

مقرر ٥٥٠ ترض

إجراءات معملية في فسيولوجيا الجهد البدني

كيموحيوية الجهد البدني

المصدر:

كتاب فسيولوجيا الجهد البدني: الأسس النظرية والإجراءات المعملية للقياسات
الفسيولوجية. هزاع بن محمد الهزاع، تحت الطبع.

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 ايزونوفيل 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). وتعد 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.

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 الشباب 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.

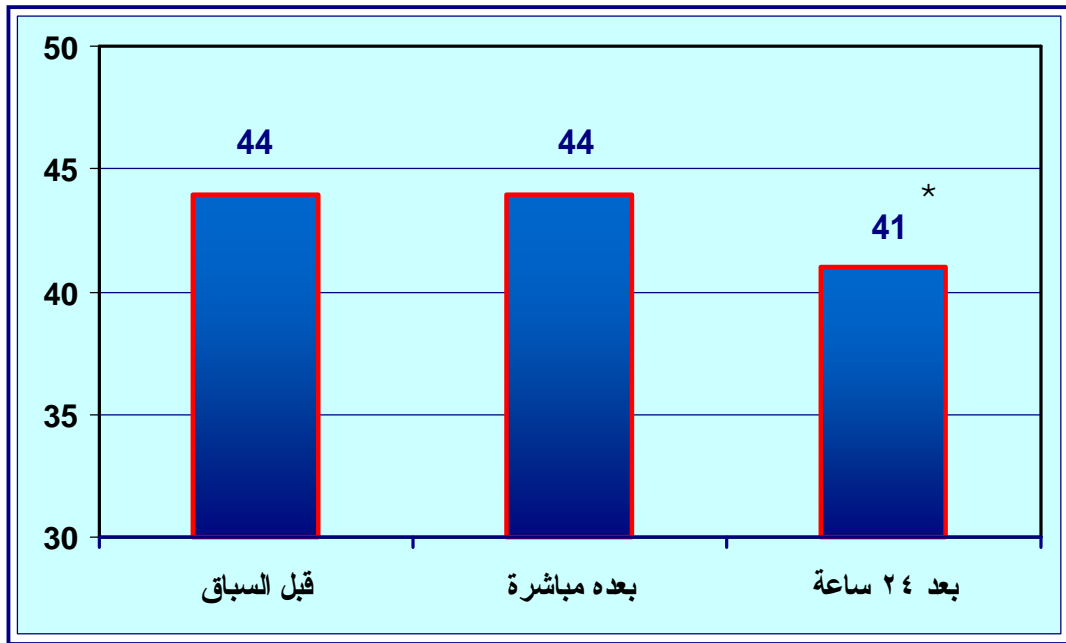
الهيموجلوبين (Hemoglobin)

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.

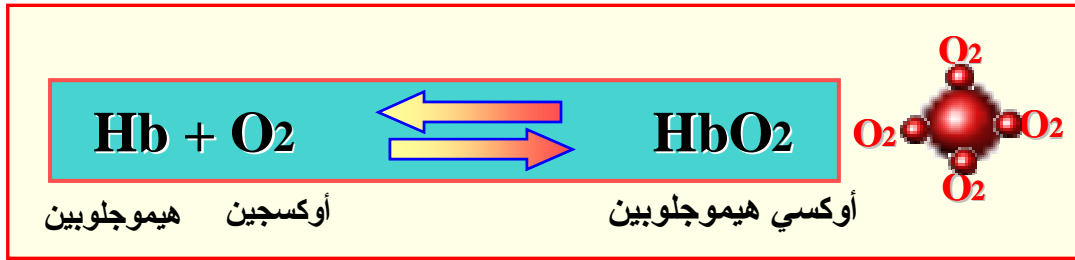
وتبلغ المعدلات الطبيعية للهيموجلوبين لدى الذكور البالغين ١٤-١٨ ملجم لكل ١٠٠ ملي لتر من الدم (أي ١٤٠-١٨٠ ملجم في اللتر)، أما لدى النساء فيبلغ مستواه ١٢-١٦ ملجم لكل ١٠٠ ملي لتر من الدم. والمعروف أن تركيز الهيموجلوبين يتأثر بحجم الدم، حيث يزداد تركيزه مع فقدان السوائل في الجسم.

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 الأكسجين، مكوناً مركباً أسمه أوكسي هيموجلوبين (الهيموجلوبين المؤكسج)، ومن الملاحظ أن المعادلة ذات اتجاهين، أي إن الهيموجلوبين يرتبط بالأكسجين في الأوعية الدموية التي بالقرب من الحويصلات الرئوية، لذا نجد أن الدم الشرياني القادم من الرئتين والمتجه إلى أنسجة الجسم الأخرى يكون مشبعاً بالأكسجين، ثم يفك الأكسجين 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 الأكسجين 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 الأكسجين 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.

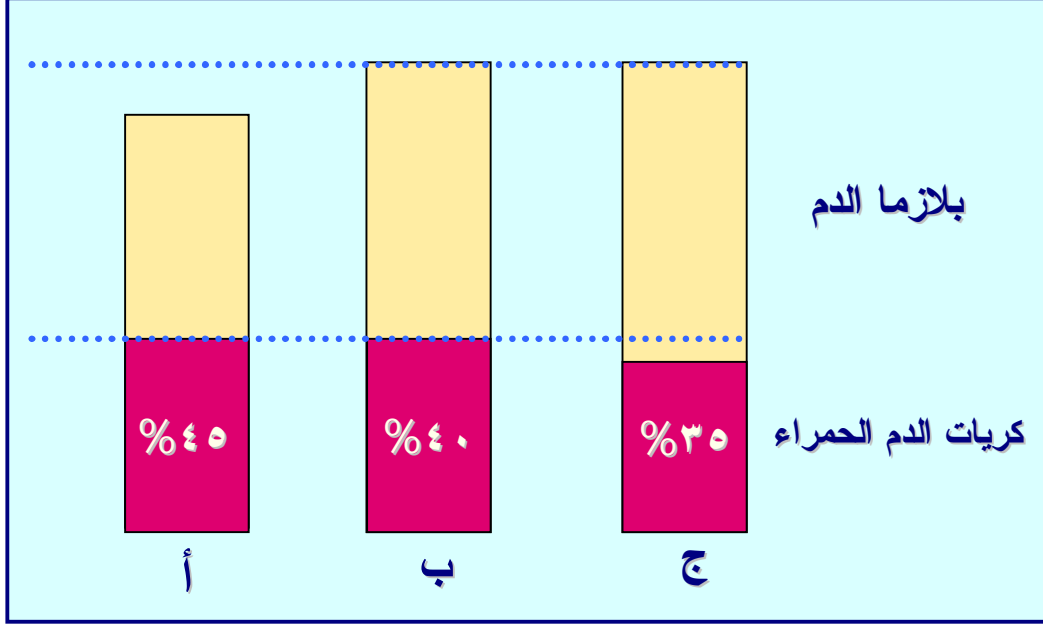
جدول رقم (٣): الحدود الدنيا الطبيعية لمستويات الهيموجلوبين (جم/ لتر) لدى الرياضيين العاديين ورياضيي التحمل مقارنة بغير الرياضيين.

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 كفيل 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.