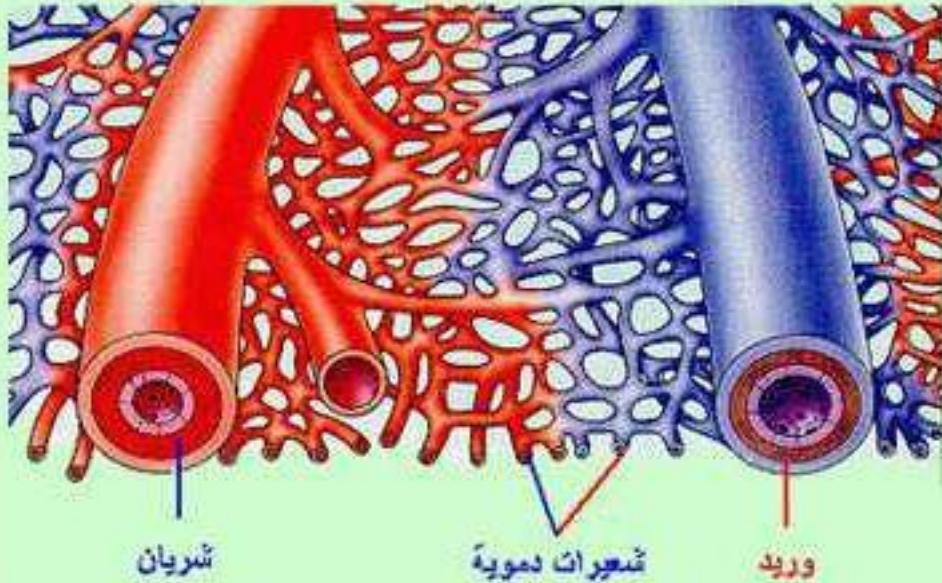


كيموحيوية الجهد البدني

أ.م. د فلاح حسن عبدالله الخفاجي

كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة – جامعة الكوفة

الدراسات العليا (الماجستير) ٢٠١٦



خواص الدم الفيزيائية

يعد الدم سائلا لزجا وتعزى بعض لزوجته الى وجود البروتينات فيه غير ان معظم اللزوجة يعزى الى وجود خلايا الدم الحمراء فكامت ارتفاعت ف الخلايا ارتفع مقراط الدم وزادت لزوجته فاذا اعتبرنا لزوجة الماء هي 1 فان لزوجة البلازما تتراوح بين 1.9 - 2.6 (بمعدل 2.2) ولزوجة الدم في الانسان العادي تبلغ 42% والتي تتراوح ما بين 3.5 - 5.5 (معدل 4.5) مقراط وهناك علاقة بين المقراط واللزوجة فاذا ما بلغ مقراط الدم 55% فان لزوجة الدم ترتفع بشكل حاد الامر الذي يعقني انسيابية داخل الاوعية الدموية وعلية فأنها تشكل عبا على عمل عضلة القلب . ومن التطبيقات المهمة على هذه المفاهيم هو ان يقوم الرياضيين بسحب بعض الدم من اجسامهم وخبزنها قبل الاحداث الرياضية المهمة بفترة من الزمن فيحث هذا الامر الجسم على انتاج خلايا دم حمراء جديدة فاذا حقن الدم المخزون فان نسبة مقراط الدم سوف تزيد بشكل كبير قبل الحدث الرياضي وعلى الرغم من ان ذلك يبدو مفيدا كونه يساعد الرياضيين على اعطاء اداء افضل في رياضات التحمل بسبب قدرة الرياضي على حمل الاوكسجين الضروري في هذه الرياضة غير انه يكون ضارا احيانا بسبب ارتفاع لزوجة الدم وما يصاحبه من زيادة ضغط الدم وقلة التروية ، الامر الذي يشكل عباء على القلب الامر الذي يسبب الوفاة .

ويبلغ درجة حرارة الدم حوالي 38 درجة وتتراوح درجة الاس الهيدروجيني 7.35 - 7.45 وعلية فهو قاعدي خفيف ويبلغ تركيزه الملحي 0.9% كما ان كثافته النوعية اعلى قليلا من الماء فهي في الانسان تتراوح 1.050 - 1.060 ويتبع ذلك عدد الخلايا والاملاح المذابة والاصابة ببعض الامراض .

حجم الدم

يعد الدم نسيجا ضاما الذي يتكون من الخلايا الحمراء والبيضاء والصفائح الدموية ومن مادة بينية سائلة تسمى بلازما الدم . ويشكل الدم في الانسان البالغ 6 - 8% من وزن الجسم . والذي يتراوح 4.5 - 5.5 لترا للإناث و 6 لتر للذكور ، ويتحكم في الدم عوامل متعددة مثل التغير في توازن الماء والنزيف والحمل وعوامل اخرى . فاذا اخذت 100 ملليتر من الدم المضاف له مانع التخثر وتركته يترسب تلقائيا فان الخلايا الحمراء ستترسب الى الاسفل وتحثل حجما حوالي 47 ملليترا للذكور و 42 ملليترا للإناث بينما تحثل البلازما الحجم المتبقي وتدعى نسبة حجم الخلايا الحمراء الى الدم بالهيماتوكريت (مقراط الدم) ويعبر عنها بنسبة مئوية 47% للذكور و 42% للإناث فهي تتاثر باختلاف الجنس والارتفاع عن مستوى سطح البحر فقد تكون اعلى لدى الافراد اللذين يعيشون في مناطق مرتفعة عن سطح البحر ، كما انها تتغير بحالات فقر الدم والتي تكون فيها مقراط الدم منخفضا بينما ترتفع لدى الرياضيين وفي حالات الجفاف الشديد .

كيموحيوية الجهد البدني (Exercise Biochemistry)

علم الكيمياء الحيوية هو العلم الذي يعنى بدراسة الجوانب الكيميائية في الكائن الحي، وعند تطبيق ذلك على الإنسان فإن هذا يشمل كيمياء الدم، وجوانب الطاقة الحيوية، والهرمونات، والإنزيمات، وغير ذلك من موضوعات. أما عند دراسة استجابة هذه المتغيرات أو تكيفها للجهد البدني والتدريب فإن ذلك يسمى كيموحيوية الجهد البدني، ومن المعروف أن البحوث التي أُجريت في كيموحيوية الجهد البدني خلال العقود الماضية قد ساهمت كثيراً في تقدّم مجال فسيولوجيا الجهد البدني. في هذا الفصل سوف نتطرق إلى بعض جوانب كيمياء الدم وتأثير الجهد البدني أو التدريب عليها، وبالتحديد سنتناول كل من كريات الدم الحمراء، وكرات الدم البيضاء، وهيموجلوبين الدم، ونسبة الهيماتوكريت.

مكونات الدم والتدريب البدني

يبلغ حجم الدم لدى الشخص المتوسط الحجم غير المتدرب حوالي ٥ لترات، ويتكون سائل الدم من قسمين رئيسيين، هما سائل شبه شفاف يميل قليلاً إلى الاصفرار يسمى بلازما الدم (Plasma)، ومكونات أخرى صلبة أهمها الكريات الدموية الحمراء والبيضاء والصفائح الدموية، علماً بأن كريات الدم الحمراء تمثل حوالي ٩٩% من المكونات الصلبة في الدم). وعندما ننسب حجم كرات الدم الحمراء إلى حجم الدم الكلي فإننا نحصل على ما يسمى بنسبة الهيماتوكريت (Hematocrit) التي تبلغ في الحدود الاعتيادية حوالي ٤٠-٤٥%. ويوضح الجدول رقم (١) الحدود الاعتيادية (الطبيعية) للعديد من مكونات الدم، بما في ذلك كريات الدم الحمراء والبيضاء بأنواعها المختلفة، والصفائح الدموية والهيموجلوبين وبروتينات الدم، والأملاح والدهون. وتتضمن أهم الوظائف الرئيسية للدم ما يلي:

١. نقل الأكسجين والمغذيات إلى خلايا الجسم، ونقل النواتج الأيضية بما فيها ثاني أكسيد الكربون إلى خارج الجسم.
٢. التحكم في درجة حرارة الجسم (تدفئة الجسم وتبريده)، من خلال عدة طرق تتضمن التحكم في كمية الدم المتجه إلى الجلد وكذلك اللجوء إلى إفراز العرق الذي هو يأتي من السوائل في داخل الخلايا وخارجها.
٣. المحافظة على عملية الاتزان الحمضي القاعدي.

جدول رقم (١): الحدود الاعتيادية (الطبيعية) للمتغيرات الدموية لدى الإنسان في الراحة.

متوسط عدد الخلايا الدموية الحمراء	رجال = ٤,٢ - ٥,٩ مليون خلية/ميكروليتر نساء = ٤,٢ - ٥,٤ مليون خلية/ميكروليتر
متوسط عدد الخلايا الدموية البيضاء مكونة من: ليمفوسايت نيروفيل ايزنوفيل بيزوفيل مونوسايت	٤,٥ - ١١,٠ ألف خلية/ميكروليتر ٢٥% (٢٠ - ٤٠%) ٦٥% (٥٠ - ٧٠%) ٣% (١ - ٣%) ١% (٠,٥ - ١%) ٦% (٤ - ٨%)
عدد الصفائح الدموية	٢٠٠ - ٤٠٠ ألف صفيحة/ميكروليتر
قطر الخلايا الدموية الحمراء	٧,٣ ميكروميتر (٥,٥ - ٨,٨)
قطر الخلايا الدموية البيضاء	٦ - ١٥ ميكروميتر
قطر الصفائح الدموية	٢ - ٤ ميكروميتر
الكثافة النوعية لخلايا الدم الحمراء	١,٠٨٠
الكثافة النوعية لخلايا الدم البيضاء	١,٠٥٥
الكثافة النوعية لمصل الدم (السيرم)	١,٠٣٠
الأس الهيدروجيني للدم (pH)	٧,٣٥ - ٧,٤٥
الأجسام الصلبة في الدم تتكون من: هيموجلوبين بروتين أملاح ودهون	٢٠ جم / ١٠٠ ملي لتر ٩٠% ٧% ٣%
معدل الهيماتوكريت	رجال = ٤٠ - ٥٢% نساء = ٣٧ - ٤٧%
معدل الهيموجلوبين	رجال ١٣,٢ - ١٧ جم / ١٠٠ ملي لتر نساء ١٢ - ١٦ جم / ١٠٠ ملي لتر
كمية الهيموجلوبين في الجسم	٥٠٠ - ٧٠٠ جم (٠,٣٦% منه حديد) (أي ١,٨ - ٢,٥ جم)

المصدر: Krupp, et al. *Physician's Handbook*, 1985: P:146. ، ومصادر أخرى.

كريات الدم الحمراء (RBC)

يبلغ عدد كريات الدم الحمراء في دم الإنسان البالغ الذكر حوالي ٥,٥ مليون كرية في كل ميكروليتر من الدم. ويصل عمر الكرية الحمراء حوالي ١٢٠ يوماً، بعدها ينتهي بها الحال بعد انقضاء عمرها إلى الطحال، ولأنها لا تحتوي على نواة فهي لا يمكن تجديدها عندما تهرم، بل يقوم نخاع العظام بإنتاج كريات دم حمراء جديدة، وفي الأحوال الطبيعية يتناسب عدد كرات الدم الحمراء المنتجة (الجديدة) مع عدد كرات الدم الحمراء المنتهية (الهرمة). وشكل كرات الدم الحمراء مسطح ودائري، ويكون وسطها في كلا الجهتين مقعر، ويتفاوت عرض كريات الدم الحمراء من وسطها إلى الأطراف، حيث يبلغ عرضها في الطرف ٨ ميكرومتر وعرضها في منتصف الوسط ميكرومتر واحد فقط. ويساهم شكل كريات الدم الحمراء الفريد في زيادة كفاءة عملها، وذلك بطريقتين، هما:

١. يساهم تقعر كريات الدم الحمراء المتفاوت العرض في زيادة مساحة سطحها، الأمر الذي يزيد من انتشار الأكسجين عبر جدرانها، كما أن صغر عرض الخلايا يساعد على سرعة انتقال الأكسجين من الجزء الخارجي للخلايا إلى الجزء الداخلي منها.
٢. يساعد شكلها المقعر في الوسط على جعلها مرنة، مما يميزها بحرية الحركة عبر الأوعية الدموية ويسهل دخولها إلى الشعيرات الدموية الصغيرة من خلال انبعاجها ومرورها بسلاسة عبر تلك الأوعية الدموية الشعرية الصغيرة التي لا تتسع إلا لكرية دموية واحدة.

وتقوم كريات الدم الحمراء بنقل الأكسجين من الرئتين إلى أنسجة الجسم (٩٩% من الأكسجين تقريباً ينقل عبر الدم)، وفي الواقع فإن كل كرية دم حمراء تحتوي على ٢٥٠ مليون جزيء هيموجلوبين (خضاب الدم)، وكل جزيء هيموجلوبين قادر على الاتحاد بأربع جزيئات من الأكسجين، مما يعني أن كل كرية دم حمراء قادرة على الاتحاد بمليون جزيء من الأكسجين. لذا فإن انخفاض عدد كريات الدم الحمراء (أو الهيموجلوبين) يؤدي إلى انخفاض قدرة الدم على حمل الأكسجين (السعة الأكسجينية للدم) وبالتالي يتأثر الأداء البدني، خاصة في الرياضات التحملية. ومن المعروف أن التدريب في المرتفعات يقود إلى زيادة عدد كريات الدم الحمراء في الجسم، ومن ثم تزداد نسبة الهيماتوكريت. إن زيادة نسبة الهيماتوكريت بدرجة كبيرة تؤدي إلى زيادة لزوجة الدم، وبالتالي تؤثر سلباً على سرعة جريانه، مما يعرض الشخص (في ظل وجود عوامل أخرى) إلى الإصابة بالجلطة.

كريات الدم البيضاء (WBC)

وهي ذات شكل كروي غير منتظم (Irregular) لا لون لها، لذا سُميت بالكريات البيضاء (أنظر إلى الشكل رقم ١)، ويبلغ عددها في دم الإنسان السليم حوالي ٨-١٠ آلاف كرية في كل ميكروليتر من الدم. وعلى الرغم من أن عدد كريات الدم البيضاء أقل من عدد كريات الدم الحمراء وحجمها أكبر، إلا أنها قادرة على تغيير شكلها وضغطه كي تكون قادرة على عبور جدار الوعاء الدموي والدخول إلى خلايا الجسم. وهناك عدة أنواع من كريات الدم البيضاء، ولمعرفة نوع الكريات يتم إجراء اختبار التمييز (Differential). وتُعد كريات الدم البيضاء جزء من الجهاز المناعي في الجسم، فمهمتها الرئيسية هي الدفاع عن الجسم سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، فهي تستطيع مهاجمة الأجسام الغريبة عن الجسم والإحاطة بها وابتلاعها، أو من خلال إنتاج أجسام مضادة قادرة على مكافحة الأجسام الدخيلة التي تهاجم الجسم. ويمكن تقسيم كريات الدم البيضاء من النوع المسمى بالخلايا للمفاوية أو الليمفوسايت (Lymphocytes) إلى خلايا من نوع ب (B) التي مهمتها محاربة الالتهابات الفيروسية، وخلايا من نوع ت (T) التي تحارب الالتهابات الطفيلية والفطرية والسرطانية.

ولكريات الدم البيضاء إيقاعاً يومياً، حيث تزداد في آخر النهار، كما أن عددها يتغير استجابة للعديد من العوامل بما في ذلك حدوث العدوى الفيروسية أو البكتيرية. ويؤدي الجهد البدني إلى ارتفاع عدد كريات الدم البيضاء، ويتناسب هذا الارتفاع مع شدة الجهد البدني، لكنها لا تلبث أن تعود إلى تركيزها الطبيعي بعد عدة ساعات أو أيام قليلة من انتهاء الجهد البدني.



شكل رقم (١): كريات دم بيضاء وحمراء (الصورة اليمنى من الشكل)، وفي الصورة اليسرى إحدى أنواع كريات الدم البيضاء.

خلايا الدم البيض ذات الحبيبات :

الخلايا المحبة للحامض (الحمضة) Eosinophils

خلايا المحبة للقاعدة (القعدة) Basophils

الخلايا المتعادلة (العدلة) Neutrophils

خلايا الدم البيض عديمة الحبيبات وهي نوعان

الخلايا اللمفية (الليمفوسايت) Lymphocyte :-

تبلغ نسبتها في خلايا الدم البيضاء (20-40)% وتمتاز بوجود نواة كروية في الغالب ذات لون ارجواني داكن وذات حجم كبير يملأ معظم الخلية عدا قليل من الساييتوبلازم المحيطي الذي يصطبغ باللون الأزرق الباهت- ويفضل الباحثون تصنيفها إلى خلايا ليمفية كبيرة و اخرى صغيرة والأخيرة هي التي تتواجد بكثرة في تيار الدم أما الكبيرة فتتواجد بشكل كبير في الأنسجة الليمفية و تصنف الخلايا الليمفية وظيفيا إلى نوعين .خلايا ليمفية من نوع (B) وهذه تتحول إلى خلايا بلازمية تفرز الأجسام المضادة . والنوع الأخر من نوع (T) ذات دور في مهاجمة خلايا الجسم المصابة بالفيروسات أو الخلايا السرطانية بشكل مباشر او بشكل غير مباشر عن طريق افراز مواد منظمة للاستجابة المناعية بواسطة الخلايا الاخرى.

الخلايا وحيدة النواة (المونوسايت) Monocyte :-

تبلغ نسبتها من (1-6)% من خلايا الدم البيضاء وتمتاز بأنها الأكبر حجما بين الخلايا البيضاء وهي تمتلك نواة كلوية الشكل على شكل حرف U. أما الساييتوبلازم فيملأ جزءاً كبيراً من الخلية وهو خال من الحبيبات وذو لون رمادي إلى ازرق .وعند مغادرة الدورة الدموية إلى الأنسجة تتحول إلى خلايا ملتهمة كبيرة وهذه تتزايد في أعدادها في حالات العدوى المزمنة مثل السل الرئوي كما أن لها دور مهم في دفاع الجسم ضد الفيروسات والبكتريا المتواجدة داخل الخلايا ولها دور في تنشيط الخلايا الليمفية لأحداث الاستجابة المناعية .

الجسم المضاد IgG.

وهو عبارة عن " جزيئة بروتينية ذات شكل اشبه بحرف (Y) مؤلفة من ذراعين يتألف كل ذراع من سلسلة طويلة (ثقيلة) وأخرى قصيرة (خفيفة) . ويكون (حوالي (80%) من البروتينات المناعية في البلازما ، ويبلغ وزنه الجزيئي (150.000) دالتون ، ويحتوي مصل الانسان البالغ الطبيعي على (700-1500) ملغم /

ملتر من هذا الصنف من الكلوبولين الممنع ، ويبلغ عمر النصف * له (18-23) يوماً في الانسان .وهو البروتين المناعي الوحيد (الذي يعبر الحاجز المشيمي إلى الجنين . وقد وجد كذلك في الأنسجة المضافة إلى الاوعية الدموية (Extra Vascular) وبعد المضاد الجسمي الرئيس ، إذ يلعب دوراً رئيساً في آلية الدفاع عن الجسم بواسطة الأجسام المضادة نظراً لصغر حجمه النسبي الذي يمكنه من النفوذ من الأوعية الدموية بسهولة أكثر مقارنة بالبروتينات المناعية الأخرى ، حيث يلعب دوراً مهماً في حماية نمو الجنين وله دور فعال في تنشيط المتممات).

2. الجسم المضاد IgA.

وهو عبارة عن " جزيئة بروتينية ، وزنه الجزيئي (160.000) دالتون يفرز من الخلايا الكأسية في الأغشية المخاطية ، ويتراوح افرازه اليومي ما بين (5-15) غم من المخاط المفرز في الانسان ، ويؤلف (10-15%) من الكلوبولينات المناعة الكلية في مصل الدم . ويبلغ " تركيزه (150-250) ملغم / 100 ملتر من المصل ، وهو الصنف الرئيس في الافرازات الخارجية (Exocrine) مثل حليب الأم واللبن والدموع وافرازات الانف والأغشية المخاطية المبطنة للجهاز التنفسي وسوائل الأسناخ (Alveoli) والافرازات المعوية والصفراء والبول ، ويبلغ عمر النصف للـ (IgA) في الانسان اقل بكثير من (IgG) حيث يبلغ (5-6) ايام . ولهذا البروتين وظيفة وقائية موضعية للسطوح المخاطية أكثر من فعاليته الوقائية للجسم ككل. إذ يرتبط كثيراً مع مقاومة التهاب الجهاز التنفسي العلوي مقارنة بارتباط البروتينات المناعية الأخرى في مصل الدم لأنه البروتين المناعي الرئيس الموجود في الافرازات الخارجية للجسم وبذلك فهو يشكل أهمية قصوى في حماية القنوات المعوية والتنفسية .

* المقصود به هو الفترة الزمنية لانخفاض التركيز في البلازما إلى نصف مستواه الاصلي .

بروتينات البلازما (انواعها ووظائفها)

توجد ثلاثة انواع من بروتينات البلازما (الالبومين ويشكل 60% والبروتينات الكروية بانواعها الفا وبيتا وكاما والتي تشكل مجموعها حوالي 40% بينما يشكل الفايبرين اقل من 1% .

يبلغ الوزن الجزيئي للالبومين 69000 ولسبب صغر حجمه فهو مسؤول عن 80 من الضغط الازموزي الذي تسببه بروتينات البلازما . كما ان نقص كميته التي تحدث بسبب الاصابه ببعض امراض سوء التغذية وامراض الكبد والكلية يسبب فقدان السوائل في البلازما وتجمعها في الانسجة مما يسبب حالة تسمى الاستسقاء بالاضافة لذلك فان الالبومين يقوم بربط ونقل الكثير من المواد مثل هرمون الثيروكسين واملاح الصفراء والاحماض الدهنية واصباغ الصفراء (البيليروبين) وبعض مواد التخدير . اما البروتينات الكروية نوع كما فانها تشكل الاجسام المضادة ولذلك فانها تدعى البروتينات المناعية Ig وهي خمسة انواع (IgD , IgA , IgM , IgG , IgE) اما بروتينات الفا فانها تضم الفا 1 والفا 2 وتشكل الاولى البروتينات الكاربوهيدراتية وبعض البروتينات الدهنية ذات الكثافة العالية (HDL) و بالاضافة الى هرمون الثيروكسين وكورتيزول وفيتامين B12 . اما مجموعة الفا2 فانها بروتينات هابتوجلوبين الرابط للهيموكلوبين الحر الذي يمنع الكلية من اخراجه ، كما مسؤول على بروتين تجلط الدم وهرمون ايثروبويتين المسؤول عن انتاج الخلايا الحمراء ومولد الانجيوتسين المنتج لهرمون انجيوتسين المنظم لضغط الدم وتوازن الاملاح والسوائل .

اما البروتينات الكروية نوع بيتا فتشمل بروتينات ناقل الحديد والنحاس Transferrin وبروتينات الدهنية المنخفضة LDL الناقلة للكولسترول وغيرها ويمكن اجمال وظائف بروتينات البلازما بالاتي :

1. تسبب ضغطا يدعى الضغط الأسموزي الغروي الذي ينظم توزيع الماء بين حجرات الجسم (الاوعية الدموية والحيز بين الخلايا والحيز داخل الخلايا) . اذ يبلغ الضغط الاسموزي للبلازما في الشخص العادي 7.3 ضغطا جويا (5550 ملم زئبق) ولا تعتبر البروتينات مسؤولة عن الضغط كامله بل ان مساهمتها الحقيقية 0.5% اما المساهمة المتبقية 99.5% الى المواد الاليكترولالية وبولينا والجلوكوز التي تكون قادرة تعبر من الدم الى الانسجة وتظهر أهميته البروتينات في ان وزنها الجزيئي كبير وبذلك لا تستطيع في الغالب العبور نحو سائل الانسجة وبذلك تجعل البلازما ذات ضغطا اسموزيا عاليا اعلى من الانسجة وهذا الامر يمكن السوائل الانسجة من العودة الى سائل الدورة الدموية ولا يسبب الاستسقاء .
2. تقوم البروتينات بوظيفة النقل اذ ان كثيرا من المواد ذات وزن جزيئي صغير ترتبط بالبلازما والتي تنقلها الى اماكن الامتصاص كالامعاء او اماكن الخزن كالكبد او الاستخدام كخناق العظم .

3. تعمل بروتينات الدم كمحالييل منظمة اذ ان البروتينات تتصرف كأنها مواد قاعدية خفيفة تقبل H^+ او كحوامض خفيفة تقبل OH^- .
4. تعمل البروتينات كمصدر للامينية لتغذية الخلايا .
5. تعمل بعض البروتينات على احداث التخثر فكثير منها تعمل كإنزيمات غير نشطة يجري تنشيطها عند حدوث جرح في الوعاء الدموي .

نسبة الهيماتوكريت (Hematocrit)

وهي تمثل نسبة خلايا الدم الحمراء إلى حجم الدم، والمعروف أن الدم يتكون من أجسام صلبة، من أهمها خلايا الدم الحمراء، ومن بلازما الدم (الذي يكون الماء معظمها). وتصل نسبة الهيماتوكريت اعتيادياً لدى الشاب إلى حوالي ٤٥% (تتراوح الحدود الطبيعية من ٣٨-٥٢%)، وتتأثر هذه النسبة بعدة عوامل من أهمها حقن الدم والتدريب في المرتفعات.

ويؤدي التدريب البدني إلى زيادة حجم بلازما الدم بشكل أكثر من الزيادة في خلايا الدم الحمراء، مما يؤدي في النهاية إلى انخفاض قليل في نسبة الهيماتوكريت (وفي نسبة الهيموجلوبين أيضاً). كما أن فقدان مقدار كبير من السوائل (< ٣% من وزن الجسم) يقود إلى أن يصبح الدم أكثر لزوجة من المعتاد). وعلى الرغم من أن زيادة الهيماتوكريت قد تعني زيادة في قدرة الدم على حمل الأكسجين (زيادة السعة الأكسجينية للدم) إلا أن الزيادة الكبيرة في نسبة الهيماتوكريت تؤدي إلى زيادة لزوجة الدم، وهذا في حد ذاته يحمل خطورة صحيحة على الفرد. ومن المعلوم أنه عندما تكون نسبة الهيماتوكريت ضمن الحدود الطبيعية (عند حوالي ٤٥%) فإن لزوجة الدم تكون ٢,١ ضعفاً مقارنة مع لزوجة الماء، أما عند زيادة نسبة الهيماتوكريت إلى ٥٥% فإن لزوجة الدم تزداد لتصبح ٢,٦ ضعفاً مقارنة مع لزوجة الدم.

ويوضح الشكل البياني رقم (٢) استجابة نسبة الهيماتوكريت لدى مجموعة من الدراجين أثناء سباق للدراجات قطع خلاله المتسابقون مسافة ٢٣٠ كم في يوم واحد، ويبدو بوضوح من الشكل أن نسبة الهيماتوكريت لم تتغير كثيراً منذ بداية السباق حتى فترة ما بعد انتهاءه مباشرة، لكن بعد مرور يوم واحد على انتهاء السباق نجد أن نسبة الهيماتوكريت قد انخفضت من ٤٤% إلى ٤١%، وذلك نتيجة لاحتفاظ الجسم بالسوائل داخل بلازما الدم، مما أدى إلى زيادة حجم بلازما الدم كجزء من التكيف الناجم من التدريب التحملي، الأمر الذي أدى في النهاية إلى انخفاض نسبة الهيماتوكريت ليس بسبب انخفاض عدد كريات الدم الحمراء لكن بفعل زيادة حجم بلازما الدم.

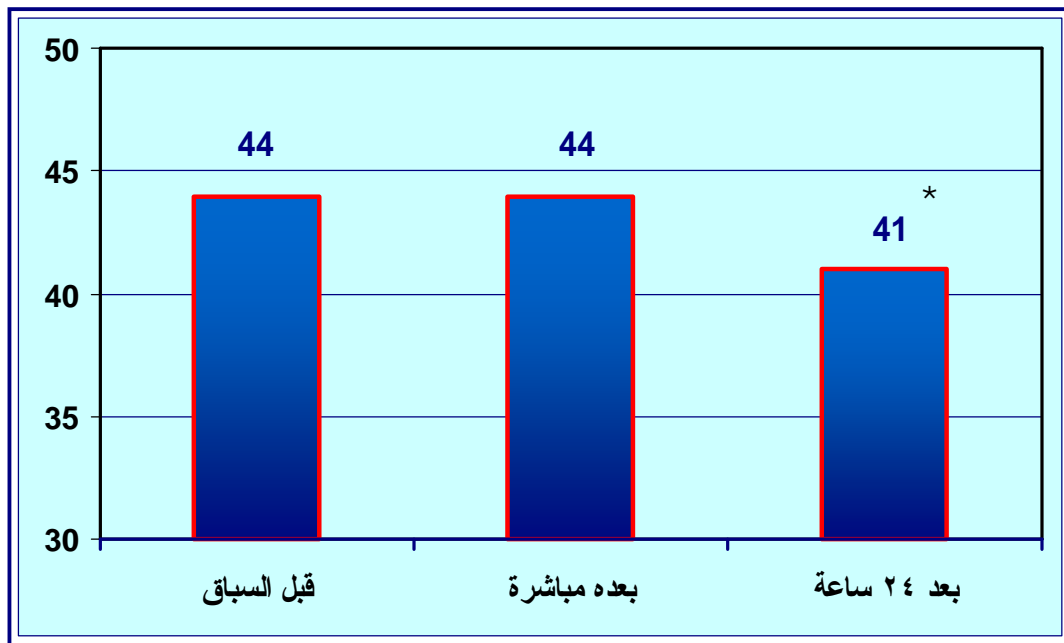
الهيموجلوبين (Hemoglobin)

ويسمى أيضاً خضاب الدم، وإليه يعزى اكتساب الدم اللون الأحمر نظراً لاحتوائه على عنصر الحديد، والهيموجلوبين مركب بروتيني يتكون من بروتين يسمى جلوبين (Globin) وأربع مجموعات تحتوي على عنصر الحديد تسمى هيم (Heme). ويعد الهيموجلوبين عنصراً

مهماً في نقل الأكسجين من الحويصلات الرئوية إلى أنسجة الجسم المختلفة، حيث تتحد كل ذرة حديد فيه مع جزيء الأكسجين.

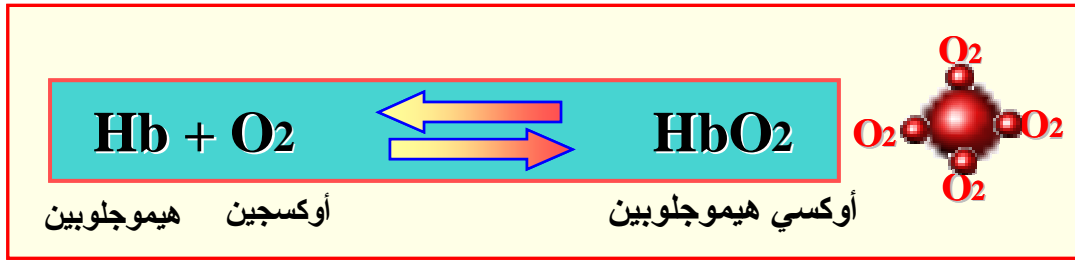
وتبلغ المعدلات الطبيعية للهيموجلوبين لدى الذكور البالغين ١٤-١٨ ملجم لكل ١٠٠ ملي لتر من الدم (أي ١٤٠-١٨٠ ملجم في اللتر)، أما لدى النساء فيبلغ مستواه ١٢-١٦ ملجم لكل ١٠٠ ملي لتر من الدم. والمعروف أن تركيز الهيموجلوبين يتأثر بحجم الدم، حيث يزداد تركيزه مع فقدان السوائل في الجسم.

ويوجد في المتوسط حوالي ١٥٠ جم من الهيموجلوبين لدى الإنسان، وكل جرام يمكنه الاتحاد مع ١,٣٣ ملي لتر من الأكسجين، وعليه فإن كل لتر من الدم سيحتوي على ٢٠٠ ملي لتر من الأكسجين، وهذا يعني أن محتوى الدم الشرياني من الأكسجين يبلغ ٢٠٠ ملي لتر في كل لتر من الدم. ومن الممكن أن ينخفض تركيز الهيموجلوبين لدى رياضيي التحمل نتيجة لزيادة حجم بلازما الدم ويصل إلى ١٣٠ ملجم في اللتر، وتسمى هذه الحالة بالأنيميا الكاذبة (أنظر إلى فقرة لاحقة حول هذا الموضوع).



شكل رقم (٢): استجابة نسبة الهيماتوكريت (%) لسباق دراجات تم فيه قطع مسافة ٢٣٠ كم في يوم واحد، ويبدو من الشكل عدم تأثر نسبة الهيماتوكريت بعد السباق مباشرة، لكن النسبة انخفضت في اليوم التالي للسباق (المصدر: (Neumayr, et al., *Int J Sports Med*, 2002).

وبين الشكل التوضيحي رقم (٣) معادلة اتحاد الهيموجلوبين مع الأوكسجين، مكوناً مركباً أسمه أوكسي هيموجلوبين (الهيموجلوبين المؤكسج)، ومن الملاحظ أن المعادلة ذات اتجاهين، أي إن الهيموجلوبين يرتبط بالأوكسجين في الأوعية الدموية التي بالقرب من الحويصلات الرئوية، لذا نجد أن الدم الشرياني القادم من الرئتين والمتجه إلى أنسجة الجسم الأخرى يكون مشبعاً بالأوكسجين، ثم يفك الأوكسجين ارتباطه بالهيموجلوبين في الأوعية الدموية بالقرب من أنسجة الجسم لكي يتم استخدامه من قبل الخلايا في العمليات الأيضية الهوائية. ومن المعلوم أن معدل فك ارتباط الأوكسجين بالهيموجلوبين في منطقة النسيج يعتمد على عدة عوامل من أهمها معدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون، ودرجة الحموضة، ودرجة الحرارة المحيطة بالنسيج (وهذه العوامل تُعرف بتأثير بور)، ثم يقوم بعض من ثاني أكسيد الكربون بالاتحاد بالهيموجلوبين والاتجاه إلى الحويصلات الرئوية لكي يتم التخلص منه عن طريق الزفير.



شكل رقم (٣): يتحد الأوكسجين مع الهيموجلوبين بالقرب من الحويصلات الرئوية ليكون مركب أسمه أوكسي هيموجلوبين، سرعان ما يُطلق جزئ الأوكسجين في منطقة النسيج.

فقر الدم (الأنيميا) والرياضة

لا يعد فقر الدم (الأنيميا) مرض بحد ذاته، لكنه عرض لعدد من الأمراض، وهناك عشرات الأنواع من فقر الدم، ليس المجال هنا للتطرق لها. إن الملاحظ في حالة فقر الدم أن كرات الدم الحمراء تصبح صغيرة، وينخفض تركيز الهيموجلوبين في الدم وكذلك تركيز الفيريتين في بلازما الدم (الفيريتين يحتوي على ٢٣% حديد). وتشخص حالة فقر الدم عند انخفاض تركيز الهيموجلوبين في الدم عن مستويات معينة (أقل من ١٤٠ ملجم في اللتر من الدم لدى الرجال، وأقل من ١٢٠ ملجم في اللتر من الدم لدى النساء). ومن المعلوم أن

الهيموجلوبين هو بروتين يحتوي على عنصر الحديد، وهو المسئول عن نقل الأكسجين، وبالتالي فعند انخفاض تركيز الهيموجلوبين، فإن قدرة الشخص على أداء جهداً بدنياً تتخفف.

تزداد نسبة فقر الدم عموماً لدى الإناث مقارنة بالرجال، نتيجة لفقدان كميات من الدم خلال الدورة الشهرية. وتشير البحوث على أن فقر الدم يعد أكثر انتشاراً لدى الرياضيات مقارنة بغير الرياضيات، وتعد حالة فقر الدم الناجم عن نقص الحديد من أكثر حالات فقر الدم شيوعاً، خاصة لدى النساء. ولكي نستوعب موضوع فقر الدم وعلاقته بالرياضة، يستحسن أن نعطي أولاً بعض المعلومات عن مكونات الدم، وتأثير التدريب البدني عليها.

فقر الدم الناجم عن عوز الحديد

يعد عوز الحديد (أي نقصه في الدم) من أكثر الأسباب المؤدية إلى فقر الدم، ويوجد الحديد بكميات قليلة في جسم الإنسان (في حدود ٤-٥ جرامات لدى الرجل البالغ)، وعنصر الحديد ضروري لكل من الهيموجلوبين، وكذلك للميوجلوبين (الميوجلوبين شبيه بهيموجلوبين، لكنه موجود في العضلات بدلاً من الدم)، كما أن الحديد مهم في عمليات النقل الإلكتروني الخاصة بنظام إنتاج الطاقة الهوائي، حيث يكون موجوداً في السيتوكروم.

يتم تخزين الحديد في جسم الإنسان بشكل رئيسي في الهيموجلوبين (٦٤%)، ثم في نخاع العظام (٢٧%). إن مخزون الحديد يقاس عن طريق معرفة مستوى الفيريتين في البلازما، وينتج فقر الدم الناجم عن عوز الحديد عندما يكون كل من مستوى الفيريتين في بلازما الدم وتركيز الهيموجلوبين منخفضين. وفي حالة حدوث فقر دم حقيقي ناجم عن عوز الحديد، فإن الأداء البدني للرياضي يتأثر سلباً. ويوضح الجدول رقم (٢) بعض المستويات الطبيعية لكل من الهيموجلوبين ونسبة الهيماتوكريت والحديد والفيريتين لدى الذكور والإناث.

أسباب انخفاض عنصر الحديد لدى الرياضيين

- فقدان الحديد عن طريق الدم المفقود أثناء الدورة الشهرية لدى النساء (في حدود ٠,٦ - ١,٥ ملجم في اليوم).
- نقص تناول الحديد في الطعام المستهلك.
- فقدان الحديد عن طريق الدم المفقود من الجهاز الهضمي والأمعاء أثناء الجري.
- أسباب أخرى يكون فيه فقدان الحديد بدرجة أقل مما ذكر أعلاه، وتشمل فقدان الحديد عن طريق البول، فقدان الحديد عن طريق العرق، وفقدان الحديد من خلال تحلل كريات الدم الحمراء نتيجة اصطدام القدم بالأرض لدى العدائين ولاعبي كرة السلة.

جدول رقم (٢): المستويات الطبيعية لبعض المتغيرات الدموية.

العنصر	الذكور	الإناث
الهيموجلوبين (جم / لتر)	١٤٠-١٨٠	١٢٠-١٦٠
نسبة الهيماتوكريت (%)	٤٠-٥٢	٣٨-٤٨
الحديد (ميكروجرام / ١٠٠ مل)	٧٦ - ١٩٨	
الفيريتين (ميكروجرام / لتر)	٣٠-٣٠٠	٢٠-١٢٠

كيف يمكن تجنب فقر الدم الناجم عن عوز الحديد؟

يبلغ الاستهلاك اليومي الموصى به من الحديد للرجل البالغ ١٠ ملجم وللمرأة ١٥-١٨ ملجم، على أن البعض يرى أن يكون الاستهلاك للرياضيين الذين يخوضون منافسات عالية الشدة أعلى من ذلك (١٧ ملجم للرجل و ٢٣ ملجم للمرأة). ويمكن الحصول على الحديد في الطعام من اللحوم الحمراء، والرخويات البحرية كالمحار، والبقول الجافة، والأوراق النباتية الخضراء، والمكسرات، والفواكه المجففة، والزبيب، وبذور دوار الشمس والقرع، والعديد من الأطعمة المدعمة بالحديد كـ بعض أنواع الخبز وحبوب الإفطار (المعروفة بالسريال)، وينصح بتجنب الإكثار من القهوة والشاي لأنهما يسهمان في خفض امتصاص الحديد، بينما يساعد تناول الأغذية الغنية بفيتامين ج على امتصاص الحديد.

فقر الدم الكاذب لدى الرياضيين (Dilutional pseudo anemia)

عرفنا من العرض السابق أن التدريب البدني التحملي يؤدي إلى زيادة حجم بلازما الدم، وهذا التكيف الناتج عن التدريب البدني يعد مفيد للرياضي، لأنه يجعل الدم أقل لزوجة مما يسمح بتدفقه بانسياب عبر الأوعية الدموية، كما يفوق التدريب البدني إلى زيادة المحتوى المائي في الجسم مقارنة بما هو عليه قبل التدريب، الأمر الذي يزيد من قدرة الرياضي على مجابهة ازدياد حرارة الجسم أثناء الجهد البدني التحملي. على أن الزيادة في حجم بلازما الدم هذه تؤدي إلى انخفاض كل من تركيز كرات الدم الحمراء وتركيز الهيموجلوبين (أي انخفاض نسبة أي منهما إلى حجم الدم الكلي)، وبالتالي انخفاض نسبة الهيماتوكريت قليلاً. لكن يبقى مستوى الحديد ضمن الحدود الطبيعية. هذا الانخفاض القليل في تركيز كرات الدم الحمراء والهيموجلوبين يعطي الانطباع للوهلة الأولى بأن الرياضي مصاب بفقر الدم، بينما ما حدث

في الواقع هو ازدياد حجم بلازما الدم بصورة كبيرة، الأمر الذي جعل تركيز كرات الدم الحمراء والهيموجلوبين في سائل الدم ينخفض. هذا النوع من فقر الدم لا يعد أمر سلبي على الشخص الرياضي، لذا يسمى بفقر الدم الكاذب أو الأنيميا الكاذبة (أو غير الحقيقية)، وهي حالة شائعة لدى رياضيي التحمل على وجه الخصوص. ويوضح الجدول رقم (٣) مستويات الهيموجلوبين الطبيعية لدى الرياضيين مقارنة بغير الرياضيين، ونلاحظ من البيانات الموجودة في الجدول أن الحد الأدنى لمستوى الهيموجلوبين المسموح به لدى الرياضيين يكون أقل من غير الرياضيين، وأن الحد الأدنى المسموح به من مستوى الهيموجلوبين في الدم لرياضيي التحمل هو الأقل، كما يبين الشكل رقم (٤) رسماً إيضاحياً لنسبة الهيماتوكريت لدى الرياضي الذي يعاني من فقر دم كاذب (نتيجة لزيادة حجم بلازما الدم) والرياضي المصاب بفقر دم حقيقي مقارنة بمستوى الهيماتوكريت لدى الشخص السليم من غير الرياضيين.

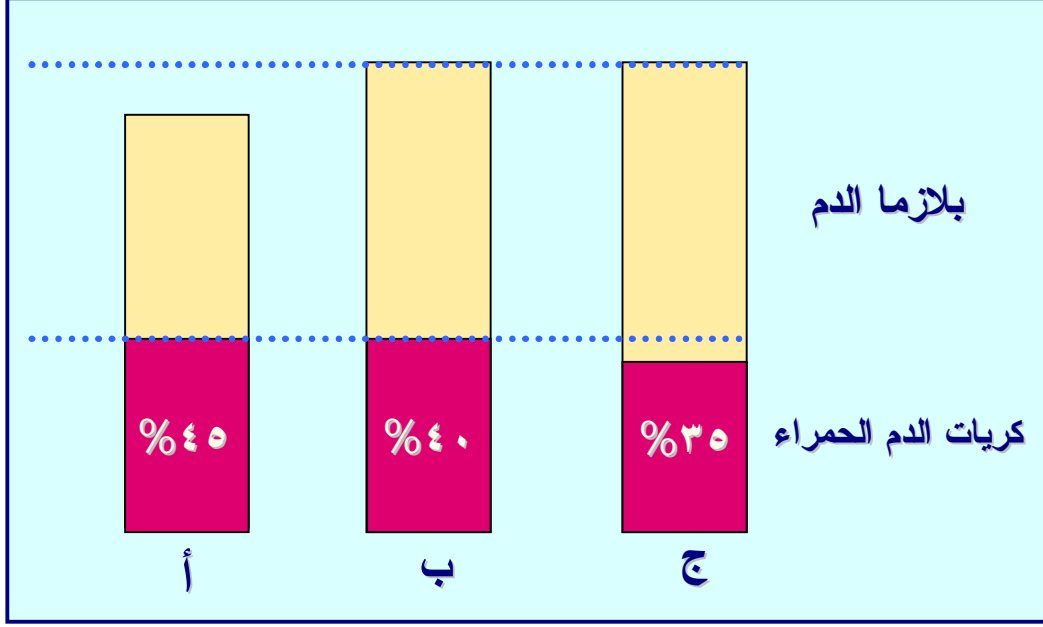
جدول رقم (٣): الحدود الدنيا الطبيعية لمستويات الهيموجلوبين (جم/ لتر) لدى الرياضيين العاديين ورياضيي التحمل مقارنة بغير الرياضيين.

الفئة	الذكور	الإناث
الأفراد غير المتدربين	١٤٠	١٢٠
الأفراد المتدربين	١٣٥	١١٥
رياضيو التحمل	١٣٠	١١٠

كيفية قياس الهيموجلوبين (Hb) ونسبة الهيماتوكريت (Hct) في الدم

قياس الهيموجلوبين (Hemoglobin):

تستعمل عدة طرق لقياس تركيز الهيموجلوبين في الدم، غير أننا سنتطرق إلى الطريقة المستخدمة في مختبر فسيولوجيا الجهد البدني بجامعة الملك سعود، حيث نستخدم لقياس تركيز الهيموجلوبين في الدم المقياس الضوئي (Hemoglobin Photometer)، وذلك باستخدام جهاز من نوع هيمو كيو (Hemocue)، وذلك طبقاً للخطوات الإجرائية التالية:



شكل رقم (١٩ - ٤): رسم إيضاحي يبين نسبة الهيماتوكريت لدى الرياضي الذي يعاني من فقر دم كاذب (ب)، والرياضي المصاب بفقر دم حقيقي (ج)، مقارنة بالشخص غير الرياضي (أ)، ويتبين من الشكل أن الإصابة بفقر الدم الكاذب هو نتيجة لزيادة حجم بلازما الدم وليس بسبب نقص في كريات الدم الحمراء.

أولاً - معايرة الجهاز:

- ١ - تستخدم لمعايرة الجهاز الشريحة الضابطة المعدة لهذا الغرض، والتي لها قراءة ثابتة ومعلومة مقدارها ١٣٠، وهي مرفقة مع الجهاز في علبة خاصة بذلك.
- ٢ - يتم إخراج الذراع الحامل للشريحة من الجهاز وذلك بسحبه إلى الخارج حتى يصل إلى أقصى حد له بدون خروجه من الجهاز وذلك استعداداً لوضع الشريحة عليه، بعد ذلك ستظهر لك على الشاشة كلمة (Hb).
- ٣ - بعد حوالي ٦ ثواني ستظهر كلمة (READY) على الشاشة وكذلك ستظهر معها ثلاث شرطيات (— — —).
- ٤ - ضع الشريحة في مكانها على الحامل ثم ادفع الحامل إلي الداخل حتى يستقر في مكانه، وستظهر لك على الشاشة كلمة (MEASURING) مع ثلاث شرطيات (— — —).

٥- بعد حوالي ١٠ - ١٥ ثانية سوف تظهر على الشاشة قيمة الشريحة الضابطة المعطاة مع الجهاز وهي ١٣٠، علماً بأنها قيمة ثابتة (ملحوظة: لا يجب أن تختلف القيمة المعطاة على الشاشة عن قيمة الشريحة الثابتة بأكثر من ٣ جم / لتر أو ٠,٢ مول).

ثانياً - أخذ العينة:

- ١- ينبغي أن يكون جريان الدم كافياً في الإصبع المراد أخذ العينة منه - لذا يفضل عدم أخذ العينات من الأصابع التي عليها خواتم ويجب أن يكون الإصبع غير مثقياً، بل ممتداً دون أن يكون مشدود لتجنب انخفاض تدفق الدم الناتج عند انثناء الإصبع (لمزيد من المعلومات، أنظر إلى طريقة سحب عينات الدم، في الفصل الأول من هذا الكتاب).
 - ٢- يفضل استخدام الإصبع الأوسط "الوسطى" ويجب أن ينظف ويعقم بمسحة طبية ويترك ليُجف.
 - ٣- باستخدام الإبهام، يتم تدليك الإصبع المراد أخذ العينة منه برفق ويُضغَط عليه قليلاً لحفز الدم للتجمع في مكان أخذ العينة.
 - ٤- يتم أخذ وخز الأصبع بواسطة إبرة الوخز الآلية (Autoclix) حيث يتم ضغطها برفق على الإصبع بعد تجهيزها في وضع الوخز.
 - ٥- باستخدام منديل نظيف وجاف يتم مسح القطرة الأولى أو القطرتين الأوليتين، وإذا ضعف تدفق الدم يمكن الضغط برفق على الإصبع لتخرج كمية الدم المراد أخذها.
 - ٦- يجب التأكد من أن حجم القطرة المراد أخذها مناسب لملء الشريحة (Cuvette)، وتملأ الشريحة بوضع رأس الشريحة على منتصف القطرة، مما يجعل الشريحة تمتص الدم بالخاصية الشعرية، ولا تتسبب مسح الدم الزائد الموجود على أطراف الشريحة.
- ملحوظة:** إذا كنا سنأخذ عينة أخرى لملء شريحة أخرى بالدم من نفس المكان، ينبغي أن يتم ذلك حالاً، وذلك من خلال مسح باقي القطرات السابقة واستخراج قطرة أخرى.

ثالثاً - قياس تركيز الهيموجلوبين في عينة الدم:

- ١- لقياس تركيز الهيموجلوبين في العينة، قم بإتباع الخطوات نفسها التي أتبعتها في قياس عينة الشريحة الضابطة (Control Cuvette)، وذلك بوضع الشريحة على ذراع الحامل ثم أدخلها في الجهاز، وبعد ٤٥ ثانية ستظهر لك القراءة على الشاشة.

٢- بعد الانتهاء من القياس، تخلص من الشريحة المستعملة وذلك بوضعها في الوعاء الخاص بالنفائات الملوثة والموجود في المختبر.

٣- يمكن مقارنة قيمة تركيز الهيموجلوبين الخاصة بالمفحوص بالقيم الطبيعية الموضحة في الجدول رقم (١٩-٢).

قياس نسبة الهيماتوكريت (Hematocrit):

١- بعد وخز الأصبع وخروج قطرة الدم، قم بأخذ عينة من الدم بواسطة الأنبوب الشعري الخاص بالهيماتوكريت.

٢- عند استخدام الأنبوب الشعري من أجل أخذ عينة الدم، أجعل الطرف الذي عليه خطأً أحمرًا بعيداً عن مصدر جمع الدم، ثم قرب الأنبوب الشعري حتى يلامس الدم ويبدأ في مص العينة حتى الوصول إلى الخط الأحمر.

٣- بعد جمع عينة الدم، قم بإغلاق الطرف البعيد عن عينة الدم بالصلصال، وذلك بغرسه بالوعاء الخاص بالصلصال حتى تتأكد من أن الصلصال قد أغلق الفتحة.

٤- قم بعد ذلك بوضع العينة (الأنبوب الشعري) في جهاز الطرد المركزي، جاعلاً طرف الأنبوب الذي فيه عينة الدم (الجزء المفتوح) باتجاه الداخل والجزء الذي فيه الصلصال (الجزء المغلق) باتجاه الخارج. إن قيامك بعكس اتجاه العينة داخل جهاز الطرد المركزي كفيلاً بتفريغ محتواها من الدم عند تشغيل جهاز الطرد المركزي.

٥- أغلق غطاء جهاز الطرد المركزي، ثم قم بتشغيله لمدة ثلاث دقائق على سرعة مقدارها ١٢ ألف دورة في الدقيقة.

٦- بعد توقف الجهاز تماماً، خذ الأنبوب الشعري وضعه على مسطرة القياس وأنظر إلى النسبة، وذلك بمحاذاة بداية الأنبوب مع خط البداية في الشريحة، ثم النظر إلى الخط الذي يتقاطع مع عينة كرات الدم الحمراء في العينة (المادة الصلبة)، ثم أقرأ النسبة مباشرة.

خصائص الدم

اولا لزوجة الدم وكثافته

ترتبط لزوجة الدم وكثافته بقدر ما يحتويه من الكرات الحمراء والهيموكلوبين وبروتينات البلازما وبمقارنة الدم بالماء فان الدم اكثر كثافة من الماء اذ تزيد لزوجة الدم عن الماء (3-4)مرات ، وخلال التسخين (الاحماء) فان لزوجة الدم تقل الامر الذي يسمح بسهولة سريان الدم في الاوعية الدموية الا ان استمرار العمل العضلي لفترة طويلة خاصة في الاجواء الحارة وعند زيادة التعرق فضلا عن انتقال جزء من سائل البلازما الى سائل ما بين الخلايا . ويعتبر هذا عاملا مساعدا على سرعة التعب ولذا فان امداد اللاعبين بالماء على فترات خلال الاداء في الجو الحار يساعد على تقليل حدوث ذلك بالاضافة الى سهولة التخلص من الحرارة الزائدة . ويحتوي الدم على مواد عالقة ترتبط بالكريات الحمراء وبروتينات البلازما وهذه المواد تترسب في حال عدم حركة الدم وهذه الظاهرة اصبحت تسمى (سرعة الترسيب كريات الدم الحمراء) والتي تكون عند الرجال حوالي 4-6 ملم/ ساعة وللحفاظ على النشاط الحيوي للجسم لابد ان تكون مكونات الدم في حالة ثابتة .

ثانيا الضغط الاسموزي

يعني الضغط الاسموزي ان المحلول الاكثر تركيزا يجذب اليه جزيئات المحلول الاقل تركيزا ، وتوجد في البلازما وخلايا الدم مواد ذائبة كثيرة ومختلفة ويعتبر اكثرها كثافة الاملاح المعدنية التي توجد في البلازما وتشكل ضغطا مقابلا لمحتويات الخلية ، ويبقى الضغط عند مستوى ثابتا دائما الا انه يمكن ان يرتفع قليلا عند اداء النشاط البدني حينما تظهر في الدم المواد المختلفة عن انتاج الطاقة الا ان الضغط الاسموزي سرعان ما يعود الى المستوى الذي كان عليه قبل النشاط البدني ، **ولكن لماذا يجب ان يكون الضغط الاسموزي ثابتا ؟ ولنتخيل ان** مخلفات الطاقة ازدادت في بلازما الدم بدرجة كبيرة وارتفع الضغط الاسموزي للبلازما نتيجة زيادة تركيز المواد الذائبة فيه ولن يسمح غشاء الخلايا الدم بدخول هذه المواد للخلايا لان غشائها نصف نفاذي ، بينما يمكن للماء دخول الخلايا وهنا يبدء الضغط الاسموزي للبلازما في جذب الماء بقوة من الخلايا الحمراء والبيضاء مما يتسبب بموتها . وعليه فان اجهزة الاخراج تقوم بدور رئيسي في المحافظة على الضغط الاسموزي ثابتا من خلال التخلص من مخلفات الطاقة بحيث لا تؤثر على الضغط الاسموزي .

الثا الحفاظ على مستوى PH الدم

يعد التوازن الحامضي - القاعدي واحدا من آليات التنظيم الداخلي المهمة ويشير هذا الاصطلاح إلى تنظيم تركيز ايون الهيدروجين في المحلول حيث أن أي تغير ولو كان بسيطاً لمعدل الأس الهيدروجيني (PH

(ينتج عنة تغيرات مميتة في الفعاليات الايضية ، لذلك يعد التنظيم الدقيق للحموضة في المستوى الخلوي ضروريا من اجل البقاء ، ويمكن تعريف الأس الهيدروجيني بأنه "اللوغارتم السالب لتركيز ايونات الهيدروجين . فكلما تزداد ايونات الهيدروجين انخفض الأس الهيدروجيني PH أصبح المحلول أكثر حامضية ، كما ان الفضل في ابتكار مقياس PH الى العالم الكيميائي سورن سورنسن 1909 ، لقياس تركيز الهيدروجين في السوائل ، وهو مقياس كمي للحمضنة او القلوية ، وهو يرجع بصفة خاصة الى تركيز البروفونات او الهيدروجين ، وهو مقياس لوغارتميمي بمعنى ان أي تغير في قيمة PH لوحة واحدة يعني ان مقدرا التغير يبلغ 100 مرة ضعف التركيز لايون الهيدروجين ويعبر عنة باختصار بقيم تتراوح مابين +1 الى +14 . اذ ان المحلول الذي يحتوي على هيدروكسيل (OH⁻) اكثر من الهيدروجين (H⁺) يكون مقياس PH اعلى من (7) وهذا يعني ان المحلول قاعدي اما اذا حدث العكس وكان H اكثر من OH⁻ فان مقياس PH يكون اقل من (7) وهذا يعني ان المحلول حامضيا ، اذ يعد الماء محلولاً محايداً أي تكون ايونات H مساوية الى ايونات OH⁻ وبذلك تكون PH الماء (7) في حالة تعادل ، ويشار الى ان مستوى PH الدم الشرياني في اثناء الراحة 7.40 وهذا يعني ان الدم يميل الى القاعدية قليلا بينما يبلغ PH الدم الوريدي 7.35 نظرا لزيادة محتواه من حامض الكربونيك ، ويساعده مستوى PH (7.40 - 7.35) على قيام الجسم بالعمليات الوظيفية مثل الأكسدة والاستشفاء في الخلية . أما بالنسبة للتغيرات الفسلجية التي تحدث نتيجة ارتفاع وانخفاض PH الدم فهي :- **في حالة الحامضية فإن نسبة PH الدم قد تنخفض ضمن الحدود الآتية ويصاحبها تغيرات فسلجية أخرى وهي كما لآتي :-**

PH = 7.4 النسبة الطبيعية في الدم الشرياني .

PH = 7.3 تنفس بسرعة .

PH = 7.2 تعب ، غثيان ، ألم ، سرعة في معدل النبض

PH = 7.1 ارتفاع ضغط الدم ، نقص في قوة ضربات القلب ، ضربات قلب غير منتظمة .

PH = 7.0 فقدان الوعي .

PH = 6.8 فقدان الحياة (الموت) .

وفي حالة ارتفاع القاعدة في الدم فإن PH الدم يرتفع ضمن حدود معينة ويصاحبها تغيرات فسلجية أخرى وهي كالآتي :-

7.4 = PH النسبة الطبيعية في الدم الشرياني .

7.5 = PH تنفس بطيء .

7.6 = pH تشنجات عضلية ، تعب ، عدم انتظام ضربات

7.7 PH نوبات ، تكزز .

7.8 =PH فقدان الحياة (الموت) (1)

اما بالنسبة الى PH الدم والمجهود البدني فان هنالك العديد من التغيرات التي تطرا على نتيجة المجهود البدني اللاهوائي وذلك بسبب تراكم كميات كبيرة من حامض اللاكتيك الامر الذي يؤدي الى حدوث انخفاض في مستوى PH .

المصادر

1. محمد حسن علاوي ، ابو العلا احمد عبد الفتاح ، فسيولوجيا التدريب الرياضي ، دار الفكر العربي ، القاهرة ، 1984 .
2. هزاع بن محمد الهزاع ، الاسس النظرية والاجراءات العملية للقياسات الفسيولوجية ، جامعة الملك سعود ، 2009 .