د.نبيل درغام

ديناميكا الدم Dynamics of blood

1- مقدمة introduction:

2- تعاريف أساسية Fundamental definition :

2-1- المائعthe fluid:

2 -2 - المائع المثالي The stationary fluid:

3 3- المائع المستقر The stationary fluid:

2-4- الضغط The pressure:

2-5- اللزوجة The viscosity:

3 - أنظمة(التدفق) الجريان لمائع لزج The flux system for viscous fluid:

4- عدد رينولدز Reynold's number:

5- لزوجة الدم Viscosity of blood:

6- لزوجة البلاسما Viscsity of plasma:

ملاحظات Remarks:

7- ضغط الدم The blood pressure:

8 – أهمية ضغط الدم Importance of the blood pressure:

9 – الضغط الشرياني The arterial pressure:

1- 9 - الضغط الأعظمي أو الانقباضي (السيستوليك) The systolic arterial pressure

2-9- الضغط الأصغري أو الانبساطي (الدياستوليك) The diastolic arterial pressure:

3- 9- الضغط التفاضلي (النبضي) The differential (pulse)pressure:

4- 9-الضغط الشرياني الوسطي The mean arterial pressure:

10-الضغط الوريدي The vein pressure:

11- ضغط العين الداخلي The internal eye pressure:

12- العوامل المؤثرة باضغط الشرياني The affecting factors at arterial pressure:

المقاومة(المعاوقة) الوعائية(The vascular resistance (impedance:

14 – المقاومة الوعائية المحيطية الإجمالية للدورة الدموية الكبرى:
The total peripheral vascular resistance for the reat sanguine-cycle:
15 – عمل القلب البشري Work of human heart:
16- قياس ضغط الدم Blood pressure measuring:
17- تقانة قياس الضغط بمقياس ضغط الدم الشرياني:
1 -17 – الطريقة الجسية:
2- 17 – الطريقة التسميعية وأصوات (إيقاعات) كورتكوف :
18 – النبض The pulse:

ديناميكا الدم Dynamics of blood

1- مقدمة introduction:

الدم هو الحياة، يجري داخل الأوعية ليحمل الأوكسجين والماد الغذائية الحيوية إلى أعضاء الجسم فالنسج تعطي المعرفة الجيدة للدورة الدموية لأي كائن حي معلومات قيمة عن الوظائف الأساسية لعمل وبقاء هذا الكائن على قيد الحياة. والمشاكل التي تطرح من خلال ديناميكا الدم معقدة، وذلك بسبب هندية الشجرة الوعائية من جهة، ولكون التدفق القلبي هو نبض وليس مستمر من جهة أخرى.

2- تعاريف أساسية Fundamental definition :

2-1- المائع the fluid:

هو عبارة عن سائل أو غاز لا يمكن لأجزائه الحركة بالنسبة لبعضها بسهولة، بسبب وجود قوى احتكاك صغيرة نسبياً ُ بين جزيئاته والتي سنعرفها فيما بعد بالزوجة . يتصف لمائع السائل بالسيولة والمرونة، ويأخذ شكل الوعاء الذي يحويه، وهو غير قابل للانضغاط عملياً، إلا أنه قابل للتمدد بشكل طفيف جداً. في حين يتصف المائع الغاز بأنه يشغل بشكل دائم كل حجم الوعاء الذي يحتجزه ، وهو قابل للانضغاط والتمدد حيث يتغير حجمه بحسب الضغط المطبق عليه.

2 -2 – المائع المثالي The stationary fluid:

يعتبر المائع مثالياً إذا كانت قوي الاحتكاك بين جزيئاته معدومة وبالتالي تكون لزوجته معدومة أيضاً

3 3- المائع المستقر The stationary fluid: -

يطلق اسم المائع المستقر على المائع الذي لا تتغير فيه سرعة جسيماته في كل نقطة منه بتغير الزمن.

2-4- الضغط The pressure:

الضغط في نقطة ما من مائع محدد بمستوٍ متماثل المناحي مساحته S هو عبارة عن حاصل قسمة القوة الناظمية F المطبقة على هذا المستوي حول تلك النقطة على المساحة S يرمز له بالرمز P ويعبر عن ذلك بالعلاقة التالية:

$$P=\frac{F}{S}$$

تقدر S بال m^2 و F بال N بالجملة الدولية، أما في الجملة السغثية فتقدر S بال cm^2 و بال dyne أما الضغط فيقدر

$N\times m^{-2}$ أو $kg\times m^{-1}\times s^{-2}$ وتكافئ هاتين الواحدتين بواحد ال Pa حيث:

حسب الجملة الدولية بإحدى الوحدات التالية:

$$1Pa=1N\times\ m^{-2}=1Kg\times\ m^{-2}\times s^{-2}$$

أما في الجملة السغثية فيدر بإحدى الواحدات التالية:

$$\text{dyne}\times cm^{-2}\text{ أو }cm^{-2}\times s^{-2}$$

وتكافئ هاتين الواحدتين بواحدة ال $barye$ حيث:

$$1barye=1dyne\times cm^{-2}=1g\times cm^{-2}\times\ cm^{-2}$$

هنالك وحدات أخرى يقدر بها الضغط من أهمها نذكر: ال $mmHg$ وتستخدم في قياس الضغط الشرياني. كما يوجد أيضاً واحدة. ال $cmHg$ وتستخدم هذه الوهحد في الضغط الوريدي.

توجد علاقة تربط بين هذه الواحدات جميعها وهي من الشكل التالي:

$$1Pa=10.2\times10^{-3}cmH_2O=7.5mmHg=10barye$$

تجدر الإشارة إلى أن الضغط يمتلك نفس القيمة في جميع النقاط الواقعة في نفس المستوي، إلاأن هذا الضغط يتغير بحسب الارتفاع ويعطى بحسب قانتن باسكال $Pascal$ بالعلاقة التالية:

$$P=-\rho\times g\times z$$

يمكن التعبير عن قانون باسكال بصيغة ثايتة تعطى على شكل فرق في الضغط بين نقطتين (مستويين) $\Delta P=P_2-P_1$ فرق الارتفاع بينهما هو $\Delta Z=Z_2-Z_1$ ويعطى بالعلاقة التالية:

$$\Delta P=P_2-P_1=-\rho\times g\times(Z_2-Z_1)=-\rho\times g\times\Delta Z$$

على اعتبار أن g و ρ هما مقداران موجبان ، فإن ΔP من الممكن أن يكون موجباً أو سالباً وذلك بحسب ΔZ حيث نجد أنه في حال كانت $\Delta Z>0$ يكون $\Delta P<0$ أما في حالة $\Delta Z<0$ يكون $\Delta P>0$. وهنا لابد من الإشارة إلى أن جميع الكائنات الحية في الطبيعة

تخضع للضغط الجوي ، لذلك فإنه في معظم الحالات تقريباً يطلق اسم الضغط P لمائع موجود داخل جملة على فرق الضغط مابين نقطة تقع داخل الجملة ونقطة تقع خارجها أي أن $P = P_i - P_e$ ويسمى هذاالفرق بالضغط التفاضلي، أما في الفيزيولوجيا فيسمى بالضغط الانتقالي (فرق الضغط بين طرفي الغشاء) . كما تجدر الإشارة أيضاً إلى أن جسم الإنسان المثال عند التنفس وفي مرحلة الشهيق فإن الضغط في الرئتين يجب أن يكون أقل بقليل من الضغط لجوي وإلا فإن الهواء لا يدخل إلى الرئتين . وكذلك عندما يشر الشخص من خلال مصة (قشة) فإن الضغط في الفم يجب أن يكون سلبياً بمقدار ارتفاع الفم فوق مستوى السائل المشروب.

2-5- اللزوجة The viscosity:

تنشأ اللزوجة من احتكاك طبقات المائع بعضها ببعض، ومن احتكاك المائع أيضاً بجدار الأنبوب الذي يتحرك فيه. لقد بين نيوتن أن القوة الداخلية F_{int} بين طبقتين متوازيتين تتحركان بسرعتين مختلفتين تعطى بالعلاقة التالية

$$\mathrm{F_{int}} = \eta \times \mathrm{S} \times \frac{dv}{dx}$$

حيث $\frac{dv}{dx}$ يمثل تدرج السرعة و S تمثل سطح التماس بين الطبقتين و η تمثل معامل اللزوجة للمائع حيث يرتبط هذا المعامل بدرجة الحرارة، وكذلك بطبيع المائع.

تتميز القوة $\mathrm{F_{int}}$ بكونها موازية لتغير السرعة dv وتتجه بنفس الجهة.

يمكن حساب η بطريقة الكرة الساقطة (طريقة ستوكس) وذلك من خلال العلاقة الرياضية التالية:

$$\eta = \frac{2}{9} \times \frac{\mathrm{r}^2 \times \mathrm{g}}{\mathrm{v_c}} \times (\rho - \rho)^{\circ}$$

حيث ρ° و ρ تمثلان الكتل الحجمية لكل من الكرة الساقطة والمائع على التوالي،r يمثل نصف قطر الكرة الساقطة و $\mathrm{v_c}$ تمثل السرعة الحدية الساقطة ضمن المائع.

تقدر η حسب الجملة الدولية بإحدى الوحدات التالية:

$$Pa \times s \quad \text{أو} \quad N \times m^{-2} \times s \quad \text{أو} \quad Kg \times m^{-1} \times s^{-1}$$

وتكافئ هذه الواحدت بواحدة ال Pl أما حسب الجملة السغثية فتقدر بإحدى الواحدات التالية:

$$dyne \times cm^{-2} \times s \quad \text{أو} \quad g \times cm^{-1} \times s^{-1}$$

وتكافئ هاتين الواحدتين بواحدة ال Po حيث: $1Pl = 10 \times Po$ يمكن أن نعرف أيضاً معامل اللزوجة النسبي η_{r} وهو عبارة عن حاصل قسمة اللزوجة المطلقة للمائع المعني η إلى معامل لزوجة المحل وذلك عند نفس درجة الحرارة ويعبر عن ذلك رياضياً بالعلاقة التالية:

$$\eta_{\mathrm{r}} = \frac{\eta}{\eta_{\text{محل}}}$$

كما يمكن أن نعرف معامل اللزوجة النوعي η_{specif} ويعطى بالعلاقة التالية :

$$\eta_{\mathrm{specif}} = \frac{\eta - \eta_{\text{محل}}}{\eta_{\text{محل}}}$$

ملاحظات *Remarks*:

١- من الممكن أن نميز بين نوعين من الموائع وذلك تبعاً لطبيعة η وهما:

المائع النيوتروني: يعتبر المائع النيوتروني عندما تكون η مستقلة عن التدرج في السرعة مثال ذلك (الماء)

المائع الغير نيوتروني: يكون المائع غير نيوتروني عندما تكون η مرتبطة بالترج في السرعة مثال ذلك (المحاليل ذات الجزئيات الضخمة ومن أهمها الدم) .

٢- تجدر الإشارة إلى أن طبقة المائع التي تكون على تماس مع جدار الأنبوب (القناة) تكون ملتصقة به، وبذلك تكون السرعة معدومة على طول جدار الأنبوب، هذه السرعة أعظمية على طول المحور الاسطواني للأنبوب.

٣- يتناقص معامل اللزوجة η لمائع ما عندما تزداد درجة حرارته.

3 - أنظمة(التدفق) الجريان لمائع لزج The flux system for viscous fluid:

يوجد نوعان من أنظمة التدفق (الجريان) بالنسبة لمائع لزج هما نظام التدفق (الجريان) الصفائحي ونظام التدفق (الجريان) المضطرب. وفق نظام التدفق الصفائحي تتحرك جسيمات المائع في أنبوب ما بسرعة جريان ضعيفة موازية للجهة العامة للتدفق وفق شرائح ينزلق بعضها فوق البعض الآخر بحيث تكون سرعتها في المركز أعلى مما هي عليه عند الجدار، وبذلك تتغير سرعة تدفق المائع وفق هذا النظام على شكل قطع مكافئ. تجدر الإشارة إلى أنه وفق هذا النظام، لا تختلط جسيمات الجزء المحوري للمائع مع جسيمات الجزء المحيطي. أما وفق نظام التدفق المضطرب فسوف تتحرك جسيمات المائع في النبوب بسرعة جريان كبيرة يظهر بنتيجة ذلكاضطرابات (دوارات)، بحيث تمتلك جسيمات المائع ضمن هذه الدوارات وفي لحظة محددة سرعة يكون شعاعها غير موازٍ للجهة العامة للتدفق. في هذه الحالة

يتوجب على الجسيمات المُكونة للمائع أن تسير مسافة أطول من المسافة الإجمالية للمائع، وبالتالي فإن تغير سرعة المائع وفق هذا النظام يأخذ شكل مسطح. وفق هذا النظام، سوف تختلط جسيمات الجزء المحوري للمائع مع جزيئات الجسم المحيطي وبالتالي فالجسيمات سوف تدور بصورة غير منتظمة.

يبدي نظام التدفق المضطرب بالمقارنة مع نظام التدفق الصفائحي سلسلة من الاختلافات الهامة هي:

أ- نظام الجريان المضطرب يكون أكثر غنى بالطاقة من نظام الجريان الصفائحي. لذلك يجب تجنبه إلى أقصى درجة ممكنة، وهذا ما تفعله الطبيعة من أجل جريان الدم.

ب- نظام الجريان المضطرب يكون ضاجاً، في حسن أن نظام الجريان الصفائحي يكون صامتاً. سمكن إدراك ذلك الضجيج لدى الكائن الحي بالإصغاء للأوعية عن طريق الصدر.

4- عدد رينولدز *Reynold's number*:

هو عبارة عن عدد أوجده العالم الانكليزي كي يتمكن اعتماداً على قيمته من تحديد نظام الجريان (التدفق) من خلال قناة (وعاء)، رمز له بالرمز Re وحدد قيمته بالعلاقة التجريبية التالية:

$$Re = \frac{\rho \times V \times d}{\eta}$$ حيث d تمثل قطر الأنبوبة.

اعتماداً على قيمة هذا العدد ميّز رينولدز بين ثلاث حالات للتدفق (الجريان) هي التالية:

أ- إذا كان $Re \leq 2400$ يكون نظام التدفق بشكل دائم منتظماً (صفائحياً).

ب- إذا كان $Re \geq 10000$ يكون نظام الجريان مضطرباً.

ج- إذا كان $2400 < Re < 10000$ يكون نظام الجريان غير مستقر ويرتبط بالشروط التجريبية.

ملاحظة *Remark*:

من خلال علاقة رينولدز التجريبية نلاحظ أنه في مستوى الاختناق يتناقص d لكن يجب ألا نستنتج بأن العدد Re سوف يتناقص، بل على العكس من ذلك سوف يزداد العدد Re وذلك بسبب أن سرعة المائع سوف تزداد في مستوى الاختناق، وبذلك يصبح نظام الجريان (التدفق) مضطرباً.

5- لزوجة الدم *Viscosity of blood*:

لا يعتبر الدم بحكم تكوينه محلولاً بسيطاً وإنما هو عبارة عن معلق معقد من الخلايا (بشكل خاص الكريات الحمراء) في البلازما، وهذه الأخيرة تشبه محلول غروي من البروتينات في الماء المالحة. ترتبط لزوجة الدم بدرجة محتواه من الكريات الحمراء (أي بالهيماتوكريت). يلعب البلاسما في الدم دور المحل، ويتميز بمعامل لزوجة η_{plasma}. تحدد لزوجة الدم اعتماداً على قانون إينشتاين بالعلاقة التالية:

$$\eta_b = \eta_{plasma} \times (1 + 2.6 \times \emptyset)$$

حيث: $\emptyset = \frac{V_{GR}}{\mathrm{V_b}}$ تمثل الحجم النسبي للكريات الحمراء في الدم، و V_{GR} تمثل حجم الكريات الحمراء و $\mathrm{V_b}$ يمثل حجم الدم. وعلى اعتبار أن كريات الدم الحمراء متناظرة تقريباً، لذلك فإن الحجم النسبي للكريات يُمثل في هذه الحالة الهيماتوكريت.

6- لزوجة البلاسما *Viscsity of plasma*:

البلاسما (مصل الدم) عبارة عن محلول مكون من جزيئات بروتينية كبيرة (غلوبين، ألبومين، فيبرينوجين وليبوبروتين) ومحل يتميز بمعامل لزوجة قريب جداً من معامل لزوجة الماء، بالإضافة إلى وجود جزيئات وشوارد صغيرة. فإذا رمزنا بـ $\emptyset_2, \emptyset_1 \dots$، للحجوم النسبية لمكونات البلاسما وبـ $k_2, \mathrm{k_1} \dots$، لمعاملات كل نوع من الجزيئات والجسيمات المكونة للبلاسما، عندئذ يمكن كتابة معامل لزوجة البلاسما اعتماداً على قانون إينشتاين بالشكل التالي:

$$\eta_{plasma} = \eta_{water}(1 + k_1 \times \emptyset_1 + k_2 \times \emptyset_2 + \cdots)$$

يتغير المعامل k بشدة مع شكل البروتينات، وأن الجداء $k \times \emptyset$ الخاص بالجزيئات المتناظرة صغير جداً يمكن إهماله حتى ولو كانت $\emptyset$ كبيرة بالمقارنة مع الجداء $k \times \emptyset$ الخاص بالجزيئات الخطية الكبيرة. لذلك فإن لزوج البلاسما ترجع بشكل أساسي إلى الجزيئات الخطية الكبيرة (مثل مولد الليفين) (الفيبرينوجين).

ملاحظات *Remarks*:

1- تزداد لزوجة الدم بزيادة لزوجة البلاسما والهيماتوكريت.

2- اللزوجة المرتفعة للدم هي المسؤولة عن حوادث الانسداد التجلطي (انصمام خثري).

3- يتميز الأشخاص المصابين بفقر دم أن سرعة التثفل لديهم تكون كبيرة، وذلك بسبب قلة محتوى الدم لديهم من الكريات الحمر.

4- في حال فقر الدم تتناقص η وكذلك ρ لكن تأثيرهما على العدد Re يكون معاكساً لذلك يزداد تدفق الدم عند الكائن الحي وبالتالي تزداد سرعة جريانه، ونتيجةً لذلك تزداد قيمة العدد Re وهذا ما يجعل الدم يميل بشكلٍ كبير ليكون مضطرباً لدى شخص يعاني من فقر بالدم.

7- ضغط الدم *The blood pressure*:

يعبر المصطلح "ضغط الدم" عن الضغط داخل الشرايين، ويساوي القوة الجانبية التي يطبقها الدم على الجدار الشرياني، ينتج في الجملة الدورانية عن قوة تقلص البطينات حيث يُقذف الدم نحو الشرايين التي يمكن لمقطعها أن يتعدل إما بالتقلص (انقباض) وإما بالتمدد (انبساط). وبذلك يبدو ضغط الدم إذاً كمحصلة لقوة القلب ولمقطع لشرايين.

8 – أهمية ضغط الدم *Importance of the blood pressure*:

ترتبط حياة مريض أوموته من خلال صدمة نزفية ناجمة عن جرح بالمحافظة على ضغط دموي وتروية دماغية كافيين. تولد المضخة القلبية ضغطاً يجعل الدم يجري من القلب نحو الشرايين، وإذا ما وجدت معوقات لجريانه نحو الأعضاء النبيلة، يمكن أن تحد من وظائف هذه الأجهزة بشكل حاسم وعندما يتوقف التدفق الدموي في شريان ما تماماً بسبب وجود خثرة ، يتمت النسيج الذي يُروّى بهذا الوعاء، ويتسبب وجود مثل هذا المعوق في شريان دماغي في عارض وعائي دماغي، كما يمكن أن يؤدي انسداد شريان تاجي أو شريان يرُوي العضلة القلبية إلى احتشائها

كما يتسبي وجود إنصمام في الرشتين باحتشاء رئوي، وفي الواقع نجد أن عواقب معظم هذه الظواهر وخيمة وغالباً ما تكون مميتة لذلك كان لابد من

تحديد العوامل التي تتحكم في دوران الدم وبخاصة الضغط الشؤياني لدى بعض المرضى، وهذا يجعل اللجوء إلى مراقبة ضغط الدم ولاسيما لدى المرضى في حالة الصدمة أو المصابين باضطرابات وعائية قلبية أمراض أساسياً.

9 – الضغط الشرياني *The arterial pressure*:

الضغط الشرياني بالتعريف هو عبارة عن الضغط الزائد المطور من قيل البطين الأيسر بالنسبة للضغط الجوي. ويرمز له بالرمز P_A يمكن أن نميز بالنسبة للضغط الشرياني الضغوط التالية:

***9 -1* – الضغط الأعظمي أو الانقباضي (السيستوليك) The systolic arterial pressure**

يؤخذ أثناء انقباض القلب (توافق حالة أكبر تقلص للعضلة القلبية) يرمز له بالرمز $(P_A)_S$ ويقدر بالنسبة لشخص بالغ سليم بحوالي: $130mmHg \cong 17KPa$

9-2- الضغط الأصغري أو الانبساطي (الدياستوليك) The diastolic arterial pressure:

يؤخذ أثناء انبساط القلب (توافق حالة الاسترخاء التام للعضلة القلبية) يرمز له بالرمز $(P_A)_D$ ويقدر بالنسبة لشخص سليم بحوالي: $80mmHg \cong 11KPa$

9- 3 – الضغط التفاضلي (النبضي) The differential (pulse)pressure:

هو عبارة عن الفرق الحسابي بين الضغط الأعظمي و الضغط الأصغري يرمز له بالرمز P_{diff}.يعبر هذا الضغط عن مدى مرونة الشرايين ولاسيما الأبهر، إذا أنه في حالات تصلب الشرايين الشديد تتسع الهوة بين قيمتي الضغط الانقباضي والانبساطي للقلب.

9- 4–الضغط الشرياني الوسطي The mean arterial pressure:

هو عبارة عن الضغط الوسطي للضغطين الانقباضي والانبساطي يرمز له بالرمز $(P_A)_m$ وتقدر قيمته بشكل تقريبي وفق المعادلة التالية:

$$(P_A)_m = \frac{2\times(P_A)_D+(P_A)_S}{3} = \frac{P_{diff}}{3} + (P_A)_D$$

يعتبر الضغط الشياني الوسطي مفيداً جداً في بعض الحالات السريرية، إلا أنه غير مجدٍ في حالة المرضى المخدرين المصابين بالتوتر الوعائي.

يقدر الضغط الشؤياني الوسطي بانسبة لشخص بالغ سليم بحوالي: $100mmHg \cong 13KPa$

10-الضغط الوريدي The vein pressure:

يؤخذ دائماً بوضعية الاستلقاء ويقدر بالنسبة لشخص سليم بحوالي $8mmHg \cong 1KPa$

نشير إلى أن الضغط الوريدي في الاذين الأيمن يكون معدوماً، بينما يكون سالب القيمة عند مستوى الرأس($-5KPa$) وموجب القيمة عند مستوى الأقدام($+13KPa$)

11- ضغط العين الداخلي The internal eye pressure:

تتواجد السوائل العينية الداخلية بشكل عام تحت ضغط أقل من $20mmHg \cong 2.6KPa$. ويزداد الضغط في بعض الحالات المرضية كما في حالة الغلوكوما (زرق العين) الحادة وخاصة المترافقة بآلام مبرحة ليصل إلى مابين $100 - 120mmHg \cong 13 - 16KPa$

***ملاحظات* Remarks :**

1- يعبر عن الضغط الشرياني عادةً بالصيغة التالية: $\frac{130}{80} mmHg$

2- يؤخذ الضغط الشرياني بشكل أن نجعل المريض في وضعية ايتلقاء عند مستوى القلب ويعود السبب في ذلك إلى تجني إدخال الثقالة الأرضية. نشير إلى أنه إذا كان التزايد في الثقالة الارضية الموجه نحو الأقدام مهماً فإن ذلك يؤدي بالنتيجة إلى انسداد الشرايين مؤدياً بذلك إلى حدوث حالة فقر دم دماغية تتجلى إشارتها الأولى بفقدان الرؤية. أما إذا كان هذا التزايد في الثقالة الأرضية مجوهاً نحو الرأس فإن ذلك يؤدي إلى حالة فرط تروية دموسة دماغية تتجلى إشارتها الأولى بحدوث اضطراب في الرؤية مترافق مع حقل بصري أحمر.

3- في حالة التغير المفاجئ لوضعية الشخص (انتقال مفاجئ من وضعية الاستلقاء إلى وضعية الوقوف) فإن ذلك يؤدي إلى ازدياد مفاجئ في الضغط على الأطراف السفلية، لهذا تكون الأوردة في الأطراف السفلية مرنة وقابلة للتمدد، ولكن بغياب الإرتكاس (رد الفعل) المناسب _حالة شخص منفعل أو مستسلم أو تحت تخدير فقاري أو قطني موضوع على طاولة قلابة) فإن ذلك سيؤدي إلى تراكم الدم

الوريدي في الاطراف السفلية وهذا يتسبب بتمدد هذه الأوردة وعند عودة الدم الوريدي إلى القلب فإن ذلك يتسبب بآلام، حيث ينتج عن ذلك توقف مضخة القلب (تصيح غير قادرة على قذف الدم) وهذا يتسبب بنقص التروية الدمغية (نقص الأكسجة) مما يؤدي إلى حالة الغشيان (الإغماء) . في الطب الفضائي تؤيد العطالة (القصور الذاتي) الكبيرة ($5g$مثلاً)

المطبقة من الرأس باتجاه الأرجل إلى الإغماء أيضاً وذيلك بسبب انفراغ الشرايين الدماغية (رؤية مصحوبة، بظهور نقاط سوداء) يهذا يتوجب على رواد الفضلء منعاً لحدوث ذلك أن يأخذون وضعية الاستلقاء، ويستلزم أيضاً ارتداء لباس مضاد للقصور الذاتي والذي يهدف إلى حصر البطن والاطراف السفلية

12- العوامل المؤثرة باضغط الشرياني The affecting factors at arterial pressure:

يعتبر الضغط الشرياني دليل سريري عملي على كفاءة عمل القلب وعلى حالة معاوقة الجملة الشريانية وفي الواقع ثمة عوامل تؤثر فب الضغط الشرياني يمكن إيجازها على الشكل التالي:

أ – الانفعالات

ب- العمر: حيث يرتعع الضغط مع التقدم في العمر. يقدر الضغط الانقباضي عند حديثي الولادة $40mmHg$ ويرتفع سريعاً ليبلغ حوالي $80mmHg$ في نهاية الشهر الشاول ومن ثم يرتفع تدريجياً خلال العشر السنوات الأولى ليصبح حوالي $100mmHg$ وعند البلوغ يصبح $130mmHg$ وفي الستين قد يصل إلى $140mmHg$ وفي الثمانين قد يصل إلى $180mmHg$.

ج- الجنس: عند الإناث وقبل سن اليأس يكون أقل بحوالي $10mmHg$ مما هو عليه عند الرجال، وبعد سن اليأس يزول هذا الفار تدريجياً. أما بعد الستين من العمر يكون الضغط الشرياني عند النساء أعلى مما هو عليه عند الرجال.

د- الرياضة تؤدي إلى ارتفاع الضغط الشرياني وذلك بسبب زيادة عدد ضربات القلب.

هـ- الحرارة: يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى توسع الأوعية المحيطة وهذا بدوره يؤدي إلى انخفاض الضغط، وعند انخفاض درجة الحرارة يحدث العكس.

و- وزن الجسم: تترافق السمنة غالباً بارتفاع الضغط الشرياني.

الطعام والنوم: تتسبب الوجبات الدسمة بزيادة الضغط، أماالنوم العميق فيتسبب بانخفاضه. في حين أن النوم الغير مريح والمصحوب بأحلام مزعجة فيتسبب بارتفاع الضغط قليلاً ، أما الكوابيس فتؤدي إلى ارتفاعه بشكل واضح.

العرق والوضع الاجتماعي والاقتصادي: يكون الضغط الشرياني عند العرق الاسود أعلى من بقية الأعراق ويكون عند الفقراء والمضطهدين والمهمشين أعلى مما هو عليه عند المنعمين السعداء.

ط – تصلب الشرايين: يؤدي إلى زيادة الضغط الشرياني.

وهناك عوامل أخرى تؤثر في التوازن الديناميكي يتحكم فيها الدماغ وتؤثر في الضغط الشرياني وهي:

أ – تواتر القلب.

ب – المعاوقة الوعائية ومرونة الجدر الشريانية.

ج – حجم الدم في الجملة الشريانية.

د – لزوجة الدم

هـ – حجم القذف الانقباضي (الحصيل القلبي): وهو بالتعريف يمثل حجم الدم الذي يضخه بطين واحد من بطيني القلب في واحدة الزمن ويعبر عنه عادةً بال $l \times min^{-1}$ لذلك يطلق عليه أحياناً حجم الدفقة ويتم الحصول عليه بضرب معدل خفقان القلب بحجم الدم المقذوف في نهاية الانقباضة المفردة للبطين الواحد. والحصيل القلبي في البطينين متساوٍ وذلك تحت الظروف الطبيعية لعمل جهاز الدوران عند شخص سليم الجسم. تجدر الإشارة إلى أن الحصيل القلبي يتأثر بدوره بمجموعة من العوامل هي: معدل نظم القلب، حجم الانقباضة، المقاومة المحيطية، لزوجة الدم، التمارين الرياضية، الحمل، الاستقلاب، الظروف البيئية، وضعية الجسم، وكذلك حرارة الجسم.

ملاحظات *Remarks*:

1-يرتبط جولان ادم بضغط الدم وبعاوقة الأوعية، إذ يمكن للمعاوقة وللضغط في الشعريات والشرينات أن يتغير كثيراً، فعندما يتعرض الجسم مثلاً لدرجات حرارة منخفضة أو عند تناول العقاقير(كالنيكوتين) يقل تدفق الدم في الجلد بالتقلص الوعائي (التضيق) للشرينات. كما يمكن أن يتسبب بعض الحرارة المرتفعة أو التنبيه أو المخدرات أو الالتهاب الموضعي في التمدد الوعائي(التوسع) للشرينات مما يزيد من الجريان موضعياً، وإضافةً لذلك تزداد المعاوقة الوعائية للشرايين بمقدار بعدها عن القلب ويعود السبب في ذلك غلى الشكل الهندسي للأوعية وغلى الخواص الميكانيكية لجدرها.

2– لا تتعلق حركة الدم في الأوعية وبشكل خاص توزيعه بين مختلف اجزاء هذه الأوعية فقط بعمل القلب، بل ترتبط أيضاً بأنصاف أقطار الأوعية وبنشاط جدرانها وبكمية الدم ولزوجته.

3 – يتمتع الدم أثناء جريانه في الجملة الوعائية وفق الشروط الاعتيادية بخواص صفائحية، ويصبح هذا الجريان دواراً (مضطراباً) عند عدم توافر تلك الشروط، كما في حالة انضغاط فتحة في وعاء دموي بشكل

حاد. يمكن أتحدث ظواهر مماثلة عند عدم الغغلاق الكامل أو الانفتاح الكامل للدمسامات القلبية أو الدسام الأبهر، عندئذٍ تظهر أصوات معينة تسمى النفخة القلبية، حيث تعتبر هذه النفخة علامة مميزة لذهذ الظاهرة.

المقاومة(المعاوقة) الوعائية*The vascular resistance (impedance)*:

المقاومة(المعاوقة) الوعائية R_{mcc} هي عبارة عن النسبة بين تغير الضغط والتدفق أي أن:

$$R_{\mathrm{mcc}} = \frac{\Delta \mathrm{P}}{\mathrm{D}}$$

من الملاحظ انه عندما تكون المعاوقة كبيرة فهذا يعني بأنه إذا حدث تغيراً طفيفاً في تدفق الدم سوف يترافق بيغير كبير في الضغط.

وفق نظام التدفق(الجريان) الصفائحي تحددُ المقاومة(المعاوقة) الوعائية R_{mcc} اعتماداً على قانون بوازوي بالعلاقة التالية: $\mathrm{R_{mcc}} = \frac{8\times\eta\times L}{\pi\times \mathrm{r}^2}$

حيث: L يمثل طول الوعاء الدموي، r يثل نصف قطر الوعاء الدموي، و η تمثل معامل لزوجة الدم.

ملاحظات Remarks:

1 – يلاحظ بأن العلاقة

$$R_{\mathrm{mcc}} = \frac{\Delta \mathrm{P}}{\mathrm{D}}$$

تشبه قانون أوم في الكهرباء حيث:

$$R_{\mathrm{elec}} = \frac{U}{\mathrm{I}}$$

وانطلاقاً من هذا التشابه يمكن أن نتوصل النتائج التالية:

أ – تعطى الاستطاعة المستهلكة من خلال التدفق بالعلاقة التالية:

$$P = \Delta \mathrm{P} \times \mathrm{D} = \mathrm{R_{mec}} \times D^2$$

ب – تعطى المقاومة الوعائية المكافئة لمجموعة من الاوعية الدموية الموصولة على التسلسل بالعلاقة التالية:

$$R_{\mathrm{T(mec)}} = R_{1(mec)} + R_{2(mec)} + R_{n(mec)}$$

ج – تعطى المقاومة الوعائية المكافئة لمجموعة من الأوعية الموصولة على بشكل متوازٍ (تفرعي) بالعلاقة التالية:

$$\frac{1}{R_{\mathrm{T(mec)}}} = \frac{1}{R_{1(mec)}} + \frac{1}{R_{2(mec)}} + \cdots + \frac{1}{R_{n(mec)}}$$

2 – تاعب لزوجة المائع η دوراً مماثلاً لدور المقاومة النوعية للناقل.

14 – المقاومة الوعائية المحيطية الإجمالية للدورة الدموية الكبرى:

The total peripheral vascular resistance for the reat sanguine-cycle:

تعرف المقاومة الوعائية المحيطية الإجمالية والتي يرمز لها بالرمز $R_{\mathrm{P.T}}$ بالعلاقة التالية:

$$\mathrm{R_{P.T}} = \frac{P_{V.L} - P_{A.R}}{D_c}$$

حيث $P_{V.L}$ يمثل ضغط البطين الأيسر، $P_{A.R}$ يمثل ضغط البطين الأيمن و D_c تمثل التدفق(الحصيل) القلبي. تقدر $\mathrm{R_{P.T}}$ بواحدات المقاومة المحيطية $U.R.P$ وذلك إذا عبرنا عن $P_{V.L}$ و $P_{A.R}$ بواحدة $mmHg$ و D_c بواحدة $ml \times s^{-1}$.

15 – عمل القلب البشري Work of human heart:

القلب البشري هو عبارة عن تجمع لمضختين (البطينات)، كل منها مرتبط بخزان(الأذينات). يدفع البطين الأيمن الدم باتجاه الرئتين عن طريق الشريان الرئو باستطاعة وسطية قدرها $0.2watt$ وهذا ماندعوه بالدورة الصغرى. يتميز البطين الأيسر بكونه أكثر طاقية ويدفع الدم في الدورة الدموية الكبرى عن طريق الأبهر باستطاعة وسطية قدرها $1.1watt$. تعتبر الاستطاعة الميكانيكية الإجمالية للقلب في حالة الراحة صغيرة جداً وهي تساوي $1.3watt$ بينما ترتفع في حالة الجهد المكثف لتبلغ $7-8watt$.

والعمل الكلي للقلب النشط بالتعريف هو عبارة عن العمل الناجم عن تقلص البطينين وبشكل رئيسي تقلص البطينش لأيسر(يقوم البطي الايمن بعمل يتراوح في قيمته بين $0.15 - 0.2$ من عمل البطين الأيسر)، ويستهلك هذا العمل عند كل تقلص للبطين الايسر على شكل طاقة تعتبر ضرورية لتحرك الدم المقذوف في الجملة الوعائية، وتتألف هذه الطاقة من طاقة كامنة للضغط والتي يجب أن تكون موجودة منذ البداية كي يتمكن الدم المتدفق من التغلب على المقاومة في كل الجملة الوعائية، ومن طاقة حركية لإعطاء كتلة الدم السرعة الضرورية للحركة. يعبر عن العمل الكلي للقلب بالصيغة الرياضية التالية:

$$W = P \times V + \frac{m \times v^2}{2} = (\ P + \frac{\rho \times v^2}{2}) \times V$$

حيث P يمثل الضغط الوسطي الذي يتم عنده دفع الدم في الابهر، ρ تمثل الكتلة الحجمية للدم، v تمثل سرعة جريان الدم في الأبهر في حالة السكون، أما V فتمثل حجم الدفقة من الدم في الحالة السكونية.

16- قياس ضغط الدم Blood pressure measuring:

يمكن إجراء قياس ضغط الدم في الأوعية الحاملة له بطرقتين:

أ – مباشرة وذلك عن طريق غدخال إبرة جوفاء في هذه الاوعية.

ب – غير مباشرة باستخدام مقياس الضغط الشرياني ويتكون هذا المقياس من ثلاثة أجزاء هي :

الكم وهو عبارة عن حجرة مسطحة مرنة لها غطاء مصنوع من القماش يلف حول الساعد، الضاغط وهو عبارة عن منفاخ ضغط صغير مملوء بكمية من الهواء كافية لإحداث الضغط المطلوب، ومقياس ضغط وهو على نوعان: زئبقي وهوائي.

17- تقانة قياس الضغط بمقياس ضغط الدم الشرياني:

ينصح قياس الضغط بمقياس ضغط الدم الشرياني مرتين، تستخدم في المرة الأولى طريقة جسية وفي الأخرى طريقة تسميعية ونادراً ما تستخدم الطريقة الثانية لدى الرضع إذ تكون الأصوات التسميعية أضعف جداص من أن يكشف عنها. يكون المريض جالساً أومستلقياً ومسترخياً بشكل جيد، ذراعه مكشوفي ومثنية قليلاً وقد أبعدت عن الجسم وتستند إلى سطح أملس بحيث يجعل الشريان الذي سيأُخذ ضغطه عند مستوى القلب ولا حاجة إلى أن يكون مقياس الضغط عند السوية نفسها. يلف الحزام حول الذراع بحيث يكون طرفه السفلي اعلى من ثنية المرفق بمقدار $2 - 5cm$ إذا كانت أوردة الذراع متمددة يوضع الحزام في مكانه على ذراع مرتفعة. يجب أن يكون عمد الزئبق شاقولياً والقبة عند سوية عين المراقب.

1 -17 – الطريقة الجسية (الجس):

تسمح بإعطاء قيمة للضغط الانقباضي فقط. يؤخذ النبض الكعبري للمريض برفع ضغط الهواء نحو $30mmHg$. أعلى من السوية التي يختفي عنها النبض ثم خفضه ببطء وباستمرار وبسرعة $2 - 3mm \times s^{-1}$ وذلك عن طريق صمام المضخة الهوائية، وعندما يصبح الضغط داخل الحزام أخفض من الضغط الانقباضي بقليل، يبدأ الدم بالجريان عبر المنفذ المفتوح جزئياً، معيداً ظهور النبض. يعطي الضغط الذي يشير إليه المقياس في اللحظة التي يصبح عندها النيض قابلاً للجس من جديد، تقديراً غير مباشر للضغط الانقباضي.

2- 17 – الطريقة التسميعية وأصوات (إيقاعات)كورتكوف :

تعتبر طريقة ن. ن. كورتكوف $Korotkotf$ من أكثر الطرق استخدماً لقياس الضغط الشرياني الانقباضي الانبساطي، وتعتمد هذه الطريقة على الظواهر الصوتية الناتجة عن مرور الدم خلال الشرايين المضغوطة بواسطة الكم. يلف الكم على الساعد الذي يراد حساب الضغط في شريانه بإحكام ويوضع رأس السماعة عند ثنية المرفق على الشريان العضدي . يجب أن يكون ضغط السماعة على الشريان

أخف ما يمكن، إذ يؤدي ضغط السماعة الشديد إلى تشويه الشريان ويعطي قيمة خاطئة للضغط الانبساطي. وتوضع الأجهزة المرافقة في مكان يسهل مراقبتها ويجس نبض شريان الساعد فوق اليد بقليل. يغلق صمام المنفاخ الضاغط ويضغط على إجاصة المنفاخ بشكل منتظم (إيقاعي)، ويستمر ذلك حتى يصبح الضغط في الكم أعلى بمقدار $30mmHg$. من السوية التي يختفي عندها نبض الشريان الكعبري. وبعدئذٍ نخفف ضغط الحزام (الكم) ببطء وبالتدريج ونستمع بدقة إلى الصوت الذي يظهر عبر السماعة. في البداية لايسمع اي صوت وذلك لأن الشريان يكون مضغوطاً بشكل كامل، وعندما يأخذ الضغط في الكم بالتناقص عن القيمة السابصة نبدأ بسماع صوت ذات نبرة واضحة، يسمى عادةً بالإيقاع الصوتي البدائي ويظهر عندئذٍ نبض الشريان. تنتج هذه الإيقاعات الصوتية من جراء ارتجاج جدران الشرايين الواقعة تحت التأثير المباشر للحزام من جهة ولدفقات الدم التي شقت طريقها لحظة الضغط الأعظمي عبر الشريان المضغوط بالحزام من جهة أخرى. ويشير مقياس الضغط عند حدوث الإيقاع الصوتي البدائي إلى قراءة عظمى تسمى عادةً ضغط التقلص(الانقباض). بمتابعة إنقاص الضغط في الكم تدريجياً نلاحظ بأن الإيقاعات الصوتية تتكامل مؤلفةً ضجيج يدعى بضجيج كورتكوف. ينتج هذا الضجيج عن الجريان الدوار(المضطرب) للدم خلال أجزاء الشريان التي لاتزال تحت تأثير ضغط الكم. بعدئذٍ ينقط هذا الضجيج ولايسمع عبر السماعة سوى إيقاعات صوتية، تسمى بالإيقاعات الصوتية المتتابعة، لكن هذه الإيقاعات تضعف بسرعة حتى تنقطع، ولتعود بعدها فتحة الشريان إلى قيمتها البدائية ويعود بالتالي جريان الدم صفائحياً. مقياس الضغط في لحظة الهبوط الحاد في شدة الإيقاعات الصوتية إلى النهاية الصغرى لقيمة الانضغاط أو كما يقال لضغط الاسترخاء

18 – النبض The pulse:

يختلف النبض باختلاف منطقته ومراقبته وهو بصور عامة من البطين الأيسر إلى المحيط فالقلب الأيمن فالدراة الرئوية ثو يعود إلى الأذينة اليسرى. وقد تبين انسرعة انتشار النبض مرتبة $3-14m\times s^{-1}$ وهي اكبر بمقدار من $15-100$ مرة من سرعة جريان الدم. تتعلق سرعة النبض بسرعة تغير الضغط وكذلك بتغير المعاوقة الوعائية.