جامعة باجي مختار عنابة

كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية

قسم التربية البدنية

محاضرات مقياس : فسيولوجيا الجهد البدني  أستاذ المقياس : أ/بوعسلة عادل

المستوى الدراسي : ثالثة ليسانس  التخصص : تدريبب رياضي + نشاط بدني رياضي تربوي

المحاضرة رقم (04) : (حمض اللبن والجهد البدني + حاصل القسمة التنفسي)

1/تعريف حمض اللبن

2/تأثير تجمع حمض اللبن

3/العتبة الهوائة والعتبة اللاهوائية

4/آليات التخلص من حمض اللبن

5/ حاصل القسمة التنفسي (QR)

## 1/تعريف حمض اللبن

حمض اللبن هوحمض عضوي صيغته الكيميائية($C_3H_6O_3$) وهو من فضلات عماية إنتاج الطاقة في غياب الأوكسجين أي هدم الجلوكوز والجليكوجان في غياب الأوكسجين (النظام اللاهوائي اللبني).

## 2/تأثير تجمع حمض اللبن

يكون تركييز حمض اللبن في الدم في الحالة العادية 2m.mol/L وإن زيادة تجمع حمض اللبن في العضلات العاملة على هذا الحد ومن تم انتقاله للدم يزيد من إنتاج شوارد $H^+$ مما يؤدي إلى انخفاض في (PH) من حوالي (7.1) في الحالة العادية إلى حوالي (6.4).

يؤدي الانخفاض المحسوس في (PH) إلى تعطيل هدم الجلوكوز والكليكوجان في غياب الأكسجين وذلك بسبب تثبيط عمل إنزيم (الفوسفوفراكتوكيناز) والذي يلعب دورا مهما في عملية هدم الجلوكوز والجليكوجان وإنتاج الطاقة في غيبا الأوكسجين.

كما يؤدي كذلك انخفاض (PH) إلى تعطيل تحرير شوارد الكالسيوم ($Ca^{++}$) مما يعيق عملية التقلص العضلي نظرا لدورها المهم في كشف مواقع الارتباط وكشفها على خيوط الأكتين أثناء التقلص العضلي.

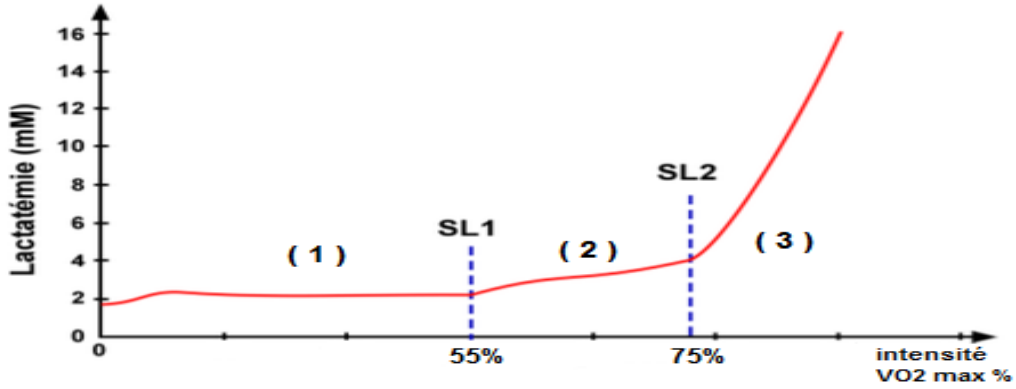
(PH) = 7.1 الحالة العادية

(PH) = 6.9 إعاقة عمل إنزيم فوسفوكرياتيناز

(PH) = 6.4 توقف تام لعملية إنتاج الطاقة عن طريق النظام اللاهوائي اللبني

## 3/العتبة الهوائية والعتبة اللاهوائية

ذكرنا سابقا بأن تركيز حمض اللبن في الدم فيي الحالة العادية يكون في حدود 2m.mol/L ولكن عند القيام بمجهود بدني نسجل زيادة في تركيز حمض اللبن في الدم مع الزيادة في شدة التمرين كما هو موضح في المنحنى الموالي :




### العتبة الهوائية

هي حالة فسيولوجية يصل إليها الفرد (الرياضي) عندما تبلغ شدة التمرين درجة تجعل تركيز حمض اللبن في الدم يزيد عن مستواه الطبيعي (2m.mol/L) .

تتوافق عموما مع شدة تمرين من 55% إلى 75% من VO2max

### العتبة اللاهوائية

هي حالة فسيولوجية يصل إليها الفرد (الرياضي) عندما تبلغ شدة التمرين درجة تجعل سرعة تجمع حمض اللبن في الدم أكبر من سرعة التخلص منه حيث يزيد تركيز حمض اللبن في الدم عن (4m.mol/L).

تتوافق عموما مع شدة تمرين أكبر من 75% من vo2max

## 4/آليات التخلص من حمض اللبن

هناك عدة آليات في جسم الإنسان تمكنه من التخلص من حمض اللبن المتجمع وذلك في خلال ساعة واحدة بعد التوقف عن المجهود البدني ويمكن تلخيص هذه الآليات فيمايلي :

- أكسدة حمض اللبن بعد تحويله إلى حمض بيروفيك ودخوله حلقة كريبس والسلسلة التنفسية (أي يصبح كمصدر للطاقة).
- تحويل حمض اللبن إلى جلوكوز ثم تخزينه في الكبد في شكل جليكوجان (دورة كوري).
- خروج حمض اللبن مع الفضلات (البول والعرق).
- توزيع حمض اللبن على عضلات الجسم الأخرى
- إمكانية تحويل كمية قليلة منه إلى بروتينات خاصة في بداية عملية الاسترجاع.
- نشاط بعض المنظمات الحيوية من أجل التعامل مع زيادة أيونات $H^+$ .

## 5/ حاصل القسمة التنفسي (QR)

هو النسبة أو (حاصل القسمة) بين كمية ثاني أكسيد الكاربون المطروح نتيجة أكسدة مصدر غذائي وبين كمية الأكسجين المستهلكة واللازمة لحدوث هذه الأكسدة.

نستعمل حاصل القسمة التنفسي (QR) من أجل الاستدلال على نوع المواد الغذائية المستعملة والمأكسدة لانتاج الطاقة من النظام الهوائي (كاربوهدرا/دهون/برةتينات).

من المعلوم بأن جزيئات كل من الأكسجين وثاني أكسيد الكاربون تختلف في كل من (الجلوكوز/الأحماض الدهنية/الأحماض الأمينية) ومن فإن استهلاك الأكسجين عند هدم هذه المصادر وإنتاج الطاقة تختلف حسب المصدر المستعمل.

إن معرفة كمية الأكسوجين المستهلك وكذلك معرفة كمية ثاني أكسيد الكاربون المطروح أثناء عملية أكسدة المصادر الغذائية المنتجة للطاقة يسمح لنا حساب حاصل القسمة التنفسي QR وهو نتيجة حاصل القسمة بين كمية ثاني أكسيد الكاربون المستهلك وكمية الأكسجين المطروح أثناء عملية الأكسدة (Vco2/Vo2) والذي يسمح لنا بالتعرف على طبيعة المصدر الغذائي المستعمل لانتاج الطاقة.

مثال (1) : كاربوهدرات

هدم جزيئة جلوكوز C6H12O6

$$C6H12O6 + 6O2 \qquad 6CO2 + 6H2O + 38ATP$$

$$QR = VCO2/VO2$$

$$QR = 6/6 = 1$$

$$QR = 1$$

مثال (2) : الدهون

هدم جزيئة حمض البالماتيك $C16H32O2$

$$C16H32O2 + 23O2 \quad 16CO2 + 16H2O + 129ATP$$

$$QR = VCO2/CO2$$

$$QR = 16/23 = 0.70$$

$$QR = 0.70$$

إذا كانت قيمة $QR = 1$ فإن المصدر المستعمل هو كاربوهيدرات( الجلوكوز والجليكوجان ) أما إذا كان $QR = 0.70$ فإن المصدر المستعمل هو الدهون.

كلما اقتربت قيم QR من (01) فإن المصدر الأكثر استعمالا هو الكاربوهيدرات (جلوكوز و جليكوجان) وكلما اقتربت قيمة QR من (0.70) فإن المصدر الأكثر استعمالا هو الدهون.

| الدهون | الكاربوهدرات | QR |
|---|---|---|
| %100 | %00 | 0.70 |
| %84.4 | %15.6 | 0.75 |
| %66.6 | %33.4 | 0.80 |
| %49.3 | %50.7 | 0.85 |
| %32.5 | %67.5 | 0.90 |
| %16 | %84 | 0.95 |
| %00 | %100 | 1 |

عندما يكون المصدر المستعمل في عملية الهدم الهوائي 100% دهون فإن قيمة QR=0.70 في حين عندما يكون 100% كاربوهدرات فإن قيمة QR=1 وكلما زادت نسبة استخدام الدهون كمصدر للطاقة اقتربت قيمة QR من (0.70) في حين كلما زادت نسبة استخدام الكاربوهدرات كمصدر للطاقة اقتربت نسبة QR من (01).

## ملاحظة رقم (01)

عند استعمال الجلوكوز كمصدر للطاقة فإن هدم جزيئة جلوكووز أنتجت AT¨P 38 في حين استهلكت عملية الأكسدة 6O2 أي أن كل درة o2 أنتجت ATP.6.6

في حين عند استعمال الدهون كمصدر للطاقة (حمض البالماتيك) فإنة جزيية حمض بالماتيكك أنتجت ATP129 واستهلكت عملية الأكسدة 23O2 أي أن كل درة O2 أنتجت ATP5.6

ومنه نستنج بأن استعمال الدهون كمصدر للطاقة ينتج أكثر كمية من ATP مقارنة بالكاربوهدرات ولكن في المقابل تستهلك أكثر كمية من الأكسجين.

## ملاحظة رقم (02)

إن المصادر الأساسية لإنتاج الطاقة في جسم الإنسان هي الكاربوهدرات والدهون ولكن بالرغم من هذا فإن بعض الأحماض الآمينية تتحول إلى كلوكوز (إنتاج الجلوكوز من مصادر غير كاربوهيدراتية /نيوجليكوجيناز) فيما تتحول بعض الأحماض الآمينية إلى بيروفيك أو أستيل كوأنزيم ثم تدخل حلقة كربس والسلسلة التنفسية ولكن جزء بسيط منها فقط يمكن أمسدته مباشرة في العضلة