أنظمة التنفس في التخدير وجهاز التخدير
Anaesthesia Breathing Systems and Anaesthetic machine

أنظمة التنفس (الدارات التنفسية) Breathing Systems :

التعريف : هو مجموعة من التراكيب تصل الطريق التنفسي للمريض بجهاز التخدير، مما يسمح للمريض بتبادل الغازات التنفسية والتخديرية من وإلى جهاز التخدير.

الهدف : جميع أنواع الدارات التنفسية وأجهزة التخدير تهدف لغايتين أساسيتين :

- إيصال الأوكسجين والغازات التخديرية للمريض .
- طرح CO2 (عن طريق كمية كافية من جريان الغازات الطازجة FGF أو بإمتصاصه بواسطة الكلس الصودي).

تاريخ أنظمة التنفس :

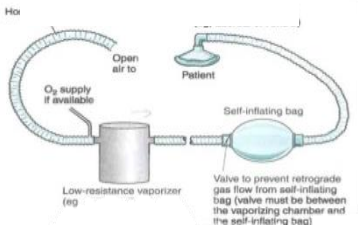
على مر التاريخ تطورت أنظمة التنفس بالتسلسل التالي :

1. الإنشاق Insufflations :

أصبحت هذه الطريقة من التاريخ حيث يوضع قناع وجهي مؤلف من مجموعة من الأسلاك (قناع شيميل بوش Shimmeel – Bush Mask) ومغطى بقطع من الشاش المبللة بواسطة التقطيربمادة مخدرة طيارة (الكلوروفورم أو الإيتر....) حيث يقوم المريض بإستنشاق المادة المخدرة مع هواء الشهيق فيحدث الفعل المخدر.

قناع شيميل - بوش

2. طريقة السحب draw - over anesthesia : تعتمد هذه الطريقة على دارة تضمن عدم حدوث عود التنفس عن طريق صمام موجود قرب القناع الوجهي يمنع استنشاق الغازات المزفورة ويكون فيها الهواءالجوي هو الغاز الحامل للمادة المخدرة مع إمكانية إعطاء أوكسجين إضافي .



جهاز السحب

3. دارات مابلسون Mapelson Breathing Circuites :

سنفصل بها بعد قليل.

4. الدارات الحلقية Circle Systems :

سنفصل بها بعد قليل.

مواصفات الدارة المثالية :

A. آمنة ، وإقتصادية بتوفير الغازات الطازجة والمخدرات الطيارة .
B. تحافظ على حرارة ورطوبة الغازات المستنشقة بشكل مناسب للمريض.
C. خفيفة الوزن.
D. فعالة أثناء التنفس العفوي والمضبوط .
E. مقاومتها قليلة (طولها أقل مايمكن – أعرض مايمكن – لاتحوي على إنحناءات حادة أو تغير حاد في القطر).
F. فعالة بطرح الفضلات الغازية.
G. قليلة الحيز الميت.
H. قادرة على حماية رئة المريض من الرض الضغطي.

المكونات الأساسية لأنظمة التنفس :

A. مدخل الغازات الطازجة.
B. أنابيب توصيل (من المطاط قديماً ومن البلاستيك أو السيليكون حديثاً).
C. صمام تحرير (ضبط) الضغط APL.
D. مخزن الغازات : كيس (له قياسات متعددة) أو أنبوب.
E. وصلة مع المريض.
F. وصلة لطرح الفضلات الغازية.

تصنيف الأنظمة التنفسية Classification of Breathing Systems :

لقد صنفت الأنظمة التنفسية (الدارات) بعدة طرق ولكن سنذكر الطريقة التي صنفها دريبس ومعاونيه (Dripps et al) لبساطتها وشيوعها بالشكل التالي :
(المفتوحة – نصف المفتوحة – نصف المغلقة – المغلقة) وذلك اعتماداً على وجود أو غياب مايلي :

- كيس أو أنبوب لخزن الغازات Reservoir(bag or tube) .
- عود التنفس Rebreathing .
- وعاء ماص لغاز CO2 CO2 absorber.
- صمامات وحيدة الإتجاه Unidirectional valves.

الدارة المفتوحة Open Circuit :

تسمى تجاوزاً بالدارة بالرغم من غياب جميع أقسام الدارة (كيس خزن الغازات - صمام تحرير الضغط - وعاء ماص لغاز CO2 - صمامات وحيدة الإتجاه).
ويتميز هذا النظام بما يلي :

- تتحرر الغازات التخديرية مباشرة إلى الطريق الهوائي للمريض.
- يعمل الهواء كممدد لتركيز الغازات التخديرية.
- الجهاز التنفسي للمريض مفتوح على الهواء المحيط به أثناء الشهيق والزفير.

محاسنها : عدم عودة إستنشاق غاز ثاني أوكسيد الكربون.

مساوئها : عدم التحكم بعمق التخدير - تعرض غرفة التخدير للتلوث الشديد بغازات التخدير – عدم القدرة على تطبيق التهوية المساعدة أوالمضبوطة – العجزعن الإحتفاظ بالحرارة أو الرطوبة المزفورة .

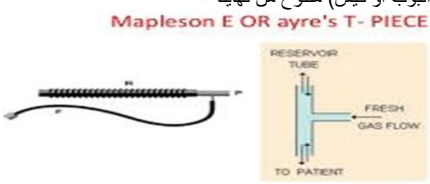
أمثلة : القنية الأنفية – قناع شيميل بوش للإيتر الذي يوضع بعيداً عن وجه المريض.

القنية الانفية

الدارة نصف المفتوحة Semi-Open Circuit :

ويتميز هذا النظام بما يلي :

- يكون الطريق التنفسي للمريض مفتوح على الهواء المحيط به أثناء الشهيق والزفير من خلال (أنبوب أو كيس) مفتوح من نهايته.
- يحوي أنبوب أوكيس لخزن الغازات.
- لايحوي صمام عود التنفس.
- لايحوي صمامات وحيدة الإتجاه.
- لايحوي وعاء ماص ل CO2.
- حجم الغاز الطازج المعطى للمريض يزيد عن حجم الدقيقة التنفسية.



ملاحظة : حجم الدقيقة التنفسية (Minute Ventilation) MV= الحجم الجاري × عدد مرات التنفس .

الحجم الجاري : هو حجم الهواء أو الأوكسجين الداخل إلى الرئتين في كل تنفس.

محاسنها : وزنها خفيف – مقاومتها قليلة بسبب عدم وجود صمامات – الحيز الميت قليل – يمكن استعمالها في التنفس العفوي والمضبوط.

مساوئها : تحتاج لكميات كبيرة من الغازات الطازجة – تلوث الغرفة بغازات التخدير – لايمكن استعمالها في أجهزة التخديرالحديثة .

ملاحظة : الحيزالميت هوالمقدار من الحجم الجاري الذي لايحصل فيه تبادل غازي.

أمثلة : - دارة القطعة t لآيرAyer's T-Piece بدون أنبوب زفيري أو مع أنبوب زفيري ولكن سعته أقل من حجم الدقيقة التنفسية للمريض لإحداث تمديد للهواء الداخل.

الدارة نصف المغلقة Semi-Closed Circuit :

ويتميز هذا النظام بما يلي :

- الجهاز التنفسي للمريض مغلق بشكل تام عن الهواء الخارجي أثناء الشهيق ولكنه مفتوح بشكل جزئي أو كلي على الهواء الخارجي أثناء الزفير.
- خازن الغازات غير مفتوح على الهواء الخارجي.
- صمام عود التنفس قد يكون أولايكون موجوداً.

محاسنها ومساوئها :

تختلف حسب نوع الدارة المستخدمة فلا نستطيع أن نجمل جميع أنواع الدارات نصف المغلقة بنفس المحاسن والمساوىء .

أمثلة : - دارات مابلسون التي تسمح بعود التنفس.

- الدارة الحلقية مع كمية غاز طازج أكبر من الدقيقة التنفسية للمريض وبقاءصمام تحرير الضغط (APL) مفتوحاً للسماح بطرد الغازات المزفورة.

دارات مابلسون Mapleson Circuits :

طورها العالم الإنكليزي مابلسون بالنموذج الأول منها (A) وجاءمن بعده عدة علماء أضافوا عليها تعديلات مختلفة، وبقيت تسمية مابلسون تستخدم لتصنيفها،مع ذكر اسم العالم الذي طورها من (B) إلى (F) .

وهي دارات مازالت تستعمل حتى وقتنا هذا في العمليات البسيطة ولفترات قصيرة وخاصة عند الأطفال .

تحوي دارات مابلسون على المكونات التالية :

- **مدخل جريان الغازات الطازجة:(FGF) Fresh Gas Flow** (والتي تتكون من أوكسجين لوحده أومع هواء ومع أو بدون نايتروس أوكسايد) مع أوبدون المخدرات الطيارة .
- **الأنابيب التنفسية:** كانت تصنع (قديماً) من المطاط للاستخدام المتكرر،والبلاستيك أو السيليكون (حديثاً) للاستخدام لمرة واحدة ، و تكون متعرجة ذات أقطار مختلفة (حسب الفئة العمرية).
- **صمام تحرير الضغط : Adjustable Pressure Limiting valve (APL)** يسمح بضبط الضغط ضمن الدارة (زيادة أو نقصان) وذلك لضمان تهوية كافية للمريض من جهة ولمنع حدوث رض ضغطي رئوي (Pulmonary Barotrauma) من جهة أخرى.
- **بالون التخزين : Breathing Bag Reservoir** يعمل كخزان للغازات التخديرية ، ووسيلة لإحداث ضغط ايجابي ضمن الدارة و تطبيق التهوية المساعدة (Assisted) أو المضبوطة (Controlled) ، وأهم ميزة فيزيائية له هي مطاوعته الكبيرة (بحيث أنه لو ترك سهواً صمام تحرير الضغط مغلقاً فإن الغازات التخديرية المستمرة بالتدفق ستمدد البالون إلى مستويات كبيرة و ذلك أيضاً منعاً لحدوث رض ضغط رئوي) .

أيضاً تكون سعة البالون مختلفة حسب الفئة العمرية بحيث تتناسب مع الحجم الجاري الخاص بالمريض.

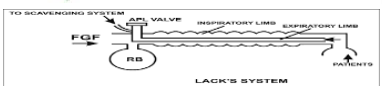
- تمتاز دارات مابلسون بما يلي :

1. رخيصة الثمن - 2. خفيفة الوزن - 3. بسيطة التركيب - 4. يحصل فيها عود تنفس (وخاصة إذا كان الحجم الجاري المعطى غير كافي).

- وتصنف دارات مابلسون وفق الترتيب الأبجدي الانكليزي من A حتى F وسنشرح بإختصار عنها وبالترتيب :

مابلسون A وتدعى أيضاً بدارة ماغيل (Magil System):

- تمتاز بكونها الأفضل عند تطبيق التهوية العفوية (Spontaneous Ventilation) حيث أنها تحتاج في هذه الحالة لحجم جريان من الغازات الطازجة مساو أو أكثرمن حجم الدقيقة التنفسية الخاصة بالمريض MV.
- طورت لاحقاً لتصبح وفق نظام متحد المركزCO-AXIAL (أنبوب داخلي يحيط به أنبوب خارجي)تدخل فيه الغازات من الأنبوب الخارجي وتخرج من الأنبوب الداخلي ويدعى هذا التصميم بنظام لاك Lack System.

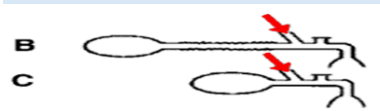


مابلسون B :

- تقريباً لم تعد تستعمل في التخدير بسبب عود استنشاق جزء كبيرمن الغازات المزفورة عند إعطاء حجوم قليلة من الغازات الطازجة.
- يمكن تجنب ظاهرة عود التنفس Rebreathing بإعطاء حجوم من الغازات الطازجة أكبر بمرتين من حجم الدقيقة التنفسية للمريض في حال التنفس العفوي والمضبوط.

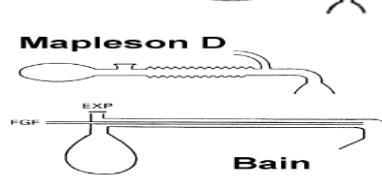
مابلسون C وتدعى أيضاً ب Water,s circuit :

- هي عبارة عن دارة مابلسون B ولكن الأنبوب الخاص بها أقصر.
- يقتصر استعمالها حالياً في الحالات الطارئة لإعطاء الأوكسجين أثناء الإنعاش القلبي الرئوي أو عند نقل المرضى المثبطين تنفسياً من مكان لآخر.
- تدعى أيضاً نظام حقيبة الإنعاش Ambu Bag System .



مابلسون D :

- تمتاز بكونها الأنسب عند استخدام التهوية المساعدة أو التهوية الإجبارية (المضبوطة) بإعتبار أنها في هذه الحالة من التهوية تحتاج حجم جريان غازات طازجة مساو تقريباً لحجم الدقيقة التنفسية للمريض.
- تم تطويرها لتصبح متحدة المركز CO-AXIAL ولكن بعكس نظام لاك فهنا تدخل الغازات الطازجة من الأنبوب الداخلي وتخرج الغازات المزفورة من الأنبوب الخارجي و يسمى هذا التصميم بنظام بن (Bain System).



مابلسون E وتدعى أيضاً ب (Ayre,s-T- Piece) :(ذكرناها مع الصورة في الدارة نصف المفتوحة)

- يدخل الغاز الطازج في هذا النظام من خلال ذراع جانبي٠
- تتصل إحدى نهايات جسم النظام بالمريض والنهاية الأخرى تتصل بأنبوب يعمل كخازن للغازات٠
- لايحوي هذا النظام على كيس لخزن الغازات٠
- هذا النظام مناسب للولدان والاطفال الصغارللتنفس العفوي لتقليل المقاومة الناتجة عن وجود صمام زفيري(صمام تحرير الضغط)٠

مابلسون F وتدعى أيضاً ب (جاكسون - ريزالمعدلة عن قطعة T لآير Jackson-Rees Modification of Ayre,s-T- Piece):

- أضاف فيها جاكسون وريز لدارة مابلسون E كيس لخزن الغازات في نهايته صمام لتحرير الضغط (APL)٠
- تعتبر هذه الدارة الأنسب على الإطلاق للولدان والاطفال الصغاروخاصة للتنفس المضبوط٠

الدارة الحلقية Circle System :

يمكن استخدام الدارة الحلقية ك :

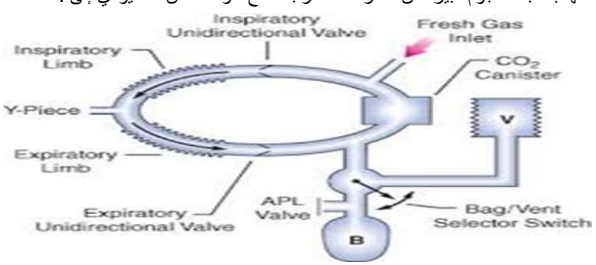
❖ **دارة نصف مغلقة :**حيث يحدث عود جزئي لغازات الزفيرإذا أعطينا كمية متوسطة من الغازات الطازجة وابقينا صمام تحرير الضغط مفتوح جزئياً٠

❖ **دارة مغلقة :** هنا تكون كمية الغازات الطازجة المعطاة للمريض مساوية تقريباً للكمية المستهلكة مع إبقاء صمام تحرير الضغط مغلقاً٠

<u>لقد تكلمنا عن الدارة نصف المفتوحة ونصف المغلقة وسنفصل الآن بالدارة المغلقة :</u>

الدارة المغلقة Closed Circuit :

- باعتبار وجود مادة ماصة لغاز CO2 والتي توضع ضمن وعاء (canister) فإن أغلب الغازات الزفيرية يعاد استخدامها بعد تخلصها من غاز CO2 مع قليل من الغازات الطازجة الجديدة ، تدعى هذه العملية إعادة تدوير(re – circulate) ومن هنا جاءت تسمية الدارة الحلقية٠
- على الرغم من أن دارات مابلسون كانت خطوة متقدمة من الأنظمة القديمة إلا أنها بحاجة لحجوم كبيرة من الغازات الطازجة لمنع عود التنفس مما يؤدي إلى :
  1. ضياع كمية كبيرة من المخدر الإستنشاقي غالي الثمن٠
  2. ضياع جزء من حرارة ورطوبة المريض٠
  3. تلوث غرفة العمليات بالغازات الإستنشاقية٠



- **<u>يحتوي نظام الدارة المغلقةعلى مايلي :</u>**
  - مدخل للغازات الطازجة ٠
  - أنابيب متعرجة قليلة المقاومة ٠
  - صمامين وحيدي الإتجاه للشهيق والزفير٠
  - صمام مخفف للضغط (APL)٠
  - كيس لخزن الغازات ٠
  - (وعاء أو وعائين) يحوي المادة الماصة لغاز CO2 ٠
  - القطعة Y التي تصل الدارة مع المريض ٠

فوائد ومزايا الدارة المغلقة Advantages of Closed Circle :

1. تحافظ على الحرارة والرطوبة٠
2. تقلل من تلوث غرفة العمليات٠
3. اقتصادية (نحتاج مقادير أقل من الغازات الطازجة والمخدرات الإستنشاقية)٠
4. مناسبة للأطفال والبالغين٠

مساوئها Disadvantages :

1. ثقيلة وحجمها كبير ٠
2. معقدة٠
3. زيادة احتمالية انفصال بعض أجزاءها عن بعض٠
4. مقاومتها عالية بسبب وجود الصمامات أثناء التنفس العفوي٠
5. صعوبة التنبؤ بتركيز المخدر الإستنشاقي أثناء إعطاء جريان غازات طازج منخفض٠

إمتصاص غاز ثاني أوكسيد الكربون CO2 Absorption :

يتم طرح غاز CO2 عن طريق وعاء يحوي مادة ماصة لهذا الغازأشهرها وأكثرها أهميةً واستخداماً(الكلس الصودي **Soda Lime**) ، وهي عبارة عن مادة كيميائية على شكل حبيبات بقياس (4 – 8) Mesh ،تعبأ في المخزن الخاص بها في الدارة الحلقية ، وهذه المادة (الكلس الصودي **Soda Lime**) مركبة من المكونات التالية :

هيدروكسيد الكالسيوم Ca(OH)2 +(هيدروكسيد الصوديوم NaOH أوهيدروكسيد البوتاسيوم KOH)أوكلاهما + ماء٠

ويضاف لهذا المزيج مادة السيليكاSilica لتكتسب هذه الحبيبات قساوة تمنع تحولها لمسحوق قد يستنشقه المريض ويؤذيه٠

كما يضاف لها مشعر لوني (بنفسجية الإيثيل ethyl violet) ليدلنا عند تغير لونه من الأبيض إلى الإرجواني على فعالية وإنتهاء فعالية هذه المادة ٠

علبة الكلس الصودي : Canister of Soda Lime

- قد يحوي جهاز التخديرعلى علبة واحدة أوعلبتين متصلتين وهو الأفضل لزيادة مقدارإمتصاص ال CO2٠
- وينبغي ألا يزيد حجم الصودا لايم في العلبة عن 50% من حجمها ٠
- يجب تبديل الماده عند تغير لون ٧٠ - ٨٠ % من كميتها لانها تصبح مشبعة بغاز ثاني اوكسيد الكربون٠
- إن ظهور العلامات التالية على وعاء الكلس الصودي وعلى المريض تدل على حدوث هذه التفاعلات بشكل جيد :
  - تغير لون الحبيبات حسب ماذكرنا ٠
  - يصبح الوعاء دافئاً في الأعلى وبارداً في الأسفل ٠
  - عدم ظهور علامات فرط الكربمية عند المريض (إحمرار الوجه – تعرق – تسرع النبض ٠٠٠٠٠)٠

التفاعلات ضمن علبة الكلس الصودي :Reaction with Soda Lime Canister

$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$

$H_2CO_3 + 2\ NaOH\ (or\ KOH) \rightarrow Na_2CO_3\ (or\ K_2CO_3) + 2\ H_2O + Energy$ (تفاعل سريع)

$Na_2CO_3\ (or\ K_2CO_3) + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + 2\ NaOH\ (or 2\ KOH)$ (تفاعل بطيء)

نلاحظ ان هيدروكسيد الصوديوم الداخلة في التفاعل الثاني قد أعيد انتاجها في التفاعل الثالث لتعود وتدخل في التفاعل الثاني في المرة التالية٠

وإن 100 غرام من هذه المادة قادرة على امتصاص 23 – 26 لتر من غاز CO2٠

جهاز التخديرAnaesthetic machine :

- هو الجهاز الذي يزوّد المريض بالأوكسجين والغازات التخديرية خلال الفترة السابقة للعمل الجراحي وأثناءه والفترة التالية له.
- تطور جهاز التخدير مع تطور التقنية الحديثة من جهاز نفخ بسيط إلى مجموعة متداخلة ومعقدة من الأجهزة الإلكترونية والكهربائية والميكانيكية التي تتضمن أجهزة ضخ الهواء وأجهزة المراقبة وأجهزة الإنذاربالإضافة لأجهزة قياس الضغوط والجريان.
- يتلقى جهاز التخدير الغازات من مصدرها (الأنابيب المركزية القادمة من مراكز خزن الغازات في المشفى أو الإسطوانات) ، وبالإضافة لذلك فإن كل جهاز تخديريحوي اسطوانتين صغيرتين من الأوكسجين معلقتين خلف الجهاز تحسباً لأي خلل في المصدر المركزي للأوكسجين ريثما يتم رصد العطل وإصلاحه لكيلا ينقطع الأوكسجين عن المريض المخدر.

ينبغي وصول الغازات إلى الجهاز بضغط حوالي 4 بار(4 ضغط جوي)بعد تخفيضه بواسطة ساعات مخفضة للضغط ، ثم يتم تخفيض ضغط الغازداخل الجهاز إلى بار واحد بواسطة معدلات (صمامات)للضغط بحيث يصبح مناسب للمريض.

ثم تمر(أولاتمر)الغازات إلى المبخرات حيث تشبع بالمادة المخدرة الإستنشاقية لدرجة نحددها نحن وينتج لدينا المزيج الغازي المخدر الذي يصل إلى المريض عبر الدارة التنفسية بعد مرورها (أوبدون مرور) في المنفسة Ventilator.

- **<u>يحوي جهاز التخدير بشكل عام مايلي :</u>**

1. **معدلات الضغط :** وهي عبارة عن صمامات تخفض من ضغط الغازات أثناء مرورها في جهاز التخدير.
2. **مقاييس الصبيب (الجريان):** لتحديد سرعة جريان الغاز(لكل غازمقياس) ،وهو أنبوب شفاف يحوي مؤشر(بكرة أوكرة) يبين كمية الغازالمعطى للمريض من الغازخلال دقيقة.
3. **المبخرات :** وقد يحوي الجهاز على مبخر أوأكثر، وكل مبخر يكون نوعي بالنسبة للسائل المخدر الطيارالخاص به.
4. **أنظمة تنفس** (منفسة + دارة تنفسية أودارة تنفسية فقط): حيث تتلقى الغازات والأبخرة وتنقلها إلى المريض.
5. **وصلة أو جهاز** لطرح الغازات الزائدة لتقليل تلوث غرفة العمليات.

- **<u>يضاف للمكونات السابقة لجهاز التخديرفي الأجهزة الحديثة مكونات أخرى نذكر أهمها :</u>**

6. **أجهزة تحليل الغازات :** حيث تعطينا قراءات لنسبة الأوكسجين والمخدر الإستنشاقي في هواء الشهيق والزفير.
7. **أجهزة قياس الحجوم التنفسية :** مثل قياس الحجم الجاري وحجم الدقيقة التنفسية ....الخ.
8. **أجهزة لقياس الضغوط** في الطرق الهوائية وفي الأنظمة التنفسية.
9. **أجهزة ترطيب :** لترطيب الغازات القادمة إلى المريض لمنع تخرش الطرق التنفسية.
10. **أجهزة الإنذار.**
11. **أجهزة قياس الحرارة.**

جهاز كنس الفضلات الغازية Scavenger :

يقوم هذا الجهاز بكنس الغازات من غرفة العمليات منعاً للتلوث.

<u>وإن المصادر الرئيسة للتلوث بالغازات والأبخرة هي :</u>

1. تسرب الغاز من المنفسات.
2. الغاز المزفور المدفوع عبر صمام التصريف لنظام التنفس.
3. التسرب من خلال بعض المعدات كالقناع غير المناسب.
4. الغاز المزفور من قبل المريض بعد التخدير.
5. إراقة السائل الطيار عند ملئ المبخر.

انتهت المحاضرة