق الزرقاء السماوية التي لم تتحسس للاشعة، وبعد ذلك يقوم الماء بغسل الفلم وازالة الاحماض العالقة على الفلم (المثبت والمظهر)، ويليه المجفف الذي يطلق هواء ساخن لتجفيف الفلم.

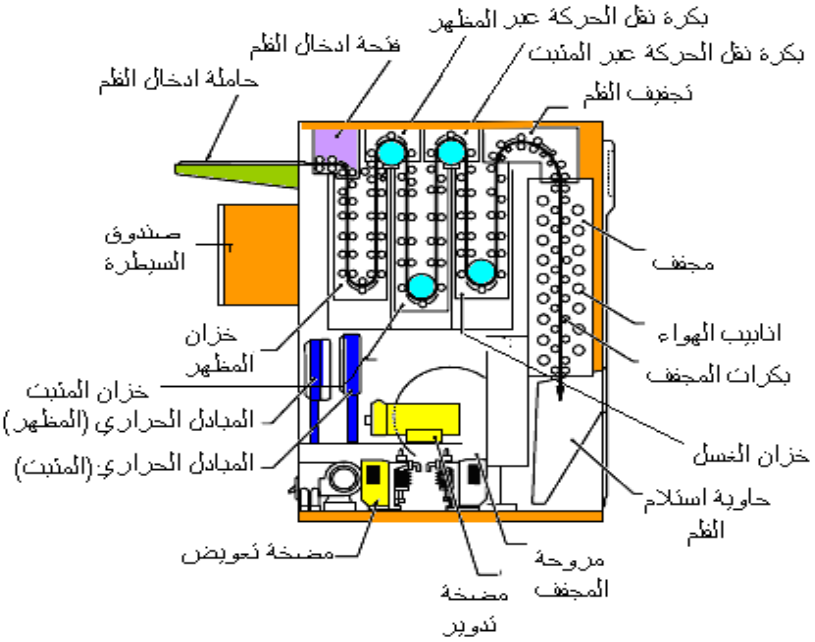
### 2-4-1 جهاز معالجة الأفلام الشعاعية الآلي Automatic Film Processor

يتم ادخال الفلم في الجهاز من جهة ويستقبل جافا من الجهة الاخرى:-

الوحدات الرئيسة لجهاز معالجة الافلام الشعاعية الالي هي :-

1- وحدة نقل الفلم Film Transport Section
2- وحدة الاظهار Developer Section
3- وحدة التثبيت Fixer Section
4- وحدة الغسيل Wash Section
5- وحدة التجفيف Dryer Section

والشكل (1-11) يوضح الاجزاء الرئيسة لجهاز معالجة الافلام الشعاعية الالي




**الشكل 1-11 الاجزاء الرئيسة لجهاز معالجة الافلام الشعاعية الالي**

**1- وحدة نقل الفلم**

تتكون هذه الوحدة من محرك رئيسي يقوم بتدوير بكرات اسطوانية (Rollers) عن طريق ربطها بناقل الحركة مع المحرك ويوجد في بداية هذه المرحلة مفتاح دقيق (Micro Switch) يعمل على تشغيل المحرك عند دخول الفلم الى الجهاز.

**2- وحدة الاظهار**

تتكون هذه الوحدة من خزان يوضع فيه محلول الاظهار الخاص باظهار الفلم ويوضع بداخله بكرات اسطوانية قابلة للحركة مع بعضها البعض وذلك لامرار الفلم بالمحلول ويجب ان ترفع درجة حرارة المحلول الى درجة معينة ويتم ذلك بواسطة سخان خاص لرفع درجة حرارة المحلول ويتم السيطرة على هذه الحرارة عن طريق منظم حراري (Thermostat). توجد مضخة لغرض تدوير المحلول وجعله متجانسا ودرجة حرارته موزعة بالتساوي. ويتم سحب هذا المحلول عن طريق خزان اضافي موجود بالقرب من الجهاز موجود فيه المحلول. بالاضافة الى ذلك هناك خزان اخر بالقرب من الجهاز لجمع المحول الذي يتم طرحه من الجهاز او عند الصيانة. يتم فتح مفتاح التصريف ومن ثم الى هذا الخزان.

**3- وحدة التثبيت**

مكونات هذه الوحدة هي نفس مكونات وحدة الاظهار مع وجود اختلاف في المادة الموجودة (المثبت) والاختلاف الثاني هو بكيفية رفع درجة حرارة المحلول حيث تتمعن طريق التبادل الحراري والذي يقوم بامرار المحلول داخل انبوب يمر من خلال المحلول المرتفع درجة حرارته (محلول الاظهار) وبهذه الطريقة يتم الاستغناء عن السخان وتوجد ايضا مضخة لتدوير المحلول لغرض التجانس ويوجد محرك اخر لتعويض المحلول المفقود من جراء دخول الفلم. وهنالك خزان فارغ لجمع محلول المثبت الذي يتم طرحه من الجهاز وذلك لاحتوائه على مادة الفضة التي يتم استخلاصها فيما بعد باجهزة خاصة.

### 4- وحدة الغسيل

توجد طريقتان للغسيل هما :-

أ. طريقة الغسيل بالرش بين البكرات حيث توجد انابيب للمياه تقوم برش الماء على سطح الفلم عند مروره.

ب. ادخال الماء من مصدر الماء الموجود قرب الجهاز ليمر الى مرشح لتصفيته من الشوائب وبعدها يتم ادخال الماء الى الخزان وفي الجهة الثانية للخزان يتم طرح الماء الفائض الى خارج الجهاز وتستمر هذه العملية (ادخال واخراج الماء) وذلك للحصول على ماء صافي خالي من المواد العالقة (المثبت والمظهر) جراء دخول الفلم بهذا الخزان.

### 5- وحدة التجفيف

يتم تجفيف الفلم بطريقتين هما :-

أ. الهواء الساخن على شكل اسطوانة تدفع الهواء على سطح الفلم فيجف أثناء مروره.

ب. الاشعة تحت الحمراء ومكونة من انظمة الحرارة الكهربائية لتبعث الحرارة على سطح الفلم.

### الأجزاء الرئيسة لجهاز معالجة الأفلام الشعاعية الآلي

1. حاملة ادخال الفلم (film feed tray).
2. فتحة إدخال الفلم.
3. بكرة نقل الحركة عبر المظهر
4. .بكرة نقل الحركة عبر المثبت.
5. بكرات المجفف.
6. خزان مادة الغسيل.
7. حاوية استلام الفلم.
8. مروحة المجفف.
9. مضخة التدوير.
10. مضخة تعويض.
11. المبادل الحراري (المظهر).
12. المبادل الحراري (المثبت).
13. صندوق السيطرة.

## 5-1 الوقاية من الإشعاع X- Ray Protection

### ***أولا : حماية العاملين Operators Protection***

1. تجنب الحزمة الاولية: وهو اهم مبدأ حيث يجب الا يقع المصور الشعاعي ضمن مجال حزمة الاشعة فلا يواجه الحزمة مباشرة.
2. المسافة: يجب ان يبتعد المصور الشعاعي عن مصدر الاشعة قدر الامكان، كما يجب ان يبتعد عن المصادرالثانوية الاخرى للاشعة وخاصة رأس المريض في حالة اشعة الاسنان حيث يبتعد على الاقل (6) قدم.
3. الواقيات: يجب على المصور الشعاعي الوقوف خلف حاجز واق مصنوع من الرصاص لامتصاص الاشعة المتناثرة وهذا يمكن الطبيب مراقبة المريض عبر نافذة مؤلفة من الزجاج المخلوط بالرصاص.
4. المكان: يجب اختيار مكان بحيث يشكل زاوية قائمة مع مصدر الاشعة وخلف المريض، وبهذا الوضع لا يتعرض المصور الشعاعي للاشعاع.

5. الابتعاد عن رأس الجهاز: يجب عدم مسك انبوبة الاشعة بهدف تثبيته ومنعه من الحركة اذ كل الاجهزة تسرب جزء من الاشعه السينية.
6. عدم السماح للعاملات من الحوامل من العمل في قسم الاشعة طيلة فترة الحمل.
7. يجب مراقبة الاشعاع في الجسم وأخذ الاستراحة عند زيادتها عن الحد المقرر.

## ثانيا : حماية المريض

المبدأ هو اقلال كمية الاشعاع ما أمكن وذلك كما يلي :-

1. استخدام الأفلام السريعة : كانت تستلزم الافلام القديمة زمن يصل الى أربعة ثوان، أما اليوم فيمكن استخدام 0.75 ثانية فقط بسبب جودة الاجهزة وحساسية الافلام العالية للاشعه وبالتالي سرعتها.
2. الترشيح الجيد : يجب التخلص من الاشعة الضعيفة التي لا تصل للفلم وذلك بواسطة الترشيح.
3. استخدام حاميات الغدد التناسلية (الواقيات).
4. المعاملة والتصوير الجيد للفلم : ان معالجة الفلم السيئة تعني اعادته وبالتالي زيادة تعرض المريض للاشعاع كما ان التعرض السيء للفلم عند التصوير يعني اعادة التصوير.
5. استخدام اقماع مفتوحة النهاية : حيث تساهم في عدم نشر الاشعة وبالتالي تقلل من تعرض المريض للاشعة. (في حالة اشعة الاسنان)
6. يجب ان لاتزيد قيمة الاشعاع عن الحد المسموح به أو المطلوب.
7. يجب عدم اخذ الصور الشعاعية في اثناء فترة الحمل.

## ثالثا : حماية المحيط

1. يجب توجيه حزمة الاشعة فقط على المريض ثم تصطدم بالجدار دون ان تمر أو تخرج من باب أو نافذة لإشعاع مكان أخر.
2. يفضل وضع قسم الاشعة في الطابق تحت الأرضي للإقلال من تعرض المحيط للإشعاع.
3. استخدام الجدران الحاوية على صفائح الرصاص.
4. الالتزام بمبادئ حماية العاملين والمريض والإقلال قدر الإمكان من أخطاء التصوير ومعالجة الأفلام.

# أسئلة الفصل الأول

س1: عدد انواع اجهزة الاشعة السينية ومجال استخدام كل من هذه الانواع.

س2: عدد مكونات انبوبة الاشعة السينية.

س3: ارسم المخطط الكتلوي لجهاز الاشعة السينية.

س4: ما وظيفة كل من:-

أ- الكاثود
ب- الانود
ج- الغلاف الزجاجي
د- الغلاف المعدني

س5: علل مايلي :-

1- وضع زيت بين الغلاف الزجاجي والغلاف المعدني.
2- تفريغ أنبوبة الاشعة السينية من الهواء وأية غازات أخرى.
3- استبدال الانود الثابت بانود دوار.
4- وجود مقياس mAs في وحدة السيطرة.

س6: اشرح وظيفة المؤقت في جهاز الاشعة السينية مع رسم الدائرة الكهربائية.

س7: عدد أهم أنواع أجهزة التوقيت المستعملة اجهزة الاشعة السينية.

س8:عدد محاسن مولدة الضغط العالي ثلاثية الأطوار.

س9:عدد أنواع مولدة الضغط العالي المستخدمة في جهاز الاشعة السينية.

س10:عدد مساوئ مولدة الضغط العالي ثلاثية الأطوار.

س11: عدد مراحل تحميض الأفلام الشعاعية.

س12: عدد وسائل الحماية من الإشعاع للعاملين في مجال الاشعة السينية.

س13: عدد وسائل حماية المريض من الاشعة.

س14: عدد وسائل حماية المحيط الموجودة فيه أجهزة الاشعة السينية.

# الفصل الثاني

## الأجهزة الطبية الفوق صوتية (Ultrasound Medical Devices)

### الأهداف

الهدف العام: دراسة الأمواج الفوق صوتية ومعرفة استخداماتها الطبية المختلفة.

الأهداف الخاصة: يستطيع الطالب بعد الانتهاء من دراسة وفهم الفصل أن:

1- يعرف : الموجات الفوق صوتية- المجس- البلورة – الظاهرة الكهروضوئية – تأثير دوبلر.
2- يعدد ويكتب القوانين الثلاثة للصوت مع فهم الأمثلة.
3- يعدد فوائد استخدام الأجهزة الفوق صوتية ويعدد أنماط إرسال الموجات.
4- يعدد الأجزاء التي تتكون منها الأجهزة الفوق صوتية الحديثة.
5- يعدد ويشرح أنواع العرض الصوري للأجهزة الصوتية.
6- يفهم ويحل جميع التمارين والأسئلة الموجودة في نهاية الفصل.
7- يرسم المخططات الكتلوية للأجهزة ويؤشر عليها باللغتين العربية والانكليزية.
8- يعدد اهم استخدامات الأمواج الفوق صوتية للعلاج.

| محتويات الفصل الثاني | |
|---|---|
| (2- 1) تمهيد | (2- 6) أنماط إرسال الموجات الفوق صوتية. |
| (2- 2) قوانين الموجات الفوق صوتية | (2- 7) التصوير بواسطة الأمواج فوق الصوتية |
| (2- 3) امتصاص الموجات الفوق صوتية | (2- 8) الأجزاء الاساسية لأجهزة التصوير الفوق صوتي |
| (2- 4) تأثير دوبلر | (2- 9) الأجهزة الفوق صوتية المختبرية |
| (2- 5) الظاهرة الكهروضوئية | (2- 10) استخدام الموجات الفوق صوتية للعلاج |

جهاز الفوق صوتي من النوع الصغير (المحمول)
(Mobil-Altrasonography)

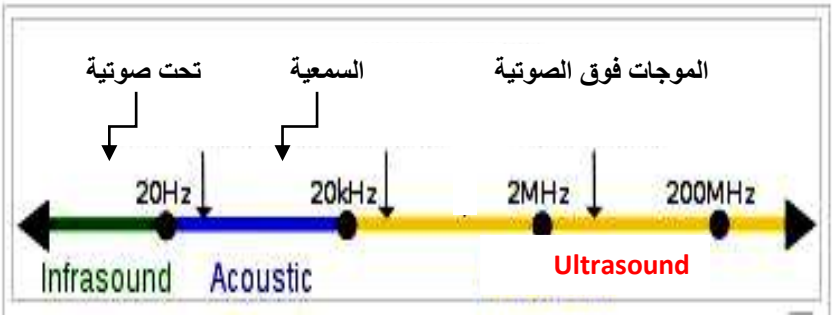


# الفصل الثاني

## الأجهزة الطبية الفوق صوتية (Ultrasound Medical Devices)

### 2- 1 تمهيد

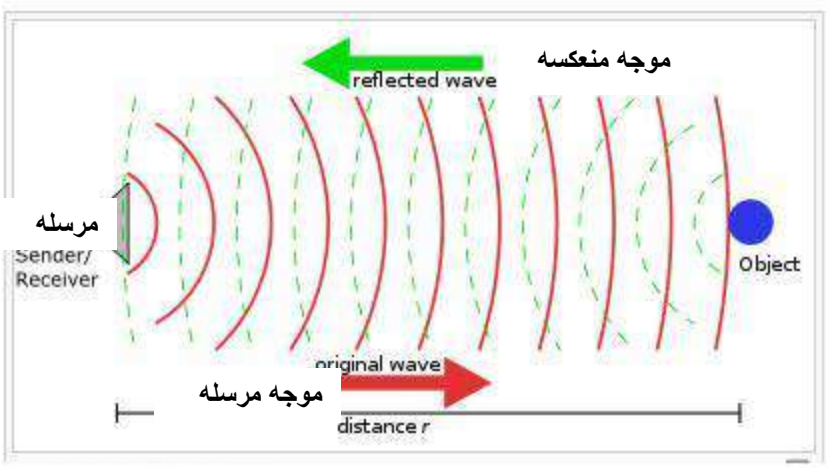
الصوت (Acoustic) هو موجات طولية تتولد نتيجة لاهتزازات ميكانيكية وتسير خلال المادة الصلبة أو السائلة أو الغازية بسرع مختلفة, والإذن البشرية تستطيع أن تميز أو تسمع الصوت ذو التردد من (20Hz) والى (20KHz) والأصوات التي ترددتها اقل من مستوى سمع الإنسان تسمى تحت الصوتية (Infrasound) والتي أعلى من السمع البشري بالفوق صوتية (Ultrasound). كما موضح بالشكل(2-1) الذي يبين العلاقة بين هذه الأنواع الثلاثة المتشابه بخواصها الفيزيائية والمختلفة فقط بالطول الموجي, أي تحوي طاقة اقل أوأكثر من الموجات الصوتية.




**الشكل 2-1 مخطط الموجات الصوتية والفوق صوتية والتحت صوتية**

علما بأن الأمواج الصوتية تسير بسرع مختلفة حسب المادة التي تمر بها وفي الأجهزة الطبية يمكن الاستفادة من ترددات صوتية من (1MHz) والى (100MHz)، حسب كفاءة وقابلية الأجهزة الملحقة ومدى تطورها للقياس والموجات الصوتية تنعكس (Reflected) وتنكسر (Refracted) كما في الموجات الضوئية التي هي أشعة كهرومغناطيسية. تستخدم الموجات الفوق صوتية في الالكترونيات وفي الصناعة وفي الملاحة وفي الطب لملاحظة الأعضاء الداخلية في جسم الإنسان بطريقة مشابه لمبدأ عمل الرادار (Radar) وهو جهاز يستخدم لتحديد مواقع الأجسام بواسطة انعكاس الموجات الراديوية التي يولدها ويستعمله ربابنة السفن والطائرات والشكل (2-2) يوضح إرسال الموجات الراديوية من المرسلة (Sender) الى جسم الهدف (Object) وانعكاسها (Reflection) منه لتستلم (Received) من نفس الجهاز لتحديد المسافة (Distance) كما موضح بالشكل (2-2).

من اهم المواد التي تستخدم لتوليد الموجات الفوق صوتية هي بلورات الكوارتز والتي لها خاصية الكهرو-ضغطية (Piezoelectric-Effect) وتستخدم في إرسال الموجات كمرسله (Transmitter) وكذلك استلام الموجات كمستقبلة (Receiver) وتستخدم الأجهزة الفوق صوتية في التشخيص (Diagnosis) مثل جهاز التقاط نبضات الجنين وجهاز السونار(Sonar) وكذلك جهاز مراقبة الولادة (والتي سندرسها بالتفصيل عمليا في المختبر) وفي العلاج (Therapy) مثل اجهزة العلاج الطبيعي.




**الشكل 2-2 مخطط عمل الرادار**

اما المصطلحات والكلمات المستخدمة في الامواج فوق الصوتية ومنها نستدل على عمل الجهاز واستخداماته التقنية الفوق صوتية فهي:-

1-Sonar (sound navigation and ranging )

استخدام الصوت في ايجاد اعماق الاجسام في الملاحة البحرية

2- Echocardiograph تسجيل اشارة القلب

3- Echoencephalogram تسجيل اشارة الدماغ

4-Ultrasonogram جهاز تسجيل امراض العيون

5- Ultrasonoscope ملاحظة الاجسام الغريبة في الجسم

6- Sonoflouroscope تسجيل حركة الأجسام المتحركة

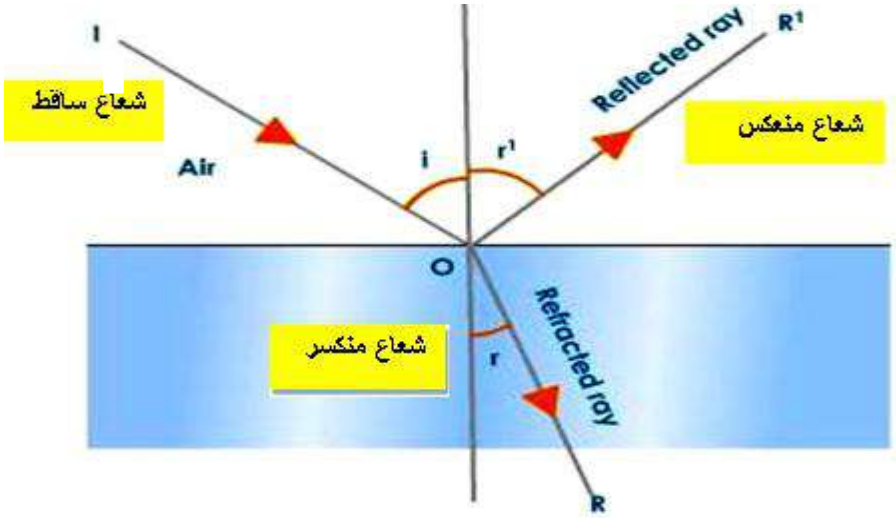
وتستخدم في بعض الأحيان كلمة الفوق صوتي (supersonic) بدلا من (Ultrasound).

ولفهم كيفية استخدام تقنية الموجات فوق الصوتية سندرس ثلاثة قوانين فيزياوية هي سرعة الموجات في المواد(V) والممانعة الصوتية ($Z_a$) وأخيرا معامل انعكاس الموجات (Γ) وتلفظ كاما الكبيرة.

## 2-2 قوانين الموجات الفوق صوتية

### 1- السرعة (Velocity)

اذا سلطت حزمة من الموجات فوق الصوتية على جسم ما والتي هي طاقة صوتية ذات تضاغط (Compression) وتخلخل (Rarefaction) وتسير بسرع مختلفة في الهواء أو الماء او أنسجة الجسم فإنها تتبع نفس قوانين الضوء في الانعكاس (Reflection) والانكسار (Refraction) والشكل (2-3) يوضح ذلك.




**الشكل 2-3 مخطط الضوء في السقوط والانعكاس والانكسار**

كما ان العلاقة بين السرعة والطول الموجي للموجات الفوق صوتية تتبع نفس قوانين الاشعة الكهرومغناطيسية وهي:

$V=F\lambda$ .....(1-2)

حيث ان : (V) سرعة الموجات بوحدات المتر على الثانية (m/s)

و(F) التردد بوحدات الهرتز(Hz) و(λ) الطول الموجي بوحدات المتر (m)

ويمكن اعادة كتابة المعادلة بدلالة الزمن (T) بوحدات الثانية (S) فتصبح كما في المعادلة (2-2):

$V= \lambda/T$ ..... (2-2)

والجدول ( 2-1) يوضح سرع الموجات فوق الصوتية في بعض المواد وخاصة جسم الانسان ونظراً لتقارب قيم سرعة الصوت في أعضاء وأنسجة الجسم تستخدم سرعة ثابتة وهي ( 1540 m/s ) في تصميم أجهزة التصوير فوق الصوتي :

| المادة | السرعة ( m/s )<br>سرعة الموجة فوق الصوتية في المادة (m/s) |
|---|---|
| هواء | 1330 |
| نسيج عضلي | 1.061570 |
| دهن أو شحم | 0.931480 |
| دم | 11560 |
| عظم | 1.853360 |

**جدول 2-1 سرعة الموجات الفوق صوتية في المواد**

مثال(1-2) : اذا كان تردد الموجات فوق الصـوتية في نسـيج بشـري هي (2500 kHz) وطولها الموجي ($6\times10^{-4}$ m) فما هي سرعتها؟

الحل :

$$V=F\lambda = 2500\times10^{3}\times6\times10^{-4} = 1500m/s$$

مثال(2-2): مذبذب كهربائي بتردد (2 MHz) يمكن ان يربط اما بمحول طاقة (بلورة الكوارتز)

لتوليد موجات فوق صوتية او الهوائي لتوليد موجات راديوية احسب :

1- الطول الموجي ($\lambda$) للموجات الفوق صـوتية التي تولدها البلورة عندما تسـير بسـرعة (1500m/s) في نسيج دهني.

2- الطول المـــــــوجي للمـــــــــوجات الراديوية التـــي يولـــــدها الهوائي الراديـــــــــوي. (علما بان سرعتها ($3\times10^{8}$m/s))

3- قارن بين طولي الموجتين فوق الصوتية والراديوية.

الحل :

1- $\lambda_1 = V/F = 1500/(2\times10^{6}) = 7.5\times10^{-4}$ m (الطول الموجي للفوق صوتية)

2- $\lambda_2 = \frac{V}{F} = \frac{3\times10^{8}}{2\times10^{6}} = 150m$ (الطول الموجي الراديوية)

3- $\lambda_2/\lambda_1 = 150/(7.5\times10^{-4}) = 2\times10^{5}$ (النسبة بين طولي الموجتين الراديوية وفوق الصوتية)

نلاحظ من هذا ان المذبذب بتردد (2 MHz) يولد موجات فوق الصـوتيه ($2\times10^{5}$) مرة اكبر من الموجات ألراديوية التي يولدها نفس المذبذب.

**2- الممانعة الصوتية (Acoustical Impedance)**

الممانعة الصـــوتية للمواد هي مقياس للمقاومة التي تبديها المادة لمرور الامواج الصـــوتية او الفوق صوتية من خلالها ويرمز لها($Z_a$) وتساوي كما في المعادلة(2-3):

$$Z_a = \rho_a\times V \quad \text{.....(3-2)}$$

حيث : الممانعة الصوتية ($Z_a$) ووحداتها.$Kg/(m^2.s)$.

كثافة المادة : ($\rho_a$) ووحداتها ($Kg/m^3$) و السرعة (V) بوحدات(m/s).

مثال(3-2) : احسب الممانعة الصوتية للماء اذا كانت سرعة الموجات فيه (1450m/s) وكثافة الماء ($1000Kg/m^3$).

الحل :

$$Z_a = \rho_a\times V = 1000\times1450 = 1450000\times10^{6}\ Kg/(m^2.s)$$

## 3-2 امتصاص الموجات الفوق صوتية (Ultrasound Absorption)

ان امتصاص الموجات فوق الصوتية عند سقوطها تعتمد على الممانعة الصوتية للجسم الذي تسقط عليه ويمكن ايجاد نسبة الموجات فوق الصوتية المنعكسة من خلال حساب معامل الانعكاس بين مادتين من المعادلة التالية:

$$\Gamma = (Za_1-Za_2)^2/(Za_1+Za_2)^2 \quad \text{.....(4-2)}$$

حيث ان ($\Gamma$) معامل الانعكاس و ($Za_1$) و ($Za_2$) الممانعة الصوتية لمادتين مختلفتين الكثافة.

ويمكن إيجاد النسبة المئوية للانعكاس بضرب المعادلة أعلاه في(100%) وكآتي:

$$\Gamma =(Za_1-Za_2)^2/(Za_1+Za_2)^2\times 100\% \quad \text{.....(5-2)}$$

مثال (4-2): احسب معامل الانعكاس للحد الفاصل بين الهواء($Za_1=50Kg/(cm^2.s)$ و ونسيج بشري ممانعته الصوتية $Za_2=1500Kg/(cm^2.s)$

الحل : نجد النسبة المئوية للانعكاس من المعادلة (5-8) كالآتي:

$$\Gamma=(Za_1-Za_2)^2/(Za_1+Za_2)^2=\{(50-1500)^2/(50+1500)^2\}\times 100\% =87.5\ \%$$

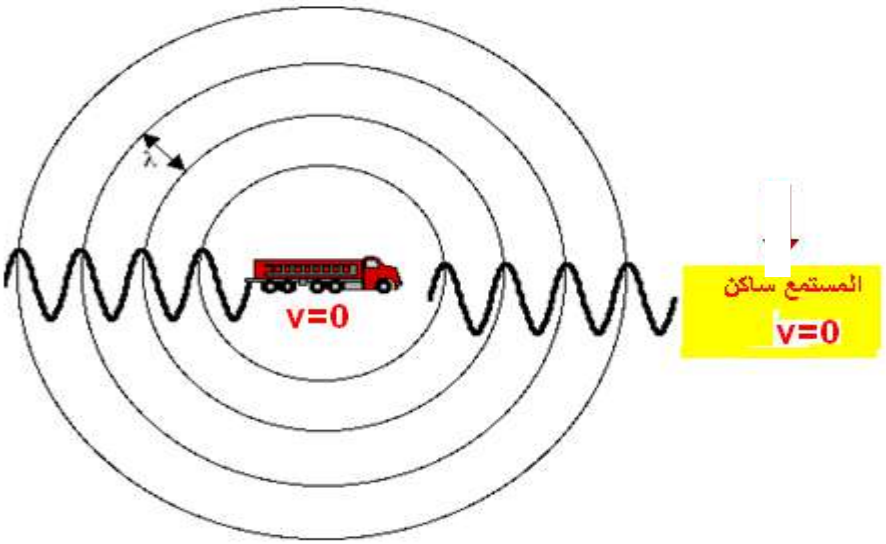
من المثال أعلاه نلاحظ بان تقريباً جميع الموجات الساقطة قد انعكست من الحد الفاصل بين المادتين. من هذا المثال نلاحظ وجود مشكلة كبيره لاختلاف ممانعتي الأنسجة البشرية والهواء أي إن جميع الموجات ستنعكس من جلد المريض ولاتصل الى العضو المراد فحصه نظرا للاختلاف الهائل بين ممانعتي الهواء والنسيج وللتغلب على هذا يستخدم الهلام الخاص(Jelly) مع أقطاب بلورة الكوارتز الباعثة للموجات الفوق صوتية.

سؤال : اعد المثال أعلاه باستبدال الهلام ذي الممانعة الصوتية القريبة من ممانعة النسيج البشري

والتي تساوي $1480kg/(cm^2.s)$ بدلا من الهواء ثم ناقش النتائج التي تحصل عليها.

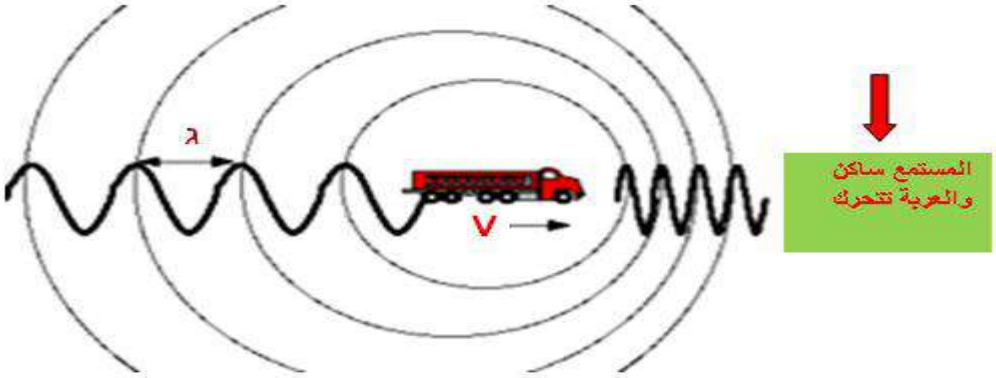
## 4-2 تأثير دوبلر (Doppler Effect)

في العام (1842) لاحظ العالم كرستيان دوبلر ظاهرة سميت باسمه وهي تاثير دوبلر وتنص على ان شدة الصوت تزداد كلما اقتربنا من المصدر الصوتي وتقل بابتعادنا عنه الى ان يتلاشى. وكمثال على ذلك فان الشخص المراقب (الممثل باللون الاصفر) الواقف امام عربة الاطفاء وهي واقفة في المحطة وتشتغل صافرتها فان شدة الصوت الذي يسمعه المراقب هي نفس شدة الصافرة الحقيقية والشكل (4-2) يوضح ذلك حيث ان سرعة المراقب صفرا"(V=0) وكذلك سرعة العربة صفرا"(V=0)



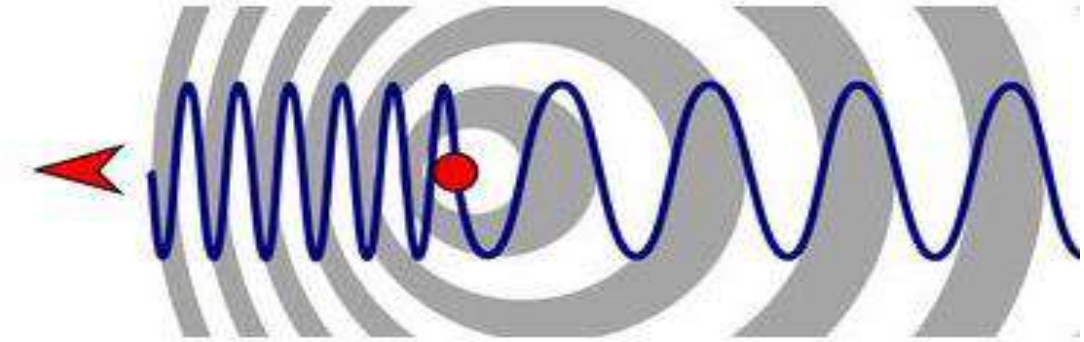

**الشكل 2-4 العربة واقفة وصافرتها تشتغل الطول الموجي للصوت (λ) لا يتغير للمستمع الساكن**

واذا تحركت العربة باتجاه المراقب (اللون الأصفر) فان شدة صوت الصافرة تزداد وتكون اعلى من الصوت الحقيقي للصافرة وعند ابتعاد العربة يبدأ الصوت بالخفوت الى ان يتلاشى والشكل (2-5) يوضح ذلك حيث ان الطول الموجي للموجات الصوتية يقل عند اقتراب العربة وبذلك يزداد التردد (f) فتزداد شدة الصوت حسب المعادلة (2-1) وعند ابتعاد العربة يزداد الطول الموجي فيقل التردد فتنخفض شدة صوت الصافرة. ويصح الشئ نفسه اذا كانت العربة واقفة والمراقب هو الذي يتحرك باتجاه العربة وصافرتها شغالة او حين الابتعاد عنها.




**الشكل 2-5 المراقب واقف (V=0) والعربة تتحرك بسرعة(Vm/s).**

الشكل(2-6) يوضح تغير الطول الموجي والتردد بالنسبة الى الجسم المتحرك الذي تمثله الكرة الحمراء التي تسير باتجاه السهم الاحمر حيث يزداد التردد امامها ويقل خلفها والعكس صحيح بالنسبة للطول الموجي.



**الشكل 2-6 تاثير دوبلر على الجسم المتحرك وعلاقته بالطول الموجي**

## 2-5 الظاهرة الكهروضغطية (piezoelectric Effect)

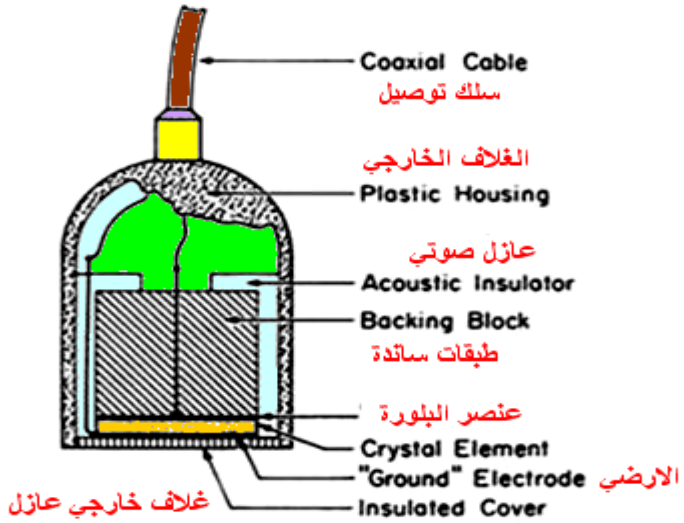
تتولد الموجات فوق الصوتية وتكشف باستخدام محولات الطاقة (Transducers) والتي تصنع من مواد مختلفة كما سبق ودرسته في علوم الصف الثاني, اما المحولات المستخدمة في الطب فانها اما مصنوعة من السيراميك أو الكوارتز والشكل (2-7) يوضح انواع من البلورات المختلفة والموجودة في الطبيعة.



**الشكل 2-7 بلورات كوارتز مختلفة الاشكال**

تصنع هذه البلورات على شكل شرائح خفيفه مختلفة في الحجم والسمك و حسب نوع الاستخدام وكلما قل سمكها ازداد ترددها. عند تسليط اشارة كهربائية متناوبة على طرفي البلورة بتردد معين تهتز جزيئتها فتولد امواج فوق صوتية بنفس تردد الاشارة الكهربائية حسب تاثير يسمى التاثير الكهروضغطي (Piezoelectric Effect) وبيزو تعني ضغط, وللبلورة خاصية مزدوجة فعند ارتطام الموجات فوق الصوتية على سطح البلورة تتولد اشارة كهربائية متناوبة بنفس تردد الموجات مما يزيد من فائدة استخدامها لارسال الموجات الفوق صوتية على العضو المستهدف في جسم الانسان واستقبال الموجات المنعكسة منه والتي تسمى صدى (Echo) الموجات والبلورة مع اجزائها الاخرى والغلاف الخارجي تسمى المجس (Probe) والشكل (2-8) يوضح الاجزاء الداخلية للمجس من سلك التوصيل للجهاز والغلاف البلاستيكي او المعدني الخارجي الحافظ ثم بلورة الكوارتز واقطاب التوصيل على طرفيها للمذبذب الكهربائي وهناك المواد الساندة التي تمنع وصول ترددات

الامواج الفوق صوتية من الوجه الداخلي للبلورة وامتزاجها مع الترددات الرئيسة من الوجه الملامس للجلد مما يسبب اضعافها واخيرا الغلاف الخارجي الذي يغلف سطح البلورة.




**الشكل 2-8**

**الأجزاء الداخلية لمجس الأمواج الفوق صوتية (Probe)**

والشكل (2-9) يوضح احد أنواع المجسات المستخدمة في الطب والتي تمسك من قبل الطبيب من الحافظة البلاستيكية.



**الشكل 2-9 احد انواع المجسات المستخدمة في الطب**

وبقياس الوقت اللازم لإرسال واستقبال الموجات المنعكسة وترددها وسعة الموجة وبعد تغذيتها الى الحاسب الآلي يمكن الحصول على معلومات دقيقة عن العضو او الجزء المستهدف من الجسم مثل حجمه, عمقه, صورته ويمكن ان يحوي المجس على العشرات من البلورات التي ترسل وتستقبل الموجات الفوق صوتية على التوالي للحصول على صورة مع الحركة وتصنع البلورات باحجام واشكال مختلفة حسب الاستخدام كما موضح بالشكل (2-10).



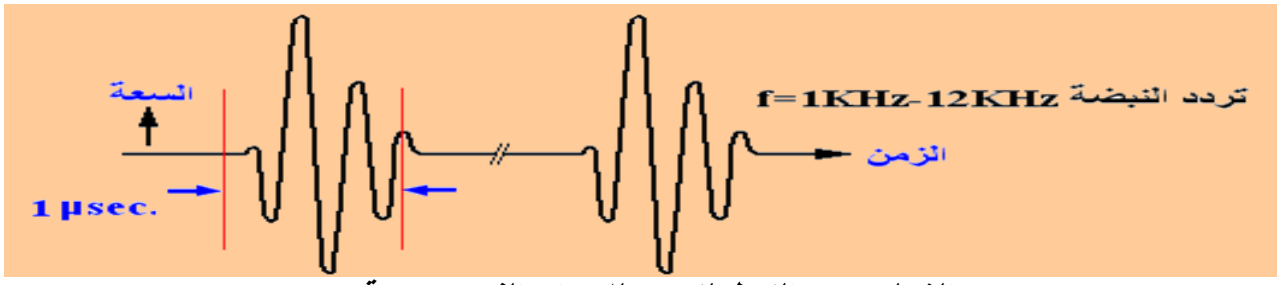
**الشكل 2-10 أنواع مختلفة من المجسات المستخدمة في الطب**

## 6-2 أنماط إرسال الموجات فوق الصوتية (Modes of Ultrasound Transmission)

يمكن للموجات الفوق صوتية ان ترسل بإشكال مختلفة تسمى أنماط إرسال الموجات الفوق صوتية والأنواع الثلاثة أدناه هي الأكثر استخداما في الطب للتشخيص (Diagnostic) والعلاج (Therapeutic)

### 1-6-2 النمط النبضي للموجات فوق الصوتية (Pulsed Ultrasound)

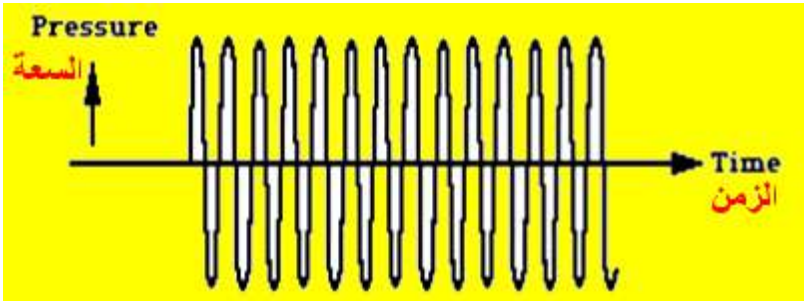
في هذا النمط ترسل الموجات الفوق صوتية على شكل نبضات قصيرة ومتتابعة بمعدل من (1kHz) الى (12kHz) ومدتها الزمنية حوالي (1µsec.) والصدى الراجع (الموجات المنعكسة) (Echo) يعرض على شاشة الاوسلوسكوب كدالة للزمن والذي يتناسب مع المسافة من مصدر الأمواج اي المجس (Probe) والى الحد الفاصل للعضو المستهدف داخل جسم الانسان الذي تسقط عليه الامواج,ويمكن ان يستخدم هذا النمط في عرض حركة حدود العضو مع الزمن مثل حركة جدران وصمامات القلب والشكل (11-2) يوضح النمط النبضي للموجات.




***الشكل 2-11 النمط النبضي للامواج الفوق صوتية***

## 2-6-2 نمط دوبلر المستمر (Continuance Doppler)

في هذا النمط ترسل اشارة مستمرة من الموجات الفوق صوتية من المجس والصدى الراجع تستلم من مجس اخر (يمكن ان يكون المجسان في حافظة واحدة كما سنلاحظ لاحقاً) والتغير في التردد (Δf) بسبب حركة العضو المستهدف او جريان الدم في الاوعية تكشف وتسجل. ويمكن ايضا حساب معدل سرعة حركة العضو كدالة للزمن. يستخدم هذا النمط في قياسات جريان الدم في الاوعية الدموية او سماع نبضات الجنين. والشكل (2-12) يوضح الاشارة النبضية المستمرة لهذا النوع من الموجات الفوق صوتية.




**الشكل 2-12 موجة نمط دوبلر المستمر**

## 2-6-3 نمط دوبلر النبضي (Pulsed Doppler)

كما في النمط النبضي فان المجس يرسل نبضات قصيرة ومتتابعة من الطاقة الفوق صوتية والصدى الراجع من العضو المستهدف يستلم من نفس المجس لقياس التغيير في التردد (باستخدام تقنية دوبلر) بسبب حركة الحدود الفاصلة للعضو عند انعكاس الموجات منها لكي تحدد سرع هذه الحدود وعادة ما تستخدم تردد بحدود (3MHz) ترسل بمعدل نبضي (4kHz-12kHz). والنوع المحسن من هذا النمط يقيس سرعة جريان الدم لدالة الزمن وكذلك لدالة المسافة.

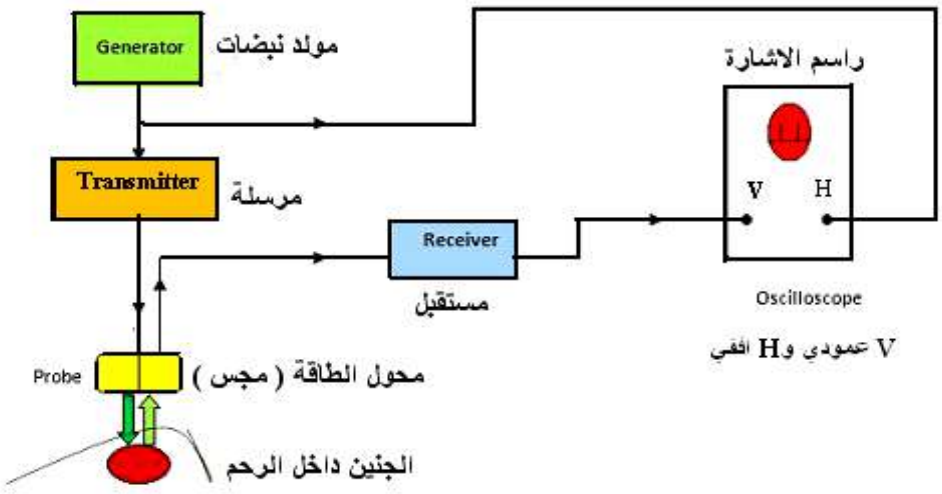
## 2-7 التصوير بواسطة الأمواج الفوق صوتية (Ultrasonic Imaging)

اهم استخدامات الأمواج الفوق صوتية هي الحصول على معلومات وصور للأعضاء الداخلية لجسم الإنسان ويمكن ان تكون ببعد واحد اي منحنى او صورة ببعدين او ثلاثة أبعاد ويمكن ان تكون للقلب أو الأحشاء الداخلية او الكلية او الكبد او الدماغ أو الأورام بدون التعرض لأي ضرر مثلما تفعل الاشعة السينية او القسطرة او التداخل الجراحي لذا تعتبر الموجات الفوق صوتية غير مضرة او غازية للجسم (Non invasion) بالرغم من الكم الهائل من المعلومات والتفاصيل الدقيقة التي نحصل عليها مثل حالة العضو او حجمه او موقعه بالإضافة الى حركته وأدناه أنواع عرض الصور الفوق صوتية بمختلف انواعها والاكثر استخداما صور للجنين بمراحل الحمل المختلفة وبدون ان يتعرض الجسم او العضو المستهدف او المشغل للاذى.

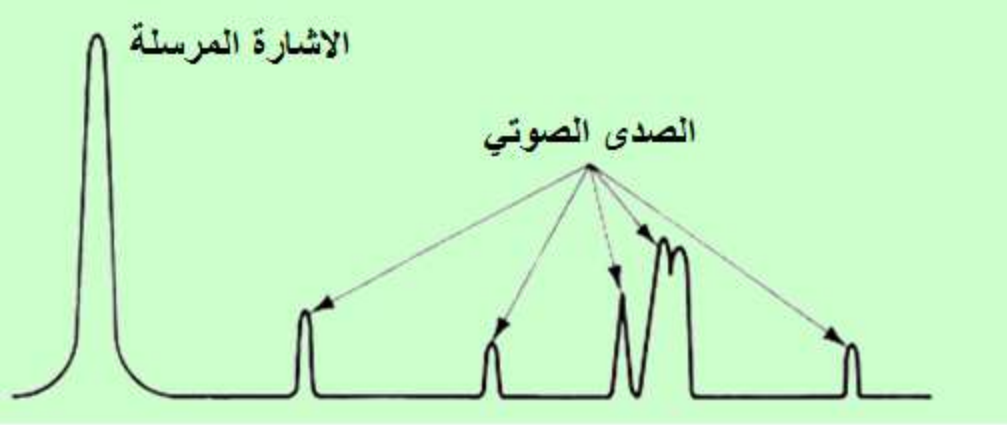
## 2-7-1 عرض صوره لمسح (A) (A-Scan Display)

وهو ابسط انواع عرض الصور المستخدم في التصوير الفوق صوتي ويسمى ايضاً آحادي البعد, حيث تستخدم موجات فوق صوتية نبضية يولدها مولد النبضات (Pulse Generator) لتحفز المرسلة (Transmitter) الحاوية على المذبذب الكهربائي (Oscillator) لارسال نبضات الى بلورة المجس لتوليد الموجات الفوق صوتية وبنفس الوقت ترسل النبضات الى الاوسلوسكوب لإطلاق المسح الأفقي لراسم

الإشـارة والشـكل (2-13) يوضـح المخطط الكتلوي لأجزاء هذا المسـح. ترسـل بلورة المجس بعد تحفيزها امواج فوق صوتية بنفس تردد المرسلة لتنعكس بعدها كصدى صوتي من العضو المستهدف أو الجنين الى نفس البلورة لتتحول الى اشـــارة متناوبة ومن خلال المســـتقبلة تكيف وتوصـــل الى دخل دائرة الانحراف العمودي للاوسلوسكوب لتوليد اشارة ذات بعد واحد كما موضح بالشكل (2-14) لذا يسمى ايضا نوع السعة (Amplitude) حيث تظهرالسعة كدالة للمسافة والتي تمثل عمق الجنين او بعده من المجس.




**الشكل 2-13 مخطط لاجزاء المسح الصوري للنوع (A)**

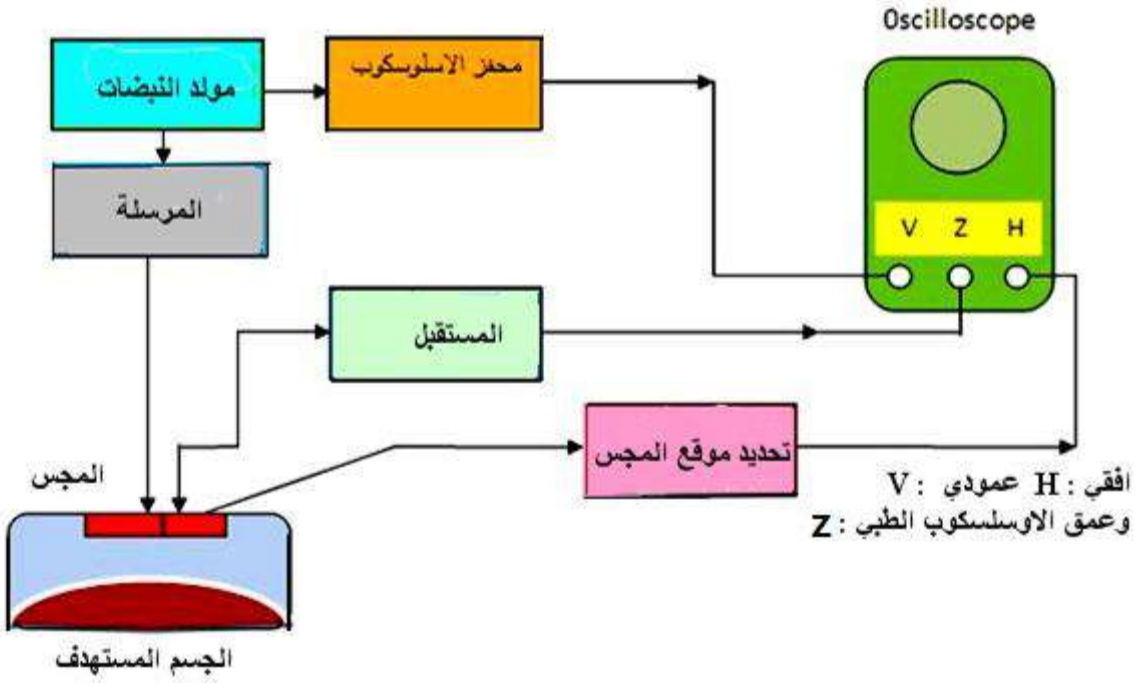



**الشكل 2-14 الاشارة المرسلة واشارات الصدى المستلمة التي تظهر على شاشة راسم الاشارة**

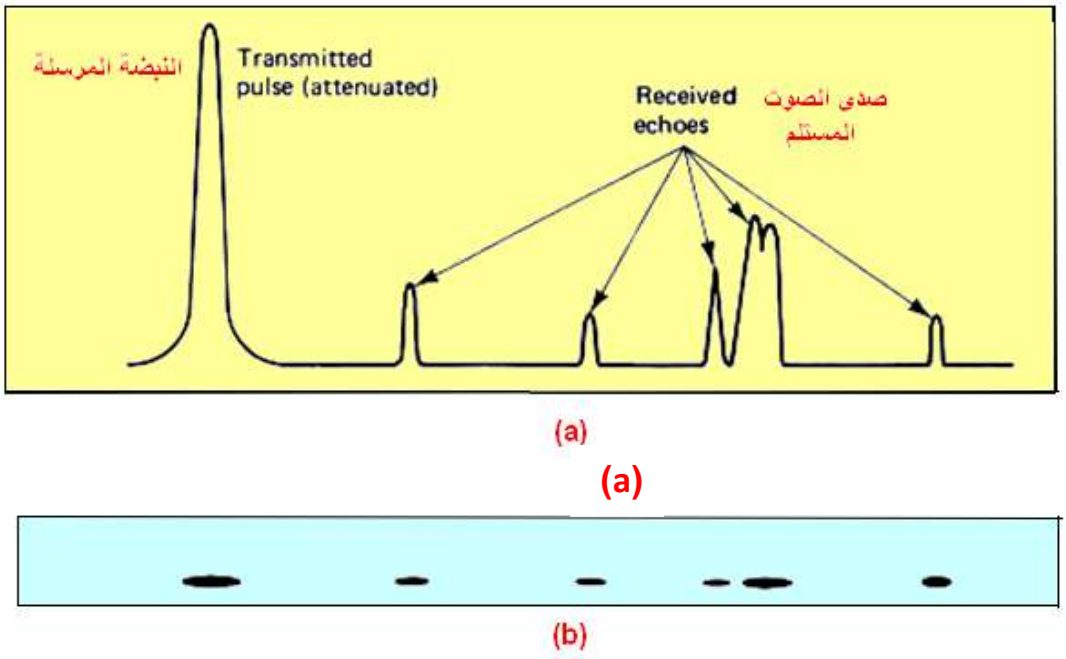
## 2-7-2 عرض صوره لمسح (B) (B-Scan Display)

في هذا النوع تظهر الصـورة ببعدين على شـاشـة العرض (Monitor) او شـاشـة الاوسليسكوب والشكل (2-15) يوضح بمخطط كتلي مراحل عرض صورة نـوع (B) حيث مـــــــولد النبضـــــــات (Pulse Generator) يحفز كلا من الانحراف العمودي للاوســـلوســـكوب وفي نفس الوقـت يحفز المرســـلـة (Transmitter) لتوليـد الموجـات الفوق صـــوتيـة من خلال البلورة الموجودة في محول الطـاقـة والمجس (Probe) مركب على ذراع ميكانيكي يعطي مواقع المسح المثبتة سلفا والذي يولد اشارة كهربائية للانحراف الافقي للاوسلوسكوب, علما بان المستقبلة (Receiver) تستلم اشـارة الموجات المنعكسة والمسماة الصدى الصـوتي من البلورة بعد ان تتحول الى اشـارة كهربائية لتضـمين سطوع (Brightness) الاوسلوسكوب اي

ان موقع العضو المستهدف او حدوده تظهر على الشاشة كسطوع مختلف الشدة وثنائي البعد اعتمادا على قيمة الصدى الصوتي لتكون الاضاءة من الابيض ذات القيم او الاشارة المنعكسة العالية والى الاسود لحدود العضو قليلة الممانعة الصوتية مثل الانسجة الرخوة اي تتدرج شدة السطوع حسب ممانعة طبقات العضو المستهدف من الاسود ذات الاشارة الضعيفة ثم الرمادي مختلف الشدة والى الابيض للاشارات المنعكسة القوية لتمثل صورة ساكنة بالابيض والاسود اي يمكن اعتبار نوع (B) صورة ناتجة من تحويل قمم نوع (A) الى نقاط مختلفة الشدة. والشكل (2-16) يوضح العلاقة بين النوعين لشكل الصورة التي تظهر على شاشة الاوسلوسكوب. حيث (a) القمم التي تظهر في النوع الاول و(b) النقاط المختلفة الشدة المناظرة التي تظهر على الشاشة, ويمكن ان يكرر المسح بواسطة المجس بحركة دائرية وخطية اليا لحوالي (30) مرة في الثانية لنحصل على صورة متحركة او الحصول على مقطع مستعرض للعضو ويقوم الحاسوب الالي بربط المقاطع للحصول على صورة فوتغرافية,وعندما يكون تردد تعاقب الصور اكثر من (48) صورة بالثانية تتكون صورة حقيقية للعضو تحوي على ادق التفاصيل ويستخدم في مراقبة حركة قلب المريض او حركات الجنين في رحم الام والشكل (2-17) يوضح هذا النوع علما بان هذا النوع يسمى احيانا (B-Complex) او النوع حركه مع الزمن (M-T) كما سندرسه في النوع التالي من المسح التصويري.



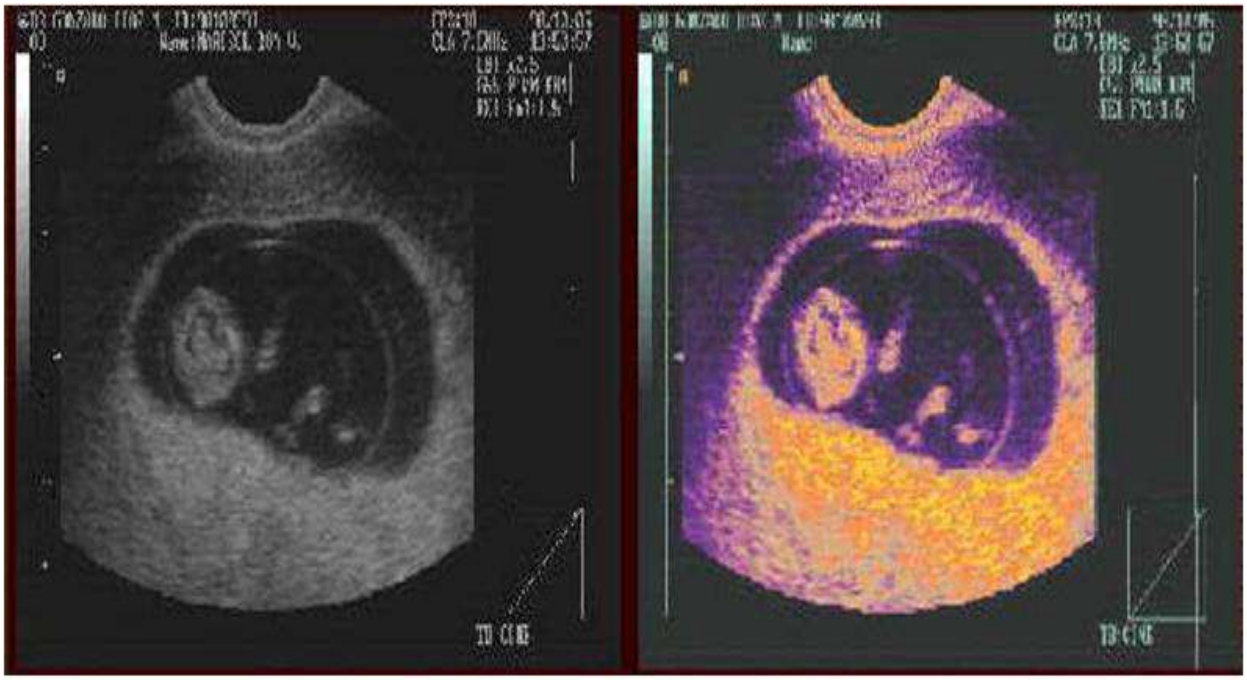

**الشكل 2-15 مخطط لعرض صورة نوع (B)**




**الشكل 2-16صور عرض شاشة الاوسيليسكوب للنوعين**

**أ- عرض للنوع (A) الشكل العلوي**

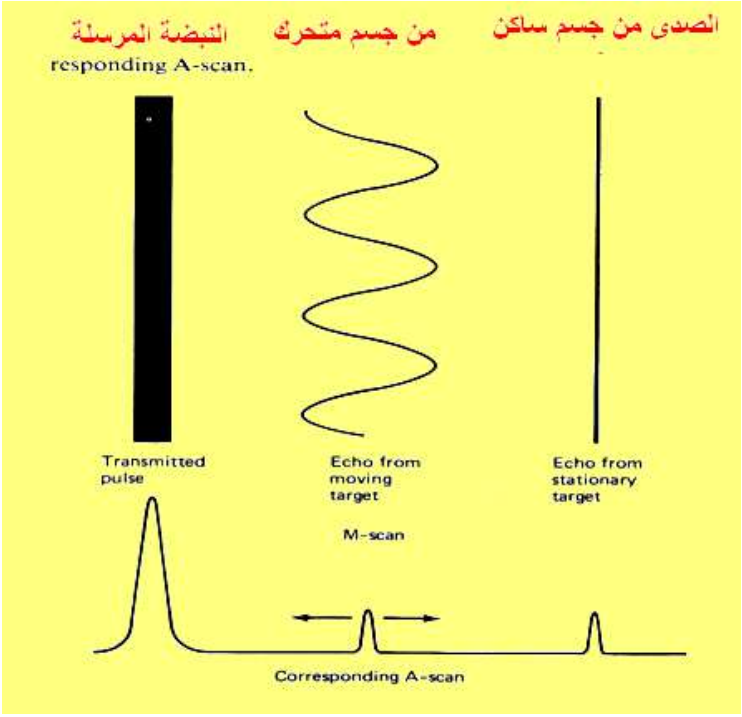
**ب - عرض للنوع (B) والشكل السفلي.**



**الشكل 2-17 صوره لجنين بالابيض والاسود لون العظام ابيض والسوائل كمناطق سوداء و الكتل مختلفة الكثافة تظهر بالالون الرمادي ونفس الصورة يمكن تلوينها بالحاسوب على اليمين.**

## 3-7-2 عرض صورة لمسح نوع (حركة - زمن)Time-Motion Scan Display(M-T)

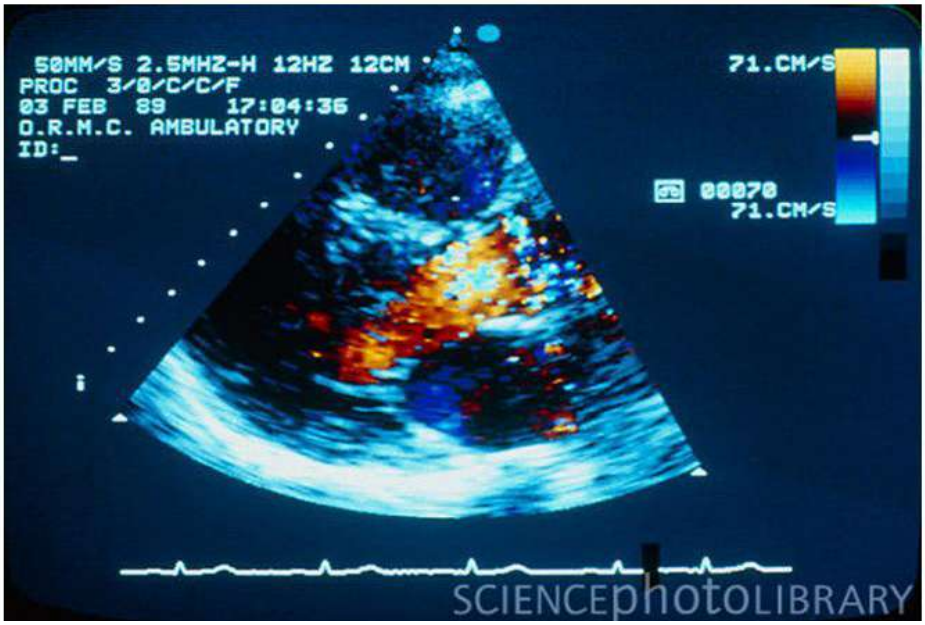
في هذا النوع من التصوير فوق صوتي والذي يسمى نوع (حركة – زمن) ويعتبر تطوير للنوع (B) وتعرض الصورة النهائية اما على ورق بياني او شاشة عرض تلفزيونية ومن خلال الصورة يمكن دراسة حركة العضو المستهدف مثل حركة صمامات او جدران القلب او حركة الجنين في رحم الام لمختلف مراحل النمو. كما في طريقة المسح (A) فان نبضة كهربائية تحفز بلورة المجس وفي نفس الوقت ترسل نفس النبضة لتوليد او تحفيز اشارة الاوسلوسكوب الافقية (Sweep) والصدى الراجع للأمواج فوق الصوتية من خلال المجس تزيد من سطوع الشاشة بدلا من السيطرة على الانحراف العمودي للاوسلوسكوب كما في (A) اي ان الصدى المنعكس للموجات هو الوحيد الذي يتناسب مع شدة اضاءة الشاشة حيث تتكون صورة من عدد هائل من النقاط تبدأ باللون الأسود مرورا بالرمادي مختلف الشدة وصولا للون الابيض فتتكون صورة فوتغرافية للعضو بالابيض والاسود ولان هذه النقاط المختلفة الشدة بدلالة الزمن فيمكن ملاحظة حركة الاجسام اما اذا كان الهدف ثابتا سيكون أثره خط مستقيم والجسم المتحرك يكون أثره متحركا مع الزمن والشكل (2-18) يوضح اثر الانواع الثلاثة للمسح الصوري علما بان هذه الاجهزة تحوي على تعويض لاشارات الصدى الراجع وللاعماق المختلفة البعد عن السطح الخارجي (المجس) لزيادة الكسب او للتعويض عن التوهين الذي تلاقيه الموجة في اثناء مرورها بانسجة الجسم المختلفة لنتمكن من عرضها على الشاشة ويمكن للصدى المنعكس عن الاجسام المتحركة ان يرسم بدلالة الزمن لتكون منحنى زمن- حركة.




**الشكل 2-18 الاثر الذي تخلفه الانواع الثلاثة للتصوير فوق الصوتي للانواع الثلاثة**

والشكل (2-19) يوضح صورة للقلب باستخدام الصدى الصوتي والذي يمكن من خلالها تشخيص امراض القلب المختلفة وللحصول على النقاط الكثيرة المختلفة لشدة الاضاءة التي يحتاجها لتكوين صورة فان المجس

الواحد يحوي على المئات من البلورات التي ترسل الموجات الفوق صوتية بالتعاقب وتتسلم الصدى الصوتي بالتعاقب.




**الشكل 2-19 صورة لقلب طبيعي باستخدام الاموج فوق الصوتية نوع (M-T)**

## 8-2 الأجزاء الاساسية لأجهزة التصوير الفوق صوتي (Components System )

الشكل(2-20) يوضح صوره لاحد اجهزة التصوير الفوق صوتي الحديث بجميع عناصره وأجزائه

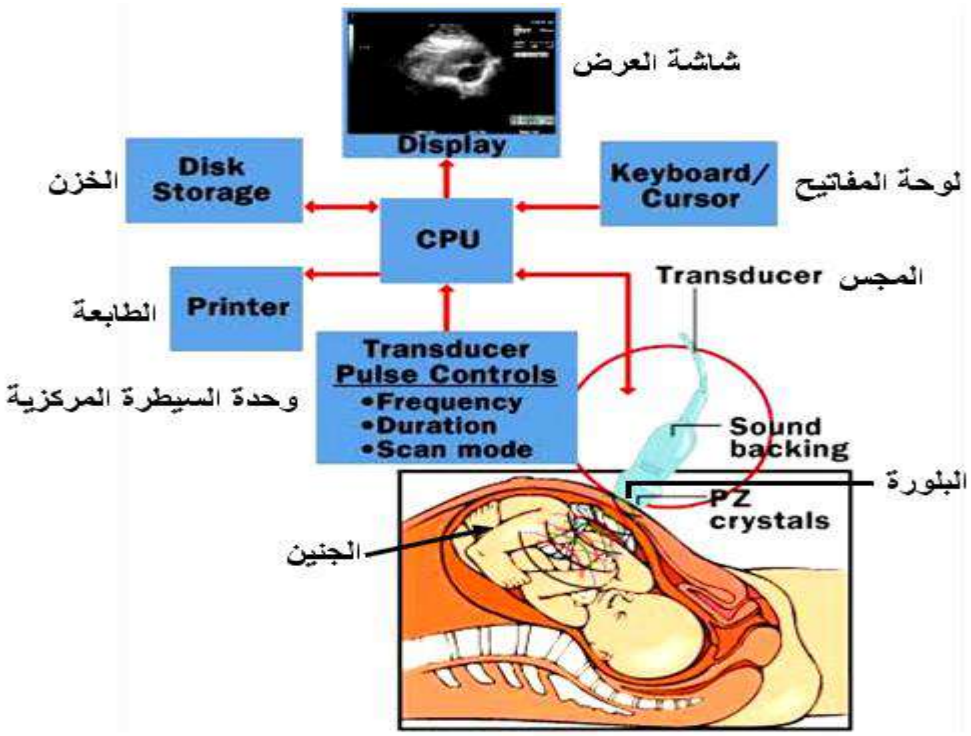


**الشكل 2-20 صورة فوتوغرافيه لأحد أجهزة التصوير الفوق صوتي يعمل بجميع أجزائه**

ويمكن باختصار تحديد الأجزاء الرئيسة المهمة في أجهزة التصوير فوق الصوتي والمعتمدة على إرسال موجات فوق صوتية للعضو أو الجسم المستهدف ثم تسلم صدى الموجات المنعكسة والحاوية على معلومات وافية عن حركة وحدود العضو ثم تكبيرها وتكيفها وتحليلها بواسطة الأجهزة الالكترونية المعقدة ثم تغذيتها الى الحاسوب الآلي لتتحول الى صورة ملونه لعرضها على الشاشة أو خزنها واستخلاص المعلومات التي

يحتاجها الطبيب بمساعدة الكومبيوتر لمعرفة الحالة الصحية والفسلجية للعضو أو الجسم المستهدف لذا نلخص أجزاء النظام التصويري الحديث كما موضح بالشكل (2-21) الذي يبين صورة حقيقية للجنين وكما يلي:

1- ***المجس (Probe):*** الحاوي على البلورة (Crystal) التي تحول الطاقة الكهربائية الى صوتية وارسالها الى الجنين او العضو بعد اختراقها الجلد بمساعدة الهلام الخاص (Jelly) ثم اختراق طبقات الجسم وصولا للجنين حيث الموجات الفوق صوتية تكون على شكل حزمة صوتية ترددها حسب الاستخدام لترتد كصدى صوتي من الجنين لتصطدم بالمجس ثانية فتتحول الى اشارة كهربائية تحوي معلومات وافيه عن الجنين من حيث العمر والجنس والعدد والحالة الفسلجية الى وحدة المعالجة الرئيسة (Contral Processing Unit) وتختصر (CPU) علما بان المجس واجزائه الداخلية والغلاف الخارجي مع توصيلاته يسمى محول الطاقة (Transducer) كما موضح في الشكل (2-21) ويعتبر المجس نقطة اتصال الجهاز بالانسان.




**الشكل 2-21 مخطط لاجزاء جهاز التصوير الفوق صوتي الحديث مع مخطط للجنين داخل الرحم**

2- ***وحدة المعالجة الرئيسة (CPU):*** وهي عباره عن الحاسوب الآلي الذي يرتبط ويتحكم بجميع الاجزاء الاخرى اي العقل والقلب النابض للجهاز واهم المهام هي اختيار التردد والمدة الزمنية بين النبضات ونوع المسح الصوري (Frequency-Duration-Scan Mode) بالإضافة الى التغذية المرتدة لكافة وحدات الجهاز الاخرى مثل المكبرات والمرشحات وتكييف الاشارات المختلفة.

3- ***لوحة المفاتيح/المؤشر (Keyboard/Cursor):*** وهي ادوات السيطرة التي يستخدمها الطبيب او فني الاجهزة الطبية للسيطرة عن طريق وحدة التحكم في فعاليات وقياسات ومواقع ونوع التصوير والوانه

وخزن النتائج او عرضها على الشاشة وتحريك وتكبير الصورة او اجزائها وخزن الصورة وطبعها من خلال ملاحظة شاشة العرض.

**4- شاشة العرض (Display):** وهي الشاشة التي تعرض عليها الصور والبيانات والقياسات المختلفة تكتب على حافات الشاشة مثل عمر الجنين حجمه وجنسه وإبعاده ويمكن ان تكون بالابيض والاسود او بالالوان او ان تكون شاشة عرض كما في الحاسوب نوع (LCD) او(LED) او(CRT).

**5- وحدة التخزين (Disc Storage):** ومرتبطة مباشرة بوحدة التحكم وتستخدم لخزن جميع المعلومات والصور كما في اجهزة الحاسب المحمول ويمكن ان تحفظ على اقراص مرنه او صلبة او اي نوع اخر (DVD-CD-Hard or Floppy Discs) وتستخدم كأرشيف عند الحاجة.

**6- الطابعة (Printer):** وتستخدم لطباعة المعلومات والصور التي يحتاجها الطبيب للتشخيص وعادة ما تكون من النوع الحراري بالأبيض والاسود او بالالوان.لقد درسنا في المواضيع السابقة نوع التصوير الأحادي البعد والثنائي البعد بالاضافة الى اجهزة التصوير فوق صوتي (Ultrasonography) التي يطلق عليها خطا السونار (Sonar) وثلاثية الابعاد وباستخدام التقنيات الحديثة يمكن الحصول على الصور المجسمة (3D) وعند اضافة البعد الرابع وهو الزمن نحصل على صور رباعية الابعاد (4D) والتي يمكن تدويرها وتقليبها لمختلف الجهات لملاحظة حركة الجنين وادق تفاصيل أجزائه والشكل (2-22) يوضح صوره مجسمه ثلاثية الابعاد لراس ويد جنين داخل الرحم.

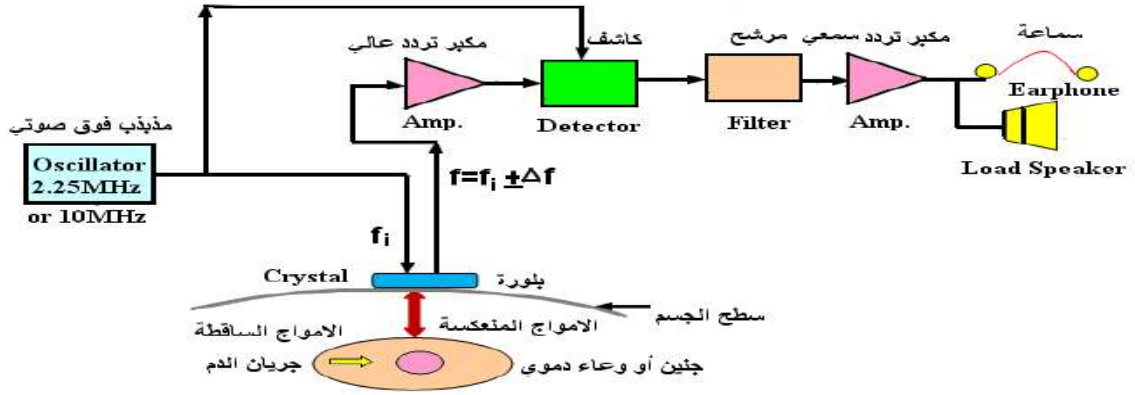


**الشكل 2-22 صورة ثلاثية الابعاد مجسمة لرأس ويد جنين غير مكتمل النمو داخل الرحم**

## 9-2 الأجهزة الفوق صوتية المختبرية

### 1-9-2 جهاز الصدى الصوتي (Echo Sounder)

أ- المخطط الكتلوي العام للجهاز: قبل دراسة المخطط الكتلوي والدوائر الالكترونية لجهاز سماع نبض الجنين المختبري نبدأ بشرح عام ومخطط كتلي لجميع انواع الاجهزة التي تستخدم لسماع نبض الجنين او سماع صوت جريان الدم في الاوعية الدموية لمعرفة حالتها الفسلجية. يستخدم الجهاز تقنية الامواج فوق الصوتية احادي البعد نمط (A) وهو ابسط الانواع عملا واستخداما. يشتغل الجهاز بتردد فوق صوتي قيمته (2.25MHz) باستخدام مذبذب كهربائي بلوري (Oscillator) ويمكن استخدام الجهاز لسماع صوت جريان الدم في الاوردة والشرايين اذا استخدم مذبذب بتردد (10MHz) بدلا من تردد (2.25MHz). الشكل (2-23) يوضح المخطط الكتلي لجهاز الصدى الصوتي الذي يستخدم لسماع نبض الجنين وجريان الدم ومبدأ عمله الاتي:




**الشكل 2-23 يوضح المخطط الكتلوي لجهازالصدى الصوتي(Echo sounder)**

1- يقوم المذبذب البلوري (Oscillator) بأرسال اشارة كهربائية بتردد (2.25MHz) الى الكاشف (Detector) والى بلورة المجس (Crystal) بنفس الوقت فتتحول الى موجات فوق صوتية بنفس التردد.

2- ترسل الموجات فوق الصوتية بتردد ($f_i$) من خلال المجس مخترقة الجلد والطبقة الخارجية الى الجنين فتنعكس بتردد ($f_i \pm \Delta f$) كصدى صوتي بسبب حركة قلب الجنين وحسب تأثير دوبلر الذي سبق ودرسته.

3- يقوم مكبر التردد العالي بتكبيرسعة صدى الصوت بسبب الاشارة الضعيفة المستلمة ثم ارسالها الى الكاشف يقوم الكاشف بالكشف عن الموجة ($\pm \Delta f$) الحاوية على صوت تردد نبض قلب الجنين وذلك بطرح قيمتي الترددين المرسل والمنعكس وتكون قيمة الاختلاف بين التردد الساقط والمنعكس ضمن المدى المسموع (عدة مئات من الهيرتز) لترسل الى المرشح (Filter).

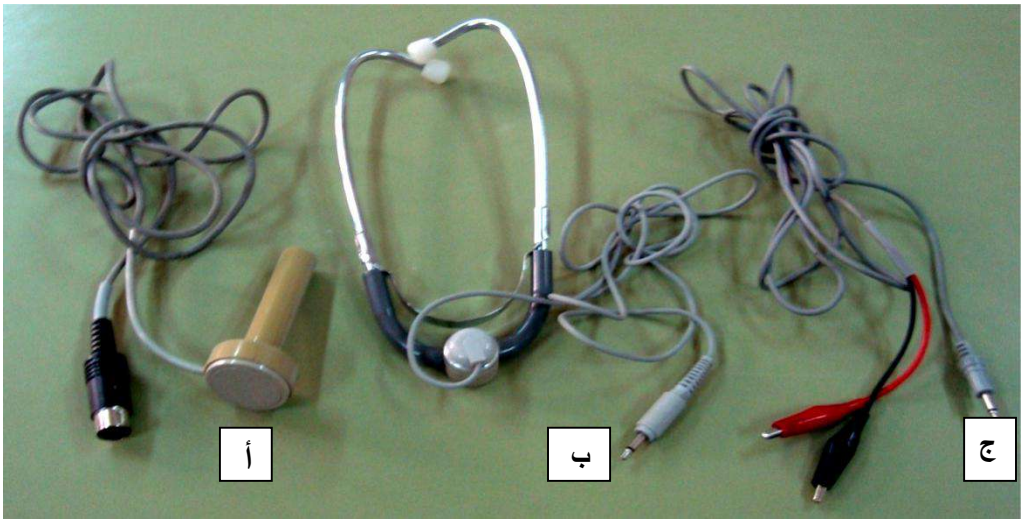
4- يقوم المرشح بالتخلص من الترددات غير المرغوب بها بسبب الاصوات المصاحبة من قلب الام او صوت حركة اعضاء الجسم الاخرى لتكبر بعدها بمكبر راديوي(مكبر ترددات واطئة) لنتمكن من سماع نبضات الجنين بواسطة المجهر(Load Speaker) او من خلال سماعة الاذن(Ear Phone) وبالتالي معرفة حالة الجنين الصحية او حالة الشريان فعدم سماع صوت جريان الدم يعني انسداد كلي للشريان والجزئي وجود تضيق (تصلب) بدرجاته المختلفة التي يحدده الطبيب.

والشكل (2-24) صورة لاحد انواع الاجهزة المشابه بعناصرها الداخلية والمختلفة جزئيا بالشكل الخارجي حسب الشركة المصنعة وحداثة الصنع. لاحظ غطاء الجهاز من الاعلى لوضع ملحقات الجهاز داخلها ثم أغلقه ونلاحظ على الواجهة مقياس البطارية (Battry) ومفتاح الاختيار(110V-220V) ومفتاح تشغيل الجهاز وزيادة الصوت
(Off-Charge) ومفتاح المرشح لتحسين الصوت (Filter) بالاضافة الى ثلاثة اماكن مهمة لتثبيت ملحقات الجهاز وهي المجس (Prope) وسلك توصيل المسجل (Recorde) والسماعة (Phone).




**الشكل 2-24 صورة فوتغرافية لاحد اجهزة الصدى الصوتي لسماع صوت قلب الجنين**

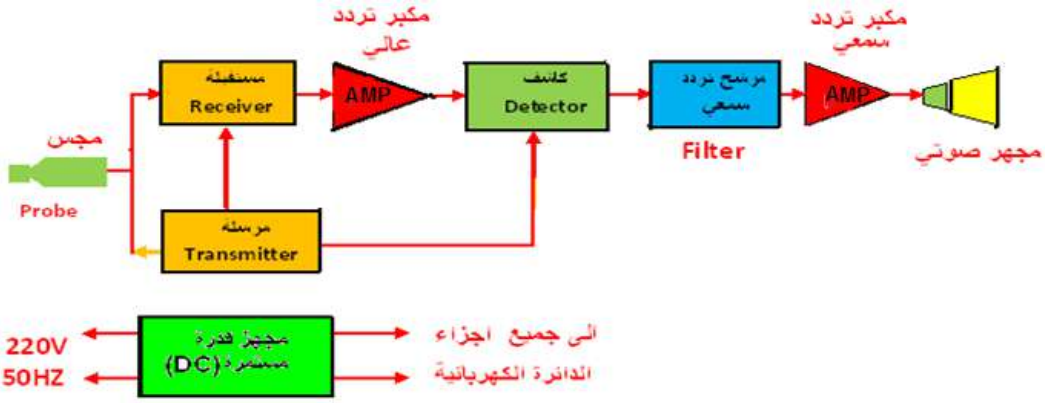
الشكل(2-25- أ- ب-ج) صورة لهذه الاجزاء الثلاثة وهي (أ) المجس و(ب) السماعة و(ج) اسلاك توصيل المسجل الصوتي حسب التسلسل.




**الشكل 2-25 ملحقـــات جهـــاز الصـــدى الصوتي أ- المجـــس مع فيشة التوصيـــل ب-السمـــاعة ج- اسلاك توصيل المسجل**

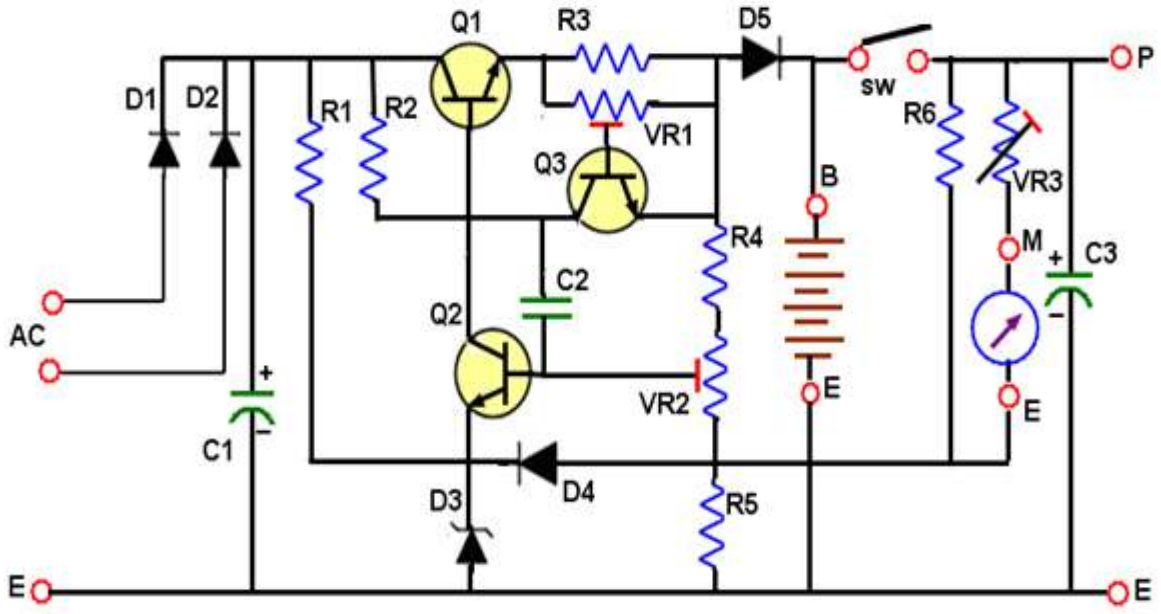
والشكل (2-26) يوضح المخطط الكتلوي لجهاز سماع نبض الجنين المختبري وهو مشابه للمخطط العام في الشكل (2-23) ويعمل بنفس المبدأ ويتكون من الوحدات التالية :

1- وحدة القـــدرة (Power Unit), 2- المجس (Probe), 3- وحـــــدة التـــرددات العـــالية ( High Frequency Unit), وتشمل المرسله للموجات فوق الصوتية (Transmitter) والمستقبلة للموجات (Receiver) بالاضافة الى مكبر الترددات العالية (Amplifier) والكاشف. 4- وحدة الترددات الواطئة (Low Frequency Unit) اي الـــتردد السمـعي وتشمل المرشح السمـــعي (Filter) والمكبر السمعي (Amp.) الذي يرتبط بالمجهر الصوتي او السماعة واخيرا الكاشف (Detector) الذي يربط بين وحدة الترددات العالية والواطئة ومهمته الكشف عن صوت نبض الجنين كما تم شرحه. وسنشرح بأختصار الدوائرالالكترونيةلاهم الوحدات .



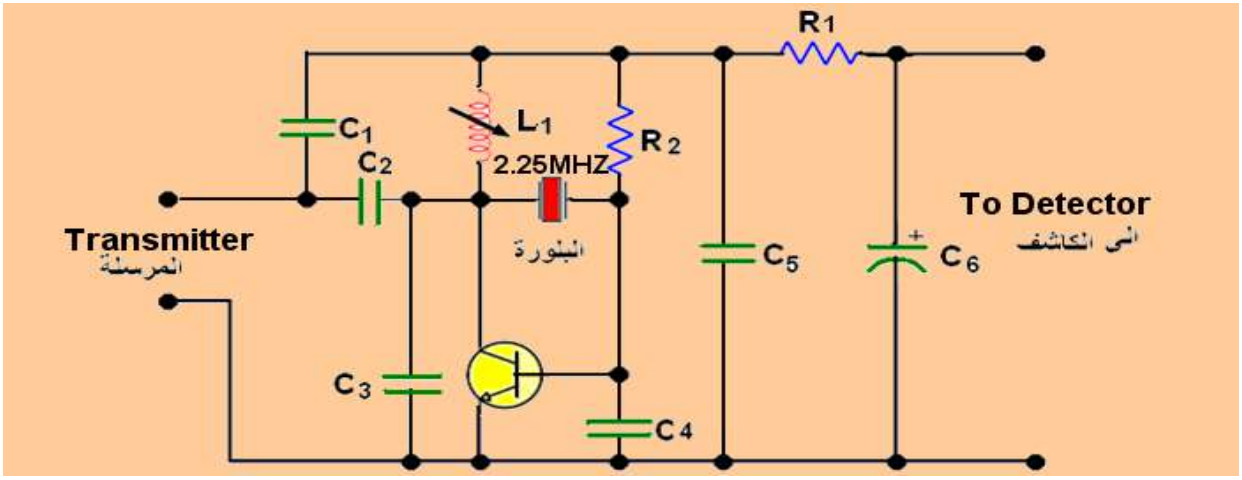

**الشكل 2-26 المخطط الكتلوي لجهاز نبض الجنين المختبري (Echo sounder)**

1. وحدة القدرة المستمرة (Power Supply Unit) التي تتكون كما في جميع الاجهزة من مجهز القدرة المتناوبة (220V-50Hz) مع مصهر (Fuse) لحماية الدائرة ثم مفتاح تحويل الفولتية (110V/220V) والى المحولة الخافضة لنحصل بعدها على الدائرة الموضحة بالشكل (2-27) وقد حذف منها المصدر الرئيسي والمحول الخافظة لتبسيط الدائرة حيث تبدأ من خرج المحولة الخافضة (AC) فدائرة التقويم المتكونة من الدايودين ($D_1$ و$D_2$) ليتحول الى فولتية مستمرة (DC) التي ترشح من المتسعة ($C_1$) الموضحة بالشكل (2-27) لتدخل دائرة منظم الفولتية المتكون من اثنين من الترانزستورات ($Q_1$) و($Q_3$) اما الترانزستور ($Q_2$) المرتبط به الزنر دايود عن طريق الباعث فهو للسيطرة على التنظيم الدقيق للفولتية حيث تتحكم بفولتية القاعدة كفولتيه مرتده لكي تحافظ على خرج مستمر ثابت لتغذية الدائرة ولشحن البطارية المؤشرة بالنقطتين (B وE) اما دايود العزل ($D_3$) فلمنع فولتية البطارية عند الاستخدام من الرجوع الى المنظم والمحولة اما المفتاح (SW) فيستخدم لقطع اوتوصيل الفولتية المستمرة الى مقياس الفولتية المؤشر بالنقطتين (M وE) ثم لبقية اجزاء الدائرة الالكترونية من خلال المتسعة ($C_3$).

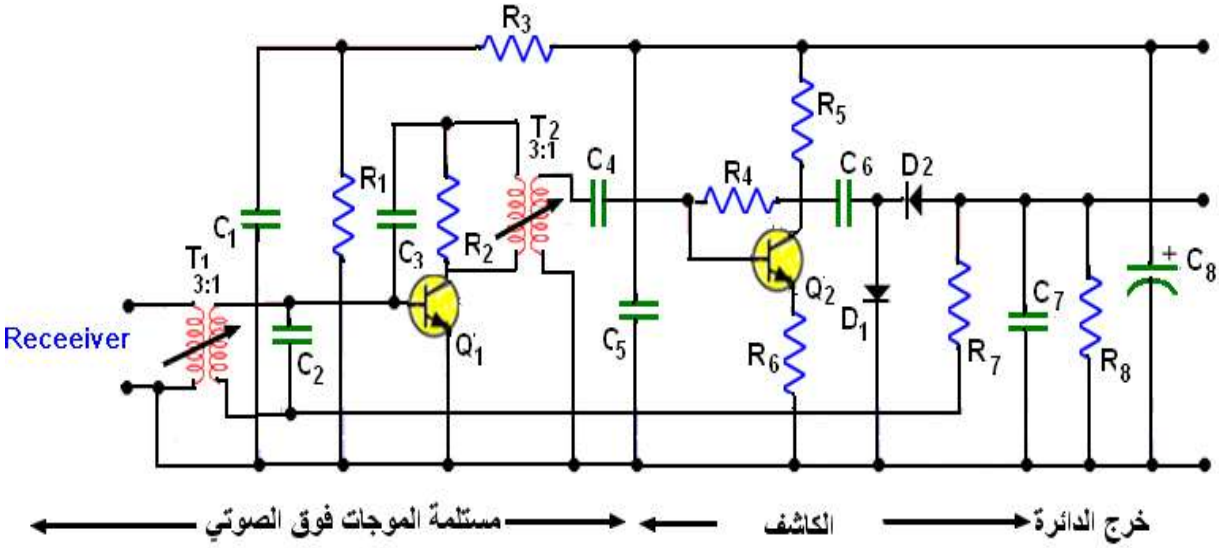



**الشكل 2-27 الدائرة الالكترونية لمجهز قدرة جهاز نبض الجنين (Echo sounder)**

2. وحدة الترددات العالية (H.F Unit) وتتكون من دائرة المرسلة (Transmitter) وهو عبارة عن مذبذب بلوري مع عناصر الدائرة الاخرى الموضحة بالشكل (2-28) لتوليد الموجات الكهربائية بتردد (2.25MHz) وتنظيمها من خلال الملف ($L_1$) لترسل الى بلورة المجس(Probe) وفي نفس الوقت الى الكاشف (Detector) لتتحول الى موجات فوق صوتية بنفس التردد ثم الى قلب الجنين لتنعكس كصدى صوتي وتستلم من قبل دائرة المستقبلة (Transmitter) كموجات فوق صوتية محملة بنبضات الجنين وحسب تاثير دوبلر الذي درسناه فتدخل الى دائرة الكاشف (Detector) لنحصل على الفرق بين ترددي المرسلة والمستقبلة وقيمته ($\pm\Delta f$) وهو موجات صوتية ذات تردد واطئ والشكل (2-28) يوضح الدائرة الالكترونية لوحدة المستقبلة والكاشف والتي منها بعد ان تتحول الى موجات سمعية لترشح و تكبر لسماعها عن طريق السماعة الطبية او مباشرة من خلال المجهر الصوتي.




**الشكل 2- 28 الدائرة الالكترونية لمرسلة الموجات فوق الصوتية لجهاز الصدى الصوتي**




**الشكل 2-29 الدائرة الالكترونية لمستقبلة وكاشف جهاز الصدى الصوتي**

3. وحدة الترددات الواطئة (L.F Unit) وهو تردد سمعي حامل لصوت نبضات الجنين يدخل الى المرشح للتخلص من الضوضاء ثم يكبر بمكبر سمعي ليخرج من المجهارالصوتي (Speaker) اوالسماعة الطبية (Ear phone) او لتسجيلها كما ذكرنا سابقا والدائرة الالكترونية مشابه لدوائر الراديو ترانزستور وسندرس جميع دوائر جهاز نبض الجنين بالتفصيل في التدريب العملي.

## 2-9-2 جهاز مراقبة الولادة (Delivery Monitor)

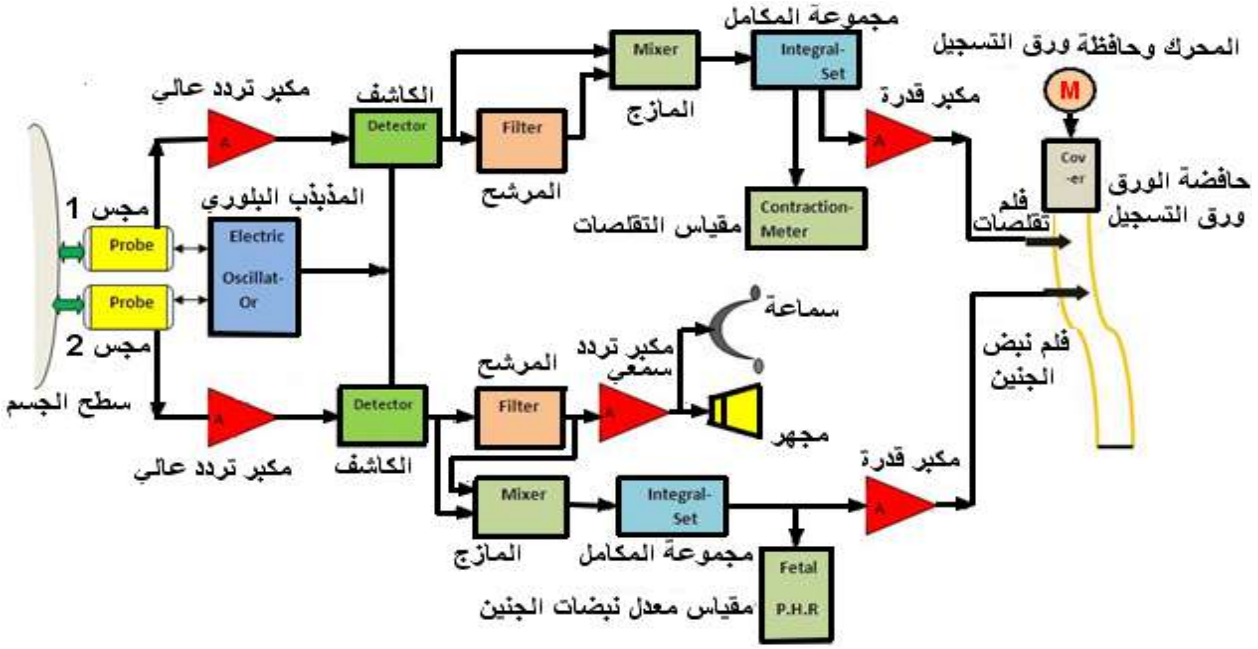
أ- المخطط الكتلوي للجهاز:

يستخدم جهاز مراقبة الولادة بكثره في المستشفيات والمؤسسات الصحية وخاصة في اثناء الولادة لمراقبة الام والجنين في آن واحد ويستخدم الجهاز تقنية الموجات فوق الصوتية بتردد (2.3MHz) وبنمط دوبلر ويشابه في قسم من استخدامه جهاز سماع نبضات الجنين أو سماع صوت جريان الدم ولكنه اكثر تعقيدا حيث نستطيع بواسطته تسجيل ومشاهدة معدل نبضات الجنين وتقلصات رحم إلام والشكل (2-29) يوضح المخطط الكتلوي لجهاز مراقبة الولادة والذي يتكون من الاجزاء التالية:

1. اثنان من المجسات اللذان يعملان على نفس مبدأ نبضات الجنين الذي درسناه الأول مجس (1) يستخدم لملاحظة تقلصات رحم الام والثاني لمراقبة معدل نبضات الجنين لاحظ المخطط.
2. مذبذب بلوري واحد (Crystal Oscillator) بتردد (2.3MHz) لتوليد الاشارة الكهربائية لتغذية كلا المجسين لتوليد الموجات فوق الصوتية بنفس التردد حسب التأثير الكهروضغطي (Piezoelectric-effect) ويغذي ايضا الكاشف (Detector) ليكشف عن الاختلاف في ترددي الإرسال واستقبال الموجات فوق الصوتية.
3. مكبر الترددات العالية (A) الذي يكبر سعة الموجات فوق الصوتية ويرسلها الى الكاشف ايضا.
4. الكاشف (Detector) عدد(2) يقوم بطرح كلا الترددين اللذين ذكرا أعلاه للحصول على الموجة السمعية
5. المرشح (Filter) عدد(2) لازالة الضوضاء والموجات غير المرغوب بها ثم تكبيرها بمكبر راديوي لنستطيع سماعها من خلال السماعة (Speaker) أو المجهر الصوتي (Loud Speaker) لسماع نبضات الجنين كما موضح بالجزء السفلي من الشكل (2-29) ولتحويل الاشارة الصوتية الضعيفة الى اشارة مستمرة لتحريك مؤشر او تحريك قلم التأشير على ورق التسجيل لكلا المجسين نحتاج الى المازج ثم مجموعة المكامل.

6. المازج (Mixer) عدد (2) لزيادة سعة الموجة السمعية يمزج الاشارتين القادمتين قبل وبعد المرشح ثم تغذيتها الى المكامل.
7. مجموعة المكامل (Integral Set) وعادة يتكون من القادح (Trigger) الذي يطلق اويقدح الموجة السمعية ويحددها ثم يغذيها الى محدد الموجة أو النبضة الواحدة (One shoot) لتغذى الى المكامل (Integrator) لنحصل على اشارة مستمرة لتحريك مؤشر تقلصات الرحم وبنفس الطريقة وبنفس اجـــزاء الدائـــــرة لتحـــــريك مؤشر مقيـــاس معـــدل نبضـــات قلـــب الجنيـــن ( Fetal pulse Heart Rate-P.H.R).

8. مكبر القدرة (Power Amplifier) بسبب ضعف الاشارة على تحريك قلم الكتابة لذلك تغذى الاشارة من مرحلة المكامل الى مكبر القدرة لزيادة فولتية وتيار الاشارة لان تحريك قلم الكتابة يحتاج الى قدره اكبر من المؤشر.
9. أقلام الكتابة: هناك قلمان الأول يسجل تقلصات رحم الام والثاني يسجل معدل نبضات قلب الجنين على نفس ورق التسجيل القلم الأول على يمين الشريط الورقي والآخر على يساره كما موضح بالمخطط الكتلوي في الشكل (2-29).
**10.** محرك الورق (Motor) يقوم بتحريك الاسطونة (Roll) التي يغذى عليها الورق المرصوف داخل حافظة الجهاز على شكل حرف (Z) علما بان تغذية المحرك الكهربائي تأتي مباشرة من مجهز القدرة والذي ايضا يغذي جميع الدوائر الالكترونية والكهربائية كما درسناها في مجهز القدرة لجهاز الصدى الصوتي.



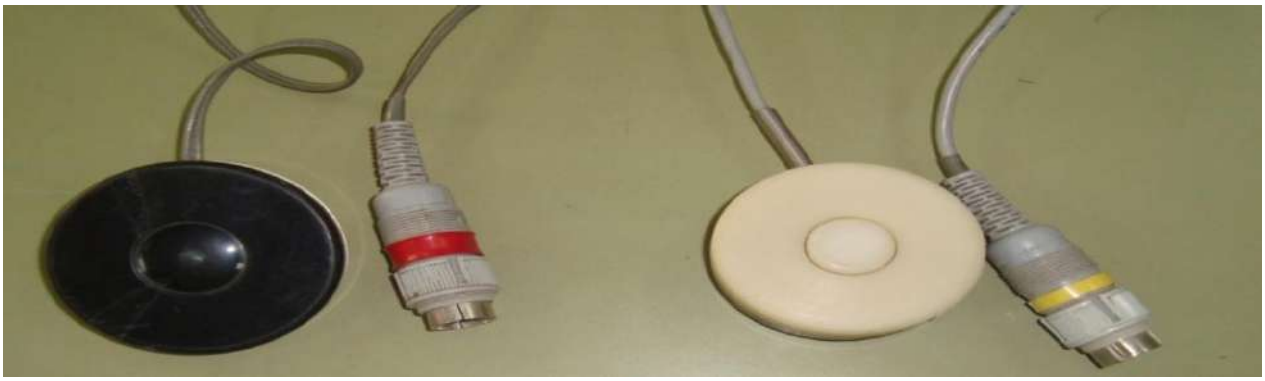

**الشكل 2-29 المخطط الكتلوي لجهاز مراقبة الولادة (Delivery Monitor)**

**ب- تنظيم جهاز مراقبة الولادة وملحقاته:**

الشكل (2-30) يوضح صورة فوتوغرافية لأحد الأنواع مع عربة النقل والشكل (2-31) يوضح الاجزاء الملحقة بالجهاز, لجهاز مراقبة الولادة اثنان من المجسات ذات الحلقة الصفراء يستخدم لتقلصات الرحم وذي الحلقة الحمراء لمعدل نبضات الجنين لكي لا يوجد مجال للخطأ عند توصيلهما في المكان المخصص على واجهة الجهاز(الفيشه).




**الشكل 2-30 صوره لأحد أنواع مراقبة الولادة مع عربة نقله وهوائي الارسال للجهاز**



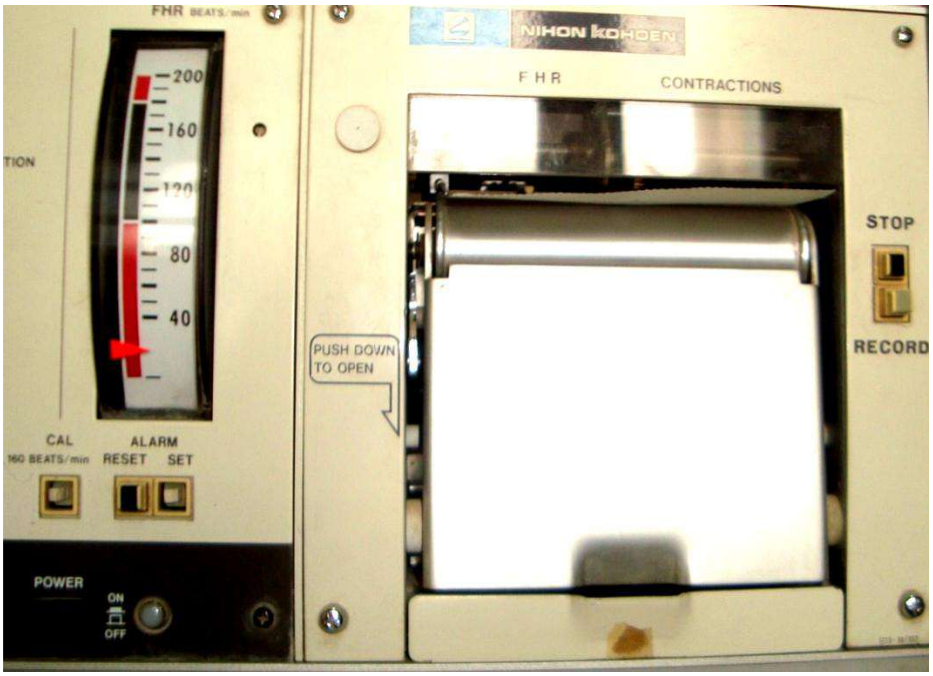
**الشكل 2-31 المجس الابيض ذي الحلقة الصفراء يستخدم للتقلصات والاسود ذو الشريط الاحمر لنبضات الجنين**

عند توصيل الجهاز بالقدرة الكهربائية نختار من مفتاح الاختيار (Input Selector) بين تسلم مخطط القلب (ECG) او استخدام الجهاز للقياسات المصمم لها وذلك بالضغط على مفتاح فوق صوتي (Ultrasound) الذي نلاحظه في الجهة العليا على يسارالشكل (2-32) تربط المجسات في موضعها على واجهة الجهاز ونزيد من مستوى مفتاح الصوت المؤشر (Heart Sound Volume) ثم نحرك مفتاح قدح نبضات الجنين (FHR Trigger Level) الى ان نسمع صوت النبضات ويشتغل بومضات مصباح الدلالة الاخضر للدلالة على مواءمة الجهاز مع نبض الجنين بعدها بواسطة مفتاح تنظيم موقع مؤشر التقلصات (Pen Position) نضع المؤشر في منتصف الفجوة لمقياس التاشير ومن نفس قاعدة المؤشر نستطيع تكبير

الاشارة (Sensitivity) عند تسجيلها على الورق وحسب الحجم عند الضغط على مفتاح التنظيم لنبضات القلب (CAL) يرتفع المؤشر الاحمرللعدد (160) واذا لا نقوم بتنظيمه بواسطة مفك صغير مخصص لذلك من الفتحة الصغيرة على يمين المقياس كما موضح بالشكل (2-33) بعدها نضغط على العتلة الموضحة بالشكل (2-33) والمؤشرة (Push To Open) بدفعها للاسفل لتحميل الورق ليكون الجهاز جاهزللعمل.

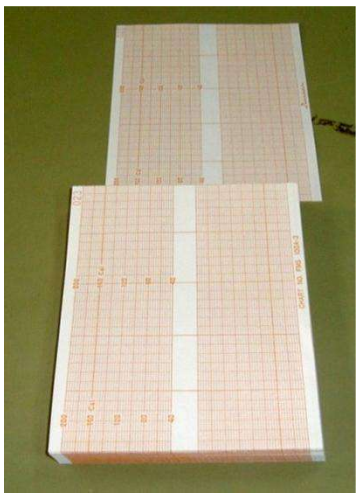



**الشكل 2-32 جزء من واجهة الجهاز التي تحتوي على اهم مفاتيح التشغيل**




**شكل 2-33 الجزء الأيمن من واجهة جهاز مراقبة الولادة ويظهر مقياس النبضات وحافظة تحميل الورق**

لتشغيل الجهاز نفتح مفتاح القدرة (Power) لوضعية الفتح للأعلى (ON) كما موضح بالشكل (2-33) بعد ان نربط مجس معدل ضربات قلب الجنين على المكان المقابل لموقع الجنين بعد وضع الهلام الخاص كما تم شرحه ووضع مجس التقلصات على المكان المقابل لرحم إلام مع الهلام ثم يثبتان بلاصق كي لايتحركا من موضعيهما ونسمع ونراقب نبضات قلب الجنين وتقلصات الرحم واذا ما احتاج الطبيب الى توثيق الحالة او دراستها نضغط على مفتاح التسجيل (Record) على يمين حافظة الورق فنسجل النبضات والتقلصات على نفس ورق التسجيل والشكل (2-34) يوضح رزمة لهذا النوع من الورق المستخدم.



**الشكل 2-34 رزمه من ورق التسجيل على شكل حرف (z) يستخدم لتسجيل كلتا الإشارتين بنفس الوقت**

## 2-10 استخدام الموجات فوق الصوتية للعلاج

فضلا عن التطبيقات العديدة والمهمة للموجات فوق الصوتية في التشخيص فإنها يوما بعد آخر أصبحت أداة مفيدة لمعالجة الكثير من الحالات المرضية منها:

1- تستخدم الموجات فوق الصوتية للعلاج الطبيعي بسبب الحرارة الناتجة من تعريض الجسم لها والشكل ( 2-35 ) يوضح جهاز يستخدم للعلاج ألموقعي مع المجس وأقطاب العلاج الموضحة باللون الأسود.

2- تستخدم للتعقيم وخاصة في مجال الأسنان.

3- حزمة من الموجات ذات الطاقة العالية تستخدم لتحطيم الخلايا السرطانية داخل الجسم والأورام داخل الدماغ.

4- تستخدم في تفتيت حصى المثانة والمرارة (الصفراء) بالإضافة الى الإسراع في شفاء الكسور في الساق او اليد.

5- تستخدم بدلا من إجراء العمليات الجراحية في أمراض العين.



**الشكل 2-35 جهاز يستخدم الموجات فوق الصوتية للعلاج**

# أسئلة الفصل الثاني

س1- مادة كثافتها ($102gm/cm^3$) تخترقها الموجات الفوق صوتية بسرعة (1.4m/s) اوجد الممانعة الصوتية للمادة بوحدات ($kg/m^2.s$).

س2- موجة صوتية تسير بسرعة (2km/s) وترددها (15MHz) اوجد طولها الموجي.

س3- عرف مع الرسم وكتابة المصطلحات باللغة الانكليزية كلا من:

أ- الأمواج الفوق صوتية ب- محول الطاقة في الأمواج فوق الصوتية ج- المجس د- ظاهرة دوبلر ج- الظاهرة الكهروضغطية.

س4- عدد أنماط إرسال الموجات الفوق صوتية مع رسم شكل الموجة مصحوبا بالتأشير.

س5- عدد أنواع عرض صور باستخدام الموجات الفوق الصوتية مع رسم المخطط الكتلي لكل منها.

س6- ما العلاقة بين قيمة التردد للموجات وقابلية اختراقها لجسم الإنسان اشرح ذلك.

س7- عدد فوائد استخدام الهلام في التصوير وهل هو مشابه لاستخدامه في أقطاب جهاز تخطيط القلب.

س8- ما هي اهم فوائد استخدام التصوير الفوق صوتي بأنواعه المختلفة في الطب؟

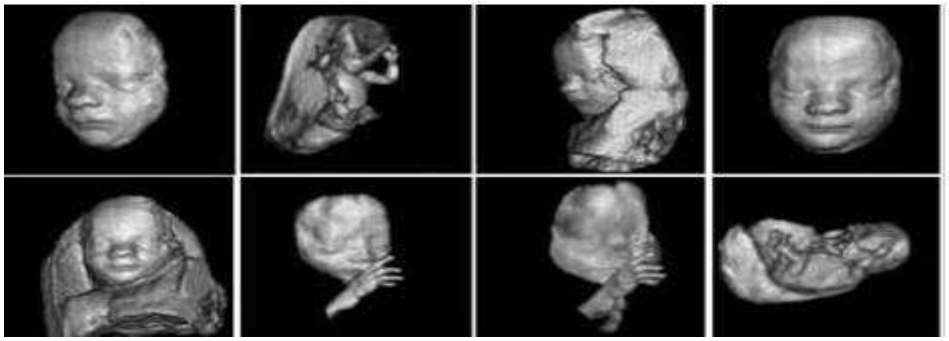
س9- عدد مع الشرح الأجزاء المهمة لجهاز تصوير فوق صوتي حديث؟

س10- ترجم العبارات التالية للغة الانكليزية مع تفسير معناها وعلاقة احدها بالأخر:

أ- صورة أحادية البعد. ب- صورة ثنائية البعد. ج- صورة ثلاثية الإبعاد. د- صورة رباعية الإبعاد. و- الصورة المجسمة.

س11- ارسم مع الشرح والتأشير على الشكل المخطط الكتلوي لجهاز نبض الجنين ومراقبة الولادة.

س12- عدد استخدام الموجات الفوق صوتية للعلاج.



صورة ثلاثية الإبعاد مجسمة لمراحل نمو الجنين بالأبيض والأسود باستخدام جهاز الفوق صوتي

# الفصل الثالث

# جهاز تخطيط القلب (E.C.G)

**الاهداف:-**

يتمكن الطالب من معرفة ما يأتي :

1- مكونات القلب والعضلة القلبية والصمامات والدورات الدموية للقلب.

2- الأجزاء الكهربائية والميكانيكية لجهاز تخطيط القلب.

3- كيفية ربط المريض على جهاز تخطيط القلب.

4- طريقة رسم الإشارة القلبية من المفهوم الكهربائي للقلب.

5- الفعالية الكهربائية للقلب وشكل الإشارة القلبية.

6- كيفية استخدام ملحقات الجهاز.

7- المراحل الكهربائية داخل الجهاز.

8- طريقة تكبير الإشارة القلبية.

9- المخططات الكهربائية لكل مرحلة من مراحل تكبير الإشارة والمنظومات الملحقة بالجهاز.





## محتويات الفصل الثالث

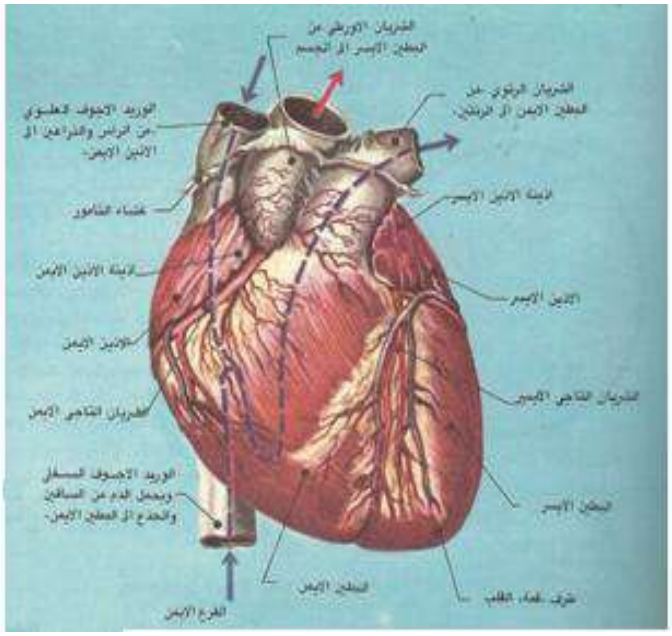

3 - 1 القلب
3- 2 صمامات القلب
3 - 3 جدران القلب
3 - 4 الدورتان الدمويتان
3 - 5 الفعالية الكهربائية للقلب
3 - 6 النبضة الكهربائية
3 - 7 ربط الاقطاب
3 - 8 قابلو المريض
3- 9 احداثيات الاشارة القلبية
3- 10 جهاز تخطيط القلب
3 - 11 المخطط الكتلوي لجهاز تخطيط القلب
3 - 12 مراحل جهاز تخطيط القلب
الاسئلة

# الفصل الثالث

# جهاز تخطيط القلب Electro Cardio Graph(E.C.G.)

## 1-3 القلب

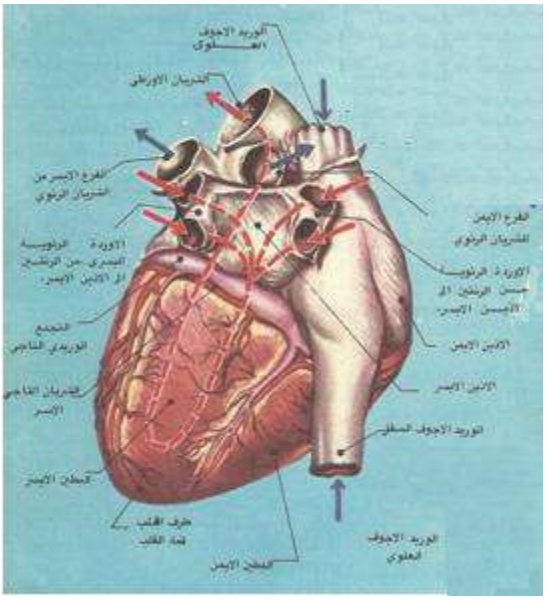
هو عضلة مجوفة كما في الشكل (3-1)، وهو ينقبض وينبسط بانتظام. وبانبساطه يتدفق الدم الى ثلاثة تجاويف ويدفع انقباضه نفس الدم بقوة خارجا الى الشرايين الرئيسة, ومنها الى أطراف الجسم، ويزن القلب حوالي 350gm، وحجمه في حجم قبضة اليد. وتبلغ ضربات قلب الرجل حوالي (60-80) ضربة في الدقيقة وينقبض في العام حوالي 40 مليون مرة وفي كل نبضة يدخل القلب حوالي ربع رطل من الدم ويضخ القلب في الحالة الطبيعية ( 5 – 4.5 )لتر في الدقيقة الواحدة أي ما يعادل ( 7200 – 6480 )لتر في أليوم ألواحد من الدم



**شكل 3-1 المظهر الخارجي للقلب**

## 2-3 صمامات القلب

ينقسم القلب من الداخل الى أربعة تجاويف. التجويفان العلويان هما الأذينان الأيسر والأيمن (Left and Right Atrium)، أما التجويفان السفليان فهما البطينان الأيسروالأيمن. ويتجمع الدم في الوريدين الأجوفين ويمر الى الأذين الأيمن الذي ينقبض ويضخ هذا الدم الى البطين الأيمن من خلال صمام صغير في الجدار الذي يفصل بين الغرفتين كما في الشكل (3-2).



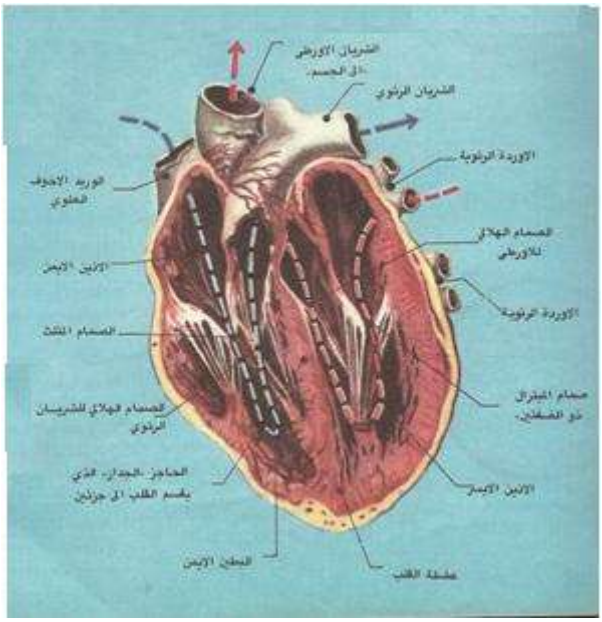
**شكل 3-2 المظهر الخلفي للقلب يوضح طريق سريان الدم الشرياني بالخطوط المنقطة الحمراء**

وهنا ينقبض البطينان معا كمضخة والأذينان معا الى مضخة أخرى في الشريان الرئوي ثم الى الرئتين. ولايستطيع الدم في البطين ان يرجع مرة أخرى الى الأذين في حالة انقباض البطين، وذلك لأنه صمام ذو اتجاه واحد ويسمى الصمام الثلاثي. وللشريان الرئوي أيضا صمام يوقف رجوع الدم من الرئتين الى البطين. ويسمى هذا الصمام الهلالي (Tricuspid) لأنه يتكون من ثلاثة أغشية تشبه الاهلة، كما في الشكل (3-3)




**شكل 3-3 رسم تخطيطي للقلب يوضح موقع الصمامات**

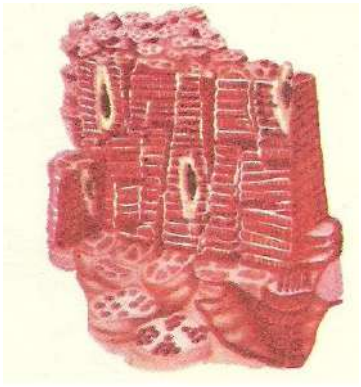
ويمر الدم الذي يترك البطين الأيمن الى الرئتين ليعود الى القلب فيدخل الأذين الأيسر. ويضخ حينئذ في البطين الأيسر. ومثلما هي الحال على الناحية اليمنى من القلب، فأن الصمام الموجود بين التجويفين له صمام يسمى ذو الشرفتين أو الصمام التاجي (Mitral) لكي يمنع الدم من الرجوع الى الخلف. ثم يقوم البطين الأيسر بضخ الدم خارج القلب عبر مجموعة أخرى من الصمامات الهلالية الى داخل الشريان الابهر (Aorta)، الذي يؤدي الى الشرايين التي توصل الدم الى الجسم كله. وهكذا فان الصمامات تضمن سريان الدم في اتجاه واحد في كل وقت كما في الشكل (3-4).



**شكل 3-4 مقطع للقلب يوضح سريان الدم الشرياني والوريدي داخله بالخطوط المتقطعة**

## 3-3 جدران القلب

يتكون القلب من كتلة عضلية كبيرة تسمى "عضلة القلب Myocardium" كما في الشكل (3-5) يغلف سطحها الخارجي غشاء يسمى التامور (Pericardium) أما سطحها الداخلي فيبطنه الغشاء الداخلي للقلب (Endocardium).



**شكل 3-5 جزء صغير من عضلة القلب كما تظهر تحت المجهر**

وهو طبقة رقيقة تنثني في بعض الأماكن لتكون صمامات (Valves) القلب. ويعبر على سطح القلب الشريانين التاجيين الأيمن والأيسر (Right and Left Coronary Arteries) اللذان يحملان الدم من الشريان الابهر الى عضلة القلب.

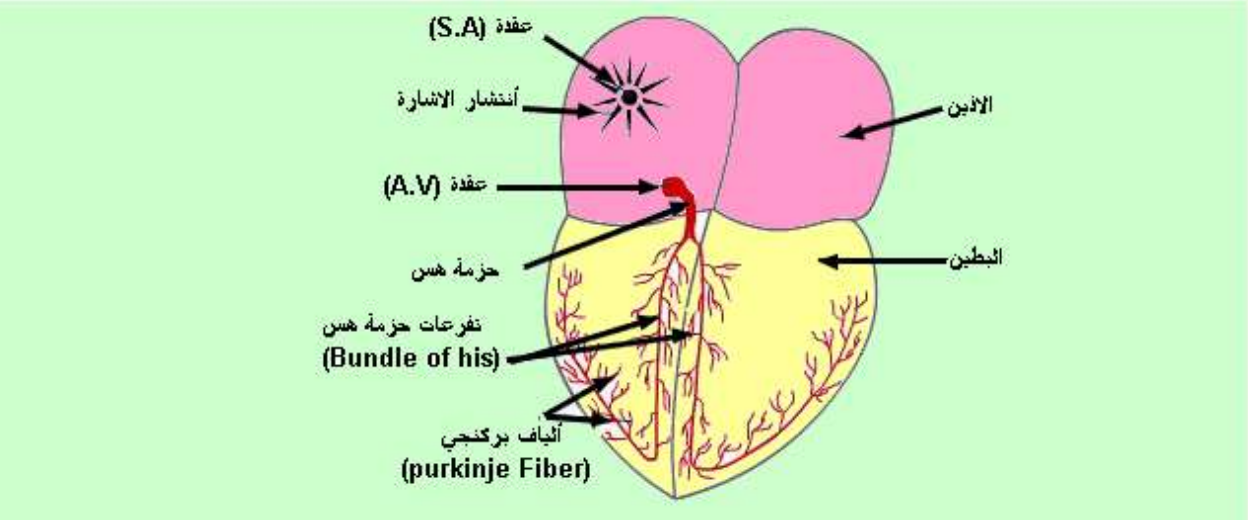
## 4-3 الدورتان الدمويتان

يعمل نظام الدورة الدموية (The Circulatory System) بمثابة طريق سريع للنقل، يتم نقل المواد عبره من احد أجزاء الجسم الى الآخر. وهذا الطريق السريع يحمل الدم المشبع بالأوكسجين من الرئتين الى الأنسجة (Tissues) في كل أجزاء الجسم؛ وبالمثل، ولكن في الاتجاه المضاد، يحمل ثاني اوكسيد الكربون

بعيدا عن الأنسجة لكي يتم التخلص منه في الرئتين. وكذلك فانه ينقل المواد المغذية من الأمعاء والكبد، والفضلات من الأنسجة، وكرات الدم البيضاء والأجسام المضادة الحامية والهرمونات (Hormones)، بل انه أحيانا ينقل الأدوية. وتكون الشرايين (Arteries)، والشعيرات (Capillaries)، والأوردة (Veins)، في الجهاز الدوري دائرية لانهاية لها ، يتم ضخ الدم حولها باستمرار بوساطة نبضات القلب. وتضخ الناحية اليسرى من القلب الدم عبر الشرايين الى كل جزء من أجزاء الجسم ما عدا الرئتين، ويمر الدم عبر الشعيرات في الأنسجة، ويرجع عبر الأوردة الى الناحية اليمنى من القلب. وهذا الجزء من الدائرة كثيرا مايسمى الدورة الجهازية (Systemic Circulation) لتمييزها عن الدورة الرئوية (Pulmonary Circulation) التي يسير فيها الدم من الناحية اليمنى من القلب، عبر الرئتين ثم يعود الى الناحية اليسرى من القلب.

## 5-3 الفعالية الكهربائية للقلب

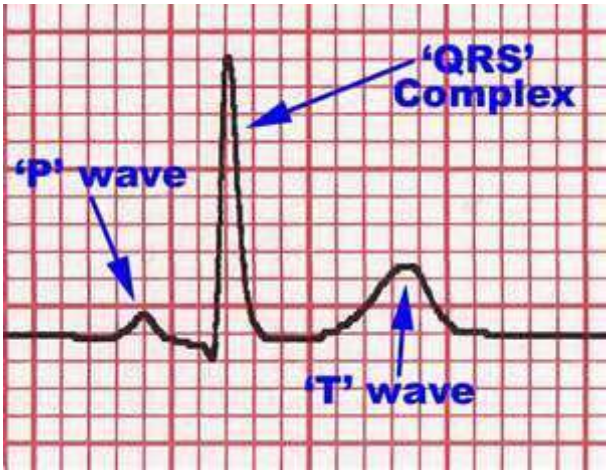
تتولد الإشارة الكهربائية في القلب نتيجة لوجـــود فرق جهـــد علـــى العضلات والأعصـــاب (أي في داخل الخلية العضلية والعصبية) ومن ضمنها القلب. وهذه الفولتية ناتجة من تيار كهربائي أيوني قيمته قليلة جدا وتقاس بمايكرو امبير (μ.A) أن وجود الشحنات الموجبة والسالبة على أطراف الخلية العصبية في حالتها الطبيعية (أي حالة الاستقرار) فأن هذه الشحنات تكون متوازنة وتسمى حالة الاستقطاب (Polarization)عندما تتحرك إحدى الايونات من داخل الخلية الى الخارج سوف يتغير الاتزان في الشحنات ويتولد فرق جهد وهذه الفعالية الكهربائية تسمى (Depolarization) وتحدث هذه الحالة عند حدوث نبضة كهربائية. وعندما ترجع الايونات من خارج الخلية الى داخلها تسمى أعادة الاستقطاب (Repolarization) وترجع حالة الاستقطاب. يرتبط القلب بعصبين هما العصب السمبثاوي والعصب الباراسمبثاوي. الأول يعطي نبضات لزيادة دقات القلب والثاني يعطي نبضات لتقليل ضربات القلب وبتأثيرهما المجتمعين سينتظم عدد ضربات القلب حسب كل إنسان وحسب التأثيرات الخارجية عليه ، وهذان العصبان يرتبطان بالقلب في نقطة تسمى العقدة (Sinoatrial Node) (SA) وموقع هذه العقدة بين الاذينين للقلب من جهة الأذين الأيمن فأن التحفيز الكهربائي الناتج من هذه العقدة سينتشر على الاذينين مما يؤدي الى تقلصهما وهذه الإشارة سوف تصل الى عقدة ثانية تسمى العقدة (AV) (Atrioventicelar node) وموقع هذه العقدة أسفل الاذينين علما بأن الإشارة تصل الى هذه العقدة تكون بعد فترة زمنية قصيرة نتيجة طبيعة الإشارة الكهربائية للأعصاب. من هذه العقدة تخرج حزمة من الأعصاب تسري بين البطينين حتى تصل نهاية القلب ومنها تنتشر على جميع أجزاء البطينين ونتيجة لذلك سوف يتقلص البطينان. هذه العملية تستمر عند كل نبضة كهربائية تدخل العقدة (SA) وتنتهي بتفرعات عصبية على البطينين. إن هذه الجهود الكهربائية في العضلة القلبية تنتشر في الجسم حتى تصل سطح الجسم وباستخدام الأقطاب على جلد الإنسان نستطيع الحصول على الإشارة الكهربائية للقلب والشكل (3-6) يمثل القلب مرسوم عليه مواقع العقد والأعصاب على العضلة القلبية.




**الشكل 3-6 يمثل مواقع العقد العصبية للقلب**

## 3-6 النبضة القلبية

هي الإشارة القلبية مرسومة على خطوط بيانية. يكون المحور الأفقي هو محور الزمن ويقاس بالثانية والمحور العمودي هو محور الفولتية ويقاس بالملي فولت (mV). وهذه الإشارة وضع عليها حروف لمعرفة المنطقة المراد التركيز عليها في أثناء قراءة التخطيط من قبل الأطباء المتخصصين وهي تسمى (P- Q-R-S-T) حيث إن لكل نتوء في شكل الإشارة له حرف كما في الشكل (3-7).




**شكل 3-7 اشارة قلبية مرسومة على ورق بياني ومبينة بالأحرف**

حيث تمثل الموجة :-

(P): تقلص الاذينين

(Q-R-S): تقلص البطينين

(T): استرخاء العضلة القلبية

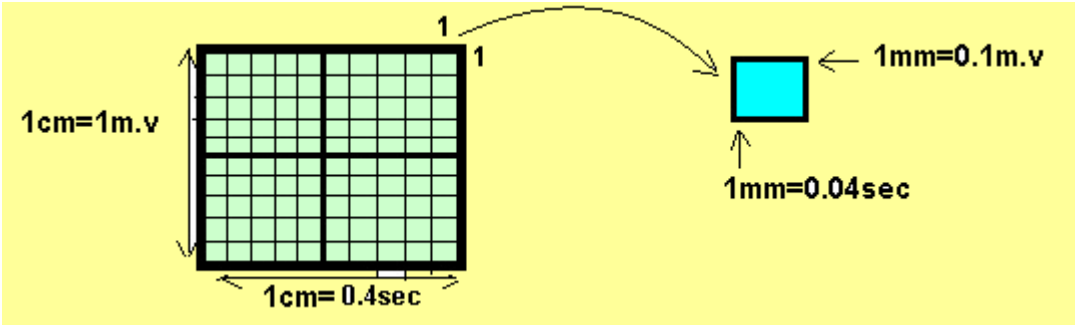
بما ان الإشارة القلبية مرسومة على ورق بياني فأن كل مربع صغير هو (1mm × 1mm) حيث ان الأبعاد تكون:-

- 1mm عمودي = 0.1 (mV)
- 1mm أفقي = 0.04 (sec)

وبذلك يكون المربع الكبير المتكون من عشرة مربعات صغيرة كما في الشكل (3-8)هو:-

1(m.V)=10mm =1cm عمودياً

0. 4(sec) =10mm =1cm أفقيا




**شكل 3-8 يمثل الورق البياني موضح الزمن والفولتية**

بهذه الطريقة يمكن حساب فولتية الإشارة القلبية بحساب المربعات العمودية وحساب زمن الموجة الواحدة أوأجزاء الموجة بحساب المربعات الأفقية.

في حالة الإنسان الطبيعي ذو (60) نبضة في الدقيقة تكون أوقات الإشارة القلبية كما يلي:-

- فترة (PR) (0.13 sec ⟵ 0.21sec)
- فترة (QRS) ليست اكبر من )(0.08 sec
- فترة (QT) ليست اكبر من (0.04 sec)

وفي حالة الإنسان ذو (80) نبضة في الدقيقة تكون أوقاتالإشارة القلبية كما يلي:-

- فترة (PR) (1.17sec ⟵ 0.27 sec)
- فترة (QRS) ليست اكبر من (0.10 sec)
- فترة (QT) ليست اكبر من (0.05 sec)

## 3-7 ربط الأقطاب

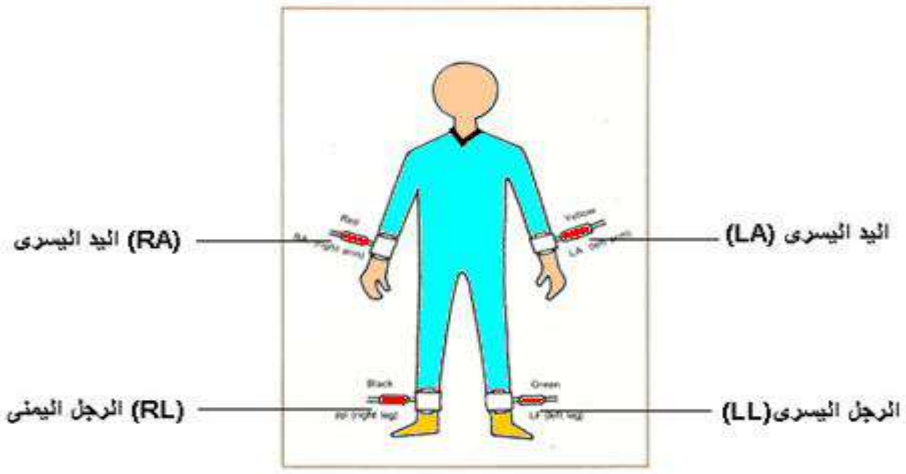
من المعروف ان القلب يُنتج فولتية قليلة جداً تصل الى سطح جسم الإنسان في الجلد. وبربط الأقطاب على جسم الإنسان نستطيع ان نحصل على هذه الفولتية وبما ان مقاومة الجلد عالية جدا لأنها طبقة ميتة من الخلايا ورطوبتها قليلة لذا يجب استخدام مادة مرطبة للجلد وموصلة للكهربائية وتسمى الهلام (Jelly) توضع بين القطب والجلد.

ان الأقطاب المربوطة على جسم الإنسان هي عشرة أقطاب ويمكن تقسيمها الى فئتين:-

**1-** الأقطاب للإطراف (limb)

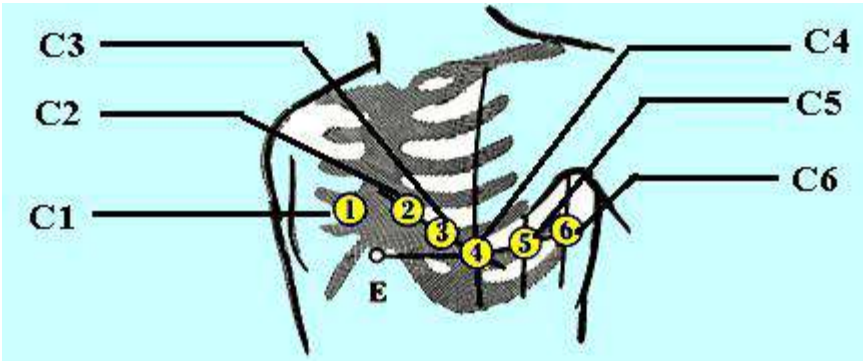
**2-** أقطاب للصدر (chest)

1- الأقطاب التي تربط على الإطراف هي أربعة. اثنان على اليدان في منطقة الرسغ، واثنان على الأرجل فوق مفصل الكاحل. وتكون هذه الأقطاب بشكل صفيحة مستطيلة الشكل لها طرف فيه فتحة لربط كيبل المريض (Patient Cable) وتثبت بواسطة شريط او قراصة كبيرة. والشكل (3-9) يوضح مواضع ربط هذه الإطراف.




**شكل 3-9 يوضح مواقع ربط الإطراف في جهاز E.C.G**

2- الأقطاب التي تربط على الصدر هي ستة أقطاب وتكون كآسية الشكل وطريقة ربطها تكون عن طريق الكرة المطاطية المرتبطة بالكأس حيث عند الضغط عليها سوف يتخلخل الضغط الداخلي وعند إزالة الضغط سوف تلتصق على الصدر وتوضع مادة الـ (Jell) بين الكأس والجلد لزيادة التوصيل.
ومواقع هذه الأقطاب هي:
أ- الموقع (C1) يكون في الفراغ بين الضلع الرابع والخامس من الجهة اليمنى للصدر وهو الوحيد على الجهة اليمنى للصدر.
ب- الموقع (C2) يكون في الفراغ بين الضلع الرابع والخامس من الجهة اليسرى للصدر.
ت- الموقع (C3) يكون في منتصف المسافة بين (C2) و (C4).
ث- الموقع (C4) يكون تحت الضلع الخامس في التقاطع بين محورين الأفقي هو نهاية عظم القص والعمودي من بداية الرقبة الى نهاية الثدي.
ج- الموقع (C5) يكون على امتداد (C4) في منطقة نهاية الثدي.
ح- الموقع (C6) يكون على امتداد (C4) في منطقة تحت الإبط.
والشكل (3-10) يوضح مواقع ربط أقطاب الصدر.




**شكل 3-10 مواقع أقطاب الصدر في جهاز E.C.G**

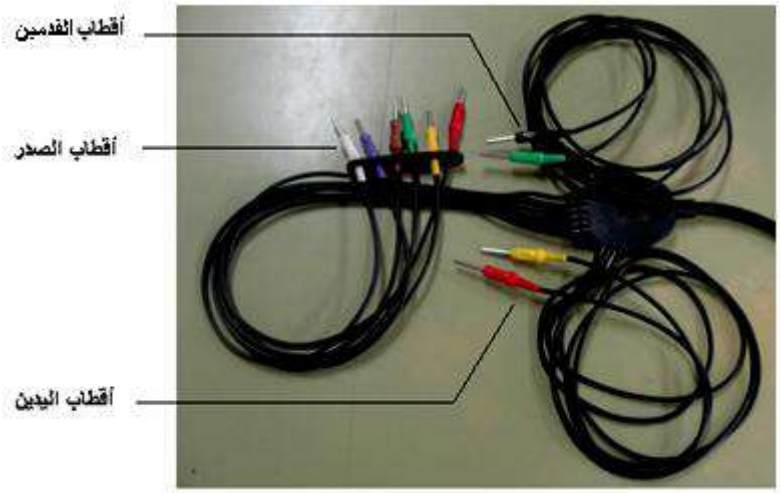
## 8-3 قابلو المريض (Patient Cable)

لنقل الإشارة القلبية من جسم المريض الى جهاز (E.C.G) نحتاج الى قابلو خاص له طرفان الاول يربط بالجهاز والثاني يربط بالأقطاب والطرف الذي يربط بالجهاز يكون شكله دائري بداخله عدد من التوصيلات البارزة التي تدخل في الجهاز والشكل (3-11) يمثل طرف قابلو المريض الذي يثبت بالجهاز.



**شكل 3-11 الطرف الأول لكيبل المريض الذي يربط بجهاز (E.C.G)**

اما الطرف الآخر الذي يربط بأقطاب المريض فيكون بالشكل (3-12)
وهذه النهاية لها كما نعلم عشرة أقطاب ففي إطرافها توجد مجموعتين الأولى للأيدي ويكتب عليها بالاختصار :
(RA) التي تمثل اليد اليمنى(Right Arm)
(LA) التي تمثل اليد اليسرى(Left Arm)
والمجموعة الثانية للأرجل ويكتب عليها بالاختصار
(LL) التي تمثل الرجل اليسرى (Left Leg)
(RL) التي تمثل الرجل اليمنى (Right Leg)



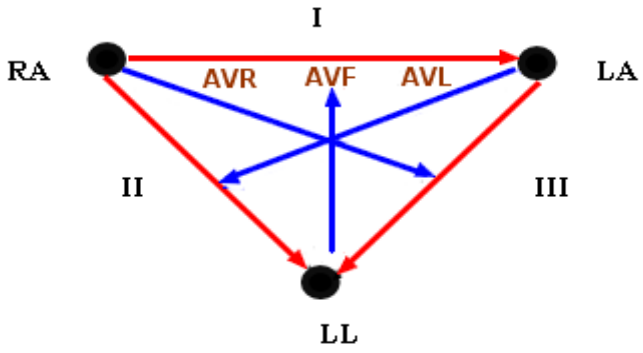

**شكل 3-12 الطرف الثاني لكيبل المريض الذي يربط بالأقطاب في جهاز (E.C.G)**

اما مجموعة الصدر فتكون بين هاتين المجموعتين ويكتب عليها بالتسلسل (C6,C5,C4,C3,C2,C1) حيث ان الحرف (C) يعني الصدر (Chest).هذه الأقطاب العشرة تكون ملونة وكل لون يمثل موقع ولكن هذه

الألوان ليست بصفة عالمية لكل أجهزةتخطيط القلب ولكن لسهولة ربطها وبالممارسة سوف يكون الاعتماد على اللون بدل الكتابة على القطب في ربط هذا قابلو الى أقطاب المريض.

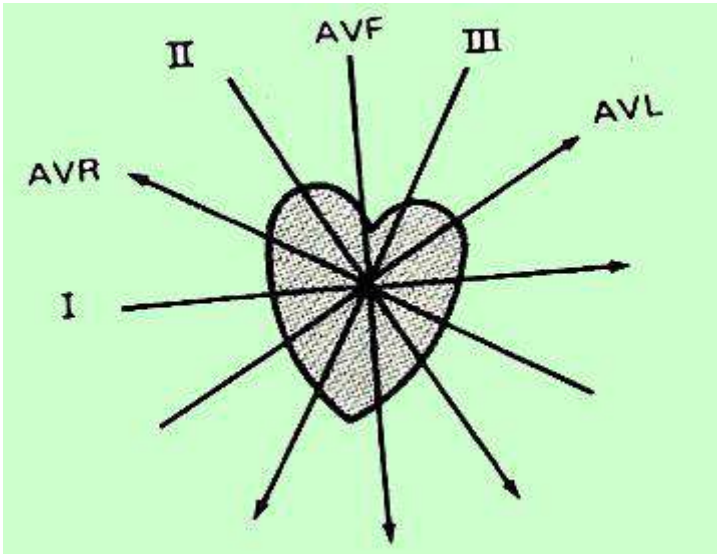
## 3-9 إحداثيات الإشارة القلبية

ان جهاز تخطيط القلب يقوم باخذ المعلومات الكهربائية المتولدة من قلب الإنسان ورسمها على الورق بشكل اشارة كهربائية تُمثَل بمتجهات (Vectors) حسب مثلث (آين هوفن) كما في الشكل (3-13)




**شكل 3-13 يمثل مثلث (آين هوفن)**

ويمكن رسم المتجهات نسبةً الى القلب كما في الشكل (3-14)




**شكل 3-14 المتجهات نسبةً الى القلب**

من الملاحظ في مثلث (آين هوفن) وجود ثلاثة أطراف (LA) اليد اليسرى و (RA) اليد اليمنى و (LL) الرجل اليسرى اما الطرف الرابع وهو (RL) وهو الرجل اليمنى غير موجود فهو يعتبر الأرضي او الفولتية المرجعية التي تقاس جميع الفولتيات نسبة إليها وسبب اختيارنا لها لان الرجل اليمنى هي ابعد نقطة عن القلب.

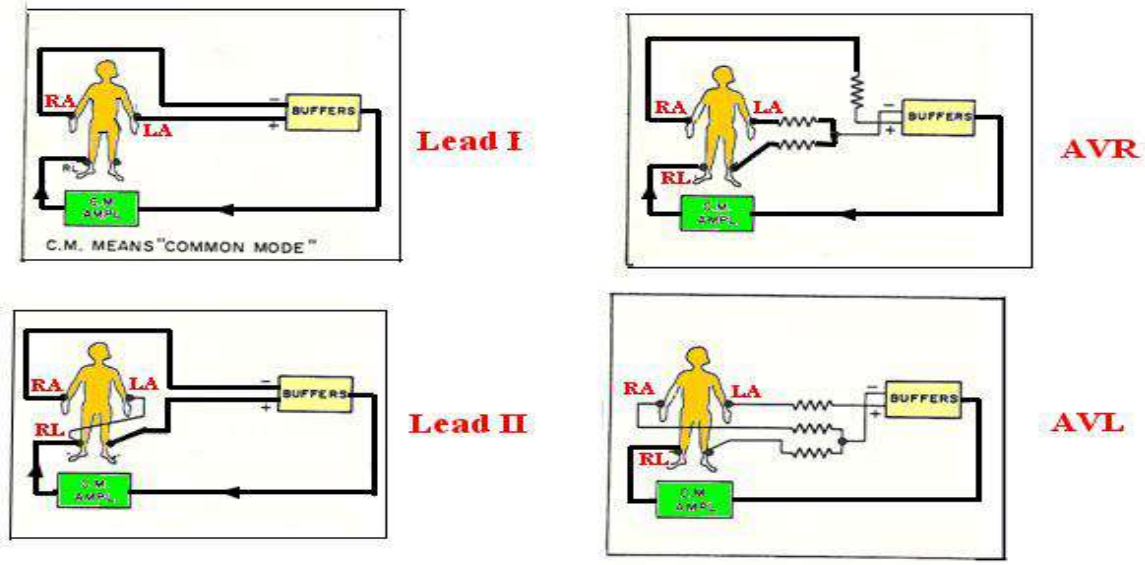
من هذا المثلث نستطيع الحصول على ستة حالات للتخطيط كما في الشكلين (3-15,أ ) و (3-15،ب) والتي تمثل متجهات كهربائية ، وكما يلي :-

- [Lead (I)] يؤخذ من (RA) الى (LA)
- [Lead (II)] يؤخذ من (RA) الى (LL)
- [Lead (III)] يؤخذ من (LA) الى (LL)

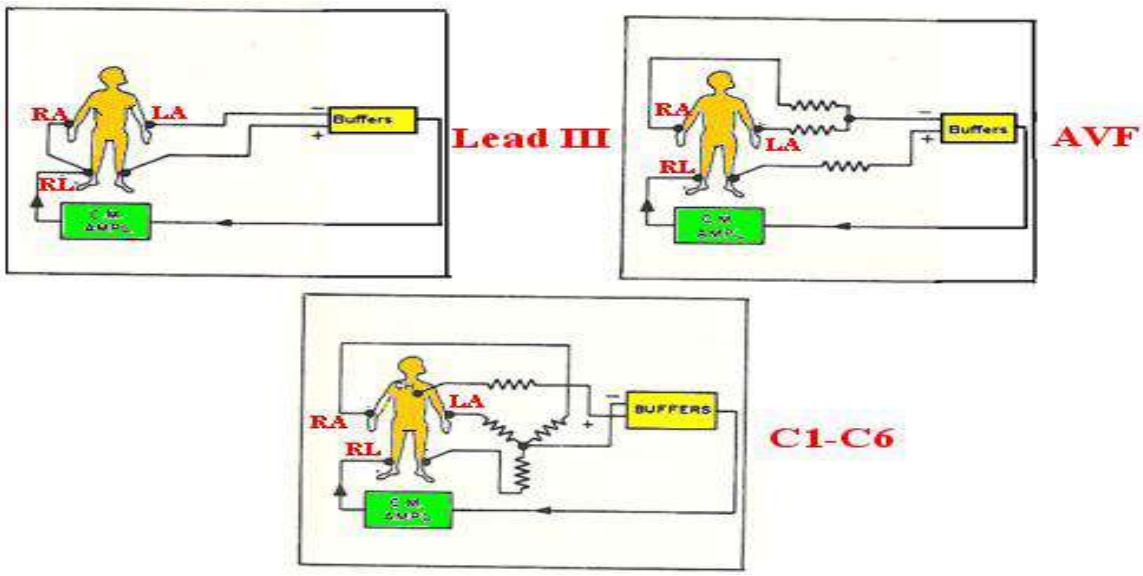
- [(AVR)] يؤخذ من (RA) الى [(LA)+(LL)]
- [(AVL)] يؤخذ من (LA) الى [(RA)+(LL)]
- [(AVF)] يؤخذ من (LL) الى [(LA)+(RA)]

أما احداثيات الصدر فتكون ستة حالات فتؤخذ الاطراف سويا الى القطب الكأسي كما يلي

- [C1] يؤخذ من القطب (C1) الى [(LL)+(LA)+(RA)]
- [C2] يؤخذ من القطب (C2) الى [(LL)+(LA)+(RA)]
- [C3] يؤخذ من القطب (C3) الى [(LL)+(LA)+(RA)]
- [C4] يؤخذ من القطب (C4) الى [(LL)+(LA)+(RA)]
- [C5] يؤخذ من القطب (C5) الى [(LL)+(LA)+(RA)]
- [C6] يؤخذ من القطب (C6) الى [(LL)+(LA)+(RA)]

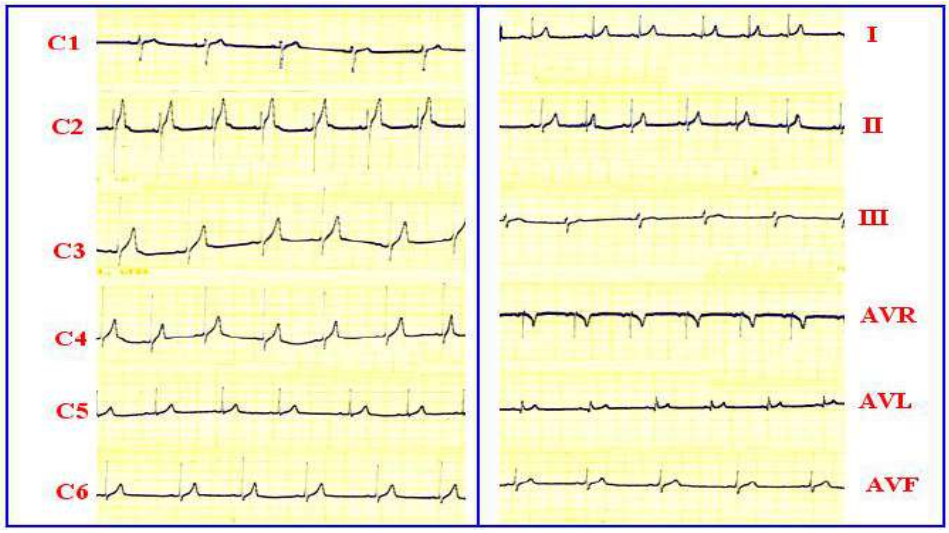



**شكل 3-15، أ يمثل طريقة ربط جهاز (E.C.G) على أطراف المريض**




**شكل 3-15، ب يمثل طريقة ربط جهاز (E.C.G) على أطراف وصدر المريض (جميع ألجسم)**

بعد ان حصلنا على ست حالات من الأطراف وست حالات من الصدر أصبح التخطيط العام للمريض عبارة عن اثنتي عشرة حالة وهي تمثل إحداثيات الإشارة الكهربائية للقلب حسب موقع كل قطب مثبت على جسم الإنسان. والشكل (3-16) يمثل تخطيط قلب لأحدالأشخاص وهي الاثنتا عشرة حالة مرتبة من (Lead I) ومنتهي (C6).

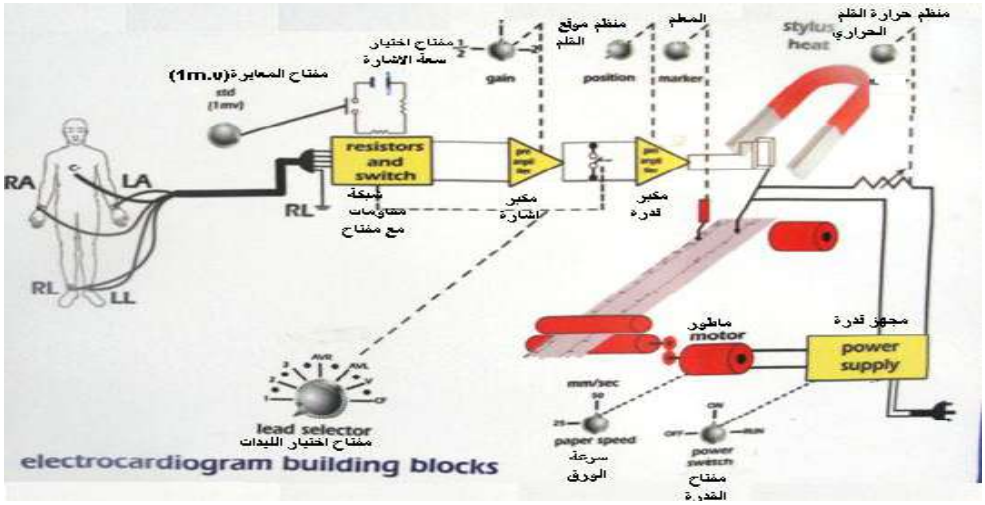



**شكل 3-16 رسم تخطيط القلب لأحدالأشخاص**

نلاحظ من ألاثنتي عشرة حالة ان(Lead II) هي اكبر من (Lead I) و (Lead III) لان الاحداثي (Lead II) يكون تقريبا مطابق لمحصلة الإحداثيات القلبية جميعها.ويكون (AVL)اقل من (AVR) و (AVL) لأنه يكون تقريبا عموديا على محصلة الإحداثيات اما التخطيط من (C1) الى (C6) فيكون (C1) في الاتجاه السالب أي تكون القمم السفلى عالية وكلما اتجهنا الى (C6) يبدأ الجزء السالب بالنقصان والجزء الموجب بالارتفاع الى ان نصل الى (C6) فيكون الغالب في الجزء الموجب.

## 10-3 جهاز تخطيط القلب

هو جهاز تشخيصي يقوم برسم الفعالية الكهربائية للقلب عن طريق رسم اشارة كهربائية على ورق بياني. يتكون جهاز تخطيط القلب من مكبرات (ابتدائية، ثانوية، قدرة) وقلم حراري ومحرك للورق وكلفانوميتر الذي يثبت القلم الحراري عليه كما في الشكل (3-17) مخطط كتلوي مبسط




**الشكل 3-17 يمثل المخطط الالكتروني الميكانيكي لجهاز (E.C.G.)**

جهاز تخطيط القلب يقوم بأخذ اشارة كهربائية من جسم الإنسان ويقوم بتكبيرها ورسمها على ورق بياني، نحن نعلم بان هناك اثنا عشرة حالة لتخطيط القلب تبدأ بـ (Lead I) وتنتهي بـ (C6) أي أن اثنا عشرة حالة تكون في شريط واحد حيث يقوم مشغل الجهاز بتغيير مفتاح اختيار الليدات اثنا عشرة مرة ويقوم القلم الحراري بالرسم على الورق البياني الذي هو أيضا ورق حراري يتغير لونه بارتفاع درجة حرارة القلم الحراري هذه الحالات هي في الأجهزة قديمة نسبياً كما في الشكل (3-18).



**شكل 3-18 يمثل جهاز (ECG) نوع قديم ذو قناة واحدة**

لقد حصل تطور بسيط على هذه النوعية القديمة حيث أصبح الجهاز يتكون من ثلاث قنوات اي يقوم برسم ثلاث حالات سوية فيرسم (Lead I, II, III) في ان واحد ويرسم (AVR, AVL, AVF) سوية ويرسم (C1, C2, C3) سوية ويرسم (C4,C5, C6) سوية اي يقوم مشغل الجهاز بتغيير مفتاح اختيار (Lead-selector) اربع مرات كما في الشكل (3-19) أن ميزة الجهاز ذو الثلاث قنوات عن ذي القناة الواحدة هو ان التخطيط يرسم على ورقة كبيرة يستطيع الطبيب ملاحظة جميع التخطيط في ان واحد في حين ان الجهاز ذي القناة الواحدة على الطبيب ان يلاحظ الرسم بإمرار الشريط على طوله، كما وان مشغل الجهاز يقوم بتحريك مفتاح اختيار الليدات أربع مرات بدل اثنا عشرةمرة في جهاز ذو القناة الواحدة وهذا مما يساعد على تقليص فترة التخطيط الى الثلث، اما عيوب الجهاز ذو الثلاث قنوات فهو كبير الحجم لان كل قناة لها دائرة الكترونية منفصلة.



**الشكل 3-19 يمثل جهاز تخطيط قلب ذو ثلاث قنوات**

اليوم أصبح جهاز تخطيط القلب له مفتاح واحد للتشغيل وهو ذو ثلاث قنوات وعند تشغيله يقوم أوتوماتيكيا بتغيير مفتاح الليدات ذاتيا دون اللجوء الى تغييره يدويا وبعد اكتمال التخطيط لاثنا عشرة حالة يتوقف ذاتيا، كما وتم استبدال القلم الحراري بطابعة الكترونية تقوم برسم اشارة الـ (E.C.G.) وكتابة رقم (Lead) وكتابة نسبة التكبير والتصغير للإشارة وكما يوجد في بعض الأجهزة مفاتيح لكتابة اسم المريض والتاريخ والزمن للرسم والشكل (3-20) احد الأجهزة الحديثة. هناك عدة مآخذ على جوانب الجهاز يمكن اخذ الإشارة القلبية

وإرسالها الى شاشة عرض لرسم الإشارة القلبية على شاشة لمتابعة حالة المريض او لإرسالها الى مكان ثاني داخل مستشفى او لتسجيلها على شريط مغناطيسي او (CD). كما ويمكن تشغيل الجهاز عن طريق ربطه بمأخذ ذي (12V-DC) اي يمكن استخدامه من بطارية سيارة الإسعاف مثلا.
ان معظم الأجهزة الحديثة تم فيها وضع بطارية داخل الجهاز لكي يمكن استخدامه في الأماكن التي لاتوجد فيها مآخذ كهربائي او في ألاماكن التي يحدث فيها انقطاعات كثيرة في التيار الكهربائي. وغالبا ماتستخدم بطاريات نوع (نيكل – كادميوم) لأنها سريعة الشحن وعند استخدامها لاتهبط الفولتية سريعا وذات كفاءة عالية ومن عيوبها كبيرة الحجم و غالية الثمن.

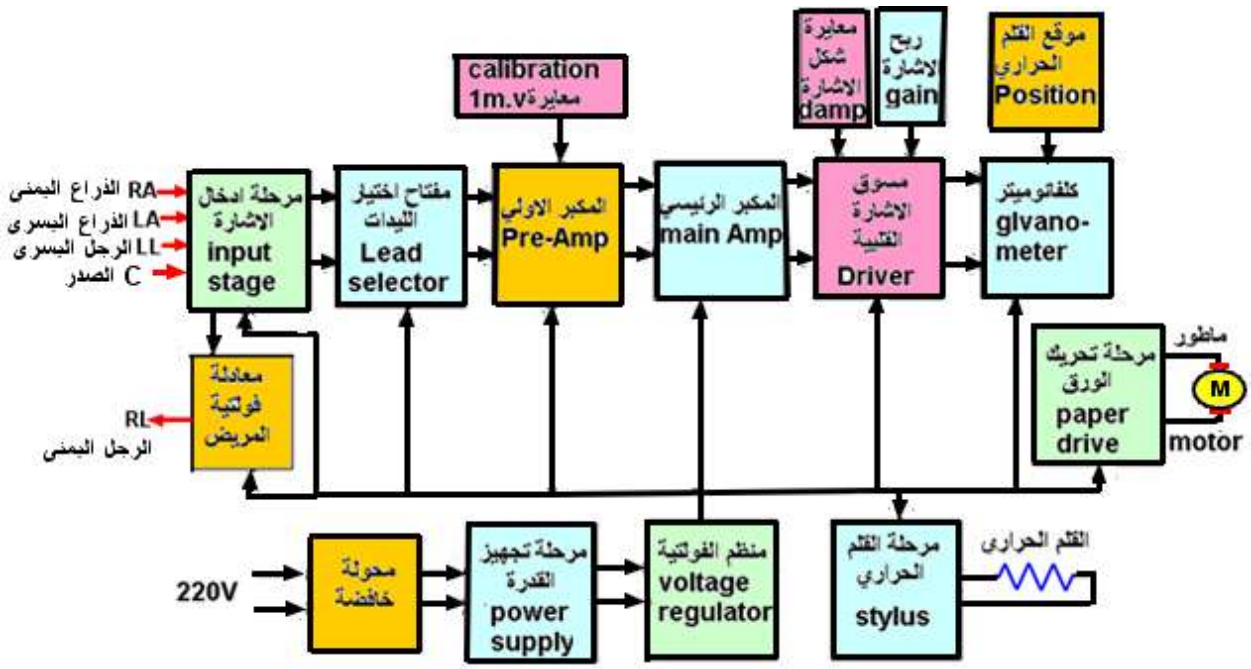



**الشكل 3-20 يمثل احد الأجهزة الحديثة**

## 11-3 المخطط الكتلوي لجهاز تخطيط القلب

شكل (3-21) يوضح المخطط الكتلوي لجهاز تخطيط القلب. يتكون جهاز تخطيط القلب من المراحل الاساسية الآتية :-

1- مرحلة إدخال الإشارة القلبية.
2- مرحلة التكبير الأولية.
3- مرحلة التكبير الرئيسة.
4- مرحلة تسويق الإشارة القلبية.
5- مرحلة السيطرة على حرارة القلم الحراري.
6- مرحلة السيطرة على سرعة الماطور.
7- مرحلة تجهيز القدرة.
8- مرحلة تنظيم الفولتية الـ (DC).




**شكل 3-21 يمثل المخطط الكتلوي لجهاز تخطيط القلب**

ويوجد أيضا مراحل ثانوية في جهاز تخطيط القلب تقوم بتسهيل عمل الجهاز وممكن ان نقلص من حجمه وتسهيل عملية استخدامه لان عملها يكون أوتوماتيكيا دون الرجوع الى مشغل الجهاز.

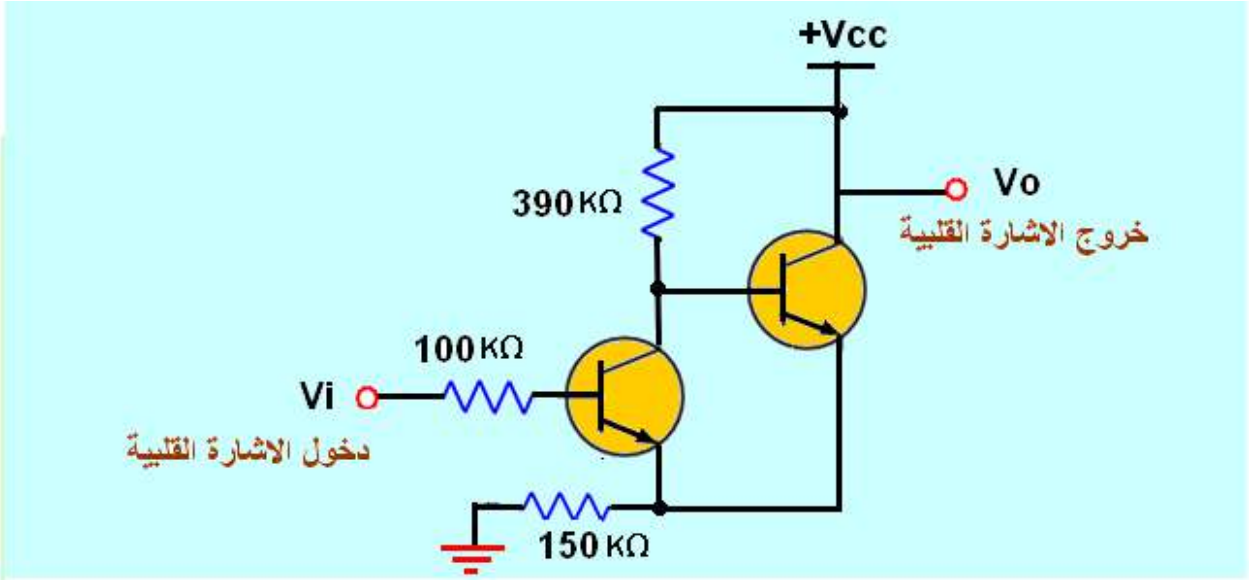
## 12-3 مراحل جهاز تخطيط القلب

### 1- مرحلة إدخال الإشارة

تتكون هذه المرحلة من وحدة استقبال الإشارة ووحدة معادلة الفولتية وتتكون من الدائرتين الآتيتين:-

### أ - المكبر المتعادل (العزل) (Buffer Amplifier)

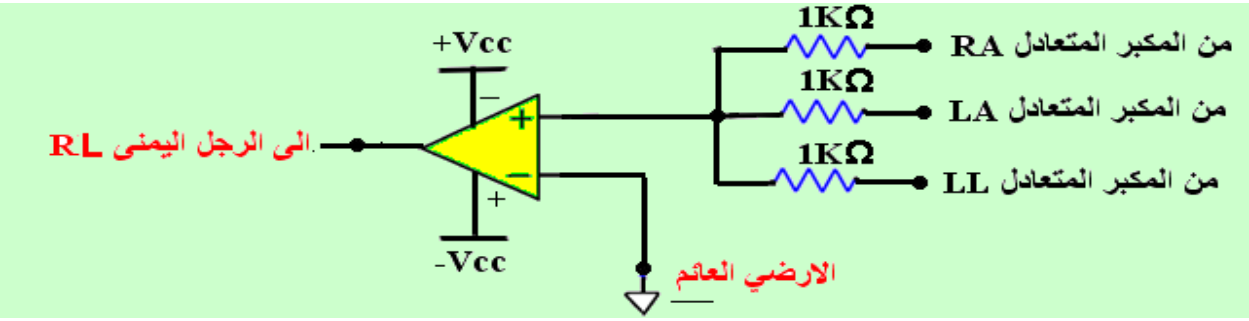
يقوم هذا المكبر باستقبال الإشارة القلبية من قابلو المريض باستثناء الخط الذي يتصل بالرجل اليمنى وارسالها الى شبكة ولسن (Wilson Network) وهي مجموعة مقاومات تمثل مقاومة الدخول للمكبر الأولي. وتكون نسبة تكبيره (1:1)، ومن مواصفات هذا المكبر له ممانعة دخول عالية جدا لكي يستلم الإشارة القلبية الواصلة الى جلد الإنسان لان جلد الإنسان له مقاومة عالية فأن الممانعة العالية للمكبر ستكون اكبر بكثير من مقاومة الجلد لذا فأن فولتية الإشارة القلبية سوف تكون على مدخل المكبر المتعادل وتخرج من هذا المكبر المتعادل. شكل (3-22) يوضح المكبر المتعادل في جهاز ( E.C.G. )




**شكل 3-22 المكبر المتعادل في جهاز E.C.G**

## ب – دائرة الرجل اليمنى (Right Leg Circuit)

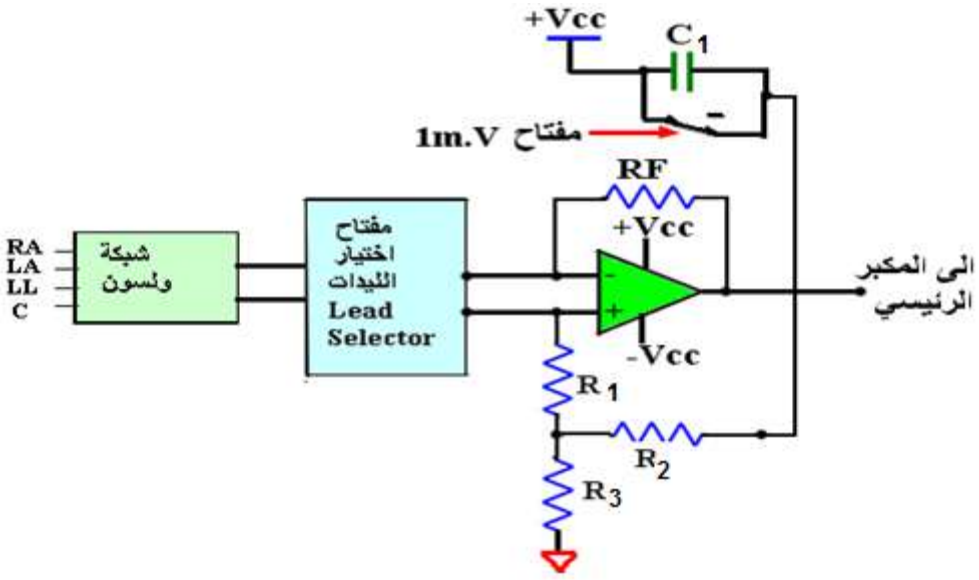
تتكون هذه الدائرة من مقارن يدخل في احد طرفيه العاكس ثلاثة خطوط من مخرج ثلاثة مكبرات متعادلة وهي اليد اليمنى، اليد اليسرى، الرجل اليسرى وتقارن مع الأرضي العائم الذي يمثل الفولتية المرجعية لقياس جميع الفولتيات للجهاز، اما خرج المقارن فيرسل الى الرجل اليمنى لكي تعادل الفولتية على جسم الإنسان وقد تم اختيار الرجل اليمنى لأنها ابعد نقطة عن القلب. والشكل (3-23) يمثل دائرة الرجل اليمنى.




**شكل 3-23 يمثل مرحلة الرجل اليمنى**

## 2- مرحلة المكبر الاولي

تتكون هذه المرحلة من مكبر عمليات يعمل على تكبير الاشارة القلبية عشر مرات. عندما تخرج الإشارة القلبية من مرحلة ادخال الإشارة تدخل الى مفتاح اختيار (Lead selector) حيث يقوم هذا المفتاح باختيار مقاومات معينة من شبكة ولسن وادخالها الى احد مداخل مكبر العمليات ولهذا المكبر مقاومة تغذية عكسية RF تكون اكبر من مقاومة الدخول بعشر مرات والتي تم اختيارها عن طريق مفتاح اختيار الليدات من شبكة ولسن. يرتبط المكبر بمفتاح خارجي يسمى بمفتاح المعايرة (1mv Calibration) الذي هو مفتاح (N.C) يربط على طرفيه متسعة والطرف الآخر للمفتاح يربط بمصدر جهد (D.C) منظم ويستعمل هذا المفتاح لادخال موجة مربعة معلومة الفولتية الى مدخل المكبر الأولي عن طريق الضغط ورفع الضغط على هذا المفتاح عدة مرات فتتولد اشارة مربعة والتي تعتبر فولتية ثابتة لاختيار عمل المكبر الاولي والمكبر الرئيسي قبل دخول الإشارة القلبية. والشكل (3-24) يمثل المخطط الكتلي لهذه المرحلة.



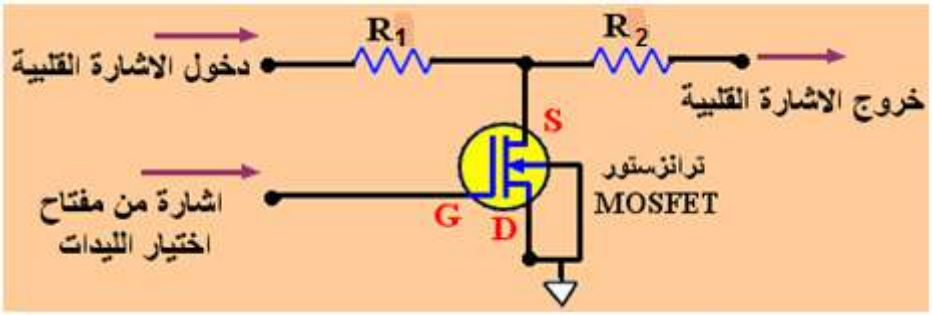

**شكل 3-24 يمثل المخطط الكتلوي لمرحلة المكبر الاولي**

## 3- مرحلة المكبر الرئيسي (Main Amplifier)

في مرحلة المكبر الأولي تم تكبير الإشارة القلبية عشر مرات وفي المكبر الرئيسي يتم تكبير الاشارة القلبية مئة مرة فيصبح التكبير النهائي الف مرة (1000X) وتتكون هذه المرحلة مما يأتي :-

**أ - دائرة تأريض الاشارة القلبية**

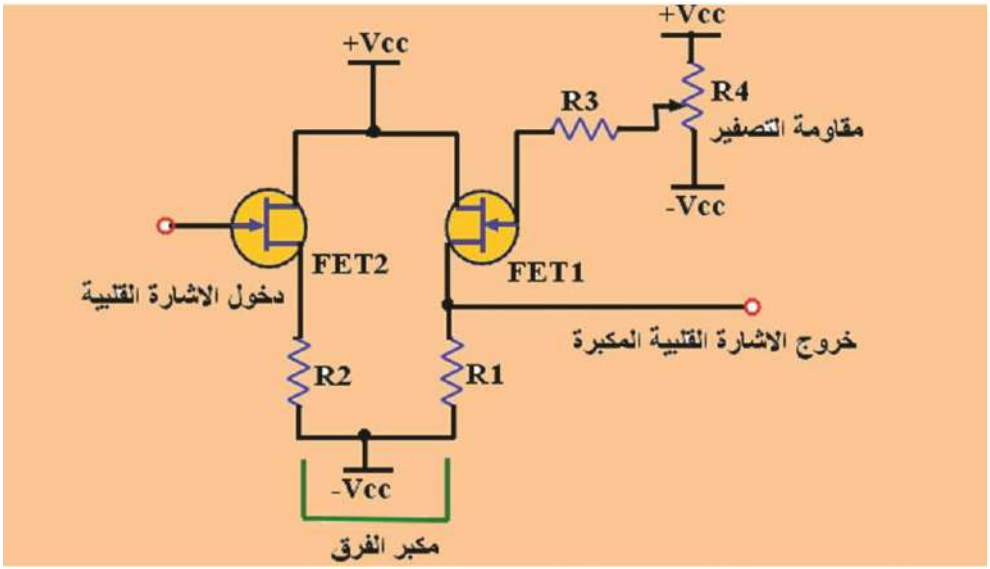
تقوم هذه الدائرة بتأريض الاشارة القلبية لفترة قصيرة جدا وتحدث في اثناء تحويل مفتاح Lead من Lead الى Lead. ان سبب وجود هذه الوحدة لتخليص المكبر من بقايا الفولتية الموجودة في Lead السابق وتهيئة المكبر الى Lead الجديد بحيث يكون Lead الجديد ابتدأ بفولتية مساوية الى الصفر. ان المكون الرئيس لهذه الوحدة هو احد انواع ترانزستورات تأثير المجال (FET) لانه ذو موصلية عالية فبإمكانه تأريض الاشارة القلبية بصورة مثالية فيربط المصدر (S) بمكان دخول الاشارة القلبية والمصرف (D) بالارضي العائم وتربط البوابة (G) والتي تأخذ الاشارة من مفتاح اختيار Leads. والشكل (3-25) يمثل دائرة تأريض الاشارة.




**شكل 3-25 يمثل دائرة الاشارة القلبية في جهاز (E.C.G)**

**ب – وحدة المكبر الرئيسي**

عند خروج الاشارة من وحدة التأريض تدخل الى المكبر الرئيسي (مكبر الفرق) الذي يقوم بتكبير الاشارة القلبية مئة مرة (100X). ولمكبر الفرق مدخلان ومخرج واحد وهذان المدخلان احدهما للاشارة القلبية والاخر له جهد صفر فولت (0V) حيث يقوم هذا المكبر بطرح فولتية المدخلين وتكبيرها مئة مرة فتطرح الاشارة القلبية من (0V) فتبقى نفسها وتكبر مئة مرة وللحصول على صفر فولت. تستعمل مقاومة متغيرة على اطرافها الثابتة توصل (±Vcc) اما الطرف المتحرك فنأخذ منه (0V) عن طريق وضع الطرف المتحرك في وسط المقاومة. والشكل (3-26) يمثل مخطط بسيط ومختصر لدائرة مكبر الفرق.



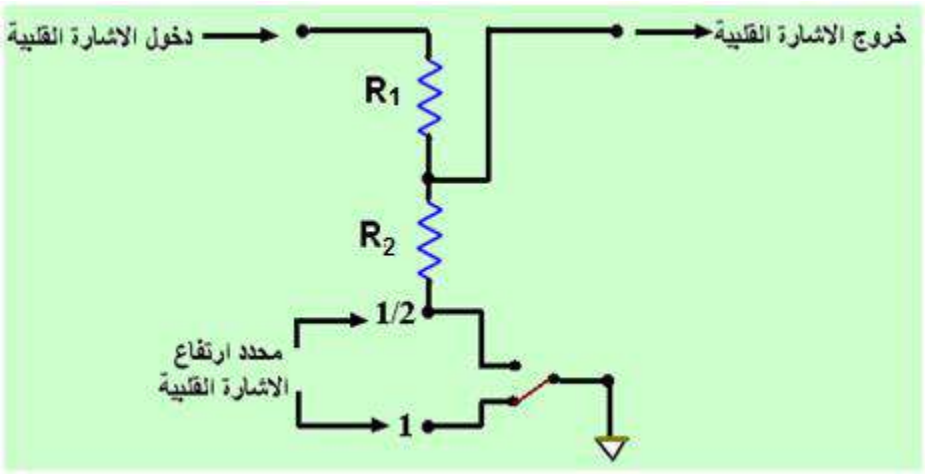

**شكل 3-26 يمثل مكبر الفرق في وحدة المكبر الرئيس في جهاز (E.C.G)**

## 4- مرحلة تسويق الاشارة القلبية (Galvanometer Driver)

هذه المرحلة تقوم بتحديد ارتفاع الاشارة القلبية وتحويلها الى اشارة ذات ارتفاعات ثابتة ثم تقوم بزيادة تيار الاشارة لكي تتمكن من تحريك الكلفانوميتر الذي يحتاج الى قدرة نسبيا عالية.عند دخول الاشارة القلبية من المرحلة السابقة بعد ان تم تكبيرها الف مرة (1000X) فاذا كانت الاشارة هذه المرحلة تقوم بتحديد ارتفاع الاشارة القلبية وتحويلها الى اشارة ذات ارتفاعات ثابتة ثم تقوم بزيادة تيار الاشارة لكي تتمكن من تحريك الكلفانوميتر الذي يحتاج الى قدرة عالية نسبياً. وتتكون هذه المرحلة مما يآتي :-

**أ - محدد ارتفاع الاشارة**

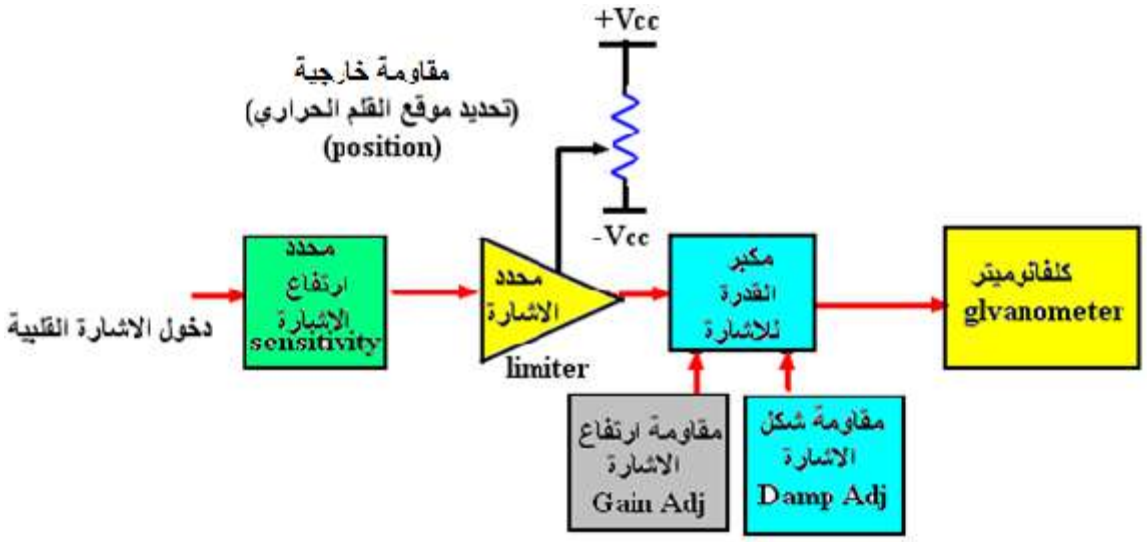
عند دخول الاشارة القلبية من مرحلة المكبر الرئيسي فاذا كانت الاشارة المرسومة على الورق كبيرة جدا بحيث خرجت عن حدود الورق فبذلك يجب ان نصغرها الى النصف لكي تكون في حدود الورق وابسط دائرة لهذا الفرق هو مجزء الفولتية حيث يتم ربط مقاومتين متماثلتين على التوالي فسوف تقسم الى نصفين ويتم ارسال احد الانصاف الى الدائرة اللاحقة وميكانيكية العمل هي بوجود مفتاح خارجي مكتوب عليه (1) و(1/2) فاذا كان المفتاح على وضع (1) فان الاشارة جميعها تمر الى المرحلة اللاحقة واذا وضع على (1/2) سوف تقسم الفولتية الى نصفين وذلك بوجود توصيل الارضي العائم الى الدائرة كما في الشكل (3-27).




**شكل 3-27 يمثل دائرة ارتفاع الاشارة القلبية في جهاز E.C.G**

**ب – محدد قطبية الاشارة**

تتكون هذه الدائرة من مقارن يقارن الاشارة القلبية مع الأرضي العائم. وتقوم بتحديد ارتفاع الاشارة المرسلة الى هذه الوحدة أي تقوم بجعل الاشارة اما (+Vcc) او (-Vcc) حسب قيمتها فاذا دخلت فولتية موجبة تخرج (+Vcc) واذا دخلت سالبة تخرج (-Vcc). كما ان مدخل المقارن يربط بمقاومة خارجية متغيرة بامكانها ان تعطي جهد (DC) موجب او سالب، وتعمل على رفع وخفض الاشارة القلبية المرسومة على الورق لكي تكون في وسط الورق. شكل (3-28) يمثل المخطط الكتلوي لمرحلة تسويق الاشارة القلبية.




**شكل 3-28 المخطط الكتلوي لمرحلة تكبير قدرة الإشارة في جهاز E.C.G**

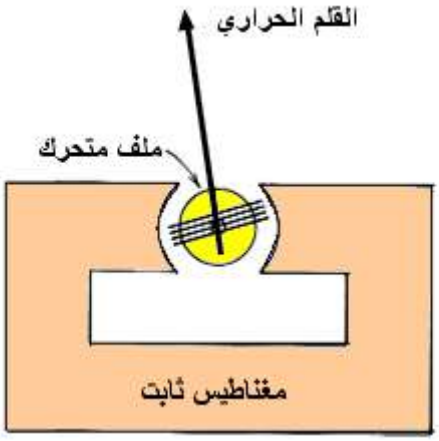
**ج – مكبر قدرة اشارة التسويق**

يتكون مكبر القدرة من مجموعة ترانزستورات قدرة عالية تعمل على تكبير الإشارة الضعيفة الخارجة من المقارن. ترسل الإشارة القلبية الخارجة الى دائرة مكونة من مجموعة من المقاومات والمتسعات ولها مقاومتان متغيرتان خارجيتان، وهذه الدائرة مـــع المقـــاومتين المتغيـــرتين (احدهما لارتفاع الإشارة

والثانية لشكل الإشارة) يقومان بتنظيم الاشارة وهذا التنظيم يكون في بداية تشغيل الجهاز أي قبل اجراء التخطيط للمريض. وهذا التنظيم يجري بالضغط على المفتاح (1mV) كما موضح في الشكل (3-24) فبذلك ترسم اشارة مربعة فاذا كان ارتفاعها مربعا واحدا كبيرا وشكلها مربع كامل فأن جهاز (E.C.G) يعمل بصورة جيدة واذا كان ارتفاعها اكبر او اصغر من مربع واحد فنبدأ بتغيير قيمة المقاومة المسؤولة عن شكل الإشارة حتى يصبح مربع كامل واذا كانت الموجة المربعة غير صحيحة الشكل نقوم بتغيير المقاومة المسؤولة عن شكل الإشارة حتى تصبح ذات شكل مربع منتظم.

**د – الكلفانوميتر**

يستلم الكلفانوميتر الإشارة القلبية الخارجة من مكبر القدرة فيتولد فيه مجال مغناطيسي يكون كل مرة في اتجاه حسب الإشارة القلبية فيتحرك صعودا ونزولا داخل القلب الحديدي فيقوم القلم الحراري المثبت على الكلفانوميتر برسم الإشارة القلبية على الورق. ان الكلفانوميتر هو عبارة عن قلب حديدي بشكل حدوة الفرس بداخله ملف والشكل (3-29) يوضح مخطط الكلفانوميتر.

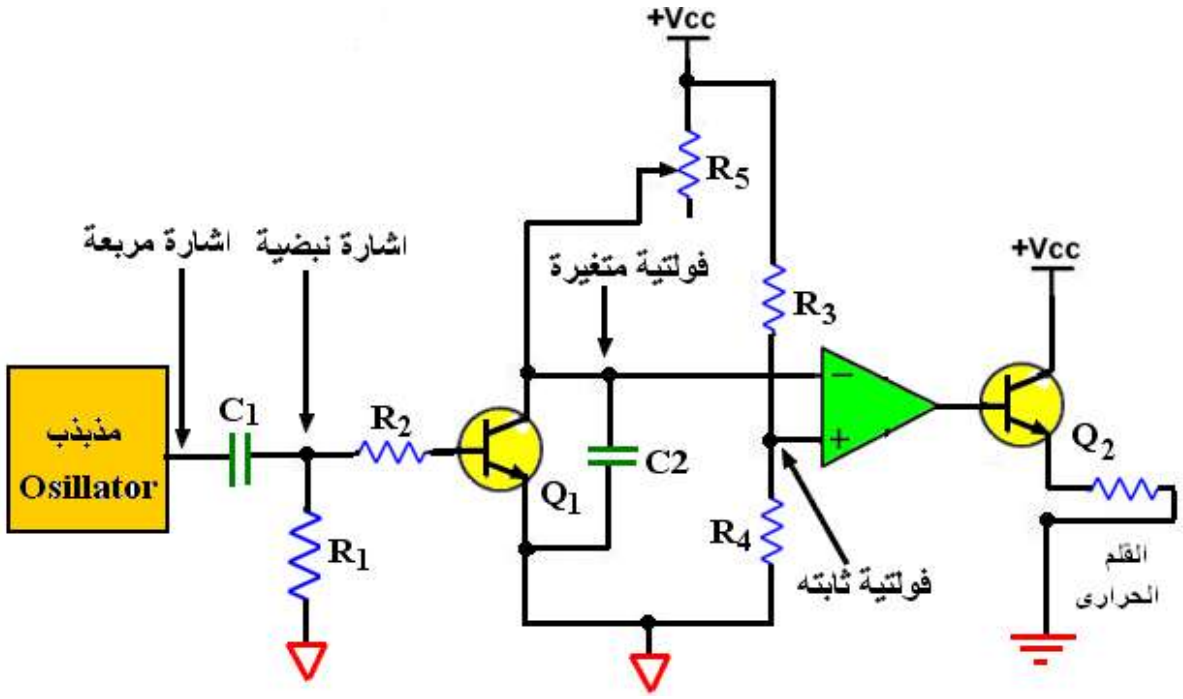



**شكل 3-29 مخطط الكلفانوميتر في جهاز E.C.G**

## 5- مرحلة السيطرة على حرارة القلم الحراري

هذه المرحلة تقوم بتوصيل الجهد الـ (DC) الى القلم الحراري (Stylus) وقطعه بفترات متغيرة (OFF) حسب درجة الحرارة المطلوبة فكلما زادت الفترة الزمنية للتوصيل عن الفترة الزمنية للقطع زادت درجة الحرارة وكلما قلت الفترة الزمنية للتوصيل (ON) عن الفترة الزمنية للقطع قلت درجة الحرارة. تتألف هذه المرحلة من مذبذب يعطي اشارة مربعة موجبة وسالبة وبعدها تحول الى اشارة نبضية في بداية كل موجة مربعة وتوصل الى قاعدة الترانزستور نوع (NPN) وبذلك سوف يعمل الترانزستور فيصبح (ON) الذي بدوره يعمل دائرة قصر (Short Circuit)على متسعة للشحن فتصبح (0V) وعندما يكون الترانزستور (OFF) تشحن المتسعة عن طريق المقاومة المتغيرة الخارجية التي تسيطر على الفترة الزمني لشحن المتسعة. ان هذه الفولتية المتغيرة ترسل الى المقارن على الطرف العاكس اما الطرف غير العاكس فتربط له مقاومتان لتجزئة الفولتية بحيث تصبح فولتية ثابتة، يقوم هذا المقارن بمقارنة الفولتية الثابتة مع الفولتية المتغيرة للمتسعة ويكون خرج هذا المكبر متناسبا مع هذه الفولتيتين ويربط خرج المقارن بترانزستور القدرة الذي بدوره يوصل الجهد الـ (DC) الى القلم الحراري والشكل (3-30) مخطط بسيط لعمل هذه الدائرة.

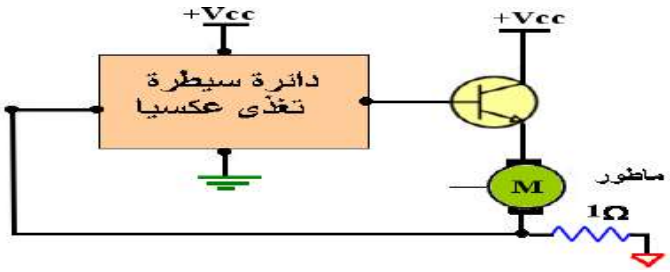
ان الغاية من وجود هذه الدائرة للتقليل من هدر الطاقة لان الفترة التي يكون فيها تجهيز القدرة (OFF) لا تستهلك طاقة بينما تكون الطاقة الكلية مرسلة الى القلم الحراري عندما يكون الخارج من المقارن هو (Vcc). ولكن اذا استخدمنا مقاومة متغيرة مربوطة على التوالي مع القلم الحراري للتقليل من درجة الحرارة سوف تستهلك طاقة لان التيار المار فيها هو نفس تيار القلم الحراري فبذلك تنتج حرارة داخل الجهاز وتكون كبيرة الحجم تأخذ حيزاً كبيراً في الجهاز ولها وزن مما يزيد من الوزن الإجمالي للجهاز.




**شكل 3-30 يمثل المخطط الكتلوي لدائرة السيطرة على حرارة القلم الحراري في جهاز (E.C.G)**

## 6- مرحلة السيطرة على سرعة المحرك

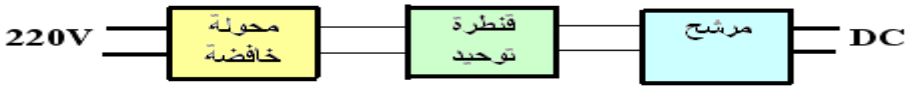
تقوم هذه المرحلة بالسيطرة على سرعة المحرك وهو محرك نوع مستمر (DC Motor) بحيث تكون ثابتة من بداية التخطيط الى نهاية التخطيط لانه اذا تغيرت السرعة إثناء التخطيط سوف تتشوه الإشارة القلبية ماتفسر بوجود مرض عند قراءة الطبيب لها. ان هذه المرحلة تتكون من ترانزستور قدرة يقوم بتوصيل الجهد الـ (DC) الى المحرك عن طريق مقاومة قيمتها (1Ω) حيث تقوم هذه المقاومة بتوصيل اشارة الى دائرة تحول هذه الإشارة الى إيعاز الى الترانزستور المربوط مع المحرك حيث تقوم بزيادة توصيل الترانزستور إذا زادت الفولتية على هذه المقاومة والعكس بالعكس. ان الزيادة والنقصان في الفولتية على المقاومة (1Ω) ناتج من زيادة تيار او نقصانه في المحرك وهذه الزيادة او النقصان في التيار تحدث نتيجة وجود تحميل على المحرك والشكل(3 - 31) يمثل المخطط الكتلوي لهذه المرحلة.




**الشكل 3-31 يمثل المخطط الكتلوي لمرحلة السيطرة على سرعة المحرك في جهاز ( E.C.G. )**

## 7- مرحلة تجهيز القدرة

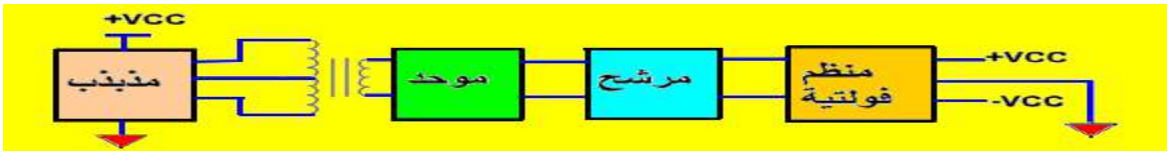
في هذه المرحلة يتم تحويل (220V-AC) الى DC أكثر بقليل من الجهد التصميمي الى الـ (Vcc) المعتمد لكل جهاز ويتم الاستفادة من هذا الجهد (DC) لتشغيل مكبر العمليات وتوفير الانحياز للترانزستورات وتجهيز القلم الحراري والمحرك. تتألف هذه الدائرة من محولة خافضة وقنطرة توحيدالتي تحول (AC) الى (DC) وبعدها دائرة ترشيح لتصفية الجهد المستمر كما في الشكل (3-32).




**شكل 3-32 المخطط الكتلوي لمرحلة تجهيز القدرة**

## 8- مرحلة تنظيم الفولتية الـ(DC)

المخطط الكتلوي بالشكل (3-33) يوضح عمل مرحلة تنظيم الفولتية DC حيث تقوم بتحويل الفولتية من DC الى AC باستخدام مذبذب ذي محولة يوصل الملف الثانوي الى موحد (مقوم) (Rectifier) لتحويل الفولتية من AC الى DC، ترشح باستعمال متسعة كيمياوية للحصول على فولتية مستمرة بدون تموجات وتوصل الى منظم الفولتية (Voltage Regulator) لتثبيت الفولتية الخارجة Vcc+ و Vcc-




**الشكل 3-33 يمثل المخطط الكتلوي لدائرة تنظيم الفولتية في جهاز (ECG)**

ان الغاية من تحويل ال (DC) الى (AC) ثم تحويلها من (AC) الى (DC) مرة أخرى هو لعزل المريض عن دائرة تجهيز القدرة لان المحولة في المذبذب لها ملفان الابتدائي متصل كهربائيا بدائرة تجهيز القدرة الـ (220V-AC) اما الملف الثانوي فهو مرتبط كهربائيا بالجهد الـ (DC) الخارج من المرحلة والمتمثل في (+VCC) و (-VCC) و (الأرضي العائم) وهذه جميعها معزولة كهربائيا عن دائرة ال (220V) فاذا حصل أي عطل كهربائي في جهة (220V) فأن المحولة لاتستطيع تمرير ال (220V) الى المريض بسبب ان هذه المحولة معزولة كهربائيا مرتبطة مغناطيسيا كما وان مرحلة تنظيم الفولتية تقوم بانتاج فولتيات ثابتة (100%) والتي يستفيد منها في تجهيز الانحياز للترانزستورات والمكبرات لان أي زيادة او نقصان في هذه الفولتيات سوف تؤدي الى تشويه في تكبير الإشارة القلبيةلان المكبرات تقوم بالتكبير الف مرة. في بعض المراحل ذكرنا الأرضي العائم وهو الفولتية المرجعية التي تتولد في الجهاز وتجمع من كل المراحل وترسل الى المقارن الذي يذهب الى الرجل اليمنى.

# أسئلة الفصل الثالث

س1- كيف تنتقل النبضة العصبية من النخاع ألشوكي الى كل أجزاء القلب؟ وماهو الاستقطاب وإعادة الاستقطاب؟

س2- ماهي النبضة القلبية؟ وبماذا تُعَلمْ؟ وماذا تعني كل علامة؟

س3- ماذا تمثل المربعات على ورق التخطيط؟

س4- ماهي أنواع الأقطاب في جهاز تخطيط القلب؟

س5- ماهي مواقع الأقطاب للإطراف والصدر؟

س6- ماذا تمثل الرجل اليمنى؟

س7- مم يتكون كيبل المريض؟

س8- ماهو مثلث (آين هوفن)؟ وماذا يمثل؟

س9- ماهي مراحل جهاز تخطيط القلب؟

س10- ماذا تتميز مرحلة إدخال الإشارة؟

س11- ماهو المكبر المتعادل؟ وماهي شبكة ولسن؟ وماهو مفتاح اختيار الليدات؟

س12- مافائدة مرحلة الرجل اليمنى؟

س13- من ماذا يتكون المكبر الأولي؟

س14- ماهي مكونات المكبر الرئيسي؟

س15- لماذا توضع دائرة الكترونية مكونة من (FET) لتأريض الإشارة؟

س16- كيف يمكن التحكم في ارتفاع الإشارة القلبية؟ ولماذا نتحكم فيها؟

س17- ماهي المكونات الاساسية لمرحلة تسويق الإشارة القلبية؟

س18- كيف يتحرك القلم الحراري؟

س19- ماهو الكلفانوميتر؟

س20- لماذا نتحكم بحرارة القلم الحراري؟ ومافائدة وحدة التحكم في حرارة القلم الحراري؟

س21- لماذا نتحكم في سرعة الماطور؟ ولماذا يجب ان تكون سرعة الماطور ثابتة لكل مريض في أثناء التخطيط؟

س22- لماذا يجب ان تكون الفولتية (DC) منظمة؟

س23- ماسبب وجود محولة في مرحلة تنظيم الفولتية؟

# الفصل الرابع

## جهاز منظم ضربات القلب الاصطناعي وجهاز الرجة الكهربائية

**الأهداف:** بعد ان يكتمل الفصل يستطيع الطالب أن :-

1 - يعرف أنواع وأنماط منظمات القلب الاصطناعية.
2– يعرف مساوئ استعمال منظم ضربات القلب الخارجي.
3 - يرسم المخطط الكتلوي للمنظم الاصطناعي غير التزامني والمنظم الاصطناعي عند الطلب.
4 -يعرف أنواع المذبذبات المستعملة في أجهزة تنظيم ضربات القلب.
5- يعرف أنواع ومزايا اجهزة الرجة الكهربائية.
6 - يعرف تركيب وعمل جهاز الرجة الكهربائية غير المتزامن والمتزامن.
7 - يعرف الأشكال الموجية لأجهزة الرجة الكهربائية.

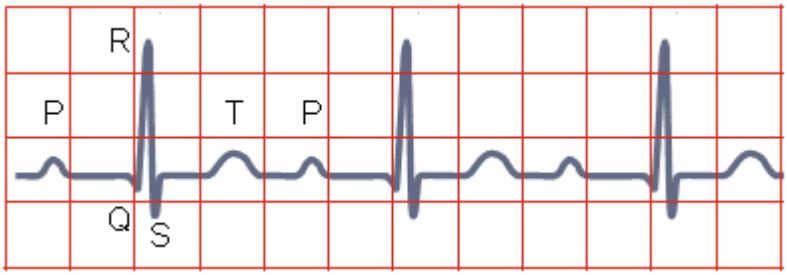
| محتويات الفصل الرابع | |
|---|---|
| (4 – 1) منظم ضربات القلب الاصطناعي | (4 – 4) أنواع أجهزة الرجة الكهربائية. |
| (4 – 1 – 1) مساوئ استعمال منظم ضربات القلب الخارجي | (4- 5) الأشكال الموجية المستعملة في أجهزة الرجة الكهربائية |
| (4 – 2) الأنماط الاساسية لمنظم الضربات | (4 – 6) جهاز الرجة الكهربائية (DC) غير المتزامن |
| (4 - 2 - 2) منظم ضربات القلب الاصطناعي عند الطلب | (4 – 7) جهاز الرجة الكهربائية (DC) المتزامن |
| (4 – 2 - 3) منظم ضربات تزامن - الأذينين | (4 – 7 - 1) دائرة التحويل الالكتروني |
| (4 – 2- 4) نمط كبح الموجة (R) | (4 – 8) أجهزة الرجة المزروعة |
| (4 – 2 - 5) منظمات ضربات القلب الحديثة | (4 – 9) أقطاب جهاز الرجة الكهربائية |
| (4 – 3) جهاز الرجة الكهربائية | (4 – 10) مزايا أجهزة الرجة الحديثة |

# الفصل الرابع

# منظم ضربات القلب الاصطناعي وجهاز الرجة الكهربائية

## 4 – 1 منظم ضربات القلب الاصطناعي ( Artificial Pacemaker)

هو جهاز الكتروني يولد نبضات كهربائية اصطناعية للقلب عندما يحصل خلل في التوصيلية الكهربائية بين أذيني وبطيني القلب، وتعمل هذه النبضات على تحفيز عضلات القلب وتنظيم ضرباته. حيث يفقد القلب القدرة الكلية أو الجزئية على ضخ الدم الكافي بسبب فقدان العقد القلبية القدرة على توليد النبضات الكافية للحصول على الكهربائية اللازمة لاستمرار تقلص وانبساط العضلات بصورة طبيعية وبالسرعة الكافية وتسمى هذه الحالة المرضية بالانسداد القلبي. شكل (4 – 1) يوضح الإشارة القلبية الطبيعية. حيث أن حدوث الخلل في احد أجزاء الإشارة القلبية يسبب الانسداد القلبي الجزئي أو الكلي.

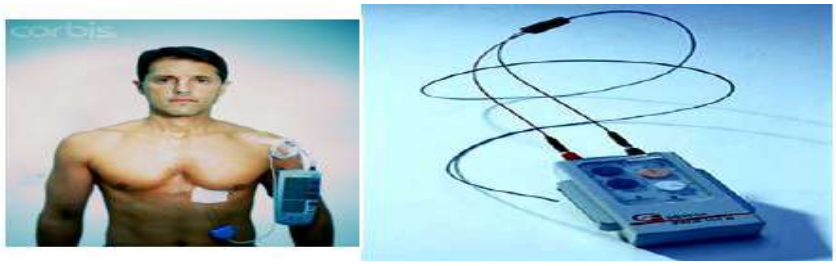



**شكل 4 – 1 الإشارات القلبية الطبيعية**

لذلك وجب استعمال منظم ضربات القلب الاصطناعي، وبموجب التصنيف الذي يعتمد على موضع تثبيت المنظم في الجسم ومدة استعماله، تصنف المنظمات الى نوعين هما :-

### 1 – منظم ضربات القلب الخارجي (External)

يثبت هذا المنظم في اليد أو الخصر بحزام رابط وتغرس أقطابه مباشرة بعضلات القلب، يستعمل عادة في بداية الأزمة القلبية وخصوصا إذا كان معدل انخفاض ضربات القلب غير طبيعي بالاعتقاد أن تمر الأزمة القلبية خلال أيام فقط، ويؤدي ذلك الى حالات قابلة للعلاج أو التصحيح. الشكل (4 – 2) يوضح نماذج من منظمات القلب الخارجية التي تحتوي على المكونات الرئيسة نفسها للمنظمات الداخلية.

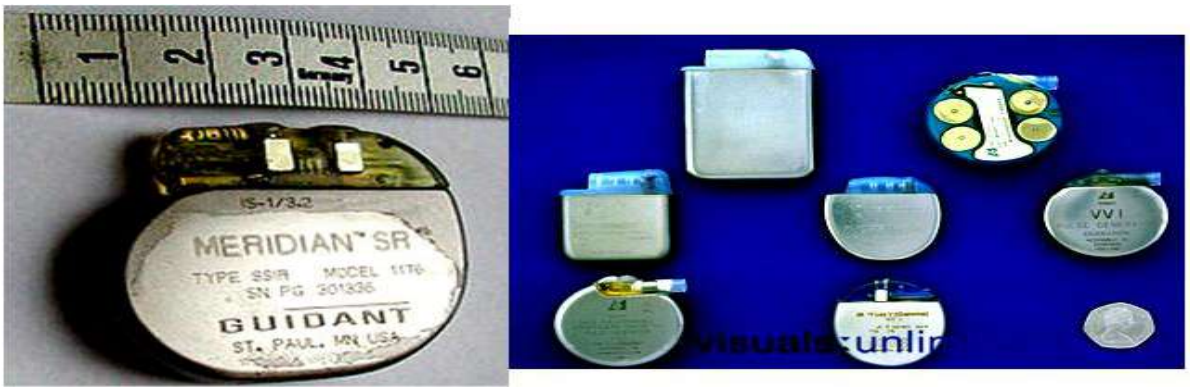


**شكل 4 – 2 منظمات ضربات القلب الخارجية**

## 2 – منظم ضربات القلب الداخلي (Internal)

ويزرع هذا المنظم بأكمله مع الأقطاب داخل الجسم، وهو ضروري عندما يصبح معدل انخفاض ضربات القلب مزمنا وتدوم الأزمة القلبية لأكثر من بضعة أيام. شكل (4 – 3) يوضح أنواع المنظمات الداخلية.

**الشكل 4 – 3 منظمات ضربات القلب الداخلية**




## 4 –1– 1 مساوئ استعمال منظم ضربات القلب الخارجي

- يسبب القطب حرق الجلد لذلك يجب استعمال مادة الهلام (Jelly) لعمل توصيل جيد ومنع الحرق.
- النبضات الكهربائية تكون مؤلمة.
- النبضات تسبب انقباض غير مريح لعضلات القلب حول منطقة الأقطاب.

## 4 – 2 الأنماط الاساسية لمنظم ضربات القلب

1 – النمط الغير تزامني (Asynchronous)
2 – النمط عند الطلب (Demand Mode)
3 - النمط تزامن الأذينين (ModeSynchronousAtrial)
4 – نمط كبح الموجة (R) (An R-wave Inhibited PacemakerMode)
5 - منظمات ضربات القلب الحديثة

## 4 – 2 - 1 منظم النمط الغير تزامني

أجزاء مولد النبضات الغير تزامني :

يتكون جهاز مولد النبضة (النبضات) الكهربائي من الأجزاء الآتية:-

1 – مصدر قدرة (Power Source).
2 – مذبذب (Oscillator).

المذبذب هو المكون الرئيسي لجهاز تنظيم ضربات القلب،ومن أنواع المذبذبات المستعملة ما يأتي :-

أ - مذبذب المنع (Blocking Oscillator)

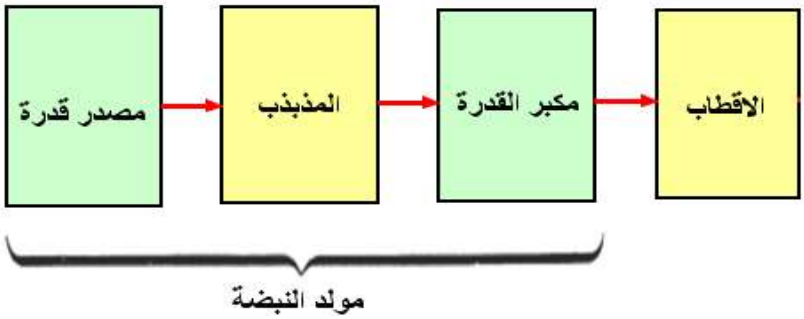
ب - المذبذب الغير مستقر (Astable Multivibrator)
ج - المذبذب آحادي الاستقرار (Monostable Multivibrator)
3 – مكبر قدرة (Power Amplifier)

4 – الأقطاب (Electrodes) :- تصنع الأقطاب من سبيكة لا تصدأ وتتحمل جميع الظروف الكيمياوية من أملاح وأحماض الموجودة داخل القلب وتكون من النوع الابري وتكون على نوعين :.

أ - الأقطاب المغروسة في الجدار الخارجي لعضلة القلب (Myocardial Electrodes).

ب - الأقطاب المغروسة في الجدار الداخلي لعضلة القلب (Endocardial Electrodes).

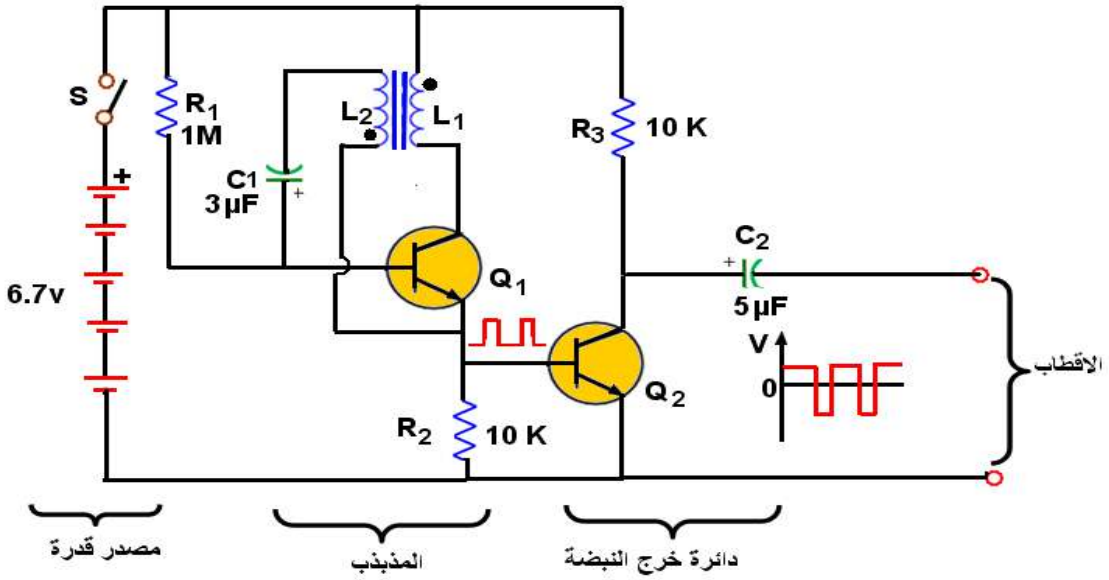
شكل (4 – 4) يوضح المخطط الكتلوي لمولد النبضات، وهو من الأجهزة البسيطة (الغير متزامنة) التي تنقل معدل ثابت من النبضات الى البطين،حيث يمكن زرعه داخليا ليكون دائمي أو وضعه خارجيا.




**شكل 4 – 4 المخطط الكتلوي لمولد النبضات الغير تزامني**

## دائرة مولد النبضات الالكترونية

عند غلق مفتاح مصدر القدرة (S)، تجهز المقاومة (R1) تيارالانحياز الامامي الى قاعدة الترانزستور (Q1)، ويصبح (Q1) في حالة توصيل. ويسري تيار الباعث للترانزستور (Q1) خلال المقاومة (R2) ليولد تيار قاعدة الترانزستور (Q2)، ويعمل (Q2) أيضا على تكبير تيار قاعدته ويعطي نبضة لخرج المذبذب. لاحظ الشكل (4 – 5) حيث (Q2) يعمل كمفتاح لإعطاء النبضات للأقطاب المغروسة في القلب وعندما يمر تيار الجامع للترانزستور (Q1) خلال الملف الابتدائي للمحولة يولد فولتية محتثة في الملف الثانوي بقطبية معاكسة (سالبة) تسبب تفريغ شحنة المتسعة (C1) فيصبح (Q1) منحاز عكسيا فيتوقف ويصبح في حالة قطع وكذلك يتوقف (Q2) ثم تتعاقب الدائرة بتوليد النبضات. من محاسن هذه الدائرة بساطتها وحاجتها الى عناصر الكترونية قليلة ومن مساوئها حاجتها الى محولة كبيرة نسبيا فتكون ثقيلة ومكلفة. أما عرض النبضة وترددها فيعتمد على العناصر (L2,C1,R1) التي تحدد ثابت الزمن لدورة النبضة.




**شكل 4 – 5 دائرة مولد النبضات الالكترونية**

## 4 - 2 - 2 منظم ضربات القلب الاصطناعي عند الطلب (Demand Pacemaker )

من مساوئ استعمال المنظمات السابقة (غير المتزامنة)، أنها تنقل معدل نبضات ثابت مع إهمال فعالية القلب التلقائية، كما أنها تتنافس مع فعالية القلب الطبيعية وبعض الأحيان تسبب رجفة البطين أو الأذين. حيث ادخل مفهوم منظم عند الطلب سنة (1964)، وأصبح قاعدة لجميع منظمات عند الطلب الحديثة.ومنظم عند الطلب يقوم بالتحسس (استشعار) لفعالية القلب الجوهرية من خلال التقاط موجة القلب عن طريق الأقطاب، ثم يقوم بتوليد نبضات محفزة الى القلب وجعل إشارة القلب طبيعية. ويشمل منظم عند الطلب النوعين الآتيين :-

### أ- منظم عند الطلب آحادي الغرفة ( Single Chamber Pacemaker)

شكل (4 – 6) يوضح المخطط الكتلوي لمنظم عند الطلب آحادي الغرفة، حيث يتكون من الأجزاء الرئيسة الآتية :-

1 – دائرة مكبر متحسس (Senser Amplifier)

تعمل على تكبير سعة النبضات وجعل إشارة القلب طبيعية مع ترشيح الإشارات غير المرغوب فيها وترشيح موجات التداخل وتقليل ضوضاء التردد العالي.

2 – دائرة مسيطر (تحكم) التوقيت (Timing Control)

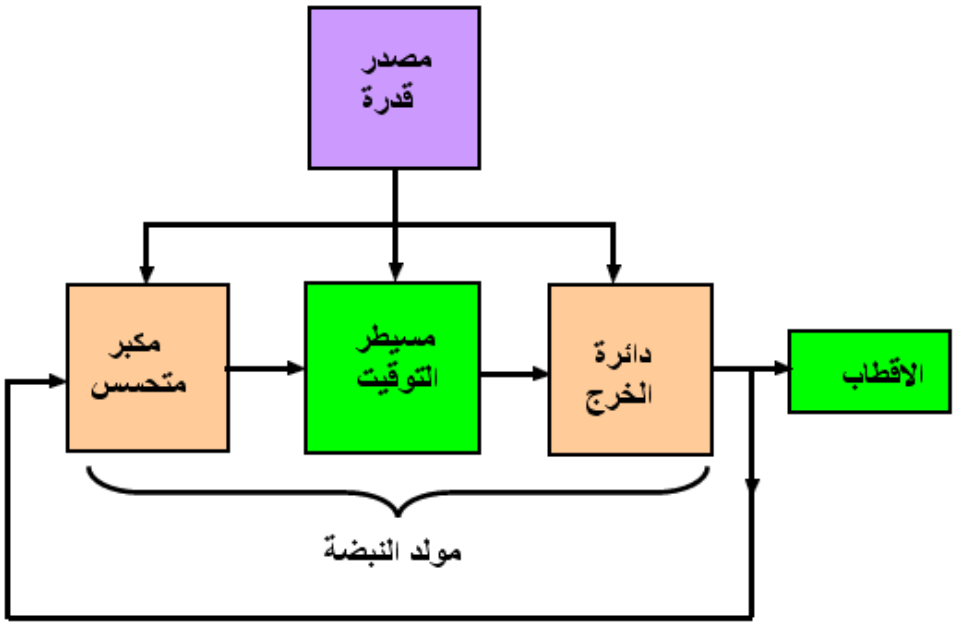
تعمل كمذبذب والتحكم بمعدل عدد النبضات لكل دقيقة وتحديد ثابت زمن النبضة.

3 – دائرة الخرج (Output Circuit)

تعمل هذه الدائرة كمفتاح للتحكم بتوصيل وقطع التيار الكهربائي في دائرة القطب.

4 – الأقطاب (Electrodes)

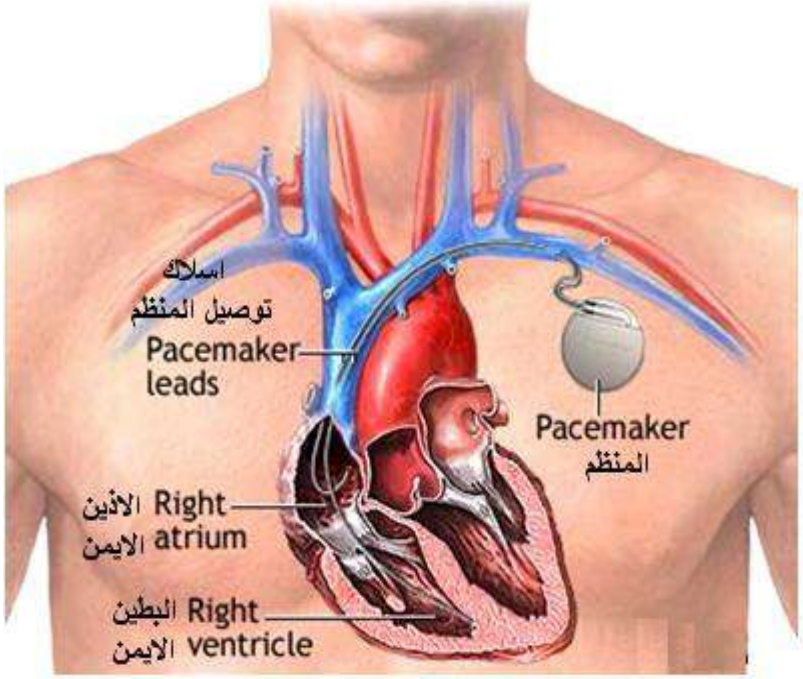
يتم توصيل قطب المنظم الى الأذين الأيمن أو الى البطين الأيمن، ويسمى هذا المنظم بمنظم غرفة واحدة أو (آحادي الغرفة). شكل (4 – 6 ) يوضح منظم ذي غرفة واحدة وقطبه مغروس في البطين الأيمن




**شكل 4 – 6 منظم ذو غرفة واحدة وقطبه مغروس في البطين الأيمن**

## ب- منظم ضربات ثنائي الغرفة-عند الطلب (Dual-Chamber Pacemaker )

تم تطوير منظم آحادي الغرفة-عند الطلب، من خلال إضافة دائرتين :( تحكم توقيت ومرحلة خرج) لتنظيم ضربات القلب، ويسمى هذا المنظم بثنائي الغرفة ، لذا فله سلكي توصيل، الأول يوضع في الأذين الأيمن والآخر في البطين الأيمن. حيث انه يتحسس الفعالية الكهربائية في الأذين والبطين ومعرفة الحاجة الى تنظيم النبضات في كل من الأذين أو البطين. شكل (4 – 7) يوضح منظم ضربات نوع ألدائمي وكيفية ربط سلكي توصيل الى كل من الأذين والبطين.




**شكل 4 – 7 منظم ضربات القلب ثنائي الغرفة**

وقد طور منظم ثنائي الغرفة ليحتوي على منظومة أخرى للتحسس الخارجي تعمل على قياس بعض الثوابت ذات الصلة بجسم المريض ( مثل حركة الجسم، معدل التنفس، نسبة (pH) وضغط الدم)، كما احتوى أيضا على دوائر تحكم لوغارتمية ومنطقية تقوم بتنظيم استجابة المنظم بموجب الكمية المقاسة، وهذه الأجهزة تسمى بمنظمات استجابة التردد (Frequency- Response Pacemaker).

## 4 - 2 - 3 منظم ضربات تزامن -الأذينين ( Synchronous Atrial)

وهو يتحسس بتقلص أشارة الأذينين الكهربائية وبعد وقت محدد يحفز البطينين للتقلص مما ينتج ان يستعيد القلب نبضته الطبيعية.

## 4 - 2- 4 نمط كبح الموجة ( R ) (An R-wave Inhibited Pacemaker)

وهو نمط مشابه لمنظم عند الطلب، ماعدا انه لا يبعث نبضات خلال فعالية القلب الطبيعية لذلك يكون عمر البطارية طويل في هذا النمط. ويحتوي المنظم على دائرة قدح تكبح دورة زمن كل موجة –R أثناء مرورها.

ملاحظة:-

يصنع الغلاف الخارجي لمنظم ضربات القلب من التيتانيوم (Titanium) التي لا تؤثرفي الجسم.

## 4 - 2 - 5 منظمات ضربات القلب الحديثة

المنظم الحديث يعمل مع تقنية الحاسوب الآلي، حيث يحتوي على ذاكرة حفظ ومتحكم (معالج) دقيق ويحتوي المنظم على متحسسات، لذلك فهو يستجيب للتغيرات الجسدية. ومن مزايا استعمال أجهزة تنظيم ضربات القلب الحديثة ما يأتي :-

1 – تعمل على حفظ المعلومات المتعلقة بعملها وتسجيل النشاط الكهربائي للقلب.
2- يعمل المعالج الدقيق على حساب واستخراج أنواع النبضات الكهربائية التي يحتاجها القلب لتنظيم ضرباته.
3 – يعمل المتحسس على مراقبة حركة الجسم، حرارة الدم، التنفس وغيرها من الفعاليات الفيزيائية.

4 – يمكن تغير قوة وتردد النبضات لتكون ملائمة لحالة المريض في أثناء الراحة أو الجهد، كما تستعمل المنظمات لمعالجة قصور القلب ألاحتقاني وبعض الأزمات القلبية.
5– بعد دمج المنظمات مع أجهزة الرجة الكهربائية المزروعة في جهاز واحد أصبحت الآن قادرة على معالجة كل من الأذين السريع والبطيء في المريض نفسه.
6 – يمكن برمجتها عن طريق جهاز خارجي عن بعد والتحكم بمقدار قوة ومعدل النبضات الكهربائية.
7 - تعمل ببطارية الليثيوم التي يقدر عمرها بحدود (25) عام، ووزن المنظم لا يتعدى(25) غرام وطوله (6) ملم وسمكه (8) ملم.

## 4 – 3 جهاز الرجة الكهربائية (DC- Defibrillator)

جهاز الرجة أو جهازإنعاش القلب أو الصدمات الكهربائية، يستخدم لتصحيح عدم انتظام عمل القلب أو التوقف التام أو المفاجئ لعمل القلب، لكي يعود القلب إلى القيام بدوره الطبيعي يستخدم الجهاز في حالتين:-

1- عند توقف عمل القلب تماماً عن العمل، ويتم إعطاء المريض طاقة كهربائية على شكل شحنة عن طريق تفريغ المتسعة للشحنة المختارة، حيث يتم شحن المتسعة من خلال المصدر الرئيسي، أو من خلال البطارية الداخلية.

2- عند عدم عمل القلب بصورة طبيعية، حيث يكون هناك اضطراب في انقباض البطينين ويستخدم في هذه الحالة نظام التزامن (Synchronize) لإعطاء الطاقة للمريض حيث يقوم الجهاز بتتبع موجة نبض (PQRST) ويقوم الجهاز بعد ذلك بإعطاء طاقة للمريض بعد ألموجة (R).




**شكل 4 – 8 نماذج من أجهزة الرجة الكهربائية**

## 4 – 4 أنواع أجهزة الرجة الكهربائية

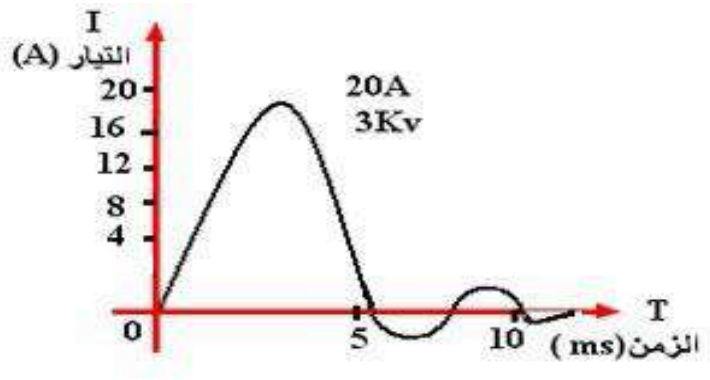
ومن أنواع أجهزة الرجة الكهربائية ما يأتي :-

1. جهاز الرجة الكهربائية نوع متناوب:- وهو من الأجهزة القديمة وله مساوئ ومضار للجسم وخاصة بالنسبة لانقباض الاذينين ولحاجة عدد من الرجات عند حالة انقباض البطينين.
2. جهاز الرجة الكهربائية نوع التيار المستمر (DC) الغير متزامن.
3. جهاز الرجة الكهربائية نوع التيار المستمر (DC) المتزامن.
4. أجهزة الرجة المزروعة.

## 4- 5 الأشكال الموجية المستعملة في أجهزة الرجة الكهربائية

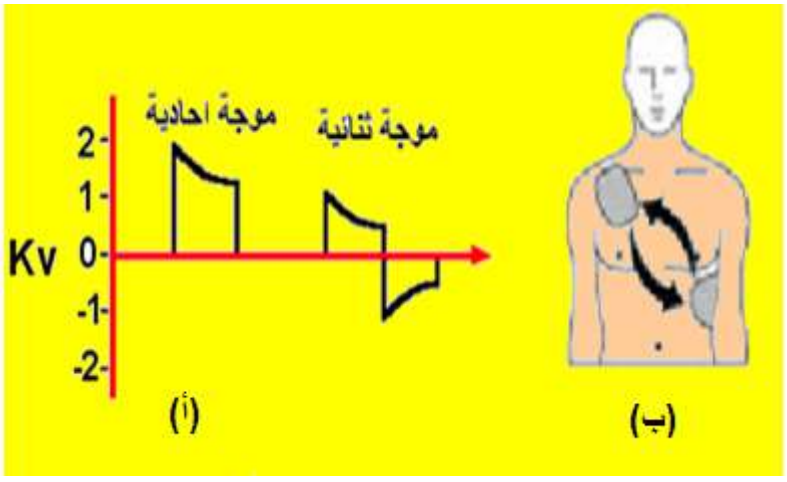
تعتمد أنواع أجهزة الرجة واستخداماتها على شكل الموجة الخارجة من متسعة التفريغ، وهنالك عدة أنواع من الأشكال الموجية ومنها ما يأتي :-

**1 – موجة لون (Lown Wave):-** وهي نسبة الى مكتشفها العالم (لون). شكل (4 -9) يوضح موجة لون في حالة تطبيق فولتية (3kV) وتيار( 20A). حيث تنخفض الفولتية في فترة قصيرة تقارب (5) ملي ثانية وبعد ذلك تنعكس قطبية الفولتية.




**شكل 4 – 9 موجة لون**

**2 – الموجات الأحادية والثنائية:-** نظام كل من هذه الموجات يستعمل في الأجهزة الحديثة، حيث انها تسبب حروقا قليلة وأقل ضرر لعضلة القلب. ففي الموجة الأحادية ينتقل التيار باتجاه واحد من قطب الى القطب الآخر. أما في الموجة الثنائية ينتقل التيار نحو القطب الموجب ثم ينعكس ويرجع. وان أجهزة الرجة ذات الموجة الثنائية تحقق عملية الرجة عند مستويات طاقة واطئة لذلك فهي أكثر فعالية من أجهزة الرجة ذات الموجة الأحادية، شكل (4 – 10) يوضح (أ) الموجة الأحادية والثنائية، (ب) حركة التيار في الموجة الثنائية.

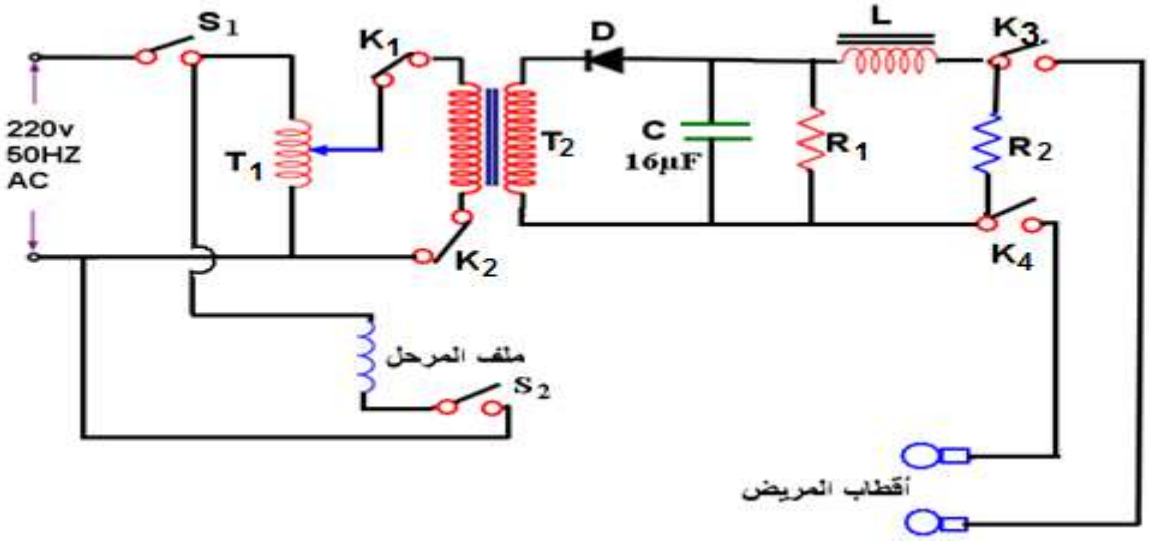



**شكل 4 – 10 الموجة الأحادية والثنائية**

## 4- 6 جهاز الرجة الكهربائية (DC) الغير متزامن

**تركيب الجهاز :**

يتكون الجهاز من محـــولة أوتو متغيـــرة (AutoTransformer) ومحـــولة رافعـــة (TransformerStep-Up)، ومقوم (موحد) نصف موجة يتكون من ثنائي (D) يعمل كمقوم نصف موجة، متسعة (C)، مقاومة ($R_1$)، ملف (L)، مقاومة ($R_2$)، ومرحل، وأقطاب خارجية.
شكل (4 – 11) يوضح مكونات دائرة جهاز الرجة الكهربائية الغير متزامن. حيث أن شكل الموجة التي يولدها الجهاز هي موجة (لون).




**شكل 4 –11 جهاز الرجة الكهربائية غير المتزامن**

**عمل الدائرة**

يتم توصيل فولتية التغذية (220V) الى محولة أوتو(T1) (Auto Transformer) عن طريق توصيل المفتاح (S1) حيث تعمل هذه المحولة على تحديد فولتية المصدر المطلوبة الى المحولة الرافعـــة (T2) التي تصل فولتيتها الى حوالي (7kV) ثم يقوم الثنائي بتمرير التيار باتجاه واحد وتنشحن المتسعة (C) خلال زمن قليل ( ثواني). ونلاحظ ان للمرحل نقاط توصيل (تلامسات) مغلقة ($K_2$، $K_1$) ومفتوحة ($K_3$، $K_4$) وعند توصيل فولتية التغذية (220V) الى المرحل عن طريق غلق المفتاح ($S_2$) فينعكس توصيل تلامساته ويتم تفريغ شحنة المتسعة الى أقطاب المريض. إن الطاقة المخزونة في المتسعة تتناسب طرديا مع سعة المتسعة ومربع الفولتية على طرفيها كما في المعادلة الآتية: -

$$E=\frac{CV^2}{2}$$

حيث أن :

E: الطاقة المخزونة بوحدة الجول –J، (واط. ثانية W.sec)

C: سعة المتسعة بالفاراد (F).

V: الفولتية بالفولت (V).

في حالة استعمال جهاز طاقته العظمى (400) جول، تكون قيمة الفولتية من (2kV الى 9kV) وتكون سعة المتسعة من (10 µF الى 50 µF). عند استعمال جهاز طاقته بحدود (Joul 100-50) فيمكن تكرار عملية

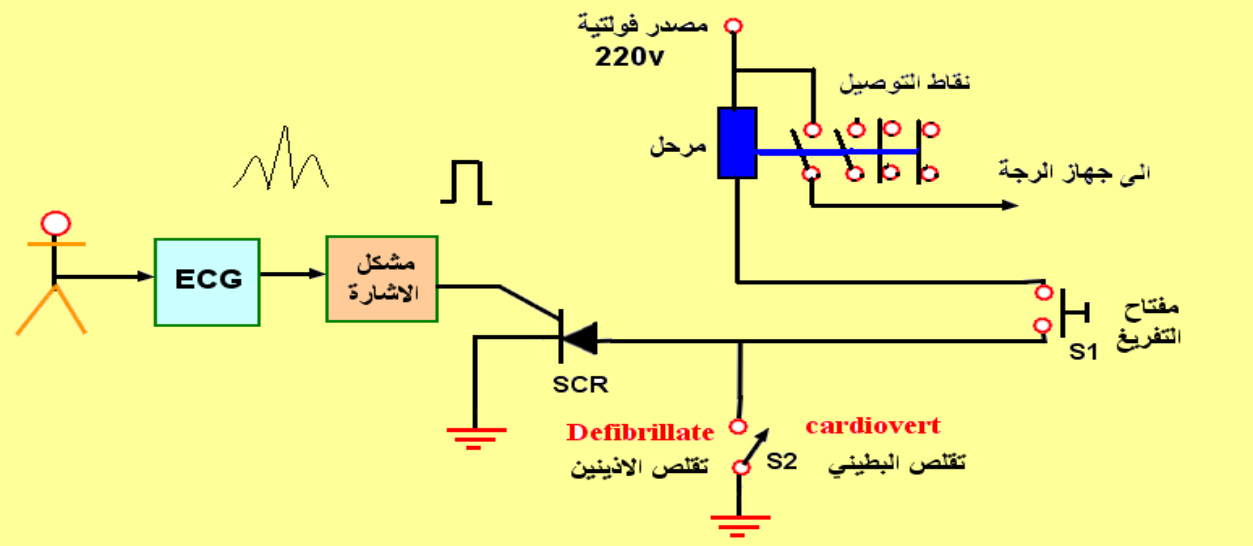
الرجة الكهربائية. علما بان هنالك فقدان في الطاقة المنقولة بسبب مقاومة جسم المريض ومقاومة الأقطاب. ويمكن تكرار عملية الرجة الكهربائية.

## 4- 7 جهاز الرجة الكهربائية (DC) المتزامن

ومن الضروري أن تتزامن الرجة الكهربائية مع الموجة (R) لقلب المريض، حيث يمكن أن يوصل مع جهاز الرجة الغير متزامن دائرة تحويل تعمل كمفتاح الكتروني. حيث تكون جزءا من دائرة جهاز الرجة أو تكون جزءا من راسم الموجة القلبية (E.C.G.) وتسمى بدائرة التحويل الالكتروني أو المتزامن.

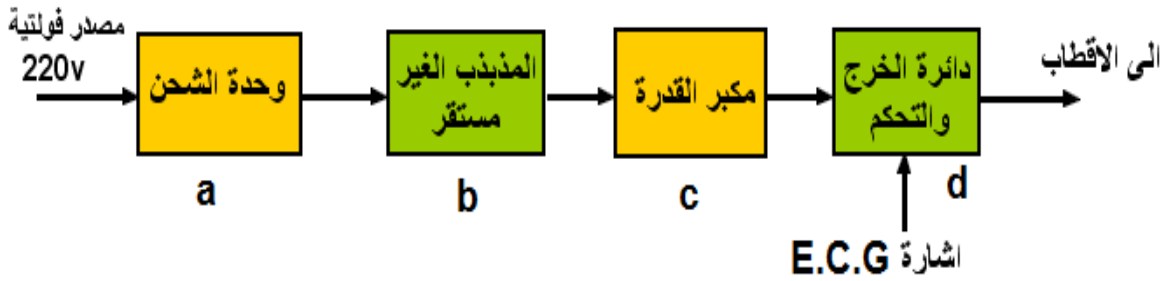
### 4 – 7 – 1 دائرة التحويل الالكتروني (Cardioverter)

عند استخدام جهاز الرجة القلبية لشخص يعاني من تقلص الاذينين فقد يؤدي الى مرض اشد وهو تقلص البطينين لذا تستخدم دائرة التحويل الالكتروني أو دائرة تزامن كما في شكل (4 –12).




**شكل 4 –12 دائرة التحويل الالكتروني باستعمال مفتاح السيطرة السليكوني**

ففي حالة تقلص الأذينين يكون وضع المفتاح ($S_2$) على (Defibrillate)، وغلق المفتاح (S1) فستغلق نقاط المرحل المفتوحة، وتفرغ المتسعة شحنتها. أما في حالة التقلص البطيني فيوضع المفتاح ($S_2$) في الموضع (Cardiovert)، فان المرحل لا يعمل إلا عند غلق مفتاح السيطرة السليكوني (SCR) وذلك بواسطة نبضة (R) من جهاز إشارة النبضة القلبية (E.C.G.) والتي تغذى الى مشكل الإشارة (Shaper) والذي يحولها الى نبضة رقمية كافية لإغلاق المفتاح (SCR) من خلال البوابة، وعندها فقط يعمل المرحل وتفريغ المتسعة الى المريض بعد حوالي(30 µs)من حدوث نبضة (R). ومن التصاميم الحديثة لأجهزة الرجة الكهربائية المتزامنة التي تعمل بواسطة بطارية قابلة للشحن كما في شكل (4- 13)الذي يوضح المخطط الكتلوي للجهاز ويتكون مما يأتي :-




**شكل 4- 13 المخطط الكتلوي لجهاز الرجة المتزامن**

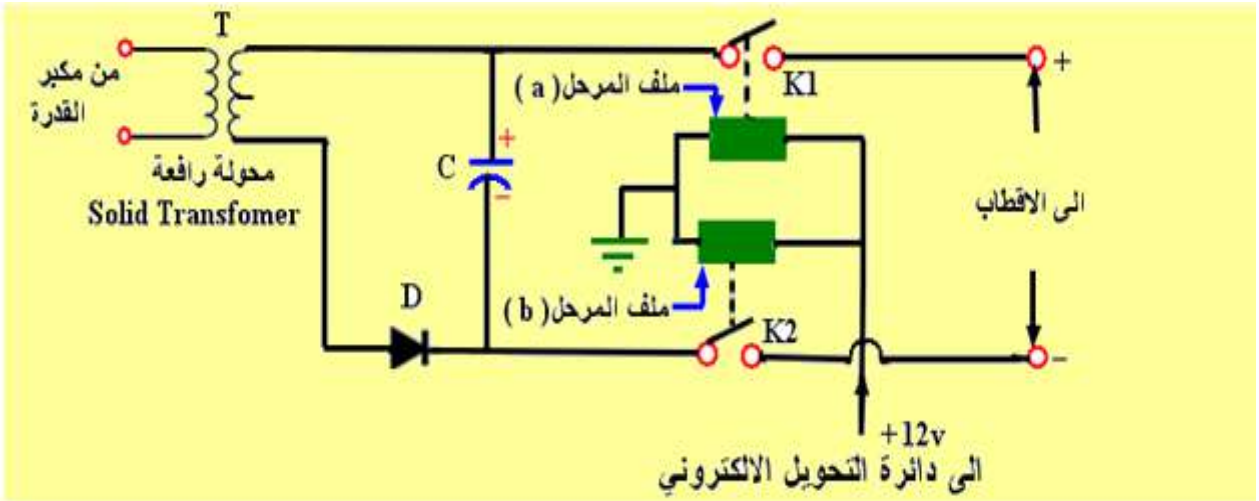
a– **وحدة الشحن:-** تتألف هذه الوحدة من دائرة مقوم قنطرة تعمل على شحن بطارية بفولتية (12V).

b– **دائرة المذبذب الغير مستقر:-** يستعمل هذا المذبذب لتوليد إشارات عالية التردد تعمل على تشغيل دائرة مكبر القدرة. أن دائرة هذا المذبذب تولد نبضات ترددها (45kHz) ذات شكل موجي مربع.

c– **مكبرة القدرة :-** يستعمل ترانزستور تأثير المجال (MOS FET) في هذه المرحلة يعمل كمكبر قدرة للإشارة الخارجة من دائرة المذبذب، وتستعمل محولة رافعة نوع الحالة الصلبة (Solid StateTransformer) التي تعمل على رفع الفولتية الى قيمة عالية بحدود( 7kV). ومن مميزات هذه المحولة أنها ذات عامل جودة عالي وكفاءة عالية عندما تعمل في الترددات العالية.

**d– دائرة الخرج والتحكم:** تتكون هذه الوحدة من الدائرتين :-

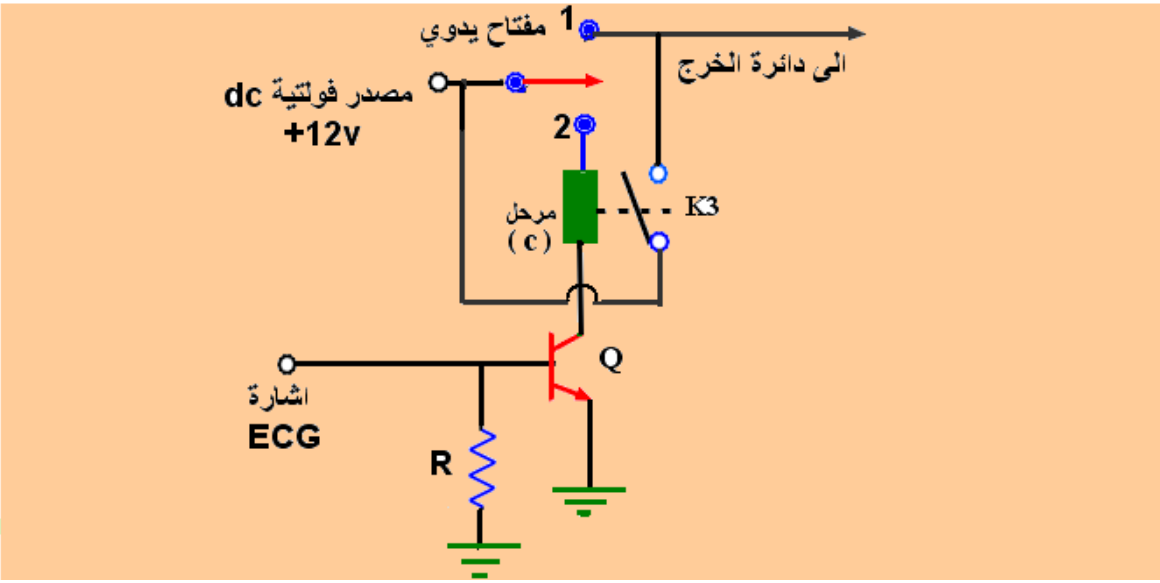
**1. دائرة الخرج:-** شكل (4 – 14) يوضح أجزاء دائرة الخرج. يعمل الثنائي (D)على تقويم نصف الموجة الخارجة من المحولة الرافعة حيث يتم خزن (الشحنة) الطاقة الكهربائية في متسعة (C)، ويتم تفريغ الفولتية العالية المستمرة من خلال نقطتي التوصيل (K1) و (K2) للمرحلين(a) و (b). ويعتمد عمل المرحلين على فولتية التغذية (12V) المجهزة عن طريق دائرة التحكم.




**شكل 4 – 14 دائرة الخرج**

## 2. دائرة التحكم

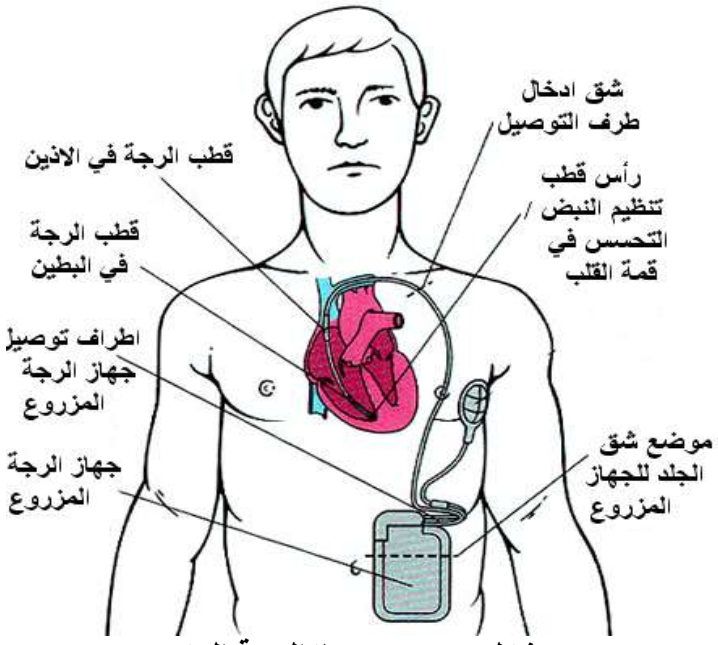
شكل 4 –15 يوضح أجزاء دائرة التحكم أو دائرة التحويل الالكتروني التي تعمل على تزويد دائرة الخرج بالفولتية (12V). في حالة تقلص الأذينين يتم توصيل المفتاح اليدوي الى النقطة (1) فيتم تزويد مرحلي دائرة الخرج (a) و (b) بالفولتية (12V). أما في حالة ألتقلص البطيني فيتم توصيل المفتاح الى النقطة(2) فيكون تفريغ الشحنة عن طريق دائرة التحويل الالكتروني بصورة متزامنة، حيث يستعمل الترانزستور (Q) كمفتاح الكتروني. تستلم إشارة (E.C.G.) وبعد حدوث نبضة (R) يصبح الترانزستور في الانحياز الامامي فيعمل على تشغيل المرحل (c) وتنغلق النقطة (K3) مما يؤدي الى تشغيل المرحلين (a) و (b) وتحدث عملية الرجة الكهربائية من خلال القطبين المربوطين الى جسم المريض.




**شكل 4 – 15 دائرة التحويل الالكتروني باستعمال الترانزستور**

## 4- 8 جهاز الرجة المزروع (Implantable Cardiac Defibrillators –ICDs)

جهاز الرجة المزروع هو جهاز متزامن يشبه منظم ضربات القلب، وغالبا ما يستخدم في علاج المرضى المعرضين لخطر توقف القلب المفاجئ، وهذا الجهاز له متحسس للانقباض الأذيني والبطيني، حيث توضع أقطابه مباشرة على عضلة القلب. وهو يجهز طاقة قليلة بحدود (5-30 joul) وبعد دمج المنظمات مع هذه الأجهزة (كما ذكر سابقا) حيث أصبحت الآن قادرة على معالجة كل من الأذين السريع والبطيء في المريض نفسه. شكل (4 – 16) يوضح موضع جهازالرجة المزروع.




**شكل 4 – 16 جهازالرجة المزروع**

## 4 – 9 أقطاب جهاز الرجة الكهربائية

الأقطاب هي العناصر التي تعمل على توصيل الطاقة الكهربائية من الجهاز الى جسم المريض. عند استعمال الأقطاب يجب أن تكون مثبته وموصلة بصورة جيدة بالجسم لكي تصل الطاقة من الجهاز الى القلب بدون تشتيتها ما بين القطب- الجلد ولا تسبب حروق مستمرة للمريض. تحتوي الأقطاب عادة على مفاتيح تحكم حيث يقوم مشغل الجهاز بتوصيل وقطع النبضة الخارجة الى المريض بواسطة الضغط على مفتاح تحكم القطب. والأقطاب تمثل خطرا على المريض والمستخدم معا، ويجب أن يستخدم مادة الهلام (Jelly) أو كريم لتقليل من مقاومة الجسم حتى يتم الاتصال. ومن أنواع أقطاب الرجة ما يأتي :-

1-القطب الامامي (Anterior Paddles):يوضع القطبين مباشرة على صدر المريض.

2-القطب الخلفي/ الامامي (Posterior/ Anterior Paddles) :يوضع طرف القطب على الظهر تحت المريض على الظهر والطرف الآخر على الصدر ويكون القلب بينهما.

3- قطب الأطفال (Pediatric Paddles).

4-القطب الداخلي (Interior Paddles) :تربط مباشرة على القلب خلال عملية القلب المفتوح.

## 4 – 10 مزايا جهاز الرجة الكهربائية الحديث

تستعمل أجهزة الرجة الحديثة لمعالجة عدة أمراض قلبية، منها الرجفان البطيني وتسرعات القلب الأذينية، ويمكن استعماله للكبار أو الأطفال. حيث يحتوي الجهاز على منظومة (ECG)، يتم عرض شكل الموجة القلبية على شاشة وطابعة ورقية. والجهاز مجهز ببطارية قابلة للشحن. وللجهاز مصابيح دلالة: مصابيح لبيان مقدار الشحن ومصابيح لبيان جودة التوصيل بين القطبين وسطح الجلد، ومصباح يشير الى جاهزية شحن المتسعة. كما إن الجهاز يصدر إنذارات صوتية في حالة تجاوز حدود غير الاعتيادية لتردد القلب. شكل (4 – 17) يوضح جهاز الرجة الكهربائية الحديثة.





**شكل 4 – 17 جهاز الرجة الكهربائية الحديث**

# أسئلة الفصل الرابع

س1- ماذا نعني بالمنظم الطبيعي لضربات القلب؟

س2- عرف منظم ضربات القلب الاصطناعي, واذكر متى يستعمل.

س3- عدد أنواع منظمات القلب الاصطناعية بموجب تصنيف موضع تثبيت المنظم في الجسم مع الشرح الموجز

س4 - ارسم المخطط الكتلي لأجزاء المنظم الاصطناعي الغير تزامني.

س5 - ما هي اهم أنواع المذبذبات المستخدمة في المنظمات؟

س6 - ارسم الدائرة الالكترونية للمنظم الاصطناعي الغير تزامني ثم اشرح خطوات اشتغالها.

س7 - ما العناصر المستخدمة في توقيت أنواع المذبذبات المستخدمة في المنظمات؟

س8 - ما شكل النبضة الخارجة من المذبذب وما فائدتها؟

س9 - ما الفرق بين المنظم الداخلي والمنظم الخارجي؟

س10 – ما مساوئ استعمال المنظم الخارجي؟

س11- عدد أنماط منظمات القلب الاصطناعية.

س12 – ارسم المخطط الكتلوي لأجزاء المنظم الاصطناعي عند الطلب.

س13 – ما الفرق بين المنظم الاصطناعي عند الطلب آحادي الغرفة وثنائي الغرفة؟

س14 – عرف ما يأتي :- منظمات استجابة التردد، منظم نمط تزامن الأذين.

س15 – ما مزايا استعمال المنظمات الحديثة؟

س16 – عرف ما يأتي: جهاز الرجة الكهربائية، أجهزة الرجة المزروعة.

س17 -عدد أنواع أجهزة الرجة الكهربائية.

س18 – اشرح مع الرسم جهاز الرجة الكهربائية الغير متزامن.

س19 – وضح مع الرسم عمل دائرة التحويل الالكتروني ذات المفتاح السليكوني لجهاز الرجة المتزامن.

س20 – ارسم المخطط الكتلوي لجهاز الرجة نوع المذبذب غير المستقر المتزامن.

س21 – اشرح مع الرسم دائرة الخرج ودائرة التحويل الالكتروني لجهاز الرجة نوع المذبذب الغير مستقر المتزامن.

س22 - ما الأشكال الموجية لأجهزة الرجة الكهربائية؟ وضح ذلك مع الرسم.

س23 – عدد أنواع الأقطاب المستعملة في أجهزة الرجة الكهربائية.

س24 - ما هي مزايا أجهزة الرجة الحديثة؟

# الفصل الخامس

## جهاز تخطيط العضلات

**ElectroMyoGraphy (EMG)**

**الهدف العام :** تعرف الطالب على مكونات جهاز تخطيط العضلات ومبدأ عمله وأجزائه.

**الأهداف الخاصة :** بعد ان ينهي الطالب هذا الفصل سيكون قادرا على أن يتعرف على:-

1. الأقطاب المستخدمة في تسجيل أشارة تخطيط العضلات EMG
2. مكونات جهاز تخطيط العضلات EMG
3. مبدأ عمل جهاز تخطيط العضلات EMG
4. دوائر معالجة أشارة تخطيط العضلات EMG



# الفصل الخامس

# جهاز تخطيط العضلات Electro Myo Graph( E.M.G.)

## 5 – 1 النسيج العضلي

يتكون النسيج أو الليف العضلي من اندماج عدد كبير من الخلايا العضلية لذلك فهو يحتوي على عدد كبير من النوى (Nucleus) ويزود العضلة عصب يتألف من ألياف حسية وألياف حركية وتتصل الألياف الحسية بالمغازل العضلية لتحمل الإيعاز العصبي الوارد من العضلة الى الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System (CNS). الجهاز العضلي هو المسؤول عن حركة الأعضاء المختلفة في الجسم بسبب قابلية خلاياه على التقلص والتمدد, تمتلك هذه الخلايا عضيات خلوية خاصة تدعى الليفات العضلية (MyoFibres) وتتميز الخلايا العضلية بطولها ونحافتها بصورة عامة لذا يطلق عليها غالبا الألياف العضلية (Muscle Fibers). تتجمع الخلايا العضلية عادة على شكل حزم أو صفائح مكونة العضلات (Muscle) ويمكن تقسيم العضلات حسب عملها الى ثلاثة أنواع :

1. العضلات الهيكلية Skeletal Muscles
2. العضلات الملساء Smooth Muscles
3. العضلة القلبية Cardiac Muscle

### 1. العضلات الهيكلية Skeletal Muscles

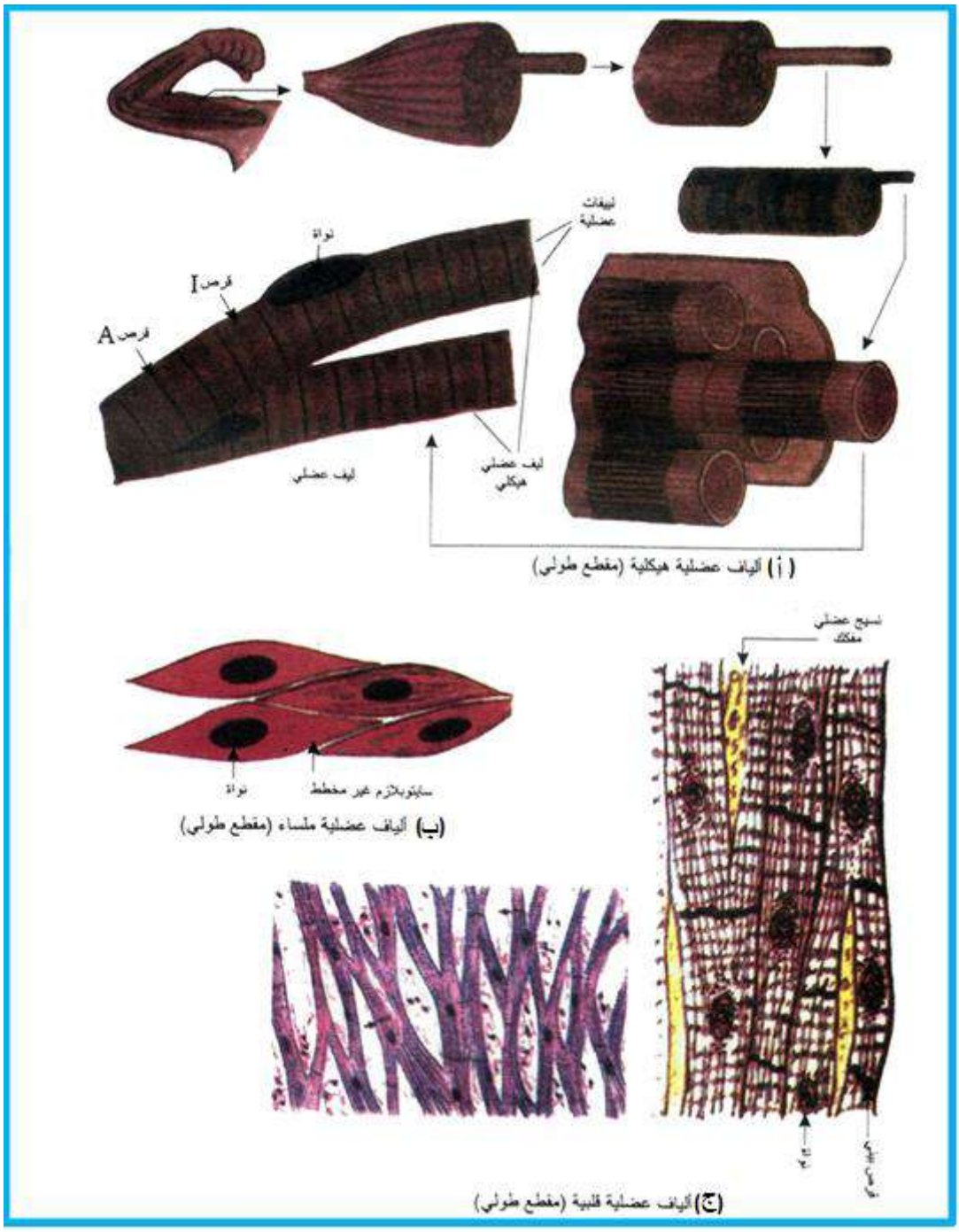
سميت بهذا الاسم لانها ترتبط بالهيكل العظمي (Skeleton) غالبا وتتميز خلايا أو ألياف هذا النوع من العضلات بطولها الفارع وتكون اسطوانية الشكل مستدقة النهايتين متعددة النوى (Nucleuses) وتقع هذه النوى عند محيط الليف. وتتميز ليفات هذا النوع بتخطيطها العرضي حيث تظهر مناطق غامقة تدعى أقراص (Anisotropic) ومناطق فاتحة تدعى (Isotropic) يحاط الليف بغشاء خاص يدعى الغشاء العضلي (Sarcolemma) وتمتاز هذه العضلات ايضا بانها مخططة وارادية (يستخدم مصطلح عضلات أرادية للتعبير عن قدرة الأنسان على التحكم بها).

### 2. العضلات الملساء Smooth Muscles

يوجد هذا النوع من العضلات في جدران الأعضاء الداخلية كالقناة الهضمية والأعضاء التنفسية والشرايين والأوردة وهي تعمل لا إراديا وتكون خلايا هذه العضلات مغزلية الشكل بنهايات مستدقة حادة وتحتوي الخلية على نواة واحدة بيضوية طويلة وسطية الموقع ولا يظهر عليها أي تخطيط عرضي. وللخلية غشاء عضلي يختلف عما في الخلية العضلية الهيكلية (يستخدم مصطلح عضلات لا إرادية للتعبير عن عدم قدرة الانسان على التحكم بها ).

### 3. العضلة القلبية Cardiac Muscle

وهي العضلة الموجودة في القلب وتكون خلايا هذه العضلة أصغر واقصر طولا بكثير من الألياف العضلية الهيكلية وتتميز بتفرعها والتقاء تفرعاتها, وكذلك تحتوى الخلية على نواة واحدة عادة وتكون وسطية الموقع وهي غير إرادية. والشكل (5 - 1) يبين أنواع العضلات في جسم الإنسان.




**شكل 5 - 1 أنواع العضلات في جسم الأنسان**

## 5 – 2 جهد الخلية العضلية Potential Muscle

تتـراوح جهـود الخليـة حسـب مكانهـا وطريقـة عملهـا وبعـدها عـن مركـز الأعصـاب حيـث أن ناقـل الايعـاز أو الجهـد هـو العصـب الـذي ينقـل مـن الـدماغ الـى الخليـة العضـلية وتتـراوح قـيم الجهـود من (50µV – 1mV) وبتردد مقداره (10 Hz – 3k Hz)

## 5 – 3 جهاز تخطيط العضلات Electro Myo Graph (E.M.G. )

وهو جهاز الكتروني طبي كما موضح بالشكل (5 – 2) يستخدم لقياس ومعرفة سلامة وفعالية وقوة عضلات الجسم ومدى سرعة استجابة العضلات للمحفزات الخارجية والداخلية من خلال تخطيط الجهد الكهربائي للعضلة والذي يدعى بالجهـد الكـــهروحياتي (Bioelectric Potential) والذي يمكن قياســـــه بهذا الجهاز وذلك بوضع أقطاب (Electrodes) على العضلة أو بداخلها حسب نوع القطب وكما مر سابقا في المرحلة الأولى في كتاب العلوم الصناعية أن الأقطاب نوعان :-

1. **أقطاب سطح الجسم (Surface Electrodes) والتي توضع على سطح الجسم.**
2. **أقطاب أبرية (Needle Electrodes) والتي تخترق الجلد وتصل مباشرة الى العضلة.**



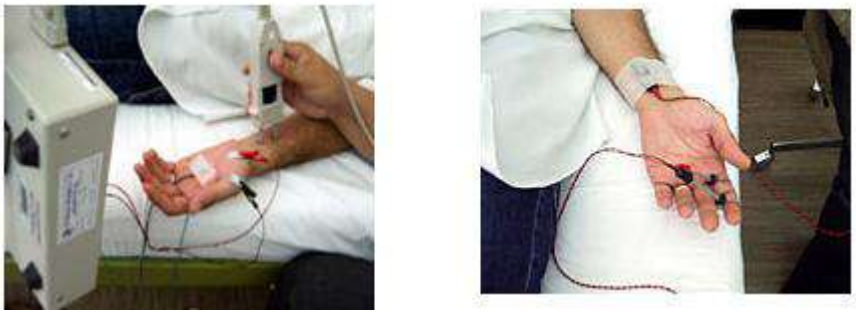

**شكل 5 – 2 جهاز تخطيط العضلات**

أما منشأ كهربائية العضلة فهي الالياف العضلية (Muscle Fibers) نفسها حيث تمتلك هذه الالياف جهدين الأول يدعى بجهد الراحة (Muscle Resting Potential M.R.P) والثاني جهد تقلص العضلة والذي يدعى بجهد الحركة (Muscle Action Potential M.A.P) حيث يتحرك هذا الجهد على طول الليف العضلي حتى يصل الى نهاية الليف ويختفي وخلال حركته هذه يولد مجالا كهربائيا مغناطيسيا حول الليف العضلي ويمكن نقل هذا المجال بواسطة حساسات توضع داخل العضلة وتضخم بواسطة مكبرات ومرشحات أشارة ويتم تسجيله بواسطة جهاز تخطيط العضلات (EMG) وتمتاز أشارة تخطيط العضلات بأنها ضعيفة ويتراوح ترددها بين (10 – 500 Hz) وتتأثر أشارة العضلات بأنواع متعددة من التشويش أبرزها :-

1. تشويش ناتج عن تغير موضع الأقطاب (Motion Artifact) وهذا التشويش ذو ترددات منخفضة يتـــراوح مداها من (0 – 20 Hz) ويتم التخلـــص منها بواسطـــــــــة مرشح امرار تردد نوع (B.P.F) بتردد قطع ( 10 – 20 Hz ).
2. تشويش من الأجهزة الكهربائية (Electrical Noise) المحيطة بجهاز تخطيط العضلات وهذا التشويش ذو ترددات مداها بين (200 – 500Hz) ويتم التخلـــص منها بواسطـــــــــة مرشح يمرر هذة الترددات بتردد قطع ( 200 - 500Hz ) بواسطة (B.P.F).

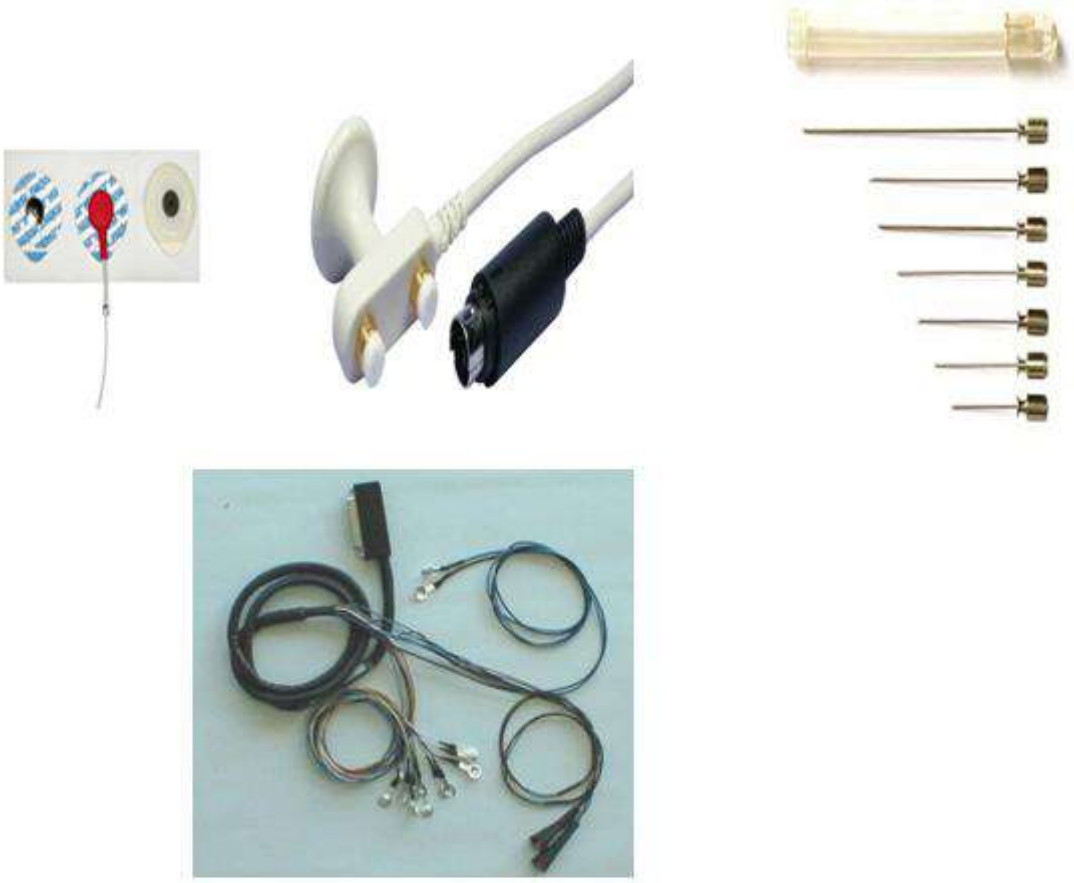
## 5 – 4 كيفية قياس جهدالخلية بواسطة جهاز تخطيط العضلات (E.M.G.)

يختلف قياس جهد الخلية من فحص الى أخر ومن خلية الى خلية أخرى تبعا لموقع الخلية وطريقة نشاطها وبعدها عن مركز العصب فأن الأيعاز العصبي الصادر من الأعصاب والمتجه للعضلة يعتمد أولا على العصب الناقل وثانيا على العضلة نفسها فعند قياس العصب الناقل للأيعاز العصبي نضع قطب أبري أحادي القطب (Unipolar Electrode) من الطرف القريب من جذر العصب المحيطي ونضع القطب السطحي في نهاية العصب المرتبط بالعضلة ونعطي كمية من التيارات المحفزة فيسري التيارات من القطب القريب من العصب المحيطي الى القطب السطحي الموجود عند التقاء العصب بالخلية فيتم حساب كمية التيارات الخارجة والزمن المستغرق والمسافة بين القطبين وعمرالشخص وحجم العضلة والمساحة السطحية للعضلة وبعدها يعطي الطبيب المعالج تشخيصه للعصب أما الفحص الثاني فهو فحص العضلة نفسها فعند قياس جهد العضلة يتم من خلال وضع القطب الأبري ثنائي القطب (Bipolar Electrode) ويقيس جهد الراحة للعضلة ويأمر الطبيب المريض بعمل تحفيز للعضلة وأقرب مثال هو تقليص للعضلة ( Stress Muscle) ويقيس بعدها جهد الفعل للخلية العضلية ويقارنها مع أشارات ثابتة موجودة عند الطبيب ويعطي تشخيصها للطبيب المعالج لاحظ الشكل (5 – 3).



**شكل 5 – 3 طريقة ربط أقطاب جهاز تخطيط العضلات الى جسم الأنسان**

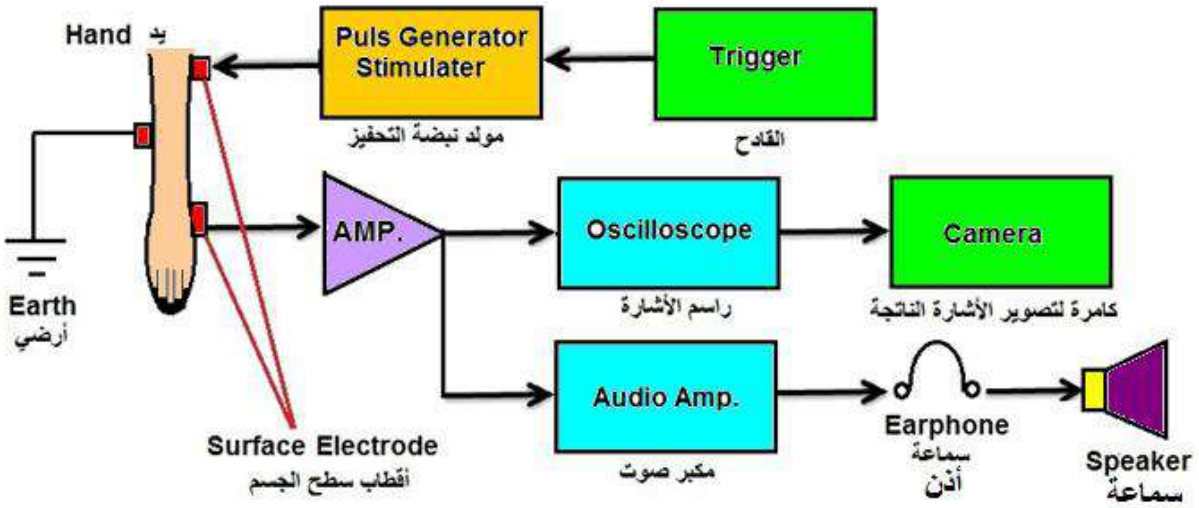
**والشكل (5 - 4) يوضح الأقطاب المستخدمة في جهاز تخطيط العضلات (E.M.G.)**



**شكل 5 -4 الأقطاب المستخدمة في جهاز تخطيط العضلات**

## 5 – 5 المراحل الاساسية لجهاز تخطيط العضلات

يمكن شرح مكونات جهاز تخطيط العضلات (Electro Myo Graph) حسب الشكل (5 – 5) كالتالي:-



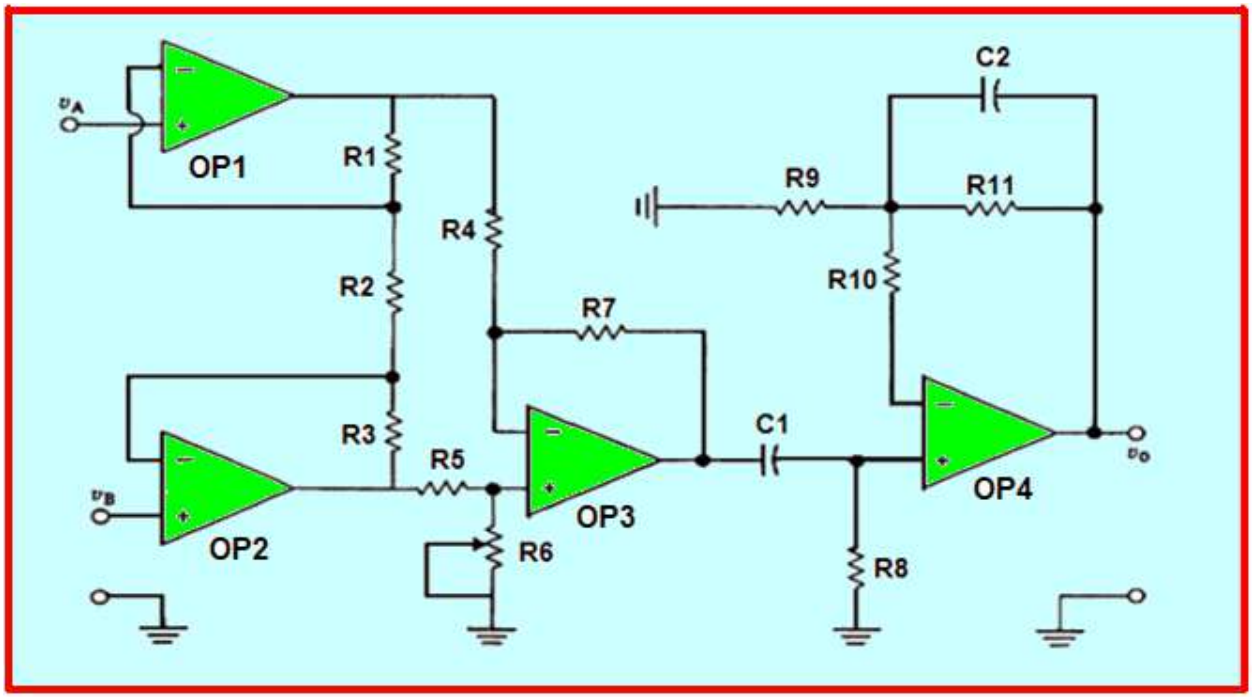

**شكل 5 – 5 المخطط الكتلوي لجهاز تخطيط العضلات**

## 1. الاقطاب electrodes

وهي أقطاب توضع على سطح العضلة حيث تسمح هذه الأقطاب بمرور التيار الأيوني خلالها نتيجة الاستقطاب (Polarization) واعادة الاستقطاب (Depolarization), ويكون عدد هذه الأقطاب ثلاثة فقط اثنان منهما لهما الدور الكبير في نقل الإشارة والثالث هو أرضي فأذا كانت العضلة المراد فحصها بعيدة عن سطح الجلد يتم إدخال قطبين من نوع الأقطاب الأبرية أما أذا اكانت العضلة سطحية نستخدم الأقطاب السطحية وذلك بوضع القطبين على الجلد الملامس للعضلة المراد فحصها وتكون الأقطاب الأبرية مصنوعة من النحاس أو البلاتين حيث تخترق الجلد للوصول للألياف العضلية مباشرة بحيث تلغي مقاومة الجلد والحـــركة اللذان يؤثران في كميـــة الفولتية ( تكون عادة بالملي فولت) المتكونة داخل العضلة أن عملية الاستقطاب (Polarization) وهي عندما تكون الخلية أوالعضلة في حالة السكون وأما عملية إعادة الاستقطاب (Depolarization) وهي عندما تكون الخلية أو العضلة في حالة الفعل أو الحركة.

## 2. المكبرات والمرشحات Amplifiers And Filters

نظرا لصغر قيمة جهد الخلية وترددها لذا تحتاج الى وحدة لتكبير هذه الاشارة الصغيرة ويجب ان يكون ربح هذه المكبرات عالي (High Gain) وبدون ضوضاء وممانعة الدخل عالي أيضا وتتشابه هذه المكبرات تشابه كبير جداً مع أجهزة تخطيط القلب (E.C.G.) ومع جهاز تخطيط الدماغ (E.E.G.) والشكل التالي يبين دائرة المكبرات والمرشحات في جهاز تخطيط العضلات وكما موضح في الشكل (5 – 6).

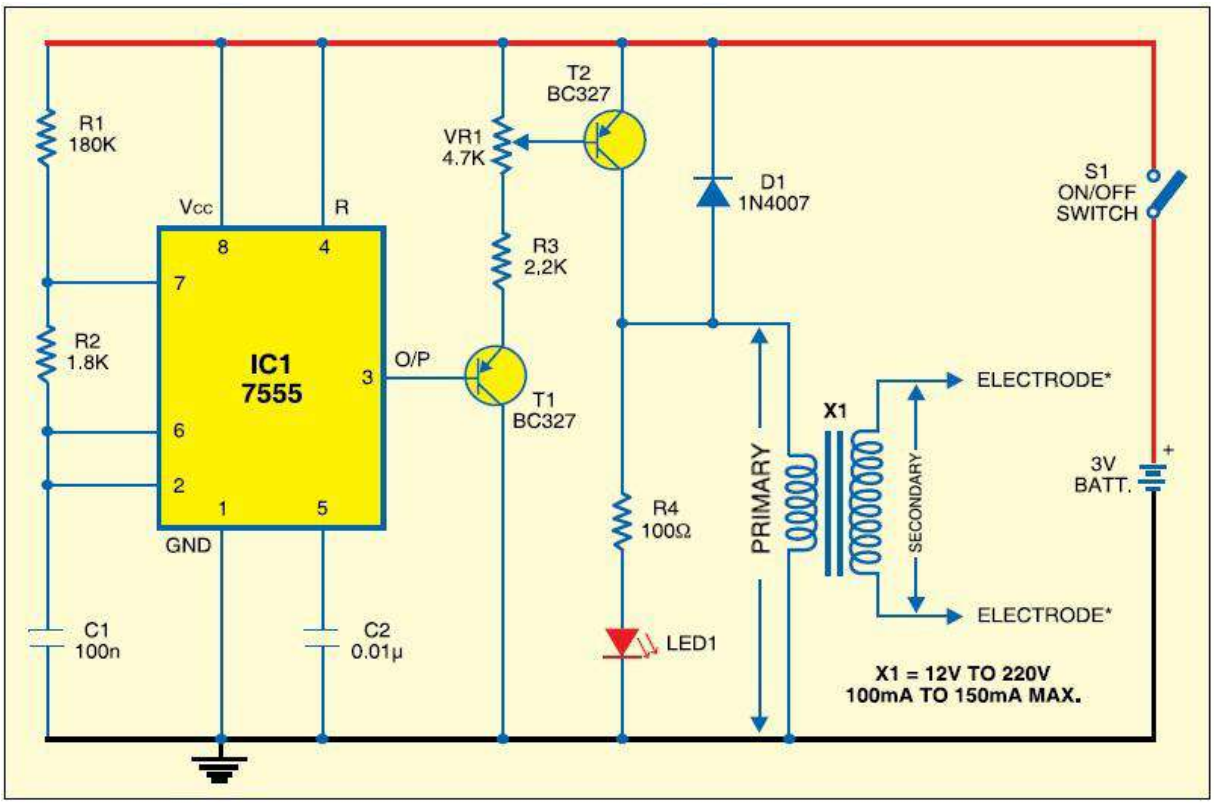



**شكل 5 – 6 دائرة المكبر والمرشح في جهاز تخطيط العضلات**

إن المتسعة ($C_1$) والمقاومة ($R_8$) مع مكبر العمليات (AMP. 4) تمثل دائرة مرشح أمرار الترددات العالية والمتسعة ($C_2$) والمقاومة ($R_{11}$) مع مكبر العمليات (AMP. 4) فتمثل دائرة مرشح أمرار الترددات الواطئة.

## 3. مولد نبضة التحفيز Pulse Generator Stimulation

وهي دائرة الكترونية وظيفتها توليد فولتيات مختلفة لتحفيز العضلة المراد قياسها وتكون هذه المحفزات ميكانيكية أو ضوئية أو صوتية بحيث تؤثرعلى العضلة لتتقلص نتيجة لزيادة شدة الاستقطاب وأزالة الأستقطاب وبدورها زيادة المجال الكهربائي حول الالياف العضلية مما يؤدي الى زيادة التيار الأيوني الخارج الى جهاز تخطيط العضلات (EMG) أما المحفز هو عبارة عن مولد نبضات (PulseGenerator) يربط مع مفتاح قدح (Trigger) والى العضلة من خلال أقطاب سطحية (Surface Electrode) وكما في الشكل (5 –7) والذي يمثل دائرة تحفيز العضلات وتعمل هذه الدائرة على أستخدام دائرة المؤقت أحادي الأستقرار ومجموعة من الترانزستور لزيادة التيار أي عندما يغلق المفتاح S1 توصل فولتية الى كل من الدائرة المدمجة (IC1 555) وباعث الترانزستور ($T_1$) وهو مكبر عزل (Buffer) لتحقيق المواءمة بين مقاومة الخرج للمؤقت أحادي الأستقرار في نقطة الخرج من الدائرة المدمجة ودخولها المكبر($T_2$) وهو من النوع الباعث المشترك حمله الملف الثانوي للمحـــول ($X_1$) والمقاومة ($R_4$) وثنائي الانبعاث الضوئي والذي يعطي ضوء عند مرور تيار الجامع وتنتقل النبضات الى الملف الثانوي بالحث المتبادل الى الأقطاب لتحفيز العضلة.




**شكل 5 –7 دائرة الكترونية لتحفيز العضلات**

### 4. راسم الاشارة الخازن Storage Oscilloscope

هو عبارة عن شاشة وظيفتها عرض لمشاهدة وخزن الاشارة ثم اعادتها للتحليل من خلال وحدة الخازن (Storage) ولايفضل استخدام القلم الحراري والورق البياني المستخدم في جهاز تخطيط القلب (E.C.G.) وتكون سرعة الاشارة بين (50-125) ملم/ ثانية ليمكن مشاهدة وتعطيل الاشارة بالاضافة الى وجود كاميرا ملحقة لتصوير الاشارة موضوعة مع الجهاز كخيار (Option) لكن هذا الخيار لا يتوفر بالأجهزة الحديثة وتستخدم الأجهزة الحالية شاشة الحاسبة لعرض المعلومات.

### 5. المكبر الصوتي والسماعة Audio Amplifier and Loud Speaker

تحتوي اجهزة تخطيط العضلات (EMG) على اشارة صوتية بالإضافة الى الإشارة الكهربائية التي تظهر على الشاشة والكاميرة فهناك مكبر صوتي (Audio Amp.) لتكبير الإشارة وتوصيلها الى سماعة الاذن او سماعة خارجية لسماعها من قبل مشغل الجهاز حيث يسمع صوت (فرقعة) ناتجة من حركة وفعاليات العضلة وهذا الصوت مهم للمشغل حيث يساعده على معرفة موضع الأقطاب (السطحية أو الابرية) على العضلة المراد قياس جهدها الحياتي (Bio Potential).

## 5 – 6 الاجزاء المختلفة

نظرا للتطور الحاصل في عالم الالكترونيك والثورة الإلكترونية ونظم تقنية المعلومات وخاصة في الاجهزة الطبية تم اختصار جهاز تخطيط العضلات على شكل صندوق خارجي (External Box) والذي يتم بواسطة وضع الحساسات او الاقطاب ويمكنك من استبدال الاقطاب بين أنواعها ولوحة تحكم (Board) توضع في الحاسوب على شكل (PCI) وهذه اللوحة عبارة عن حلقة وصل بين الصندوق الخارجي ونظام البرمجة الذي يتوافق مع الصندوق الخارجي (Software) الذي يتم تنصيبه أو تثبيته في الحاسوب.

إن نظم تقنية المعلومات (Information Technology IT) وهي تقنية تتعامل مع الأجهزة الإلكترونية بطريقة منتظمة جدا وتتكون هذه التقنية من :

1. نظام مادي (Hardware) وهو النظام الذي يتكون من دوائر ألكترونية صرفة مع دوائر متكاملة مطبوعة (IC's) فارغة المعلومات تبرمج من الشركة بواسطة برامج على الحاسوب وتدعى هذه الطريقة ب EPROM (Erase Programmable Read Only Memory) والتي تعني ذاكرة القراءة فقط المبرمجة القابلة للمسح ويعتبر هذا النظام كقاعدة أساس الأجهزة الألكترونية.
2. نظام برمجي (Software) وهو النظام الذي يستطيع التحكم بالقطع الألكترونية والدوائر المطبوعة المتكاملة (IC's) ولا يمكن التلاعب بهذا البرنامج من قبل المستخدم.
3. نظام تطبيقي (Application) وهو النظام الذي يسيطر على التحكم بالقطع ولكن من قبل المستخدم فقط وأيضا عمل هذا النظام لا يؤثرفي عمل النظام المادي (Hardware) والنظام البرمجي (Software).

# أسئلة الفصل الخامس

س1/ عرف مايلي :-

1. جهاز تخطيط العضلات, 2. جهد الراحة, 3. جهد الفعل, 4. التحفيز, 5. طريقة الأيبروم.

س2/ كيف يتم قياس جهد الخلية؟ أشرح ذلك

س3/ ماهو الفرق بين جهد الفعل وجهد الراحة؟

س4/ ما وظيفة جهاز تخطيط العضلات؟ وكيف تتم الاستفادة منه في تحديد عجز المريض؟

س5/ اشرح كيف تعمل دائرة تحفيز العضلات.

س6/ ماهو الفرق بين المحفز الكهربائي والمحفز الضوئي والمحفز الميكانيكي والمحفز الصوتي؟

س7/ في أي جزء من الجسم يستخدم المحفز الحراري؟

س8/ ماهو نظام تقنية المعلومات (IT)؟

س9/ لماذا نستخدم دائرة مرشح إمرار الترددات العالية والواطئة بعد دائرة تكبير الإشارة؟

# الفصل السادس

# حاضنة الأطفالInfant Incubator

**الاهداف:**

1- الهدف العام : يهدف هذا الفصل الى دراسة جهاز الحاضنة أجزاؤه وتركيبه وطريقة العمل.

2-الهدف الخاص : يفترض من الطالب ان يكون قادرا على:

1. فهم الوظائف الاساسية للحاضنة.
2. حفظ المكونات الرئيسة للحاضنة مع شرح كل جزء منها.
3. التمييز بين طرق وانواع السيطرة على حرارة الحاضنة.

Infant Incubator



## المحتويات


1-6 وظائف الحاضنة

2-6 مكوناتت الحاضنة

الاسئلة

# الفصل السادس

# حاضنة الأطفالInfant Incubator

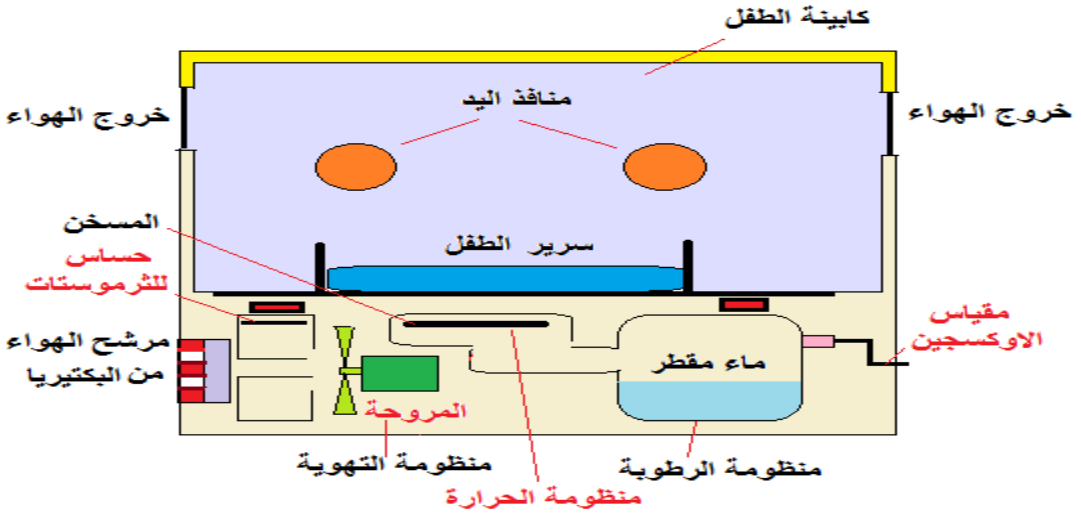
## 6 -1 وظائف الحاضنة

تقوم الحاضنة بالوظائف الآتية:

1- توفير بيئة حياتية مثالية للأطفال الخدج الذين يعانون من قابلية نمو ضعيفة.
2- توفير بيئة معقمة خالية من الجراثيم.
3- تقوم بالحفاظ على درجة حرارة مركزية تبلغ من 36.5°م-37° م.وتعتمد درجة الحرارة على حجم الطفل أي كلما صغر حجمه كانت درجة الحرارة المطلوبة أعلى.
4- توفير بيئة رطبة والتحكم بالرطوبة يمكن ان يصل لغاية 100%.
5- التحكم بنسبة الاوكسجين في هواء الحاضنة لغاية 40% وهذه النسبة هي ضعف المحتوى الاعتيادي للاوكسجين في الجو.
6- تقوم الحاضنة بتنقية الهواء من الجزيئات الغريبة لغاية (5µm).
يتم القيام بجميع متطلبات الطفل عبر فتحات خاصة بجدار الحاضنة تكون مغلفة لتدخل اليدين منها حيث يتم اطعام وتنظيف ومعالجة الطفل ،كما توجد فتحة اخرى غير مغطاة لاخراج الطفل.

## 6-2 مكونات الحاضنة

تتكون الحاضنة من الاجزاء الرئيسة الآتية:
1- منظومة التهوية Air Circulation.
2- منظومة الحرارة Heat System.
3- منظومة الرطوبة Humidification System.
4- كابينة الطفل Infant Chamber
والشكل (6-1) يوضح المخطط الكتلوي للحاضنة:




**شكل 6-1 المخطط الكتلوي للحاضنة**

## 1- منظومة التهوية Air Circulation

تتكون منظومة التهوية من الاجزاء الآتية :

أ- (المروحة) fan. ب-المرشح الدقيق Micro filter. ج- غطاءالمرشح (filter cap).

د– انبوب توصيل الهواء (Air Connection Pipe).

أ- المروحة (Fan)

توضع المروحة داخل كابينة تسمى كابينة المروحة وتعمل المروحة على دفع الهواء والاوكسجين من خارج الحاضنة الى داخلها عبر مرشح دقيق(Micro filter).

ب- المرشح الدقيق (Microfilter)

يوضع المرشح الدقيق خلف الحاضنة ويتكون من ثلاث طبقات ويصنع من مادة ليف (Fiber) وظيفته يعمل على تنقية الهواء من الجراثيم ويكون قطره تقريبا (1) مايكرون ويجب تغيير هذا المرشح كل ثلاثة أشهر لانه سوف يصبح بعد هذه الفترة غير صحي للاستخدام كما يجب الانتباه بعدم وضعه بصورة معكوسة لانه سوف يعمل على قذف المواد المترسبة عليه الى داخل الحاضنة.

ج- غطاء المرشح (Filter cap)

عبارة عن غطاء معدني يغطي المرشح تماما يحتوي على فتحتين الاولى لدخول الهواء العادي والاخرى لدخول الاوكسجين.

د - انبوب توصيل الهواء (Air Connection Pipe)

وهو انبوب بلاستيكي يأخذ الهواء مباشرة من المرشح الخلفي ويدفعه الى حجرة المروحة.

## 2- منظومة الحرارة (Heat system)

تعد من اهم الانظمة في الحاضنة حيث تعمل هذه الدائرة على تثبيت درجة حرارة الطفل، أذ ان اي اختلال في درجة حرارة الطفل تؤدي الى إصابته بالإمراض او الوفاة، وتتكون منظومة الحرارة من الأجزاءالآتية:

ا- المسخن (فتيل) (Heater).

ب - منظم التشغيل الحراري (Control Thermostat).

ج - المنظم الحراري للامان (Safety Thermostat).

**أ - المسخن (Heater)**

يوجد نوعان من المسخنات ملفية وصفائحية ،نحصل على هواء مسخن الى درجة الحرارة المطلوبة، وذلك بتمرير الهواء على صفائح ساخنة كما في المسخن الصفائحي، أو على ملف ساخن كما في المسخن الملفي ويتم السيطرة على درجة حرارة المسخن بواسطة دائرة الكترونية.

**ب - منظم التشغيل الحراري (Control Thermostat)**

هذا المنظم هو متحسس للحرارة الفعلية للهواء المسحوب الى كابينة الطفل ويوضع اسفل الكابينة، وهو عبارة عن مقاومة حرارية تتغيرقيمتها تبعا لتغير درجة حرارة الهواء وتتصل هذه المقاومة بدائرة الكترونية ويكون مجال تحسسها بحدود (0.3 -0.4Cº ) ±م°.

**ج - المنظم الحراري للامان (Safety Thermostat)**

ويعمل هذا المنظم في حالة عطل منظم التشغيل الحراري الرئيسي اي انه يعمل في حالة الطوارئ حيث يمنع درجة الحرارة من الارتفاع عن حد معين ويتصل هذا المنظم ايضا بدائرة الكترونية ويتحكم بها حيث يقوم بقطع الدائرة عن المسخن وإصدار انذار ضوئي وصوتي عند ارتفاع درجة الحرارة عن الحد المقرر.يعتبر هذا المنظم اكثر حساسية من منظم التشغيل الحراري حيث يكون مجال تحسسه بحدود

± ( 0.1 Cº)

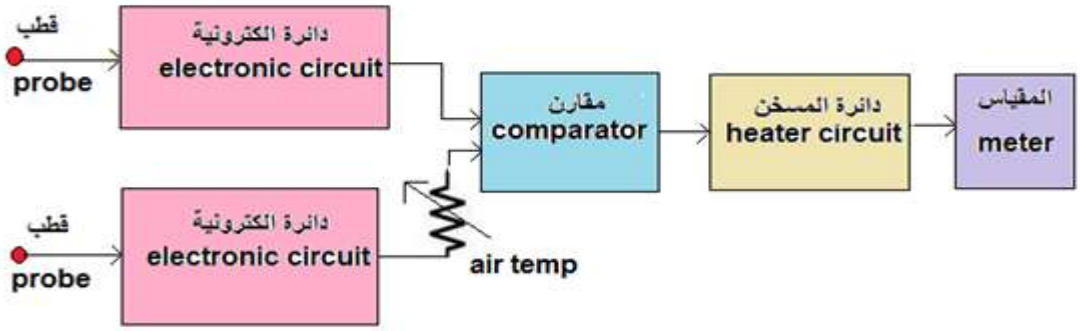
توجد طريقتان للسيطرة الاوتوماتيكية على درجة حرارة الكابينة :

أ. الطريقة اللاخطية في السيطرة على درجة حرارة الكابينة.

ب. طريقة نظام السيطرة التناسبي على درجة حرارة الكابينة.

## أ- الطريقة اللاخطية

**هذه الطريقة يوضحها المخطط الكتلوي الموضح في الشكل (6-2)**




**شكل 6-2 يوضح الطريقة اللاخطية في السيطرة الاوتوماتيكية على حرارة الكابينة**

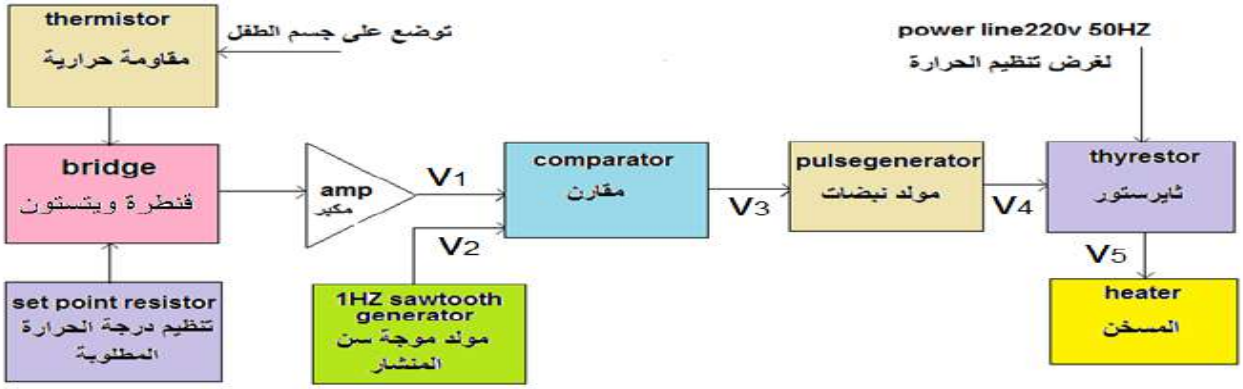
يوضع القطب العلوي (Probe) على جسم الطفل ويكون عبارة عن متحسس (Sensor) ومحول طاقة (Transducer) يقوم بتحويل الحرارة المستلمة من الطفل الى اشارة الكترونية تصل الى دائرة الكترونية. اما القطب الاسفل (Probe) فهو ايضا مقاومة متغيرة يوضع في مكان معين من كابينة الطفل وذلك لقياس درجة الحرارة المحيطة بالطفل. اما بالنسبة للمقاومة المتغيرة لحرارة الجو (.Air temp) فهي عبارة عن مقاومة تتحكم بدرجة حرارة الكابينة, في البداية تكون درجة حرارة الكابينة منخفضة بينما تكون درجة حرارة جسم الطفل ساخنة، تخرج فولتية ذات قيمة معينة من الدائرة الالكترونية العليا، وكذلك هناك فولتية خارجة من الدائرة الالكترونية السفلى ، تقارن هاتان القيمتان (الفولتيتان) في دائرة مقارن عددي. فأذا كانت درجة حرارة

الطفل اعلى من حرارة الكابينة ،يكون خرج المقارن هو اشارة تغذي دائرة المسخن لتعمل على تسخين الكابينة. اما في حالة تساوي درجة حرارة جسم الطفل مع درجة حرارة الكابينة فسيكون خرج المقارن هو صفر (output=0)، وبذلك سوف يتوقف المسخن عن العمل. وعند انخفاض درجة حرارة الكابينة بقيمة معينة لاي سبب كان فسوف يعمل المسخن ثانية لحين الوصول الى درجة الحرارة المطلوبة.
يوجد جهاز قياس (Meter) يربط مع دائرة المسخن يقوم بقياس درجة حرارة الكابينة حسب القيم التالية (0,0.25,0.5,1 ). ان جهاز القياس هذا غير مدرج بالتدريج المئوي وهو يوضح الحالات الاتية:

- اذا كان المؤشر يؤشر على صفر فهذا يعني ان درجة حرارة الكابينة منخفضة (باردة)
- اذا كان المؤشر يؤشر على (0.25) فهذا يعني ان درجة حرارة الكابينة هي (0.25) درجة الحرارة المطلوبة.....وهكذا.

## ب- طريقة نظام السيطرة التناسبي على درجة حرارة الكابينة

**وكما موضح بالمخطط الكتلوي (6-3)**




**شكل 6-3 المخطط الكتلوي لطريقة نظام السيطرة التناسبي على درجة حرارةالكابينة**

لدينا في المخطط السابق :

$V_1$: يتناسب مع الفرق بين درجة حرارة هواء التغذية وبين الـ Set Point.

$V_2$: نبضات سن المنشار 1 Hz.

$V_3$: خرج المقارن عندما يكون $V_1 > V_2$.

$V_4$: نبضات تشغيل مفتاح التحكم.

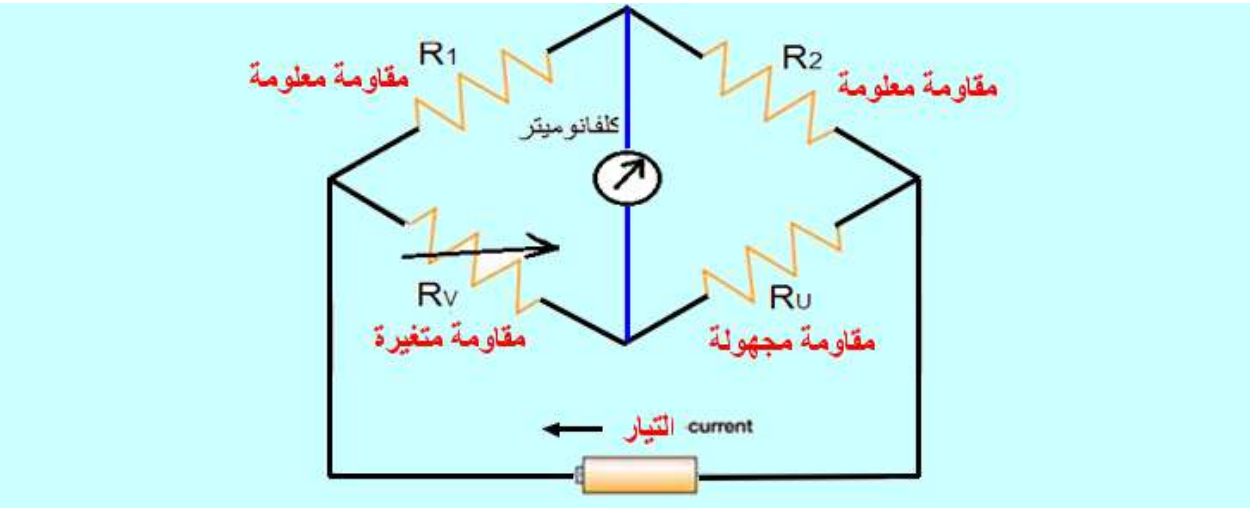
$V_5$: جهد تغذية السخان.

شرح الأجزاء المبينة في الشكل (6-3) دائرة التحكم في الـ Heater

تتكون دائرة التحكم بدرجه الحرارة من :

1- قنطرة ويتستون Wheatstone Bridge

تتكون دائرة قنطرة ويتستون من مقاومات وثيرمستور. وشكل (6-4) يوضح الدائرة.




**شكل 6-4 دائرة قنطرة ويتستون**

وفي هذه الدائرة استخدمنا مقاومتين معلومتي القيمة (StandardValue) ومقاومة متغيرة(Variable.Resistance) من أجل المعايرة. أما بالنسبه للمقاومة الرابعة فهي عبارة عن ثيرمستور متحسس للحرارة. نقوم في البداية بمعايرة الدائرة على درجة حرارة ملائمة لجسم الطفل الخديج حيث نقوم بتغيير قيمة المقاومة المتغيرة حتى نحصل على قراءة مقياس (صفر) امبير أي نحصل على دائرة مستقرة (Stablestate) وعندها فإن أي تغير يحدث في درجة الحرارة يؤدي إلى تغير قيمة مقاومة الثيرمستور أي يؤدي الى اختلال الاستقرار وينتج عن هذا تيار معلوم القيمة يمر من خلال مقياس التيار.

2- دائرة المكبر Amplifier Circuit

انواعها كثيرة وتستخدم لتكبير الجهد أو التياروأكثرها شيوعاً هو مكبر العمليات OP ( Operational Amplifier) ومن انواعه 741.

3 - المقارن Comparator

يستخدم للمقارنة بين قيمتي فولتيتين ويكون خرجه (output) إما سالباً (volt -) أو موجباً (volt+) وذلك حسب القيم التي يقوم بمقارنتها كما يمكن استخدام 741 كمقارن( Comparator).

4- مولد نبضات سن المنشارSawtooth Generator

نحصل من مولد نبضات سن المنشار على موجة سن المنشارتوصل الى دخل ( Input) دائرة المقارن أي تتم المقارنة بين هذه الاشارة وبين خرج المكبر وتكون هذه المقارنة خطيةً (Linear).

5- بوابة مولد نبضات Gate Pulse Generator تقوم هذه الدائرة بتوليد نبضات تستخدم لتشغيل مفتاح التحكم.

6- مفتاح التحكم Silicon Controlled Switch

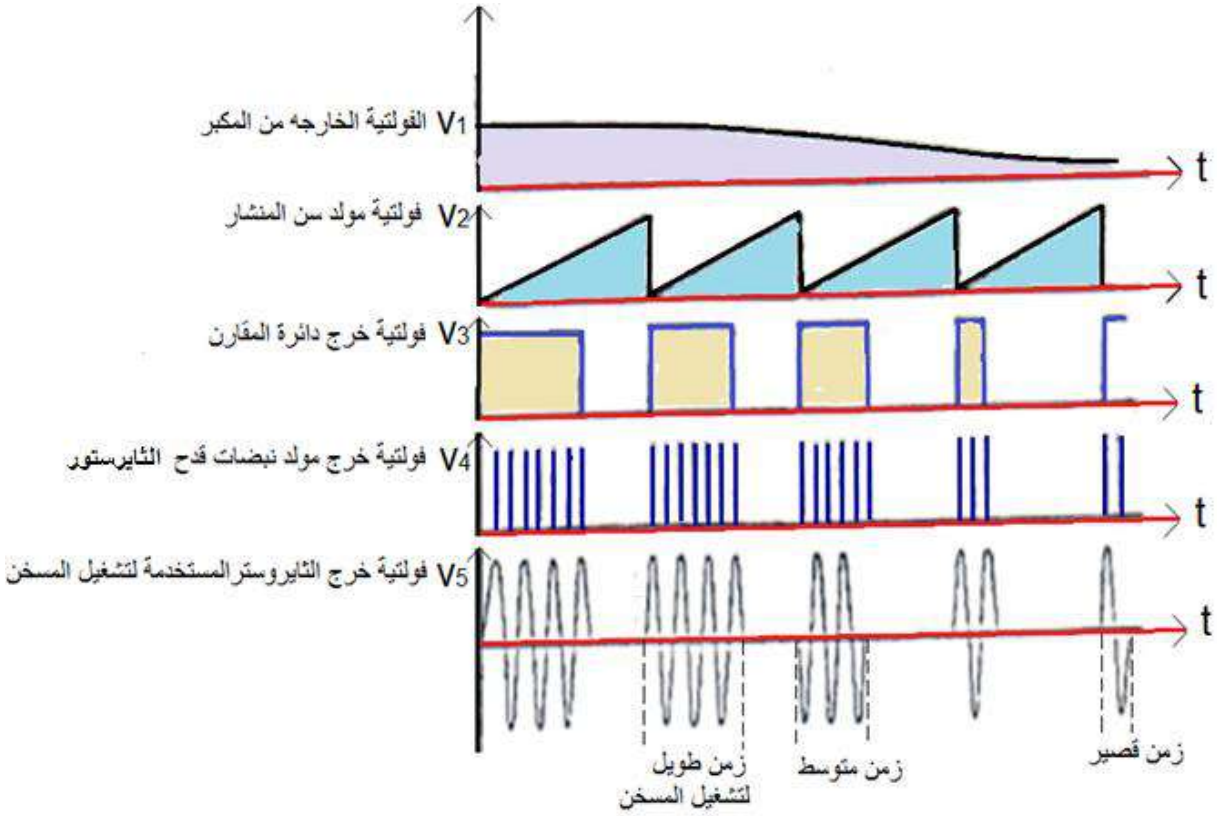
عبارة عن مفتاح (Switch) يتم تشغيله بوساطة مولد النبضات وهو عبارة عن ترانزستور أو ثايرستور ويمكن استخدام كثيرمن العناصر الالكترونية الأخرى لتشغيل دائرة المفتاح (Switch). في بداية تشغيل الحاضنة يكون جسم الطفل اكثر حرارة من جو الكابينة، تصل اشارة من المقاومة الحرارية (Thermistor) الموضوعة على جسم الطفل لتصل الى دائرة (قنطرة ويتستون).

ولدينا ثلاث حالات لتغير درجة الحرارة سنقوم بشرح كامل للدائرة في كل حالة بالتفصيل

1- درجة الحرارة تساوي الـ Set Point(نقطة التشغيل المطلوبة): في هذه الحالة تكون دائرة القنطرة (Bridge) في حالة استقرار أي لايوجد دخول (Input) لدائرة المكبر (Amplifier) ويكون خرجها صفراً ويقوم المقارن بمقارنة خرج المكبرمع الإشارة المتولدة (موجه سن المنشار) أي يكون خرج المقارن سالب القيمة لذا لايتم توليد نبضات من مولد النبضات وتستمر المروحة في العمل أما المسخن فيكون في حالة (OFF).

2- درجة الحرارة أقل من الـ Set Point (نقطة التشغيل المطلوبة): عند حدوث انخفاض في درجه الحرارة تتغير قيمة الثيرمستور فيؤدي هذا إلى اختلال توازن قنطرة ويتستون أي يمر فيها تيار يتم تكبيره من خلال المكبرثم تتم مقارنته مع موجه سن المنشار وبعد ذلك يصبح خرج المقارن موجباً, فيعمل على تشغيل دائرة مولد النبضات والتي تزود الدائرة بنبضات لتشغيل دائرةمفتاح التحكم مما يسبب مرور تيار في المسخن الذي يعمل بدوره على زيادة درجة الحرارة إلى أن تعود إلى الحالة الطبيعية.

3- درجة الحرارة أعلى من الـ Set Point (نقطة التشغيل المطلوبة): عند ارتفاع درجة الحرارة تتغير قيمة الثيرمستور فينشأ تيار عكسي على عكس الحالة السابقة التي تزداد فيها مقاومة التيرمستور وينتج تيار يمر من خلال المكبر (Amplifier Circuit) ويكون هو الأكبر عند مقارنته مع موجه سن المنشار (Saw Tooth Wave) ثم يتم تكبيره في دائرة المقارن وفي هذه الحالة يكون خرج المقارن (Comparator) سالباً ولا يعمل على تشغيل دائرة مولد النبضات أي لايوجد نبضات لتشغيل مفتاح التحكم (Switch) وبالتالي يتوقف المسخن(Heater) عن العمل مع العلم أن المروحة لا تتوقف عن العمل فتبدأ درجة الحرارة بالتناقص وتعود إلى الوضع الطبيعي.
أما شكل الإشارات الخارجة لكل مرحلة فهي موضحة بالشكل (6-5):

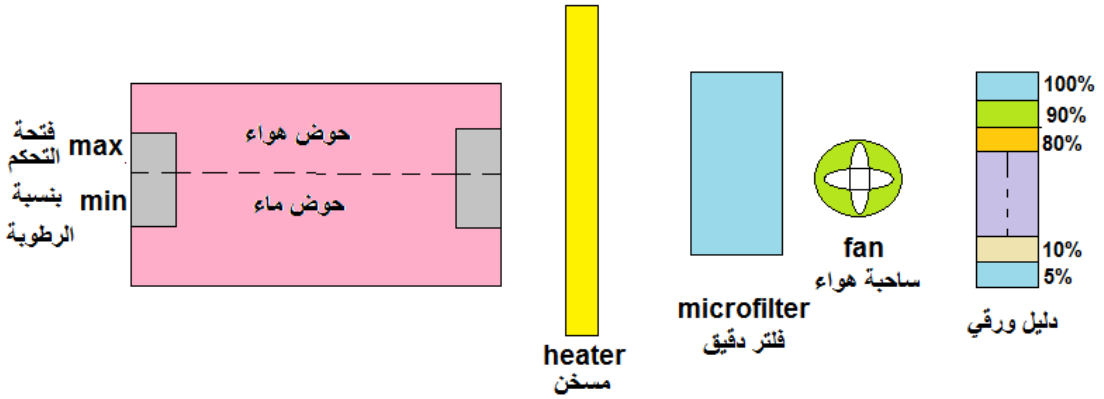



**شكل 6-5 يوضح إشارات التحكم بالحرارة التي تعمل على وصل وفصل المسخن**

اما في حالة انقطاع التيار الكهربائي من المصدر، سوف يصدر انذارضوئي للتنبيه لتفادي تعريض الطفل للخطر، دائرة الانذار هذه تتغذى من بطارية نيكل – كادميوم قابلة للشحن داخل الحاضنة كما ويوجد ثرموستات داخل الكابينة يعطي انذار صوتي وضوئي عند ارتفاع درجة الحرارة عن الحد المطلوب.

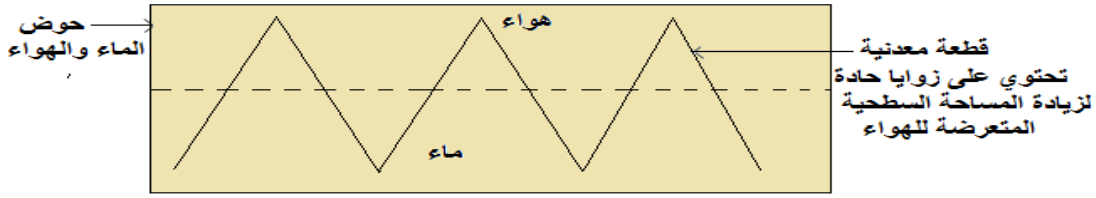
## 3- منظومة الرطوبة Humidification System

تتكون منظومة الرطوبة من حوضين ،احدهما للهواء الجاف والاخر للماء المقطر. تقوم المروحة (Fan) بسحب الهواء من المحيط الخارجي ودفعه الى داخل الكابينة عبر المرشح، عند مرور الهواء الى حوض الهواء والماء المقطريتبخر الماء فتزداد نسبة الرطوبة داخل الكابينة. وتوجد فتحة في الحوض فائدتها التحكم بنسبة الهواء والماء التي تتعرض لتيار هواء الساحبة، اي يتم التحكم بنسبة التبخر وبالتالي بكمية الرطوبة المرغوبة. يستبدل الماء المقطر كل 24 ساعة ويوجد مسخن (Heater) يعمل على تسخين هواء الساحبة لتسريع عملية التبخر وبالتالي زيادة الرطوبة داخل الكابينة. وتوجد دلائل ورقية ذات الوان خاصة يستدل بها على نسبة الرطوبة داخل الكابينة (الدليل الورقي هو كارت يتغير لونه تبعا لنسبة الرطوبة) حيث يمثل كل لون من الالوان نسبة معينة من الرطوبة ويستخدم الدليل (الكارت) لمرة واحدة فقط. والشكل رقم (6-6) يوضح مكونات منظومة الرطوبة وشكل الدليل الورقي.




**شكل رقم 6-6 المخطط الكتلوي لمنظومة الرطوبة والدليل الورقي**

وتستخدم طريقة اخرى لزيادة نسبة الرطوبة داخل الكابينة، حيث توضع قطعة معدنية ذات زوايا حادة في الماء المقطر لزيادة المساحة السطحية المتعرضة للهواء كما موضح بالشكل (6-7).




**شكل رقم 6-7 الالية الميكانيكية ذات الزوايا الحادة لزيادة نسبة الرطوبة داخل الكابينة**

## 4- كابينة الطفل Infant Chamber

وهي غلاف الحاضنة الخارجي الذي يعزل الطفل عن المحيط الخارجي ويكون مصنوع من البلاستك الشفاف ليتسنى تسليط الاشعة الفوق بنفسجية من خلاله لمعالجة الاطفال المصابين باليرقان (ابو صفار) (Jaundice). ويتم اطعام الطفل داخل الكابينة بواسطة جهاز التغذية او جهاز التقطير أو وسائل اخرى.

توجد ملحقات اخرى اضافية للحاضنة وهي :

أ- الميزان: ويستخدم لمراقبة وزن الطفل باستمرار.

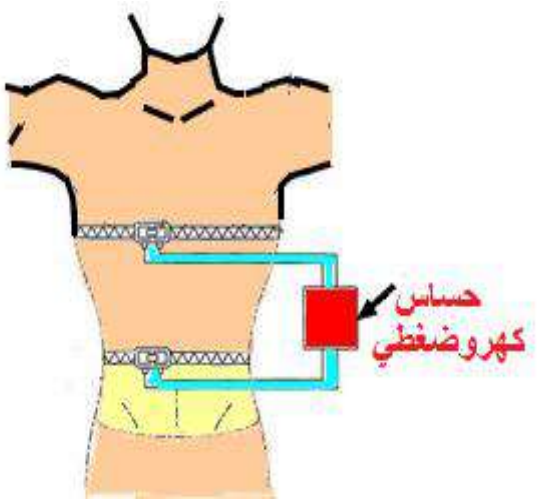
ب- جهاز قياس نسبة الاوكسجين:

يوجد هذا الجهاز داخل الكابينة لقياس نسبة الاوكسجين عن طريق متحسس وهو عبارة عن خلية كيمياوية تملأ باوكسيد الفسفور تتاكسد عند مرور الاوكسجين عليها وينتج جهد كهربائي اي تقوم بتحويل التفاعل الكيميائي الى جهد كهربائي والقراءة تشير الى نسبة الاوكسجين داخل الكابينة. تتم معايرة الجهاز بقياس نسبة الاوكسجين في الجو والتي تعادل 21% وتسلط على الخلية الكيميائية اوكسجين نقي فنحصل على نسبة اوكسجين 100%.

ج- دائرة مراقبة التنفس (مقياس درجة تنفس الطفل) Monitoring Respiration Rates

يستخدم هذا الجهاز لمراقبة تنفس الطفل وذلك بوضع متحسس للتنفس على صدر الطفل يتحسس بحركة الشهيق والزفير حيث تتحول هذه الحركة الى اشارة كهربائية تعتمد على حركة الرئتين وذلك بالفارق الزمني بين الشهيق والزفير. ويربط مع المتحسس مصباح يطفأ ويضيء بالتزامن مع التنفس الطبيعي للطفل اما اذا كان تنفس الطفل غير طبيعي فسوف يعمل منبه صوتي يشير لهذه الحالة.ويوجد منبه اخر عند انقطاع التيار الكهربائي يعمل على بطارية موضوعه داخل جهاز الحاضنة.

يوضع حساس(Sensor) خاص لقياس التغيرات الحاصلة في الضغوط على صدر الطفل وبطنه لاحظ الشكل (6-8) ويمكن استخدام أنواع هذه الحساسات وذلك حسب طريقة توصيلها فمنها ما يحول تغير الضغط إلى تغيرات في المقاومة أو يعتمد مبدأ عمله على الفعل (الكهروضغطي).

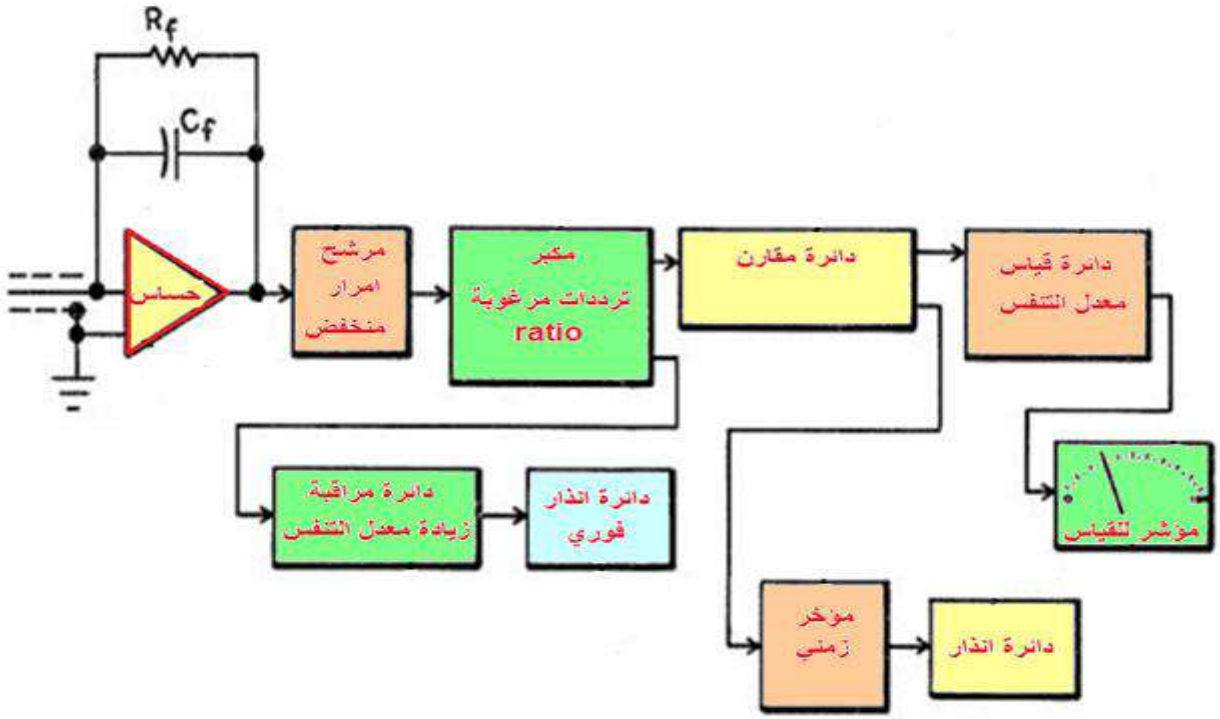



**شكل 6-8 الحساسات على صدر وبطن الطفل**

مبدأ عمل الدائرة :

وكما موضح بالشكل (6-9) يتم تحويل إشارة التنفس عن طريق الحساس إلى إشارة مربعة (SquareWave) تدخل إلى مرشح امرار منخفض (Low Pass Filter) يعمل على إزالة الضوضاء (Noise) من الاشارة وتمريرالترددات العالية غير المرغوبة الى الارضي ويسمح بمرور الترددات المرغوبة التي نريد مراقبتها ثم تقسم الدائرة بعد ذلك إلى قسمين:

- قسم يعمل على أخذ الترددات المنخفضة ومقارنتها مع قيمة مرجعية من خلال دائرة المقارن وهناك مؤشر يقوم بإعطاء القراءة الصحيحة وفي حال الانخفاض الحاد في معدل التنفس أو انعدامه يقوم نظام خاص بتشغيل إنذار على الفور مع إضافة زمن تأخير لضمان عدم عمله بشكل عشوائي وهو مهم لمراقبة حالات الاختناق.
- قسم يعمل على أخذ الترددات العالية ويعمل على مراقبة زيادة نسبة التنفس ويحتوي على نظام إنذار فوري في حال ارتفاع نسبة التنفس عن الحد المسموح به وهي حالات الاضطرابات التي تصيب الطفل.




**شكل 6-9 يوضح المخطط الكتلوي لدائرة مراقبة تنفس الطفل**

## آلية دوران الهواء في الحاضنة

يصمم نظام دوران الهواء بهدف التحكم بدرجة حرارة الهواء ونسبة الرطوبة ويكون هذا النظام وحيد الاتجاه حيث يتم تدوير الهواء والأوكسجين عبر محدد الأوكسجين يدخل بعدها إلى مرشح مايكروي دقيق ثم يسخن الهواء حيث يمر فوق المسخن ليكون في درجة حرارة مناسبة اما الرطوبة النسبية فتتحقق عندما يمر الهواء الدافئ فوق الماء الموجود في خزان الرطوبة ثم يدخل الهواء إلى السقوف المغلقة ليوزع آنياً فوق فراش الخديج ثم يعاد توجيهه منخفضاً تحت السطح فوق مسرىً حساس للعملية وثرموستات أمان حيث يتم مراقبة درجة الحرارة وينتظم الهواء مسبباً ضغطاً موجباً ضئيلاً يحفظ داخل السقف بواسطة نظام دوران الهواء والهدف من ذلك هو جعل هواء الحاضنة يتدفق إلى الوسط الخارجي.

# أسئلة الفصل السادس

س1/ ماهي المكونات الاساسية للحاضنة؟عددها.

س2/ماوظيفة كل من:منظومة التهوية / ساحبة الهواء /المرشح الدقيق/ منظومة الحرارة/ المسخن.

س3/ مم تتكون منظومة الحرارة؟عددها واشرح باختصار.

س4/ اشرح الطريقة المبسطة في السيطرة الأوتوماتيكية على حرارة الكابينة مع الرسم.

س5/ ماهي مزايا الطريقة المتطورة في السيطرة الأوتوماتيكية على درجة حرارة الكابينة؟

س6/ ارسم الإشارات الخارجة لمراحل المخطط الكتلوي المتطور في السيطرة الأوتوماتيكية على درجة حرارة الكابينة.

س7/ مافائدة جهاز القياس (Meter) المربوط على دائرة المسخن؟

س8/ ماهو مبدأ عمل منظومة الرطوبة؟

س9/ ماهو الدليل الورقي للرطوبة وماهي فائدته؟

س10/ ماهي الطريقة المستعملة لزيادة نسبة الرطوبة داخل الكابينة ؟اشرحها مع الرسم.

س11/ عرف الكابينة واشرح أجزاءها.

س12/ عرف مايلي : جهاز مراقبة التنفس / قنطرة ويتستون/ المنظم الحراري للامان (Safety Thermostat).

# الفصل السابع

## جهاز الأسنان (Dental Device)

**الاهداف الرئيسة :**

يكون الطالب بعد إنهاء دراسته لهذا الفصل قد تعلم على مايلي:

1- معرفة جهاز الأسنان وأجزائه
2- التعرف على الوحدات الرئيسة
3- معرفة الوحدات الفرعية الملحقة بالجهاز
4- مبدأ عمل كافة الأجزاء للجهاز
5- مبدأ عمل الأجهزة الملحقة بالجهاز
6- التعرف على مبادئ عمل أكثر من جهاز
7- تعلم الدورات الاساسية للجهاز وهي الدورة الهوائية والدورة المائية ودورة الماء المقطر والدورة الكهربائية

### المحتويات


(7 – 1 ) جهاز الأسنان .

(7 – 2 ) الوحدات الرئيسة .

(7 – 3 ) دورات جهاز الأسنان .

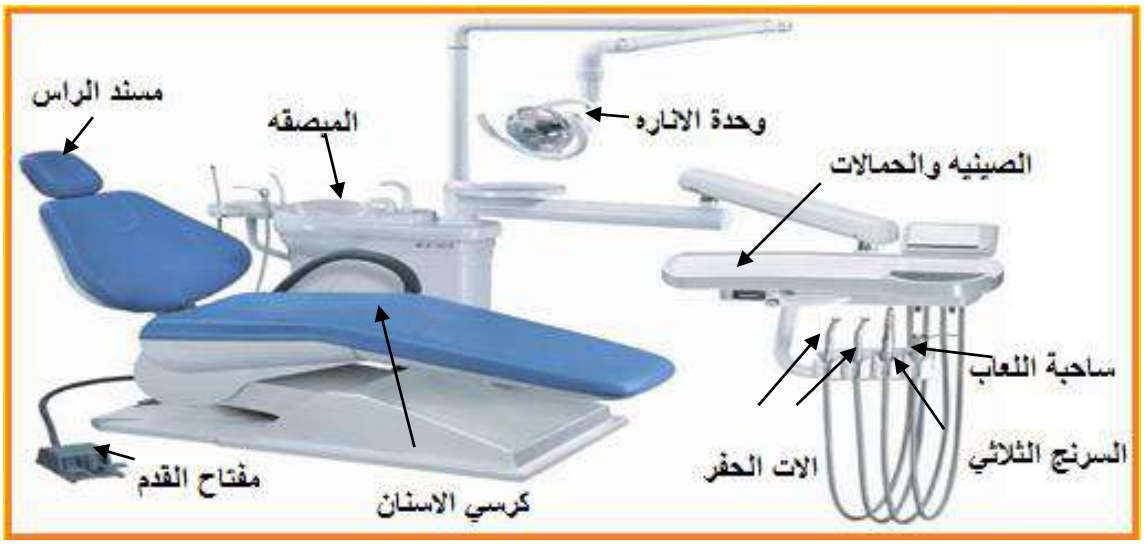
(7 – 4 ) الأجهزة المساعدة .

الأسئلة

# الفصل السابع

## 1-7 جهاز الأسنان (Dental Device)

ادوات العمل لمعالجة الاسنان عبارة عن مجموعة أدوات معدنية تختلف في شكلها, وظيفتها تساعد الطبيب على القيام بعمله. ونظرا لصلابة السن, لابد عند صناعة هذه الأدوات من توفير سبائك معينة تتمتع بعدة ميزات منها المتانة و الصلابة و ذلك من اجل حياة عمل أطول, وسهولة في التصنيع كي يسهل على المصنع إعطاء هذه الأدوات الشكل المطلوب لأداء وظيفتها, يتالف جهاز الاسنان من مجموعة من الاجهزة والمنظومات والتي تعتمد في عملها على الهواء المضغوط وماء الاسالة وتجهيز الفولتية, والغاية منها توفير العمل الجيد والسهل للطبيب المعالج مع الراحة للمريض, ومن هذه الاجهزة الات الحفر البطئ (Low Speed Hand Piece) وآلات الحفر السريع (High Speed Turbine) وهي الأداة الأساسية لعمل طبيب الأسنان و تعمل هذه الآلات على ضغط الهواء القادم من ضاغط الهواء (Air Compressor), إن الهدف من كافة التحسينات في آلات الحفر هو تقديم استطاعة عمل عالية بأقل ما يمكن من ألم للمريض و يتم تحقيق ذلك من خلال زيادة سرعة أداء آلات الحفر, ومن الاجهزة الاخرى السرنج الثلاثي (Triple Syringe) والذي يساعد الطبيب على تنظيف مكان العمل في الاسنان من خلال استخدام الهواء او الماء مع الهواء, وساحبة اللعاب (Saliva Ejector) التي تسحب اللعاب والدم والماء المتراكم في الفم,وتوجد اخرى اكبر حجما تستخدم في العمليات التي تجرى في الفم, والمبصقة (Cuspidor) التي من خلالها يتخلص المريض من بقايا الحفر لسنه والماء الذي يستخدم للمضمضة باستخدام القدح (Cup) الذي يعتبر احد اجزاء الجهاز, ومن الأجزاء الأخرى للجهاز هو الكرسي (Dental Chair) والذي يتم التحكم بصعوده ونزوله حسب وضعية العمل وكذلك التحكم بالمسند الخلفي للظهر وحسب الحاجة اما مسند الرأس فيتم التحكم فيه يدويا. ويحتوي الجهاز على وحدة اضاءة (Light Unit) يتحكم الطبيب بشدتها وكذلك بتوجيهها الى فم المريض، ومع الجهاز يوجد ضاغط الهواء والذي يلبي احتياجات الاجهزة من الهواء المضغوط. والشكل (7-1) يوضح احد هذه الانواع لجهازالاسنان. توجد ملحقات بالجهاز تساعد الطبيب المعالج بعمله كجهاز اشعة (X-Ray) لمعرفة مكان المرض وجهاز لخلط حشوات السن (Amalgam Mixer) وجهاز التعقيم (Autoclave) وجهاز تبييض الاسنان (Teeth Bleaching).




**شكل 7-1 يوضح شكل جهاز الاسنان**

**يتالف جهاز الاسنان من:**

| 1- الوحدات الرئيسة وهي: | 2-الوحدات المساعدة وهي : |
|---|---|
| أ- وحدة الإنارة (Projector Unit) | أ - الاشعة السينية (X – Ray) |
| ب- مفتاح القدم (Foot Switch) | ب - جهاز تبييض الاسنان (Teeth Bleaching) |
| ت- كرسي الأسنان (Dental Chair) | ت – جهاز التعقيم (Autoclave) |
| ث- الآت الحفر (Hand Pieces) | ث - خلاط حشوة الاسنان (Amalgam Mixer) |
| ج- ساحبة اللعاب (Saliva Ejector) | |
| ح- المبصقة (Cuspidor) | |
| خ- السرنج الثلاثي (Triple Syringe) | |
| د- القدح (Cup) | |
| ذ- الضاغط (Compressor) | |
| ر- وحدة السيطرة (Control Unit) | |
| ز- الصينية والحمالات (Tray and Holder) | |

## 2-7 الوحدات الرئيسة

### 7– 2 – 1 وحدة الإنارة (Projector unit)

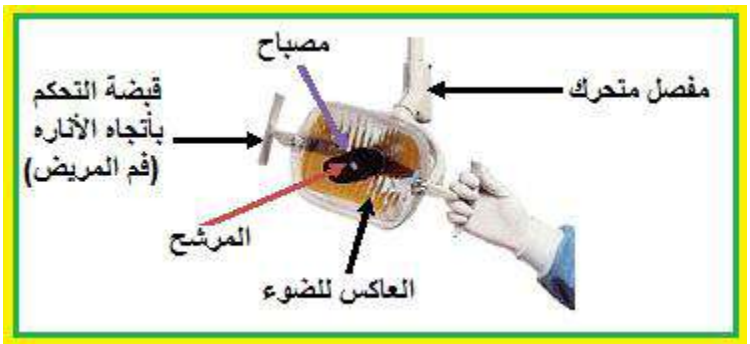
تتألف هذه الوحدة من الاقسام الاتية والموضحة بالشكل (7 – 2)

ا - الجزء الاول من الذراع (قاعدة التثبيت) وهو الجزء المثبت بالجهاز.

ب- الجزء الثاني من الذراع الخاص بتحريك الضوء ومتصل بمفصل متحرك لغرض سهولة تحريك الضوء للحصول على رؤية واضحة ومركزة من قبل الطبيب.

ج- المصدر الضوئي ( الضوء و العاكس) (Light and Reflector), والعاكس هو ليعكس الاضاءة ويزيد من شدتها.

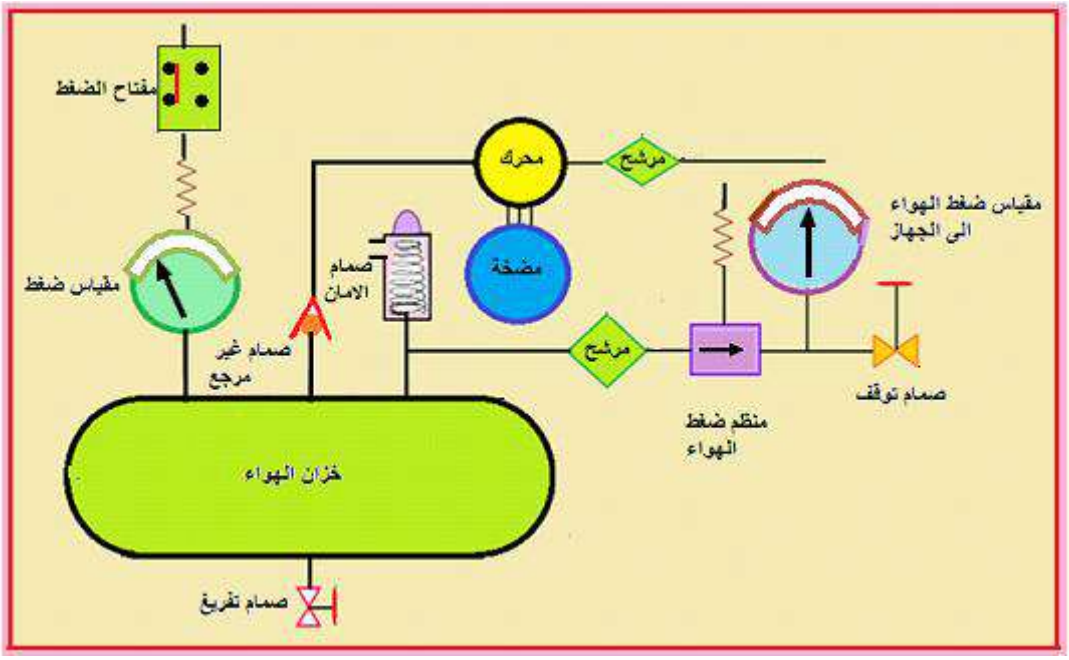
**د–** المرشح الذي لايسمح بمرور الاطوال الموجية للون الاخضر–الازرق، والتي تسمى بالالوان الباردة, لكي لاتسبب اذى للمريض, لكون المصباح قريب من وجهه. ان المواصفات الفنية لوحدة الإنارة هي ان تكون مركبة على ذراع سهل الحركة تسمح بالحصول على رؤيا مركزة وواضحة لمساعدة الطبيب المعالج على التشخيص الصحيح. وإمكانية تعديل والسيطرة على شدة الإنارة عن طريق مفتاح خاص. وتتميز المصابيح المستخدمة بسهولة تبديلها, وهي من نوع الهالوجين.




**شكل 7 – 2 يوضح احد أنواع الانارة المستخدمة في جهاز الاسنان**

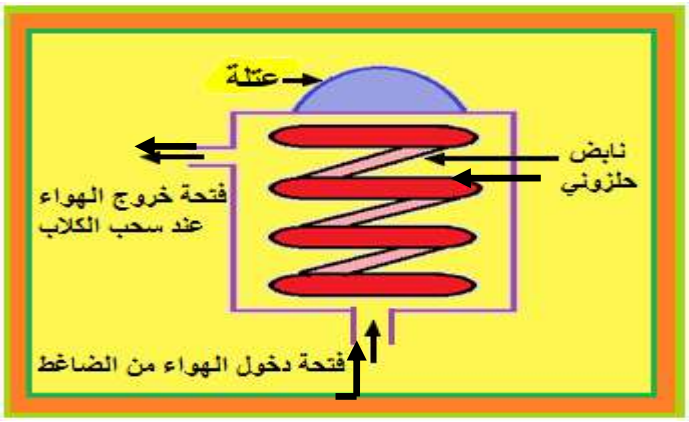
## 7 – 2 – 2 ضاغط الهواء (Compressor)

يعتبر ضاغط الهواء المصدرالذي يجهز الجهاز بالهواء المضغوط واكثر اجزاء الجهاز تعمل عليه, وان فولتية التغذية لضاغط الهواء (220V/50Hz). والشكل رقم (7 - 3) يوضح الاجزاء الرئيسية للضاغط ومن أجزائه صمام الامان (Safety Valve) التي سوف يتم توضيحه.



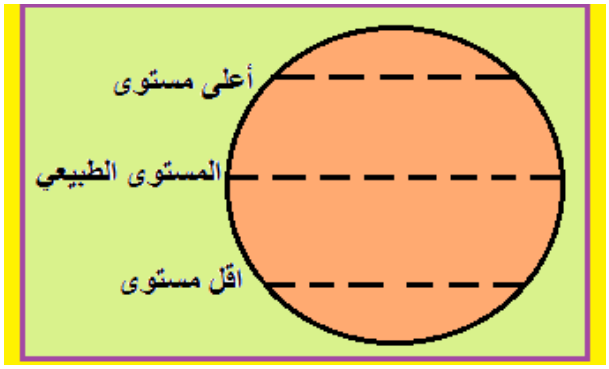

**شكل 7 - 3 اجزاء الضاغط**

ويعمل صمام الامان ميكانيكيا والذي تعمل فتحة خروج (تسرب) الهواء عند سحب عتلة صمام الامان (Safety Valve) الى الاعلى وهذا دلالة على عمل صمام الامان بصورة صحيحة وعمل الصمام ميكانيكي, يتم استخدامه في حالة عطل مفتاح الضغط الآلي (Pressure Switch) فعند زيادةالضغط عن الحد المحدد للضاغط يستخدم مفتاح الامان لغرض خروج الهواء الزائد لتلافي حدوث انفجار في خزان الهواء، والشكل رقم (7 - 4 ) يوضح شكل وأجزاء صمام الامان.




**شكل 7 - 4 مخطط لصمام الامان وأجزائه**

كما نعلم ان من ضمن أجزاء الضاغط,المحرك الكهربائي (Motor) وتوجد على المحرك عدسة لقياس مستوى الزيت فيه (عندما يكون الضاغط يعمل بالزيت), والشكل رقم (7 - 5) يوضح شكل العدسة, والمحرك مربوط الى الضاغط (Compressor) برابط لنقل الحركة (Coupling) وفي أنواع أخرى الربط يكون بقابس, وحسب الشركة المنتجة. يتم سحب الهواء عبر مرشح (Air Filter) لتنقية الهواء من الغبار او الشوائب العالقة به فيدفعه الضاغط الى خزان الهواء (Air Tank) عبر صمام غير مرجع (Non Return Valve)والذي يسمح بذهابه الى خزان الهواء ويمنع رجوعه بالاتجاه المعاكس. عند امتلاء خزان الهواء فان الضاغط سوف يتوقف عن العمل أوتوماتيكيا, والذي يتحكم بهذه العملية مفتاح الضغط الذي يكون مربوط على التوالي مع مفتاح المحرك. يخرج الهواء عند الحاجة آلية من الخزان الى مرشح (Filter), عمله لتنقية الهواء من الرطوبة العالقة فيه (تجفيفه), ثم الى منظم الهواء الذي ينظم ضغط الهواء (Air Regulator), ويوجد مقياس للضغط (Meter) بعد ان تم تنظيمه في منظم الهواء والى مفتاح التوقف (Stop Switch) والذي يفتح عند عمل الطبيب, صمام التصريف (Drain Valve) يستخدم عند نهاية العمل او نهاية الاسبوع لتفريغ الهواء في خزان الهواء لان الهواء في الخزان مصحوب بالرطوبة وهذه الرطوبة تسبب تآكل السطح الداخلي للخزان لانها تؤكسده, والشئ الاخر بمرور الزمن تقلل من حجمه, وهذا يعني تقليل بحجم الهواء المضغوط.ان الضغط يختلف من ضاغط الى اخر وحسب الشركة المصنعة للجهاز فبعض الاجهزة تحتاج الى ضغط مقداره (bar) (7– 5) وبعضها تحتاج الى ضغط مقدارها (bar) (3–2) وكلمة (bar) هي وحدة قياس الضغط.




**شكل 7 – 5 عدسة الزيت في محرك ضاغط الهواء**

وهنالك أنواع من ضاغط الهواء بدون زيت والشكل رقم (7 - 6) يوضح احد هذه الأنواع, والشكل رقم (7 - 7) يوضح احد أنواع الضواغط الذي يعمل بالزيت. يفضل النوع الذي يعمل بدون الزيت خوفا من مرور قطرات من الزيت مع الهواء الذي تعمل عليه أجهزة الحفر مما يسبب خطرا على صحة المريض.



**شكل 7 - 6 يوضح احد انواع الضواغط الذي يعمل بدون زيت**

يمكن معرفة ضاغط الهواء الذي يعمل بدون زيت من خلال الدليل (Manual) المرفق مع الضاغط,او من خلال ورقة المعلومات (Label) والتي تلصق على ضاغط الهواء والتي تثبت بها معلومات الضاغط من فولتية تجهيز والتيار والقدرة, وكذلك يمكن التميز من خلال وجود عدسة الزيت حيث الضاغط الذي يعمل بالزيت توجد فيه عدسة الزيت والتي من خلالها يتم مراقبته, ام الضاغط الذي يعمل بدون الزيت فلا توجد عدسه.



**شكل 7 - 7 يوضح احد انواع الضواغط الذي يعمل بالزيت**

## 7– 2 – 2 مفتاح (دواسة) القدم (Foot Switch)

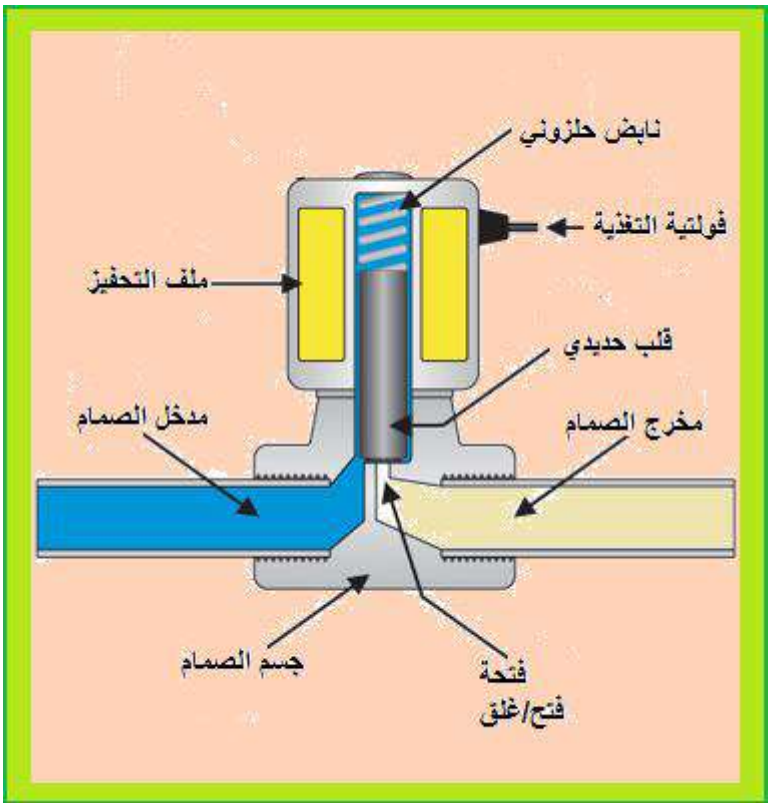
عبارة عن مفتاح هوائي يضغط بواسطة القدم،وظيفة هذا المفتاح السماح للهواء المضغوط الذي يأتي من الضاغط بالدخول ليذهب الى آلات الحفر (Hand Pieces) (آلات الحفر السريع وآلات الحفر البطئ) من خلال دواسة القدم والشكل رقم (7- 8) يوضح صورة لأحد أنواع دواسة القدم وتوجد أنواع بدون توصيلات كهربائية (Wireless) وهنالك انواع مختلفة من دواسة القدم حسب الشركة المصنعة للجهاز، ولكنها تعمل بنفس الفكرة والمبدأ.



**شكل 7- 8 يوضح صورة لاحد انواع مفتاح (دواسة) القدم**

قبل البدأ بشرح كيفية صعود ونزول الكرسي وحركة مسند الظهر الى الامام والخلف يجب توضيح عمل الصمام الكهربائي نوع (Solenoid Valve) وصمام غيرمرجع (Non Return Valve) (يعني عدم رجوع السوائل عند مرورها من خلاله) لعلاقتهما بعمل المنظومة الهيدروليكية لكرسي الاسنان وكالاتي:

1 - الصمام الكهربائي نوع (Solenoid Valve): الصمام هو عبارة عن عنصر كهربائي يتحكم بمرور السوائل او الغازات كهربائياً..أي يتم فتحه وغلقه عن طريق إشارة متصلة مع ملف الصمام، والشكل رقم (7 - 9) يوضح الاجزاء الرئيسة للصمام الكهربائي من خلال المقطع الطولي.

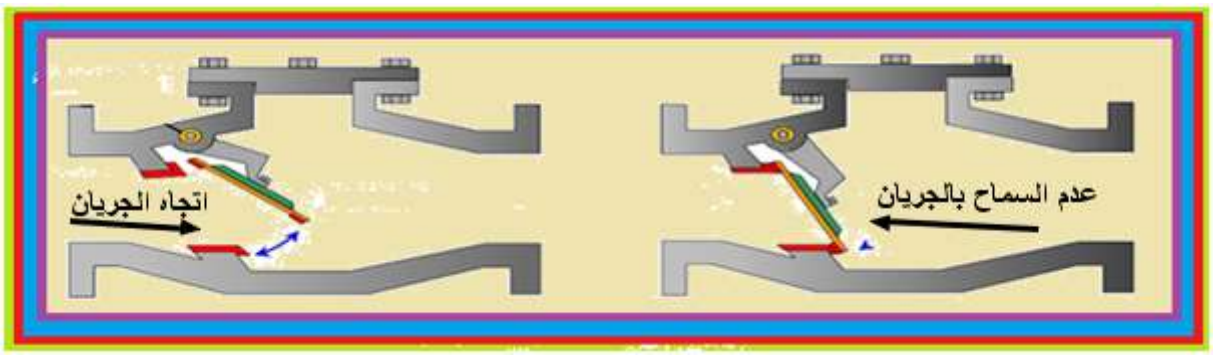



**شكل 7 – 9 مقطع طولي للاجزاء الرئيسية للصمام الكهربائي**

ان مبدأ عمل الصمام الكهربائي هو, عند وصول الاشارة الكهربائية لملفات (Coil) التحفيزسوف يتولد مجال مغناطيسي (Magnetic Field) داخل الصمام وهذا المجال المتولد يجذب القلب الحديدي الى الاعلى مما يسمح للسائل او الغاز بالمرور من مدخل الصمام الى خرجه من خلال فتحة (الغلق/الفتح), علما ان الصمام قبل وصول الاشارة الكهربائية يكون مغلقا (Normally Closed) (N.C) ولايسمح بمرور السائل او الغاز من خلاله.

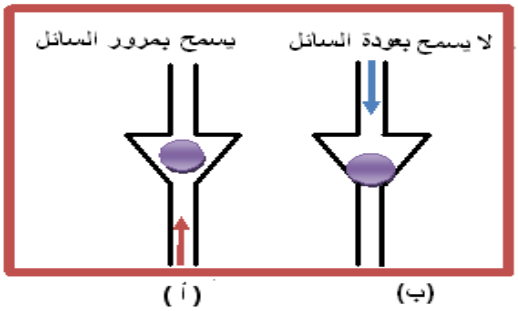
2 - صمام غير مرجع (Non Return Valve)

ان مبدأ عمل الصمام هو السماح للسائل بالجريان باتجاه واحد, وعدم السماح للسائل بالمرور بالاتجاه المعاكس من خلال بوابة تعمل صعودا و نزولا, وكما موضح في الشكل رقم (7 – 10)




**شكل 7 - 10 يوضح صمام غير مرجع**

وهنالك عدة انواع من الصمامات ولكنها تعمل بنفس الفكرة على سبيل المثال هنالك صمامات يستخدم بها الكرة المعدنية الصغيرة والتي تسمح بجريان السوائل بالاتجاه الامامي , كما موضح بالشكل رقم (7 –11 - أ) فنلاحظ اندفاع الكرة المعدنية الى الاعلى بفعل ضغط السائل المتدفق في المجرى ولكن لاتسمح بالاتجاه المعاكس وكما موضح بالشكل رقم (7- 11 - ب) لان عودة السائل سوف تدفع الكرة الى غلق مجرى السائل.



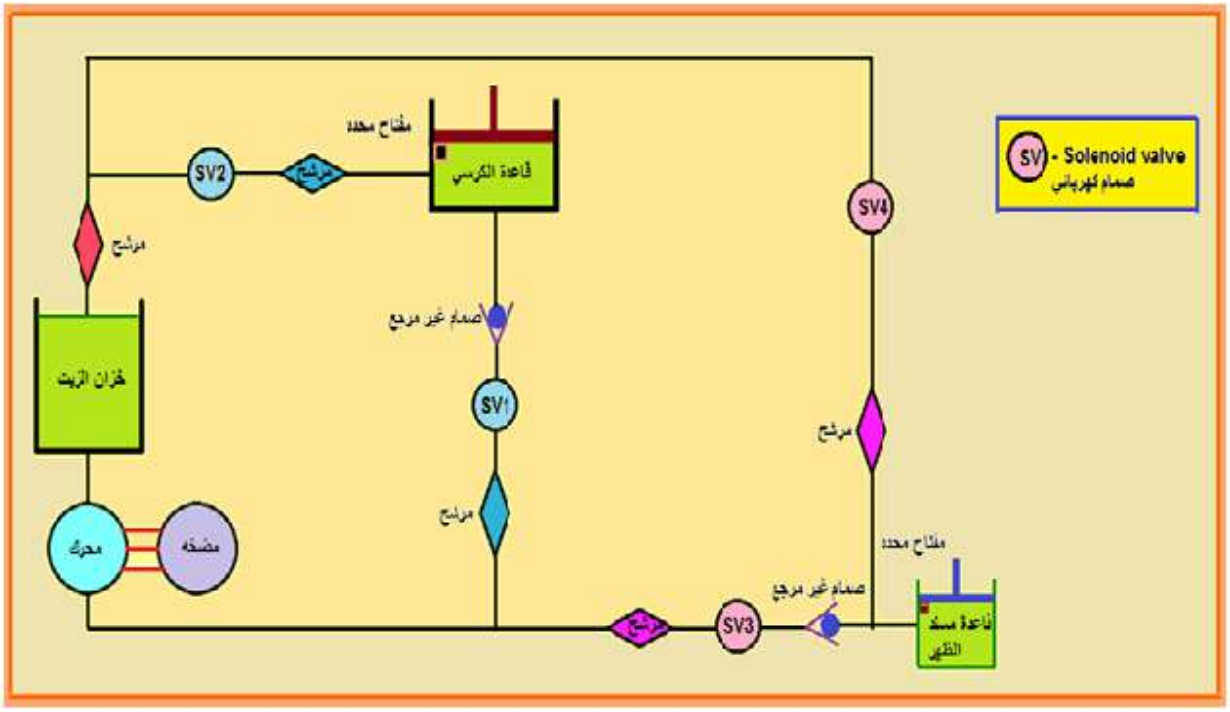

**شكل 7 - 11 يوضح صمام غير مرجع ذات الكرة المعدنية**

## 7- 2 – 3 كرسي الأسنان (Dental Chair)

### أنواع كراسي الاسنان

هناك نظامين يعمل بهما كرسي الأسنان وحسب الشركة المصنعة له وكالآتي:

1- **المنظومة الهيدروليكية:** بعد ان تم توضيح مبدا عمل الصمام الكهربائي وصمام غيرمرجع، نوضح عمل المنظومة الهيدروليكية وفقا للمخطط الكتلي رقم (7 - 12)




**شكل 7 – 12 يوضح المخطط الهيدروليكي لكرسي الاسنان**

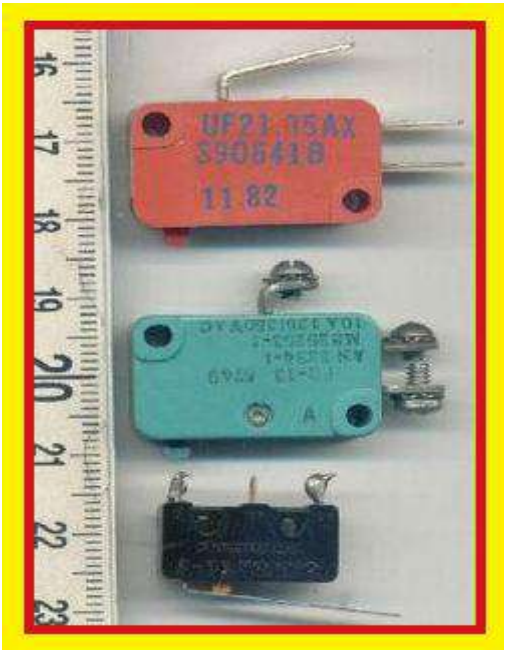
فبواسطة مضخة هيدروليك وخزان ومكبسين واحد لصعود الكرسي (Chair) ونزوله والأخر لتقدم مسند الظهر (Backrest) ورجوعه الى الخلف. يتم التحكم بهذه العملية بواسطة مجموعة من المفاتيح الكهربائية.

**أ - المقعد:**

ويحتوي على حركتين,الصعود والنزول.

**1- صعود المقعد:**

عند الضغط على مفتاح صعود المقعد الى الاعلى يبدأ الصمام الكهربائي (SV1 ) بالعمل (اي يسمح بمرور الزيت من خلاله) وكذلك المحرك (Motor) المرتبط بالمضخة (Pump)، (اي ان المضخة تعمل من خلال المحرك) وتبدأ بدفع الزيت من الخزان ويمر الزيت خلال المرشح (Filter) (تنقية الزيت من الشوائب العالقة به للحفاظ على اداء المنظومة بشكل جيد وتلافي حصول أعطال)، ومن خلال الصمام الكهربائي (SV1) وعبر صمام غير المرجع (Non Return Valve) والذي لايسمح بعودة الزيت من خلاله (هذا النوع عبارة عن كرة معدنية صغيرة تسمح بمرور الزيت ولكن عند رجوعه تغلق ولاتسمح بمروره من خلالها)، والى مجموعة المكبس وبذلك يبدأ المكبس بالصعود (يعني صعود المقعد) الى ان يصل الى الحد المسموح به للصعود وبذلك سوف يضغط على المفتاح المحدد (Limit Switch) كما موضح بالشكل رقم (7 - 13), (مفتاح كهربائي صغير يقوم بقطع الدائرة الكهربائية عن المحرك المرتبط مع المضخة وبذلك تتوقف المضخة عن دفع الزيت الى المكبس الذي يحمل المقعد وهذا يعني توقف صعود المقعد الى الأعلى).




**شكل 7 - 13 يوضح المفتاح المحدد (Limit Switch)**

## 2 - نزول المقعد

عند الضغط على مفتاح نزول المقعد فان الصمام الكهربائي (SV2) سوف يعمل وحده دون الحاجة لعمل المحرك والمضخة لان نزول المقعد يعتمد فقط على وزنه اي من المكبس وعبر المرشح (Filter) والصمام الكهربائي (Solenoid Valve) يعود الزيت الى الخزان.

**ب - مسند الظهر**

تكون عملية تقدم مسند الظهر الى الامام ورجوعه الى الخلف وكالآتي:

**1- حركة مسند الظهرالى الامام**

عند الضغط على مفتاح حركة المسند الى الامام يعمـــل الصمـــــام الكهربائي (SV3) (اي يسمح للزيت بالمرور من خلاله)، ويعمل المحرك ايضا وتبدأ المضخة بدفع الزيت من الخزان وعبـر المـــــــرشح (Filter) ويمـــــر الزيت عبـــر صمـــام الغيـــر مرجع (Non ReturnValve) والى مسند الظهر الذي يبدأ بالتقدم باتجاه الامام الى حد معين يقوم المفتاح المحدد (Limit Switch) بقطع تجهيز الفولتية عن المحرك ومعه المضخة وبذلك يتوقف مسند الظهر عن التقدم.

**2- حركة مسند الظهرالى الخلف**

ان عملية رجوع المسند الى الخلف تعتمد على وزنه، اي عند الضغط على المفتاح الخاص برجوع المسند الى الخلف يعمل الصمام الكهربائي (SV4) ومن خلال المرشح (Filter) يعود الزيت الى الخزان الرئيسي (Oil Tank) دون الحاجة الى عمل المحرك والمضخة وذلك بالاعتماد على وزنه. ان السيطرة على حركة مسند الراس تكون سيطرة يدوية.

## 2 - نظام المحرك اللولبي

يكون العمل بهذا النظام بواسطة محرك وهو محرك يعمل بالتيار المستمر (D.C) ومثبت في محوره لولب وصامولة تكون الصامولة ثابتة وعند دوران المحرك عكس اتجاه عقرب الساعة يبدأ الكرسي بالصعود وبالطبع يكون المحرك مثبت ايضا وعند الدوران باتجاه عقرب الساعة يبدأ الكرسي بالنزول. وبنفس الطريقة يعمل مسند الظهروالشكل رقم (7 - 14) يوضح شكل اللولب. ان هذا النظام غير مكلف واقتصادي ونظيف لعدم وجود الزيت، قليل الأعطال وسهل الصيانة.



**شكل 7 – 14 يوضح شكل اللولب**

## 7 – 2 – 4 آلات الحفر (قبضات الحفر) (Hand Pieces)

وهي الأداة الأساسية لعمل طبيب الأسنان و تعمل آلات الحفر على ضغط الهواء القادم من الضاغط، إن مزايا عمل آلات الحفر هي للجلخ أو القطع أو الثقب بكفاءة عالية والم قليل للمريض و يتم تحقيق ذلك من خلال زيادة سرعة الأداء للآلات كما أنها يجب أن تعمل بتوازن تام بدون اهتزاز على الإطلاق من اجل راحة العمل وعدم إزعاج ألمريض و في جهاز الاسنان

تقسم آلات الحفر المستخدمة الى:

1- الات الحفر البطيء: (Low Speed Hand Piece)
2- الات الحفر السريع : (High Speed Turbine)

وسوف نوضح كل واحدة منها وكالاتي:

## 1 - آلات الحفر البطيء (Low Speed Hand Piece)

عملها إنهاء عملية الحفر في السن المصاب و إعطائها الشكل النهائي و ذلك ببرينة الحفر الخاصة بها بعد عملية الحفر بالات الحفر السريع والتي تسمى بالتورباين (Turbine) وكذلك إنهاء عملية التحضير لغرض تحشية السن المصاب, وهنالك نوعان من آلات الحفر البطيء, و الاثنتان تعملان ميكانيكيا إذ تنتقل الحركة الدورانية من المحرك الدقيق (Micro Motor) الهوائي أو الكهربائي عبر مجموعة من المسننات إلى برينة الحفر التي تدور. والمحرك الدقيق عبارة عن محرك صغير منه ما يعمل على الهواء المضغوط ومنه ما يعمل على التيار المستمر(D.C) وسوف نوضح كل نوع منهما وتوجد نوعان من القبضات هما : -

أ- القبضه المعوجة (Contra Angle Hand Piece)

ب- القبضه المستقيمة (Straight Hand Piece)

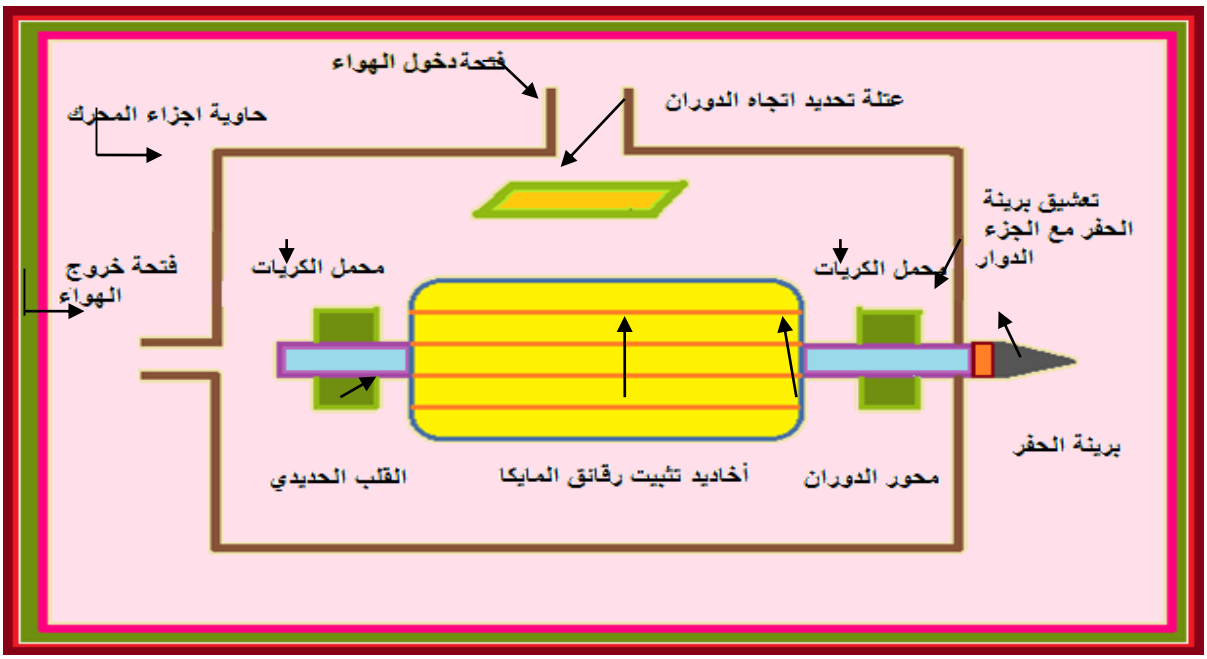
والشكل رقم (7 – 15 - أ) يوضح شكل آلة الحفر المعوجة, والشكل رقم (7 – 15 - ب) يوضح آلة الحفر المستقيمة واللتان تساعدان الطبيب المعالج في عمله.




**شكل 7 - 15 يوضح شكل آلات الحفر المستقيمة و المعوجة**

### أ - المحرك الهوائي (Air Motor)

عبارة عن محرك صغير جدا يعتمد في عمله على الهواء القادم آليا من ضاغط الهواء (Compressor)، ويتكون من قلب حديدي فيه سواقي (أخاديد) (Slots) مثبت فيها صفائح من المايكا على شكل رقائق تدور بالهواء المضغوط الذي يدخل من خلال فتحة الهواء وحسب مواصفات الشركة الصانعة حيث يأتي الهواء المضغوط من ضاغط الهواء الى المحرك (Air Motor) عبر أنبوب داخلي منتهيا إلى القلب الحديدي الذي يدور بذلك الهواء المضغوط ويمكن التحكم بهذا الهواء عن طريق صمام كهربائي (Solenoid Valve) من خلال مفتاح القدم, والذي يساعده على الدوران محمل كريـــــات (Ball Bering) عدد اثنين مثبتان على المحور الدوار والذي مثبت عليه القلب الحديدي ايضا. وهناك ميزة في المحرك الهوائي انه يمكن التحكم باتجاه الدوران بواسطة مفتاح موجود بأسفل المحرك يسيطر على عتلة اتجاه الدوران، بالإمكان تدوير المحرك مع عقرب الساعة او عكس عقرب الساعة. وكما موضحا بالاجزاء الرئيسة بالرسم رقم ( 7- 16).




**شكل 7 – 16 يوضح الاجزاء الرئيسية للمحرك الهوائي**

ومن مواصفاته :

1. حجمه صغير.
2. يعتمد على الهواء في عمله.
3. قليل الاعطال.
4. سرعته تتراوح بين 10000-20000 دورة في الدقيقة.

## ب -المحرك الكهربائي (Electrical Motor)

وهو عبارة عن محرك كهربائي غاية في الصغر ويستعاض به عن المحرك الهوائي ويمتاز بالمواصفات التالية:

1- لايشغل حيزا كبيرا لصغر حجمه.
2- يعمل بفولتية مستمرة (D.C) ذات قيمة قليلة تتراوح (22 – 24) فولت.
3- يتم التحكم بسرعته من خلال مقاومة متغيرة داخل الجهاز.
4- سرعة دوران المحرك تتراوح (1800 – 20000) دورة بالدقيقة.

وفي الشكل رقم (7 – 17) المخطط الكتلوي لدائرة تجهيز المحرك الكهربائي بالفولتية اللازمة لعملة والذي يتكون من:

1- المصدر الكهربائي : ويجهز فولتية مقدارها (220V/50Hz).
2- المحول الخافض (Step-Down Transformer): ويخفض الفولتية من 220 فولت الى 30 فولت متناوب (AC) .

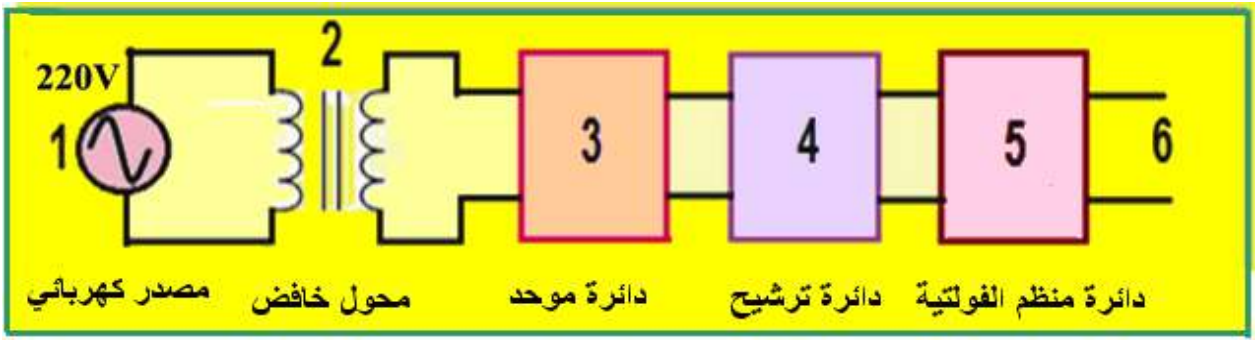
3- دائرة الموحد : والتي تقوم بتحويل الفولتية المتناوبة (30 فولت) (AC) الى فولتية مستمرة قيمتها (22-24) V-DC.

4- المرشح (Filter).

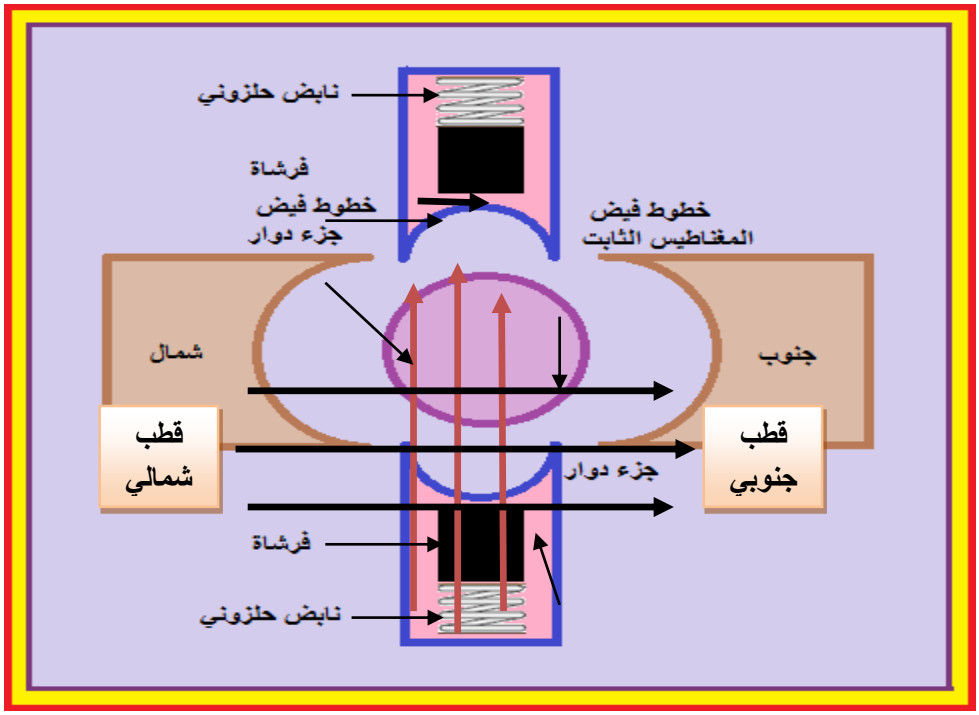
5- دائرة المنظم (Regulator Circuit): والتي من خلالها يتم السيطرة وتنظيم الفولتية المطلوبة

6- فولتية مستمرة (D.C)(22 – 24) فولت لتغذية المحرك الكهربائي.

بعد ان تم تجهيز المحرك الكهربائي بالفولتية اللازمة لعمله فان هذه الفولتية سوف تغذى بها فرشاة (Brush) المحرك ونتيجة لذلك سوف يتولد فيض مغناطيسي يقاطع الفيض المغناطيسي المتولد من المغناطيس الثابت ونتيجة لذلك سوف يدور الجزء الدوار (Rotor) من المحرك, واذا اراد الطبيب المعالج تغيير اتجاه الدوران بالاتجاه المعاكس فبواسطة مفتاح موجود اسفل القبضة يتم تغيير الاتجاه حيث يتم تغيير القطبية للمحرك (اي يصبح القطب الموجب قطبا سالبا, والقطب السالب قطبا موجبا) وهذا يغير اتجاه الدوران. والشكل رقم (7 - 18) يوضح الأجزاء الرئيسة للمحرك الكهربائي.




**الشكل 7 – 17 يوضح دائرة تجهيز المحرك الكهربائي بالفولتية**




**شكل 7 –18 يوضح الاجزاء الرئيسة للمحرك الكهربائي (Electrical Motor)**

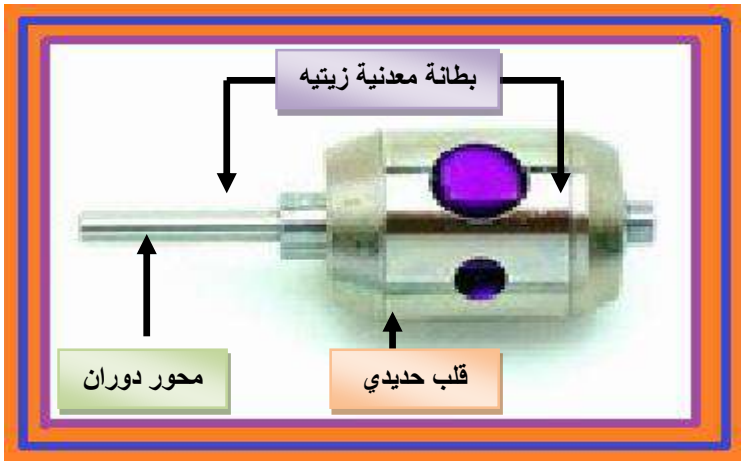
## ب -الات الحفر السريع (التوربين) ( High Speed Turbine)

وظيفتها حفر السن المتسوس وإزالته نهائياً, تستعمل في الأسنان اللبنية والدائمة وهي من أهم الآلات الموجودة في الجهاز. وتتميز هذه القبضة بالدوران العالي جدا وتصل عدد دوراتها من 450000 دورة في الدقيقة إلى 500000 دورة في الدقيقة و تعمل على الهواء المضغوط, و ذلك حسب النموذج و حسب تعليمات الشركة المصنعة. ونظرا لسرعة دوران التوربين سوف تتولد حرارة عالية ناتجة من الاحتكاك وهذه تؤدي الى تلف الاعصاب التي في السن فلذلك يوجد في آلة الحفر ايضا ممرا للماء يستخدم لغرض التبريد (ينتج رذاذ لوجود الهواء القادم من الضاغط مع الماء) عند الحاجة, وفي بعض الانواع يوجد ممر للالياف الضوئية لغرض نقل الضوء الذي يساعد الطبيب على وضوح الرؤيا عند عمله. ويوجد نوعان من اجهزة الحفر السريع ( التوربين):-

1- محرك بدون زيت(Oil less Motor).
2- المحرك مع الزيت (Motor With Oil)

**1-**محرك بدون زيت (Oil less Motor)

ونعني بدون زيت اي ان المحرك يدور بدون وجود محمل كريات (Ball Bearing) ويستعاض عنه ببطانة معدنية (بوش) (Bush) عدد اثنين تثبت بالمحور الدوار نتيجة للدوران فان هذه البطانة المعدنية (Bush) تقوم بعملية التزييت الذاتي(بطانة معدنية زيتية), يجب ان يكون الاحتكاك قليل في التوربين لتسهيل سرعة دورانه وهذا يعني ان تكون السطوح المحتكة صقيلة, ولذلك تستخدم البلورات كالماس لتصنيع محاور الدوران لأنة صقيل جدا. والشكل رقم (7 - 19) يوضح احد انواع التوربين, وهنالك عدة انواع وحسب الشركة المنتجة وتختلف النوعية وحسب السعر.




**شكل 7 - 19 يوضح المحرك الذي يعمل بدون زيت**

**2 -**المحرك مع الزيت (التوربين) (Motor With Oil Turbine)

يعتمد في دوران المحور على محمل كريات (Ball Bearing) وتكون سرعته اقل من سرعة المحرك بدون زيت, وتوجد فتحة في نهاية الآله الغرض منها التزييت، والشكل رقم (7 - 20) يوضح شكل محمل الكريات (Ball Bearing) والجزء الدوار (Rotor) الذي يدور مع القلب الحديدي, ويثبت محمل الكريات عدد اثنان عليه والرأس الذي تثبت فيه برينة الحفر.




**شكل 7 – 20 يوضح اجزاء المحرك مع الزيت**

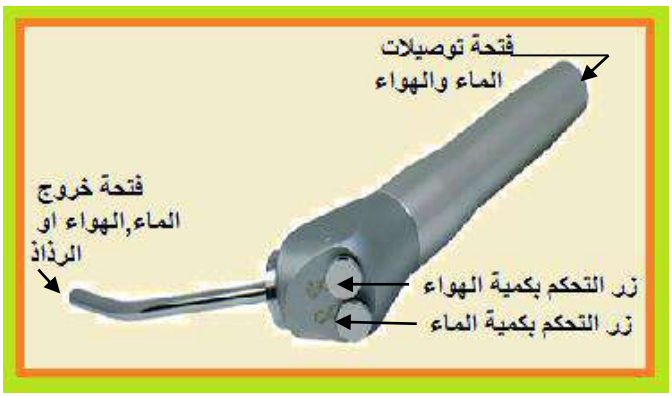
والشكل رقم (7 –21) يوضح آلة الحفر السريع عند دورانها مع رذاذ الماء والذي يستخدم لغرض التبريد نتيجة الاحتكاك كما وضحنا سابقا في آلة الحفر السريع والناتج عن الهواء القادم من الضاغط مع الماء لغرض تبريد مكان الحفر في الاسنان.



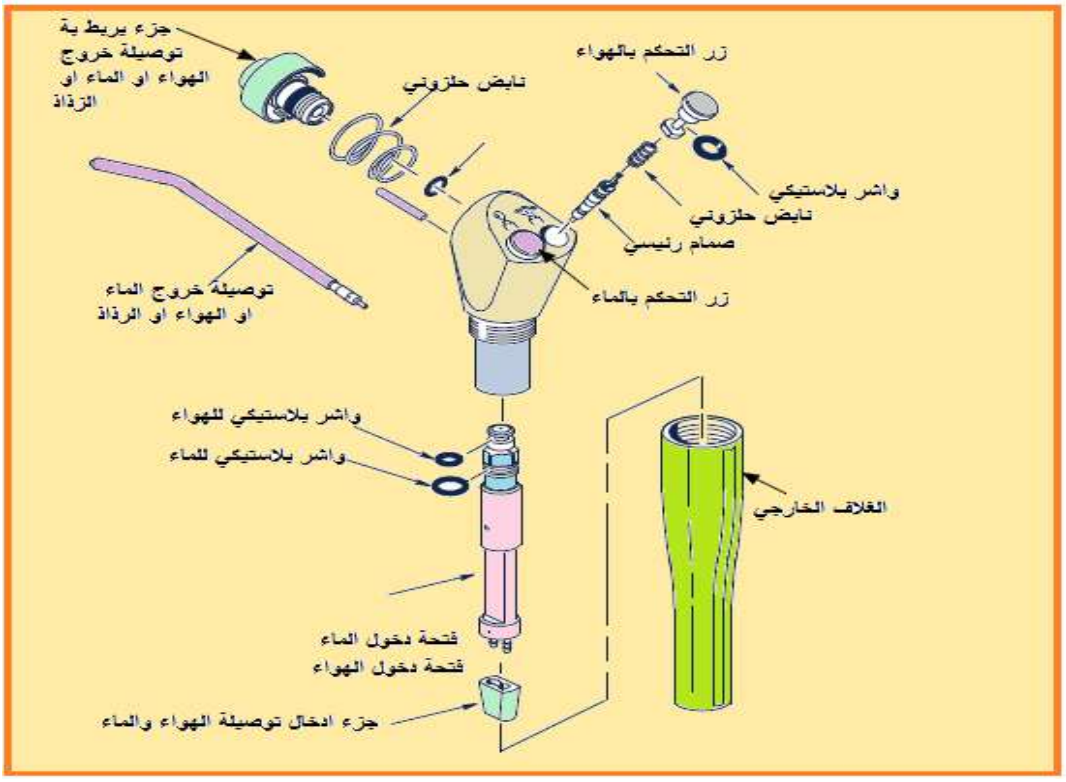
**شكل 7 – 21 يوضح دوران التوربين والرذاذ المستحدم للتبريد**

## 7 – 2 – 5 السرنج الثلاثي (Triple Syringe)

يستعمل السرنج الثلاثي لتنظيف مكان العمل عن طريق وصول الهواء المضغوط أوالماء او الهواء والماء معا على شكل رذاذ. وتتم عمليه التحكم بواسطة الصمامات التي تكون موصولة مع مفتاح القدم وباقي الاجزاء مبدأها بسيط جدا. والشكل رقم (7 -22) يوضح السرنج الثلاثي فعند الضغط على الزر الايسر يمكنك التحكم في كمية تدفق الماء من خلال السيطرة على صمام، وعند الضغط على الزر الايمن يمكنك التحكم بكمية الهواء وايضا من خلال صمام، وعند الضغط على الزرين معا تحصل على رذاذ الماء والشكل رقم (7 –23) يوضح اجزاءه الرئيسة، مصنوع من سبائك الالمنيوم وفقا للشركة المصنعة ولكن المبدأ واحد.



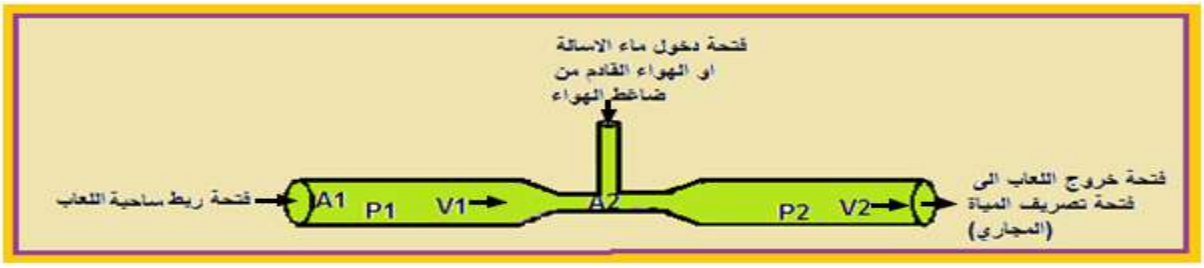

**شكل 7 - 22 يوضح السرنج الثلاثي**




**شكل 7 - 23 يوضح الاجزاء الرئيسة للسرنج الثلاثي**

## 7 – 2 – 6 ساحبة اللعاب ( Saliva Ejector )

عمل ساحبة اللعاب هو العمل على مبدأ فنجوري، وهو عالم فيزياء ايطالي وهو مكتشف تأثير فنجوري الذي أطلق باسمه وأيضا مكتشف أنبوب فينجوري حيث لاحظ أن ضغط السائل الجاري في الأنبوب ينخفض عند حدوث تضيق في مقطع الأنبوب. **تعمل بنظامين اما بجريان الماء في انبوب فنجوري تعمل على مص اللعاب مع الجريان للماء او بواسطة جريان الهواء وكلما زاد الجريان ازداد المص،** تستخدم منظومة الاولى بواسطة الماء تكون اقتصادية حيث لا نخسر شيئا سواء الماء الموجود في كل مكان اما الثانية سوف نحتاج الى هواء مضغوط لعملها وتحتاج هذه المنظومة الى ضاغطة هواء ومنظمات لكي تعمل, وأول شيء يجب ان تحصل على منظومة فنجوري ثم عمل التوصيلات اللازمة لعملها.




**شكل رقم 7 – 24 يوضح الفكرة الاساسية لمبدأ فنجوري**

من خلال الشكل رقم (7-24) تلاحظ الضغط الاول (P1) اكبر من الضغط الثاني (P2) (يعني ضغط في فم المريض اكبر ولذلك يجب على المريض ان يبقي فمه مفتوحا عند استعمالها, لأنه اذا اغلق فمه تكون العملية عكسية)، وسرعة السائل المار في المقطع االاول $(v1)$ اقل من سرعة السائل المار في المقطع الثاني $(v2)$ والسبب لان مساحة المقطع الاول (A1) اكبر من مساحة المقطع الثاني (A2).وساحبة اللعاب، و هي الأداة التي تستخدم عادة من قبل مساعدي طب الأسنان خلال إجراءات معالجة الأسنان. ولها مقبض يعلق على أنبوب مرن ويربط الأنبوب بجهاز شفط، والذي يسمح لمساعد طب الأسنان في استخدام ساحبة اللعاب لإزالة اللعاب من الفم. هذا أمر مهم لأن المرضى غير قادرين على ابتلاعه خلال إجراءات المعالجة، مما يسبب تراكم اللعاب في الفم. ان اللعاب الزائد يمكن أن يجعل من الصعب أو المستحيل على طبيب الأسنان القيام بعمله بصورة صحيحة, ساحبة اللعاب تستخدم مباشرة في الفم من أجل إخلاء السوائل (الماء واللعاب والدم) التي تنشا خلال الإجراءات السريرية، إن ساحبة اللعاب تمثل قطعة مهمة من المعدات التي تستخدم في العلاج والشكل رقم (7 – 25) يوضح ساحبة اللعاب. اما عند اجراء عمليات جراحية في الفم فتوجد ساحبة لعاب اكبر تستخدم من قبل مساعدي طب الأسنان لان كمية السوائل (اللعاب, الدم) سوف تكون اكثر، هذه أداة مماثلة في طبيعتها لساحبة اللعاب، على الرغم من أن أنبوبها هو أوسع من ذلك بكثير. يتم استخدام هذه الأداة لإزالة أي حطام قد يكون في الفم، مثل رقائق الأسنان أو المواد الغذائية.




**شكل 7 -25 يوضح ساحبة اللعاب**

## 7 – 2 – 7 المبصقة (Cuspidor)

تتالف المبصقة من حوض خزفي مزجج (سيراميك), الغرض منها للتخلص من فضلات غير المرغوب فيها من مواد سائلة وصلبة الخارجة من فم المريض والمتكونة من (اللعاب, بقايا السن, الدم, بقايا الحشوة وماء الذي يتمضمض به المريض), ولوجود مواد صلبة مع الفضلات تم وضع فلتر على نقطة تصريف الفضلات (Drain) لغرض جمع الفضلات الصلبة غير الذائبة بالماء لان هذه المواد اذا دخلت الى مجرى التصريف ( المجاري) سوف تترسب وتتراكم مما تسبب الى غلق المجرى الرئيسي لعيادة الطبيب, علما يوجد مصدر لماء الإسالة يوضع بصورة مماسية على حافات المبصقة لكي يجري الماء بصورة كلية

على جميع اجزاء والمبصقة لايلتصق بها اي نوع من انواع الفضلات لان هذه المواد تسبب نمو بكتيريا على والمبصقة والشكل رقم (7 - 26 ) يوضح الشكل العام للمبصقة.



**شكل 7 - 26 يوضح احد انواع شكل المبصقة**

## 7 – 2 – 8 القدح (Cup)

وهي وحدة تتكون من القدح ومصدر الماء (ماء الاسالة) ووحدة تتحسس وزن القدح, الغاية منها لكي يتمكن المريض من تنظيف فمه بعد كل عملية حفر للسن او حشوة للسن. فعند وضع القدح في المكان المخصص له فان المتحسس سوف يعطي ايعاز الى المصدر المائي لكي يبدأ جريان الماء الى القدح الى ان يصل الماء للوزن المطلوب ويعطي المتحسس أمربإيقاف جريان الماء, وفي الانواع القديمة يوجد صنبور يدوي مرتبط بمصدر الماء ويستخدم الطبيب المعالج الصنبور عند الحاجة ،والشكل رقم (7-27) يوضح مكان القدح في الجهاز.




**شكل 7 – 27 يوضح مكان القدح**

## 7 – 2 – 9 وحدة السيطرة (Control Unit)

عبارة عن صندوق يتم من خلاله الربط الكهربائي الداخل للجهاز والمعلومات الخارجة الخاصة بالسيطرة على عمل الجهاز وكذلك يتم دخول الأنابيب البلاستيكية الخاصة بنقل الهواء المضغوط القادم من الضاغط, والأنابيب البلاستيكية الخاصة بنقل ماء الإسالة الذي يقوم بالإعمال الخدمية للجهاز (لتنظيف المبصقة وإملاء القدح) وفي بعض الأجهزة لسحب السوائل الغير مرغوب فيها من فم المريض (ساحبة اللعاب). ماء الإسالة، ومرشحان (Filters) ويتألف الصندوق من منظم للهواء المضغوط ومنظم لضغط ماء الإسالة وكذلك مرشح (Filter) واحد للهواء المضغوط والأخر لماء الإسالة المضغوط، ومجموعة من الصمامات الكهربائية والتي تسيطر على تفرعات منظومة الماء والهواء, كما ويوجد توصيلات لربط المنظومات الكهربائية مكونة من دائرة القدرة والسيطرة، وفائدتها سهولة الربط, وسهولة الفحص أثناء الصيانة الدورية للجهاز وكذلك عند حدوث أي عطل بالجهاز. يوجد على الجزء الخارجي للصندوق مقياسين الاول لقياس ضغط الهواء والثاني لقياس ضغط ماء الاسالة، والفائدة منهما لكي يراقب الطبيب ضغط الهواء

والماء في اثناء عمله مع المريض, لان الهواء والماء يمثلان العصب الرئيسي لعمل الجهاز. يثبت الصندوق على الجدار او يوضع على الارض ويكون بالقرب من الجهاز لغرض المراقبة والمتابعة والشكل رقم (7 – 28) يوضح الشكل الخارجي لوحدة السيطرة.




**شكل 7 –28 يوضح الشكل الخارجي لوحدة السيطرة**

## 7– 2 – 11 الصينية والحمالة (Tray and Holder)

وهو الجزء الذي يضع الطبيب أدواته عليها,التي يحتاج اليها في فحص و معالجة المريض بعد ان تم غسلها وتعقيمها في فرن التعقيم وكذلك توجد حمالة لحمل اجهزة الحفر السريع والحفر البطئ والسرنج الثلاثي وساحبات اللعاب والشكل رقم (7 - 29) يوضح الصينية والحمالات, وهذا الجزء يتحرك حول محور ثابت لسهولة العمل وسهولة حركة الطبيب.




**شكل 7 – 29 صورة المنضدة والحمالات**

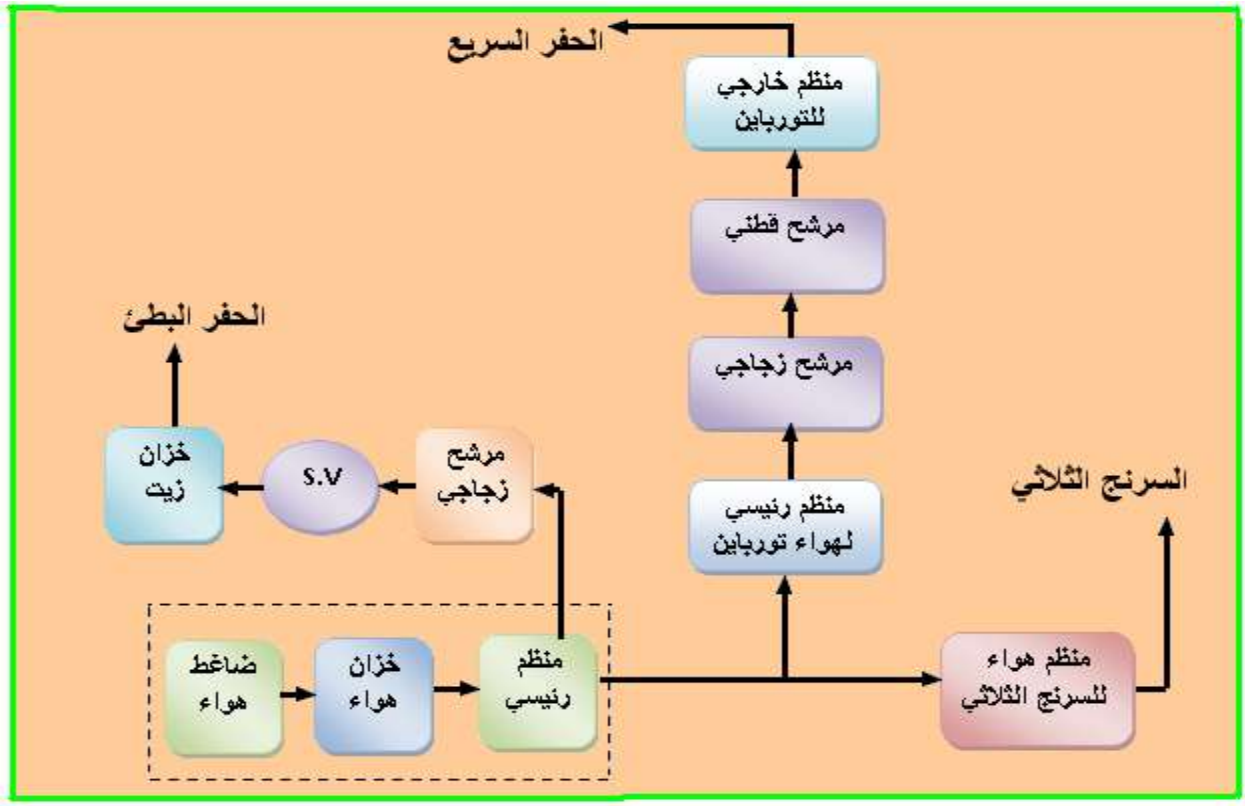
## 7 – 3 دورات جهاز الأسنان

يتكون جهاز الاسنان من أربع دورات هي :-

1 –الدورة الهوائية(Air Cycle).
2 – الدورة المائية(Water Cycle).
3– دورة الماء المقطر(Distilled Water Cycle) .
4 – الدورة الكهربائية(Electrical Cycle).

### 7 – 3 – 1 الدورة الهوائية(Air Cycle)

بعد ان تم شرح اجهزة الحفر السريع واجهزة الحفر البطئ والسرنج الثلاثي سوف نوضح كيفية وصول الهواء المضغوط اليها والشكل رقم (7 - 30) يوضح المخطط الكتلوي للدورة الهوائية.



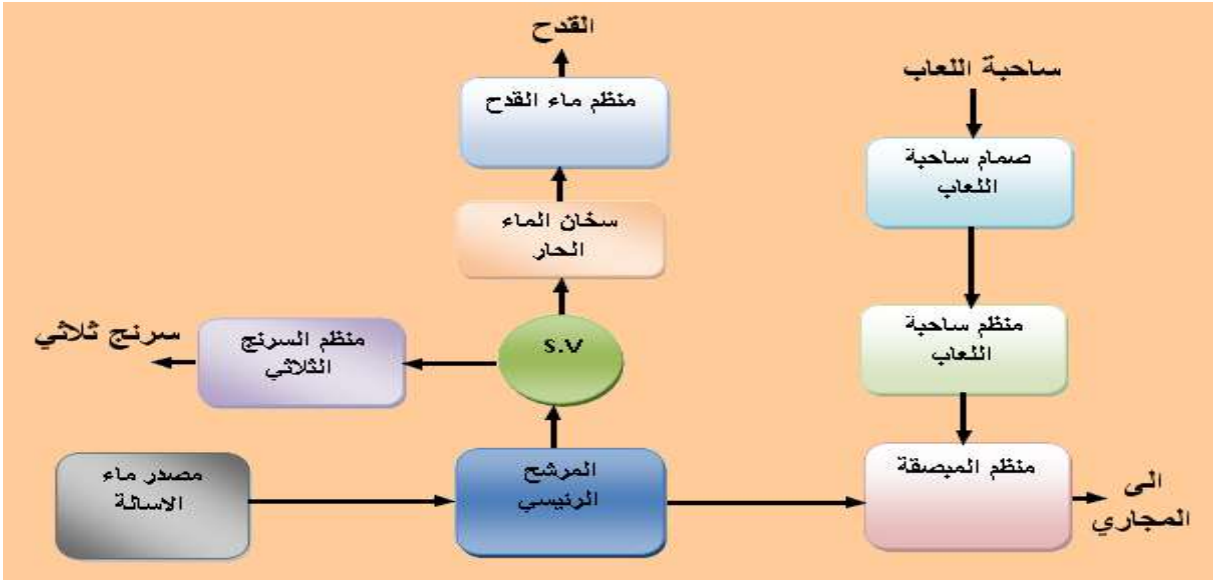

شكل 7 - 30 يوضح اجزاء الدورة الهوائية

ان عمل الدورة الهوائية,هو تجهيز آلة الحفر السريع وآلة الحفر البطئ والسرنج الثلاثي بالهواء المضغوط, فمن ضاغط الهواء (Air Compressor) وحسب نوع الجهاز تكون كمية الضغط والذي يقاس بالـ (bar)وهو وحدة قياس الضغط, الى المنظم الرئيسي (Main Regulator) لهواء التوربين (آلة الحفر السريع), يمر بعد تنظيمه (التحكم بالسرعة) والى مرشح زجاجي (Filter) يتصف بكونة ذات مسامات كبيرة للتخلص من الزيت الذي قد يكون عالقا به والذي يأتي مع الهواء من الضاغط (ضاغط يعمل بالزيت), وبعده الى مرشح قطني (Filter) والذي تكون مساماته صغيرة لغرض التخلص من الرطوبة وقطرات الماء التي تتكون نتيجة لضغط الهواء, فيخرج الهواء نقي الى منظم خارجي لآلة الحفر السريع (التوربين). وكذلك من ضاغط الهواء الى السرنج الثلاثي عبر منظم الهواء والذي يستخدم لغرض تجفيف الاسنان عند عمل الطبيب او يخلط الهواء مع الماء. اما الجهة الاخرى التي يستخدم بها الهواء المضغوط فهو آلة الحفرالبطئ والى الصمام الكهربائي (S.V) (Solenoid Valve)، وعبر المرشح الزجاجي فألى خزان الزيت

(وهذا يحدث في حالة عمل آلة الحفر البطئ لتزييت محمل الكريات) (BallBearing)، وهذا يعتمد على نوع الجهاز والشركة المصنعة له, ومن ثم الى المحرك.

## 7 - 3 -2 الدورة المائية (Water Cycle)

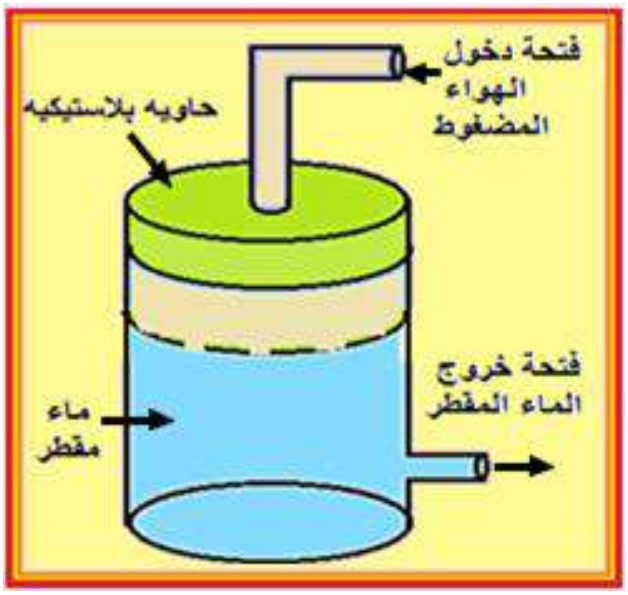
يوضح الشكل رقم (7 -31) المخطط الكتلوي للدورة المائية لجهاز الاسنان، حيث يأتي الماء من الاسالة ويدخل الى المرشح الرئيسي (Main Filter) لغرض ترشيحه وتنقيته، وعبر الصمام الكهربائي (Solenoid Valve) (S.V)يتجه الماء الى السرنج الثلاثي عبر منظم السرنج الثلاثي (Triple Syringe Regulator) لغرض تحديد كمية الماء المراد استخدامه
وهذا التنظيم يكون ميكانيكي او كهربائي، أو الى القدح (Cup) عبر الصمام الكهربائي (S.V) ثم الى سخان لغرض تسخين الماء وحسب الحاجة والى منظم ماء القدح ثم الى القدح ليستخدم من قبل المريض للمضمضة، ومن المرشح الرئيسي (Main Filter) الى منظم المبصقة (Basin Regulator) والذي يقوم بدفع (تصريف) الماء الى المجاري للتخلص منها ،يأتي من ساحبة اللعاب الى صمامها وعبر المنظم والذي يحدد كمية سحب اللعاب والى منظم المبصقة فالي المصرف (Drain).




**شكل 7 - 31 يوضح الدورة المائية لجهاز الاسنان**

## 7 – 3 – 3 دورة الماء المقطر (Distilled Water Cycle)

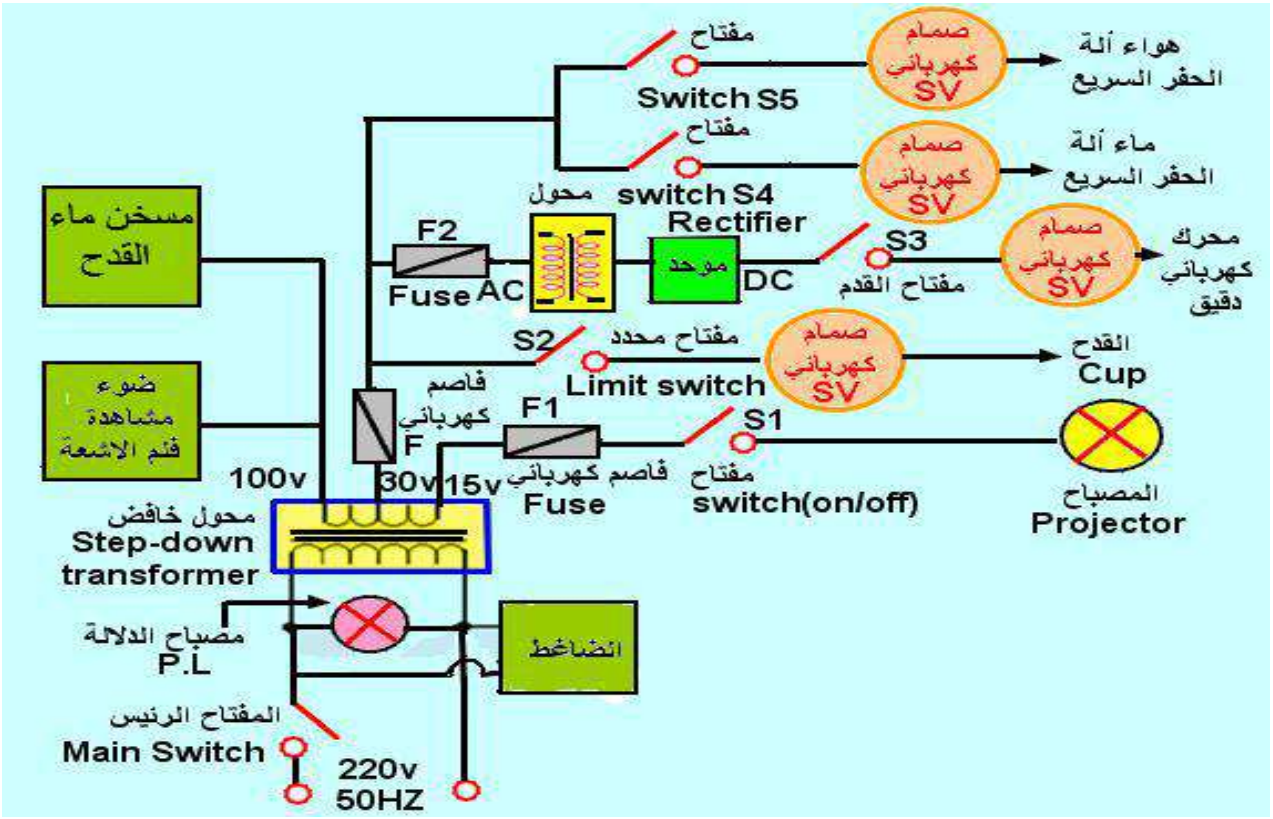
عبارة عن حاوية بلاستيكيه شفافة كما موضحه بالشكل (7 –32) تملأ بالماء المقطر ولها فحتان الاولى لدخول الهواء المضغوط القادم من ضاغط الهواء والثانية لخروج الماء المقطر والذي يربط بآلة الحفر السريع عن طريق انبوب بلاستيكي مرن. يسلط ضغط الهواء على الماءالمقطر خلال فتحة الدخول ليتمكن من الصعود الى آلة الحفر السريع والتدفق بقوة على السن أثناء عملية الحفر، ان عملية السيطرة والتحكم بكمية الماء المقطر الخارج من آلة الحفر السريع تتم من خلال حنفية الماء الموجودة في الصينية (Tray).




**شكل 7 – 32 يوضح الحاوية البلاستيكية**

## 7 – 3 – 4 الدورة الكهربائية (Electrical Cycle)

الشكل رقم (7 – 33) يوضح المخطط الكتلوي للدورة الكهربائية لأحد انواع أجهزة الاسنان المستعملة وتعمل كما يلي:-




**شكل 7 - 33 يوضح الدورة الكهربائية**

تجهز الدورة الكهربائية بمصدر كهربائي (220V/50Hz) الى الملف الابتدائي للمحول الخـــافض (Step –Down Transformer) عبر المفتاح الرئيس (Main Switch) لتشغيل الدائرة, نلاحظ توهج مصباح الدلالة (Pilot Lamp) (يعني وجود تيار كهربائي من المصدر), بذات الوقت تصل الفولتية الى ضاغط الهواء (Air Compressor) وتكون الفولتيات الخارجة من الملف الثانوي (Secondary Coil) للمحول (15)V, (30,100). توصل الفولتية (15)V الى مصـــباح الإنارة (Projector) عبر الفاصم الكهربائي (Fuse) (F1) والمفتاح (Switch) (S1). توصل الفولتية (30 فولت) الى القدح (Cup)عبرالفاصم (Fuse) (F) ومفتاح محدد (Limit Switch) (S2) والصمام الكهربائي (Solenoid Valve)(S.V) وتوصل (30)V عبر الفاصم الكهربائي(Fuse) (F2) الى المحول (Transformer) الذي يحول الفولتية ثم توصل الى الموحد لتحويل الفولتية المتناوبة (A.C) الى فولتية مستمرة (D.C) فألى مفتاح القدم (S2) (Foot Switch) والصمام الكهربائي(S.V) الى المحرك الكهربائي الدقيق(Micro Electrical Motor) , وأيضا عبر الفاصم الكهربائي (F) عبر المفتاح (S4) والصمام الكهربائي (S.V) ماء آلة الحفر السريع, وعبر نفس الفاصم الكهربائي (F) وعبر المفتاح (S5) والصمام الكهربائي (S.V) الى هواء آلة الحفر السريع. وتوصل الفولتية (100)V الى مسخن ماء القدح (Heater of the Cup) لتسخين الماء عند الحاجة, والى ضوء (فلورسنت) لمشاهدة صورة الاشعة السينية للاسنان.

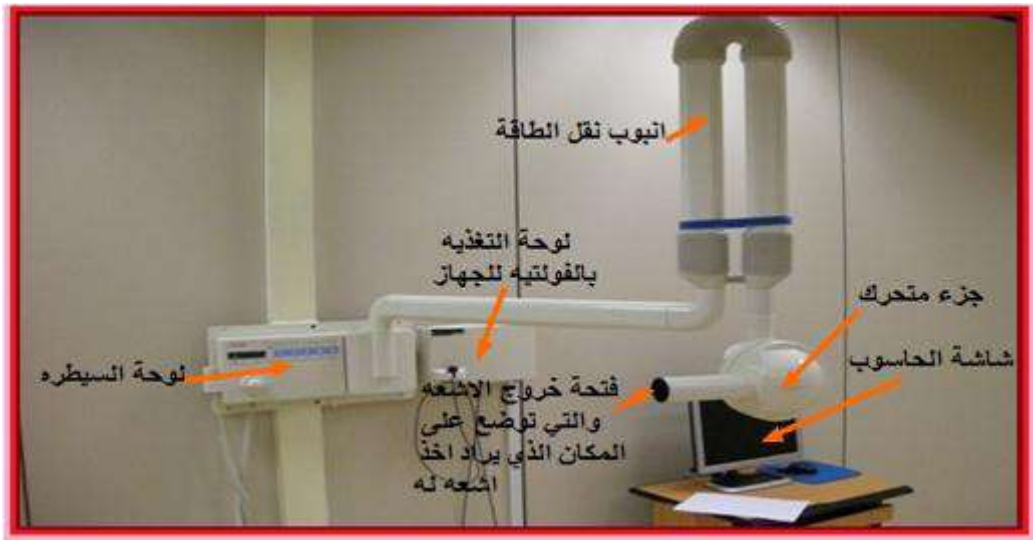
## 7 – 4 الأجهزة المساعدة

### 7 – 4 -1 جهاز الاشعة (X-Ray Device)

هي من أهم وسائل التشخيص في طب الأسنان، وهي تتألف من :

ا– الاشعة البسيطة

تستطيع تصوير سنين أو ثلاثة، وهي لا تشمل مناطق واسعة حول المنطقة المصورة ، ويوجد نوع حديث من هذه الأجهزة متصلة بالحاسوب تستطيع أن تصور بدقة أعلى وبكمية أشعة أقل بالإضافة إلى السرعة حيث أن الصورة تظهر مباشرة على الحاسوب دون الحاجة إلى انتظار تحميض الفيلم، ومبدأ عمل الجهاز مشابه لعمل جهاز الاشعة السينية والذي تم توضيحه انفا بالفصل الاول من الكتاب، والشكل رقم (7- 34) يوضح احد الانواع لجهاز الاشعة السينية والمستخدم للاسنان.




**شكل 7 – 34 يوضح احد انواع أجهزة الاشعة السينية والمستخدم للاسنان**

ب - ألاشعة للتصوير المجسم (Panoramic X – Ray):- وهي تستطيع أن تشمل تصوير أسنان الفكين في صورة واحدة، بالإضافة إلى المفصل الفكي والجيوب الأنفية وقعرالعين وهي ضرورية جداً في بعض الحالات. وتعتبر الصور الشعاعية المجسمة في معظم العيادات المتقدمة من البديهيات الواجب التقييد بها قبل البدء بعلاج الأسنان، والسبب سهولة تشخيص مشاكل المريض بالإضافة إلى عامل نزع الشك في التشخيص الطبيب للحالة، فعندما يكون كل شيء واضح أمامه على الصورة، يصبح من السهل التشخيص الجيد للحالة المرضية، وكما نعلم جميعاً أن التشخيص أهم من العلاج.

ج - الطرق الحديثة للتصوير الشعاعي الحاسوبي (CT Scan):- في الفترة الأخيرة ظهر جهاز جديد للتشخيص ألشعاعي هوجهازالتصوير الطبقي(CT Scan) الخاص بالفكين، حيث يقوم جهاز الأشعة المقطعية بمساعدة جهاز الحاسوب بإعطاء صور شبه حقيقية للفكين يستطيع الطبيب أن يرى الفكين من كل الزوايا معتمداً بذلك على برنامج حاسوب خاص، بواسطة هذا البرنامج يستطيع الطبيب أن يقوم بقياس المسافات الدقيقة لأي نقطتين من العظم، ويستطيع إدارة الجمجمة كما يشاء. باستخدام جهاز التصوير الطبقي يقوم طبيب الاسنان بأخذ صورة ثلاثية الابعاد للفم حيث يقوم بعدها جهاز الحاسوب باعطاء صورة للعظم الذي سيتم وضع الزرعة في داخله يقوم الحاسوب بتحديد الموقع الحقيقي للزرعة وموضع التوازي في حالة القيام باكثر من زر بالاضافة الى تحديد العمق الذي يجب ان تصل إليه الزرعة دون الوصول الى المناطق الحساسة مثل الاعصاب وقنوات الدم والجيوب الانفية. وميزة هذا النوع من الجراحات انه يسبب القليل من الآلام مقارنة بالطريقة التقليدية حيث انه لا حاجة لفتح اللثة لكشف العظم لتحديد موقع الزرعة حيث يقوم الطبيب بعد تحديد موقع الزرعة بعمل فتحة قطرها يساوي قطر الزرعة تقريبا.

## 7 – 4 – 2 جهاز تبيض الأسنان (Teeth Bleaching Device)

أجهزة التبييض مهمتها تسريع عمل مادة التبييض و بالتالي فالاعتماد الأول في النتائج على مادة التبييض المستخدمة. يتكون الجهاز من ثنائيات االانبعاث الضوئي (LED) ذات طول موجي ( ٨ ) كبير تتراوح (420 – 490) نانو متر, وحسب الشركة المنتجة والشكل رقم (7 – 35) يوضح المخطط الكتلوي للجهازحيث يحتوي الجهاز على مروحة للتبريد, وهنالك مستويات للشدة الضوئية, حسب فترة التبيض للاسنان, وهناك شاشة تظهر البيانات طوال فترة عمل التبيض للاسنان. والشكل رقم (7 - 36) يوضح جهاز التبيض فالشكل (ا) يوضح جهاز تبيض يدوي, والشكل (ب) يوضح جهاز تبيض مثبت على ذراع في كرسي الأسنان, الشكل (ج) يوضح جهاز تبيض متحرك.




**شكل 7 – 35 المخطط الكتلوي لجهاز تبيض الاسنان**

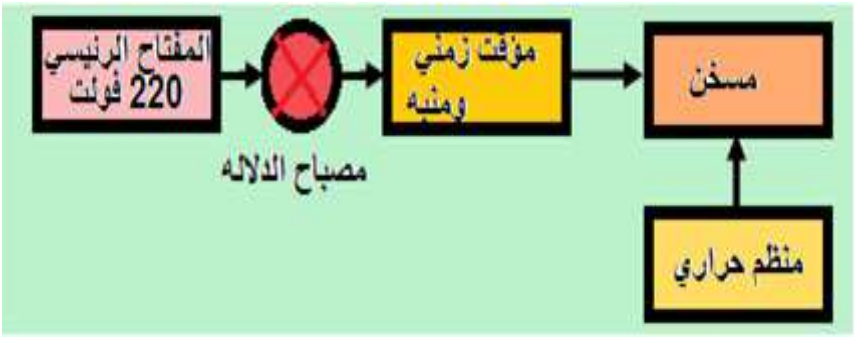



**شكل رقم 7 - 36 يوضح جهاز تبيض الاسنان**

## 7 – 4 – 3 فرن التعقيم (Oven)

وهي من الاجهزة الملحقة بجهاز الاسنان الغاية منه لتعقيم الادوات التي يستخدمها الطبيب, ويوجد نوعان من الافران المستخدمة هي:

ا - الافران الجافة (Dry Oven):- والتي تعتمد على الحرارة العالية بالتعقيم, ويتكون الجهاز من مسخن (Heater) لغرض التسخين, ومنظم حراري (Thermostat) والذي من خلاله يتم تنظيم درجة الحرارة المطلوبة للتعقيم, وكذلك منبه يعمل مع مؤقت زمني (Timer), والمفتاح الرئيسي (Main Switch) للجهاز مع مصباح للدلالة (Pilot Lamp). وتجهيز التغذية للجهاز (220V/50Hz)، والشكل رقم ( 7 –37) يوضح المخطط الكتلوي للجهاز.




**شكل 7 –37 المخطط الكتلوي للفرن الجاف**



**شكل 7 -38 يوضح صورة لأحد الأفران الجافة**

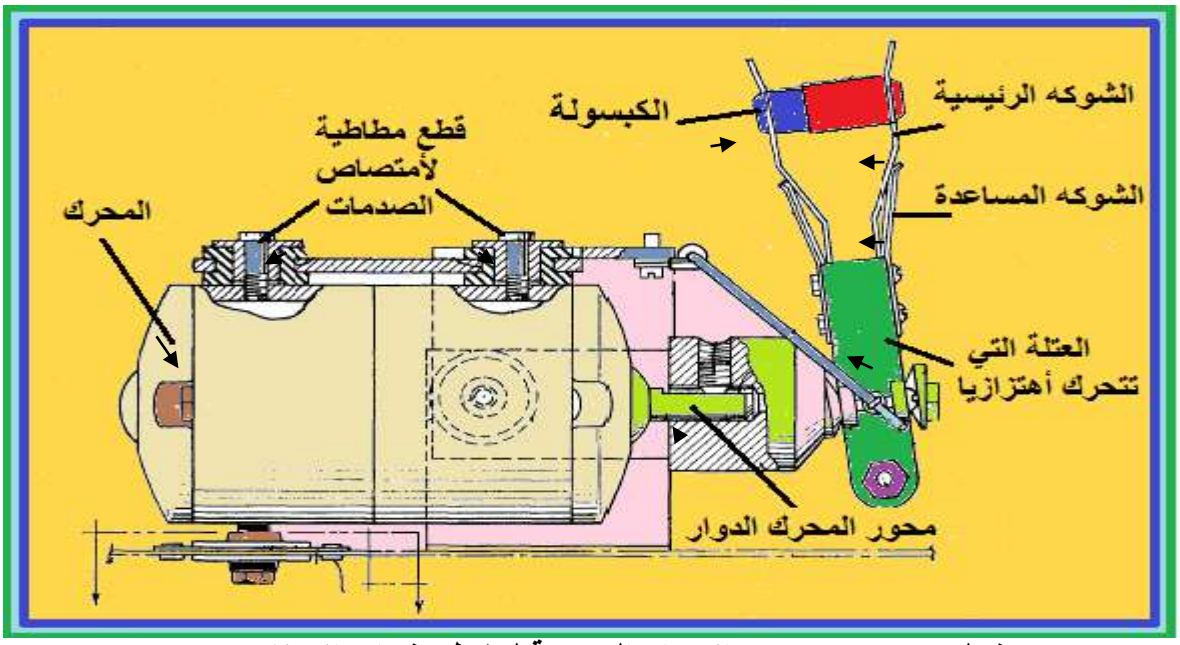
ب - الافران الرطبة (The Autoclave):- يفضل استخدامه بدل الفرن الجاف لان بعض الجراثيم لا تموت بالحرارة الجافة، وأيضا يحافظ على مرونة المواد. والشكل رقم (7 –39) صورة لأحد الافران الرطبة.



**شكل 7 – 39 صورة لاحد الافران الرطبة**

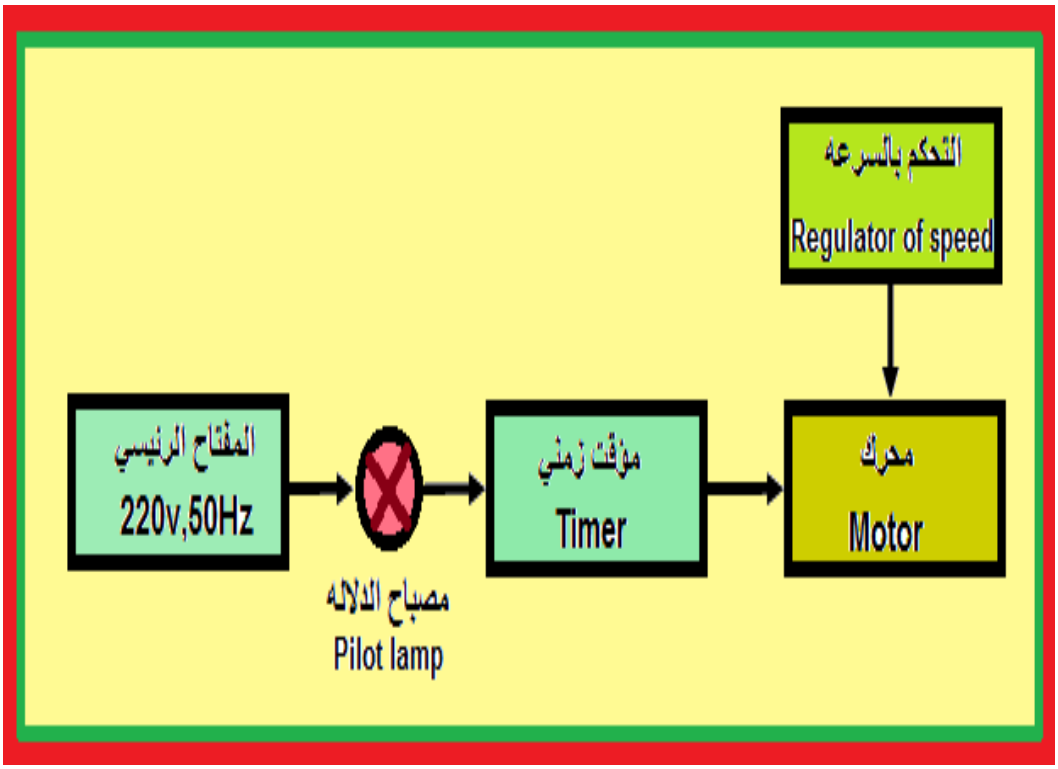
## 7 – 4 – 4 جهاز خلاط حشوات الأسنان (Amalgam Mixer)

احد اهم اجهزة الأسنان الذي يستخدم في خلط حشوة الأسنان بواسطة كبسولة جاهزة مكونة من خليط فلزات الفضة والخارصين والزئبق يتوسطهما غشاء رقيق يفصل بين الزئبق ومجموعة الفلزات المذكورة. يتكون الجهاز من محرك كهربائي (Motor), تتم تغذيته بفولتية مقدارها (220V/50Hz)مثبت بالهيكل بواسطة قطع تثبيت مطاطية لأمتصاص الأهتزازات, ويحول الحركة الدورانية الى حركة خطية اهتزازية بواسطة عتلة ويثبت على العتلة شوكة لتثبيت الكبسولة التي يراد خلطها وشوكه مساعده كما في الشكل رقم (7 - 40) والذي يوضح كيفية نقل الحركة الدورانية الى حركة اهتزازية.




**شكل 7 – 40 يوضح الاجزاء الرئيسية لخلاط حشوات الاسنان**

ومن اجزاء الجهاز مؤقت (Timer) لتحديد وقت مزج الحشوة، ومفتاح رئيسي (Main Switch) لفتح الدائرة الكهربائية وغلقها, مصباح دلالة (Pilot Lamp), ومفتـــــــاح للتحـــــكم بالســـــرعة (Speed Control Switch), والشكل رقم (7 - 41) يوضح المخطط الكتلوي للجهاز, والاجهزة الجديدة للتحكم بالسرعة والتوقيت باللمس (Touch Switch).




**الشكل 7 - 41 يوضح المخطط الكتلوي لخلاط حشوة الاسنان**

# أسئلة الفصل السابع

س1: عرف جهاز الأسنان وعدد وحداته الرئيسة.

س2: اشرح بإيجاز وحدة الإنارة.

س3: ارسم المخطط الهيدروليكي لكرسي الأسنان.

س4: عدد أنواع ألآت الحفر البطئ, واشرح مبدأ عمل المحرك الهوائي موضحا ذلك بالرسم.

س5: ارسم الدائرة الكهربائية التي تجهز المحرك الكهربائي لآلة الحفر البطئ.

س6: عدد آلات الحفر السريع, واشرح بإيجاز عن كل نوع.

س7: وضح مع الرسم مبدأ فنجوري في عمل ساحبة اللعاب.

س8: اشرح وحدة السيطرة لجهاز الأسنان مع الرسم.

س9: ارسم أجزاء ضاغط الهواء, موضحا عمل صمام غير مرجع.

س10: ارسم أجزاء الدورة الهوائية, واشرحها.

س11: عرف ما يأتي :- مفتاح القدم ، المبصقة، السرنج الثلاثي، صمام الأمان.

س12: عدد أنواع كراسي الأسنان وأي نوع أفضل؟ ولماذا؟

س13: عدد الوحدات المساعدة في جهاز الأسنان.

س14: اشرح مع الرسم الدورة المائية لجهاز الأسنان.

س15: عدد أنواع الأفران المستخدمة للتعقيم, موضحا الأجزاء التي يتكون منها الفرن.

س16: وضح مع الرسم الكتلوي مبدأ عمل خلاط حشوات الأسنان.

س17: عدد أنواع الاشعة المستخدمة للأسنان, مع توضيح بسيط لكل منها.

س18: كيف يعمل جهاز تبييض الأسنان؟ ارسم المخطط الكتلوي للجهاز.

س19: كيف يصعد وينزل كرسي الأسنان بالمنظومة الهيدروليكية؟

س20: وضح مبدأ عمل القدح الذي يستخدمه المريض للمضمضة.

س21: ارسم حاوية الماء المقطر, واشرح فكرة دوران الماء المقطر

# الفصل الثامن

## أجهزة الجراحة الكهربائية (Electrosurgical Instruments)

الأهداف: بعد ان يكتمل الفصل يستطيع الطالب أن :-

1 – يعرف مبدأ عمل جهاز الجراحة الكهربائي.

2 - يعرف أنواع أقطاب أجهزة الجراحة الكهربائية.

3 – يعرف العوامل التي تعتمد عليها كمية حرارة المتولدة في النسيج.

4 – يعرف الإشكال الموجية المستعملة في أنماط الجراحة.

5 – يعرف تطبيقات أجهزة الجراحة الكهربائية.

6 - يرسم المخطط الكتلي لوحدة الجراحة الكهربائية.

7– يعرف مبدأ عمل دوائر وحدة الجراحة الكهربائية مع رسم دائرة كل منها.

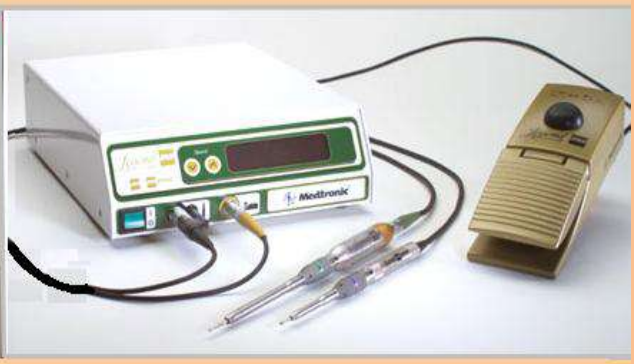
8- يعرف أنواع أجهزة الجراحة الكهربائية.

9 - يعرف وظائف أجهزة الجراحة الكهربائية الحديثة.

10 - يعرف احتياطات استعمال أجهزة الجراحة الكهربائية.

| المحتويات | |
|---|---|
| 8 – 1 جهاز الجراحة الكهربائي. | 8 – 5 القطع والتخثر |
| 8 – 2 مبدأ عمل جهاز الجراحة الكهربائي. | 8 – 6 المخطط الكتلوي لوحدة الجراحة الكهربائية |
| 8 – 3 العوامل التي تعتمد عليها كمية حرارة النسيج | 8 – 7 مكونات وحدة الجراحة الكهربائية |
| 8 – 4 أنواع أقطاب أجهزة الجراحة | 8 – 8 أنواع أجهزة الجراحة الكهربائية |



# الفصل الثامن

# أجهزة الجراحة الكهربائية (Electrosurgical Instruments)

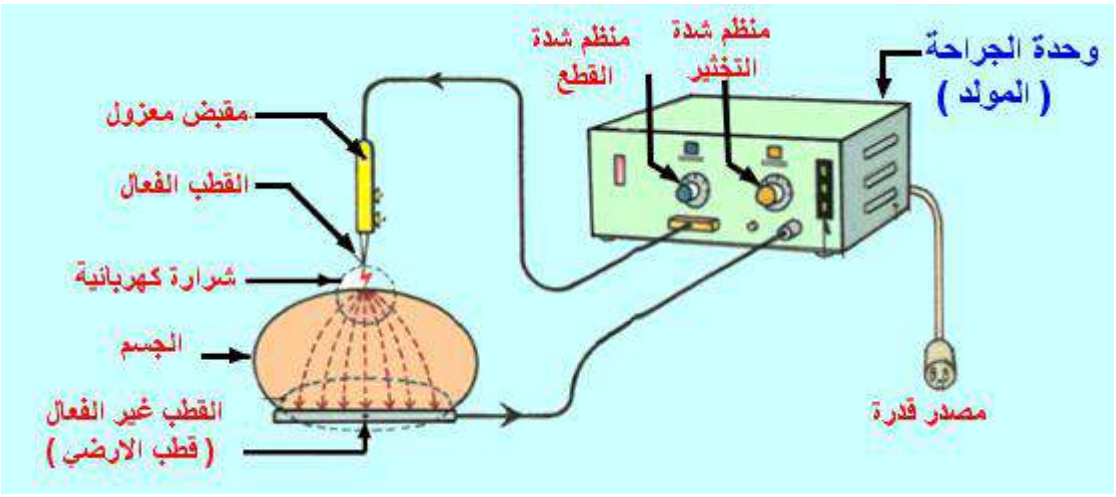
## 8 – 1 جهاز الجراحة الكهربائي

هو الجهاز الذي يَحول التيار الكهربائي إلى حرارة عالية عند منطقة العلاج لجسم المريض. وتستعمل الحرارة في العمليات البسيطة والسريعة كقطع الأنسجة وتدمير الأورام وإزالة الأنسجة المصابة، وإيقاف نزيف الدم وغيرها.

يعمل الجهاز بتيارات متناوبة ذات ترددات راديوية (RF) عالية بحدود (100)kHz الى (5)MHz، لذلك فهو لا يسبب الصدمة الكهربائية. حيث أن النظامَ العصبيَ للإنسان حسّاسُ جداً إلى التردّدات الواطئِة الأقل من (100)Hz التي تسبب الصدمة الكهربائية. هنالك أجهزة أخرى تسمى بأجهزة الكي الجراحي (Electro Cautery) تستخدم للسيطرة على النزيف وتتكون من سلك حراري يولد الطاقة الحرارية عند مرور تيار كهربائي مستمر (DC) فيه ولا يدخل التيار جسم المريض.

## 8 – 2 مبدأ عمل جهاز الجراحة الكهربائي

شكل (8 - 1) يوضح مبدأ عمل الجهاز، يقوم المولد (Generator) بتوليد الموجات الراديوية ذات الترددات العالية التي تعمل على توليد طاقة حرارية حيث تستخدم داخل الأنسجة لإجراء القطع (Cut) أو عملية التخثر (Coag.). يوجد هنالك قطبان مرتبطان بالجهاز أحدهما يسمى القطب الفعال (ActiveElectrode) وله مقطع عرضي صغير جدا يقدر بعدد من ملم$^2$ ($mm^2$) مع مقبض بلاستيكي عازل في يد الجراح أما القطب الثاني فيسمى بالقطب غير الفعال (Electrode Passive) وهو عبارة عن صفيحة معدنية كبيرة $cm^2$ (100) أو أكثر توضع أسفل المريض. ان التيار الذي يسري في القطبين من الجهاز هو نفسه في جسم المريض لكن بسبب المساحة الكبيرة للقطب غير الفعال فأن كثافة التيار تكون بوحدة $A/m^2$.




**شكل 8 - 1 يوضح مبدأ عمل جهاز الجراحة**

قليلة فتسبب تسخين قليل جدا بينما تكون حرارة القطب الفعال عالية لصغر مقطعه وتعمل هذه الحرارة على تسخين الأنسجة وتسبب تبخر ماء الأنسجة وتحطمها مما يؤدي الى القطع.

## 8 – 3 العوامل التي تعتمد عليها كمية حرارة النسيج

عند مرور تيار كهربائي عبر نسيج معين سوف تتولد طاقة حرارية ويمكن حساب القدرة الناتجة حسب القانون الآتي: -

$$P = V*I$$
$$= V^2/R$$
$$= I^2*R$$

حيث ان :

P: القدرة الخارجة بوحدة ألواط (W)

V: الفولتية بوحدة الفولت (V)

I: التيار بوحدة الأمبير (A)

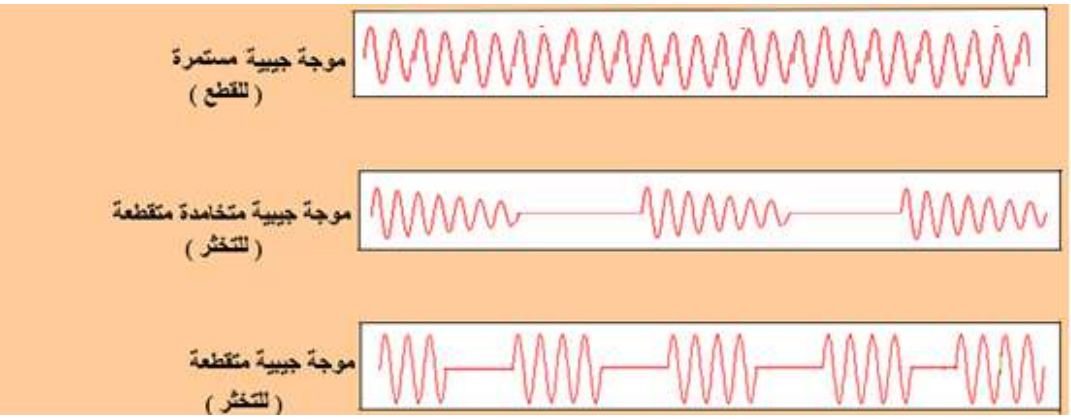
R: مقاومة الحمل (النسيج) بوحدة الاوم (Ω)

لذلك تعتمد كمية الحرارة المتولدة بصورة رئيسة على ما يأتي:-

1 – شدة التيار الكهربائي: كلما زادت قيمة التيار زادت كمية الحرارة المتولدة ويعتمد مقدار التيار على مقاومة الحمل والفولتية المسلطة. حيث تكون مقاومات الأنسجة بحدود (100 – 1000) Ω.

2 – حجم القطب الفعال: ويعتمد على طبيعة العملية المراد إجراؤها، حيث يتركز التيار في نهاية القطب.

3 – نوع موجة التيار: عادة تستعمل موجة جيبية مستمرة للقطع، وموجة جيبية متقطعة لعملية التخثير.
والشكل (8 - 2) يوضح الإشكال الموجية المستخدمة في أنماط الجراحة.




**شكل 8- 2 الإشكال الموجية المستعملة في أنماط الجراحة الكهربائية**

## 8 – 4 أنواع أقطاب أجهزة الجراحة

تنقسم الأقطاب المستعملة في أجهزة الجراحة الى نوعين وكالآتي:-

1 – الأقطاب الأحادية (Monopolar)

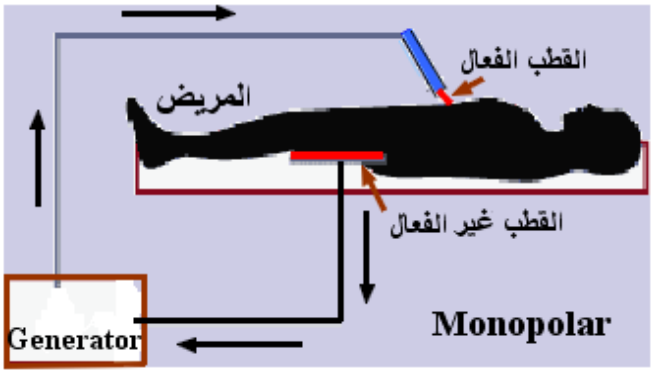
في هذا النوع تكون الأقطاب على شكل قلم. يسري التيار من المولد الى القطب الفعال في يد الجراح حيث موضع الجراحة. يمر التيار خلال جسم المريض الى القطب غير الفعال (القطب الأرضي) أو ما يسمى بقطب الرجوع حيث يرجع التيار الى المولد. والشكل (8 - 3) يوضح الجراحة الكهربائية أحادية القطب. حيث تتكون الدائرة الأحادية القطب من ما يأتي :-

أ - مولد تيار متناوب

ب - المريض.

جـ - القطب الفعال.

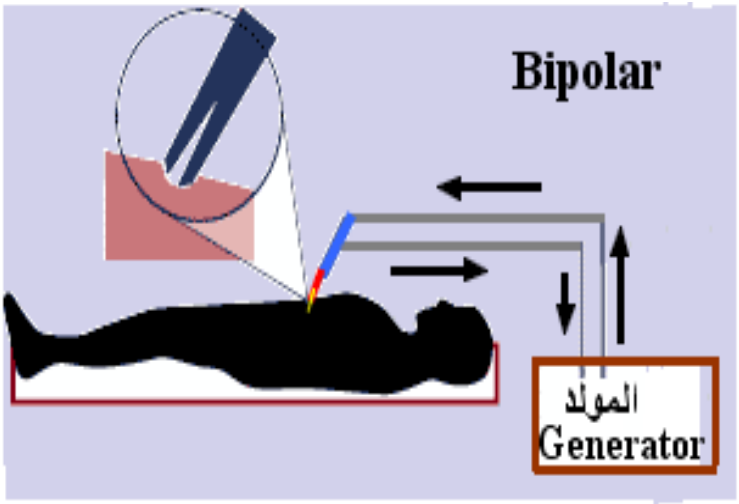
د- القطب غير الفعال




**شكل 8 - 3 الجراحة الكهربائية أحادية القطب**

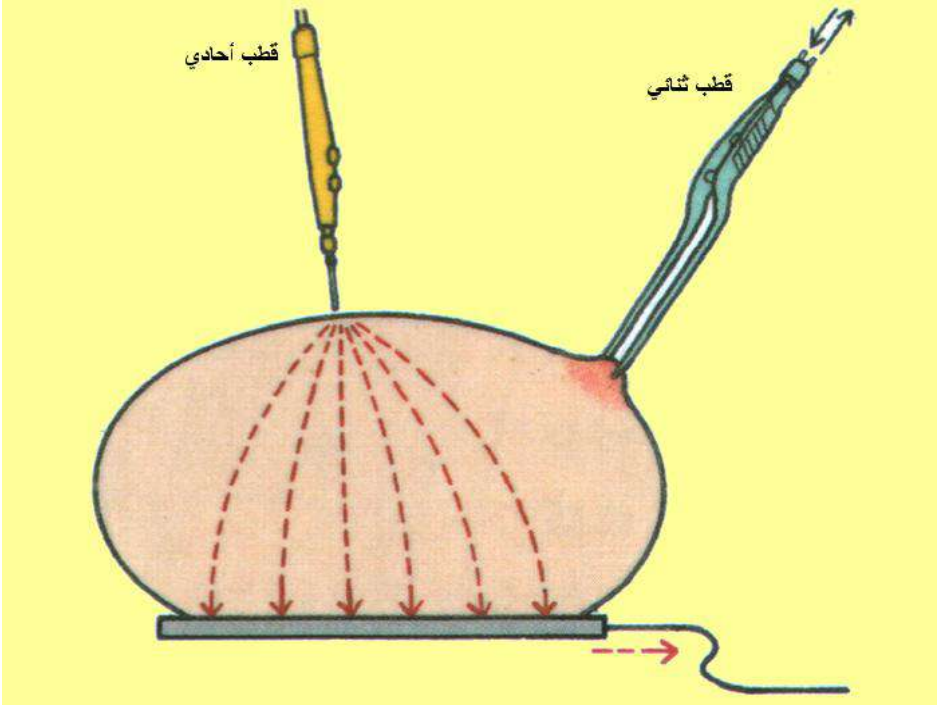
**2 - الأقطاب الثنائية (Bipolar)**

في هذا النوع تكون الأقطاب على شكل ملقط. يسري التيار من المولد الى القطبين في يد الجراح، يعمل احدهما كقطب فعال ويسري التيار منه الى نسيج المريض ثم الى القطب الاخر الذي يعمل كقطب لرجوع التيار الى المولد ليكمل الدائرة. لا يحتاج في الجراحة الثنائية القطب الى استعمال صفيحة الارضي لان النسيج يكون محصورا فقط بين جانبي الملقط كما موضح في الشكل (8 - 4).




**شكل 8 - 4 الجراحة الكهربائية الثنائية القطب**

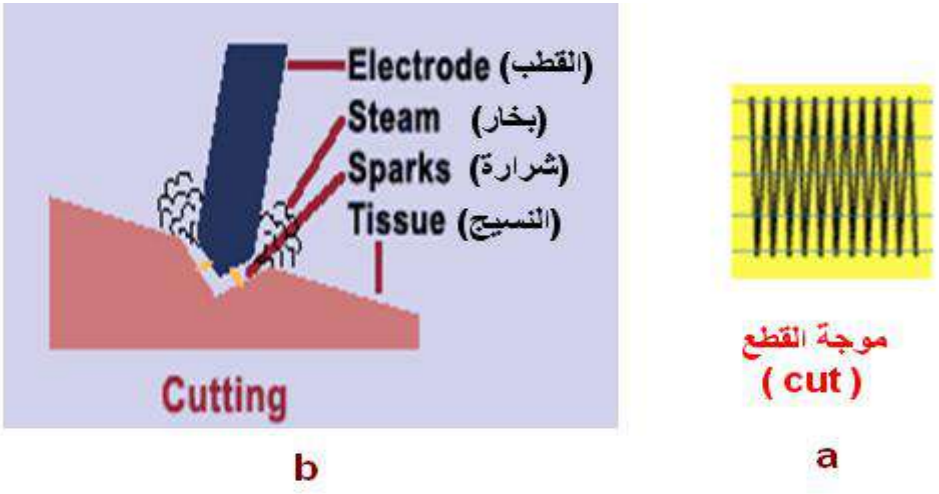
شكل ( 8 - 5) يوضح نوعي قطب الجراحة.




**شكل 8 - 5 نوعي قطبي الجراحة**

## 8 – 5 القطع والتخثير

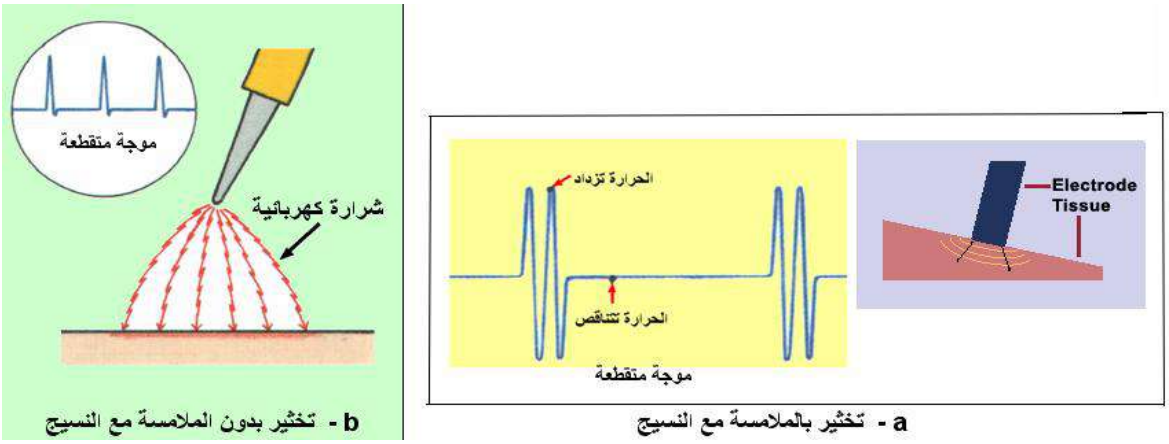
القطـــع (Cut): القطـــع هـــو عمليـــة تـــدميرلخلايا النســـيج، وتســـتعمل موجـــة (RF) مستمرة كما في شكل (8 - 6، a)، وتعمل على توليد شرارة صغيرة بين النسيج والقطب. وحرارة الشرارة بالإضافة الى حرارة التيار المار خلال النسيج تعملان على تبخر الماء الخلوي للنسيج بصورة سريعة مما تسبب تدمير لحظي للخلايا وتكون النتيجة عملية القطع كما في شكل (8 - 6 ، b).




**شكل (8-6) عملية قطع النسيج**

## التخثير (Coagulation) :

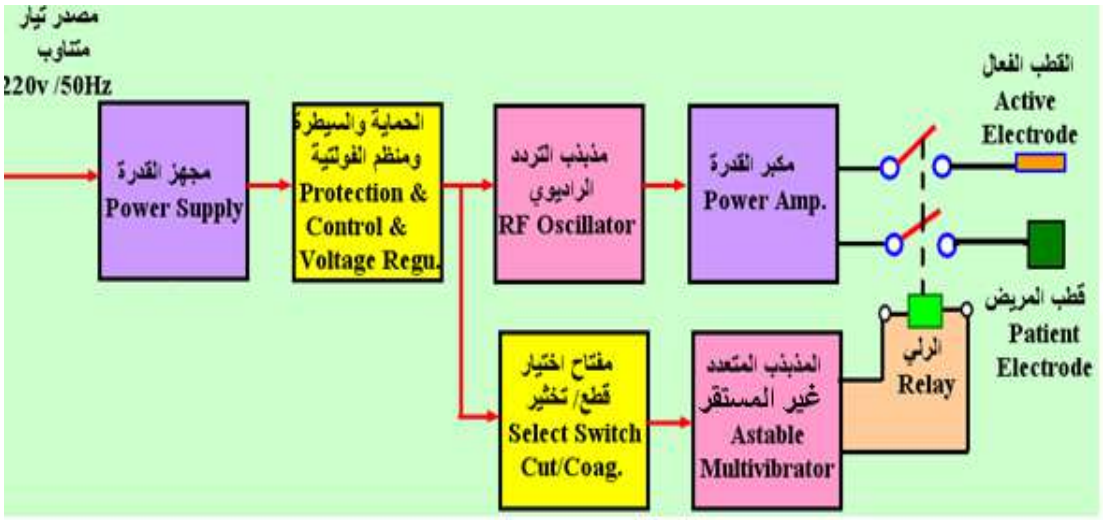
يستخدم في التخثير موجة متقطعة وعند الملامسة مع النسيج نحصل على تخثير عميق كما في شكل (8 – 7، a) والتيار المار خلال النسيج يتشتت في اتجاهات عديدة ويولد الحرارة الكافية حيث تجف الخلايا وتشكل خثرة بدلا من التبخر. ويمكن زيادة مساحة التخثير عن طريق اطلاق شرارة كهربائية وبدون الملامسة مع النسيج كما في شكل (8– 7، b). ان متوسط القدرة لتيار التخثر أقل بكثير من متوسط القدرة لتيار القطع.




**شكل 8 – 7عملية التخثير**

## 8 – 6 المخطط الكتلوي لوحدة الجراحة الكهربائية

شكل (8 – 8) يوضح المخطط الكتلوي لأحد تصاميم أجهزة الجراحة الكهربائية حيث يتكون من مجهز قدرة ودائرة حماية الجهاز والسيطرة ومنظم الفولتية، حيث تعمل على تجهيز وحدة الجراحة بفولتية مستقرة. ومذبذب تردد راديوي(RF) يولد موجات عالية التردد. ومكبر قدرة يعمل على تكبير موجات التردد الراديوي. ومذبذب متعدد يولد موجات ذات تردد واطئ (مربعة)، ويتم بها تشغيل مرحل (Relay) الذي يعمل على تقطيع موجات التردد العالي للحصول على موجات متقطعة لعملية التخثير.



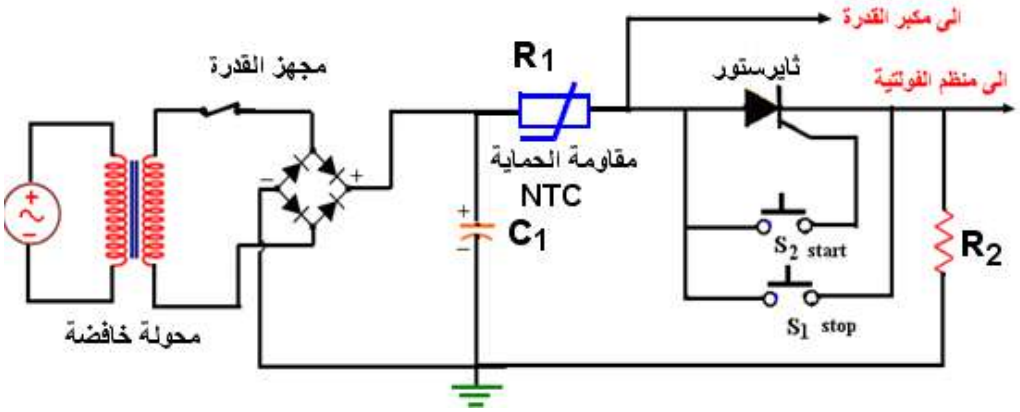

**شكل 8 – 8 مخطط كتلوي لوحدة الجراحة الكهربائية**

## 8 – 7 مكونات وحدة الجراحة الكهربائية

تتكون وحدة الجراحة الكهربائية من ما يأتي :-

### 1 - مجهز القدرة ( Power Supply )

يتكون مجهز القدرة من محولة خافضة، وتستخدم دائرة قنطرة لتقويم موجة كاملة. وتعمل المتسعة (C1) على ترشيح التيار وإزالة التعرجات في موجة الخرج. شكل (8 – 9) يوضح دائرة مجهز القدرة.



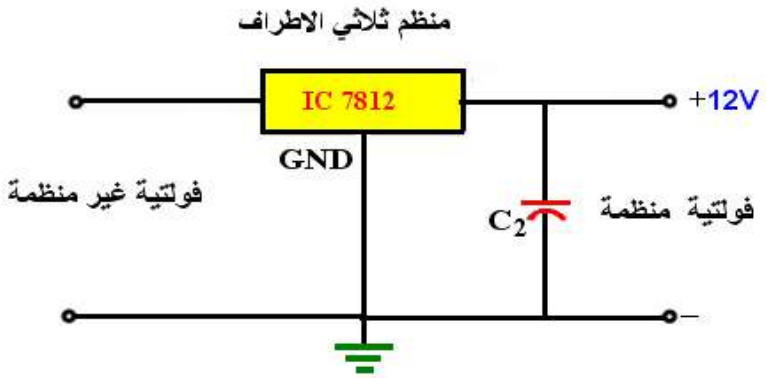

**شكل 8 – 9 دائرة مجهز القدرة والحماية والسيطرة**

### 2 - دائرة الحماية والسيطرة ( Protection and Control Department )

لحماية عناصر جهاز الجراحة من التلف بسبب ارتفاع قيمة التيار (Over Load) المار فيها. حيث يحدث ارتفاع التيار نتيجة انخفاض ممانعة الجهاز في أثناء الضغط على طرف الإخراج ( القطب الفعال ) وأن ذلك يؤدي الى سحب تيار عال من خلال مكبر القدرة وينتقل هذا التأثير الى مجهز القدرة مارا خلال المقاومة الحرارية ($R_1$) ذات المعامل الحراري السالب كما في شكل (8 – 9) حيث تقوم هذه المقاومة بامتصاص التيار العالي وتعمل على خفض الفولتية لحظيا بمقدار V(5- 3) فيصبح مفتاح السيطرة الالكترونية (الثايرستور) في حالة قطع أي عدم مرور التيار فيه وبالتالي إطفاء الجهاز نهائيا ولإعادة تشغيل الجهاز نغلق مفتاح (البوش Start-$S_2$) فيبدأ عمل الثايرستور ويصبح في حالة توصيل. أما المفتاح (بوش Stop-$S_1$) فيعمل دائرة قصيرة ( Short Circuit) على طرفي الثايرستور وينقطع خلاله مرور التيار ويتوقف عمل الجهاز. المقاومة ($R_2$) لتحديد قيمة التيار المار في بوابة الثايرستور. نلاحظ أن الدائرة تحتوي على فولتيتين للخرج، الأولى من خلال المقاومة ($R_1$) لتغذية مكبر القدرة والثانية من خلال الثايرستور.

## 3 - منظم الفولتية (Voltage Regulator)

لتنظيم فولتية كل من مذبذب التردد الراديوي (RF) ومذبذب التردد الواطئ (المذبذب المتعدد) يتم بواسطة الدائرة المتكاملة (7812) ذات الثلاثة أطراف حيث تعطي فولتية خرج مستقرة مقدارها (+12)V كما موضح في شكل (8 – 10).

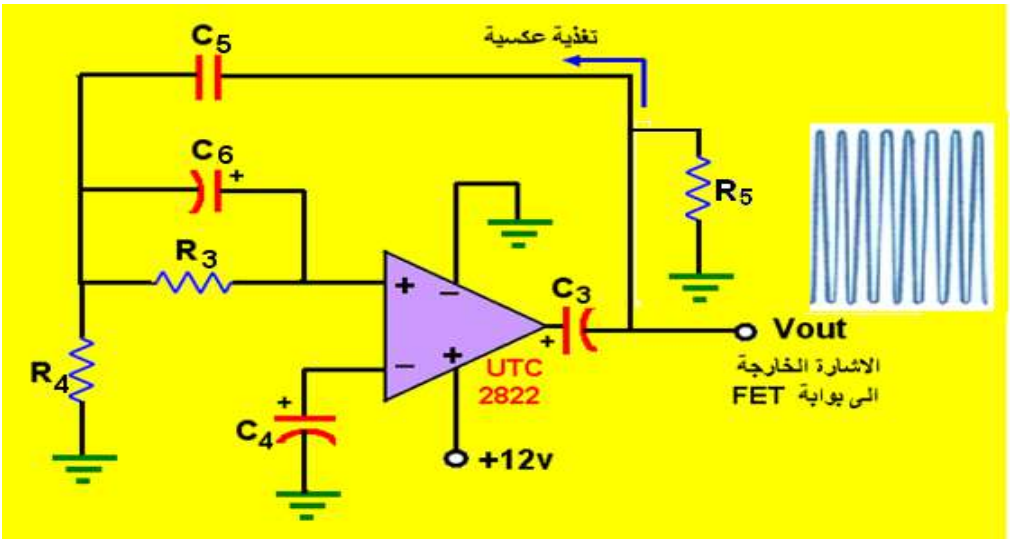



**(7812)**

**شكل 8 – 10 منظم الفولتية**

## 4 - مذبذب الترددات العالية (RF)

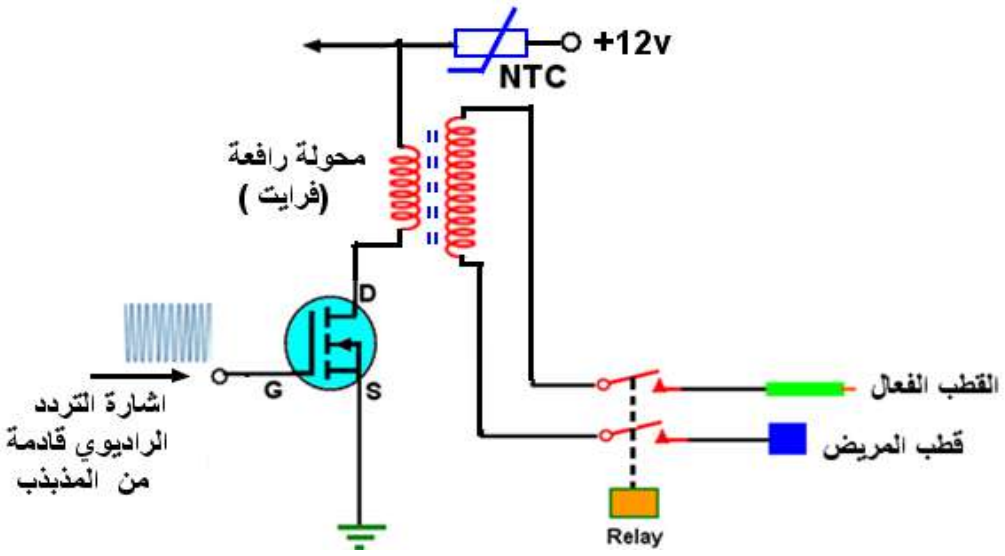
في أجهزة الجراحة تستعمل مذبذبات مختلفة التصميم في توليد الإشارات بالترددات العالية، ومنها في أجهزة الجراحة تستعمل مذبذبات مختلفة التصميم في توليد الإشارات بالترددات العالية، ومنها مذبذبات (LC) كمذبذب هارتلي أو مذبذبات من نوع (RC) كما في الشكل (8 –11) وهذا المذبذب في أجهزة الجراحة يتكون من مكبر عمليات (Op.Amp) يقوم بتوليد موجات جيبية - راديوية. وتحدث عملية التذبذب عن طريق التغذية العكسية بين خرج المكبر ودخله.




**شكل 8 –11 مذبذب الترددات العالية (RF) نوع (RC)**

### 5 - مكبر القدرة (Power Amplifier)

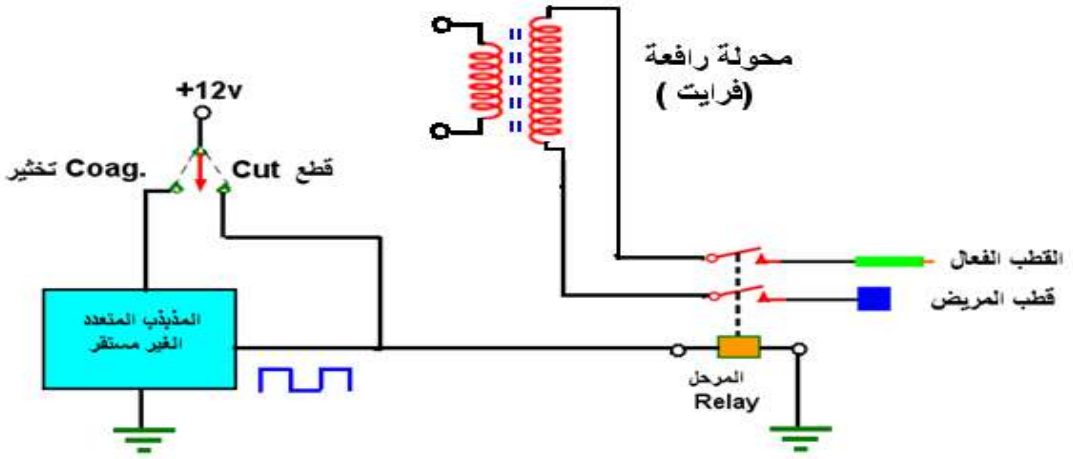
يتكون مكبر القدرة من ترانزستور تأثير المجال ذي البوابة (G) المعزولة (MOS FET) يعمل على تكبير الترددات الراديوية العالية (RF) القادمة من مذبذب (RC). شكل (8 –12) يوضح دائرة مكبر القدرة، حيث أن الموجة الخارجة والمكبرة تكون عند المصرف (D). وتستخدم محولة رافعة نوع فرايت في خرج المكبر. يتصل الملف الثانوي بقطبي الجهاز عن طريق نقطتي توصيل المرحل (Relay). حيث أن قلب هذه المحولة مصنوع من الفرايت والتي تتميز بكفاءتها العالية للعمل في الترددات الراديوية العالية وأنها اقتصادية من ناحية تبديد الطاقة أو الحرارة.




شكل 8 – 12 دائرة مكبر القدرة

### 6 - مفتاح الاختيار (قطع/ تخثير) ( Cut / Coagulation Switch Selector )

يقوم المفتاح باختيار نمط عملية القطع أو نمط عملية التخثير كما موضح في شكل (8 – 13) ففي عملية القطع يتم تزويد المرحل مباشرة بالفولتية (+12V)، فتنغلق نقطتي توصيل المرحل ويكون الخرج عند قطبي الجهاز موجات جيبية مستمرة (تردد الراديوي ). اما عند اختيارعملية التخثير، فيؤدي الى عمل دائرة المذبذب المتعدد والذي بدوره يولد موجات مربعة الشكل ذات تردد واطئ تعمل على تشغيل المرحل بصورة متقطعة، فيكون الخرج موجات جيبية متقطعة.




شكل 8 – 13 مفتاح الاختيار (قطع/ تخثير)

## 7 - المذبذب المتعدد الغير مستقر (Astable Multivibrator)

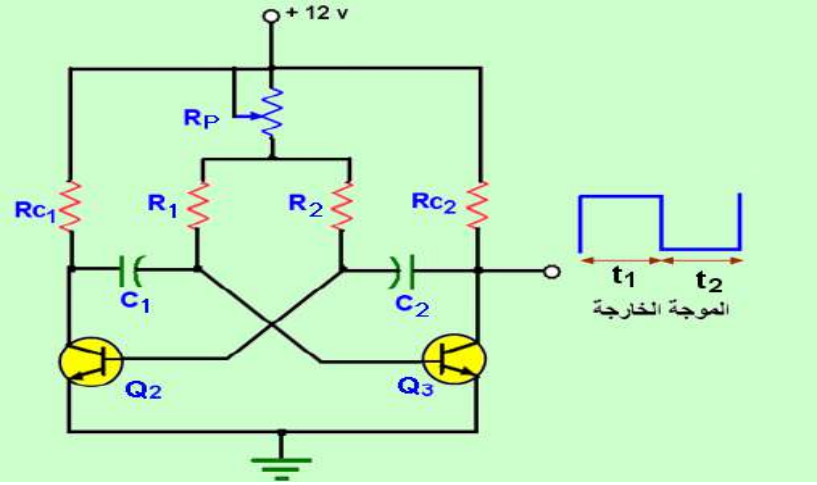
شكل (8– 14) يوضح دائرة المذبذب المتعدد، يقوم بتوليد موجات مربعة الشكل ذات ترددات منخفضة.عندما يكون الترانزستور Q1 في حالة توصيل (on) يصبح الترانزستور Q2 في حالة قطع (off) والعكس بالعكس. حيث يمكن التحكم بزمن التوصيل والقطع عن طريق تغير قيمة المقاومة المتغيرة (Rp). عندما تكون : Rp=0 وحيث أن : -

$C_1=C_2=C$ ، $R_1=R_2=R$

فان زمن التوصيل $T_{off} = 0.7\ R_1\ C_1$ يساوي زمن القطع $T_{on}= 0.7\ R_2\ C_2$

وإذا زادت قيمة المقاومة المتغيرة (Rp ) زاد زمن القطع والتوصيل ويتم حساب تردد المذبذب كما في المعادلة الآتيـــة :-

$$F = \frac{1}{0.7(R + Rp)C}$$




**شكل 8 –14 دائرة المذبذب المتعدد**

## 8 - مفاتيح التشغيل (قطع/ تخثير) ( Cut/Coagulation ON-OFF Switch )

تحتوي أجهزة الجراحة على نوعين من مفاتيح التشغيل هما:-

1 – المفاتيح اليدوية ( Hand Switches ): يحتوي المقبض البلاستيكي للقطب الفعال على زرين احدهما للقطع والآخر للتخثير في المقبض نفسه.

2 – مفاتيح (دواسة) قدم ( Foot Switches ): وتقوم بتشغيل دائرة الخرج لجميع وظائف الجهاز كالقطع أو التخثر. حيث يمكن للجراح تفعيل الجهاز عند الضغط على دواسة القدم بدلا من الضغط على احد زري القطع أو التخثير. شكل (8 – 15) يوضح أ- نموذجا لأحد أجهزة الجراحة ب – دواسة القدم وصفيحة المريض.



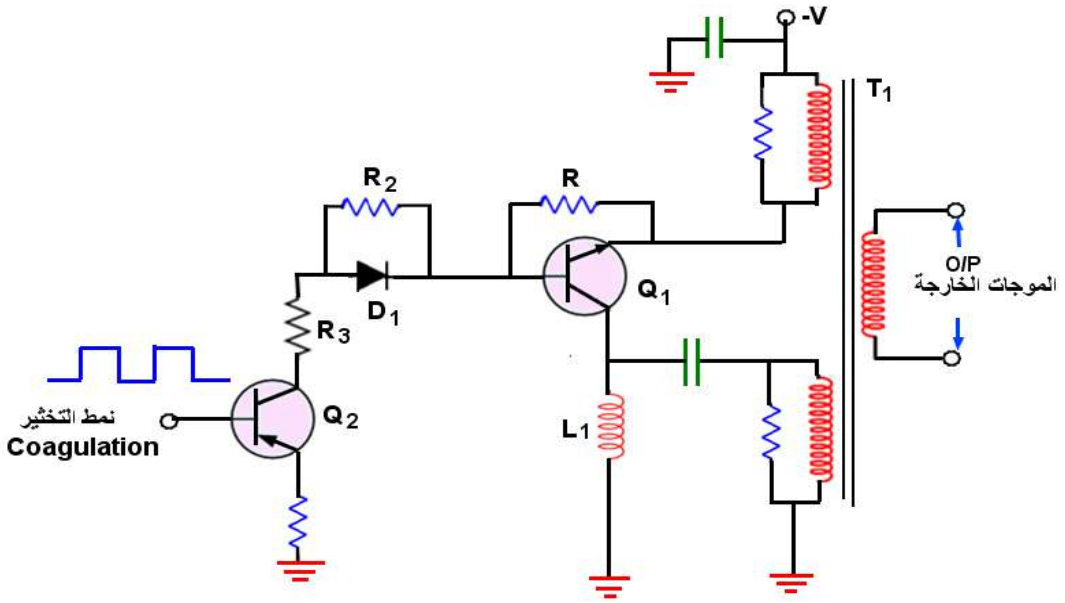

**شكل 8 – 15 أحد أنواع أجهزة الجراحة ودواسة القدم وصفيحة المريض**

## 8 – 8 أنواع أجهزة الجراحة الكهربائية

منذ اكتشاف أجهزة الجراحة الكهربائية ظهرت أنواع عديدة منها.وان جميعها تشترك في توليد الترددات الراديوية، وتتراوح قدراتها من (25w) الى (400w) و (250w). وحسب تصميم الدائرة الالكترونية هنالك أنواع عديدة من أجهزة الجراحة ومنها ما يأتي :-

1- أجهزة الجراحة الكهربائية التي تعمل بتقنية الشرارة الكهربائية (Spark Gap). وهي من الأجهزة القديمة.
2- أجهزة الجراحة الكهربائية التي تعمل بتقنية مذبذبات الصمامات الالكترونية. وهي من الأجهزة القديمة.
3- أجهزة الجراحة الكهربائية التي تعمل بتقنية مكبرات القدرة (دفع– سحب) (Push–Pull) .

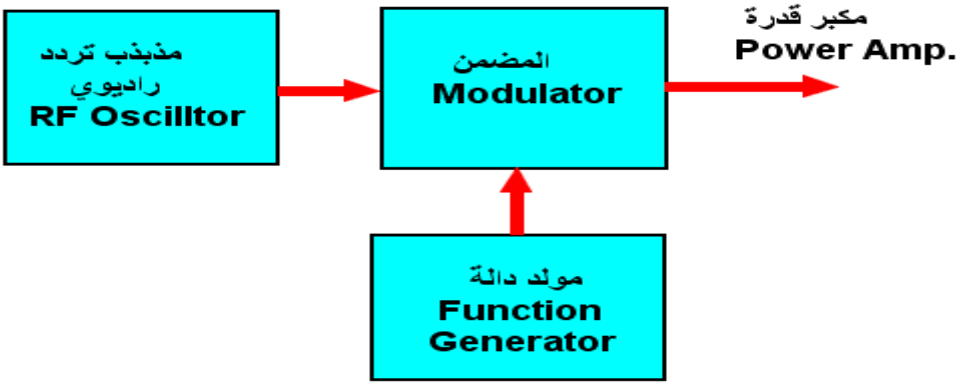
4- أجهزة الجراحة الكهربائية التي تعمل بتقنية مذبذب الترانزستور والمفتاح الالكتروني، والشكل (8 – 16) يوضح الدائرة البسيطة لهذا الجهاز، إذ يعمل الترانزستور ($Q_1$) كمذبذب تـردد الراديوي (RF)، والترانزستور ($Q_2$) يعمل كمفتاح للسيطرة على ($Q_1$). عندما يكون ($Q_2$) في حالة عمـل (ON) بسبب اشتغال ($Q_1$) (انحياز أمامي)، تكون موجة الخرج المتولدة في ($Q_1$) عبارة عن موجة جيبية مستمرة، ويمثل هذا حالة القطع، وفي حالة التخثر (Coagulation) فان موجة مربعة تغذى الى قاعدة ($Q_2$) فتعمل على تحويل الموجة الجيبية المستمرة الى موجة متقطعة.




**شكل 8 – 16 دائرة وحدة الجراحة باستعمال المذبذب والمفتاح الالكتروني**

## 5 - أجهزة الجراحة الكهربائية التي تعمل بتقنية التضمين ومولد الدالة

الشكل (8–17) يوضح المخطط الكتلوي لوحدة الجراحة الكهربائية باستعمال مضمن ومولد الدالة. ففي نمط (Mode) القطع يعمل فقط مذبذب التردد الراديوي (RF) على توليد الموجات المستمرة، أما في نمط التخثير يتم تضمين الموجات المستمرة للمذبذب التردد الراديوي (RF) وموجات مربعة ذات تردد واطئ المتولدة في مولد الدالة ويكون الخرج عبارة عن موجة متقطعة توصل الى مكبرالقدرة.




**شكل 8 –17 المخطط الكتلوي لوحدة الجراحة الكهربائية باستعمال مضمن ومولد الدالة**

## 6 - أجهزة الجراحة الحديثة متعددة الوظائف التي تعمل بتقنية المعالجات الدقيقة

ولهذه الأجهزة مميزات كثيرة منها عرض مقدار القدرة المطلوبة على شاشة رقمية في أثناء إجراء العملية الجراحية.أما أنماط هذه الأجهزة فهي :-

- في الأقطاب الثنائية (Bipolar) تستعمل ثلاثة أنواع من القطع :-
  1 –القطع الدقيق (Precise) وهو خاص بالأنسجة الرقيقة.
  2 - القطع المتوسط (Standard) وهو خاص بالأنسجة المتوسطة.
  3 - القطع المرتفع (Macro) وهو خاص بالأنسجة عالية السمك.
- في الأقطاب الأحادية (Monopolar) تستعمل ثلاثة أنواع لكل من القطع والتخثير:-

ا - القطع

1 - القطع الواطئ (Low Cut): يستعمل هذا القطع للأنسجة الرخوة.

2 - القطع الصافي (النظيف) (Pure Cut): يستعمل هذا النمط للقطع الدقيق لأي نسيج.

3 - قطع وتخثير الدمج (Blend): يستعمل للقطع وتخثير للحالات التي يخشى فيها من النزيف الشديد.

ب - التخثير

1 - التخثير العميق (Desiccate): يستعمل للتخثير العميق عن طريق المباشر الملامس مع النسيج.

2 - التخثير الدقيق (Fulguration): يستعمل للتخثير الدقيق عن طريق إطلاق شرارة كهربائية بدون تماس مباشر الملامس مع النسيج ويشمل ذلك مساحات واسعة من سطح النسيج الوعائي النازف.

3 - تخثير الرذاذ (Spray): هو تخثير عن طريق الرذاذ ويتم عن طريق إطلاق شرارة كهربائية واسعة المساحة.

## احتياطات استعمال أجهزة الجراحة الكهربائية

1 – لا تستخدم الجهاز في غرفة العمليات مع أجهزة التخدير لان الشرارة والحرارة المصاحبة مع عملية الجراحة تكون مصدرا للحريق والانفجار مع غازات التخدير.

2 – يجب ربط الجهاز بأرضي جيد لتجنب خطر الصدمة الكهربائية من جسم الجهاز، وقبل تنظيف الجهازيجب فصل الجهاز عن مصدر القدرة الكهربائية.

3 – يجب التأكد من توصيل قطب الرجوع (غير الفعال) بصورة مضبوطة لتجنب حدوث حروق للمريض عند موضع القطب.

4 – يجب الاختبار الدوري للجهاز لتجنب إعطاء الجهاز اخراجات قدرة خاطئة.

# أسئلة الفصل الثامن

س 1- عرف ما يأتي :-

جهاز الجراحة الكهربائي، القطب الفعال، القطب الغير فعال، دواسة القدم، عملية القطع , عملية التخثير

س2 – علل ما يأتي :-

أ- استعمال تيار كهربائي ذي تردد عالي في أجهزة الجراحة الكهربائي.

ب- الحرارة المتولدة في القطب الفعال تكون عالية بينما تكون حرارة القطب الغيرفعال قليلة على الرغم من مرور التيار نفسه في القطبين.

جـ- يفضل استعمال محولة رافعة نوع الفرايت في دائرة مكبر القدرة.

س3 – ما مبدأ عمل جهاز الجراحة الكهربائي

س4 – اذكر العوامل التي تعتمد عليها كمية حرارة النسيج.

س5 - ما الإشكال الموجية المستخدمة في أنماط الجراحة ؟ وضح ذلك مع الرسم.

س6 – ارسم المخطط الكتلي لوحدة الجراحة الكهربائية.

س7 – وضح مع الرسم عمل الدوائر الالكترونية لجهاز الجراحة الكهربائي الآتية:-

أ - دائرة الحماية والسيطرة

ب – دائرة مذبذب التردد العالي.

جـ- دائرة مكبر القدرة.

د – دائرة مفتاح اختيار قطع / تخثير.

هـ- دائرة المذبذب المتعدد الغير مستقر.

س8– عدد أنواع أقطاب أجهزة الجراحة الكهربائية.

س9 - ما مبدأ عمل أجهزة الجراحة الكهربائية التي تعمل بتقنية مذبذب الترانزستور والمفتاح الالكتروني وضح ذلك مع الرسم.

س10 - ما مبدأ عمل أجهزة الجراحة الكهربائية التي تعمل بتقنية التضمين ومولد الدالة؟ وضح ذلك مع الرسم.

س11 – عدد وظائف أجهزة الجراحة الكهربائية الحديثة.

س12 - ما احتياطات استعمال أجهزة الجراحة الكهربائية؟

# الفصل التاسع

## جهاز التخدير Anesthesia Ventilator

**الاهداف:**

1- الهدف العام : يهدف هذا الفصل الى دراسة جهاز التخدير، أجزاءه ومكوناته وكيفية عمل كل جزء منه بالتفصيل.

2-الهدف الخاص : يفترض من الطالب ان يكون قادرا على :

1- فهم ماهية التخدير وماهي الغازات والسوائل المستخدمة لهذا الغرض مع حفظ النسب المئوية لكل غاز.

2- استيعاب المخطط العام لجهاز التخدير وأجزائه وتفاصيله.

3- التعرف على بعض الاجهزة المهمة مثل صمام التحكم الدقيق والروتاميتر.

4- فهم نظرية عمل المبخرات ودراسة انواعها.

5- دراسة دائرة عدم الرجوع ودائرة المريض وتتبع مسار الغازات.



# الفصل التاسع

## جهاز التخديرAnesthesia Ventilator

### 9 - 1 تمهيد

تعريف التخدير: هو وضع المريض بحالة فقدان الوعي بحيث يتمكن الطبيب الجراح من القيام بالعملية الجراحية.

يعتبر التخدير وسيلة مساعدة في مجال الجراحة وليس وسيلة علاجية حيث يساهم في:

1- تجنيب المريض الإحساس بالألم وبالتالي تجنيب الجراح بذل جهد أكبر كي لا يسبب مزيد من الألم للمريض بالتالي يوجه كل جهده وتركيزه على العملية الجراحية.

2- ارتخاء العضلات يسهل عمل الجراح.

ـ مهمة طبيب التخدير: هي وضع المريض تحت تأثير التخدير قبل العملية الجراحية والحفاظ على التخدير خلال فترة العملية ثم العمل على إفاقة المريض من التخدير بعد العملية الجراحية. ويتم ذلك بواسطة استنشاق المريض لخليط من الأوكسجين وعوامل التخدير باستخدام جهاز التخدير.

يعتبر جهاز التخدير من الاجهزة الخطرة جدا ويوجد في غرف العمليات.والتخدير نوعان وهما :

1- التخديرالموضعي. 2- التخديرالعام.

### 9-2 غازات التخدير ومواده

**1-** الأوكسجين: رمزه $O_2$ ليس له طعم ولا لون ولا رائحة غير قابل للاشتعال ولكن يساعد على الاشتعال بشدة يوجد بالحالة الغازية في الطبيعة. يعد من الدعائم اللازمة للحياة لذلك يستخدم في المستشفيات لمساعدة المريض في حال ضيق التنفس وكما يستخدم لأغراض التخدير وذلك بخلطه مع الغاز المخدر لضمان استمرار إمداد المريض بالأوكسجين اللازم للحياة. يوجد بالحالة السائلة في الأسطوانة بضغط قدره 134.7 ضغط جوي.

2- أوكسيد النتروز: رمزه $N_2O$ غاز ليس له لون ورائحته تعمل على فقدان الوعي وحلو المذاق. يستخدم هذا الغاز كخلفية مساعدة للتخدير عند خلطه مع الأوكسجين حيث ان هذا الخليط يؤدي إلى تسكين الآلام ولكن في العمليات الجراحية الكبرى يستخدم مع مواد مخدرة أكثر قوة مثل الهالوثين. يوجد بالحالة السائلة داخل الأسطوانة عند ضغط 43.5 ضغط جوي لذلك فإنه يستخدم والأسطوانة بالوضع الرأسي.

3- الأنتونوكس: هو خليط من غازي الأوكسجين وأوكسيد النتروز بنسبة 50% لكل منهما يوجد داخل الأسطوانة بالحالة الغازية. فائدته هي: أن هذا الخليط يعد جاهزا للاستخدام في حالات تخفيف الآلام مجنباً بذلك تجهيز هذا الخليط في الوقت الذي يراد فيه استخدامه.

4- البروبان الحلقي: رمزه $C_3H_6$ لا لون له رائحته تشبه رائحة البترول مخدر فعال مع الغازات الأخرى، قابل للاشتعال ويكون خليط متفجر مع الهواء والأوكسجين وأوكسيد النتروز. يتواجد بالحالة السائلة داخل الأسطوانات عند ضغط 4.30 ضغط جوي لذلك لا يستخدم منظم ضغط لهذا الغاز بسبب انخفاض ضغطه داخل الأسطوانة.

5- ثاني أوكسيد الكربون: رمزه $CO_2$ لا طعم له ولا لون ولا رائحة. استخدامه في أجهزة التخدير يكون لإثارة أو تنبيه عملية التنفس. لأن عملية الزفير تحدث عندما تصل نسبة $CO_2$ داخل الرئة إلى قيمة معينة عندها ترسل إشارة ما إلى المخ لتبدأ عملية الزفير.

## 3-9 مواد التخدير السائلة

توجد في المبخرات بالحالة السائلة, و يجب تحويلها إلى الحالة الغازية كي تدخل إلى الرئتين مع هواء التنفس محمولة مع مخلوط من غازات الأوكسجين وغازات أخرى مثل أوكسيد النتروز والبروبان الحلقي تتواجد في المبخرات, سريعة التطاير لذلك يجب تحويلها تحت شروط محددة جدا وأهم هذه الموادهي:

1-الأيثر: له قابلية عالية للاشتعال.

نسبة التركيز اللازمة لبدء تخدير المريض تتراوح بين (2-14)% وللحفاظ على بقاء المريض غائبا عن الوعي تنخفض النسبة إلى (4-6)% من مجموع الغازات. ويستطيع المريض تحمل كميات كبيرة من الجرعات الزائدة. ولكن عند الإفاقة يشعر بالغثيان.

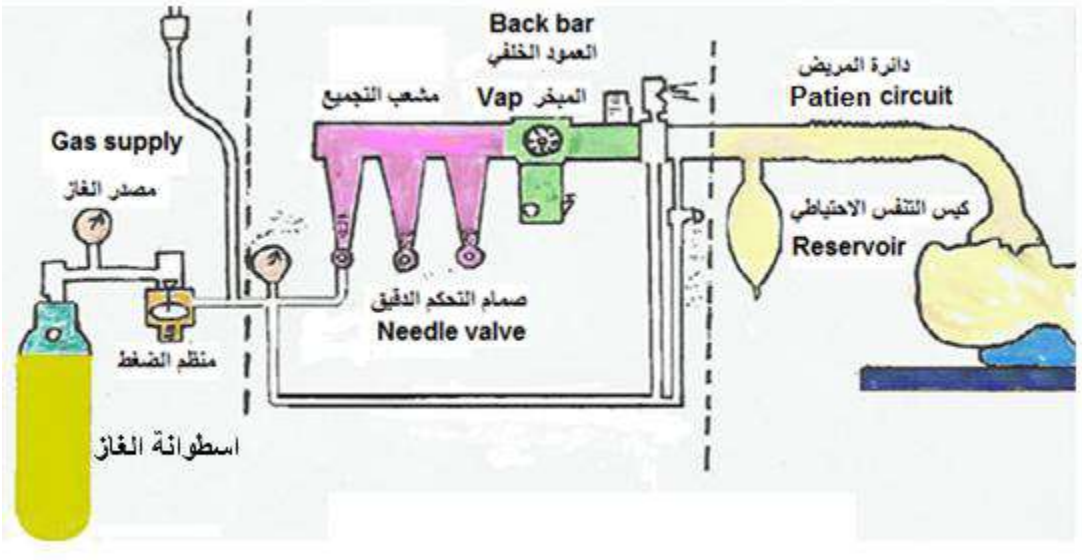
2-الهالوثين (الفلوثين):غير قابل للاشتعال.

نسبة التركيز اللازمة لبدء تخدير المريض تتراوح بين (2-4)% وبصورة سريعة. وللحفاظ على بقاء المريض غائبا عن الوعي تنخفض النسبة إلى (1.5-3)%. الجرعات الكبيرة منه خطيرة جداً حيث أن تركيز 10% قد يؤدي إلى الموت.

3-التريليين: غير قابل للاشتعال لونه أزرق، يسبب تخدير بسرعة كذلك يفيق منه المريض بعد التخدير بسرعة لذلك يستخدم في عمليات الولادة.

## 4-9 الاجزاء الرئيسة لجهاز التخدير

يتكون جهاز التخديروالموضح بالشكل (9-1) من الاجزاء الرئيسة التالية:




**شكل 9-1 المخطط العام لجهاز التحذير**

### 1-4-9 مصدر الغاز Gas supply: القسم الاول من جهاز التخدير يتضمن مايأتي

أ- شبكة الغازات الرئيسة.

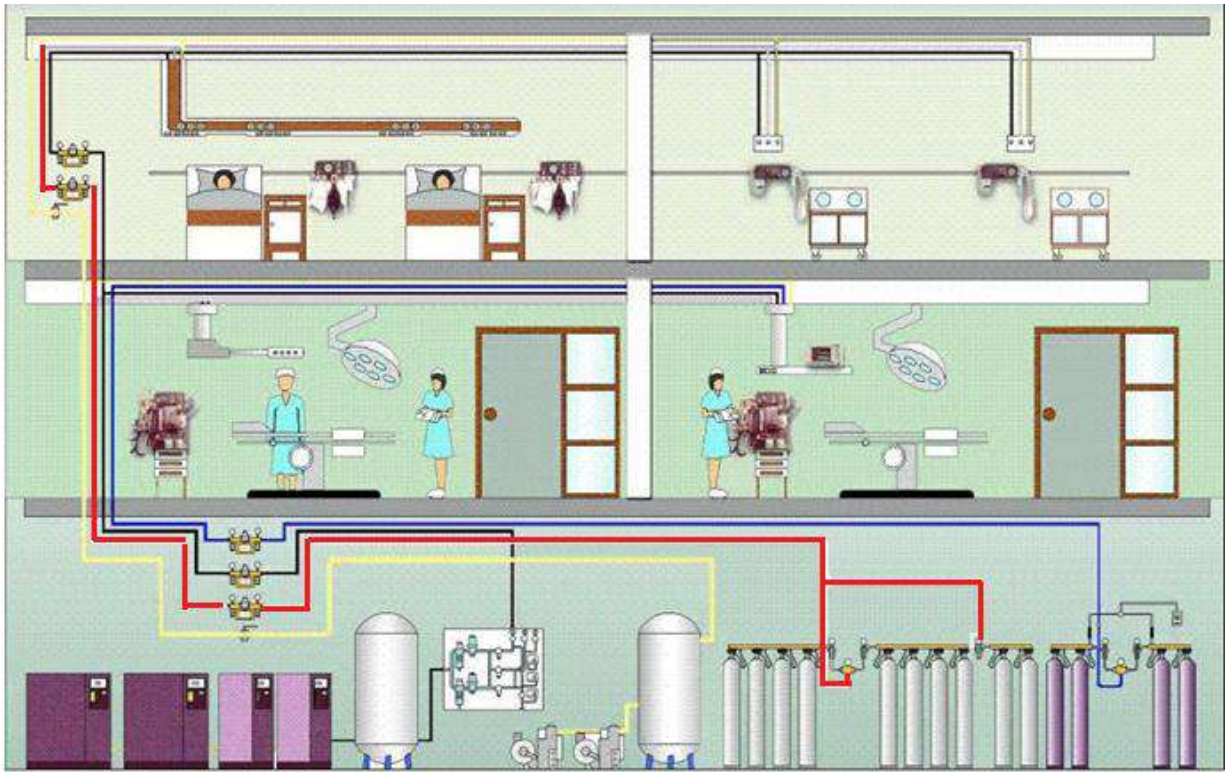
شبكة الغازات هى انابيب مصنعة للاغراض الطبية وبعد تصنيعها عادة ما تشحن بغاز خامل لمنع تاكسد الانابيب من الداخل وتقفل بدايه ونهاية كل انبوب لمنع الشوائب والاتربة من التسرب الى داخلها.

وفي النظام الفرنسى:

يعتمد على ان يخرج الغاز من المحطة المركزية بضغط متوسط (8-10 bar) وبناء عليه تكون اقطارالانابيب الخارجه من المحطة المركزية الى الطوابق المختلفة (العمود الصاعد) لا يزيد قطرها عن ( 16mm ) مم فعند حدوث اى فقد فى ضغط الغاز في اثناء صعوده للطوابق المختلفة لن يؤثر ذلك في ضغط التشغيل للاجهزة الذى يتم التحكم فيه بواسطة مخفض ثانوي للضغط على مداخل الادوار والاقسام المختلفة و مهمته تخفيض الضغط المتوسط الى ضغط التشغيل للاجهزة المختلفة وهو ضغط (4 Bar) وللمحافظة على هذا الضغط يتم تخفيض أقطارالأنابيب كلما تفرعت الى الأقسام المختلفة حتى نصل الى قطر (10mm)عند توصيل الشبكة الى مخرج الغاز.

اما عن النظام الانكليزى:

فيكون ضغط الغاز الخارج من محطاته المركزية ضغط منخفض من (4- 4.5 Bar) وبناء عليه هو لا يتحمل أي فقد فى الضغط اذا طالت خطوط الغاز وتوزعت الى اكثر من مكان. والشكل (9-2) يوضح طريقة توزيع الانابيب الى اماكن المستشفى المختلفة.



**شكل 9-2 يوضح توزيع الانابيب على المستشفى**

ب- أسطوانات الغازات

تحتوي هذه الاسطوانات على غازات وتكون مصنوعة عادةً بمقاسات مختلفة ومن مادة فولاذ المولبيدنيوم الصلبة جداً والمقاومة. يمكن تقسيم الأسطوانات إلى نوعين حسب حالة المادة الموجودة بداخلها:

1- الأسطوانات الغازية (الأوكسجين والأنتونوكس).

2- الأسطوانات التي تحوي على غازات بالحالة السائلة (أوكسيد النتروز) وهي لا يتم ملؤها بالكامل لأنه إذا ملئت بالكامل فإن أي ارتفاع بدرجة الحرارة سيؤدي إلى تحول السائل إلى غاز ومن ثم انفجار الأسطوانة لذلك هنا نستخدم:

$$\text{نسبة الامتلاء} = \frac{\text{وزن المادة الفعلية الموجودة في الأسطوانة}}{\text{وزن الماء اللازم لملء نفس الأسطوانة}}$$

يمكن تمييز الأسطوانات بالألوان حيث من لون الأسطوانة نستطيع معرفة نوعية الغاز الموجود بداخلها وهذا التصنيف عالمي تبعاً للمنظمة الدولية للتوحيد القياسي ISO. (International Organization for Standardization). والشكل (9-3) يوضح اشكال الاسطوانات



شكل 9-3 انواع الاسطوانات

والجدول ( 9-3 ) التالي يبين الألوان المستخدمة لتمييز الأسطوانات

| Gas(اسم الغاز) | Body | Colour no. | Valve End | Colour no. |
|---|---|---|---|---|
| Oxygen(اوكسجين) | Black | | White | |
| Nitrous Doxide(اوكسيد النتروز) | Blue | 166 | Blue | 166 |
| Cyclopropane(البروبان الحلقي) | Orange | 557 | Orange | 557 |
| Carbon Dioxide (ثاني اوكسيد الكاربون) | Grey | 630 | Grey | 630 |
| Ethylene(اثيلين) | Violet | 796 | Violet | 796 |
| Helium(هيليوم) | Brown | 411 | brown | 411 |
| Nnrogen | Black | | Grey | |
| O2+CO2 | Black | | White/Gray | 630 |
| O2+He | Black | | White/Brown | 411 |
| Air (الهواء) | Grey | 630 | White/Black | |

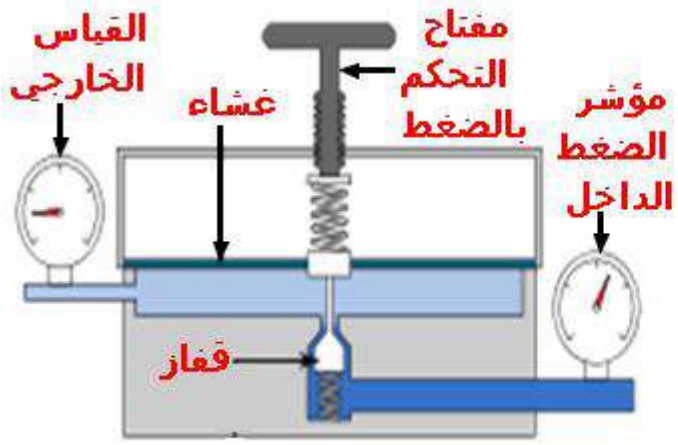
يتم توصيل هذه الأسطوانات مع خراطيم الجهاز عن طريق صمامات الأسطوانات ويدعى جزء جهاز التخدير الذي يصل بين الخرطوم وصمام الأسطوانة بـ (مفرق التعليق أو المقرن YOKE).

## جـ - منظمات الضغط

(منظم الضغط) هو صمام يمنع مرور السائل أو الغاز عند ضغط معين تلقائيا. تستخدم منظمات الضغط لتمكين استخدام الموائع من خطوط تزويد أو خزانات ذات ضغوط عالية او اسطوانات بحيث يقوم هذا المنظم بخفض هذا الضغط الى حد تكون فيه آمنة أو مناسبة للاستخدام في التطبيقات المختلفة.
اي بمعنى اخرمنظم الضغط هو وسيلة تسمح بخفض ضغط الأسطوانة المرتفع والمتغير إلى قيمة أخرى ثابتة ومضبوطة ومناسبة للاستعمال. والشكل (9-4) يبين أجزاء عمل منظم الضغط :



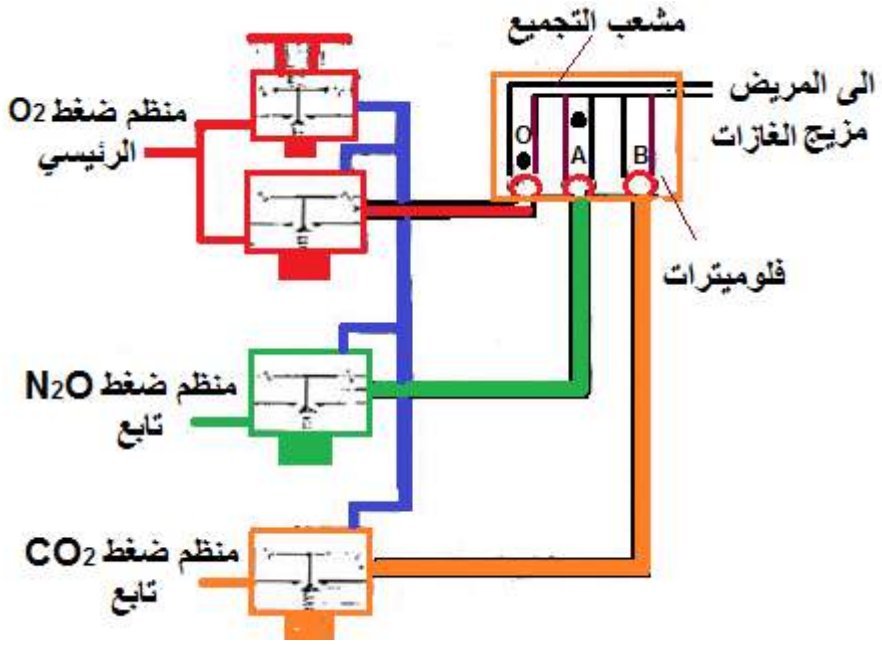
اسطوانات تستخدم منظمات ضغط ثنائية المرحلة



صمام احادي المرحلة

**شكل 9-4 يوضح منظم الضغط وأجزاءه وعمله**

في الصمام أحادي المرحلة يستخدم الغشاء مع صمام قفاز للتحكم بالضغط. فكلما زاد الضغط في الحجرة العلوية دفع الغشاء للأعلى مما يقلل من سريان المائع نتيجة لحركة الصمام، وبالتالي يقل الضغط الخارج من الصمام. وبالتحكم بالمسمار العلوي (مفتاح التحكم بالضغط) يمكن التحكم بالضغط الخارج من الصمام. عادةً عندما يكون لدينا مجموعة غازات يتصل كل منها بمنظم للضغط ونريد أن يتحكم ضغط أحدها بضغوط باقي الغازات, نستخدم نظام توصيل خاص بحيث يكون أحدها هو الرئيسي والمنظمات الأخرى توابع, وكمثال على ذلك أن ضغط ألاوكسجين يتحكم بضغط ثاني أوكسيد الكربون وضغط أوكسيد النتروز (الغاز A والغاز B) وذلك لمنع خطر استنشاق المريض لنسبة عالية من غاز أوكسيد النتروز أو أي غازات أخرى عندما ينخفض أو ينقطع ضغط الأوكسجين لسبب ما، والشكل (9-5) يوضح هذه الطريقة من التوصيل حيث نلاحظ من طريقة توصيل منظمات الضغط للغازات كل غازالى الفلوميتر التابع له ويؤمن طريقة التوصيل على هذا النحوهذه ان الاوكسجين سوف يصل للمريض في كل الاحوال وعدم امكانية تاثير الغازات اوكسيد النتروز وثاني اوكسيد الكاربون على وصول الاوكسجين للمريض.




**شكل 9-5 يوضح نظام توصيل الغازات الرئيس والتابع**

### د- عدادات قياس الضغط

وهناك ثلاثة أنواع رئيسة من عدادت الضغط وهي:

1- أنبوبة بوردون Bourdon Tube: من (1- 7000) ضغط جوي.

2- المنفاخ Bellow: من 100 - 700سم ماء.

3- الغشاء المرن Metallic Diaphragm: من 100سم ماء - 15ضغط جوي.




**شكل 9-6 يوضح عداد قياس الضغط General Bourdon Tube Pressure Gauge**

## 2-4-9 الخراطيم Hoses

وهي تصنف بحسب ضغط الغاز الذي تقوم بتوصيله وتكون على نوعين :

أ- خراطيم معدنية من نوع سيمبليفكس (Simplifix): تقوم الخراطيم بتوصيل الغاز ذي الضغط العالي

ب- خراطيم مطاطية: وتقوم بتوصيل الغاز ذي الضغط المنخفض من منظم الضغط إلى مقيـــاس التـــدفق (الروتاميتر). والتي عادةً تمتص نسبة معينة من غازات التخدير. إذا كان الخرطوم لونه أبيض فهو خاص بتوصيل الأوكسجين. إذا كان الخرطوم لونه أزرق فهو خاص بتوصيل أوكسيد النتروز. أما إذا كان لونه أسودعندها فهو غير خاص بأي نوع من أنواع الغازات ويجب الانتباه إلى التوصيل الصحيح.

## 3-4-9 عمود التجميع الخلفي Back Bar

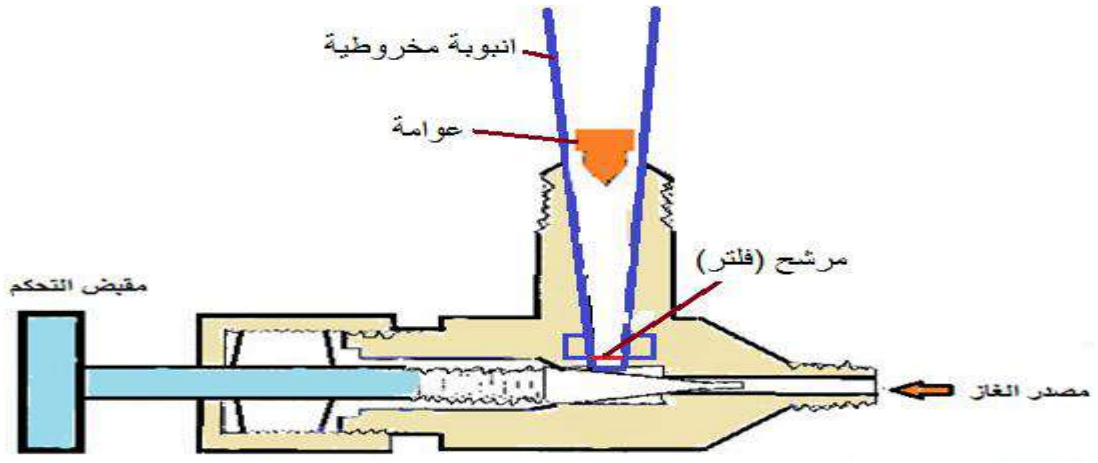
وهذا الجزء يتضمن مسار الغازات وفيه:

**أ- <u>أجهزة قياس التدفق وصمامات التحكم بالتدفق</u>**

وهي تستخدم لقياس معدل تدفق السوائل أو الغازات المارة داخل الجهاز وتكون متصلة بصمامات خاصة تدعى صمامات التحكم الدقيق والتي بدورها تتحكم بمعدل تدفق هذه الغازات.

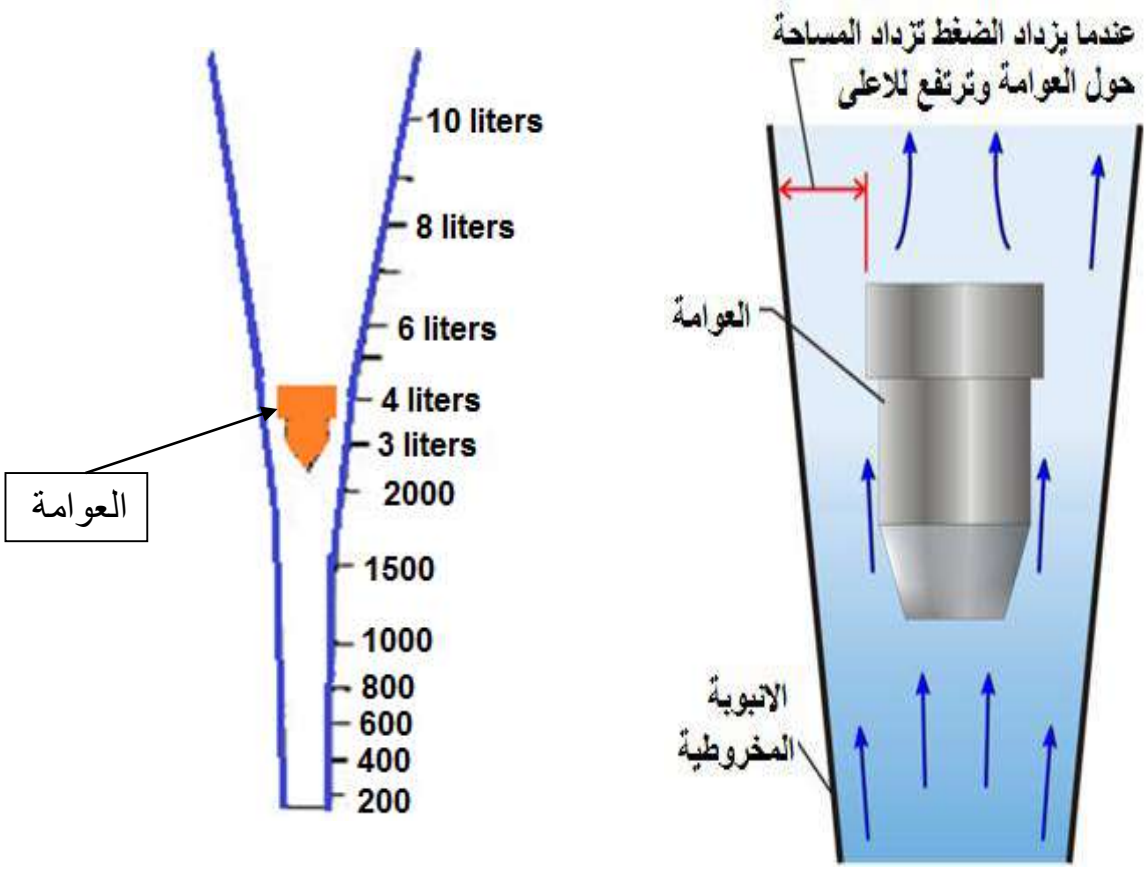
**ب- <u>صمام التحكم الدقيق Needle Valve</u>**

هو صمام يتحكم بمعدل تدفق الغاز وذلك من خلال التدريج الموجود على مقياس التدفق (الروتاميتر) الذي يكون متصلا به. لكل غاز صمام تحكم خاص به ويتم تمييزه عن طريق اللون أو كتابة اسم الغاز عليه أو كليهما. والشكل (9-7) يوضح التركيب الداخلي لصمام التحكم الدقيق (Needle Valve). وهو صمام تحكم على هيأة ابرة يتصل بانبوبة زجاجية مخروطية تحتوي على عوامة ،عند فتح الصمام يمر الغاز حول الابرة ثم خلال مرشح الى داخل الانبوبة فيرفع العوامة الى مستوى معين يتناسب مع الضغط – كلما زاد الضغط زاد ارتفاع العوامة اي معدل سريان اعلى.




**شكل(9-7 ) يوضح صمام التحكم الدقيق (الصمام الابري)Needle Valve**

**ج- الروتاميتر (جهاز قياس التدفق المستخدم)**




**شكل 9-8 يوضح الانبوبة الروتاميتر ذات العوامة**

يتكون من أنبوبة زجاجية بقطر متضيق تدريجياً باتجاه الأسفل وبالداخل توجد عوامة (Float) يوجد على إطارها العلوي تشققات.عندما يتدفق الغاز فإنه سيؤثر في العوامة التي سترتفع نحو الأعلى بشكل متناسب مع معدل تدفق الغاز, وبالتالي كلما ارتفعت العوامة نحو الأعلى كلما ازدادت المساحة الفارغة بين العوامة والجدار الداخلي للأنبوبة. وتدرج الأنبوبة الزجاجية عادةً بوحدة معدل التدفق وهي لتر/دقيقة (L/min). ويلاحظ ان تدريج الانبوبة غير خطي.كما موضح بالشكل (9-8). عندما يؤثر الغاز في العوامة فإنها تدور بفضل الشقوق الموجودة عليها وذلك كي لا يحدث التصاق للعوامة مع الأنبوبة والذي يؤدي إلى خطأ في القياس وهذا الالتصاق يمكن أن يحدث بسبب:

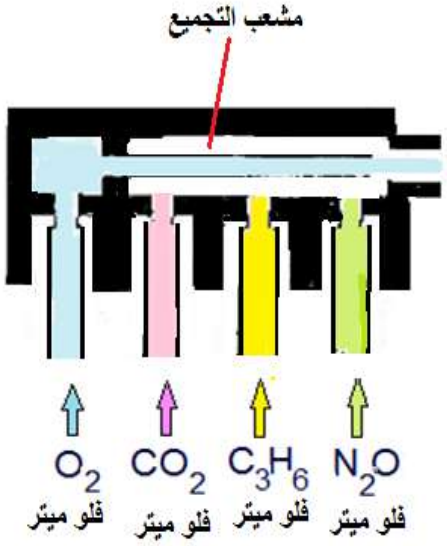
1- الأنبوبة ليست رأسية تماماً.

2- وجود الأتربة والشوائب على الجدار الداخلي للأنبوبة.

**د- مشعب التجميع**

يكون لكل غاز صمام تحكم دقيق موصول مع مقياس تدفق يكون عادةً من نوع الروتاميتر ويتم تجميع أجهزة قياس معدلات التدفق للغازات المختلفة بما يسمى مشعب التجميع Manifold. ونلاحظ أن مقياس تدفق

الأوكسجين يوضع أولاً وقبل أي مقياس تدفق آخر مع عمل التعديلات المناسبة داخل مشعب للتجميع لجعل الأوكسجين آخر غاز يختلط مع مزيج الغازات وذلك قبل خروجه من المشعب بقليل. والسبب في ذلك هو أنه لو حدث كسر في أنبوبة البروبان الحلقي (أي مقياس تدفقه) فإن ذلك سيؤدي بغاز أوكسيد النتروز لأن يؤثر بضغط معاكس في جريان غاز الأوكسجين (لو كانت جميع الغازات تختلط مع بعضها فوراً داخل مشعب التجميع) وبالتالي فإن ذلك سيؤدي إلى هروب قسم من غاز الأوكسجين عبر هذا الكسر وبالتالي انخفاض كمية الأوكسجين الواصلة إلى المريض. والشكل(9-9) يوضح مجمع اجهزة قياس التدفق مع التعديل.




**شكل 9-9 مجمع اجهزة قياس التدفق (الفلوميترات) مع التعديل**

## هـ - مجموعة المبخرات

تستخدم المبخرات لاجل تحويل سوائل التخدير إلى الحالة البخارية.

يوجد أنواع مختلفة من المبخرات للأسباب الآتية:

1- الاختلاف بين المواد السائلة المستخدمة في التخدير من حيث درجة التطاير.
2- تفاوت درجة التركيز المطلوبة من هذه المواد في الخليط الغازي المستخدم في عملية التخدير (تركيزالهالوثين يجب أن لا يزيد عن 5% بينما تركيزالايثر 15%).
3- اختلاف الأخطاء التي يمكن أن تنجم عن تغير التركيز في الخليط الغازي المستخدم للتخدير. ففي الهالوثين يراعى أن يكون المبخر مزود بإمكانية التحكم الدقيق بهذا التركيز لأن التركيز الأعلى من 5% له خطورة عالية ويمكن أن يؤدي إلى الوفاة. بينما الايثر يستخدم له مبخر بسيط لأن الجرعات الزائدة منه أقل خطورة.

هنالك نوعان من المبخرات:

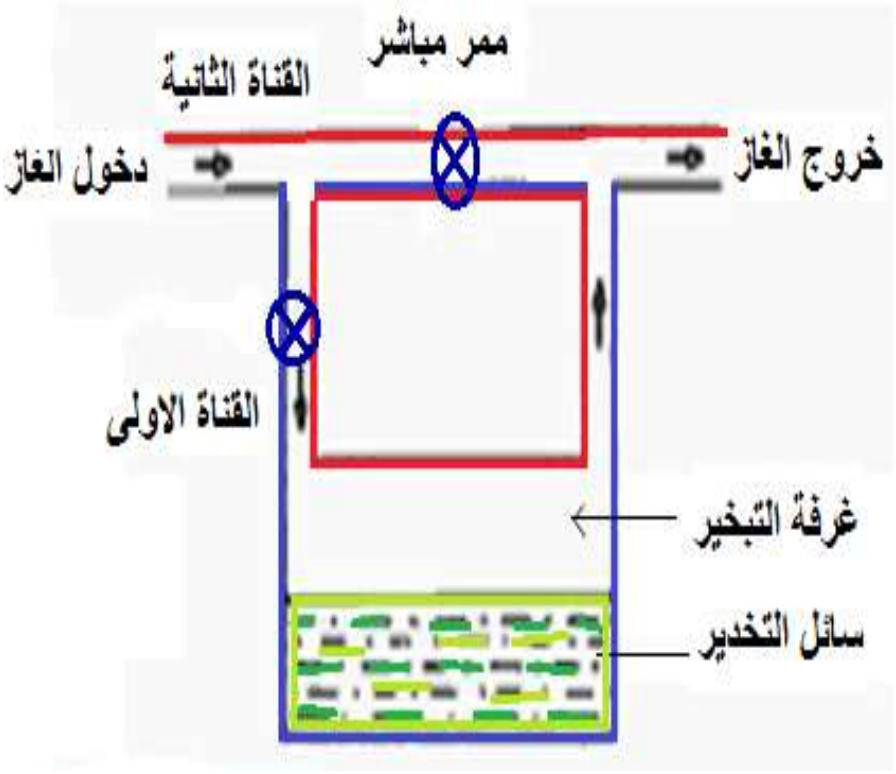
1- مبخرالايثر
2- مبخر الهالوثين

## هـ ـ 1 النظرية العامة للمبخرات

المبخر ببساطة هو وعاء معدني له فتحة دخول وفتحة خروج وبداخله يوجد سائل التخدير.فعند مرور خليط الغازات بداخله فإنه سيحمل كمية محددة من بخار مادة التخدير التي يختلف تركيزها بهذا الخليط بحسب

1. درجة الحرارة :كلما ازدادت درجة الحرارة تزداد كمية الغاز المتبخر والعكس صحيح.
2. ومستوى السائل.
3. ومعدل تدفق هذه الغازات عبر المبخر:عند زيادة معدل التدفق تقل نسبة الغاز المحمل.

والشكل (9-10) يوضح الاجزاء العامة للمبخر.




**شكل 9-10 يوضح البنية العامة للمبخر**

يتم التحكم بالمبخر بواسطة قناتين إحداهما تؤدي إلى غرفة التبخير والأخرى ذات مسار مباشر ما بين الدخول والخروج دون أن تلامس الغازات سائل التخدير فعندما يكون المبخر في الوضع المغلق فإن كل الغازات المتدفقة من فتحة الدخول ستمر إلى فتحة الخروج مباشرة. أما عندما يكون المبخر في الوضع المفتوح فإن كل أو بعض الغازات ستمر عبر المسار المؤدي إلى غرفة التبخير ومنه إلى فتحة الخروج.

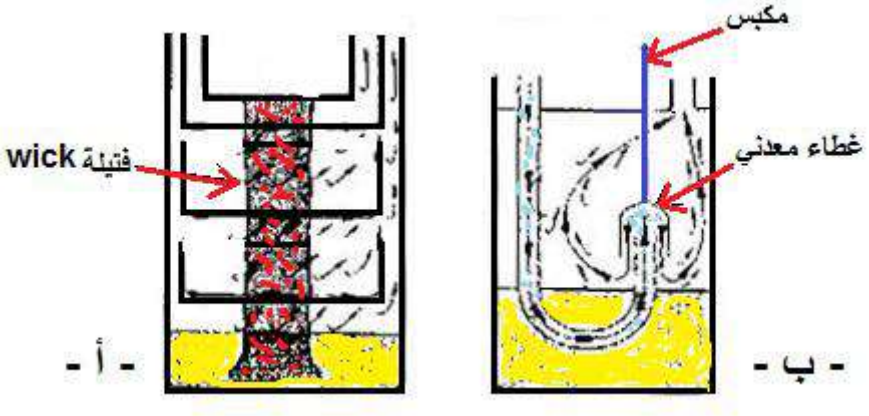
## هـ - 2 العوامل المؤثرة في معدل التبخير

1- معدل تدفق الغازات على المبخر.
2- مستوى السائل المخدر في المبخر.
3- درجة الحرارة.

إن انخفاض مستوى السائل المخدر سيؤدي إلى انخفاض معدل التبخير.

ومن الحلول المستخدمة:

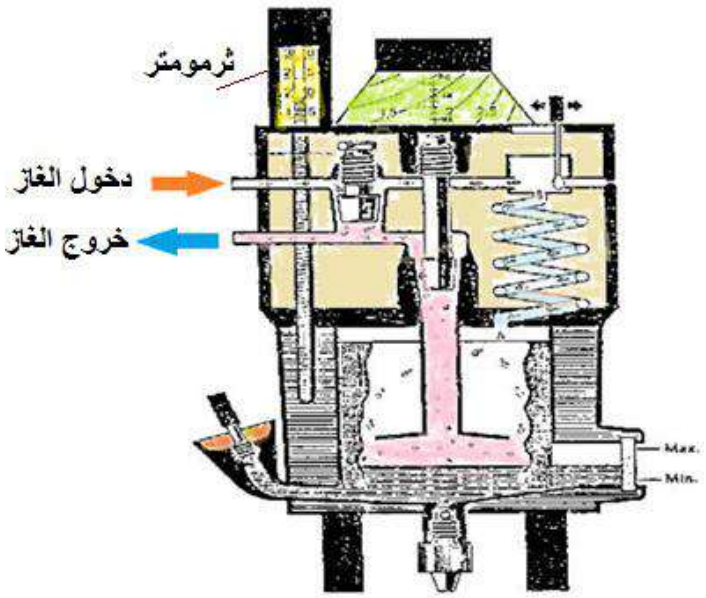
1- استخدام فتيلة (Wick) وهو عبارة عن قطعة قماش يغمس أحد طرفيها في السائل المخدر حيث تمتصه وينتشر على الجزء العلوي منها. كما موضح بالشكل(9-11- أ).
2- استخدام غطاء معدني يحرك باستخدام مكبس والذي كلما حرك نحو الأسفل ازداد تركيز المادة المخدرة في الخليط الغازي (مبخر بويل). كما موضح بالشكل (9-11- ب)




**شكل 9-11 طريقة الكاس المعدني وطريقة الفتيلة لزيادة معدل التبخير**

إن تغير درجة الحرارة سيؤدي إلى تغير معدل التبخير حيث نراعي:

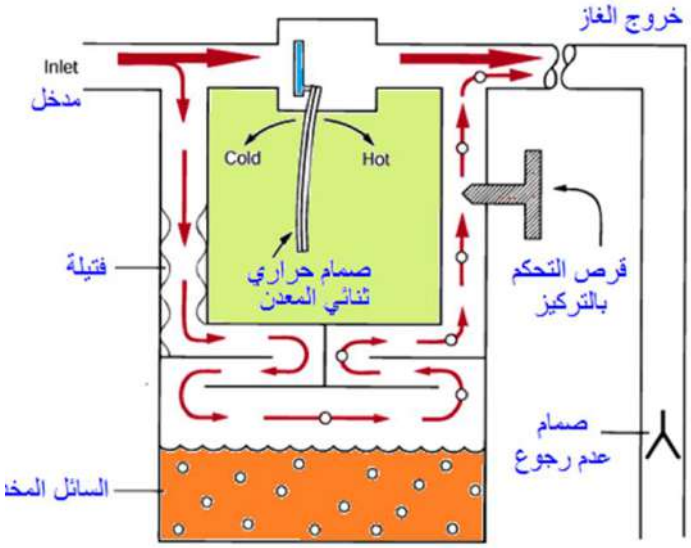
1- انخفاض درجة الحرارة الناتج عن استمرارية عملية التبخير والذي سيؤدي بدوره إلى انخفاض معدل التبخير. ومن الحلول المستخدمة: التعويض الحراري من الوسط الخارجي باستخدام قميص من النحاس يحيط بالمبخر بالإضافة إلى وضع الفتيلة داخل غرفة التبخير بحيث يتلامس مع الأجزاء المعدنية مباشرة كي يتم تعويض الحرارة التي استخدمت في التبخير عن طريق هذا التلامس.
2- تغير درجة الحرارة الخارجية: والتي ستؤدي إلى تغير في معدل التبخير ومن الحلول المستخدمة:
   أ. أستخدام صمام خانق أو صمام تحكم حراري ويتم التحكم فيه إما يدوياً بمساعدة مقياس حرارة (ثرمومتر) مثبت بداخل المبخر ويقرأ التدريج خارجياً. كما في الشكل (9-12).




**شكل 9-12 مبخر دريجار**

**ب.** أو آلياً باستخدام شريحة مصنوعة من معدنين مختلفين تستجيب بسرعة

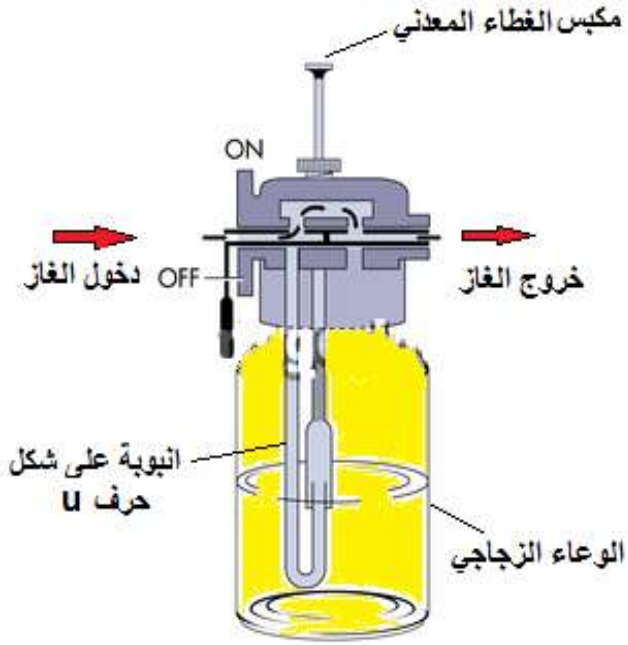
لتغيرات الحرارة توضع داخل الصمام وبالتالي بحسب درجة الحرارة الخارجية سوف تتمدد أو تتقلص الشريحة موزعة بذلك الخليط الغازي المتدفق على المبخر (على غرفة التبخير وعلى المسار المباشر). وذلك للمحافظة على تركيز ثابت لبخار المادة المخدرة مع تغير درجات الحرارة الخارجية.مثال على ذلك مبخر ذو القطعة الثنائية المعدن . كما في الشكل ( 9-12-أ )




**شكل 9-12-أ مبخر ذو القطعة ثنائية المعدن**

## هـ - 3 أنواع المبخرات

1. **مبخر بويل:** مبخر بسيط غير معاير لا توجد فيه وسيلة للتعويض الحراري ويستخدم لتبخير الأيثر والتريليين والميثوكسيفلورين.







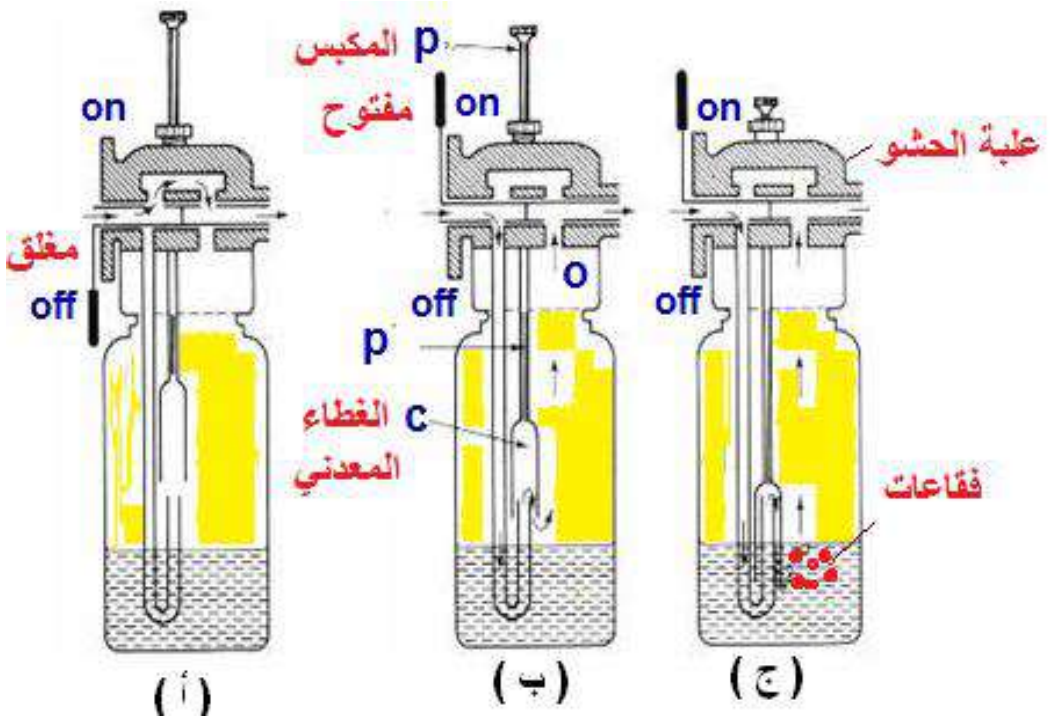
**شكل 9-13 يوضح مبخر بويل**

أما طريقة العمل (التحكم بتركيز بخار المادة المخدرة) فهو كما يلي:

1- عندما يكون المبخر في الوضع المغلق:( الذراع للاسفل )فإنه يسمح بمرور خليط الغازات مباشرة من خلال التوصيل المباشر إلى خرج المبخر دون المرور إلى داخل الزجاجة التي تحوي على سائل التخدير (والتي تكون مصنوعة من زجاج داكن (أسود – بني – أخضر) لمنع تحلل مادة التخدير تحت تأثير الضوء) كمافي الشكل (9-14-أ)

2- أما عندما يحرك الذراع تدريجياً ناحية الوضع المفتوح: يتزايد بانتظام نسبة الغازات التي تمر إلى داخل زجاجة المبخر حتى يصل الذراع إلى أقصى وضع له(الى الاعلى) وعندها تمر كل الغازات إلى داخل زجاجة المبخر ويكون المخرج الطبيعي لها بعد ذلك من خلال الفتحة (O)(المؤشرة داخل الزجاجة) ومن الممكن تحويل مسار الغازات المتدفقة الى داخل زجاجة المبخر لكي تصطدم اكثر بسطح السائل وذلك عن طريق خفض الغطاء المعدني(C) فوق نهاية الأنبوبة الملتوية (U) كما في الشكل (9-14- ب).

3- وإذا قمنا بخفض الغطاء المعدني إلى أقصى قيمة له حيث يلامس سطح السائل: سيؤدي ذلك إلى تكوين فقاعات للغازات المتدفقة داخل المبخر خلال السائل مما يؤدي إلى أكبر معدل تبخير للسائل المخدر ويتم ضبط وضع الغطاء المعدني (C) بواسطة المكبس (P) والذي يمر من خلال علبة الحشو لمنع تسريب الغازات. الشكل (9-14- ج).



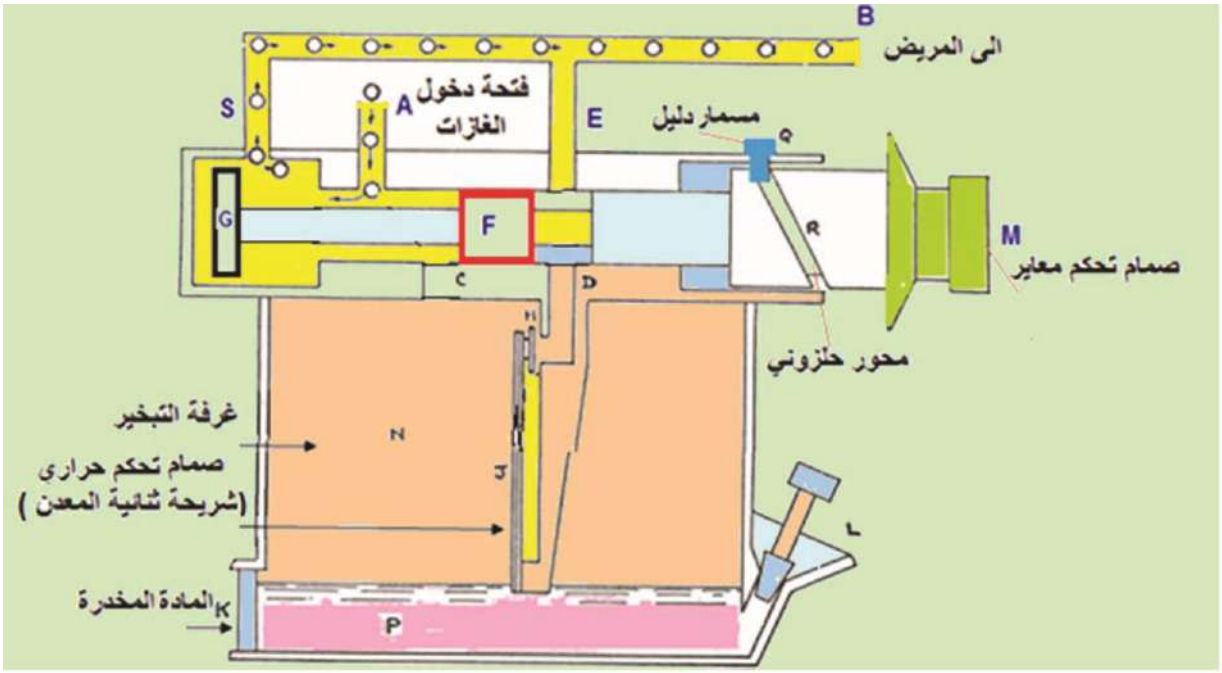

**الشكل 9-14 طريقة التحكم بتركيز بخار المادة المخدرة**

## 2. المبخر ذو التعويض الحراري :

سندرس مبخر الفلوتيك مارك2 الذي يستخدم لتبخير مادة الفلوثين(الهالوثين). آلية العمل: الأشكال (9-15 - أ)، (9-15 - ب)

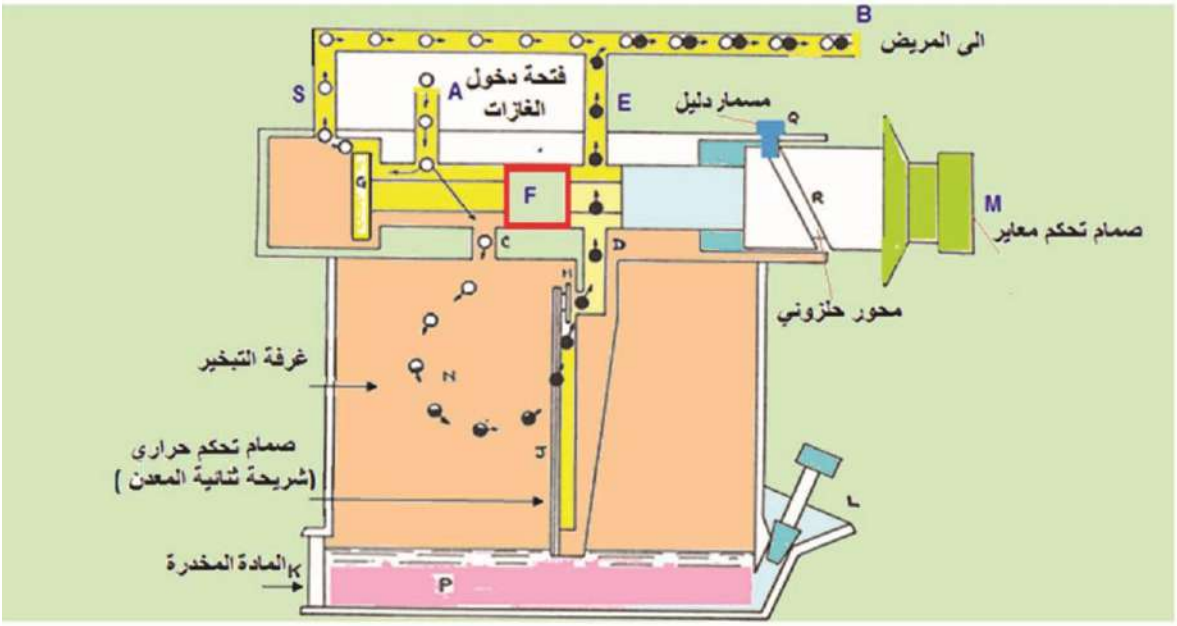
1-عندما يكون بالوضع المغلق فإن الغازات ستمرمن خلال المسار المباشر A ثم S ثمB.

ويتم التحكم بنسبة تركيز الغازات المارة خلال كل من المسارين عن طريق صمام تحكم معاير (M) والذي يتصل بالجزءين (F) و(G) وكذلك عن طريق صمام التحكم الحراري المكون من شريحة من معدنين مختلفين فعندما يوضع الصمام بالوضع المغلق كما في الشكل (9-15-أ) فإن الغازات تتجه من خلال فتحة الدخول (A) إلى المسار (S) حيث لايسمح لها وضع الصمام في تلك الحالة بالدخول خلال تلك الفتحة (C) التي تؤدي إلى داخل غرفة التبخير (N)حي يغلق الجزء (F) تلك الفتحة بينما يسمح الجزء (G) بخروجه إلى المسار (S) ومنه إلى (B) الذي يتصل بعدذلك بالمريض في أثناء عملية التخدير.




**شكل 9-15 – أ مبخر التعويض الحراري في وضع مغلق**

2- أما عندما يكون المبخر بالوضع المفتوح تماماً فإن الغازات ستمر إلى داخل غرفة التبخير ومنها إلى نقطة الخروج(A C D E B). كما موضح بالشكل (9-15- ب)




**شكل 9-15-ب مبخر التعويض الحراري في وضع مفتوح**

وبإدارة مقبض الصمام (M) في اتجاه عكس عقارب الساعة فإن محور الدوران الذي يتصل بكل من الجزءين (F) و (G) سوف يتحرك إلى الجهة اليمنى وذلك بفعل الأخدود الحلزوني (R) ومسمار الدليل (Q) حيث يؤدي ذلك إلى فتح كل من المسارين (C) و (D) وتقليل فتحة المسار المبـــاشر (Q). ويصبح المبخر في هذه الحالة في الوضع المفتوح كما موضح بالشكل (9-15-ب). وعند إدارة الصمام (M) يتم ضبط فتحة الصمام (G) والتي تجزئ بالتالي تدفق الغاز ما بين غرفة التبخير (N) والغازات المارة خلال المسار(S) وبذلك يمكن تغيير نسب تركيز أبخرة مواد التخدير بإدارة صمام التحكم بعد الوضع المفتوح حيث يتم تدريج مقبض الصمام بقيم التراكيز المختلفة حتى 5%. وبانخفاض درجة الحرارة داخل غرفة التبخير فإن الصمام الحراري سوف يفتح بدرجة أكبر بحيث يسمح لجزء أكبر من الغازات الكلية بالمرور إلى داخل غرفة التبخير. وبالتالي تعويض نسبة انخفاض التركيز الناجم عن انخفاض درجة الحرارة طبقاً لنوع مادة التخدير السائلة المستخدمة وبالتالي الحفاظ على نسب تركيز ثابتة عند كل قيمة من قيم تدريج صمام التحكم.يوجد داخل غرفة التبخير فتيلة تتشرب بسائل المادة المخدرة مما يتيح مساحة تبخير كبيرة مناسبة.

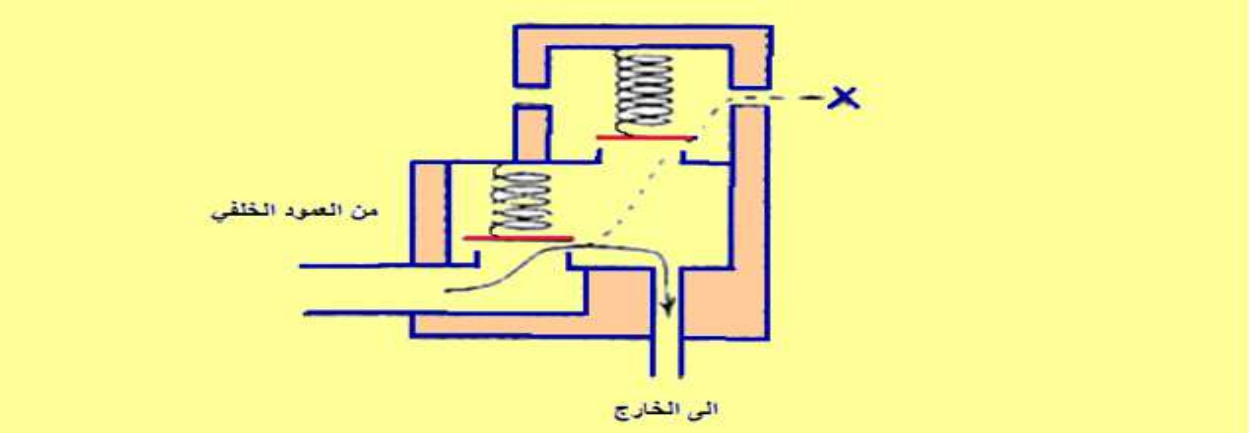
## 9-4-4 وحدة صمام عدم الرجوع

**وتتضمن الدوائر التالية:**

**أ- صمام عدم الرجوع:** وهو صمام يمنع مرور الغازات إلا باتجاه واحد (من العمود الخلفي إلى دائرة المريض).ويمنع مرور الغازات بالاتجاه المعاكس حيث يمنع صمام عدم الرجوع الغازات من الرجوع الى المبخرات مرة اخرى.

**ب- صمام الأمان:** وهو صمام يسمح بتسريب الغاز عند ازدياد الضغط الى أعلى من 35 كيلو باسكال ان زيادة الضغط يمكن ان تحصل بسبب عطل في صمام الزفير أو بسبب انسداد المخرج لسبب ما ،ان هذا الضغط العالي يشكل خطرا على رئتي المريض وكذلك يؤثر في عمل المبخرات والفلوميتر ويتسبب في تلفها وهنا تكمن أهمية صمام الامان مبدأ عمل هذا الصمام هو تطبيق قوة على الصمام تكون ضد ضغط الغاز فاذا ازداد

ضغط الغاز عن الحد المسموح به فانه سوف يدفع الصمام ويتسرب الغاز. والشكل (9 -16) يوضح صمام امان + صمام عدم رجوع.




**الشكل 9-16 صمام أمان + صمام عدم رجوع (Check Valve)**

## ج - صمام الأوكسجين الاحتياطي:

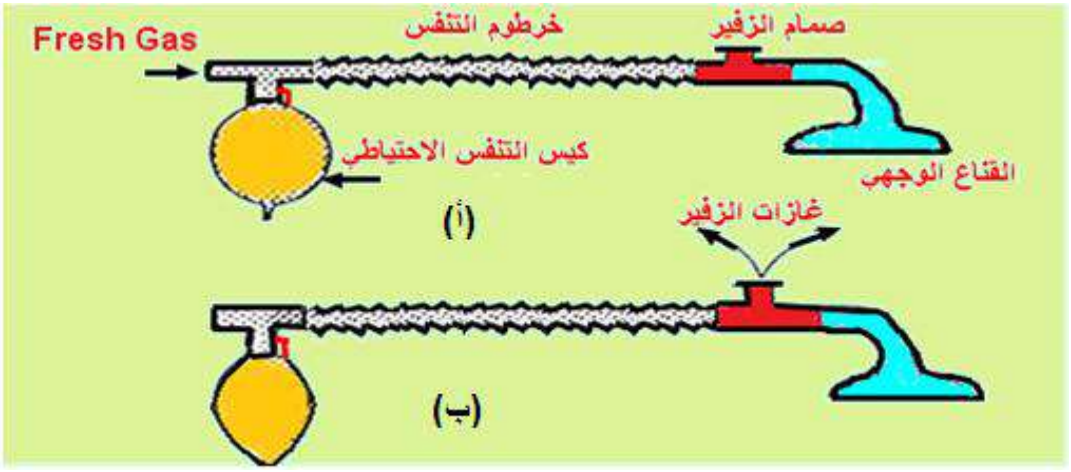
وهو صمام يستخدم لحالات خاصة هي الحالات التي يحتاج بها المريض للانعاش (أوكسجين فقط).

د - **جهاز إنذار**: وهي دائرة تعطي تنبيها على هيأة صفارة عند انخفاض ضغط الاوكسجين $O_2$.

## 9-4-5 دائرة المريض

هي الدائرة التي تسمح بإمداد المريض بغازات التخدير في أثناء عملية الشهيق فقط وحفظ أو ادخار تلك الغازات أثناء عملية الزفير في كيس التنفس الاحتياطي للاستفادة منها في عملية الشهيق التالي مع التخلص من غازات الزفير الصادرة من المريض في كل مرة عن طريق صمام الزفير. والشكل (9-17) يوضح هذه الدائرة. وتتكون من:

1- كيس التنفس الاحتياطي: وهو كيس من المطاط يقوم بامداد المريض بغازات التخدير في اثناء عملية الشهيق فقط ويقوم بادخار تلك الغازات خلال فترة عملية الزفير للاستفادة منها في عملية الشهيق التالي.
2- خرطوم التنفس. يوصل الخرطوم بالقناع ألوجهي عن طريق صمام الزفير.
3- صمام الزفير: وهو صمام يسمح بمرور الغاز باتجاه واحد من الجهاز الى المريض ولايسمح بمرور هواء الزفير الى الجهاز ويخرج هواء الزفير الى الجو عن طريق هذا الصمام اذ يتم التخلص من غازات الزفيرالصادرة من المريض في كل مرة عن طريق صمام الزفير.
4. القناع الوجهي. كما موضح بالشكل (9-17) (أ) الذي يوضح عمل الدائرة خلال الشهيق والشكل (9-17) (ب) يوضح عمل الدائرة اثناء الزفير.




**شكل 9-17 يوضح دائرة المريض**

## 9-4-6 هيكل الجهاز Frame Metal Work

ويتكون من عربة تتحرك على أربع عجلات غير قابلة لتراكم الشحنات الكهروستاتيكية، والعجلتان الأماميتان مزودتان بكوابح.يحتوي على الاجزاء الآتية:

1- درج معدني (Drawer Unit): أسفل العربة يستخدم لحفظ متعلقات الجهاز.

2- منضدة (Top Frame): أعلى العربة لوضع الأجزاء الإضافية مثل عدادات قياس الضغط. الشكل (9- 18).




**شكل 9-18 عربة التخدير**

## 9- 5 دائرة مسار الغاز Gas Circuit Arrangement

بالاستعانة بمخطط سريان الغاز والشرح المبسط لوظائف هذه الأجزاء وكذلك الأشكال التوضيحية لكل جزء يمكنك تتبع مسار الغاز:

1- يبدأ مرور غازي الأوكسجين وأوكسيد النيتروز إما من الأسطوانات أو من شبكة الغازات بالمستشفى خلال الأنابيب.
2- تمر الغازات من خلال وحدة قياس معدل التدفق (الروتاميتر) التي تحتوي على صمامات التحكم الدقيقة التي تنظم تدفق الغازات المستخدمة.
3- تمر الغازات خلال مبخر من النوع التعويض الحراري (مبخر مارك 2 الذي يستخدم الهالوثين كمادة مخدرة) حيث يتم بداخله اختلاط غاز الهالوثين مع غاز الأوكسجين بنسبة مئوية معينة طبقاً لتقدير الطبيب.
4- تمر الغازات خلال مبخر الايثر والذي يتم بداخله مزج غاز الأيثر مع غاز الأوكسجين المار فيه بنسبة مئوية طبقاً لتقدير الطبيب.
5- تمر الغازات خلال وحدة صمام عدم الرجوع ويتم خلالها:

1- لا يسمح "صمام عدم الرجوع" برجوع الغاز وإحداث ضغط عكسي (Back Pressure) يؤثر في المبخرات.

2- يقوم صمام الأمان في حالة زيادة الضغط العكسي عن قيمة معينة بتسريب الغاز من خلاله.

3- يستخدم صمام الأوكسجين الاحتياطي في حالة حاجة المريض الى غاز الأوكسجين فقط دون غازات التخدير الأخرى.

4- يتولى جهاز الإنذار مهمة الإنذار في حالة انخفاض ضغط غاز الأوكسجين عن طريق صفارة، ويجب عندئذ التوجه للكشف عن مصدر الأوكسجين فوراً.

5- يتصل الجهاز بعد ذلك بدائرة تنفس المريض وبها صمام الزفير وخرطوم التنفس وكيس التنفس الاحتياطي.

# أسئلة الفصل التاسع

س1/ ماهي اهم الغازات والسوائل المستخدمة في التخدير؟وماهي النسب الآمنة لاستخدامها؟

س2/ ماهي الأجزاء الرئيسة لجهاز التخدير؟ اشرح مع الرسم.

س3/ اشرح كيف يتم تمييز نوع الغاز من لون الاسطوانة.

س4/ مافائدة منظمات الضغط ؟ وعلى اي مبدأ يعمل؟

س5/ماهي أنواع عدادات قياس الضغط؟

س6/ماهي أنواع الخراطيم وكيف يتم تمييز لون الخرطوم حسب الغاز التابع له؟

س7/ اذكر فائدة صمام التحكم الدقيق.

س8/ ماهو الروتاميتر؟وماهو مبدأ عمله اشرح مع الرسم.

س9/ ما المقصود بمشعب التجميع ولأي غرض وجد؟

س10/ اشرح النظرية العامة للمبخر مع الرسم.

س11/ ماهي العوامل المؤثرة على معدل التبخير؟

س12/ ماهي الطرق المعتمدة لمعالجة انخفاض معدل التبخير نتيجة انخفاض مستوى السائل؟

س13/ ماهي العوامل التي تؤدي الى انخفاض معدل التبخر ؟ وكيف يتم معالجتها؟

س14/ماهي أنواع المبخرات ؟واشرح مبدأ عمل كل نوع.

س15/ اشرح مبخر بويل مع الرسم.

س16/ اشرح المبخر ذا التعويض الحراري مع الرسم.

س17/ مافائدة كل مما يلي: صمام عدم الرجوع / صمام الآمان / صمام الأوكسجين الاحتياطي /جهاز الإنذار.

# الفصل العاشر

## أجهزة مراقبة المريض (Patient Monitor)

الهدف العام : تعرف الطالب على مكونات جهاز شاشة المريض ومبدأ عمله وأجزائه

الأهداف الخاصة : بعد ان ينهي الطالب هذا الفصل سيكون قادرا على أن يتعرف على :-

1. الأقطاب المستخدمة في جهاز شاشة المريض
2. مكونات جهاز شاشة المريض
3. مبدأ عمل جهاز شاشة المريض
4. دوائر معالجة أشارة جهاز شاشة المريض
5. الأجهزة المدمجة في جهاز شاشة المريض
6. طرق التحكم وضبط جهاز شاشة المريض

**المحتويات**


**10 – 1 المقدمة**

**10 – 2 مكونات ومقاييس جهاز مراقبة المريض**

**10 – 3 بعض أنواع الأقطاب المستخدمة في أجهزة شاشة مراقبة المريض**

**10 – 4 المخطط الكتلي لجهاز شاشة مراقبة المريض**

**الأسئلة**




# الفصل العاشر

# أجهزة مراقبة المريض Patient Monitor

## 10- 1 تمهيد

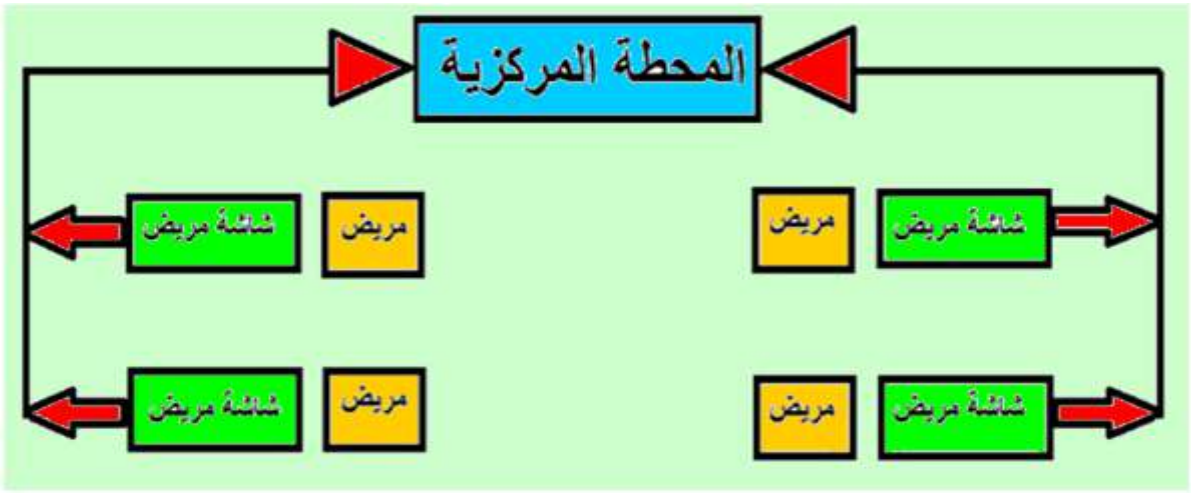
نظرا للتطور العلمي للأجهزة الألكترونية عامة والطبية منها خاصة لذا تم دمج مجموعة من الأجهزة في جهاز واحد وتعتمد هذه الأجهزة على أستخدامها وتصنف هذه الأجهزة عادة حسب الصالة الموجود فيها الجهاز الطبي وأن أبرز هذه الصالات هي

1. صالة أنعاش القلب (Central Station Unit CSU)
2. صالة أنعاش التنفس (Respiration Unit RESU)
3. صالة العناية الفائقة (Intensive Care Unit ICU)
4. صالة العناية الحرجة (Critical orCoronary Care Unit CCU)

وتقسم أجهزة هذه الصالات الى نوعين هما :-

1- جهاز شاشة مراقبة المريض (Patient Monitor):- وهو جهاز يوجد في الصالة مجاور المريض وعادة تكون في الصالة أكثر من جهاز وترتيبها كالآتي (جهاز واحد, جهازان, أربعة أجهزة, ثمانية أجهزة, ستة عشر جهازا).

2 - جهاز المراقبة المركزية (المحطة الرئيسة):- وهو جهاز موجود خارج الصالة والذي يتم بواسطته السيطرة على الأجهزة الموجودة داخل الصالة والذي يعطي تنبيه اوإنذارا ومراقبة للطبيب المعالج أو الخفر أو المراقب في أحدى أجهزة مراقبة المريض لكي يتم إسعافه بالسرعة الممكنة. شكـــل (10 - 1) يوضح توزيع أجهزة شاشات المريض في صالات العناية الفائقة والمركزة.




**شكل 10 – 1 توزيع أجهزة شاشات المريض في صالات العناية الفائقة والمركزة**

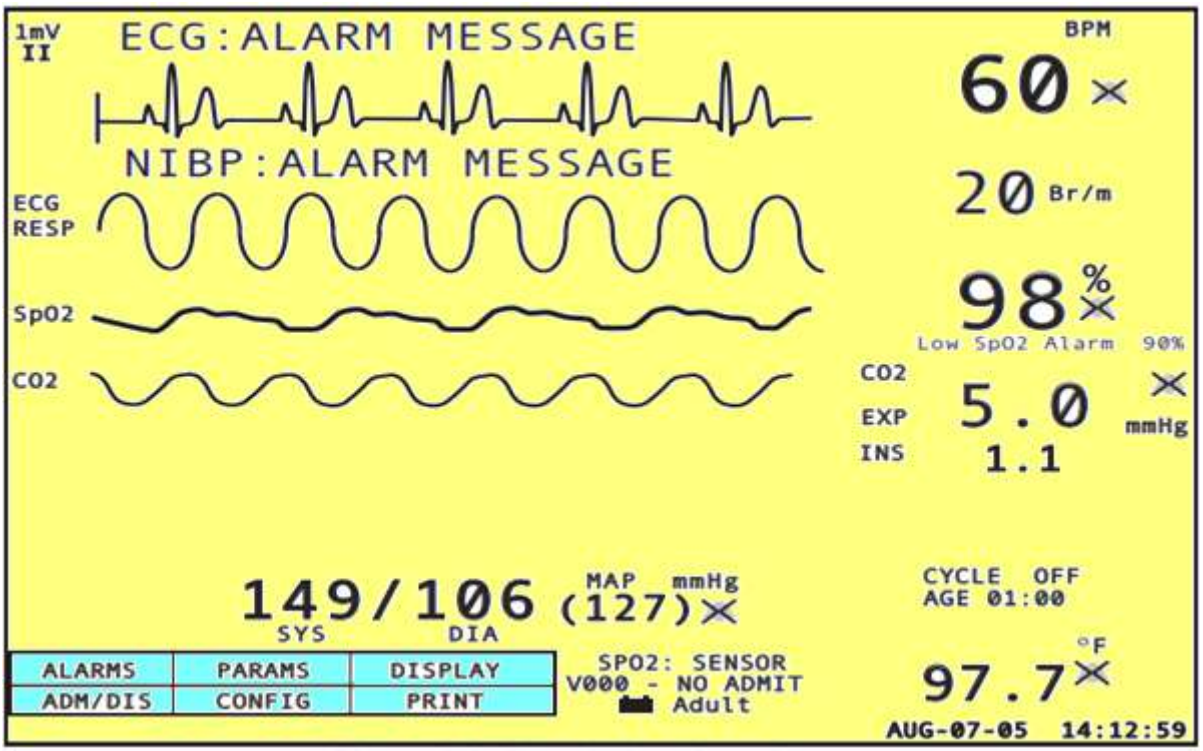
## 10 – 2 مكونات ومقاييس جهاز مراقبة المريض

يتكون الجهاز بشكل أساسي ممايآتي :-

1. الغطاء الخارجي :- وهو غطاء مصنوع من البلاستك لحماية الأجزاء الداخلية للجهاز ويختلف تصميمه من نوع الى أخر. شكل (10 - 2) يوضح نماذج من أجهزة شاشة المريض.
2. مفاتيح التشغيل والضبط :- وهو عبارة عن مفاتيح تستخدم للتحكم بالجهاز من حيث التنقل بين الضبط وإدخال بيانات مؤقتة.
3. الشاشة الرئيسة : - وهي عبارة عن شاشة مسطحة (LCD) تختلف أحجامها من شركة لأخرى.
4. وحدة مجهز القدرة:- وهي التي يعمل عليها الجهازوالتي بدورها تقوم بشحن البطارية الداخلية وعادة تكون تيار مستمر (بطارية) ولا يفضل استخدام الجهاز وهو يعمل على التيار المتناوب.
5. وحدة الإدخال :- وهي عبارة عن منافذ أو مجسات (Probe) أو شاشة تستخدم اللمس في جهـاز (Philips Mp40/Mp50).
6. وحدة الإخراج :- وهي عبارة من مقابس منها مقبس عرض الى الشاشة الكبيرة ومقبس الربط الى وحدة العناية المركزية أو مقبس الربط على الحاسبة.
7. وحدة طبع الورق :- وهي الوحدة المسؤولة عن طبع المعلومات الموجودة على الشاشة ولكن لايمكن طبع هذه المعلومات الأ بعد أعطاء أيعاز لتوقف الشاشة (Freeze) وبعدها يطبع المعلومات الموجودة على الشاشة.
8. وحدة الانذار والتنبيه :- وهي وحدة خاصة تعطي ضوءا وصوتا ولكل جهاز من الأجهزة المدعمة في هذا الجهاز له ضبط خاص بمقدار التنبيه وكمية الصوت.
9. اللوحة الأم :- وهي عبارة عن لوحة تربط الأجهزة مع بعضها وفيها ذاكرتان ذاكرة دائمية والتي وظيفتها حفظ برنامج الجهاز (السوفت وير) كالتاريخ والوقت وذاكرة أخرى مؤقتة يتم فيها حفظ معلومات مؤقتة مثل أسم المريض والعمر..... الخ.
10. لوحات خاصة لكل جهاز:- وهي عبارة عن لوحات تسيطر على المتحسسات وباقي القطع الداخلة والخارجة مثل جهاز تخطيط القلب الكهربائي (E.C.G.) وجهاز مقياس النبض والأوكسجين ($SPO_2$) وباقي الأجهزة.يقيس أكثر أنواع أجهزة المراقبة من خمسة أجهزة الى سبعة أجهزة وهذه الأجهزة تعتبر خيارات (Option) تأتي مع الجهاز حسب الشركة المجهزة والشخص المستورد للجهاز أو حسب المتعاقد عليه ولكن أكثرها يتكون من خمسة أو ستة أجهزة وهي كالتالي :-
    1. جهاز تخطيط القلب الكهربائي (Electro Cardio Graph E.C.G.)
    2. جهاز قياس النبض والأوكسجين ($SPO_2$ Pulse Oximetry Measurement)
    3. جهاز قياس ضغط الدم الشرياني (NIBP Non-Invasive Blood Pressure)
    4. جهاز قياس الحرارة (Temperature Measurement)
    5. جهاز قياس عدد ضربات القلب (Heart Rate)
    6. جهـــــــاز مراقبـــــــة التنفـــــــس وثنـــــــائي أوكســـــــيد الكاربـــــــون (Respirationand End-Tial Carbon Dioxide).




**شكل 10 – 2 نماذج من أجهزة شاشة المريض**




**شكل 10-3 الواجهة الأمامية لجهاز شاشة المريض**

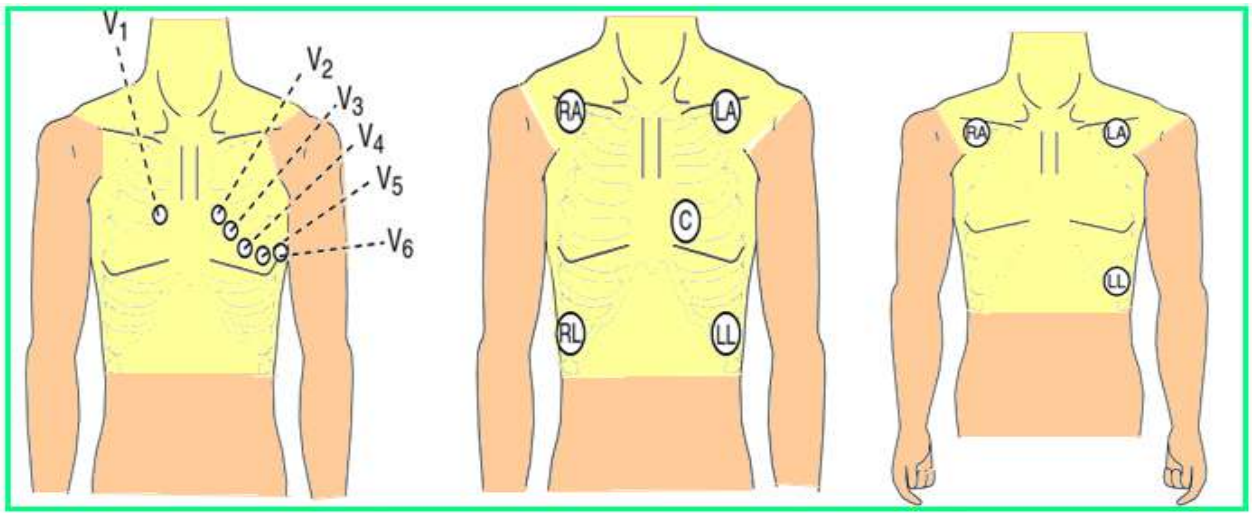
## 1. جهاز تخطيط القلب الكهربائي (Electro Cardio Gragh ECG)

كما مر ذكره في الفصل الثالث بالتفصيل أن هذا الجهاز يراقب الفعالية الكهربائية للقلب ونبض القلب ويتكون هذا الجهاز من أقطاب أو متحسسات وتكون هذه الأقطاب على أنواع حسب نوع الشركة المصنعة للجهاز فمنها ثلاثة أقطاب ومنها خمسة أقطاب ومنها ستة أقطاب ومنها أثنى عشر قطب وتكون هذه الأقطاب أو المتحسسات الجلدية حساسة جدا بحيث تتحسس للفعالية الكهربائية للقلب وهي مصنوعة من الفضة وكلوريد الفضة بحيث تكون مكون كهربائي ثابت وكلاهما يكون موضوع في حافظة تفصله عن الجلد ووسادة رغوية منقوعة بمادة موصلة (مرهم, زيت, جل) بعدما يتحسس القطب الأشارة تدخل الأشارة الى وحدة التضخيم وتكبير الأشارة بين (0.5-100HZ) ومنها تدخل الأشارة الى دائرة تصفية وترشيح للموجة المكبرة ودائما نستخدم (RF Filter) ويمكن تغير نوع الفلتر من ضبط الجهاز ومن ثم تخرج الأشارة الى اللوحة الأم والى معالج دقيق وأخيراً الى مساحةمخصصة من الشاشة على شكل رقم من ناحية اليمين وعلى شكل موجة من ناحية اليسار هنا يمكن تغير أو التحكم أولا بكمية الربح في الشاشة واللون الذي يعرض على الشاشة وحجم الموجة الناتجة والزمن التذبذب بين كل موجة. شكل (10 – 4) يوضح الموجة الخارجة من جهاز تخطيط القلب والتي تظهر على الشاشة.



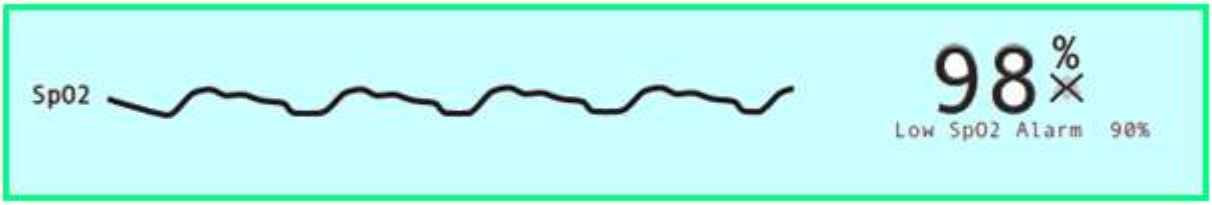

**شكل 10 – 4 الموجة الخارجة من جهاز تخطيط القلب والتي تظهر على الشاشة**

أما أماكن وضع الأقطاب فهي كما موضحة بالشكل (10 – 5)



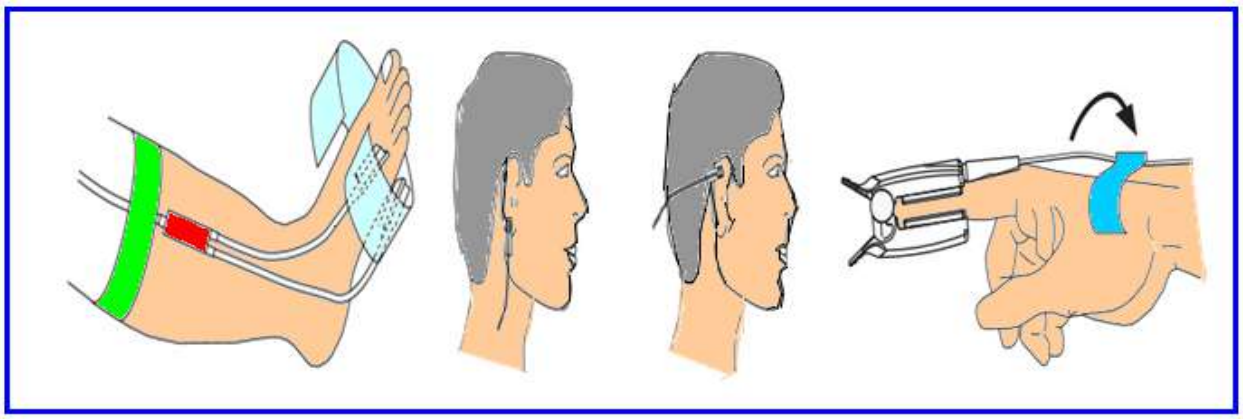

**شكل 10 – 5 أماكن وضع أقطاب جهاز تخطيط القلب الكهربائي على جسم الأنسان**

## 2. جهاز قياس النبض والأوكسجين ($SPO_2$ Pulse Oximetry Measurement)



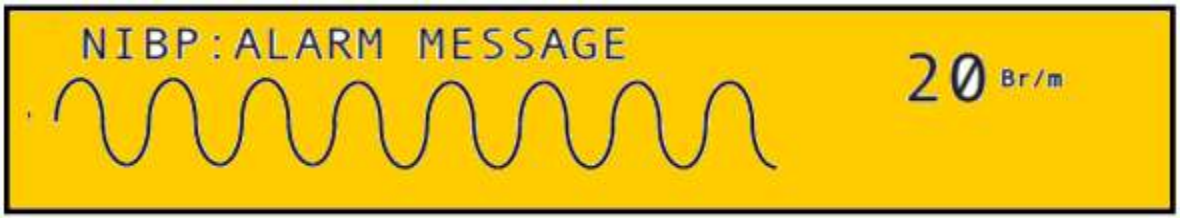

**شكل (10 – 6) الموجة الخارجة من جهاز مقياس النبض والاوكسجين والتي تظهر على الشاشة**

هذا الجهاز يقوم بقياس نسبة تشبع الأوكسجين بالدم الشرياني عند الشعيرات الدموية أن العرض المستمر لنسبة الأوكسجين يتحقق من خلال طريقة بسيطة ودقيقة وسريعة ويعتبر هذا الجهاز من أقوى أجهزة المراقبة في صالات العمليات وردهات الأفاقة ووحدات العناية المركزة ويتكون هذا الجهاز من مجس (Probe) يوضع على أصبع اليد أو أصابع القدم أو شحمة الأذن والأنف يحتوي المجس على دايود باعث للضوء (LED) يكون موقعه أسفل الأصبع ينتج حزم ضوئية ضمن الطول الموجي للأشعة الحمراء والأشعة تحت الحمراء (660nm – 940nm) ومن الجهة العلوية للأصبع يوجد متحسس ضوئي وبعد أعطاء الأيعاز يصدر ضوء من الدايود الباعث للضوء ويخترق الأصبع ويتحسس المتحسس كمية من الضوء تؤخذ هذه الكمية الى المقبس الموجود بالجهاز ومن بعدها تنقل الأشارة للجهاز وتتفرع الى فرعين القسم الأول تذهب الأشارة الى معالج دقيق ومن هذا المعالج الى اللوحة الأم ومنها الى الشاشة لكي يعرض (Display) نسبة الأوكسجين بالدم رقماً وعلى شكل موجة والقسم الثاني يذهب الى معالج أخر ومن المعالج الى اللوحة الأم ومنها الى الشاشة مع العلم يمكن التحكم بواسطة الجهاز بلون العرض (Display) على الشاشة وكمية الربح والمساحة للموجة ومستوى صوت التنبيه من حيث المستوى الأدنى للأوكسجين والحد الأدنى والحد الأعلى للنبض لكي نتحكم بالتنبيه لكل مريض. شكـــل (10 – 6) يوضح الموجة الخارجة من جهاز مقياس النبض والاوكسجين والتي تظهر على شـــاشة الجهـــاز. وفي الشكل (10 – 7) يبين طريقة ربط مجس جهاز مقياس النبض والأوكسجين.



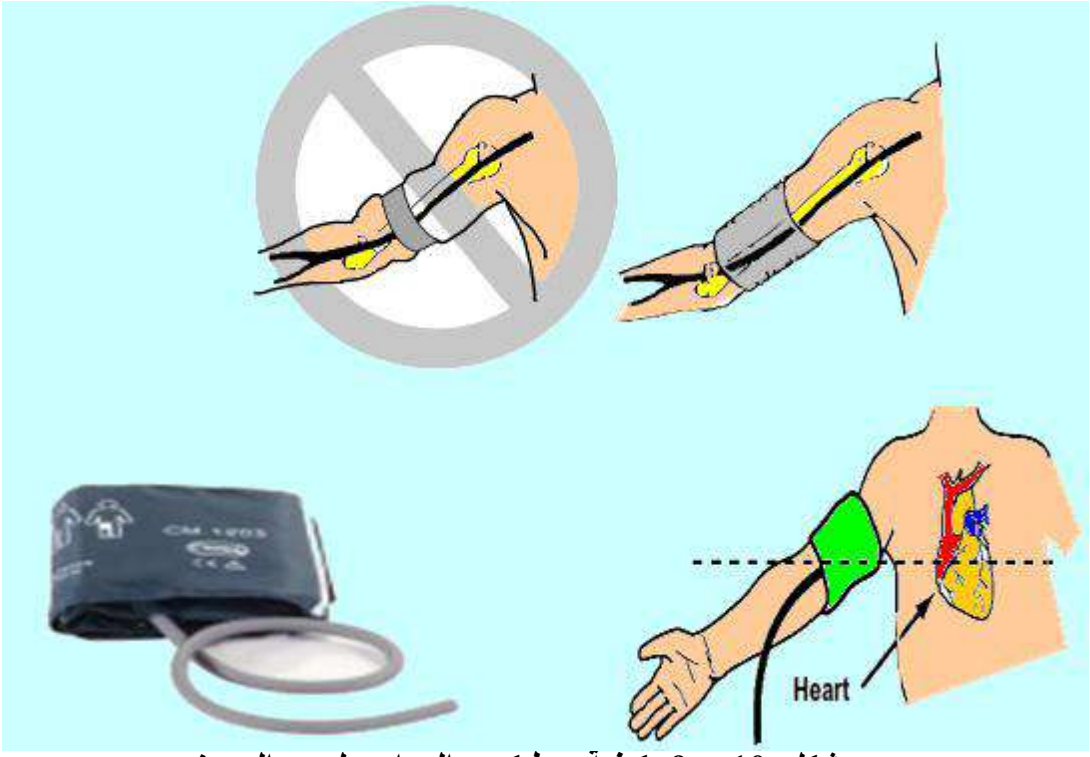
**شكل 10 - 7 أماكن وضع مجس جهاز مقياس النبض والأوكسجين على جسم الأنسان**

## 3. جهاز قياس ضغط الدم الشرياني (Non-Invasive Blood Pressure NIBP )




شكل 10 – 8 الموجة الخارجة والتي تظهر على الشاشة

هو عبارة عن جهاز يراقب ضغط الدم للمريض بحيث يعطي معلومات ضربة بضربة مع تأكيد الدقة ويتكون هذا الجهاز من كيس الهواء (Cuff) الذي يوضع على يد المريض وبعدها انابيب لحمل الهواء من الجهاز الى الكيس وبعدها مقبس الجهاز ومنه الى معالج دقيق موجود في اللوحة الأم ويعرض على الشاشة بمساحة العرض (Display) واللون العرض (Display) وكمية صوت التنبيه والضغط العالي والواطئ للشريان مع العلم بأن بعض أجهزة تفصل كل فترة زمنية الطبيب المعالج يحددها ويقوم الجهاز بعد الفترة حسب الضبط بتفريغ كيس الهواء وأعادة ملئه لكي يعيد الفحص كما تعلمنا طريقة فحص ضغط الدم في جهاز مقياس ضغط الدم الزئبقي (Sphygmomanometer) في المرحلة الأولى. وفي الشكل (10 – 9) يبين كيفية ربط كيس الهواء باليد.




**شكل 10 – 9 كيفية ربط كيس الهواء على يد المريض**

## 4. جهاز قياس الحرارة (Temperature Measurement)

هو مراقبة درجة حرارة المريض خلال العملية أوعند الرقود في الصالات العناية أو صالات مابعد العمليات وهو أمر معتاد وروتيني وتكون قياس الحرارة أما بالفهرنهايت (F) أو بالدرجة السيليزية (C). شكل ( 10 – 10) يوضح درجة الحرارة التي تظهر على الشاشة.




**شكل 10 – 10 درجة الحرارة التي تظهر على الشاشة**

ويتكون هذا الجهاز من متحسسات توضع على جسم الأنسان في مناطق محددة والتي يمكن معادلتها مع حرارة المركز وتكون هذه المتحسسات على أنواع أكثرها أستخداما:-

أ- المقاوم الحراري (Thermistor): ويتكون هذا المتحسس من عقدة صغيرة مصنوعة من مادة شبه موصلة ودائرة قنطرة ويتستون الكهربائية (Wheatstone Bridge) التي تستخدم لقياس مقاومة مجهولة وذلك بواسطة أربع مقاومات وكلفانوميتر.

ب- محرار الأشعة الطبلاني (Infrared Tympanic Thermometer): ويتكون من متحسس صغير مع غشاء شفاف ذي الأستعمال للمرة الواحدة يدخل هذا المتحسس الى قناة خارجية سمعية وأن هذا المتحسس يتكون أيضا من سلسلة من مزدوجات الحرارة (Thermocouple).

ت- مزدوجات الحرارة (Thermocouple): ويتكون من طبقتين معدنيتين غير متشابهتين بالحرارة النوعية ومرتبطة من كلا النهايتين وعادة تستخدم توصيلة (Copper- Constanten) (نحاس مع 40% نيكل).

### مواقع قياسات درجة حرارة الجسم في جسم الأنسان

توجد أماكن كثيرة في جسم الأنسان ولكن ليست كلها تعكس حرارة المركز أو الحرارة الحقيقية الداخلية للجسم ويمكن ان نذكر أكثر الأماكن أستخداما عند الشخص المريض :-

أ- درجة حرارة المريء هي أنعكاس دقيق لدرجة حرارة المركز مع وضع المتحسس في الجزء السفلي من المريء (عند مستوى الأذين الأيسر) حيث أن هذا المتحسس لايتأثر بدرجة حرارة القصبة الهوائية المبردة أثر مرور الغازات أو هواء التنفس في أثناء عملية التنفس (الشهيق – الزفير).

ب- درجة حرارة الغشاء الطبلاني تتصاحب بأحكام مع درجة حرارة الدماغ وأنها أنعكاس دقيق لدرجة حرارة المركز ويقارن مع درجة حرارة أسفل المريء.

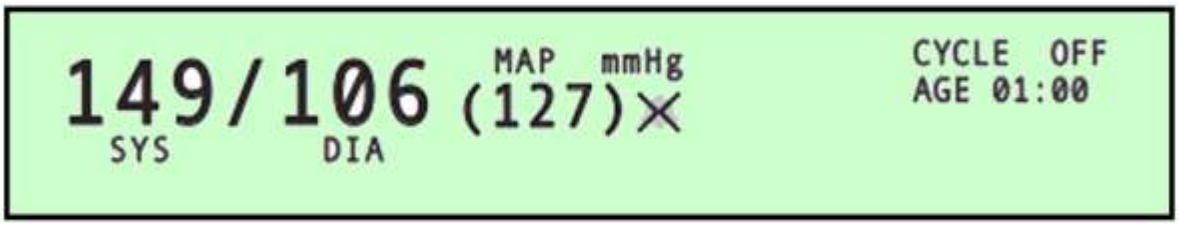
ت- درجة حرارة المثانة وهي أيضا مترابطة مع حرارة المركز.

ث- درجة حرارة الأبط وهو الموقع الأفضل لمراقبة درجة حرارة العضلات.

ج- درجة حرارة المستقيم وهي أقل بدرجة واحدة من درجة حرارة المركز.

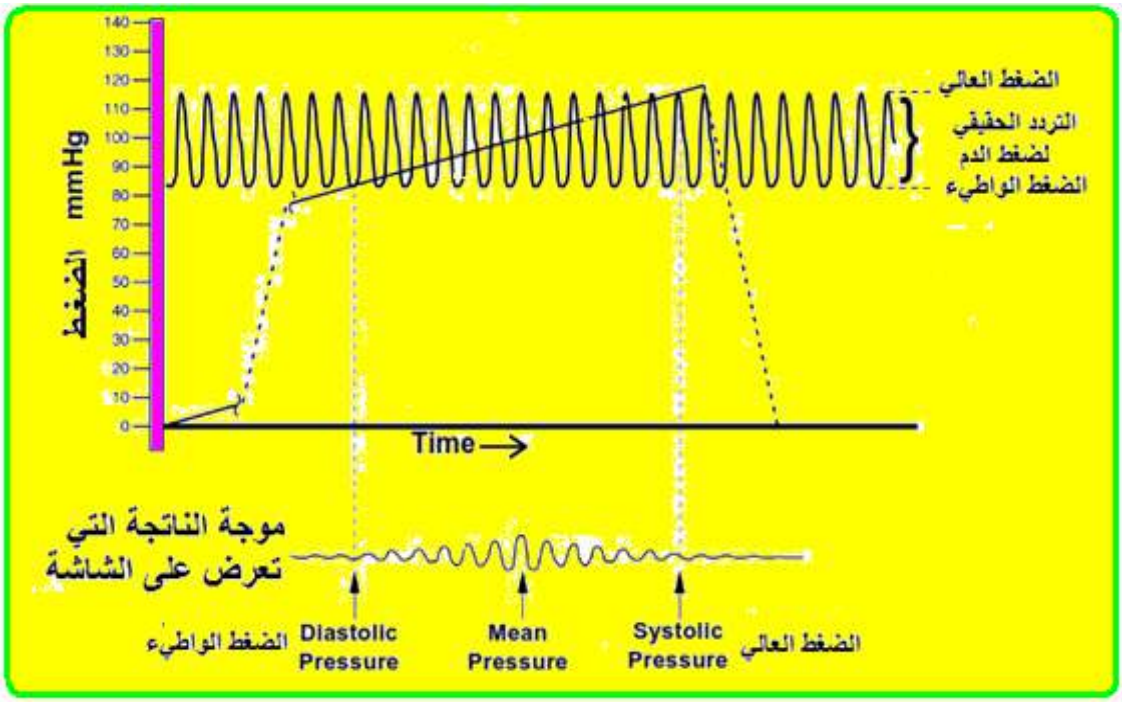
## 5. جهاز قياس عدد ضربات القلب (Heart Rate)

وهو جهاز يقوم بحساب درجة وقيمة الضغط العالي للدم (Systolic Pressure) والضغط الواطيء للدم (Diastolic Pressure) يتكون هذا الجهاز من كيس الهواء من أقطاب جهاز قياس ضغط الدم الشرياني (NIBP) أو من خلال أقطاب جهاز مقياس النبض والأوكسجين ($SPO_2$) يأخذ الأشارة من أي واحد من هذه الأقطاب وفلتر يتحسس الضربات ومنها الى اللوحة الأم ومنها الى الشاشة بمساحة نستطيع أن نتحكم بها مع خاصية تغير لون العرض (Display) ومقدار صوت الضربات ومقدار صوت التنبيه مع أمكانية تحديد الحد الأدنى والحد الأعلى للضغط العالي وكذلك الحد الأدنى والحد الأعلى للضغط الواطيء. شكل (10 –11 ) يوضح عدد ضربات القلب الخارجة والتي تظهر على الشاشة.




**شكل 10 –11 عدد ضربات القلب الخارجة والتي تظهر على الشاشة**

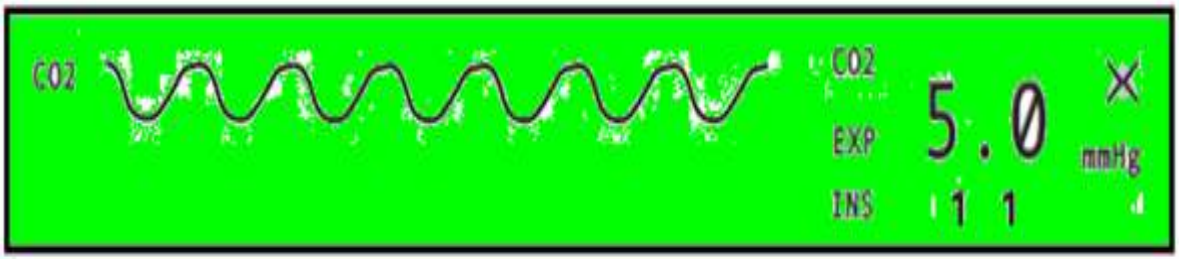
والشكل (10 – 12) يبين الكمية المقاسة بواسطة هذا الجهاز.




**شكل 10 - 12 الضغط العالي والواطيء لجهاز مقياس الضغط ومعدل ضربات القلب**

### 6. جهازمراقبة التنفس وثاني اوكسيدالكاربون Respiration &End-Tial Carbo Dioxide

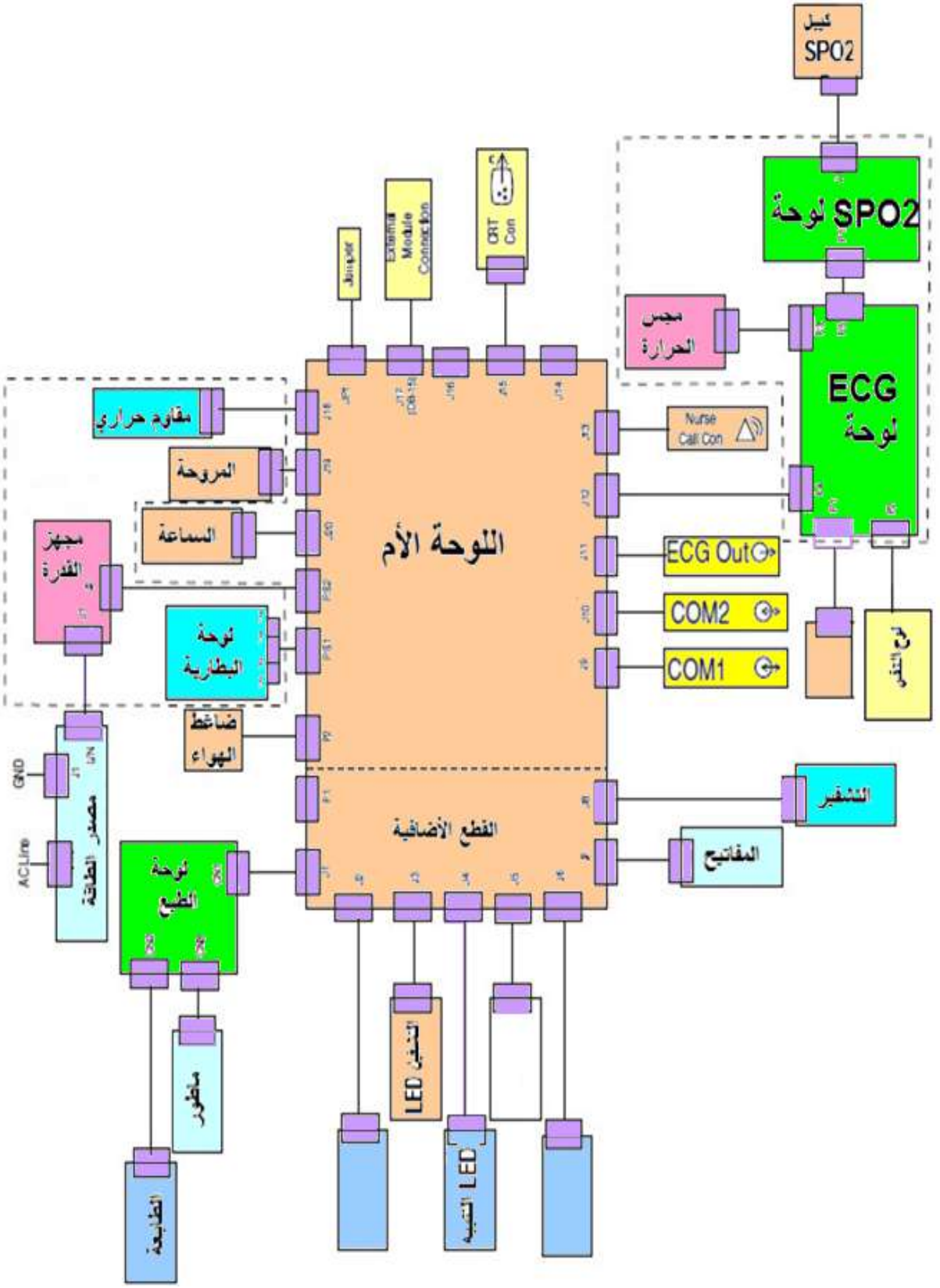
هذا الجهاز يأتي أما مدمج ويقيس نسبة ثاني أوكسـيد الكاربون في الرئة من الشرايين بحيث يمكن حسابه بشكل مستمر في الدورة التنفسية و بواسطة أقطاب جهاز تخطيط القلب (ECG) كما في جهاز الأمريكي الصنع (CSI nGenuity) أو بشكـــل متحسس خـــاص يربط مع أنبوبـــــــــــة التنفس كمـــــا في جهـــــــاز (Philips IntelliVue MP40/MP50) يتم ذلك بوضع حجرة خاصة أما من نظام التنفس للمريض ويتحسس المتحسس الضوئي مع العلم أن المصدر الضوئي ضمن الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء وبعد مروره بحجرتين أحدى الحجرتين تعمل كمرجع بينما الأخرى تستخدم كحجرة النموذج علما أن هذا التطبيق أو هذا الجهاز يستخدم بكثرة في أجهزة المراقبة الموجود في أجهزة أنعاش التنفس وموجود في شاشة المريض نوع (Patient Monitor Philips IntelliVueMP40/Mp50) وانه غير موجود في (Patient Monitor nGenuity 8100) وألشكل (10 –13) يوضح الموجة الخارجة والتي تظهر على الشاشة.




**شكل 10 –13 الموجة الخارجة والتي تظهر على الشاشة**

## 9 –3 المخطط الكتلوي لجهاز شاشة مراقبة المريض

تختلف أجهزة شاشة مراقبة المريض من جهاز الى أخر حسب موديله والشركة المصنعة له والأجهزة المرفقة الداخلية ولكن بشكل عام كل أجهزة شاشة مراقبة المريض تعتمد في عملها على وجود لوحة رئيسية تدعى اللوحة الأم وعلى لوحات جانبية أما اللوحة الأم هي المسؤولة عن سرعة عرض المعلومات القادمة من اللوحات الجانبية وسرعة معالجة البيانات كذلك و يوجد في هذه اللوحة ذاكرة حفظ مؤقتة لحفظ معلومات المريض والوقت والتاريخ وكما هو موجود في كل الأجهزة الألكترونية الباقية توجد بطارية صغيرة لحفظ الوقت والتاريخ والمعلومات عند أطفاء الجهاز وتشغيله وأما اللوحات الجانبية أو المرفقة فهي وظيفتها معالجة وتضخيم بعض الأشارات القادمة من مقابس مرتبطة بكيبل المريض ومنها الى جسم الأنسان والشكل (10 - 14) يوضح مخطط كتلي لجهاز شاشة مراقبة مريض يدعم كل من الأجهزة (جهاز تخطيط القلب ECG, جهاز قياس النبض والأوكسجين $SPO_2$, جهاز قياس ضغط الدم الشرياني NIBP, جهاز مقياس الحرارة Temp, جهاز قياس عدد ضربات القلب (Heart Rate), جهاز مراقبة التنفس وثنائي أوكسيد الكاربون ($Co_2$).




**شكل 10 –14 المخطط الكتلوي لجهاز شاشة مراقبة المريض**

## 10 – 4 بعض أنواع الأقطاب المستخدمة في أجهزة شاشة مراقبة المريض

شكل (10 –15) يوضح بعض أنواع من أقطاب المستخدمة في غرفة العناية المركزية.



**شكل 10 –15 أنواع من أقطاب المستخدم في أجهزة المراقبة**

# أسئلة الفصل العاشر

س1/ مالفرق بين جهاز شاشة المريض المستخدم في غرف صالة إنعاش القلب وغرف إنعاش التنفس؟

س2/ مالفرق بين جهاز تخطيط القلب الخارجي وبين الجهاز الموجود في شاشة المريض؟

س3/ أشرح كيف يتم رسم تخطيط فعالية القلب بواسطة جهاز شاشة المريض.

س4/ مافائدة جهاز قياس الضغط الشرياني في شاشة المريض؟

س5/ مافائدة جهاز قياس الحرارة في شاشة المريض وما هي أماكن قياس الحرارة في جسم الإنسان وما الاختلاف في درجات هذه الأماكن؟

س6/ مافائدة جهاز قياس عدد ضربات القلب في جهاز شاشة المريض؟

س7/ مافائدة جهاز مراقبة التنفس ونسبة ثاني اوكسيد الكاربون ؟

س8/ لماذا تنوعت الأقطاب في جهاز شاشة المريض؟

# الفصل الحادي عشر

## الليزر وتطبيقاته الطبية

الهدف العام : تعرف الطالب على أنواع الليزر المستخدم في الطب ومناقشة أبرز أنواعه أستخداماً وهو جهاز الليزر ثاني أوكسيد الكاربون الجراحي ومبدأ عمله وأجزاؤه

الأهداف الخاصة : بعد أن ينهي الطالب هذا الفصل سيكون قادرا على أن يتعرف على :-

1. أنواع أجهزة الليزر ذات الاستخدامات الطبية
2. طرق العلاج بالليزر
3. طرق توليد الليزر
4. طرق تبريد الليزر
5. طرق الحماية من أشعة الليزر
6. مكونات جهاز الليزر الجراحي

**المحتويات**


**11 - 1 تمهيد.**

**11 - 2 أنواع الليزر.**

**11 - 3 تصنيفات الليزر.**

**11 - 4 مكونات أجهزة الليزر.**

**11 - 5 تأثير أشعة الليزر في الانسجة.**

**11 - 6 مزايا أستخدام الليزر في الجراحة**

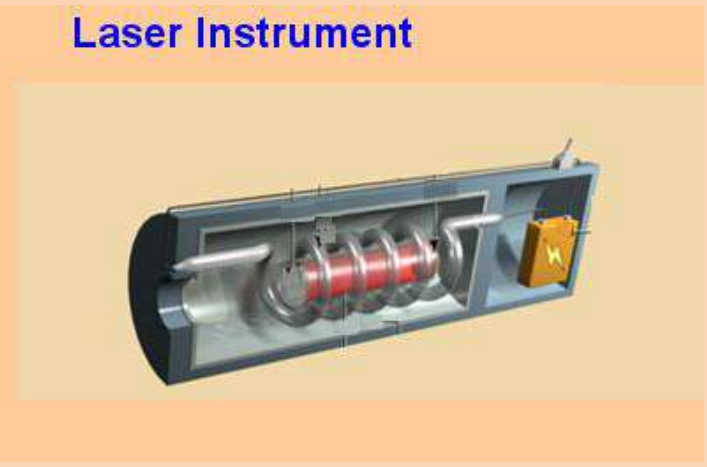
**11 - 7 أجهزة العلاج بالليزر**

**11 - 8 مميزات جهاز الجراحة الكهربائية**

**11 - 9 المكونات الرئيسة لجهاز الليزر الجراحي**

**الأسئلة**



# الفصل الحادي عشر

# الليزر وتطبيقاته الطبية

## 11 – 1 تمهيد

لقد درسنا في العام السابق ماهو معنى كلمة ليزر (Laser) وما هي خواصه وماهـــــو أســـــاس عمله وقد قلنا أن كلمــة ليـــــزر هـــي أختصـار للعبارة (Light Amplification by stimulated Emission of Radiation) والتي تعنـــــــي (تضخيم الضوء بوساطة الآنبعاث المحفز للإشعاع) وأن خواصه هو الأتجاهية والتماسك وأتحادية اللون وأن أساس عمله هو الأمتصاص والأنبعاث وتعتمد أجهزة الليزر على المحفز وأنتقال الفوتونات بين مستويات الطاقة وأن العامل المهم في أنتاج الليزر هو المرايا المثبتة على جانبي مادة أنتاج الليزر. وتساعد المرايا على عكس بعض الفوتونات الى داخل مادة الليزر عدة مرات لتعمل هذه الفوتونات على أستحثاث ألكترونات مثارة أخرى لتطلق مزيدا من الفوتونات بنفس الطول الموجي ونفس الطور وهذه هي عملية التكبير للضوء (Light Amp.) وتصمم أحدى هاتين المرآتين لتكون عاكسيتها أقـل من 100% (كما في الشكل 11 – 1) لتسمح لبعض الفوتونات من الخروج عبرها وهو شعاع الليزر الذي نحصل عليه.

## 11 – 2 أنواع الليزر

تصنف أجهزة الليزر وفقا لنوع مادة الوسط الفعال المستخدمة لإنتاجه وهي (الصلبة، السائلة، الغازية) ويعد نوع المادة الأساس الأكثر أستخداما للتمييز بين الأنواع المختلفة ويسمى الليزر من خلال نوع المادة المستخدمة فمثلا ليزر الهيليوم–نيون (He–Ne) يعني أن المادة المستخدمة هي خليط من الهيليوم والنيون، وليزر الياقوت يعني أن المادة المنتجة لليزر هي الياقوت وهكذا لباقي الأنواع الأخرى.

### 11 – 2 -1 أهم أنواع الليزرات المختلفة

1. ليزر الحالة الصلبة (Solid – State Laser):- هو الليزر الذي ينتج بواسطة مادة أو خليط من مواد صلبة مثل الياقوت (Ruby) أو خليط يدعى أختصارا بالياج (YAG) ويكون طوله الموجي من ضمن منطقة الأشعة تحت الحمراء ويبلغ (694)nm وهذا الخليط مصنوع من ثلاث مواد هي الألمنيوم واليترميوم والنيوديميوم (Neodymium Yttrium Aluminum) ويمكن استخدامه لإزالة الوشم( Tattoos) والعلاج الشبكية العينية.
2. ليزر الحالة الغازية (Gas Laser):- وهو يعتمد على المادة الغازية مثل الهليوم والنيون (He-Ne) وغاز ثاني أوكسيد الكاربون وتكون أطوالها الموجية في مدى الأشعة تحت الحمراء وهنا الطول الموجي لغاز الهيليوم – نيون على نوعين الأول الطول الموجي للون الأخضر هو (543)nm والأخر الطول الموجي الأحمر وهو (633)nm هذا النوع يستخدم في المعالجة العظمية وفي أمراض الأغشية وإصابات المفاصل.
3. ليزر الأكسيمير (Excimer Laser):- وتطلق على أنواع الليزر التي تستخدم غازي الكلور أو الفلور أو الغازات الخاملة مثل الكربتون أو الأرجون وتنتج هذه الغازات أشعة ليزر ذات أطوال موجية في مدى الأشعة فوق البنفسجية ويكون طول الموجي هنا على نوعين الأول الطول الموجي الأزرق (488)nm والثاني الأخضر (514)nm هذا النوع من الليزر يستخدم في العينية والجلدية لمعالجة الأورام الوعائية الدموية.

4. ليزر الأصباغ (Dye Laser):- وهي عبارة عن مواد عضوية معقدة مثل الرودامين (Rhodamine 6G) مذابة في محلول كحولي وتنتج ليزر يمكن التحكم بالطول الموجي الصادر عنه ويكون قيمته (570-650)nm هذا النوع يستخدم في العمليات التجميلية مثل إزالة الشعر بالليزر( إذ يتطلب تعديل الطول الموجي لشعاع الليزر كي يتوافق مع طبيعة وكثافة الشعروالجلد)
5. ليزر أشباه الموصلات (Semiconductors Laser):- ويطلق عليه بليزر الثنائي (الدايود Diode) ويعتمد على المواد شبه الموصلة ويمتاز بحجم ليزر صغير ويستهلك طاقة قليلة ولذلك يستخدم في الأجهزة الدقيقة والطابعات الليزريةويكون من ضمن الأطوال الموجية المرئية ولا يستخدم للأغراض الطبية.
6. ليزر بخار النحاس (Copper Vapor Laser):- عدة ليزرات معدنية متوفرة حالياً والتي تعتمد على نوع الوسط المعدني الذي يسخن فوق نقطة الغليان حتى حالة الغازية ويصدر نوعان من الأشعة المختلفة مع طولي موجات مختلفة ويعالج هذا النوع من الليزر الشامات والأورام الجلدية السليمة ويكون الطول الموجي (578)nm ويستخدم لمعالجة الآفات الوعائية مثل توسع الشعيرات الدموية.

## 11 –3 تصنيفات الليزر

يصنف الليزر حسب خطورته على الخلايا الحية وهي كالتالي :

1. التصنيف الأول Class 1A: هذا يعني أن شعاع الليزر ذو طاقة منخفضة ولا يشكل درجة من الخطورة.
2. التصنيف الأول Class 1B: هذا التصنيف يشير إلى أن الليزر يضر العين إذا نظرنا في اتجاه الشعاع ويستخدم في السوبرماركت كماسح ضوئي وتبلغ طاقة الليزر الذي يندرج تحت هذا التصنيف(4mw).
3. التصنيف الثاني Class 2: هذا يشير إلى ليزر ضوءه مرئي وطاقته لا تتعدى 1mW.
4. التصنيف الثالث Class 3A: طاقة هذا الليزر متوسطة وتبلغ (1-5mW) وخطورته على العين إذا دخل الشعاع المباشر في العين ومعظم الأقلام المؤشرة تقع في هذا التصنيف.
5. التصنيف الثالث Class 3B: طاقة هذا الليزر أكثر من المتوسط.
6. التصنيف الرابع Class 4 :وهي انواع الليزر ذات الطاقة العالية وتصل إلى (500mW) للشعاع المتصل بينما لليزر النبضات فتقدر طاقته بـ ( 10 $j/cm^2$) ويشكل خطورة على العين وعلى الجلد واستخدام هذا الليزر يتطلب العديد من التجهيزات وإجراءات الوقاية.

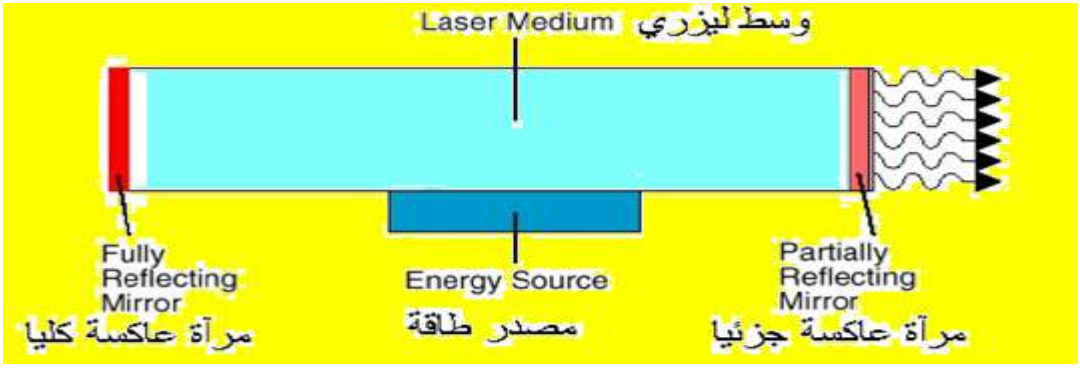
## 11- 4 مكونات أجهزة الليزر

يتكون جهاز الليزر من الوحدات الأساسية التالية:-

1. مصدر الطاقة: هو الذي يضخ الطاقة للمادة النشطة (أو يحفز المادة النشطة) في جهاز الليزر وأن مصادر الطاقة الذي يبعثها مرتبطة بنوع الليزروهناك ثلاثة طرق لضخ تلك الطاقة :-

أ. الضخ الكهربائي: وذلك بتحفيز المادة المنشطة بالتيار الكهربائي.
ب. الضخ الضوئي: وذلك بتحفيز المادة النشطة بكمية من الضوء.
ت. الضخ الكيميائي: وذلك بتحفيز المادة النشطة بتفاعل كيمياوي.

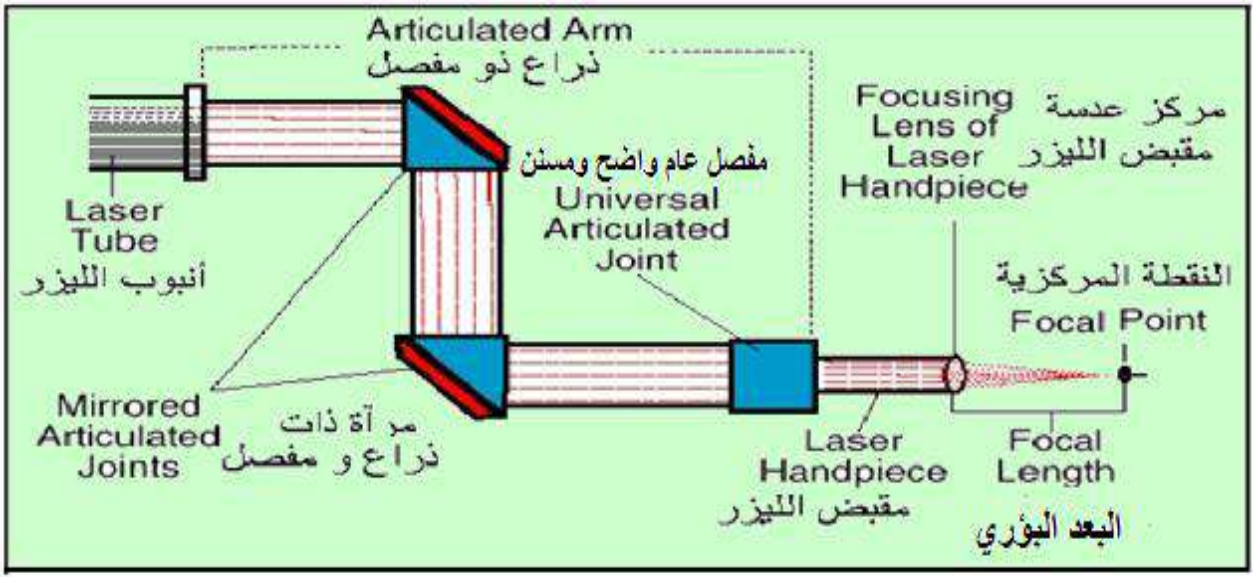
2. المرنان (Resonator): يتكون المرنان من مرآتين مستويتين توضع المادة الفعالة بينهما وتصمم المرأتان بحيث يكون متوازيين ففي حالة الموجة الكهرومغناطيسية المستوية والمتنقلة بأتجاه المحور العمودي على مستوى المرآتين نرى أن الأشعاع سيرتد ذهاباً وأياباً بين هاتين المرآتين عبر المادة الفعالة وكما موضح بالشكل (11 – 1).




شكل 11 – 1 المرنان الليزري

3- مرشد ضوء الليزر: أغلب أجهزة الليزر ضوؤها غير مرئي ولذلك يستخدم ضوء خفيف وذو تأثير ضعيف أيضا والهدف من هذا الضوءالأرشاد الى موضع سقوط أشعة الليزر عند المعالجة ويكون موقعه داخل أنبوب مرايا الانعكاس.

4-مرايا ألانعكاس : وهي مرايا خارجية موجودة داخل أنابيب وظيفة هذه الأنابيب هي للتحكم بضوء الليزر لكي يحركها الطبيب المعالج بكل الاتجاهات يمين ويسار وأعلى وأسفل.

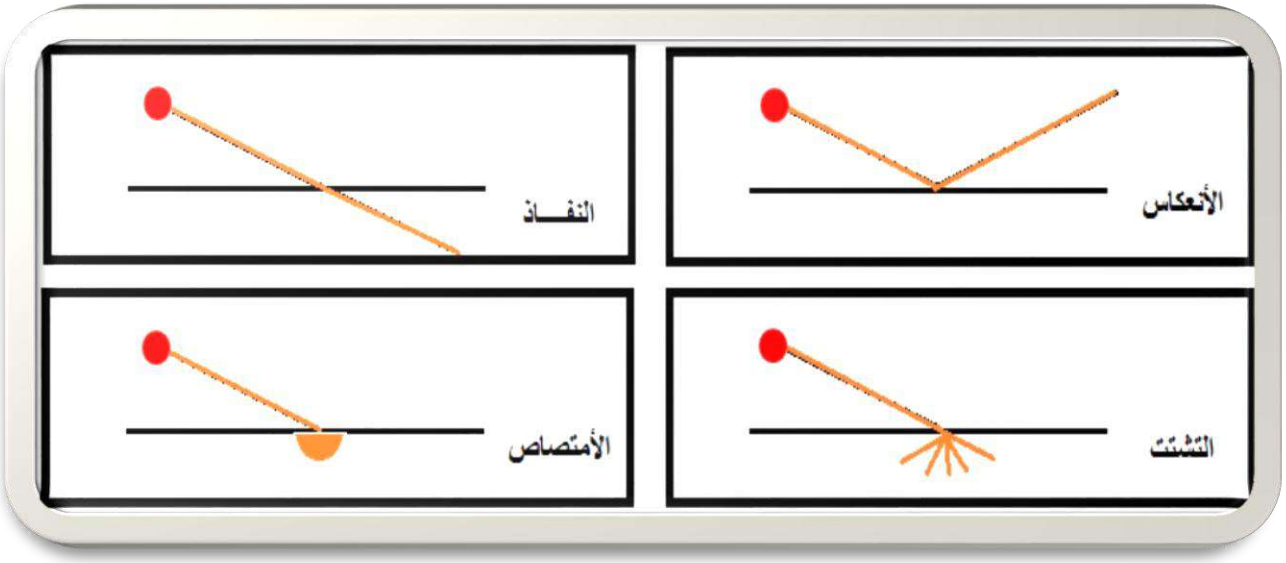



**شكل 11–2 مرشد ضوء الليزر ومرايا الانعكاس**

## 11 – 5 تأثيرأشعة الليزر في الأنسجة

يختلف التأثير البايولوجي للانواع المختلفة من الاشعة في الأنسجة المختلفة وبذلك يكون هناك أستخدام معين لكل نوع من أنواع الليزرات. وتستخدم الأنواع السابقة بصورة متكاملة ومتضامنة في العلاج ويعتمد التأثير العلاجي الأنواع في انتشار الحرارة الناتجة من الأشعة خلال الأنسجة ويمكن دراسة طبيعة هذا التأثير أستنادا على العوامل التالية:

1. الأنعكاس
2. النفاذ
3. التشتت
4. الامتصاص




**شكل 11–3 عوامل تأثير أشعة الليزر**

ولكي تكون الاشعة ذات تأثير في نسيج ما يجب أن يمتص من قبله أما أذا نفذت أو انعكست فلا تأثير لها فيه. وفي حالة تشتت الأشعة فهذا يعني أمتصاصها من مساحة أكبر من النسيج. ومن الضروري أن يكون الشخص المستخدم لليزر في العلاج على أطلاع على صفات الأشعة الأربعة حسب الشكل (11– 3) وتأثيرها في الأنسجة ليختار الليزر المناسب للحالة التي لديه. ولقطع الأنسجة يستخدم ليزر ثاني أوكسيد الكربون وذلك بتبخيرها ويتم تفسير آلية التبخر على أساس الأنتقال السريع للحرارة من الشعاع الى الخلايا أذ يسخن ماء الخلية الى حد درجة الغليان وهذا يؤدي الى تلف بروتين الخلية ومن ثم تلف الخلية ذاتها نتيجة للأرتفاع المفاجى لدرجة حرارة الخلية والضغط الداخلي لها وتنتشر الشظايا على شكل بخار, وتبقى في مسار الشعاع معطية وميضاً الى أن تتكربن وتسود (يتكون عليها الكاربون), ويستخدم التأثير الحراري في الأنسجة المختلفة فتتبخر العظام والغضاريف بطريقة مختلفة عن طريقة تبخر الانسجة الطرية وذلك لقلة وجود الماء فيها. فللعظام القابلية على التوصيل الحراري الى الأنسجة المختلفة المجاورة لها وبذلك تستخدم نبضات سريعة من الأشعة وهذه تبدو وكأنها شعاع مستمر ولكنها في الواقع ليست الأ سلسلة من النبضات السريعة والمتواصلة تصل الى حد عدة الاف من النبضات في الثانية وبقدرة تصل الى حد W (500) للقيمة العظمى للنبضة وهذا يؤدي الى قطع العظم أو الغضروف دون تسخينه كليا وبذلك يقلل من درجة حرارة العظم عند القطع فلا تصل الى حد درجة حرارة الاتقاد فيلتهب. ويمكن السيطرة على كمية الطاقة في كل نبضة وعدد النبضات وزمن النبضة الواحدة باستخدام الأجهزة المسيطرة المرفقة مع جهاز الليزر.

## 11 – 6 مزايا استخدام الليزر في الجراحة

تمتاز الجراحة بأستخدام أشعة الليزر في المزايا الأتية:

1. أستخدام تقنية عدم اللمس.
2. الحصول على وسط جراحي جاف (بدون نزيف).
3. الأقلال من فقدان الدم.
4. عدم حصول تورم لمنطقة الجرح.
5. عدم حصول تليف أو تضيق.
6. عدم وجود أي تداخل بين المريض وأجهزة المراقبة.
7. القضاء على الخلايا السرطانية المتبقية ومن ثم الحيلولة دون أزدياد السرطان وانتشاره.
8. الدقة في الجراحة.
9. عدم الحاجة الى أستخدام أدوات الجراحة الأعتيادية.
10. الأقلال من ألم ما بعد الجراحة.
11. التعقيم الموقعي لمنطقة الجرح.
12. ليس هناك أحتمالات الأصابة بالأذى الوراثي أو السرطان، على النقيض من أستعمال الأشعة المؤينة كالأشعة السينية.

## 11 – 7 أجهزة العلاج بالليزر

ان لاجهزة الليزر انواع كثيرة واشكال متعددة من الصعب جدا شرحها بشكل متكامل لذا سنقوم في هذا الفصل بشرح متكامل لاجهزة الجراحة الليزرية والتعرف عليها بالتفصيل التي تستخدم غاز ثاني اكسيد الكربون الفعال والذي يولد طاقة عالية ولكن اذا أمعنا النظر فسنجد بان اجهزة العلاج الليزري على الرغم من اختلاف انواعها الا انها تشترك في معظم الاجزاء وسنقوم في هذا الفصل بسردها والتعرف عليها بالتفصيل.

## 11 – 8 مميـــــــــــزات جهـــــــــــاز الليـــــــــــزر (CO2) الجراحـــــــــــي الكهربائي(CO2SURGICALLASER)

تمتاز هذه النوعية من الأجهزة الجراحية باستخدامها غاز ثاني اكسيد الكربون (ليزر غازي) لكفاءته العالية المنتجة التي نبحث عنها للافادة منها في عملية القطع والتخثير والشكل (11 – 4) يمثل جهاز ليزر جراحي. ويمتلك هذا النوع من الليزرات طول موجي بقيمة 10.6µm وقدرته على اخراج طاقة قد تصل الى 50W والقادرة على اذابة الجلد وغيرها من الاعضاء الحية كما يمتلك هذا النوع ايضا ثلاثة انظمةلانبعاث الطاقة المستفاد منها (أو طرق تسليط الليزر) وهي :

**1- نظام الطاقة المستمر Continuous Mode**

والذي يستخدم في العمليات الكبرى التي تشمل قطع عميق سواء كان داخلي ام خارجي كقطع الرحم او استئصال ورم سرطاني وغيرها من العمليات ويكون هذا النظام ثابت القيم ومعاير داخليا وما على الطبيب الا اختيار قيمة الطاقة و القطع المباشر.

**2- نظام الطاقة المتقطع (Pulse Mode)**

والذي يكون فيه العلاج على شكل نبضات ليزرية متقطعة و بنظام زمني يحدد من قبل المستخدم بين نبضة واخرى واكثر خدماته في العمليات الصغرى كالانف والاذن والحنجرة والاورام الخارجية لحساسية هذه المناطق وأهمية العمل بها بحذر لعدم أحداث تأثيرات جانبية في المناطق المجاورة.

**3- نظام الطاقة الذاتي Auto Repeat Mode**

وقد صمم هذا النظام للحالات الخاصة بين العمليات سابقة الذكر بحيث يرسل نبضات ليزرية بالشكل مستمرة ولكن بطريقة متقطعة ولفترة وعدد محددين ويعطيان عدد نبضات ما بين (1-30) نبضة تختلف بأختلاف الشركة المصنعة. ويستخدم هذا الجهاز للسيطرة على موقع الهدف Aim position ليزر من نوع أخر يكون وظيفته تحديد مكان الليزر المعالج لأن ليزر غاز ثاني أوكسيد الكاربون هو ليزر غير مرئي وأن أبرز الليزر المصاحب هو ليزر الكربون والذي يكون ذا قدرة واطئة جدا وهو ليزر الهليوم نيون( Ne-He ) وبقدرة لا تتجاوز 5w وبطول موجي 632.8nm. ويمكننا الاستفادة من هذا الجهاز بعمليات جراحية كثيرة أهمها :

1. الجراحة العامة GENERAAC SUM.
2. جراحة التجميل PLASTIC SUM.
3. الجراحة النسائية GUNAECOLOGY
4. جراحة الأنف والأذن والحنجرة ENT.

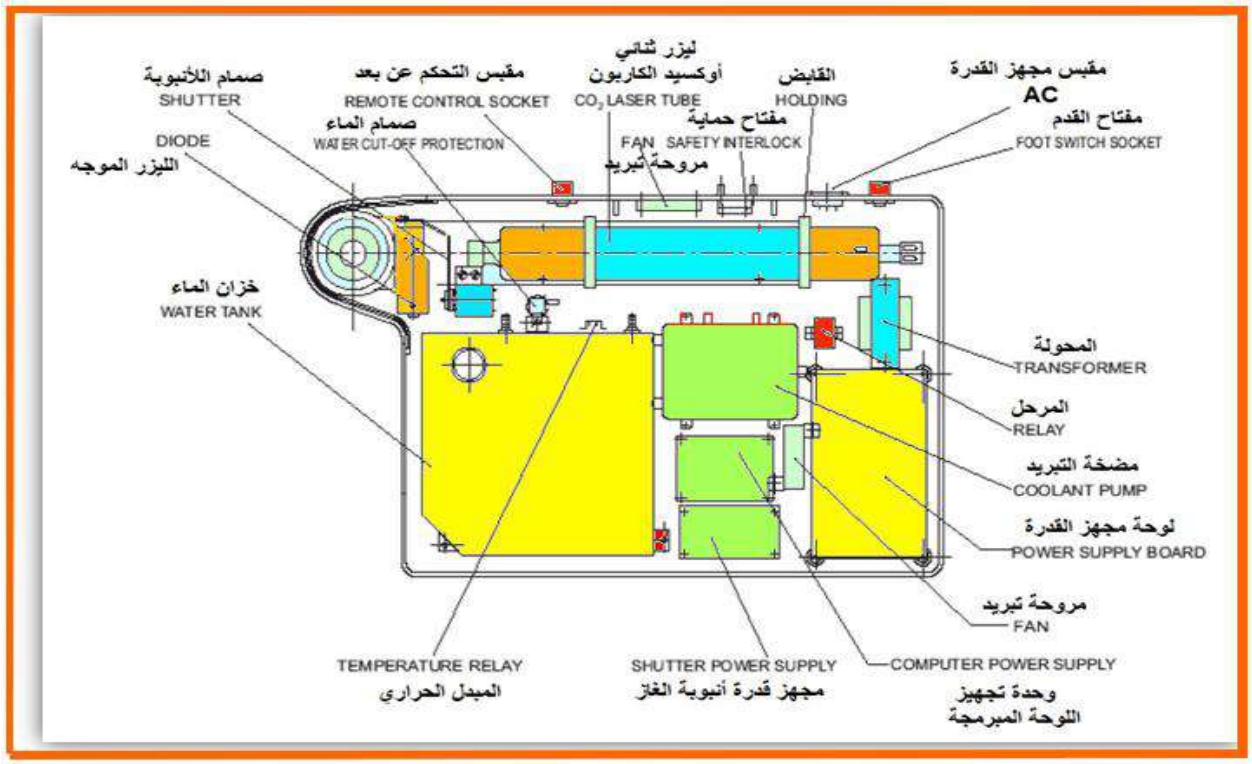


**الشكل 11 – 4 جهاز ليزر جراحي**

## 11 – 9 المكونات الرئيسة لجهاز الليزر الجراحي

على الرغم من أختلاف الأنواع والخصائص المميزة لأجهزة الليزر الجراحية المختلفة الا أننا سنسرد المكونات التي يجب توفرها في أي جهاز ليزر جراحي طبي بعيداً عن الاضافات والمميزات التي تتنافس فيها الشركات المصنعة وكما موضح بالشكل (11 –5) واهم هذه الأجزاء مايلي:-

1- مصدر الليزر Laser Source.
2- ذراع العلاج Treatment Arm.
3- دائرة التبريد Cooling Unit.
4- الليزر الموجه Aiming Laser.
5- مصدر الفولتية العالية H.V. Source
6- صندوق الخدمة Service Box.




**شكل 11–5 مكونات جهاز ليزر ثاني أوكسيد الكاربون الجراحي**

### أولا : مصدر الليزر Laser Sources

أن المصدر الشائع الأستخدام في أجهزة الجراحة الليزرية هو ليزر ثاني أوكسيد الكاربون (Laser $co_2$) حيث يمتص ماء الخلية ويجففها على طول موجي (10.6)µm (يقع ضمن الاشعة تحت الحمراء دون الاعتماد على نوع النسيج كما في ليزر الارجون) ومن ميزاته المهمة انه لا يتشتت داخل الأنسجة كما هو الحال ليزر النيوديوم- ياك مما يؤدي الى أعطاء مساحة تحطيم أنسجة "Tissue Damage" قليلة وضمن المدى المحدد. وأستخدامه يتطلب دقة متناهية في العمل كونه يستخدم في عمليات القطع والتخثير والتبخير, كما هو موجود في الشكل (11 –5).

**ثانيا : ذراع العلاج Treatment Arm**

لايمكن تحريك الليزر وتوجيه شعاعه مباشرة الى المنطقة المطلوبة للبرمجة ولتأثير الحركة فيه لذلك تستخدم المناظير المرنة والأذرع المتمفصلة لنقل الشعاع من الليزر الى المكان المطلوب.
ويستخدم الذراع سابق الذكر لنقل الأشعة المتولدة من ليزر ثاني أوكسيد الكاربون الى المنطقة المعالجة وهذه الاداة مكونة من عدد من الاذرع المجوفة المتمفصلة مع بعضها بحيث يستطيع أي جزء منها الحركة وبجميع الاتجاهات وبحرية كاملة وفي داخل هذه المفاصل يوجد مواشير(جمع موشور) أو عدسات عاكسة تعكس الأشعة بالأتجاه المطلوب ونلاحظ بأن أتجاهات المرايا في هذه المفاصل ثابتة جدا فأي أختلاف في مواقعها قد يؤدي الى خروج الشعاع عن الاتجاه المطلوب، لذلك يتوجب العناية بها كما ويمكن ربط نهاية الذراع الاخيرة بالعديد من الالات التي يمكن الاستفادة منها بالجراحة، ومنها مثلا المايكروسكوب الدقيق والمكون من عدد من العدسات المتغيرة البعد البؤري التي تركز الشعاع على مرأة صغيرة يمكن تحريكها بواسطة عصا التحكم( Joystick) لتوجيه الشعاع المطلوب الى المنطقة المعالجة كما ويمكن أيضا أستخدام الناظور المرن لنقل الشعاع الليزري داخل القصبة الهوائية ومن ثم الرئة أو المعدة.

**ثالثا :دائرة التبريد Cooling Unit**

أن معظم الاجهزة التي تستخدم للجراحة الكهربائية تنتج حرارة عالية للوصول الى الهدف المرجو منها الا وهو القطع أو التخثير أو التبخير وعليه فأن هذه الحرارة المتولدة سوف تؤدي الى تلف القطع أو عمل بعض التأثيرات الجانبية المضرة سواء كانت بالجهاز أم في المريض وعليه فقد وجب تصميم منظومة تبريد مع كل جهاز مع أختلاف مادة أو غاز التبريد المستخدم والمناسب مع كمية الطاقة الخارجية, كما هو موجود في الشكل (11 –5) وبالنسبة لهذا الجهاز يكون نظام التبريد داخل الجهاز وتوجد أجهزة نظام التبريد فيها خارجي حسب كمية الطاقة والحرارة الخارجة من الجهاز وحسب تصميم الجهاز المجهز من قبل الشركة المصنعة.
مكونات منظومة التبريد :

أ. خزان حفظ الماء Water Tank.
ب. مضخة شافطة Suction Pump.
ت. المبادل الحراري Heat Exchanger.
ث. مروحة كهربائية Electrical Fan.

**رابعا: الليزر الموجه ( الأستهداف )Aiming Laser**

ان اشعة ليزر الارجون أشعة ضوئية مرئية يمكن رؤيتها بالعين ، بذلك يمكن توجيهها والسيطرة عليها أما أشعة ثاني أوكسيد الكاربون وليزر الياك فانها أشعة غير مرئية تقع ضمن مدى الأشعة تحت الحمراء ولذلك يستخدم ليزر هيليوم - نيون باللون الاحمر والطاقة القليلة وهي بحدود (1ملي واط) بصورة مزدوجة مع شعاع الليزر الجراحي للتمكن من توجيه الشعاع على المكان المطلوب وبدقة، كما هو موجود في الشكل (11 – 3).

**خامسا: مصدر الفولتية العالية High Voltage Supply (H.V.Source)**

ان المحولة الرافعة هي من احد اجزاء مصادر الفولتية والتي تقوم كما هو معروف بتحويل الفولتية المستلمة الى فولتية عالية وبالقيمة المصممة عليها المحولة، وبالاضافة الى المحولة فان المرحل Relay يعمل في الدائرة كمفتاح فتح وغلق في أوقات مبرمجة وحسب الطلب وبالاضافة الى ذلك قد وضعت في الجهاز منظمات الفولتية (Voltage Regulator) كي تصبح الفولتية الخارجة ثابتة.

**سادسا: صندوق الخدمةService Box**

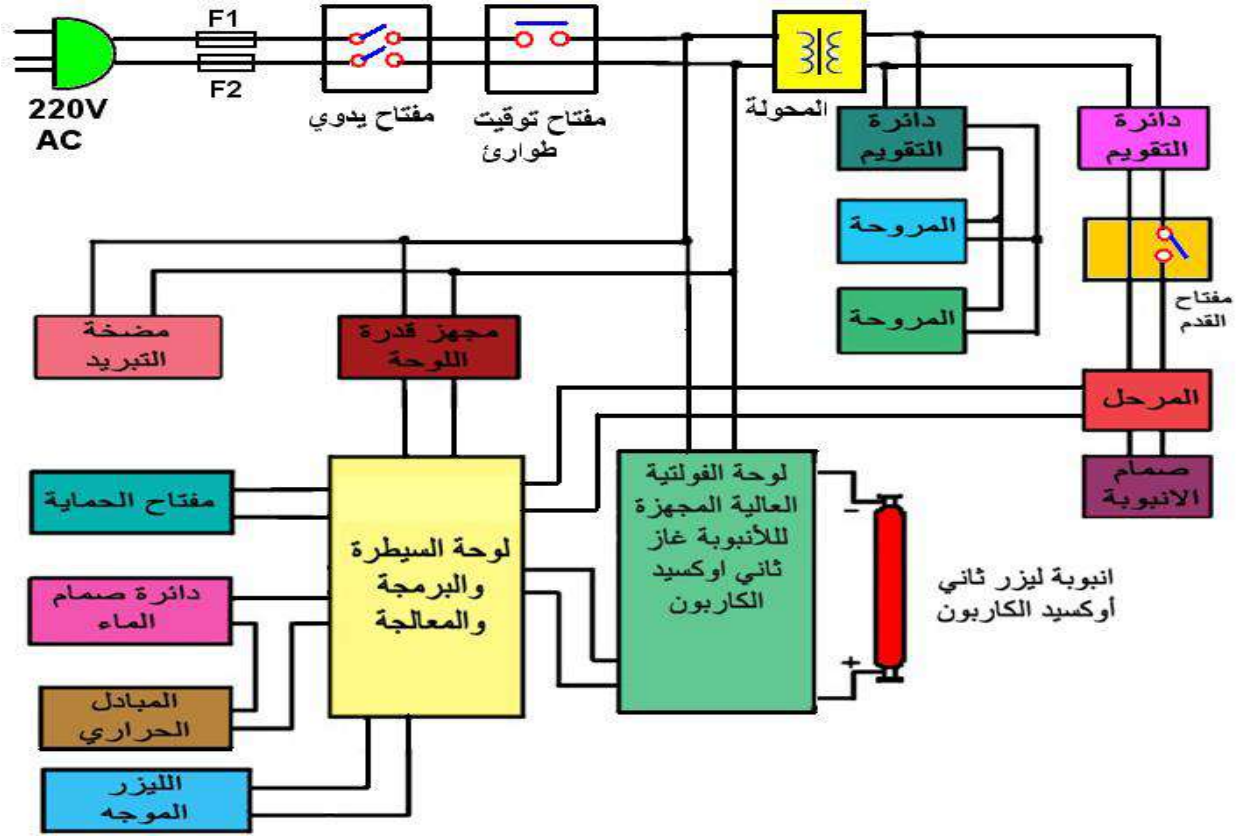
وأهم مكونات صندوق الخدمة:-

أ - لوحة المعالجة المركزية CUP Board

ب - محولة الفولتية الواطئة Low Voltage Transformer

ج - مضخة هوائية Air Pump

ان وحدة المعالجة المركزية تقوم بالسيطرة وتوزيع الاوامر المستلمة في النظام وتعمل هذه الدائرة بفولتية قليلة لحساسية مكوناتها ودقتها العالية في عملية السيطرة على المعلومات الواردة والمستلمة. والفولتيات الواطئة تنحصر بين (5 – 24) فولت تيار مستمر,
كما هو موجود في الشكل(11 – 6).




**شكل 11 – 6 المخطط الكتلوي لجهاز ليزر ثاني أوكسيد الكاربون الجراحي**

# أسئلة الفصل الحادي عشر

س1– ماهو الليزر؟

س2– عدد أربعة أنواع لليزر.

س3– عدد تصنيفات الليزر حسب خطورته على الخلايا الحية.

س4- ما هي خصائص أشعة الليزر؟

س5– أشرح كيف يتم أنتاج ضوء الليزر.

س6– ما هي المكونات الأساسية لأجهزة الليزر؟

س7– عدد عوامل تأثير أشعة الليزر في الانسجة.

س8– عدد مزايا استخدام الليزر في الجراحة.

س9– وضح مبدأ عمل أجهزة الليزر العلاجية.

س10- ما مميزات جهاز الليزر ($CO_2$) المستخدم في الجراحة الكهربائية؟

س11- عدد أنظمة انبعاث الطاقة لجهاز الليزر ($CO_2$) المستخدم في الجراحة الكهربائية.

س12- عدد أهم أنواع العمليات الجراحية لجهاز الليزر ($CO_2$).

س13- عدد مكونات صندوق الخدمة لجهاز ليزر ثاني أوكسيد الكاربون الجراحي.

س14 - ارسم المخطط الكتلوي لجهاز ليزر ثاني أوكسيد الكاربون الجراحي.

# الفصل الثاني عشر

## جهاز الكلية الاصطناعية Hemodialysis Equipment

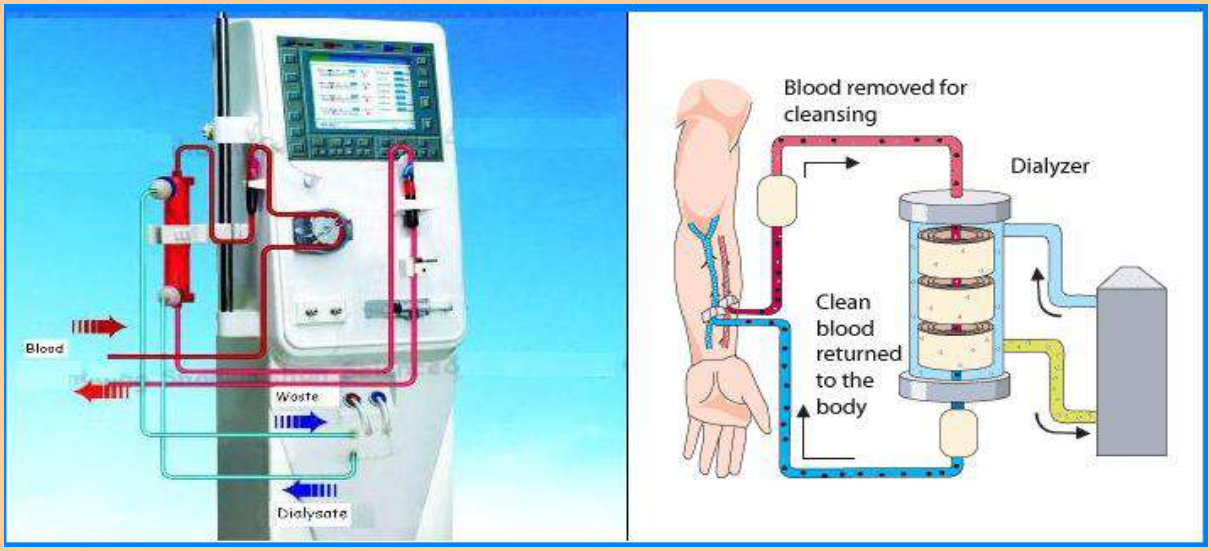
**الأهداف:-**

**في هذا الفصل يتمكن الطالب من معرفة:-**

1- كيف تعمل الكلية البشرية.
2- ما هي الكلية الاصطناعية.
3- كيف يتم غسل الدم من الاملاح.
4- مكونات جهاز الكلية الاصطناعية.
5- كيف تعمل منظومة الدم في جهاز الكلية الاصطناعية.
6- كيف تعمل منظومة المحلول في جهاز الكلية الاصطناعية.
7- مكونات الفلتر في جهاز الكلية الاصطناعية.
8- طرق السيطرة على الانذارات في الكلية الاصطناعية.
9- انواع المحاليل الملحية المستخدمة في تحضير المحلول للجهاز.
10- طرق تعقيم جهاز الكلية الاصطناعية.
11- كيفية الحصول على الماء المفلتر (R.O) المستخدم في الجهاز.

**المحتويات**


12-1 الكلية البشرية
12-2 الكلية الاصطناعية
12-3 مكونات الكلية الاصطناعية
12-4 المرشح
12-5 مكونات المرشح
12-6 طريقة عمل المرشح الأسئلة
12-7 منظومة الدم
12-8 أجزاء منظومة الدم وكيفية عملها
12-9 أجزاء منظومة المحلول وكيفية عملها
12-10 الماء المفلتر(R.O)
12-11 كيف تعمل منظومة المحلول المركز
12-12 تعقيم الجهاز

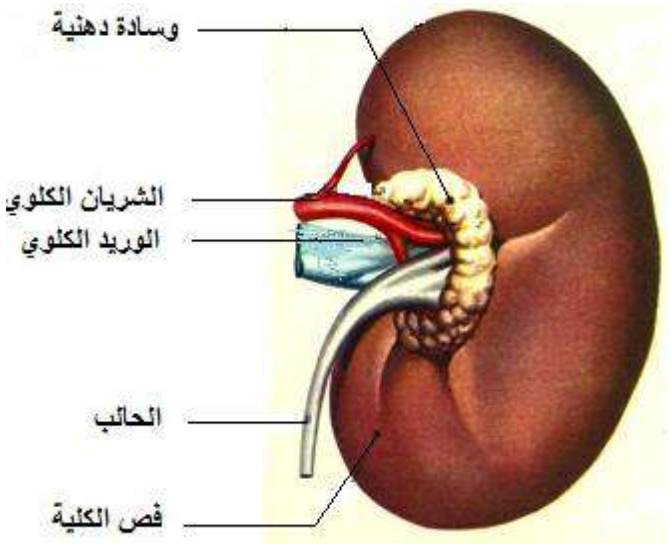



# الفصل الثاني عشر

# جهاز الكلية الاصطناعية

## 12-1 الكلية البشرية

إن عمل الكلية البشرية هو تخليص الجسم من فضلات الطعام النايتروجينية (Nitrogen) والكبريت (Sulphur) والفسفور (Phosphorus) والتي تتكون خلال عمليات الحرق للطعام فيتم التخلص منها عن طريق الكليتين (Kidney). ان هذه الفضلات مع الماء الذين لانحتاج اليهما تتحول الى ادرار (Urine) وتطرح خارج الجسم. الشكل (12-1) يوضح كلية بشرية حيث يدخل الدم الى الشريان ويخرج من الوريد. وتقوم الكلية بتصفية الدم وتكوين الادرار الذي يذهب الى المثانة عن طريق الحالب.




**شكل 12-1 الكلية البشرية**

## 12-2 جهاز الكلية الاصطناعية (Hemodialysis)

هو جهاز يقوم بتصفية الدم من الاملاح الزائدة واليوريا بالإضافة الى المياه الزائدة في الجسم والموجودة في الدم أي يعمل مثل الكلية البشرية. أن مستخدمي هذا الجهاز هم المرضى المصابون بعجز في الكلية الوقتي او الدائمي. في جهاز الكلية الصناعية يتم ربط المريض الى الجهاز عن طريق انابيب بلاستيكية خاصة (لكل مريض له انابيب خاصة) (Disposable) وتُتلَف بعد الاستعمال تأخذ الدم من الشريان ويقوم الجهاز بتصفية الدم من الاملاح والماء الزائدين ويرجع الدم بعدها الى الوريد وتستمر هذه العملية من نصف ساعة الى اربع ساعات حسب حالة المريض وبتوصية من الطبيب المعالج. اما طريقة التصفية فتتم بواسطة مرشح خاص يدخل فيه محلول له تركيز معين يقوم بغسل الدم من الاملاح.

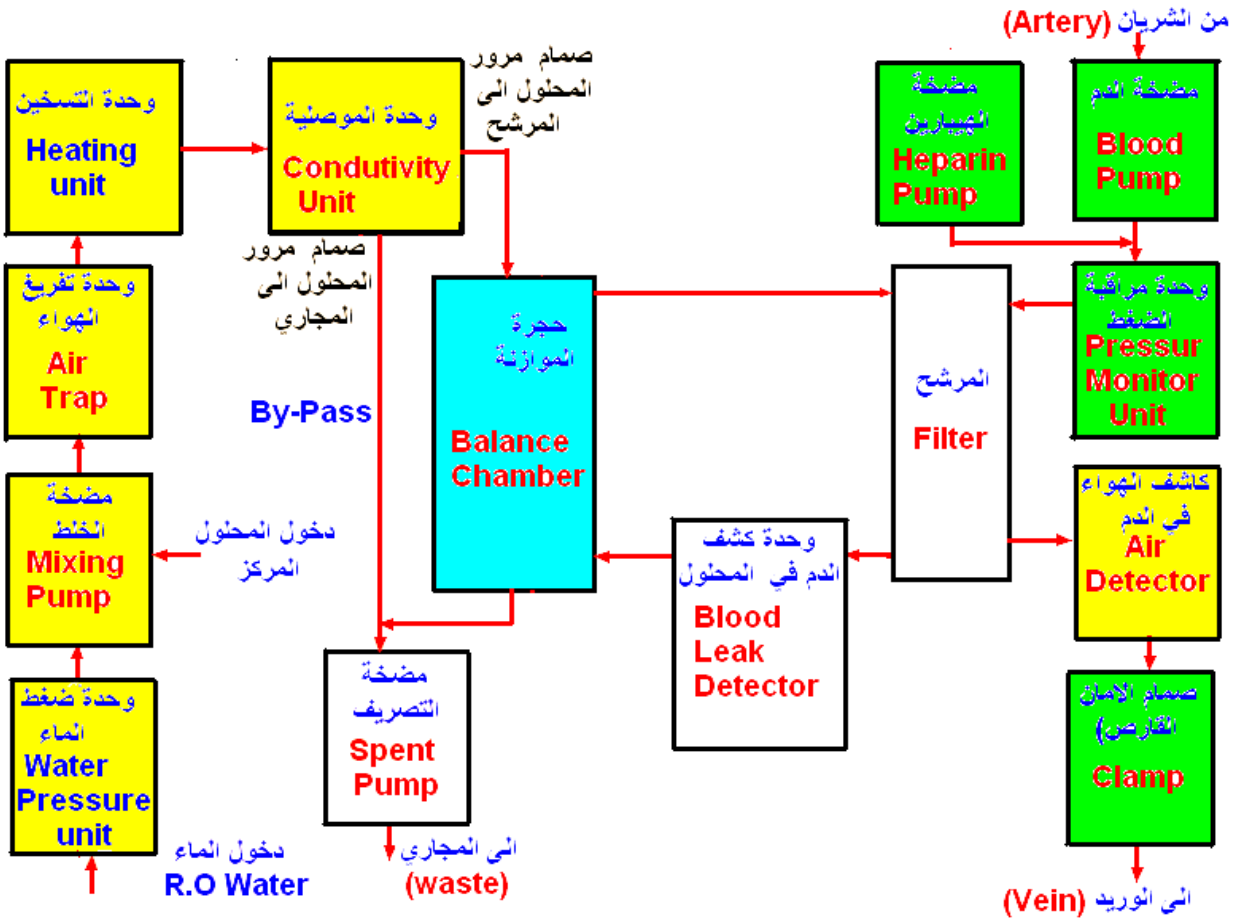
## 3-12 مكونات جهاز الكلية الاصطناعية

يتكون جهاز الكلية الاصطناعية من منظومتين رئيستين هما:-

1- منظومة الدم.

2- منظومة المحلول.

وهاتان المنظومتان منفصلتان تماما في عملهما ولكن تلتقيان في شيء واحد وهو المرشح (Filter) ولكن لايمتزجان بسبب وجود الغشاء بين الدم والمحلول. شكل (12-2) يوضح المخطط الكتلوي لجهاز الكلية.




**شكل 12-2 المخطط الكتلوي لجهاز الكلية الصناعية**

## 4-12 المرشح (Filter)

هو الجزء الاساسي في الجهاز والذي يقوم بغسل الدم ويتكون من مجموعة كبيرة من الانابيب الشعرية مرتبطة بطرفين الاول بمدخل الدم الشرياني والثاني بمخرج الدم الوريدي. بدخول الدم الشرياني الى المرشح سوف يتوزع بالتساوي في جميع الانابيب الشعرية وبعدها ينتقل الدم الى طرف خروج الدم الوريدي ويخرج خارج المرشح. وهذه الانابيب الشعرية محفوظة داخل اسطوانة بلاستيكية لها فتحتان لدخول المحلول الملحي وخروجه. شكل (12 –3) يمثل احدى انواع المرشحات.

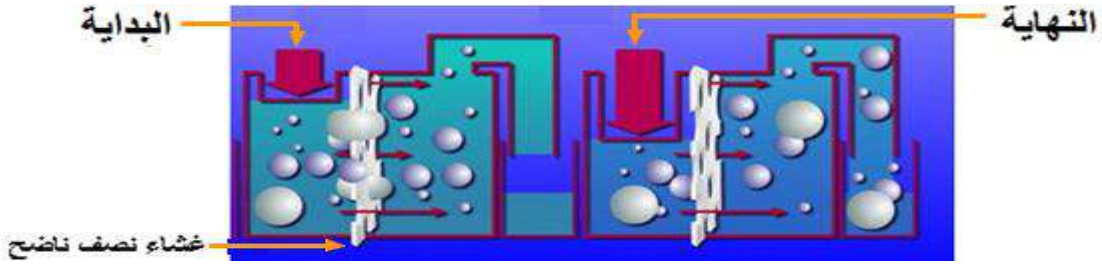



**شكل 12-3 مرشح جهاز الكلية الصناعية**

بما ان المرشح يدخل له الدم لذا فأن بعد انتهاء عملية الغسل يستبدل ولايستعمل لمريض اخر خوفا من انتقال الامراض من مريض الى اخر. ان موقع المرشح في الجهاز يكون خارجيا على ذراع متحرك،ويتم تثبيته بصورة عمودية.

## 12-5 طريقة عمل المرشح

طريقة عمل المرشح هي عملية فيزياوية وهي انتقال الاملاح من التركيز العالي الى التركيز الواطئ عبر غشاء نصف ناضح. وهذه العملية المستمرة طيلة عملية الغسل والشكل (12-4) يمثل عملية انتقال الاملاح عبر الغشاء.




**شكل 12-4 عملية انتقال الاملاح عبر الغشاء**

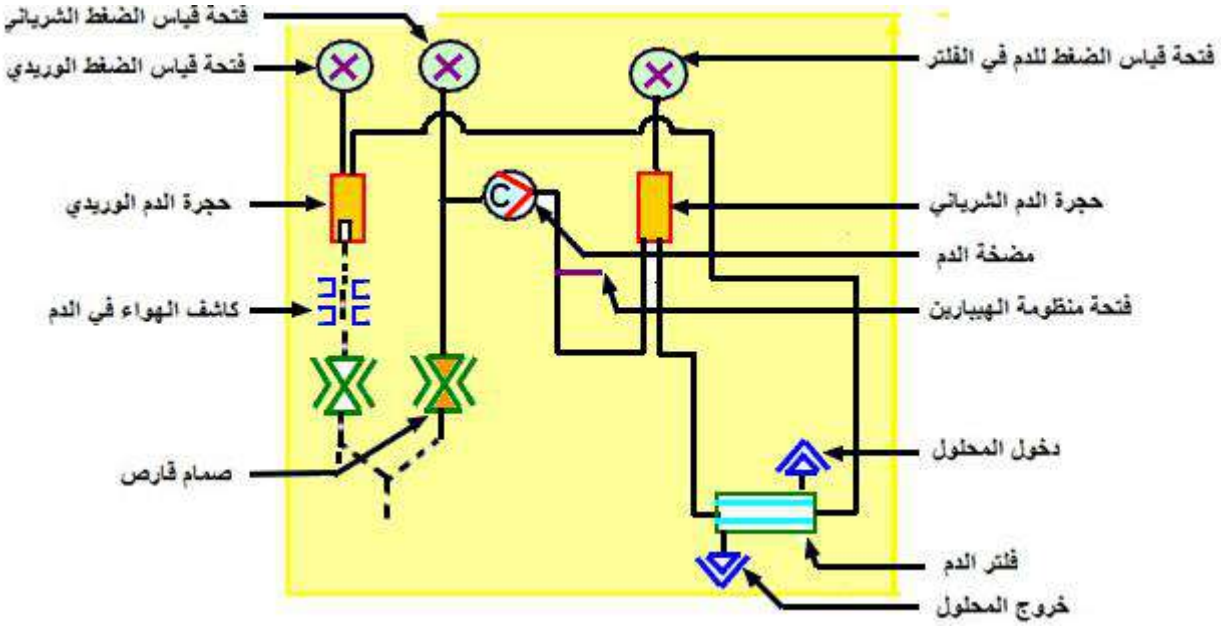
## 12-6 منظومة الدم

وهي مجموعة من الانابيب البلاستيكية والمرشح (Filter) الذي يجري فيه دم المريض لاجل التصفية او الغسل وهذه المجموعة تستعمل لمرة واحدة ثم يتم التخلص منها كما في الشكل (12-5).



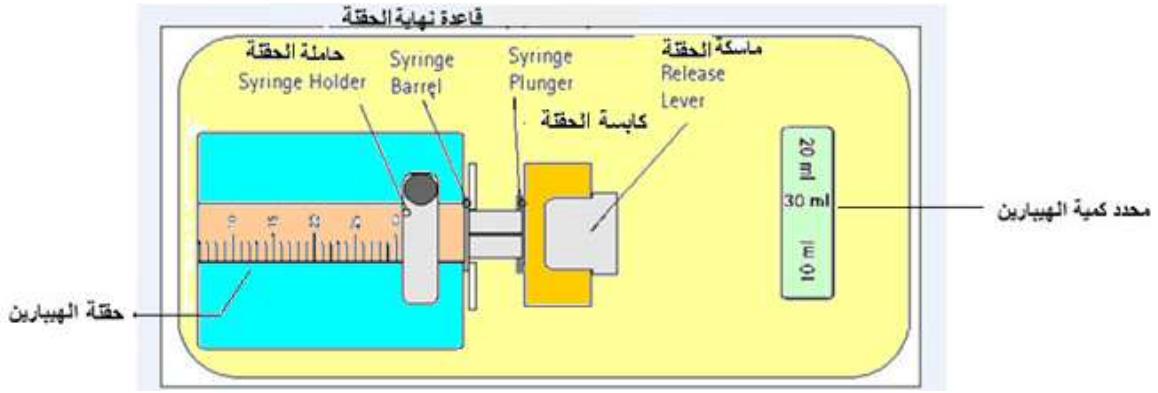

**شكل 12-5 منظومة الانابيب البلاستيكية للدم في جهاز الكلية الاصطناعية**

الشكل (12-6) يمثل رسم تخطيطي لمنظومة الدم حيث يؤخذ الدم من شريان المريض بواسطة ابرة(Needle).



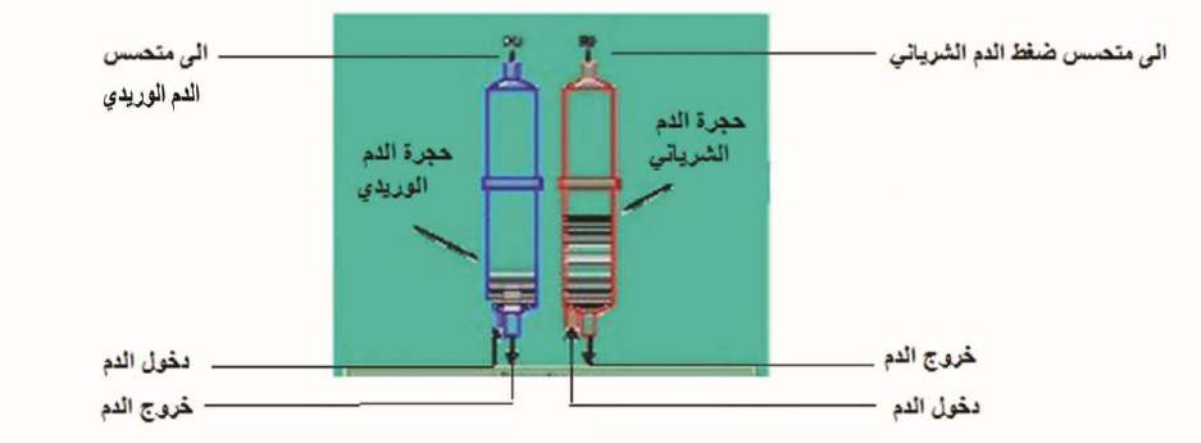

**شكل 12-6 رسم تخطيطي لمنظومة الدم في جهاز الكلية الاصطناعية**

وتوصل الى انبوب بلاستيكي مرن الى الجهاز ويدخل الى مضخة الدم وهذه المضخة ذات مواصفات خاصة حيث ان الدم يبقى في الانبوب البلاستيكي ويثبت داخل المضخة قبل دخول الدم الى المضخة وهناك تفرع في الانبوب يربط بجهاز اعطاء مادة مانعة للتخثر تسمى هيبارين (Heparin) كما في الشكل (12-7).



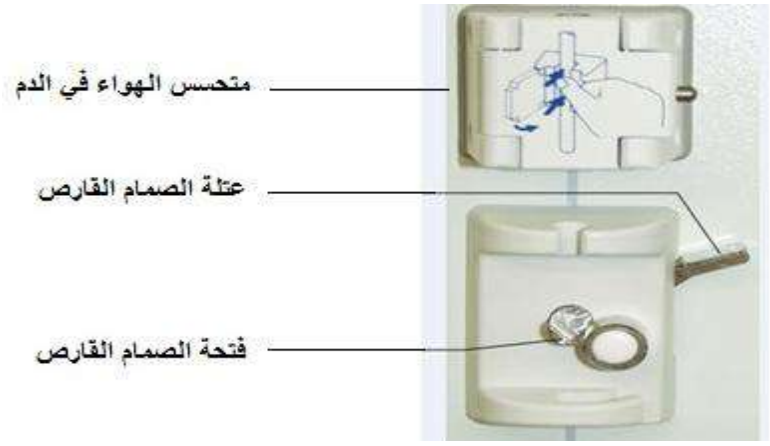

**شكل 12-7 جهاز اعطاء الهيبارين**

وهذا الجهاز يعطي كميات قليلة جدا من هذه المادة وطيلة فترة الغسل لكي لايتخثر الدم في الانابيب والمرشح ، ويمكن التحكم بكمية الهيبارين حسب فترة الغسل للدم. وبعد خروج الدم من المضخة يذهب الى حجرة بلاستيكية ذات ثلاث فتحات اثنتان من الاسفل وواحدة الى الاعلى حيث يدخل الدم من احدى الفتحات السفلى والتي لها امتداد داخل الحجرة ويخرج الدم من الفتحة الثانية السفلى اما الثالثة لا يدخل فيها الدم وتوصل الى متحسس الضغط الشرياني في الجهاز كما في الشكل (12-8).




**شكل 12-8 شكل حجرة الدم في منظومة الدم للكلية الاصطناعية**

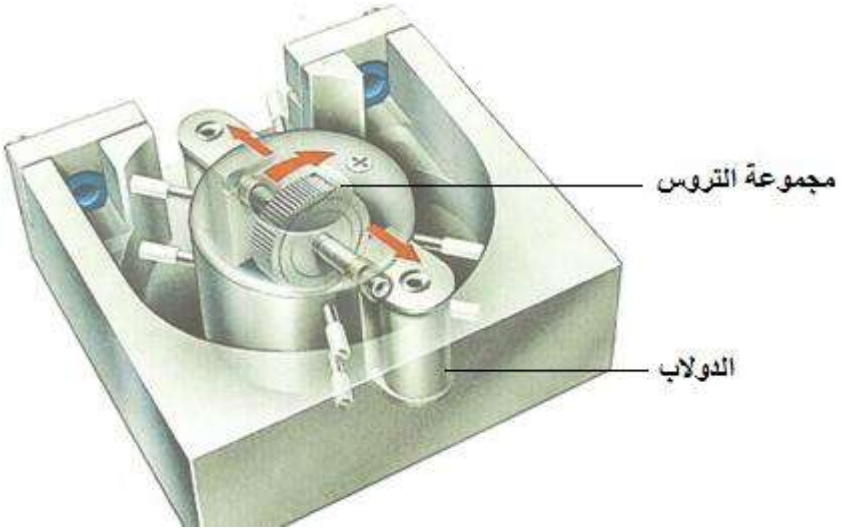
ثم يدخل الدم الى المرشح ثم يخرج الدم من المرشح وبعد ان تم تخليصه من الاملاح الزائدة يدخل الى حجرة الدم الثانية وهي مشابهة الى سابقتها ثم يوصل الدم الى متحسس الهواء (Air Sensor) وهو تخصر في الجهاز يدخل الانبوب البلاستيكي داخله ثم يثبت بغطاء وبعدها يدخل الدم الى الصمام القارص وهو عبارة عن قطعة معدنية مثل القراصة تغلق الانبوب البلاستيكي لمنع تدفق الدم وتفتح اثناء عمل الجهاز فقط كما في الشكل (12-9) وبعدها يرجع الدم الى المريض بواسطة الانبوب البلاستيكي الذي خرج من الجهاز بواسطة (Needle) الى الوريد.




**شكل 12-9 الصمام القارص ومتحسس الهواء في الدم في جهاز الكلية الاصطناعية**

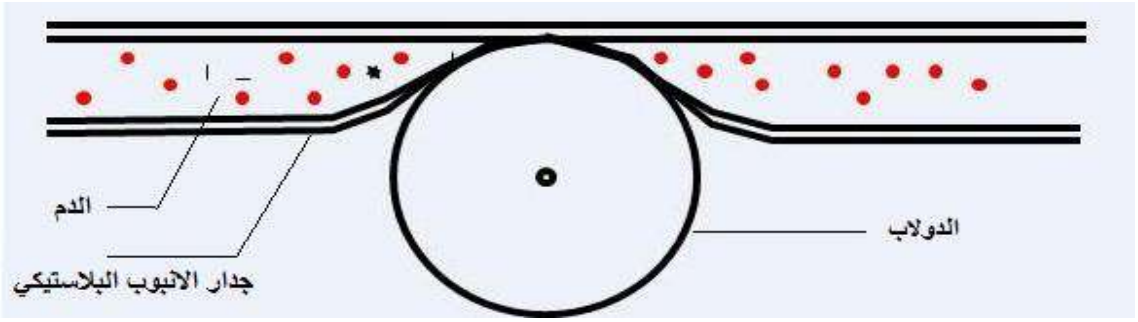
## 12-7 أجزاء منظومة الدم وكيفية عملها

**1- مضخة الدم:-** وهي مضخة من نوع خاص وتتألف من محرك نوع (Stepper Motor) محرك الخطوة مرتبط بمجموعة تروس لتقليل من سرعة حركة المحرك كما في الشكل (12-10).



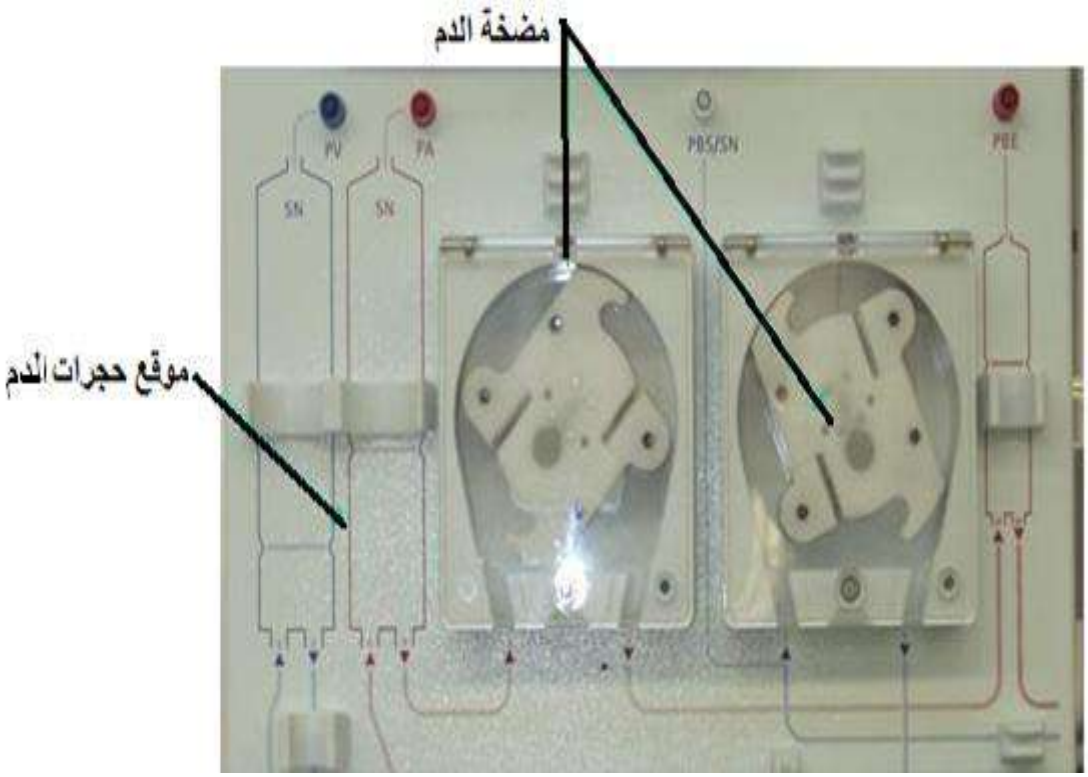

**شكل 12-10 يمثل مقطع لمضخة الدم**

ويربط على محور مركزي ويثبت عليه ذراع في نهايتيه دولابان يقومان بالضغط على الانبوب البلاستيكي الذي يثبت على المحيط الداخلي للمضخة وعند الضغط على الانبوب البلاستيكي سوف يحدث تخصر في الانبوب الذي يدفع الدم باتجاه الحركة كما في الشكل(12-11).



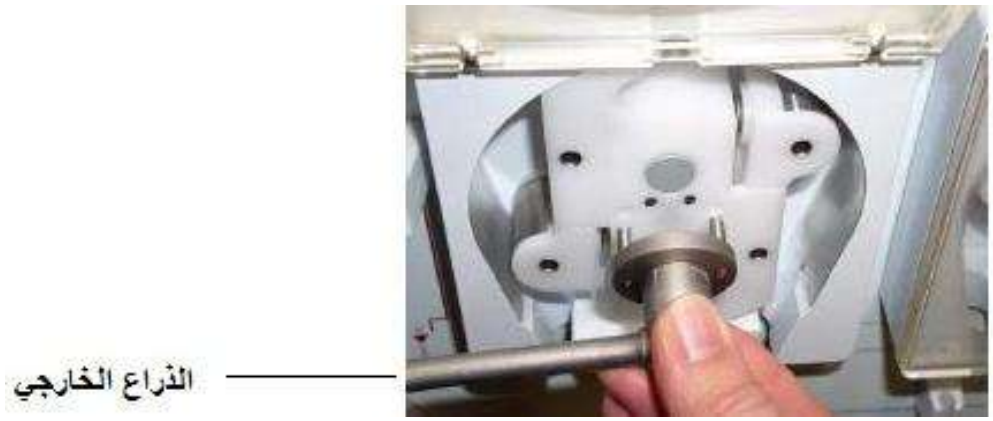

**شكل 12-11 يمثل طريقة ضغط الدولاب على الانبوب البلاستيكي في جهاز الكلية الاصطناعية**

وبوجود دولابين يتحركان باتجاه واحد سوف يتحرك الدم ويدفع خارج المضخة. وفي بعض الاجهزة توضع مضختان للدم واحدة قبل المرشح والثانية بعد المرشح كما في الشكل (12-12).




**شكل 12-12 يمثل مضختان في جهاز الكلية**

ان الجزء الخاص بالانبوب البلاستيكي الذي يثبت داخل المضخة يكون اكثر سمكا من باقي الانابيب البلاستيكية واكثر مرونة لكي يتمكن من دفع الدم بسهولة كما ان هذا النوع من المضخات هو الوحيد المستعمل في الدم لان هذه الطريقة هي الوحيدة التي لاتُكَسِر خلايا الدم وباقي انواع المضخات عند حركتها تقوم بتكسير خلايا الدم وبالتالي سوف يتلف الدم.كما ان مضخة الدم يمكن ان تعمل يدويا في حالة حصول عطل في المضخة في اثناء العمل عن طريق وضع ذراع خارجي فوق محور المحرك ونقوم بتدويره يدويا بصورة مؤقتة لحين تجاوز العطل لكي لايتخثر الدم داخل الانابيب كما في الشكل (12-13).




**شكل 12-13 يمثل الطريقة اليدوية لمضخة الدم في الكلية الاصطناعية**

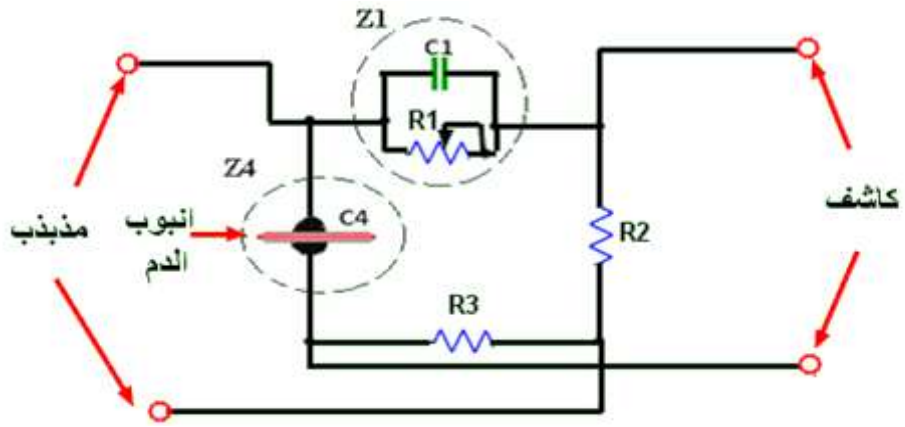
مضخة الدم ترتبط بدائرة الكترونية تسيطر على سرعته عن طريق مفتاح خارجي يتحكم به مشغل الجهاز بتوجيه من الطبيب المشرف حيث ان سرعة الدم داخل الانابيب تعتمد على سرعة المحرك الذي بدوره يزيد او يقلل من سريان الدم داخل المرشح حيث كلما زادت السرعة زادت عملية الغسل للدم وبذلك قلة الفترة الزمنية للغسل. ولكن لايمكن زيادة السرعة او تقليلها حسب رغبة المريض لان كل مريض له ضغط دم معين يختلف عن بقية المرضى فمثلا اذا كان سرعة جريان الدم داخل جسم المريض قليلة وسرعة مضخة الدم عالية فبذلك سوف يكون سحب الدم اكبر من تدفق دم المريض فبذلك سوف يغلق شريان المريض وينقطع الدم وهذه العملية غير صحيحة. لذلك يجب التحكم في سرعة المضخة بحيث تتناسب مع سريان دم المريض.

## 2- متحسس فقاعات الهواء في الدم:-

هناك طريقتان للتحسس :-
أ) بواسطة التأثير السعوي للدم
ب) بواسطة الامواج فوق الصوتية
فعند تحسس فقاعات الهواء في الدم سوف تتوقف مضخة الدم عن العمل ويعمل الصمام القارص ويقطع الدم ويحدث انذار صوتي وضوئي

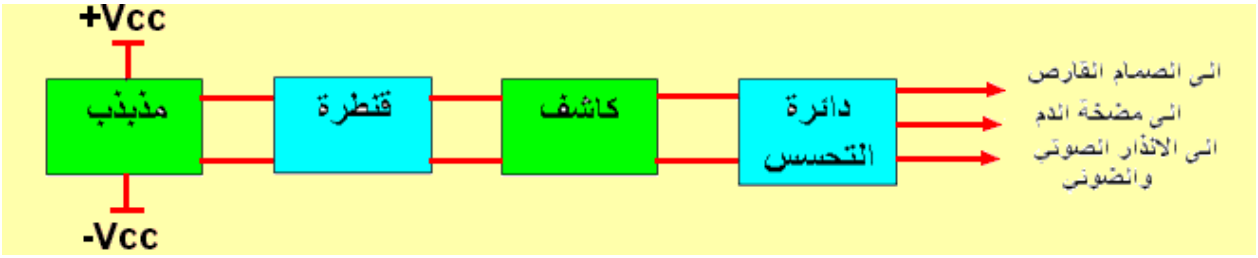
### أ) <u>طريقة تحسس فقاعات الهواء في الدم بواسطة التأثير السعوي:-</u>

في هذه الطريقة يوضع انبوب الدم الراجع الى الوريد داخل تجويف ويكون اطراف التجويف عبارة عن اقطاب متسعة وتكون معزولة فبذلك يصبح الدم المار داخل التجويف عبارة عن الوسط العازل للمتسعة وتربط هذه المتسعة بقنطرة كما في الشكل (12-14) حيث تنظم قيمة المقاومة $R_1$ بحيث تصبح الممانعة الكلية.




**شكل 12-14 يوضح طريقة عمل القنطرة**

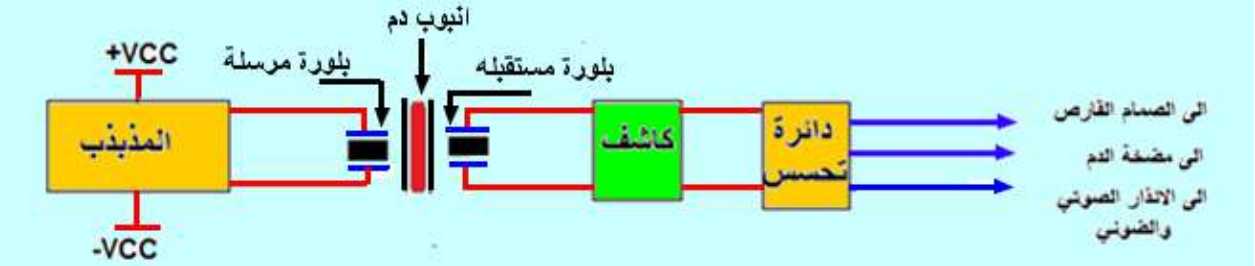
للذراع $Z_1$ مساوية للممانعة الكلية للذراع $Z_4$ والتي تمثل المتسعة بوجود الدم تكون قيمة المقاومة $(R_2,R_3)$ متساويتين ففي هذه الحالة تكون القنطرة متزنة ففي حالة وجود فقاعات هواء او امتلاء الانبوب بالهواء سوف يتغير العازل للمتسعة $C_4$ وبذلك تتغير قيمة الممانعة للذراع $Z_4$ وسوف لايحدث الاتزان.عندئذ سوف يتحسس الكاشف ويعطي اشارة الى دائرة الكترونية التي بدورها سترسل اشارة الى الانذار الصوتي والضوئي واشارة الى الصمام القارص الذي يقطع جريان الدم الراجع الى جسم المريض واشارة كهربائية الى مضخة الدم التي توقف مضخة الدم . والشكل(12-15) يوضح هذه الطريقة




**شكل 12-15 المخطط الكتلوي لمنظومة تحسس الهواء في الدم بالطريقة السعوية في جهاز الكلية**

**ب)طريقة تحسس فقاعات الهواء في الدم بواسطة الامواج فوق الصوتية:-**

في هذه الطريقة يوضع انبوب الدم الراجع الى الوريد في تقعر في واجهة الجهاز ويكون على طرفيه في إحدى الجهات بلورة (Crystal) ترسل أمواج فوق الصوتية وفي الطرف الاخر بلورة تستقبل الأمواج فوق الصوتية المرسلة من البلورة الأولى فعند وجود الدم سوف تصل الأمواج من المرسلة الى المستقبلة بصورة جيدة فعند وجود فقاعات هواء او يكون الأنبوب مملوءا بالهواء ستنعكس الأمواج الفوق الصوتية بسبب وجود الهواء وتنفذ كمية قليلة منها. الذي يصل الى البلورة المستقبلة فبذلك تتحسس الفرق وترسل اشارة الى المضخة وتوقفها عن العمل وإشارة كهربائية الى الإنذار الصوتي والضوئي وإشارة الى الصمام القارص الذي يقطع الدم الراجع الى المريض والشكل (12-16) يمثل الدائرة لهذه الطريقة.

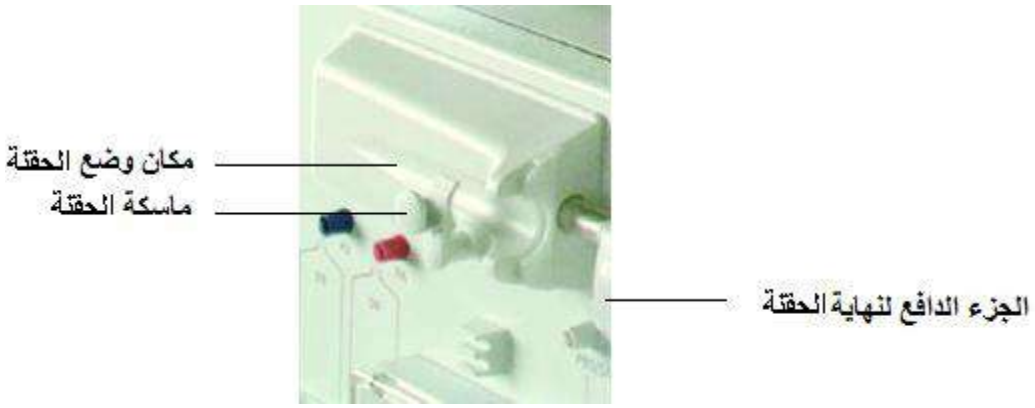



**شكل 12-16 المخطط الكتلوي لمنظومة تحسس فقاعات الهواء في الدم بواسطة الامواج فوق الصوتية**

بعد ان تم الكشف على الهواء في الدم بواسطة إحدى الطريقتين في هذه الحالة يجب التخلص من الهواء في الدم وبعد ان تم توقف المضخة آليا. عندها نستطيع تفريغ الهواء من انبوب الدم بواسطة فتحة خاصة في الانبوب تسمح بخروج الهواء وبعد خروج الهواء نعطي إيعازا بإعادة تشغيل الجهاز.

## 3- منظومة الهيبارين:-

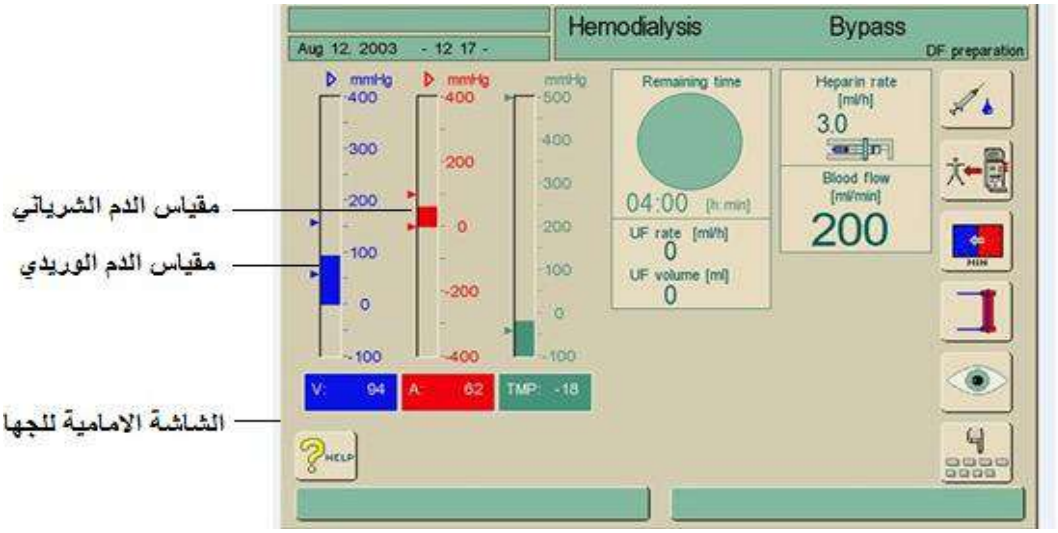
عند خروج الدم من جسم الانسان فانه سوف يبدأ تدريجيا بالتخثر لذا يجب استخدام مادة لمنع التخثر وهي مادة الهيبارين (Heparin) وهذه المادة يجب ان تضاف بانتظام الى الدم. لهذا السبب تم ربط منظومة الهيبارين الى منظومة الدم حيث يتم تزويد الدم بواسطة حقنة (Syringe) توضع في مقدمة الجهاز داخل جهاز يقوم بدفع المادة تدريجيا طيلة فترة استخدام المريض للجهاز وهو عبارة عن محرك خاص اسمه محرك الخطوة (Stepper Motor) وهو محرك يمكن ان يحسب عدد دوراته حسب برنامج يدخله مستخدم الجهاز، ان مادة الهيبارين غير مضرة للمريض وتدخل الى منظومة الدم بواسطة انبوب بلاستيكي ويكون موقعه في منظومة الدم في الأجزاء الاولية لدخول الدم من المريض الى الجهاز ودائما موقعه بعد مضخة الدم والشكل (12-17) يبين منظومة الهيبارين.




**شكل 12-17 منظومة الهيبارين في جهاز الكلية الاصطناعية**

### 4- متحسسات الضغط:-

هناك متحسسات للضغط الاول الشرياني ويقيس ضغط الدم للمريض الداخل الى الجهاز والثاني الوريدي الذي يقيس ضغط الدم للمريض الخارج من الجهاز وهذان المتحسسان يكونان داخل الجهاز ويرتبطان بمنظومة الدم بواسطة انبوبتين يخرجان من منظومة الدم ويرتبطان بفتحتين في مقدمة الجهاز ويقومان بقياس الضغط الشرياني والوريدي في نفس الوقت ويسجلانها على شاشة العرض في واجهة الجهاز والشكل (12-18) يمثل شاشة العرض وفيها مقياس الضغط الشرياني والوريدي. هذان المقياسان مهمان جدا لان دم المريض يكون بحدود لتر واحد خارج جسمه لذا يجب المحافظة عليه فإذا انفصل احد الأنابيب البلاستيكية الناقلة للدم دون علم المريض او مشغل الجهاز فان دم المريض سوف ينفذ وينتهي بموت المريض. واذا ثني احد الأنابيب سوف ينحصر الدم داخل المنظومة مما يؤدي الى تمزق المرشح لانه رقيق جدا. لذا فان هذين المقياسين يرتبطان بمنظومة انذار اذا زاد الضغط او قل عن الحدود المسموح بها مما يؤدي الى توقف المضخة وغلق الصمام القارص.




**شكل 12-18 يمثل الشاشة الامامية للجهاز توضح مقياسي الضغط**

## 12-8 أجزاء منظومة المحلول وكيفية عملها

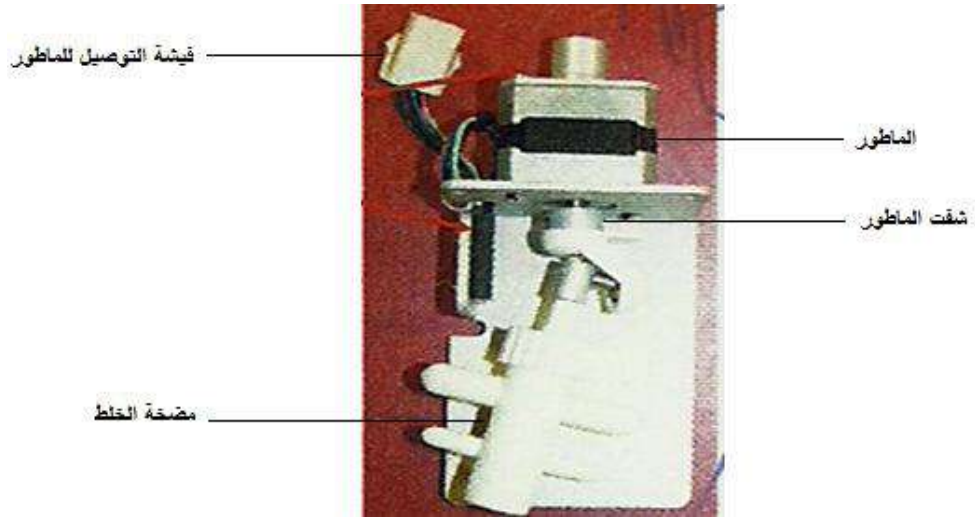
المحلول المستخدم في جهاز الكلية الصناعية هو مزيج متجانس من ماء تمت معالجته من الاملاح ومعقم ومجموعة من الأملاح بتراكيز معينة وهي قيم متفق عليها عالميا تدخل وتخرج من الجهاز وتحديدا المرشح لتخلص الدم من الاملاح الزائدة وكمية قليلة من الماء وتخرج من الجهاز وتتلف في مجاري الصرف الصحي لانها ملوثة جدا. وتتألف منظومة المحلول من الاجزاء الرئيسة التالية:-

## 1- منظم ضغط الماء

من المعروف ان الماء المرشح (المفلتر) يصل الى الجهاز بواسطة مضخة مركزية في مركز الكلية الصناعية ويرتبط بواسطة انابيب الى كل الاجهزة داخل المركز لذا فان الضغط سوف يتغير حسب عدد الاجهزة المستخدمة في المركز لذا من الضروي تثبيت ضغط الماء داخل كل جهاز. فعندما يدخل الماء المرشح الى الجهاز يرتبط بمنظم ضغط الماء حيث يقوم بتثبيت الضغط وبدوره يثبت سريان الماء الداخل الى الجهاز وسبب وجود هذا المنظم لان عملية تحضير المحلول النهائي الذي يقوم بعملية غسل الدم يعتمد على كمية الماء الداخلة الى الجهاز فاذا اختلفت بمرور الزمن سوف يتغير التركيز النهائي.

## 2- مضخة خلط المحلول المركز

وهي مضخة خاصة تقوم بسحب كمية معلومة من المحلول المركز الذي تم تحضيره مسبقا ونخلطه مع الماء المرشح وتكون نسبته ثابتة فبذلك يتكون محلول ذا تركيز ثابت وهذه المضخة تعمل آليا بايعاز من وحدة السيطرة على تركيز المحلول حيث تتغير سرعتها حسب التركيز. فاذا كان التركيز النهائي عاليا سوف تقوم وحدة السيطرة بتشغيل المضخة على سرعة اقل حتى يخرج المحلول بتركيز ثابت واذا كان التركيز قليلا ستعطي وحدة السيطرة ايعازا الى المضخة بزيادة السرعة لكي يكون التركيز ثابتا والشكل(12 -19) يمثل مضخة الخلط.




**شكل 12-19 مضخة الخلط للمحلول المركز في جهاز الكلية الاصطناعية**

## 3- وحدة البايكاربونيت (Bicarbonate)

ذكرنا سابقا المحلول المركز وهو عبارة عن محلول ملحي مركز وهذه احدى المحاليل المستخدمة في الاجهزة القديمة ولاتزال تستعمل حالياً. وفي الوقت الحاضر يستخدم البايكاربونيت ويكون بوسيلتين حسب طريقة الاستخدام. فيمكن استخدامه كمادة صلبة (مسحوق ملحي) مباشرة عن طريق وضعه في حاوية بلاستيكية صغيرة لها فتحتان من الاعلى والاسفل وتوضع في الجهاز وتسمى الكارترج (Cartridge) كما في الشكل (12-20) حيث يدخل الماء المفلتر (R.O) من احدى الاطراف ويخرج من الطرف الاخر محلول قاعدي بعد ان تم اذابة المسحوق بالماء والطريقة الثانية تتم باذابة مسحوق البايكاربونيت مباشرة بالماء المفلتر

(R.O) من قبل الممرض العامل على الجهاز. ان مادة البايكاربونيت عند اذابتها بالماء ستتفاعل مع الماء مكونة مادة قاعدية ويكون التفاعل بطيئا ولكن هناك ناتج عرضي من هذا التفاعل هو تكون غاز ثنائي اوكسيد الكاربون ($CO_2$) والذي يسبب مشاكل في الجهاز لانه غاز فبذلك يجب التخلص منه ولايمكن تحضير محلول البايكاربونيت قبل الاستخدام بفترة طويلة بل يستعمل مباشرة بعد تحضيره.




**شكل 12-20 طريقة وضع الكارترج في جهاز الكلية الاصطناعية**

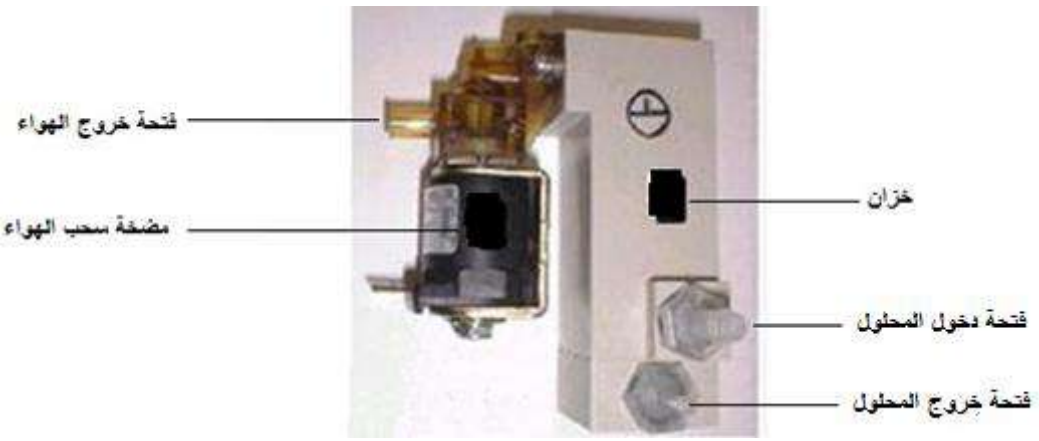
عند استعمال طريقة البايكاربونيت وهي مادة قاعدية يجب استعمال مادة اخرى حامضية حيث يتم خلطها داخل الجهاز بنسب معينة فيتفاعل الحامض مع القاعدة فيتكون المحلول الملحي الذي يقوم بغسل الدم من الاملاح. أي عند استخدام هذه الطريقة هناك انبوبان احدهما للحامض وتكون حوله حلقة حمراء واخرى لها حلقة زرقاء تستخدم للقاعدة في حين اذا استخدمنا الطريقة الاولى وهو المحلول الملحي سوف نستخدم الانبوب ذا الحلقة الحمراء فقط ، وهذان الانبوبان متصلان بالجهاز باحد الاطراف من الاسفل اما الطرف الاخر فيوضع في مقدمة الجهاز وهذه الوضعية قبل استخدام الجهاز او في عملية التعقيم اما في حالة استخدام الجهاز لعملية غسل الدم سوف توضع في الحاوية البلاستيكية للحامض والقاعدة والشكل (12-21) يمثل انبوبي الحامض والقاعدة مثبت في واجهة الجهاز.




**شكل 12-21 الانبوبان لدخول الحامض والقاعدة في جهاز الكلية الاصطناعية**

## 4- وحدة ازالة الفقاعات في المحلول (Degaser)

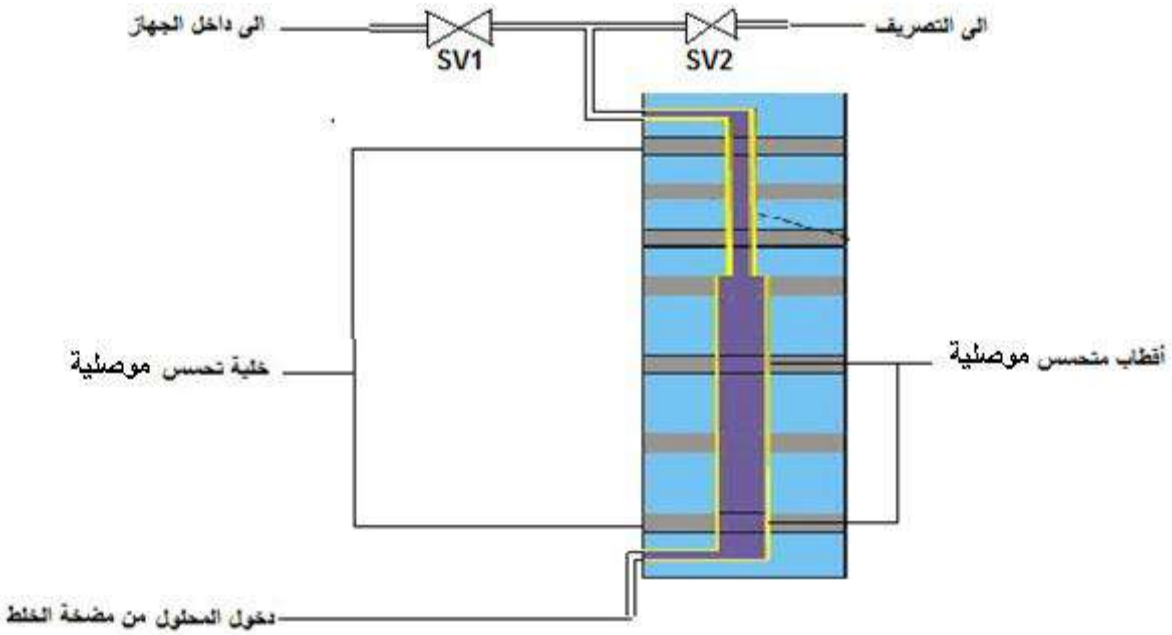
هذه الوحدة تقوم باخراج الهواء من المحلول المركز الذي يخرج من مضخة الخلط ويدخل الى داخل الجهاز، الذي يقوم بعملية الغسل للدم وهذا الهواء يوجد في المحلول في حالتين اولا من المادة الملحية المكونة للمحلول المركز اذا استخدمت مادة (البايكاربونيت) وثانيا اذا نفذت المادة المركزة الاولية من حاوية المحلول المركز للجهاز. وهو عبارة عن خزان له طوافه كهربائية وهناك ثلاث فتحات فيها اثنتان من الاسفل لدخول وخروج المحلول المركز والثالثة من الاعلى ترتبط بمضخة لاخراج الهواء. ففي الحالة الطبيعية تكون الطوافة مرتفعة بسبب عدم وجود الهواء فاذا دخل الهواء سوف تنخفض الطوافة وبدورها تشغل مضخة سحب الهواء وبعد خروج الهواء سترتفع الطوافة وتوقف المضخة وبذلك يتم التخلص من الهواء، في الشكل (12-22) هو المظهر الخارجي لهذه الوحدة.




**شكل 12-22 وحدة ازالة فقاعات الهواء في المحلول في جهاز الكلية الاصطناعية**

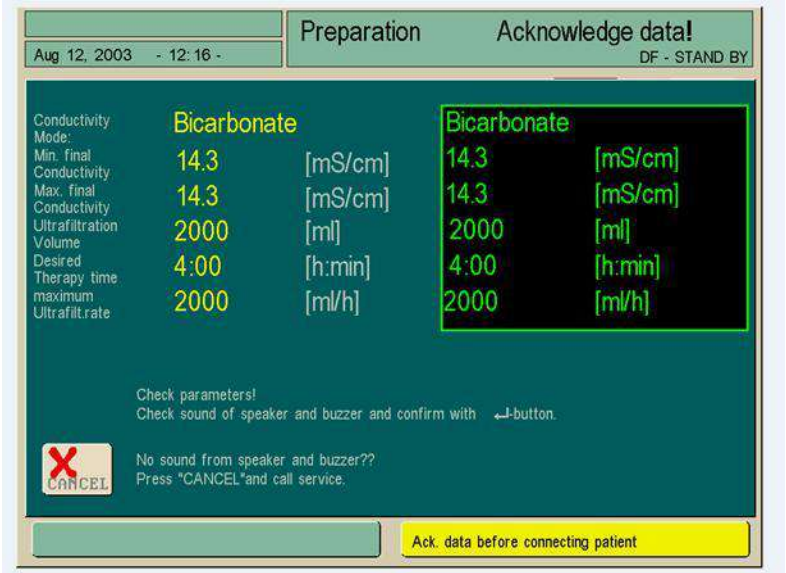
## 5 - وحدة تركيز المحلول (الموصلية -Conductivity)

لكي يكون المحلول المركز جاهزا للاستخدام داخل الجهاز يجب ان يكون تركيزه ثابتا حسب التنظيم الخاص بالجهاز لذا يجب وضع متحسس للتركيز. ومبدأ عمله هو قياس الموصلية للمحلول عن طريق قطبين يكونان داخل المحلول وموقعه بعد مضخة الخلط ويكونان على استقامة واحدة ويقرأ الموصلية للمحلول بعد الخلط وهذان القطبان مرتبطان بدائرة الكترونية لقياس التوصيل فاذا كان التركيز صحيح سوف يعطي اشارة الى الصمام نوع (Solenoid Valve) ويرمز له (S.V1) الذي بدوره يمرر المحلول داخل الجهاز واذا كان التركيز غير صحيح أي اذا كان التركيز عاليا او واطئا سيعطي ايعازا الى (Solenoid Valve) ويرمز له (S.V2) أو ( By- Pass) حيث يلغي عمل المرشح ويرسل المحلول الى التصريف (Drain) أي ان كلا الصمامين يعملان بالتناوب حسب التركيز الذي يعطيه متحسس الموصلية. علما بان الموصلية تقاس في الجهاز بواسطة وحدة (ms) ملي سيمنس وغالبـــا ماتكـــون (ms) (13.5-14.0) والشكل (12-23) يوضح شكل متحسس التوصيلية والـ(Solenoid Valve).




**شكل 12-23 يوضح شكل خلية التحسس للموصلية مع ($SV_1$) و ($SV_2$)**

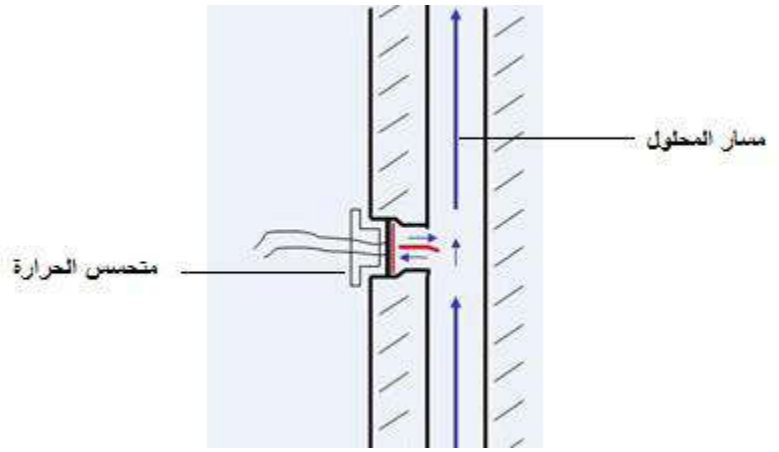
ان التركيز للمحلول يقاس بلـ(ms/cm) الذي يمكن ان ينظم مسبقا ضمن إدخال المعلومات الرئيسية ويكتب مباشرةً على شاشة العرض الرئيسة في أثناء عملية إدخال المعلومات. كما في الشكل (12-24).




**شكل 12-24 الشاشة الامامية للجهاز موضحة صفحة كتابة التركيز**

## 6- وحدة التسخين

وهي عبارة عن مسخن ومتحسس حرارة (Thermostat)، وعن طريق المتحسس يتم تنظيم وتثبيت درجة الحرارة المطلوبة ، حيث يوضع المتحسس في مسار المحلول كما في الشكل ( 12-25).

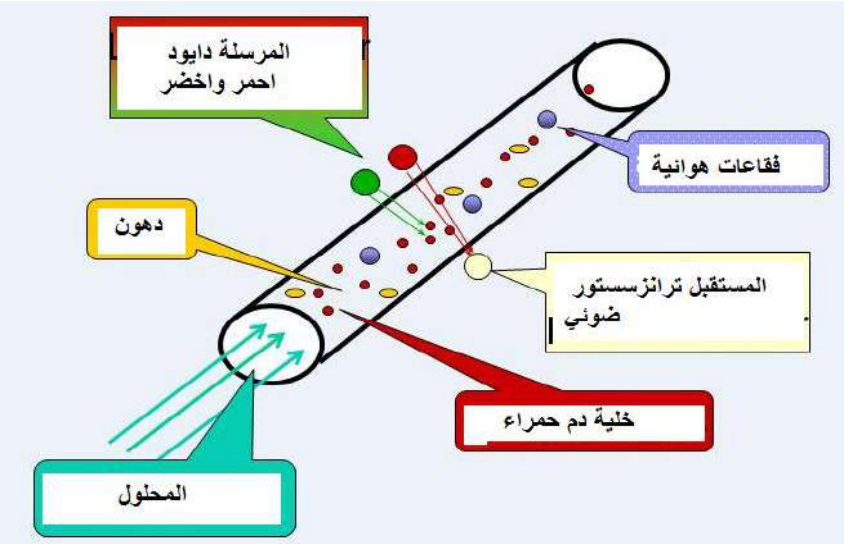



**شكل 12-25 يمثل موقع متحسس الحرارة في الكلية الاصطناعية**

حيث يقوم المسخن بتسخين المحلول على درجة ($37^{o}c$) أي نفس حرارة جسم المريض. وتستخدم مجسات مرتبطة بدائرة الكترونية لقياس درجة الحرارة ، وفي حالة عدم تطابق درجة الحرارة مع حرارة الجسم يتم منع مرور المحلول الى المرشح وتحويل مساره الى التصريف بواسطة صمام المنع ($S.V_2$) أو ( By-Pass) كما تم ذكره في وحدة الموصلية.

## 7 - وحدة كشف الدم في المحلول

هذه الوحدة يتم الكشف عن وجود الدم المتسرب من المريض الى المحلول ويتكون من مرسلة عبارة عن ضوء احمر واخضر يخترق انبوب المحلول والمستقبل هـــــو ترانزستور ضـــــوئي (Photo Transistor) يستقبل الضوء المرسل ويحوله الى اشارة كهربائية. ان مبدأ عمل هذه الوحدة هو ارسال ضوء خلال انبوب المحلول سوف يخترق المحلول لانه شفاف ورائق وبذلك تستقبله الخلية الضوئية وترسل اشارة الى الدائرة الالكترونية المسؤولة عن عمل هذه الوحدة ولكن اذا تسرب دم في المحلول سيتغير لونه الى اللون الداكن فأن الضوء الاحمر والاخضر سوف يمتص من قبل الدم في المحلول والضوء سيصل الى الخلية الضوئية قليل الذي بدوره سيعطي اشارة الى الدائرة الالكترونية التي بدورها تعطي اشارة الى الانذار الضوئي والصوتي كما يقوم بتوقيف مضخة الدم واغلاق الصمام القارص والشكل (12-26) يوضح شكل متحسس تسرب الدم في المحلول.

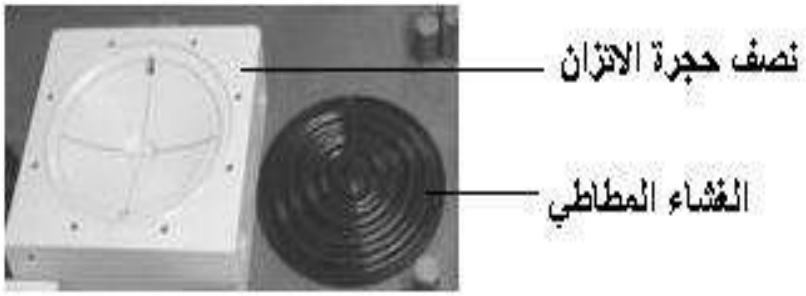



**شكل 12-26 متحسس تسرب الدم في المحلول**

## 8 - حجرة الموازنة (Balance Chamber)

هي عبارة عن تجويف في منتصفه غشاء مطاطي يقسم الحجرة الى نصفين متساويين كل نصف يرتبط بصمامين احدهما لدخول المحلول والاخر لخروج المحلول والنصف الآخر أيضا له صمامان احدهما لدخول المحلول بعد الغسل والاخر لخروج المحلول بعد الغسل. في جهاز الكلية الصناعية توجد حجرتان تعملان بالتناوب وتقوم بإدخال حجم معين من المحلول الى المرشح وسحب نفس الحجم من المرشح بعد الغسل.

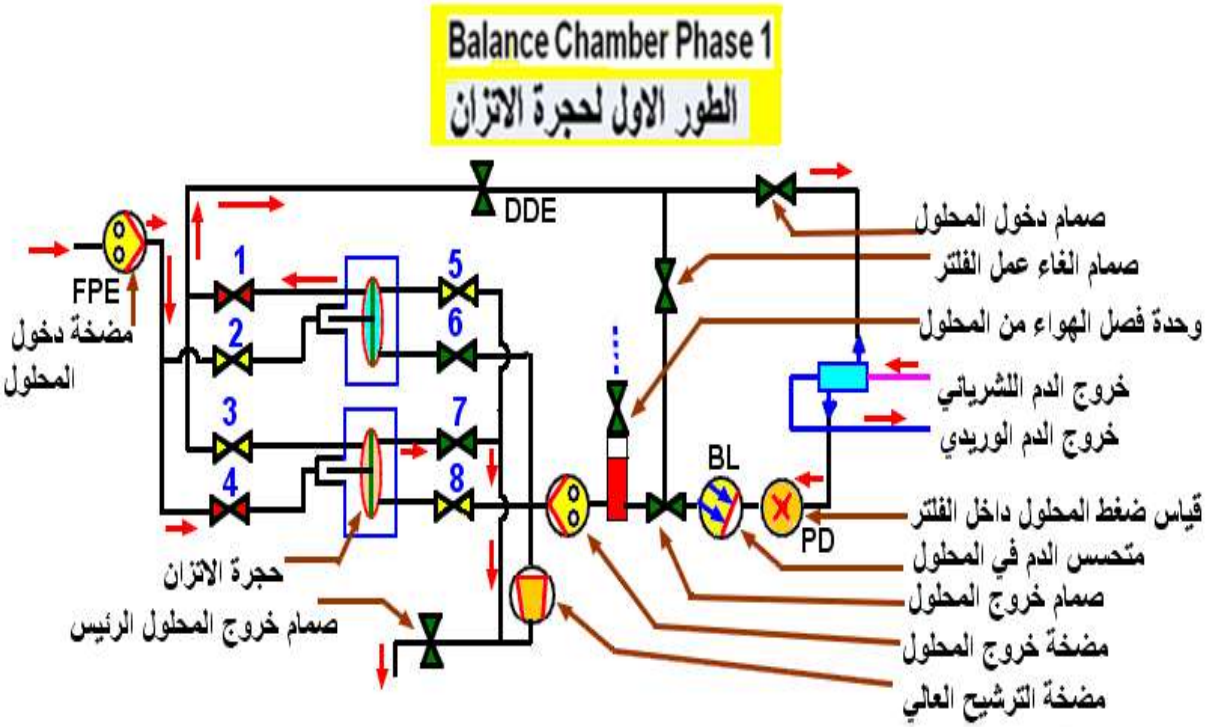
ويمكن وصف عمل وحدة حجرة الموازنة بشكل طورين في العمل حسب موقع الغشاء المطاطي (Diafram) في كلا الحجرتين. والشكل (12-27) يمثل حجرة مفتوحة الى نصفين وبجوارها الغشاء المطاطي.




**شكل 12-27 مقطع من حجرة الاتزان وبجانبه الغشاء المطاطي**

1- الطور الاول:-

عندما يكون وضع الغشاء المطاطي في الحجرة العليا في اقصى اليمين وموقع الغشاء المطاطي الثاني في الحجرة السفلى في اقصى اليسار كما في الشكل (12-28).

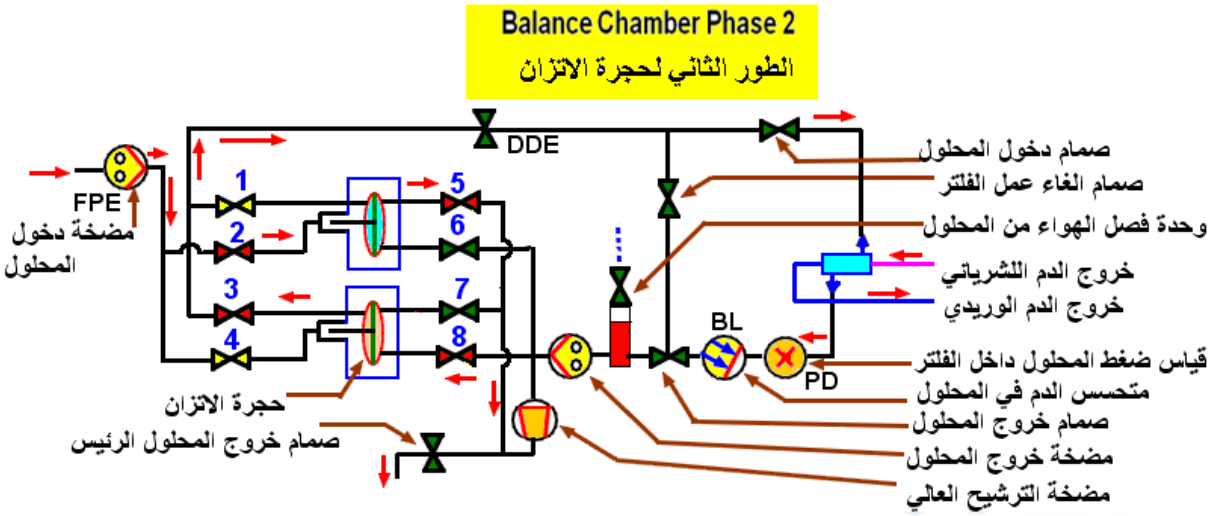



**شكل 12-28 الطور الاول في عمل حجرة الاتزان**

في هذه الحالة تكون الصمامات بالارقام (1-4-6-7) في وضع (ON) والصمامات (2-3-5-8) في وضع (OFF). وبذلك سوف تكون الحجرة العليا مهيأة لدفع المحلول الى الفلتر والحجرة السفلى مهيأة لاستقبال المحلول في الجهة اليسرى من الحجرتين. اما الجهة اليمنى من الحجرتين فستكون الحجرة العليا مهيأة لدخول المحلول بعد الغسل والحجرة السفلى مهيأة لخروج المحلول بعد الغسل. وبمتابعة السهم في الشكل (12-28) نستطيع معرفة طريق جريان المحلول قبل الغسل وبعده.

2- الطور الثاني:- عندما يكون وضع الغشاء المطاطي في الحجرة العليا اقصى اليسار وموقع الغشاء المطاطي الثاني في الحجرة السفلى في اقصى اليمين كما في الشكل (12-29). في هذه الحالة يمكن الصمام رقم (2-3-5-8) في وضع (ON) والصمام رقم (1-4-6-7) في وضع (OFF). وبذلك سوف تكون الحجرة العليا مهيأة لدفع المحلول بعد الغسل الى المجاري والحجرة السفلى مهيأة لاستقبال المحلول بعد الغسل في الجهة اليمنى من حجرة الاتزان اما الجهة اليسرى من حجرة الاتزان فستكون العليا مهيأة لاستقبال المحلول والسفلى مهيأة لدفع المحلول الى الفلتر. وبمتابعة السهم في الشكل (12-29) نستطيع معرفة طريق جريان المحلول قبل الغسل وبعده. من الملاحظ ان عمل الطورين هو عملية متعاكسة وتكون بالتعاقب وهذه الطريقة تسمح بدخول حجم معين الى المرشح وخروج نفس الحجم منه وهذه العملية تسمح بخروج الاملاح من الدم الى المحلول دون فقد أي سائل من الدم ولكن اذا اردنا ان نرشح بعض السوائل من الدم لذا يجب وضع مضخة اخرى تقوم بسحب المحلول بعد

الغسل ودفعه الى المجاري بالاضافة الى خروج المحلول بعد الغسل من حجرتي الاتزان الى المجاري وهذه المضخة تسمى مضخة الترشيح العالي (Ultrafilteration Pump). فعند عمل هذه المضخة سوف يفقد المريض الاملاح الزائدة مع السوائل الزائدة.




**شكل 12– 29 الطور الثاني في عمل حجرة الاتزان**

## 12 – 9 الماء المرشح (المفلتر) (R.O)

هو الماء المستخدم في جهاز الكلية الاصطناعية، حيث يتم معالجة ماء الاسالة وتحويله الى ماء مفلتر في وحدة الماء المعالج (R.O) وتتألف هذه الوحدة من عدة مراحل وكما يلي :-

1 – مرحلة تنظيف الماء من الشوائب والطين بواسطة مرشحات.

2 – مرحلة تخليص الماء من الاملاح بواسطة مرشحات.

3 -مرحلة تخليص الماء من بعض الايونات بواسطة مواد كيميائية صلبة.

4 – مرحلة تعقيم الماء بواسطة الاشعة فوق البنفسجية (UV).

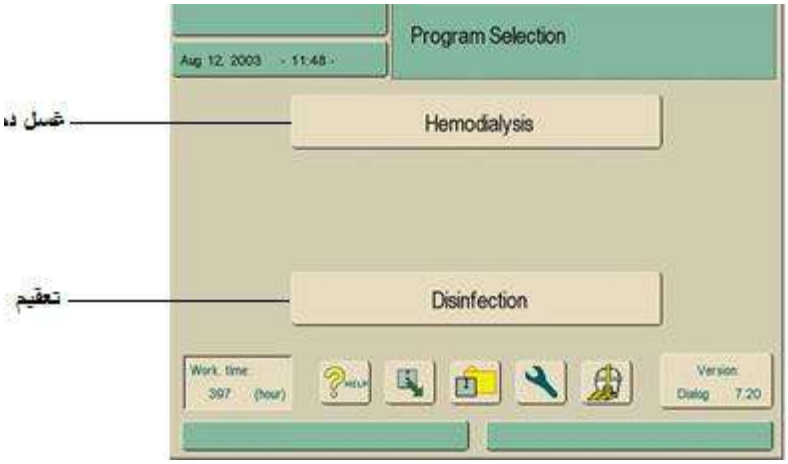
## 12-10 كيف تعمل منظومة المحلول المركز

بعد ان تم تحضير المحلول المركز في خزان الخلط الرئيسي في مركز الكلية الصناعية تاخذ حاوية سعة (5) لتر وتوضع في مقدمة الجهاز وتغمس فيها الانبوب الخاص بسحب المحلول المركز في الجهاز ذي الحلقة الحمراء وبعد تشغيل الجهاز سوف تسحب مضخة لخلط المحلول المركز من الحاوية وتخلط مع الماء المرشح (R.O) الذي تم ربطه مسبقا في الجهاز من منظومة الـ (R.O) وبعد الخلط يدخل المحلول الى وحدة تفريغ الهواء لتخليص المنظومة من فقاعات الهواء وبعدها تدخل الى وحدة قياس التوصيلية الذي يحدد تركيز المحلول وبعدها الى وحدة التسخين ليثبت حرارة المحلول على (37) درجة مئوية وبعدها يدخل الى حجرة الموازنة الذي يسيطر على دخول المحلول الى الفلتر وخروجه الى المجاري ثم يذهب الى مرشح الدم ويخرج

من مرشح ليدخل في وحدة كشف الدم في المحلول ويخرج الى المجاري. ان هذا المسار للمحلول في حالة ان التركيز صحيح ولكن اذا كان خاطئا فان المحلول سوف يمر بطريق اخر فبعد خروجه من حجرة الموازنة يذهب مباشرةً الى المجاري.ان الطريقة السابقة هي طريقة المحلول الملحي المركز ولكن اذا استعملنا طريقة (البايكاربونيت) فيجب وضع محلول البايكاربونيت في حاوية (5) لتر وتغمس فيها الانبوب ذا الحلقة الزرقاء والمحلول الحامضي نغمس فيه الانبوب ذا الحلقة الحمراء وتجري العملية السابقة بنفس الترتيب. كما ويمكن الاستعاضة بمحلول البايكاربونيت بحاوية تحتوي على باودر (Powder) للبايكاربونيت يوضع في واجهة الجهاز ولانحتاج الى تحضير محلول بايكاربونيت لان مسار الـ (R.O) سوف يمتزج بهذا الباودر ويصبح محلول بايكاربونيت ويدخل داخل الجهاز محلول كامل.

## 11-12 تعقيم الجهاز

نحن نعلم ان دم المريض يدخل الى الجهاز ويخرج منه عن طريق المرشح وهذا المرشح له غشاء يسمح بمرور الفايروسات لانها اصغر من حجم ايونات الاملاح وبذلك سوف يتلوث الجهاز فهو بحاجة الى تعقيم وهناك ثلاثة انواع من التعقيم يجب اجراؤها كلها دون استثناء ولكن بفترات مختلفة فبالرجوع الى واجهة الجهاز كما في الشكل (12-30) نختار التعقيم (Disinfection) ثم ندخل في طرق التعقيم التالية:-




**شكل 12-30 واجهة الجهاز لاختيار التعقيم**

### أ) التعقيم بالتسخين

بعد انتهاء عملية غسل الدم يجب تمرير ماء (R.O) لتخليص الجهاز من الاملاح المتبقية وبعدها يبدأ المسخن بالعمل حتى تصل الحرارة الى (95) درجة مئوية وتستمر المضخة بالعمل حيث تقوم بتدوير المحلول داخل الجهاز ولمدة (45) دقيقة وبعدها يدخل ماء (R.O) لكي يزيل الماء الساخن ويبرد الجهاز لاجل استخدامه لمريض اخر.

### ب) التعقيم بالمحاليل الكيميائية

هذا النوع من التعقيم يمكن اجراؤه مرتين في الاسبوع لضمان القضاء على كل انواع الفايروسات والبكتريا في الجهاز ان هذه العملية في التعقيم تتم بواسطة سحب محلول معقم يوضع خلف الجهاز ويسحب بواسطة انبوب ويخلط هذا المعقم بماء الـ (R.O) بنسب معينة حسب نوع المادة المعقمة ويدخل الى الجهاز

وتقوم مضخة بتدوير المحلول المعقم داخل الجهاز ولمدة ساعة وربع وبعدها يدخل الماء (R.O) لدفع المحلول المعقم من الجهاز وتنظيفه منه. ان هذا النوع من التعقيم يتم بعد عملية التعقيم بالحرارة مباشرةً.

**ج) التعقيم بمحلول حامض الستريك**

هذا النوع من التعقيم يستعمل كل اسبوع مرة واحدة في حالة استخدام محلول ملحي في عملية غسل الدم ويومياً في حالة استخدام مادة البايكاربونيت في عملية غسل الدم.
أن هذا النوع من التعقيم يقضي على الفايروسات والبكتريا في داخل الجهاز كما وان له تأثير اخر مهم جدا وهو ازالة المواد الملحية المتكلسة داخل الجهاز وذلك لديمومة عمل الجهاز وتنظيف المتحسسات داخل الجهاز وتكون عملية التعقيم بهذه الطريقة بنفس الطريقة السابقة في التعقيم بالمواد الكيمائية.

## أسئلة الفصل الثاني عشر

س1- ما وظيفة الكلية البشرية؟
س2- كيف يعمل الفلتر في جهاز الكلية الاصطناعية؟
س3- عدد مكونات منظومة الدم.
س4- عدد مكونات منظومة المحلول.
س5- كيف تعمل مضخة الدم؟
س6- ما هي الأملاح المستخدمة في تحضير المحلول الملحي؟
س7- ما هي أنواع الإنذارات في جهاز الكلية الاصطناعية ؟
س8- لماذا نضع متحسس للدم في المحلول؟
س9- لماذا نضع متحسس فقاعات الهواء في الدم؟
س10- كيف تعمل حجرة الاتزان؟
س11- عدد طرق التعقيم مع تعريف كل واحدة منها.
س12- ما هي طرق التحسس بفقاعات الهواء في الدم؟
س13- كيف يعمل متحسس الهواء في الدم؟
س14- كيف يعمل متحسس الدم في المحلول؟
س15- لماذا نستخدم مادة الهيبارين في الدم في أثناء عملية الغسل؟
س16- ما سبب وجود متحسسات للضغط الشرياني والوريدي؟
س17- لماذا نسخن المحلول على (37) درجة مئوية؟
س18- كيف تعمل وحدة إزالة الهواء من المحلول؟
س19- ما هي أسباب استخدام جهاز الكلية الاصطناعية ؟
س20- عرف مايلي:-
أ) جهاز الكلية الاصطناعية ، ب) فلتر الدم، ج) مضخة الدم، د) الصمام القارص، هـ) متحسس فقاعات الهواء في الدم، و) متحسس تسرب الدم في المحلول، ز) حجرة الاتزان، ح) التعقيم بالحرارة،ط) مضخة خلط المحلول، ي) الماء المفلتر(R.O) ، ك) متحسس تركيز المحلول، ل) وحدة إزالة الهواء في المحلول، م) وحدة البايكاربونيت.