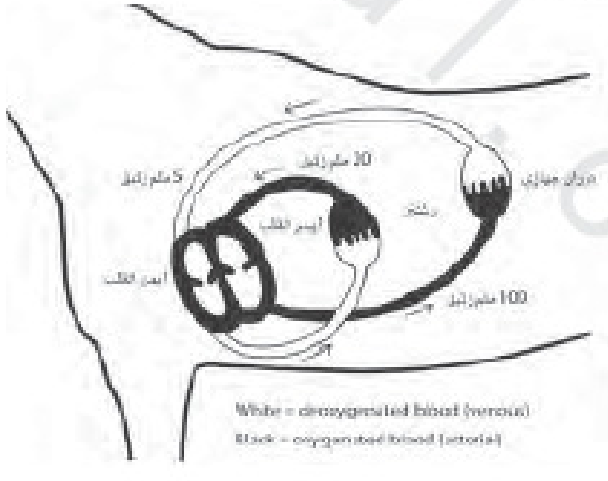
الفصل السادس

الجهاز القلبي الوعائي
The Cardiovascular System

يتكون الجهاز القلبي الوعائي من القلب والأوعية الدموية والتي تقوم بعملية دوران الدم خلال الجسم . تشكل الأوعية الدموية دورتين رئيستين تعرفان بالدورة الجهازية ، والدورة الرئوية . يطلق على الأوعية الدموية التي تمد الجسم بالدم بالدورة الجهازية Systemic circulation ، تلك الأوعية الدموية التي تخرج من الجزء الأيسر للقلب إلى جميع الأنسجة والأعضاء ومن ثم تعود ثانية إلى جزء القلب الأيمن (الشكل رقم ٦,١) . يتعرض الدم الشرياني والذي يدفع بعيدا عن القلب من خلال الدورة الجهازية إلى ضغط عال (متوسط الضغط عند الراحة في الخيول هو ١٣,٣ kpa) (١٠٠ ملم زئبق) وينتقل خلال مسافات طويلة ومعه كمية كبيرة من الدم وربما يكون ذلك بعكس الجاذبية . يحمل دم الدوران الجهازي كل من الغازات والمواد المغذية ونواتج الهدم والهرمونات والحرارة إلى الجسم .

يتألف الدوران الرئوي الشرياني من جميع الأوعية الدموية المتدفقة خارج الجهة اليمنى من القلب إلى الرئتين . تشكل الأوعية الدموية التي تأخذ الدم من الرئتين إلى الجزء الأيسر من القلب ما يعرف بالدوران الوريدي الرئوي . يقع الدم المتدفق خلال هذا الالتواء تحت ضغط منخفض (متوسط الضغط تقريباً ١٥– ٢٥ ملم زئبق ،

٢—٣,٣ kpa في حالة الراحة في الخيول) مقارنة مع الدورة الجهازية . إن الغرض الأساسي من الدورة الرئوية هو جلب الدم الوريدي ليصل الأسطح التنفسية لزيادة كمية الأكسجين وإطلاق ثاني أكسيد الكربون وإخراجه عن طريق الزفير. يحتاج نسيج الرئة نفسه إلى المواد المغذية والأكسجين وهذا ما تقوم به الدورة الشريانية القصبية Bronchial arterial circulation . تتفرع هذه من الدوران الشرياني الرئيس والذي يتدفق من الجانب الأيسر للقلب (الأورطى) . القلب (وهو عبارة عن عضلة) له دورة خاصة تغذيه تعرف بالدورة التاجية Coronary circulation . وهي عبارة عن شبكة من الشرايين والأوردة منتشرة في أجزاء القلب . قد تحدث النوبات القلبية في الإنسان ، وإذا ما أغلقت هذه الأوعية (في أغلب الأحيان الشرايين التاجية) بالتراكمات الدهنية ، تحدث النوبات القلبية التاجية ، بسبب فشل إمداد منطقة ما من أجزاء القلب بما تحتاجه من دم وأكسجين ، مما يؤدي إلى تلف لتلك المنطقة . النوبات القلبية نادرة للغاية في الخيول. ومع ذلك يجب أن لا يثير الاستغراب عندنا ، فالخيول نباتية التغذية ، ولا تأكل مواد غذائية ذات محتوى دهني عال (خصوصاً الدهون غير المشبعة) ، ولا تدخن ولا تتناول المشروبات الروحية بإفراط ، وتقوم بالكثير من التمارين الرياضية .

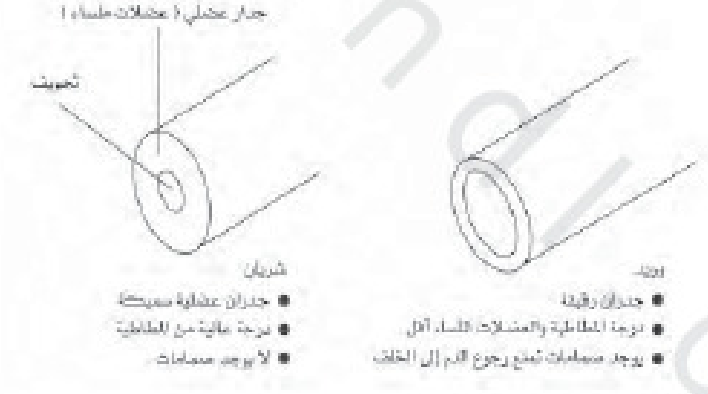


الشكل رقم (٦,١). الدورة الدموية الجهازية والدورة الدموية الرئوية.

أنواع الأوعية الدموية
Types of Blood Vessels

الشرايين Arteries

تعتبر الشرايين أكبر الأوعية الدموية في الجسم . تتميز بجدران عضلية سميكة ، وكما هو المتوقع من أوعية تحمل السوائل تحت ضغط عالٍ (الشكل رقم ٦,٢). لا يوجد صمامات في الشرايين وذلك بسبب أنها تقع تحت ضغط عال مما يندر معه عودة الدم إلى الخلف . القاعدة هي أن الشرايين تحمل الدم المؤكسج بعيداً عن القلب باستثناء الشريان الرئوي الذي يحمل دم وريدي (غير مؤكسج) في طريق العودة إلى الأكسجة . يتميز الدم المؤكسج بكونه أحمر ناصع ، ويسهل تميزه هذا من جرح ينزف ، بسبب لونه الناصع وتدفقه خارج الجرح بنفس معدل النبض القلبي .

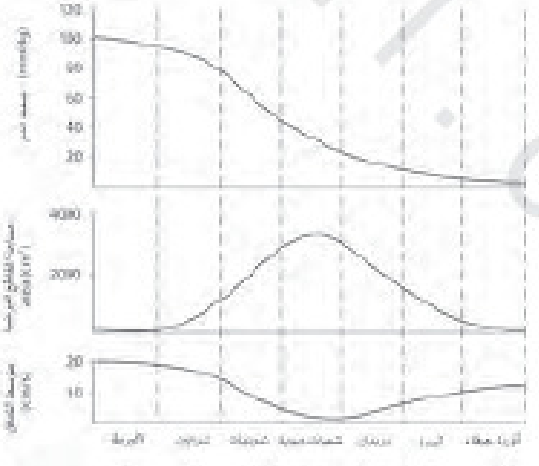


الشكل رقم (٦,٢). الأوعية الدموية

تبطن الشرايين بمادة مرنة elastin ، تساعد في تنظيم تأثير انقباضات القلب وانبساطه ، مما ينتج عنه تدفق مستمر للدم وليس متقطع خلال الشرايين الكبيرة . تحاط الشرايين بعضلات ملساء (تعرف أيضاً بالعضلات اللاإرادية Involuntary) . ويعمل هذا النوع من العضلات تحت تأثير الجهاز العصبي الذاتي . يسمح انقباض هذه العضلات الملساء على تغير المساحة المقطعية لهذه الأوعية وهكذا يزود بآلية لتنظيم تدفق الدم .

الأوردة Veins

تحمل الأوردة الدم العائد إلى القلب وتمتاز بأن جدرها أقل سماكة وأقل مطاطية والعضلات الملساء عنه في الشرايين . يوصف الدم المتدفق خلالها بالدم منزوع الأكسجين Deoxygenated وهو أغمق لوناً منه في الدم الشرياني . يمتاز الدم الوريدي بكونه أقل أكسجيناً منه في الدم الشرياني ؛ لأن معظم الأكسجين أفرغ في الأنسجة ، ولكنة ليس خالياً بالكامل من الأكسجين . مما يجعل المصطلح منزوع الأكسجين ربما مضللاً Misleading . تحمل الأوردة الدم تحت ضغط دموي أقل منه في الشرايين ، مما يجعلها مزودة بصمامات تمنع رجوع الدم إلى الخلف . يعاني بعض الناس من الدوالي الوريدية Varicose veins ، حيث الصمامات عاجزة وبذلك يتجمع الدم في الأطراف السفلية مما يجعل ضغط الدم الراجع إلى القلب منخفض . وحتى في الأفراد الطبيعيين ، يكون حوالي ٧٠ ٪ من الحجم الكلي للدم في الدورة الدموية موجوداً في الدورة الوريدية Venous circulation. وفي الشرايين ، يسيطر الجهاز العصبي الذاتي في المساحة المقطعية المستعرضة للأوردة مما ينظم جريان الدم وضغطه (الشكل رقم ٦,٣) .



الشكل رقم (٦,٣). رسم بياني يوضح الضغط على ، سرعة التدفق ومساحة المقاطع العرضية لأوعية الدورة الدموية .

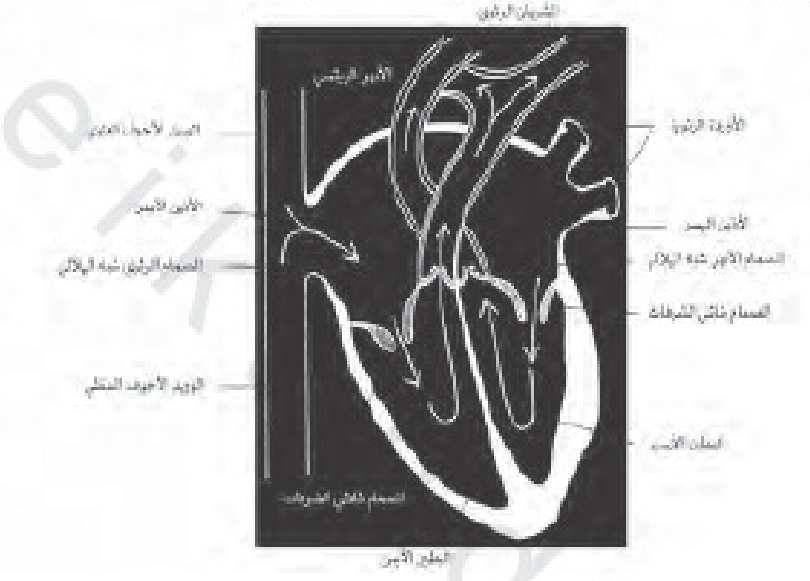
الشعيرات الدموية Capillaries

الشعيرات تراكيب ذات جدر بسيطة . يوجد في الشعيرات الدموية حوالي ٥ ٪ من الحجم الكلي من دم الدورة الدموية في جميع الأوقات . معدل الضغط الدموي الشعري هو حوالي ٢٠ ملم زئبق (٢,٧ kpa) ، يكون الضغط منخفضاً بشكل دائم في النهاية الوريدية عنه في النهاية الشريانية . وتتكون جدران هذه الشعيرات من طبقة خلوية واحدة ، وتمتاز بأنها رقيقة بدرجة كافية بحيث تسمح للمواد المغذية والغازات من العبور بين الشعيرات والأنسجة . يسير الدم في الشعيرات ببطأ مما يعطي وقت كاف لعمليات انتشار كل من المواد المغذية والغازات ما بين الشعيرات وخلايا الأنسجة المحيطة بها . تتحكم بالانتشار الشعيري نفس القوانين المذكورة آنفا والتي تنظم الانتشار في الرئة . يحتاج الدم مابين ١–٢ ثانية ليتساب من النهاية الشريانية إلى النهاية الوريدية في الشعيرات ذات الحجوم الطبيعية . أما أثناء التمارين ، فإن سريان الدم في أنسجة معينة كالرئتين يكون أسرع مما يسبب مشكلة في عملية عبور الدم خلال الشعيرات إلى الدوران الوريدي قبل إكمال جميع عمليات التبادل الكامل للأكسجين بشكل عام . أما الأنسجة الأقل نشاطاً (الخاملة) خلال القيام بمجهود مثل القناة الهضمية ، فإن الشريينات (شرايين صغيرة) التي تمدها بشبكة الشعيرات الدموية تقوم بالانقباض مما يتسبب في خفض سريان الدم خلال هذه الأنسجة . وبهذه الطريقة ، يتم توجيه الدم إلى المناطق من الجسم الذي يتطلبها كالعضلات .

القلب كمضخة
The Heart as a Pump

تتكون مضخة القلب العضلية من أربع حجرات هما الأذينان والبطينان . الأذينان أصغر حجماً وأقل عضلا ت من البطينان ووظيفتهما المساعدة عند امتلائهما

بالدم بالضغط عليه ويدفعه إلى البطينان وملئهما . يتكون القلب من نوع خاص من العضلات المخططة اللاإرادية والتي تعرف بالعضلات القلبية Myocardium . يوضح الشكل رقم (٦,٤) حركة الدم داخل حجرات القلب .



الشكل رقم (٦,٤). القلب وتدفق الدم خلال أجزائه.

البطين الأيسر أكبر من البطين الأيمن وكذلك جدرانه أسمك ، خاصة وأنه مسئول عن دفع الدم بضغط دموي عال ضد الضغط الخلفي للدوران الشرياني . لهذا السبب يدعى البطين الأيسر في أغلب الأحيان باسم مضخة الضغط Pressure pump بينما يعرف البطين الأيمن بمضخة الحجم Volume pump إذا ما اعتبرنا القلب مضخة فعالة ، يجب أن يمنع الدم من الرجوع إلى الدوران الوريدي عند حدوث الانقباض القلبي ، توجد لهذا السبب الصمامات بين الأذينان والبطينان (الصمامات الأذينية البطينية) وبين البطينان والشرايين الرئيسة (الصمامات شبه الهلالية) ؛ وذلك لمنع رجوع الدم للخلف . الصمامات دائما سلبية وتعتمد كلياً سواءً كانت

مفتوحة أو مغلقة على الضغوط النسبية للدم على جانبيهم . فعلى سبيل المثال ، عندما يكون الضغط في الأذينان أكبر من الضغط في البطينان ، تفتح الصمامات الأذينية البطينية . بينما الصمامات تنغلق إذا ما كان الضغط في الأذينان أقل منه في البطينان . وبطريقة مشابهة ، عندما يكون الضغط في البطينان أكبر منه في الشرايين ، تنفتح الصمامات شبه الهلالية والعكس صحيح .

تتناوب الضغوط الشريانية في الدورة الجهازية بين ما يعرف بالضغط الانقباضي والضغط الانبساطي Systolic and diastolic pressures ، معتمداً على ما إذا القلب في حالة انقباض أو انبساط . في الإنسان عندما يكون القلب في حالة انقباض ، فإن الضغط في الأوعية الدموي يكون عال ويصل لحوالي KPa١٦ (١٢٠مم زئبق ، ضغط انقباضي)، أما عندما يكون القلب في حالة الانبساط ، يصل الضغط في تلك الأوعية حوالي (٨٠ مم . زئبق . الضغط الانبساطي) KPa١٠,٧ . وهذا هو المصطلح الطبي الذي عادة ما يرجع إليه ويطلق عليه بضغط الدم ١٢٠/٨٠ (١٢٠على٨٠ مم . زئبق أو KPa١٦/١٠,٧) . تتشابه للغاية الضغوط المكافئة عند الحصان عندما يكون في حالة الراحة التامة ، ولكنه يتأثر كثيرا بمعدل نبضات القلب والإثارة .

الضخ القلبي
Cardiac Output

الضخ القلبي ($\dot{Q}$) هو كمية الدم المتدفقة خارج الجهة اليسرى من القلب بالدقيقة . تعتمد هذه مباشرة على متغيرين :

١– معدل نبضات القلب = عدد مرات ضربات القلب في الدقيقة الواحدة .

٢– الحجم الشوطي (Stroke volume (SV = كمية الدم المتدفع من القلب من جراء ضربة. $\dot{Q}$ (لتر/دقيقة)= معدل نبضات القلب (نبضة /

دقيقة) × الحجم الشوطي (لتر) ، وتشير النقطة على Q بأننا نتعامل مع معدل ما (كما هو الحال للتهوية الدقيقية V_E)، ويعتمد الناتج القلبي والحجم الشوطي (SV) على كمية الدم (وريدي) الراجعة إلى الجهة اليمنى من القلب (ملئ مسبقاً) ، وقوة انقباض القلب أثناء كل نبضة من نبضات القلب Myocardial contractility والضغط في الدورة الجهازية الشريانية (بعد الامتلاء) .

الضخ القلبي لشخص ما هو ما بين ٤ — ٦ لترات / دقيقة عند الراحة ، ويزداد فيه الضخ إلى ما بين ٢٥— ٣٥ لتر/دقيقة خلال القيام بتمارين رياضية عند الصفوة من رياضي البشر وذلك عندما يكون هنالك طلب على الأكسجين مما يتطلب زيادة في تدفق الدم .

الضخ القلبي في الخيول عند الراحة هو٢٥ لتر/ دقيقة (يعادل الضخ القلبي للإنسان وقت القيام بمجهود) ويزداد ذلك إلى ٣٠٠ لتر/ دقيقة عند قيام الخيول الماهرة بمجهود خاص . على الرغم من الحقيقة بأن الحصان حيوان ضخم للغاية ويتطلب كمية أكسجين أكثر نتيجة لكبر كتلة عضلاته ، إلا أنه ما زال قادراً على القيام بضخ قلبي أعلى منه في الإنسان . وإذا ما نسقنا ، لكتلة الجسم و ببساطة عن طريق تقسيم الضخ القلبي الأقصى على كتلة الجسم لكل من الإنسان والحصان ، سوف نرى الضخ القلبي الأقصى للإنسان هو حوالي ٠.٣٥ لتر/ دقيقة/ كجم من كتلة الجسم وللحصان حوالي ٠.٧ لتر/ دقيقة/ كجم من كتلة الجسم . لذا الحصان قادر على القيام بضعف الضخ القلبي للإنسان عند قياس ذلك حسب الاختلافات في حجم الجسم .

يزداد الضخ القلبي للحصان استجابة للطلب الزائد على الأكسجين والذي يتم وقت القيام بمجهود ، ثم يعاد توزيعه ، مما يجعل نسبة عالية من هذا الضخ القلبي تذهب إلى العضلات والقلب ، بينما نسبة أقل منها تكون من نصيب المعدة ،

الأمعاء ، الكلية والأعضاء الأخرى . خلال القيام بمجهود منخفض إلى معتدل الشدة ، توجه نسبة عالية من الضخ القلبي إلى الجلد للمساعدة في عمليات التنظيم الحراري . في الإنسان كمية الدم المتوجهة للجلد كبيرة أثناء قيامه بمجهود بدني قوي ، بينما في الحصان خلال القيام بمجهود قوي يستطيع تقليل كمية الدم المتدفق إلى الجلد . ويفيد ذلك في زيادة تدفق الدم وتوصيل الأكسجين إلى العضلات الحركية ، ولكن من مساوئه زيادة في حرارة جسم الحصان . فإن الجسم يجاري الطلب الزائد على ضخ الدم قدر الإمكان ، حتى أثناء قيامه بتمارين رياضية عالية القوة .

التوصيل الكهربائي خلال القلب
Electrical Conduction Through the Heart

تتميز خلايا العضلات القلبية بكونها متفرعة وأقصر من خلايا العضلات الهيكلية وتمتد وتتلامس النهايات الخلوية مع بعضها معطية اتصالاً كهربائياً مباشراً بين الخلايا المتجاورة عن طريق مناطق خاصة تعرف بالأقراص البينية (intercalated discs) . المقاومة الكهربائية بين الخلايا العضلية القلبيه منخفضة ، لذا تمر السيالات العصبية الكهربائية بسهولة بين الخلايا المتجاورة . ونتيجة لذلك ، عندما تحفز خلية واحدة ، سينتشر هذا المحفز مباشرة إلى كل الخلايا المرتبطة الأخرى . يمنع انتقال ومرور التحفيزات الكهربائية ما بين الأذنيين والبطينين وجود حلقة ليفية . تمنع هذه الحلقة الاقتران الكهربائي بين خلايا الأذنيين والبطينين . يعتبر نسيج بركينجي Purkinje tissue الموجود في الجدار ما بين البطين الأيسر والأيمن المعبر الوحيد الذي يمكن أن يعبر من خلاله النشاط الكهربي بين الأذنيين والبطينين .

نظراً لكون الأذينان والبطينان معزولان كهربائياً ، فهذا يمنع من انقباضهما بشكل آني متزامن . ولكي يكون القلب بمثابة مضخة فعالة فلابد من أن يتم الانقباض

الأذيني قبل الانقباض البطيني . بهذه الطريقة، يؤدي انقباض الأذنيين سوياً لملأ البطينين بالدم ومن ثم انقباض البطينان معاً ، لضخ هذا الدم للخارج من خلا ل الشريانين الرئوي (البطين الأيمن) والأبهري (البطين الأيسر) . إن الشيء العادي هو قدرة هذه العضلات القلبية على الانقباض دورياً بدون أي تحفيز عصبي . يمكن نزع القلب خارج الجسم وفصله عن جميع الإمدادات العصبية ، و إبقائه يعمل لعدة ساعات إذا ما حفظ في حمام مائي فيه سائل يحتوي على ما يحتاجه من أكسجين ومواد مغذية . وعلى النقيض من ذلك، تحتاج كل من العضلات الملساء والعضلات الهيكلية لتحفيز عصبي لكي تتقلص . يكون القلب قادراً على إبقاء التقلص الإيقاعي بدون أي مساهمة عصبية . وهذه ميزة خاصة بالعضلات القلبية والتي تعرف بالإيقاع المتأصل .

تدل قدرة القلب غير العادية على القيام بالنبض دون إمداد عصبي خارجي على الحقيقة بأن عضلات القلب تولد تحفيزات عصبية مهمتها التحفيز على القيام بالانقباض الميكانيكي (الموضعي) . تبدأ نبضات القلب في منطقة خاصة من الأنسجة القلبية تعرف بالعقدة الجيبية الأذينية (SA) Sinoatrial node ، ويطلق عليها صانع السرعة Pacemaker ، والتي توجد في الجانب الأيمن من الأذين الأيمن (الشكل رقم ٦,٥) . يتم انتشار النشاط الكهربائي من خلية إلى خلية عبر الأذينان ، حيث ينقبض الأذين الأيمن بعض الشيء قبل الأذين الأيسر . تصل الإشارة الكهربائية وبسرعة عقدة أخرى موجودة أسفل الأذين الأيمن بالقرب من الحاجز وتعرف بالعقدة الأذينية البطينية (AVN) Atrioventricular node . يلاحظ أن إيصالية النشاط الكهربائي عبر العقدة الأذينية البطينية منخفضة عند مقارنته بالايصالية عبر عضلات الأذين والبطين . يضمن النقل البطيء للإشارات الكهربائية عبر العقدة الأذينية البطينية انتهاء تقلص الأذينان (ومن ثم ملء البطينين) قبل بدء الانقباض البطيني . وبذلك يتوفر المزيد من

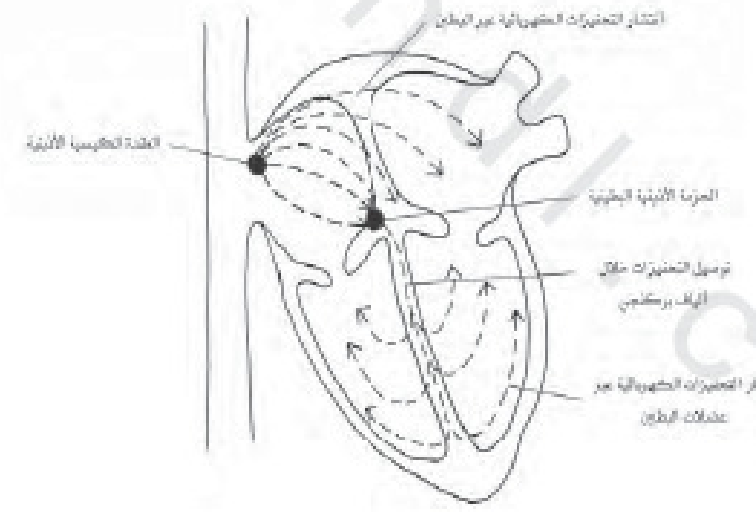
الوقت للدم لكي يتدفق من الأذينين إلى البطينين قبل الانقباض البطيني. سيكون هناك زمن قليل من تقلص عضلات القلب قبل أن يتم ملء البطينين بالدم .

في الأحوال المعروفة بالرجفان الأذيني Atrial fibrillation ، وأحد الظروف القلبية الأكثر شيوعاً للحصان ، ينقبض الأذين بمعدل سريع ليس له علاقة بمعدل انقباض البطينين مما يدل على أن الأذينان والبطينين يقعان خارج هذه المرحلة وهذا ليس شيء غير معروف عند خيول السباقات وعادة ما يرتبط ذلك بالأداء السيئ والتردد المتزايد و/ أو شدة النزف الرئوي المصاحب للتمارين المستحثة والمندفعة . نظراً لأن الأذينان ينقبضان بسرعة أكبر وخارج المرحلة بالنسبة للبطينان ، مما يبطئ ملء البطينان وهذا ما يعرف بالحجم الشوطي Stroke Volume ومن ثم ينخفض الضخ القلبي . يتسبب غالباً انخفاض الضخ القلبي بالعادة في انخفاض الأداء .تظهر العديد من الخيول رجفان أذيني سيتحول تلقائياً لكي تعود إلى الوضع الطبيعي . لهذا السبب ، إذا ما شخص الرجفان الأذيني في الخيول وتركت لمدة أسبوع دون علاج تلاحظ عودته إلى الوضع الطبيعي وظيفياً لوحده . إذا لم يرجع الحصان للحالة الطبيعية ، تعالج الحالة في أغلب الأحيان طبياً بنجاح باستخدام كبريتات الكينودين Quinidine Sulplate . على أيه حال ، يتصف مركب الكينودين بالسمية والإثارة . لهذا السبب تعطى هذه المادة للحصان عن طريق الأنبوبة الأنفية المعدية بدلاً من الحقن في الوريد . ينتج عن ذلك آثار جانبية بما في ذلك انخفاض ضغط الدم و الخمول Lethargy والمغص وفي حالات نادرة الموت الفجائي . يستجيب حوالي٧٥ ٪ من الخيول ذات الرجفان الأذيني للعلاج بالكينودين ، ولكنه ليس شائعاً في بعض الخيول .

تمر الإشارات الكهربائية من العقدة الأذينية البطينية للأسفل نحو ألياف موصلة خاصة تسمى بألياف بركنجي Purkinji fibers ضمن حزمة هس Bundle

of His . تتفرق الألياف ضمن حزمة هس وتنتشر باتجاه الأعلى حول البطين الأيسر والأيمن مكونة شبكة بركنجي توصل الإشارة الكهربائية قمة البطينان بسرعة كبيرة ومن ثم تنتشر إلى الأعلى في كافة أنحاء العضلة البطينية . في الواقع ، يعصر الدم من القلب للخارج بالتقلص العضلي الذي يبدأ أسفل البطينين ويندفع الدم من البطينين من النهاية المغلقة إلى النهاية المفتوحة ، كما يندفع معجون الأسنان من الأنبوب ! .

تسلك الموجة الكهربائية المنظمة التي تسبب النبض القلبي ، الطريق التالي من خلال عضلة القلب (انظر الشكل رقم ٦,٥) . العقدة الجيبية الأذينية (SAN) وعضلات الأذين والحزمة الأذينية البطينية وحزمة هس وألياف بركنجي وعضلات البطين .



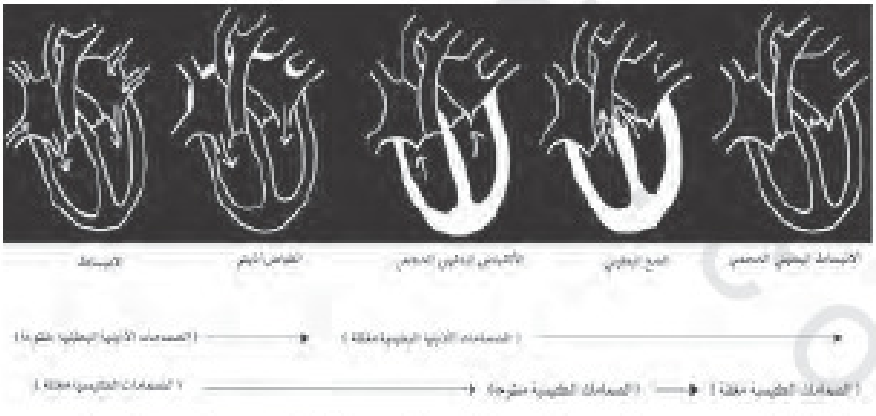
الشكل رقم (٦,٥)، التوصيل الكهربائي خلال القلب .

الدورة القلبية

The Cardiac Cycle

يجري الدم الوريدي بشكل مستمر إلى الأذين الأيمن من خلال كل من الوريد الأجوف العلوي Superior vena cava (الدم الوارد من الرأس والرقبة) والوريد الأجوف السفلي Inferior vena cava (الدم الوارد من جميع أجزاء الجسم الأخرى) وإلى الأذين الأيسر من خلال الوريد الرئوي . دعنا نتتبع الدورة الدموية من النقطة عندما ينبسط القلب ، كما في حالة الانبساط Diastole :

١ – عند هذه المرحلة من الدورة القلبية حيث الدم الوريدي يصب في كلا الأذينان ، تكون الصمامات الأذينية البطينية مفتوحة ويسيل الدم مباشرة خلال الأذينان إلى البطين . عندما يمتلئ ٧٠ ٪ من البطين ، ينقبض الأذينان ويدفعان الدم إلى البطينان ويسمى هذا الطور من الدورة القلبية بالانقباض الأذيني Arterial Systole (انظر الشكل رقم ٦,٦) .



الشكل رقم (٦,٦). الدورة القلبية . الماطق الأكثر نشاطا في الإنقباض تظهر باللون الأبيض .

٢ – بعد توقف قصير ينقبض البطينان ويقل حجمهما . عندما ينخفض الحجم البطيني ، يزداد الضغط ضمن البطين . يرتفع الضغط ضمن البطين فوق ما هو

موجـود في الأذين ، مسبباً قفـل الصمامات الأذينية البطينية وحدثاً ما يسمى بالصوت القلبي الأول First heart sound لب LUP .

٣- تفتح الزيادة المستمرة في الضغط البطيني الصمامات نصف الهلالية بالقوة . يكون الضغط داخل الشريان الأبهري والشريان الرئوي قبل هذا عند أقل مستوى لهما، تعرف قيمة هذا بالضغط الدموي الانبساطي حوالي (٨٠ مم زئبق) Kpa١٠,٧ في الأبهر عند الراحة في الشخص المعافى ويتشابه مع ذلك الحصان . يدفـع الدم عندئذ إلى كل من الدوران الجـهازي والرئـوي . عند هـذه النقطة والتي يدفـع فيها الدم إلى الشـرايين بالقـوة ، فإن الضغط الدموي يكون أعلى ما يمكن والذي يعرف بالضغط الدموي الانقباضي Systolic blood pressure حوالي (١٢ مم . زئبق)(KPa١٦)عند الراحة في الشخص كما الحال عند الحصان أيضاً .

٤- عند توقف الانقباض البطيني، ينخفض ضغط البطينين تحت الضغوط الابهرية الجهازية والشريانية الرئوية وتغلق الصمامات شبه الهلالية ويتوقف ضخ الدم من القلب . ينتج عن غلق الصمامات شبة الهلالية ما يعرف بالصوت القلبي الثاني (دبDUP) .

يصل معدل ضربات القلب عند الراحة إلى ٣٠ضربة / دقيقة ، يستغرق الانبساط ثلثي إلى ثلاثة أرباع كل دورة قلبية وثلث إلى ربع فقط في الانقباض . تتفاوت لحد ما النسبة الأكيدة بين زمني الانقباض والانبساط القلبي وربما يعتمدان بعض الشيء على المعايير المستعملة لتعريف الانقباض والانبساط . فعلى سبيل المثال وباستعمال المسجل القلبي الكهربائي Electrocardiograph (فوق الصوتية) Ultrasound ودبلير(Dopplar) (تقنية تصوير جريان الدم في القلب) لمعرفة التدفق الأبهري، سيعرف الانبساط عندما تنغلق الصمامات الأبهرية ويتوقف ضخ الدم خارج البطين الأيسر.

يستغرق تقلص القلب بشكل نشيط حوالي ٢٥- ٣٣ ٪ من زمن الدورة القلبية ، وبقية الوقت ما بين ٦٦- ٧٥ ٪ من زمن الدورة القلبية ، ترتخي عضلات القلب ويمتلئ القلب بالدم . عند زيادة معدل نبض القلب ، يميل الانبساط إلى أن يكون أقصر زمناً من الانقباض ، لذا يلاحظ أنه عند التمارين الشاقة تتساوى تقريباً فترتي الانقباض والانبساط القلبي . وبمعنى آخر ، أي جزء من الدورة القلبية يتوافق مع معدل ضربات القلب المرتفعة أثناء الانبساط والمفقود قبل وقت الانقباض Systole .

التخطيط القلبي الكهربائي
The Electrocardiogram (ECG)

يعبر عن قياس مجموع النشاط الكهربائي ضمن القلب وفي جميع أنحائه خلال كل نبضة قلبية بالتخطيط القلبي الكهربائي (ECG) . يتم القياس عند سطح الجلد وله شكل مميز . توضع الأقطاب الكهربائية في مراكز إستراتيجية على سطح الجلد مما يمكنها من التقاط النشاط الكهربائي ، مع العلم أن اختيار المكان الصحيح لوضع الأقطاب على الجلد قد تؤثر على شكل وحجم التخطيط القلبي الكهربائي المسجل . يمثل ECG مقدار جميع النشاط الكهربائي الذي يحدث في جميع عضلات القلب بسبب نبضة واحدة . يقابل نمط الـ ECG أحداث معينة مع الدورة القلبية ، كما هو موضح لاحقاً في الرسوم التخطيطية (الشكل رقم ٦.٧b) .

توضح قيم التوقيت التالية لكل مرحلة من مراحل التخطيط القلبي الكهربائي لحصان بالغ عند الراحة ومعدل نبضات القلب حوالي ٣٠ ضربة / دقيقة :

- موجة P (P wave) تمثل هذه الإشارة الكهربائية التي تعبر الأذينين أو زوال الاستقطاب في الأذينين وزمنها عند الراحة حوالي ٠.١٢- ٠.١٤ ثانية .

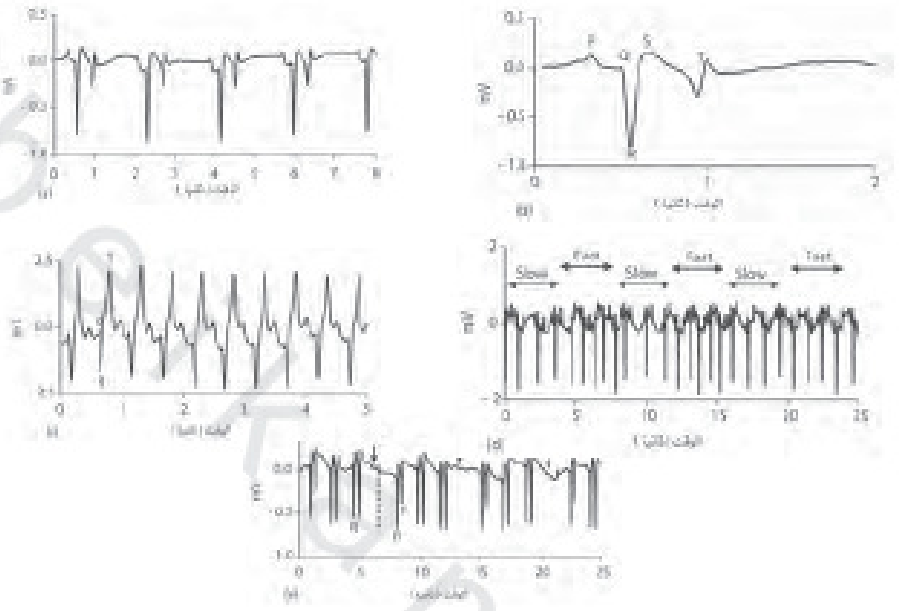
• فترة PQ (PQ interval) (مدتها تقريبا ٠,٣٥—٠,٥٥ ثانية) . يمثل هذا مرور النشاط الكهربائي خلال كل من العقدة الأذينية البطينية (AV node) وحزمة هس وشبكة بركنجي . يبدو أن القلب صامت كهربائياً عند هذه النقطة ؛ نظراً لكون هذه التراكيب معزولة كهربائياً عن بقية الخلايا القلبية .

• معقد موجة QRS (QRS complex) (مدتها ٠,١—٠,١٥ ثانية) يمثل هذا التحفيز الكهربائي (أو زوال الاستقطاب) للبطينين . يتضح أن هذه الموجة أغزر بكثير من موجة (P) وبسبب أن كتلة البطينين أكبر منها في الأذينين مما يجعل كمية الخلايا النشطة في البطينان أكثر .

• موجة T (T wave) وتمثل هذه ارتخاء عضلات (عودة استقطاب) البطينين من جراء الإشارات الكهربائية التي عبرتهما . وهناك أيضاً موجة تقابل ارتخاء الأذينين . ولكنها تتم بنفس وقت مرور موجة عودة الاستقطاب خلال البطينين مما يجعلها تنغمر فيها ، تعرف المدة من بداية موجة QRS(بمعنى آخر موجة Q) إلى موجة Tبالفترة (QT) ومدتها حوالي ٠,٦ ثانية .

يتغير شكل التخطيط الكهربائي بشكل مثير عن طبيعته عند الراحة (الشكل رقم ٦,٧ a,b) عند القيام بجهد (الشكل رقم ٦,٧ c) . إن التغير الأكثر تميزاً في أغلب الأحيان هو الزيادة المثيرة في حجم موجات T . يزود التخطيط القلبي الكهربائي الطبيب المعالج بمعلومات حول كلتا نوعية نبض القلب وإيقاعها (الشكل رقم ٦,٧d,e) .

يستعمل أو يساعد ECG في مراقبة القلب عند عمليات التخدير وخلال تمارين الحقل والمطحنة ، أو ببساطة للمساعدة في تشخيص أي شذوذ قلبي مشتبه به كالرجفان الأذيني .



الشكل رقم (٦,٧). ويشمل :(a) التخطيط القلبي الكهربائي عند الراحة، (b) تخطيط قلبي كهربائي لنبضة واحدة عند الراحة، (c) التخطيط القلبي الكهربائي خلال القيام بالجهود، (d) تخطيط قلبي كهربائي جهدي يوضح اضطراب نسق القلب، (e) تخطيط قلبي كهربائي جهدي يوضح الدرجة الثانية من الإنغلاق الأذيني البطيني .

يتم قياس التخطيط القلبي الكهربائي القياسي في الإنسان عن طريق وضع (Lead I) القطب الكهربائي السالب على الذراع الأيمن والقطب الكهربائي الموجب على الذراع الأيسر . يظهر هذا الـ ECG المميز والذي نلحظه في مراجع كل من علم وظائف الأعضاء والطب ، يتميز بموجة موجبة (للأعلى)(R wave) . المقابل المكافئ له في الخيول والمعروف بـ (baseapex ECG) والذي حيث يوضع القطب الكهربائي السالب على الرقبة أو الكاحل ويوضع القطب الكهربائي الموجب على عظم القص أو أي نقطة تحت الارتفاع الرأسي للقلب (تحت الصدر عند خط المنتصف مثلاً) . على

أية حال ، إذا ما أردنا مقارنة التخطيط القلبي الكهربائي للإنسان والحصان المأخوذة بهذه الطريقة ، نلاحظ بأن الـ ECG للحصان يبدو مقلوباً بسبب وجود ألياف شبكة بركنجي شاملة للغاية في الحصان وتتغلغل في أعماق العضلات القلبية . ويشير ذلك إلى انتشار التحفيزات الكهربائية من الأذينين إلى البطينين . معظم العضلات القلبية في وضع زوال الاستقطاب بنفس الوقت . ويشذ عن هذا أقصى عضلات الجزء السفلي من الحاجز (بين البطين الأيسر والأيمن عند قاع القلب) . ونرى في التخطيط القلبي الكهربائي للإنسان موجة زوال الاستقطاب بأنها تنتشر في الحصان في كافة أنحاء البطينين وتلغى تماماً ، موجة الإثارة الكهربائية تسير من القاعدة إلى القمة (تعطي موجة R موجبة في الإنسان) . إن موجة زوال الاستقطاب الوحيدة التي ترى هي الموجة التي تنتشر بالاتجاه المعاكس لذا تبدو هذه سلبية بدلاً من إيجابية .

التحكم بجريان الدم
Control of Blood Flow

تعتمد متطلبات الأنسجة المختلفة للدم في الأوقات المختلفة على نشاطات الجسم . هناك كمية محدودة من الدم في الجسم ، والتي تكون غير كافية لإمداد وتجهيز كامل الجسم في أي وقت ، خصوصا أثنا، القيام بمجهود . وللحصان المقدرة على زيادة حجم الدم من حوالي ٤٠ لتر عند الراحة إلى حوالي ٥٠ لتر خلال القيام بأعلى مجهود ، وذلك بالجمع بين كل من إفراز خلايا الدم الإضافية المخزنة في الطحال والإزاحة وإعادة توزيع السوائل . نحن البشر لا نستطيع عمل هذا . على أية حال ، حتى بهذا الحجم الإضافي للدم ، يجب على الجسم أن يختار المكان الأفضل ليوجه إليه الدم.مكن زيادة متطلب العضلات الهيكلية للأكسجين عند القيام بمجهود ، يمكن إنجاز زيادة الدم الوارد للعضلات ، بما يلي :

١- توجيه الدم بعيدا عن الأعضاء الأقل نشاطا أو الأعضاء التي لا تحتاج للأكسجين خلال القيام بالمجهود مثل الأمعاء.

٢- التقليل من عمليات التنظيم الحراري عن طريق التقليل من سريان الدم للجلد .

٣- زيادة الضخ القلبي .

قدرة الجهاز الدوري على تنظيم جريان الدم إلى جميع الأنسجة داخل الجسم مدهشة للغاية . في الحقيقة ، تلعب الأنسجة نفسها دوراً في تنظيم دوران الدم فيها عن طريق عملية تُعرف بالتنظيم الذاتي . عندما تنشط الأنسجة ، تتمدد أوعيتها الدموية آلياً استجابة للزيادة في النشاط . يحدث هذا بسبب إطلاق الأنسجة النشطة لمادة تعرف بالمواد الفعالة في الأوعية Vasoactive إلى مجرى الدم . تتمثل محفزات إفراز المادة الفعالة في الأوعية بكل من الزيادة في مستويات ثاني أكسيد الكربون ، النقص في مستوى الأكسجين وزيادة كل من تركيز أيونات الهيدروجين (التي تجعل الدم أكثر حمضية) ومستوى أيونات البوتاسيوم واللاكتيت Lactate وارتفاع الحرارة . ينتج كل هذا من زيادة النشاط الخلوي المقترن بنقص في الإمداد الدموي غير الكاف . يؤدي تجمع نواتج الأيض إلى توسع الأوعية الدموية والذي يتبعه زيادة في جريان الدم . بمجرد التخلص من النواتج الأيضية كنتيجة لزيادة جريان الدم ، يقل الجريان الدموي عن طريق انقباض (غلق) الأوعية الدموية وتعود نتيجة لذلك هذه القنوات إلى حالتها السابقة . وتسمى السيطرة الآلية ، من خلالها يميل المنتج النهائي إلى إيقاف المحفز الأولي بالتغذية الاسترجاعيه السالبة Negative feedback وهي النوع الأكثر استخداما لهذه السيطرة الفسلجية . تضمن آلية التنظيم الذاتي بأن تعمل الأنسجة بجد وتستخدم أكسجين وتتسلم كمية أكسجين أكثر نسبياً ، وهذه هي إحدى الطرق التي

يحاول فيها الجسم مجاراة الطلب والحصول على المواد المغذية كالأكسجين والسكريات والدهون . تعتبر السيطرة العصبية هي الطريقة الأخرى التي يجاري فيها جريان الدم الطلب على المواد . تقع العضلات الملساء في جدر الأوعية الدموية تحت السيطرة العصبية السمبثاويه (الودية) والتي هي جزء من الجهاز العصبي الذاتي . إذا زاد تردد النبضات في الجهاز السمبثاوي ، سيؤدي ذلك حدوث الانقباض الوعائي Vasoconstriction . عموماً ، الأعصاب السمبثاويه نشطة وترسل بشكل مستمر تحفيزات تحرر النواقل العصبية من أدرينالين ونورادرينالين ويتسبب في تقلص العضلات الملساء . إذا ما حدث أن قطع الإمداد العصبي السمبثاوي، سيؤدي إلى توسع الأوعية الدموية مما يدل على أن هناك نغمة عصبية سمبثاويه ثابتة . تعني النغمة وجود مستوى أساسي من التحفيز ، بأن يكون النظام السمبثاوي غير مسترخ بالكامل.

إذا ما افترضنا أن كل أنسجة الجسم تتطلب زيادة في الإمداد الدموي ، فهذا يعني أن كل الأوعية في حالة تمدد وعندها لا يمكن المحافظة على ضغط الدم . ويشبه ذلك فتح جميع صنابير المياه في منزلك بكامل طاقتها وبنفس الوقت . سينخفض ضغط الماء في كل منها وربما أن بعضها لن يصله أي إمداد مطلقاً . لا تكمن أهمية التنظيمات الآلية فقط في مجاراة الإمداد الدموي المطلوب بل بأولويات الإمداد الدموي وكذلك العناية بضغط الدم بالرغم من الطلب الزائد على الدم .

التحكم في ضغط الدم
Control of Blood Pressure

يجري الدم للأسفل حسب منحنى تمثيل الضغط . يجب ولابد من الإبقاء على الضغط الدموي الشرياني وإلا فإن عمليات الدوران قد لا تستمر . ضغط الدم الشرياني هو نتيجة الضخ القلبي ($\dot{Q}$) والمقاومة الخارجية (P) ، بمعنى آخر، مقاومة

الأوعية الدموية للتدفق ، التي تعتمد بشكل كبير على درجة تمدد الأوعية . فإذا ما كان مقاومة التمدد لوعاء ما منخفضة فستكون المقاومة عالية عند الانقباض . وإذا زاد الضخ القلبي وبقيت المقاومة نفسها ، كأن يزيد ضغط الدم إذا ما بقيت أحجام الأوعية الدموية عند نفس أحجامها ينقص ضغط الدم إذا نقصت المقاومة وبقي الضخ القلبي على حاله . وبعبارة أخرى ، يتناسب ضغط الدم مع كل من الضخ القلبي والمقاومة .

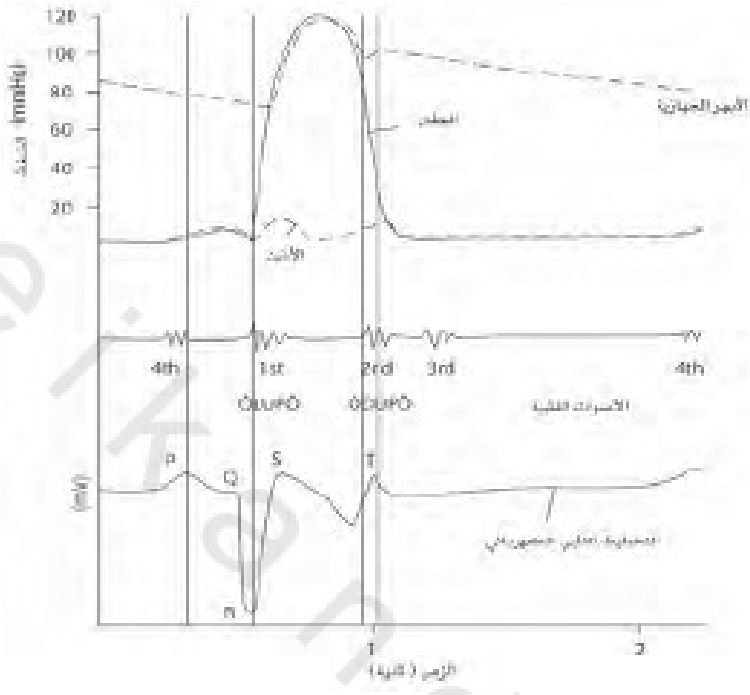
ضغط الدم = الضخ القلبي × المقاومة الطرفية

يتم تجنب التأرجح الكبير في الضغط الدموي من خلال تفادي تعديل الناتج القلبي . يتم ذلك من خلال مستقبلات الضغط Barorecptors (خلايا خاصة تعمل محسسات ضغط) الموجودة داخل الأوعية الدموية التي هي حساسة للتغير في ضغط الدم . وإذا اكتشفت مستقبلات الضغط زيادة في تمدد الشرايين الرئيسة ، سيزداد تردد السيالات العصبية المرسلة إلى النخاع في الدماغ ، والتي تستجيب من خلال خفض في كل من انقباض الأوعية ومعدل الضخ القلبي بواسطة الجهاز العصبي الذاتي . تنظم التقلبات الصغيرة في ضغط الدم تماماً بواسطة تغيير المقاومة الخارجية في مستوى الشريانات . يكون ضغط الدم في الأشخاص الأصحاء العاديين ، مستقراً لساعات عدة . يوضح الشكل رقم (٦,٨) العلاقة بين كل من ضغط الدم والنبضات القلبية والتخطيط القلبي الكهربائي خلال دورة قلبية واحدة .

تركيب الدم

The Composition of Blood

يمثل الدم حوالي ١٠ ٪ من كتلة جسم الحصان تقريباً ٥٠ لتر أو ٥ سطول ممتلئة ! يشتمل الدم على البلازما ، خلايا الدم الحمراء ، خلايا الدم البيضاء والصفائح الدموية .



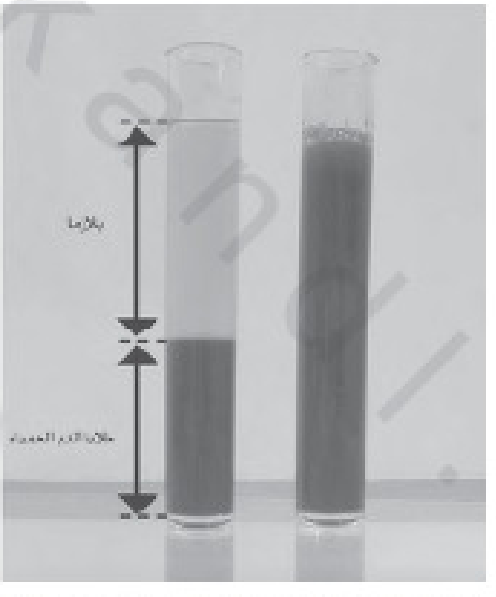
الشكل رقم (٦,٨). العلاقة بين ضغط الدم ، أصوات القلب والرسم التخطيطي للقلب . أصوات القلب الأولى والثانية هي أكثر وضوحا ، ولكن صوتي القلب الآخران يمكن سماعها، بينما يرتبط صوت القلب الثالث بامتلاء البطين ؛ يرتبط الصوت الرابع للقلب أو " الصوت الأذيني " بالإنقباض الأذيني وفاية إنقباض القلب .

البلازما Plasma

إذا ما أخذنا عينة دم من الحصان ، وأضيف لها مادة مضادة للتخثر (مادة توقف عملية تخثر الدم مثل مركب EDTA) ووضعها في أنبوبة اختبار، بعد ٣٠ دقيقة تقريبا سينفصل إلى سائل أصفر شفاف أعلى الأنبوب وطبقة حمراء نصف شفافة أسفل الأنبوب (انظر الشكل رقم ٦,٩). يدعى السائل الأصفر الصافي ، بلازما الدم. يتخثر الدم عندما يتعرض للهواء ما لم يضاف له مادة مانعة للتخثر . يعرف البلازما

ومانع التخثر بمصل الدم Serum يمكن الحصول عليه بأخذ عينة دم وتركها تتخثر في الأنبوب .

المادة المتخثرة ، يبقى المصل . تتكون البلازما بشكل كبير من الماء (٩٢ ٪) والبروتين (٦ ٪) والبقية من مواد ذائبة ومعلقة فيه كالجلوكوز والدهون، والحموض الأمينية والهرمونات والإلكتروليتات (المواد المتحلة كهربائياً) والأجسام المضادة والفيتامينات . تحمل البلازما كمية ضئيلة من الأكسجين ذائبة فيه لجميع أجزاء الجسم ولكن حوالي ٩٩,٩ ٪ من الأكسجين يرتبط بهيموجلوبين خلايا الدم الحمراء .



الشكل رقم (٦,٩). عينة دم توضح انفصال خلايا الدم عن البلازما . يتضح أن PCV للعينة هي ٠,٤٤ *أو* ٤٤ ٪ .

تشتمل بروتينات البلازما على كل من الألبيومينات والجلوبيولينات والفيبرينوجينات . يستعمل الألبيومين (الزلال) في أغلب الأحيان لربط الهرمونات

الإستيرويديه ، لذا فقد تنقل هذه إلى جميع أجزاء الجسم دون أن يتم ترشيحها من سوائل الدوران ومن ثم إلى البول عن طريق الكلية (جزيئات الزلال كبيرة للغاية لذا لا يتم ترشيحها في الكلية) . تشكل الجلوبيولينات الأجسام المضادة التي تستخدم للدفاع ضد المرض ، بينما الفيبرنوجين هو المسئول عن تخثر الدم . جدر الأوعية الشعيرية غير منفذة للبروتينات عند ضغط الدم الطبيعي بين الأوعية الدموية والأنسجة المحيطة بها ، ولذا تلجأ إلى سحب الماء تنافذياً من الأنسجة المحيطة بها . السحب التنافذي "Osmotic puzll" كنفاذية المحلول ويعبر عنها بالأزمولات (Osmoles) ، يحسب الأزمول واحدا من المذاب Solute كما يلي :

$$\text{واحد أوزمول (osm)} = \frac{\text{الوزن الجزيئي لمادة ما (بالجرامات)}}{\text{عدد الجزيئات المتحركة والمتحررة في جزئية واحدة في المحلول}}$$

يسبب الوزن الجزيئي الكبير للبروتين في المحلول إلى إنتاج أوزموزيه عالية وإمكانية تنافذ كبيره . تدل الإمكانية التنافذيه للماء الذي سيعبر غشاء شبه منفذ (في هذه الحالة ، هو جدران الشعيرات) على تدرج التركيز . عموماً الازمولية Osmolarity نفسها هي حركة الماء بين البلازما والسائل البيني (السائل بين الخلايا) والناتجة عن حركة الماء الحرة بين حجرتي السوائل .

إذا ما صرف كامل الدم في الدورة الدموية للخارج وفصلت خلايا الدم الحمراء عن البلازما ، فإن حجم البلازما سيكون حوالي ٣٠ لتر في حصان وزنه ٥٠٠ كجم وهذا يشكل ١٠٪ من محتوى ماء الجسم الكلي ، أي حوالي ٣٠٠ لتر من الماء . يختلف حجم البلازما بين السلالات ، تميل السلالات الأصلية المحسنة Thoroughbreds إلى امتلاك أحجام بلازما تصل إلى حوالي ٧٥ مل /كجم من وزن الجسم ، بينما السلالات الأثقل ، تنخفض فيها أحجام البلازما إلى مستوى ٥٥ مل/كجم .

خلايا الدم الحمراء Red Blood Cells (Erythrocytes)

تتميز خلايا الدم الحمراء بكونها أقراص مقعرة الوجهين غير منواة ولذا تسمى عديمة الأنوية . يعني هذا أن لدى هذه الخلايا مكان أكبر لخزن الهيموجلوبين ، تلك الصبغة التي تجعل خلا يا الدم حمراء وتحمل الأكسجين إلى أنحاء الجسم المختلفة . لماذا يوجد الهيموجلوبين في خلايا الدم الحمراء وليس فقط حراً في البلازما ؟ بالرغم من أن الهيموجلوبين عبارة عن بروتين كبير إلا أنه يمكن طرده خلال الكلية إذا ما تم حمله في خلايا الدم الحمراء . تماثل جزيئات الميوجلوبين في الحجم والتركيب الهيموجلوبين وعند حدوث الضرر الكبير للعضلات، يمكن ملاحظة الميوجلوبين في البول والذي يعطيه اللون البني الغامق . وسيحدث نفس الشيء للهيموجلوبين إذا ما وجد خارج خلايا الدم الحمراء .

يزيد شكل خلايا الدم الحمراء المقعرة الوجهين من المساحة السطحية للتبادل الغازي . وهذه الخلايا مرنة جدا لتمكينها من الانضغاط والدخول خلال الأوعية الدموية الشعرية الضيقة بشكل انفرادي . تتميز خلايا الدم الحمراء عن بقية خلايا الجسم بافتقارها إلى الأجسام السيحية (الميتوكندريا) . تحصل هذه الخلايا على ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP) فقط من عمليات التنفس اللاهوائي للجلوكوز والذي تحصل عليه هذه الخلايا من البلازما ومن ثم يحول إلى حمض اللبن والذي هو الآخر ينتشر مرة أخرى للبلازما . إذا ما أخذت عينة دم وتركت عند درجة حرارة الغرفة ، سينخفض تركيز الجلوكوز في الدم بينما يزيد تركيز اللاكتات وذلك نتيجة للعمليات الأيضيه لخلايا الدم الحمراء . تمتد الفترة القصوى لعمر الخلايا الدموية الحمراء حوالي ثلاثة أشهر . ينتج نخاع العظام خلايا الدم الحمراء الجديدة ، بينما تزال الخلايا القديمة وتتكسر في الطحال . تعامل نواتج الفضلات من تكسر خلايا الدم الحمراء إضافيا في الكبد لإنتاج البليروبين (صبغيات الصفراء) . تميل الخيول عند التدريب إلى امتلاك معدل أعلى لتجدد خلايا الدم الحمراء .

هناك معدل ما بين ٨×١٠^{١٢} و١٥× ١٠^{١٢}خلايا دم حمراء لكل لتر من الدم عند الراحة ، ويميل هذا الرقم للزيادة عند التدريب . يصل قطر كل خلية حوالي ٥ ميكرومتر . أثناء التمرين ، يمكن لانكماش الطحال من مضاعفة عدد خلايا الدم الحمراء في الدورة الدموية للحصان .

خلايا الدم البيضاء White Blood Cells

خلايا الدم البيضاء أقل بكثير من خلايا الدم الحمراء في سائل الدم الكلي . عندما نترك عينة دم معاملة بالهيبارين لتستقر(عينة مضاف إليها الهيبارين لمنع التجلط)، فإنه يمكننا رؤية خط أبيض رقيق بين خلايا الدم الحمراء وبلازما الدم وهذا هو خلايا الدم البيضاء (الشكلان رقما ٦,٩ ؛ ٦,١٠) . تسمى الخلايا الدموية البيضاء بـ Leucocytes وكما هو موضح في الجدول رقم (٦,١) يمكننا تقسيمها إلى مجموعتين رئيسيتين طبقا لمظهرهما .

الجدول رقم (٦,١). النسبة المئوية التقريبية لأنواع خلايا الدم البيضاء في الحصان السليم عند الراحة .

خلايا دم بيضاء محببة	خلايا دم بيضاء غير محببة
الخلايا المتعادلة (~٥٥٪)	الخلايا وحيدة النواة (~ ٥٪)
الخلايا الايوسينية (~ ٤٪)	الخلايا اللمفية (~ ٣٥٪)
الخلايا القعية القاعدة (~ ١٪)	

الشكل رقم (٦,١٠). أشكال خلايا الدم الحمراء والبيضاء .

خلايا الدم البيضاء هي المسئولة عن الدفاع ضد الأمراض ، بما فيها العدوى الطفيلية والبكتيرية (الجرثومية) والفيروسية . كذلك تشارك المواد في ردود أفعال الحساسية مثل حبوب اللقاح والفطريات ويمكن أن تكون وظائفهما منفصلة بشكل واسع عن تلك التي تحارب التفاعلات المناعية الغير محددة إلى العدوى والالتهاب وتلك التي تتعامل مع تفاعلات المناعة المكتسبة . تعتبر الخلايا اللمفية المسئول الأول عن المناعة المكتسبة بينما تعتني الأنواع الأخرى بالعدوى غير المحددة . وهناك تقريباً ٣,٥٠ × ١٠^٩ خلية لمفية في كل لتر من الدم ، ويزداد عدد هذه الخلايا بشكل أكثر استجابة للعدوى . عدد خلايا الدم البيضاء عادة حوالي ٦ × ١٠^٩ – ١٢ × ١٠^٩ خلية لكل لتر وتشير القيم العالية عادة إلى حدوث عدوى ، على الرغم من ذلك يمكن أن نرى قيمة عد منخفضة في حالة العدوى الفيروسية .

المناعة غير المحددة Non-specific immunity

يدخل العديد من أنواع البكتيريا (الجراثيم) إلى الجسم ، إذا ما حدث أن جرح جلد الحصان يحفز هذا النسيج المحيط ومن ثم تحفز الخلايا المحبة للقاعدة لإفراز مادة الهيستامين Histamine ، والهيبارين Heparin إلى مجرى الدم.يزيد الهيبارين من تدفق الدم إلى النسيج المتضرر ، بينما يتسبب الهستامين بتوسع الأوعية الدموية ويزيد من نفاذية جدر الأوعية الدموية للمكان المصاب . تسبب النفاذية المتزايدة تسرب بروتينات البلازما وخلايا الدم الحمراء إلى الموقع المصاب . وفي النهاية يتخثر بهدف حصر الجراثيم في مكان واحد ، تتحرك فيما بعد الخلايا الأكولة إلى الداخل إذا استمرت العدوى ، تتحرك الخلايا المتعادلة للداخل لتقتل وتلتهم الجراثيم ، وإذا تطلب الأمر

مساعدة إضافية ، تقوم بذلك الخلايا وحيدة النواة غير المحببة . يزداد العدد الكلي لخلايا الدم البيضاء في مجرى الدم خلال فصول ردود أفعال هذه العملية .

المناعة المكتسبة Acquired immunity

تهاجم الخلايا اللمفيه البكتيريا والفيروسات الغازية والمحددة بأجسام مضادة مصممة خصيصا للتعامل مع جزيئة الكائن الحي المعين الغازي . هذا يتأتى بسبب إما أن الجسم سبق و أن غزي بواسطة هذا الكائن الخاص وأصبح مسجل في الذاكرة أو ربما سجل في ذاكرته من جراء أخذه كتطعيم . يهدف التطعيم إلى حقن الجسم بفيروسات أو بكتيريا غير نشطة غير قادرة على إحداث المرض (العدوى) ولكنها قادرة على إحداث نفس التفاعل المناعي كما لو كانت طبيعية وبشكل مباشر أو كانت كائنات حية نشطة . يمكن القضاء على الفيروسات والبكتيريا غير الممرضة بالمعالجة الكيميائية (مثال التعرض لدرجات حرارة عالية أو الأشعة فوق البنفسجية) أو من خلال التحوير الوراثي .

الصفائح الدموية (خلايا الثرومبين) Platelets (Thrombocytes)

هناك حوالي ٤٠٠ ألف صفيحة دموية في كل ملليلتر من الدم . يتراوح عمر الصفيحة الدموية ما بين ٩— ١١ يوماً ، ووظيفتها المساعدة بالتخثر عن طريق تكوين " سدادات " عندما يتضرر وعاء دموي ما . إذا ما حدث قطع في الجلد فإن جدر الشعيرات الدموية والأوعية الدموية الصغيرة تتلف ومن ثم ينزف الدم . يتحول الفيبرينوجين الذائب في الدم عادة إلى فيبرين بوجود أيونات الكالسيوم . يشكل الفيبرين شبكة ليفية من خلال محاصرة خلايا الدم الحمراء مكونة ما يعرف بالجلطة "Clot" . تتكمش الجلطة ويبدأ المصل بالتسرب تاركاً مكان الجرح "Scab" . يعتبر التجلط

ضرورياً داخلياً وليس فقط على سطح الجلد فقد تحدث يرقات بعض الديدان تلف أو جرح لجدر الأوعية الدموية مما يؤدي إلى حدوث نزف داخلي . يمكن أن تصبح التخثرات الدموية المتكونة في الأوعية الدموية كبيرة للغاية مما يؤدي إلى قفل الأوعية الدموية ومن ثم موت النسيج .

علم الدم والكيمياء الحيوية السريرية
Haematology and Clinical Biochemistry

يوصي بعض الأطباء البيطريين بفحص دم منتظم دوري للخيول كتلك التي تقوم بأعمال شاقة ، مثل أثناء تدريب خيول السباق . يمكن أن يشمل ذلك كل من فحوصات علم الدم والكيمياء الحيوية السريرية ، حيث يختص علم الدم بدراسة خلايا الدم الحمراء والبيضاء والتحليلات الكيميائية الحيوية السريرية (في أغلب الأحيان تدعى بالكيمياء الحيوية السريرية) تقدم معلومات تتعلق بالمواد الكيميائية الذائبة في البلازما . في الماضي ، كانت تنفذ جميع فحوصات علم الدم والكيمياء الحيوية السريرة يدوياً . تفحص مسحات خلايا الدم بواسطة المجهر . وأما الفحوص الكيمياء حيوية السريرية فتتم بالمختبر بواسطة أجهزة التحليل الآلي وتنجز كل من فحوصات علم الدم والكيمياء الحيوية أتوماتيكياً . يحتاج مشغل الجهاز حمل العينة المراد فحصها فقط إضافة الكواشف (المواد الكيميائية التي يحتاجها الفحص) واختيار الاختبارات المراد إجرائها للعينة حيث تقوم الآلة في الحقيقة بكل الاختبارات . تؤخذ عادة عينات الدم للفحوص الكيمياء حيوية وعلم الدم من الوريد الوجي Jugular vein . يتم اختيار الوريد الوجي بسبب سهولة الوصول إليه وكونه سطحياً وكبيراً . عملياً ليس هناك فرق في نتائج الاختبارات الكيمياء حيوية وعلم الدم لدم شرياني أو وريدي . ونظراً لكون الشرايين تقع أعمق في الجسم من الأوردة والضغط فيها عال ، فإنه من

الصعب إيقاف نزف الدم من جراء إدخال الإبرة وإخراجها لسحب عينة دم للفحص، ولذا فغالباً لا تستخدم الشرايين للفحوص الدموية الروتينية . يستثنى من ذلك عندما يراد معرفة شيء عن حامضية وقاعدية وغازات الدم ، في هذه الحالة لابد أن تكون العينة الدموية من الشريان .

تؤخذ عينة الدم باستخدام محقنه كبيرة (على الأقل بالمعايير الطبية البشرية !) قطرها ٠,٨ – ١,٢ ملم (مقياس gauge ١٨ – ٢١) . ويجب مراعاة عدم وجود فراغ عند سحب الدم بواسطة المحقنة ؛ لأن هذه الفقاعة الهوائية يمكن أن تسبب تحلل خلايا الدم (haemolysis) . يتخثر الدم بعد فترة وجيزة من تعرضه للهواء ، لذا فإن أكثر عينات الدم المأخوذة لغرض التحليل ، لابد أن تجمع في أنابيب تحتوي على مضاد للتخثر . يستعمل عدد من مضادات التخثر ويعتمد ذلك على نوع الفحص المراد القيام به . يجب أن تعامل عينات الدم المأخوذة للتحاليل الدموية والكيمياء حيوية بعناية جيدة . ويحدث تحلل خلايا الدم إذا ما تركت العينة ملقاة في الجو الحار أو مراعاة عدم حدوث تناثر بعض من قطرات الدم من إبرة الحقنة إلى أنبوبة الاختبار . يجب خلط عينات الدم لاختبار كل من التحاليل الدموية والكيمياء الحيوية مع مضاد التخثر في الأنبوب ، من خلال القيام بتدوير الأنبوب للأمام والخلف بلطف . يجب عدم تجميد عينات الدم ؛ لأن ذلك يسبب تحللها أيضاً . على أية حال ، فإنه يجب عند فصل خلايا الدم الحمراء من العينات المراد فحصها كيمياء حيوياً حفظ مصل أو بلازما الدم عند درجة ٤°م أو تجميدها إذا كان التحليل سيتم تأجيله .

يسبب التحليل الدموي عدة مشاكل مختلفة ، ويحدث ارتفاعات خاطئة لبعض القياسات بشكل أساسي في فحوصات الكيمياء الحيوية . على سبيل المثال ، تحتوي خلايا الدم الحمراء على تركيزات من البوتاسيوم أكثر منه في البلازما بسبب

ذلك . فإذا ما تحللت خلايا الدم فإن تركيز البوتاسيوم سيرتفع في البلازما . تفصل عينة الدم المأخوذة من الحقنة إلى أنابيب اختبار تحتوي على مضادات تخثر مختلفة معتمداً على نوع الاختبارات المراد القيام بها . يجمع الدم المعد عادة لاختبارات تحليل الدم في أنابيب تحتوي على مضاد التخثر ثنائي أمين رابع حمض الخليك . الإيثلينيي Ethylenediaminetetrasacetic acid (EDTA)، وأنابيب تحتوي على ليثوم أو صوديوم أو أمونيوم هيبارين للفحوصات الكيميائية الحيوية . تستعمل الأنابيب المحتوية على الفلوريد/الأوكسالات لتحليل الجلوكوز واللاكتيت Lactate في البلازما . يقوم كل من الفلوريد/الأوكسالات بمنع التجلط وإيقاف أيض خلايا الدم الحمراء لسكر الجلوكوز والذي يؤدي إلى خفض مستوى الجلوكوز وزيادة مستوى اللاكتيت .

تفسير نتائج فحص الدم ليست بالعلم الدقيق . و ليس مجرد أخذ الأعداد الناتجة من قبل المحللين ومقارنتها مع مخطط المجاميع الطبيعية . يتم تفسير هذه النتائج من قبل اختصاصيين في كل من علم الدم والكيمياء الحيوية السريرية والأمراض السريرية . هناك أنماط شائعة قد تشير إلى احتمالية حدوث مرض ما أو آخر، ولكن هنالك مجموعة عوامل قد تعقد التفسير مثل العمر والنوع والجنس والتطعيم والتغذية ووقت جمع العينة ومرحلة المرض وفيما إذا كان هناك أكثر من مرض يحدث في نفس الوقت . يقدم أخصائي الأمراض السريرية ، تفسيراته مع الأخذ بالاعتبار أيضاً التاريخ السريري وتفاصيل الفحوص السريرية المرسلة من قبل الطبيب البيطري الذي قام بإرسال العينة .

هناك وهم شائع يمكن الوقوع به إذا ما استخدمت نتائج تحليل عينات الدم للإشارة إلى اللياقة . بينما في الحقيقة يمكن تقديم تفسيرات في علم الدم وقراءات الكيميائية الحيوية لحالات التمارين اليومية بمرور الوقت مع التدريب لكن لا يتوفر

حتى الآن دلائل دموية أو كيميائية حيوية موثوقة لمستويات اللياقة . قد تكون عينات الدم المنتظمة أكثر استخداماً لتقرير متى ما يكون الحصان غير جاهز للجري .

تختلف معدلات المؤشرات Parameters الدموية والكيمياء حيوية بين أنواع الحيوانات والأفراد داخل النوع والأعمار والجنس . ولكي نكون قادرين في الحصول على نتيجة معتمدة على عينة الدم لحصان ما ، فلا بد أن تكون الاختبارات السابقة لهذا الحصان على الوجه الأمثل . من خلال فحص دم لمرة واحدة سنكون قادرين على استنتاج ما إذا كان الحصان يقع ضمن المدى الطبيعي كما هو معرف من قبل ذلك المختبر . للحصول على تغيرات ملحوظة لحصان ما ، يتطلب ذلك إجراء فحوصات للدم بطريقة منتظمة . أي انحراف عن الوضع الطبيعي لذلك الحصان المعين ، سيكون ذي أهمية كبيرة إذا ما أخذت العينات تحت نفس الظروف . يجب جمع عينات الدم مثالياً في نفس الوقت من اليوم ويفضل قبل التغذية والتمرين . هذا مهم بشكل خاص لعينات الدم التي تجمع غالباً أول شيء في الصباح ، أو ما بعد الظهر المتأخر (مع الافتراض أن الحصان مرن في الصباح ثم يتم تقديم الغذاء له عند منتصف النهار) . يزيد التمرين أعداد كل من خلايا الدم الحمراء وخلايا الدم البيضاء ويحدث تغييراً في نسب خلايا الدم البيضاء المختلفة . يزيد التمرين أيضا بروتينات البلازما ويتأثر تركيز الموصلات الكهربائية (الكهارل) في البلازما كالبوتاسيوم والصوديوم والكلوريد . وللتغذية تأثيرات مشابهة لتلك الآثار من جراء التمرين . يجب أن تؤخذ عينات الدم لغرض التحليل قبل التغذية أو التمرين . تزيد تغذية الحصان وجبة من الدريس Hay كل من بروتينات البلازما والهيماتوكريت نتيجة للكميات الكبيرة من اللعاب المنتجة وتبدلات السوائل . يسبب التمرين زيادة في حجم الخلايا المضغوط وتركيز الهيموجلوبين وبروتين البلازما وأعداد خلايا الدم البيضاء . يجب أخذ عينات التحليل

في وقت الراحة قبل أو بعد أربع ساعات على الأقل من الأكل أو التمارين . تتقيد معظم ميادين التدريب المتعودة على أخذ عينات دم منتظمة لغرض التحليل بالتعليمات لتتعرف على إنذارات مبكرة من جراء الإصابة بالتهابات ، مثل الزيادة في عدد خلايا الدم البيضاء أو الفبرينوجين ولأجل اختبار الخيول التي لديها مشاكل بالعضلات والذي يستدل به من زيادة في مستويات إنزيمات العضلة مثل كاينـاز الكريتين المفسفر Creatine phosplokinase . وناقل أمين الأسبارتات Asparate amino transterase .

علم الدم Haematology

قد يتضمن التخطيط الدموي Haemogram (شكل الخلايا في الدم) ، قياسات للمعالم التالية :

- **عدد خلايا الدم الحمراء**

هو معدل المتوسط الطبيعي عند الراحة وهو تقريباً ٨ × ١٠^{١٢} إلى ١٥ × ١٠^{١٢} خلية / لتر من الدم ، ربما يسمى أو يدعى باسم عدد خلايا الدم الحمراء Erythrocyte count .

- **الهيموجلوبين Haemoglobin**

هو معدل المتوسط الطبيعي عند الراحة وهو تقريباً ١١-١٧ جم هيموجلوبين لكل ديسيلتر من الدم (١ ديسيلتر=١٠٠ملليلتر) أو ١١٠ – ١٧٠ جم / لتر .

- **معدل حجم كرات الدم الحمراء Mean corpuscular (Red-cell) volume**

الذي يرمز له بالرمزMCV وهو معدل المتوسط الطبيعي عند الراحة هو تقريباً ٣٥– ٤٥ فيمتولتر (fl) (١ فيمتولتر= 10^{-15} Femotolitre = لتر. يكون عدد خلايا الدم الحمراء عند الإنسان تقريباً مرتين بحجم هذه الخلايا عند الحصان أي ٧٠ – ١٠٠ فيمتولتر في الشخص السليم البالغ .

• **معدل أو متوسط محتوى خلايا الدم الحمراء من الهيموجلوبين**
(MCH) or mean red cell hemoglobin content

هو معدل المتوسط الطبيعي عند الراحة هو تقريباً ١٠-١٧ بيكوجرام (Picogram) بيكوجرام = $١٠^{-١٢}$ جرام) .

• **متوسط تركيز الهموجلوبين في خلايا الدم الحمراء**
Mean red corpuscular hemoglobin concentration

الذي يرمز له بالرمز MCHC والمتوسط الطبيعي له عند الراحة ٣٠-٤٠ جم / ديسيلتر (dl) .

• **عدد خلايا الدم البيضاء WBC or white blood cell count**

ومعدلها المتوسط الطبيعي هو تقريباً ٦ × $١٠^{٩}$ - ١٢× $١٠^{٩}$ خلية / لتر من الدم . إنه لشيء طبيعي ملاحظة ازدياد في عدد خلايا الدم البيضاء (حتى ٣٠ ٪) بعد تمرين قصير للحصان ، على أية حال ، إطالة التمرين ما دون الجهد الأعلى للحصان هو عادة ما يترافق مع انخفاض وقتي في عدد خلايا الدم البيضاء ويعرف هذا بشح خلايا الدم البيضاء (الليكوبنيا) Leucopenia . يرافق هذا تغير في نمذجة خلايا الدم البيضاء ، وتعرف زيادة الخلايا المتعادلة Neutrophilia ونقصان الخلايا اللمفية بالـ Lymphopenina . زيادة نسبة الخلايا المتعادلة إلى الخلايا اللمفية في هذه الحالة شيء طبيعي للتفاعل المصاحب للضغوط . وقد اقترح بعض العاملين أن ذلك يدل على معدل التمرين الزائد للخيول . يسبب التمرين العنيف Maximal exercise في انكماش الطحال وطرد الخلايا اللمفية وخلايا الدم الحمراء إلى الدورة الدموية . تستمر زيادة تحفيز الجهد في الخلايا اللمفية لعدة ساعات بعد توقف الجهد البدني .

حجم الخلية المضغوط PCV or packed cell volume

يسمى حجم الخلايا المضغوط لكريات الدم الحمراء هذا أحيانا بالهيماتوكريت Haematocrit ويرمز له بالرمز(HCT). يكمن الاختلاف بين الاثنان في انه يحصل عادة على PCV بتعريض عينة صغيرة من الدم في أنبوبة زجاجية شعرية للطرد المركزي عند

سرعات عالية مما ينتج عنه تجمع كل خلايا الدم الحمراء عند قاع الأنبوبة الشعرية . تدعى هذه التقنية عادة بطريقة البيماتوكريت الدقيق Microhaematocit . تقاس نسب خلايا الدم الحمراء إلى إجمالي الحجم باستعمال قارئ خاص . يعبر عن نسبة خلايا الدم الحمراء في اللتر الواحد من الدم كلتر/ لتر(٠,٣٥ لتر/ لتر) . HCT أساساً هي نفس الـ PCV وتحسب القيمة بواسطة جهاز تحليل الدم الأتوماتيكي مثل عداد كولتر Coulter counter ويعبر عن الـ HCT عادة بنسبة مئوية مثل ٣٥ ٪ . هكذا فإن PCV أو الـ HCT تدلان على حجم عينة الدم التي يحتل بواسطة خلايا الدم الحمراء . عند الراحة ، عادة الـ PCV ما بين ٠,٢٨ و ٠,٤٥ لتر/ لتر يدل انخفاض الـ PVC إلى مادون ٠,٢٨ لتر/ لتر إلى فقر دم (أنيميا) وكما يمكن ارتباطه بالمؤشرات الطبيعية الأخرى كالأغشية المخاطية الشاحبة اللون . قد يكون فقر الدم ناتج في الحقيقة لأمر ثانوي نتيجة لعدوى بكتيرية أو فيروسية ، والتي تقمع إنتاج خلايا الدم الحمراء ضمن نخاع العظام الأحمر أو إصابة طفيلية ثقيلة بسبب ما إذا كان الـ PCV أكثر من ٠,٥٥ لتر / لتر عند الراحة وربما ينتج ذلك عن فقدان السوائل بسبب تمرين قاس ، نقل أو إسهال أو إثارة خلا ل أخذ عينة الدم نفسها . كلما قام الحصان بأعمال شاقة ، سيكون الـ PCV أعلى ، وحتى ما بين٠,٦٥ــ ٠,٧٠ لتر / لتر زيادة PCV مع التمرين نتيجة للتعبئة الطحالية بخلايا الدم الحمراء الناتجة من التمرين وهذه أقل نسبة من الزيادة التي تحدث نتيجة لفقدان السوائل من جراء التعرق خلال القيام بتمرين مطول.

هناك في الحقيقة علاقة خطية بين PCV وسرعة الجري إلى أقصى حد من PCV . قد تسجل قيم عالية بشكل خاطئ للـ PCV فيما إذا أخذت عينة الدم عند الراحة لحصان عند حالة من العصبية والحماس . تستغرق التعبئة الطحالية الكاملة حوالي ٣٠ــ٦٠ ثانية لكي تحدث كنتيجة لمستويات الأدرينالين المتزايدة في الدورة الدموية . يستطيع الطبيب البيطري أن يحصل على عينة الدم خلال ٣٠ ثانية من الوصول إلى إسطبل الخيل ، يجب أن لا يعدل كثيراً دم الحصان عند الراحة عن طريق الانكماش الطحالي . قد تحتاج خلايا الدم الحمراء والمعزولة ثانية ضمن الطحال بعد

الانكماش الطحالي الكامل إلى ما بين ١ – ٢ ساعة العودة إلى وضعها السابق مع أن الأغلبية من المحتمل أن تعود ضمن الثلاثين دقيقة الأولى .

الكيمياء الحيوية Biochemistry

تتضمن مقاييس الكيمياء الحيوية السريرية المثالية بروتين البلازما والمنحلات الكهربائية (الإلكتروليتات) وإنزيمات الكبد والعضلة .

بروتينات البلازما Plasma proteins

يتكون بروتين البلازما من الزلال (الالبيومين) والجلوبيولين والفبرينوجين . القيم العادية لبروتين البلازما الكلي تقريباً ما بين ٦,٠– ٧,٠ جم / ديسيلتر أو ٦٠– ٧٠جم / لتر من البلازما . تتكون أغلبية بروتين البلازما الكلي من الزلال والجلوبيولين وكمية صغيرة من الفبرينوجين . المدى الطبيعي للزلال في المختبر تبعاً لمؤسسة الائتمان الصحي الحيوانية Animal Health Trust هو ٣٢–٤٠ جم/ لتر والمدى الطبيعي للجلوبيولين الكلي هو ٢٢– ٤٠ جم/لتر . تتراوح نسبة الزلال إلى الجلوبيولين في الخيول السليمة عند الراحة تقريباً ما بين ١/٠,٧ – ١/١ . عند تعرض الحصان لفقدان ماء الجسم ، تزداد كل من بروتينات البلازما الكلية أو بمعنى آخر كل من الزلال والجلوبيولين بسبب فقدان الماء المتزامن . فلربما يصل بروتين البلازما إلى ١٢ جم / ديسيلتر (١٢٠ جم / لتر) عند تعرض الحيوان لفقدان حاد لماء جسمه . يمكن باستخدام الرحلان الكهربائي Electrophoresis أن يصنف الجلوبيولين إلى خمسة أنواع فرعية مختلفة (ألفا ١ ، ألفا ٢ ، بيتا ١ ، بيتا ٢وجاما) . لأنواع الجلوبيولين المختلفة وظائف مختلفة بعض الشيء ، نستطيع عموماً القول أن ارتفاع الجلوبيولين الكلي هو نتيجة للجفاف والالتهاب والعبء الطفيلي أو العدوى مثل الديدان أو تحفيز جهاز المناعة ، بينما زيادة مستويات الزلال تعود إلى الجفاف ، وقد ينخفض مستواه

نتيجة للمرض . لذا فإن زيادة البروتينات الكلي مع نقص نسبة الزلال إلى الجلوبيولين تشير إلى حدوث مرض أو التهاب وليس فقط بسبب الجفاف . تؤشر الزيادات في الفيبرينوجين في أغلب الأحيان على الظروف الالتهابية التي قد تكون إما معدية أو غير معدية في الأصل .

المنحلات بالكهرباء (الإلكتروليتات) في البلازما Plasma electrolytes

تتضمن هذه أيونات عديدة بما فيها أيونات البوتاسيوم والصوديوم ، والكلوريد والكالسيوم والمغنيسيوم والفسفور والحديد والبيكربونات وجميعها ذائبة في البلازما . تركيز المنحلات بالكهرباء في البلازما (ليست مؤشراً جيداً عن عدم التوازن أو نقص المنحلات بالكهرباء في كافة أنحاء الجسم ، حيث إن البلازما بحد ذاتها لا تمثل إلا ١٠ ٪ من مخزون ماء الجسم الكلي ما لم يكن الحصان مريضاً جداً أو لديه اضطراب (خلل) خطير جدا في المنحلات بالكهرباء . يحدث فقدان أيونات البوتاسيوم والصوديوم والكلوريد والكالسيوم كنتيجة لفقدان السوائل بسبب التعرق المفرط أو الإسهال . ربما الخيول المغذاة على عليقه الحبوب ذات الألياف القليلة يكون لديها نقص في البوتاسيوم ولكن عادة الدريس يحتوي على مستويات عالية من البوتاسيوم . التركيزات المنخفضة لكل من الكالسيوم والفسفور في البلازما ليست شائعة وذلك بسبب السيطرة الصارمة على أيونات الكالسيوم والفسفور في البلازما وفي مدى ضيق من خلال هرمون الغدة جار الدرقية Parathyroid hormone والشكل النشط لفيتامين د والكالسيتونين Calcitonin حتى وإن كان المخزون الجسمي منخفضاً للغاية تعكس البيكربونات الحالة الحامضية القاعدية للحصان ، حيث زيادة مستويات البيكربونات تجابه بالقاعدية Alkalosis (زيادة الرقم الهيدروجين للدم الشرياني) وأما نقص المستويات فترتبط بالحموضة Acidosis (نقص الأس

الهيدروجيني للدم الشرياني) . ترتبط القلوية عادة في خيول التحمل بسبب كل من التهوية الزائدة استجابة لزيادة حرارة الجسم وفقدان المنحلات بالكهرباء ، بينما ترتبط الحموضة أكثر بزيادة إنتاج حمض اللبن عن طريق العضلات من جراء التمارين الحادة قصيرة المدة مثل سباق القفز أو المنبسط .

الإنزيمات Enzymes

يوجد كل من إنزيم نازع هيدروجين اللاكتيت (LDH)، كاينياز الكريتين المفسفر (CK) واسبارتيت أمينو ترانسفيريز (AST) في العضلات القلبية والهيكلية . هذه الإنزيمات عبارة عن بروتينات كبيرة تبقى عادة في الخلايا ما لم تصبح أغشية الخلايا (ناضحة أكثر) Leaky أو يلحق بها الضرر . تزيد مستويات هذه الإنزيمات في البلازما (عينت نشاطاً بشكل صحيح) عادة قليلاً تبعاً للقيام بتمرين ، ولكن النشاطات العالية غير العادية قد تشير إلى ضرر العضلة أو ربما بسبب التحلل العضلي المرتبط بطرح الميوجلوبين في البول Rhabdomyolysis .

يوجد كل من إنزيم جاما – جلوتاميل ترانسفيريز GGT والفوسفاتيزالقاعدي (AP) ونازع هيدروجين السوربيتول (SD) عند مستويات تركيز عالية في الكبد ، لذا فارتفاع مستوياتها في عينة ما ربما تدل على ضرر في الكبد . قد يزيد نشاط GGT كنتيجة أيضاً للأمراض المسببة لكسل القولون الغليظ . وقد يزيد نشاط GGT خلال كل البرنامج التدريبي والأنشطة العالية غير العادية وقد يرتبط ذلك بأمراض تحت سريرية Subclinical disease أو حدوث ضرر أو بسبب الأداء السيء في بعض الخيول .

نقاط مفتاحيه **KEY POINTS**

- يشتمل الجهاز القلبي الوعائي على القلب والدم و الأوعية الدموية .
- تشمل الأجهزة الدموية الرئيسة على كل من الدورة الدموية الجهازية والدورة الدموية الرئوية .
- يمد الدوران الجهازي أساساً كل الأعضاء وأنسجة الجسم . يمر جميع الدم الوريدي خلال الدورة الرئوية والذي يعمل على جلب الدم الوريدي إلى سطح التبادل الغازي .
- للقلب والرئتين دورانهما الخاص والمعروف بالدوران التاجي والقصبي على التوالي .
- الشرايين أوعية دموية ذات جدر عضلية سميكة ومبطنة بمادة مرنة وتحمل الدم عند الضغط العالي وتوجد هذه الأوعية أعمق في الجسم من الأوردة ذات الجدر الرقيقة والتي تحمل الدم عند الضغط المنخفض ولها صمامات تمنع رجوع الدم إلى الخلف .
- تتفرع الشرايين تدريجيا للأمام إلى أوعية أصغر (الشريينات) وبعد ذلك إلى الشعيرات الدموية حيث تتم عملية التبادل الغازي مع الأنسجة المحيطة بها .
- يمد الجانب الأيسر من القلب الدوران الجهازي ويضخ الجانب الأيمن من القلب الدم خلال الدوران الرئوي .
- الضغط في غرف القلب اليسرى وفي الجهاز الشرياني مرتفع ، إن البطين الأيسر عضلي وغالباً ما يطلق علية مضخة الضغط . بينما الضغط في أيمن القلب والدوران الرئوي منخفض ، وجدر البطين الأيمن أرق سمكاً وغالباً يطلق علية مضخة الحجم .
- صمامات القلب سلبية وتفتح وتقفل فقط استجابة للاختلافات في الضغط على كل جانب منهم .
- ذروة ضغط الدم أثناء الدورة القلبية هو الضغط الانقباضي والضغط المنخفض هو الضغط الانبساطي .

تابع نقاط مفتاحيه

- الضخ القلبي هو حجم الضربة (حجم الدم المندفع من البطين الأيسر بكل ضربة) مضروب بمعدل نبضات القلب وهو حوالي ٢٥ لتر/ دقيقة عند الراحة في الحصان .
- ينقبض الأذينان الأيمن والأيسر سوية لملئ البطينين ومن ثم ينقبض البطينان بشكل متزامن .
- يتولد نبض القلب من العقدة الكيسية – الأذينية (SAN) وهي نسيج خاص موجود في جدار الأذين الأيمن وتعرف أيضاً بمنظم الخطى .
- ينتشر النشاط الكهربائي المتولد في العقدة الكيسية الأذينية خلال جدار الأذين الأيمن ثم جدار الأذين الأيسر وتتجمع في العقدة الأذينية البطينية (AVN) ومن ثم أسفل باتجاه البطينان عن طريق حزمة هس .
- عند الراحة وبمعدل ضربات قلبية عند ٣٠ ضربة / دقيقة ، تتم حوالي ثلثي إلى ثلاثة أرباع كل دورة قلبية عن طريق الانقباض (الملأ) وربع إلى ثلث فقط عن طريق الانبساط (التفريغ) .
- يقابل التخطيط القلبي الكهربائي مجموع كل النشاط الكهربائي في العضلة القلبية في ضربة واحدة .
- يتغير ظهور التخطيط القلبي الكهربائي بشكل مثير من الاستراحة إلى ممارسة الجهد .
- تتغير نسب الضخ القلبي المتدفقة إلى المناطق المختلفة مع العوامل كالقيام بالمجهود والمرض والهضم والتنظيم الحراري .
- تستطيع الأنسجة والأعضاء التحكم بكمية الدم الخاص بها لحد ما بعملية تعرف بالتحكم الذاتي .
- ضغط الدم هو نتاج كل من الضخ القلبي والمقاومة الشريانية .

تابع نقاط مفتاحيه

- يمثل الدم حوالي ١٠٪ من كتلة حصان وزنه ٥٠٠ كجم والدم أساسا مكون من كرات الدم الحمراء والبيضاء والبلازما .
- تفتقر خلايا الدم الحمراء إلى كل من النواة والميتوكندريا .
- يقدم كل من علمي الدم والكيمياء الحيوية السريرية مجالات العلوم و/ أو الطب المشتركة فيما يخص تحليل الدم .

obeikandl.com