الفصل السابع

الأنزيمـات

- ❖ ماهية الأنزيمات.
- ❖ خواص الأنزيمات.
- ❖ أقسام أو أنواع الأنزيمات.
- ❖ العوامل المؤثرة على الأنزيمات.
- ❖ نظريات أو فرضيات الأنزيمات.
- ❖ علاقة النشاط الرياضي بعمل الأنزيمات في الجسم.

الفصل السابع

الأنزيمـات

ماهية الإنزيمات:

منذ أن أُكتشف هذا النوع من البروتينات أو ما تدعى بالمركبات العضوية المساعدة مرت تسميتها بعد فترات ففي الفترة الأولى كان أسم الأنزيم مرتبط بالمادة الأساس ولهذا أُعتمد على إضافة (ase) في نهاية أسم المادة الأساس التي يعمل عليها الأنزيم وفي فترة أخرى أُعتمدت تسمية الأنزيم على نوع التفاعل الذي يعمل عليه الأنزيم فمثلاً يسمى الأنزيم الذي يحلل مائياً المادة الأساس السكروز بالسكريز وهناك تسميات شائعة ليس لها علاقة بالمادة الأساس والتفاعل مثل (Pepsin) أو (Trypsin) أما في هذه الفترة فقد أُعتمد حديثاً في تسمية الأنزيمات والتي تم الاتفاق عليها من قبل الإتحاد الدولي للكيمياء الحياتية (IUBS) اعتماداً على الاسم الذي يشير إلى المادة الأساس أو المواد الناتجة من التفاعل ونوع التفاعل الذي يساعد الأنزيم، وإذا أردنا أن نتجاوز تسمية الأنزيمات إلى ماهية هذه الأنزيمات فإننا نذهب إلى إنها مواد بروتينية تُضاف لها مركبات غير بروتينية إذا انفصلت هذه المواد الغير بروتينية عن جزئي البروتين تسمى بالأنزيمات المساعدة (Co-ENZYMS) وقسم من هذه الأنزيمات تحتوي على أيونات لمركبات غير عضوية مثل أيون الكالسيوم والمغنيسيوم والمنغنيز، وقسم من هذه

الأنزيمات المساعدة تعمل عمل الفيتامينات مثل فيتامين (B) المركب والذي يعمل بهذه الطريقة.

أن البروتينات هي مواد بيولوجية بروتينية وعضوية تساعد أو تقوم بدور العوامل المساعدة للتفاعلات الكيميائية التي تتمكن الخلية الحية بواسطتها من الاستفادة من المواد الغذائية وهي تنتج من قبل الخلايا الحية ولها القدرة على أن تعمل بصورة مستقلة عن الخلايا وللأنزيم ميزة مهمة حيث يعمل على تسريع اتصال الجزيئات مما يؤدي لزيادة سرعة التفاعل باتجاه واحد أو باتجاهين متعاكسين وفي نفس الوقت يساهم في تقليل طاقة التنشيط وهو بهذا يستطيع أن يعمل خارج الخلية إذا توفرت الظروف الملائمة كما أنه يعطي الخلية الميزة الفريدة في قابليتها على القيام بتفاعلات معقدة وبسرعة قياسية على نفس درجة المحيط.

وخلاصة القول يمكن أن ننظر إلى الأنزيمات على إنها مواد محفزة تساهم في سرعة الأفعال الكيميائية الخلوية أي إنها تلعب دور رئيسي في تنظيم مسار الأيض في الخلية وهي بذلك تقوم بتنظيم القيمة أو السرعة التي يبدأ الفعل عمله.

خواص الأنزيمات

تتصف الأنزيمات بصفات ذات أهمية كبيرة في جسم الإنسان ومن هذه الخواص هي:

1- لا تتغير صفات الأنزيمات في التفاعلات التي تساعد فيها.

2- إن الأنزيمات لا تُستهلك.

3- بما إن الأنزيم مركب بروتيني فإن أي مادة كيميائية أو عامل يؤثر أصلاً على التركيب ألبروتيني يفقد الأنزيم فاعليته.

4- تتحطم فاعلية الأنزيم في حالة التسخين أو الحوامض والقواعد القوية.

5- يفقد الأنزيم فاعليته في حالة تعرضه للأشعة فوق البنفسجية.

6- الأنزيم تخصصي أي إنه يتفاعل مع مجاميع معينة من المركبات وفي بعض الحالات مع مركب منفرد واحد.

7- تُظهر بعض الأنزيمات تخصص مطلق بالنسبة للمادة التي تعمل عليها ولا تحلل أي مادة أخرى حتى لو كانت هذه المادة ذات جزيئات مشابهة للمادة الأصلية التي يعمل عليها الأنزيم.

8- تذوب معظم الأنزيمات بسهولة في الماء وبعضها (الكلوبيولينات) يذوب في مجاميع مخففة متعادلة من ملح الطعام كما إنها تتأثر بدرجة (PH) الدم.

9- تساعد بعض الأنزيمات على التحكم بسرعة التفاعل.

10-تعمل الأنزيمات على خفض طاقة التنشيط في التفاعل الكيميائي.

أقسام أو أنواع الأنزيمات:

تتفق جميع المصادر على تقسيم الأنزيمات استناداً إلى طبيعة التحليلات الكيميائية التي تساعد على انجازها أي تبعاً لنوع التفاعل (كعوامل مساعدة) إلى ستة أقسام ثم تقسم إلى (32) قسم أو مجموعة أخرى حسب نوع الرابطة التي تعمل على كسرها أو تكوينها أو حسب المجموعة الكيميائية التي تقوم بإزالتها أو نقلها إلى مركب أخر بين المادة المتفاعلة والعامل المساعد (الأنزيم) وهذه الأقسام أو الأنواع هي:

1- <u>الأنزيمات المحللة (أنزيمات التحلل المائي)</u>: وتكمن أهمية هذه الأنزيمات في تفاعلات الجسم للإيعازات العصبية التي تساعد في استخدام وتحليل المواد الغذائية ويمكن أن ينظر لها بأنها أنزيمات عكسية في تفاعلاتها أي يمكن للأنزيم أن يبسط المواد المعقدة في وجود الماء وتحويل المواد البسيطة الناتجة إلى معقدة مرة أخرى بإمتصاص الماء والمثال الآتي يوضح ذلك:

أنزيم المالتيز

سكر المالتوز ⟸ سكر الكلوكوز

أنزيم اللايبسيز

دهن ⟸ أحماض دهنية + كلسرين

2- <u>الأنزيمات المؤكسدة (أنزيمات الأكسدة والاختزال)</u>: تسمى في مصادر أخرى الهدامة نظراً لأنها تعمل باتجاه واحد وهو هدم المواد المعقدة إلى بسيطة ولا يمكن إعادتها إلى معقدة مرة أخرى

ووظيفتها تكمن في أنتاج الطاقة لغرض التقلص العضلي وكل الوظائف الفسلجية تعتمد على هذه الأنزيمات على إن تفاعلات الأكسدة والاختزال تساعد على نقل أو إضافة ذرات الهيدروجين ومن أمثلة ذلك أنزيم اللاكتيك دهايدروجينيز.

3- <u>الأنزيمات الناقلة</u>: وهي الأنزيمات التي تقوم بدور العامل المساعد في نقل مجموعات كيميائية لا توجد في الصورة الحرة من مركب إلى آخر كأنزيم الكرياتين فوسفوريك ترامسفريز الذي يعمل بشكل مهم بالعضلة وذلك بتحويل (ADP) إلى (A + P) بعد نقل الفسفور إلى ثنائي فوسفات الادينوسين اتكوين ثلاثي فوسفات الادينوسين.

4- <u>الأنزيمات المحولة</u>: وهي الأنزيمات المساعدة التي تقوم بإعادة الترتيب الداخلي للمركبات وفقا للحاجة وكما يحصل مثلا في حالة التحلل اللاهوائي للكاربوهيدرات الى حامض اللبنيك.

5- <u>الرابطة</u>: وهي تلك الأنزيمات التي تقوم بدور التخليق. أي ارتباط جزيئين منفصلين معا تماما كما يحدث لمركب (Acoa) الذي يتكون من أنزيم الاستيل بمساعدة أنزيم (a) وهو مركب مهم للأيض الغذائي.

<u>العوامل المؤثرة على الأنزيمات</u>:

رغم دور الأنزيمات المهم الذي يأتي بأهمية الهرمونات بالجسم، فإنه يتأثر بعدة عوامل هذا يعني إن الفرد يجب أن يفهم نظام عمل

الجسم كيف له أن يتصرف وفق ما يحدث وعلى هذا الأساس سيتم توضيح أهم العوامل المؤثرة في الأنزيمات وهي:

1-قوة الهايدروجين أو الأس الهايدروجيني (PH): تعد قيمة الـ (PH) مؤشر لدرجة النشاطات الكيميائية داخل الجسم ولكل أنزيم درجة مثلى من الـ (PH) حيث تختلف هذه القيمة من أنزيم إلى آخر، فعلى سبيل المثال إذا زادت الحموضة عن مستوى تحمل الأنزيم فسيفقد الأنزيم عمله ومثال ذلك عند تراكم حامض اللاكتيك يؤدي لتوقف تحرير الطاقة بسبب زيادة الحامضية مما يسبب إيقاف عملية تحلل الكلايكوجين بسبب فقدان أنزيم (PEK) فوسفور فركتوكاينيز على العمل.

2-درجة الحرارة: رغم إن ارتفاع درجة الحرارة بشكل مناسب للتفاعل يعمل على زيادة الطاقة الحيوية لجزيئي الأنزيم ومن ثم زيادة الاحتكاك بين الأنزيم والمادة الأساس مما يسبب زيادة سرعة التفاعل إلا أن ارتفاع درجة الحرارة إلى المستوى العالي الذي يفوق تحمل الأنزيم (40°م) سيعمل على تحلل الأنزيم أو تلفه.

3-تأثير تركيز الأنزيم وتأثير تركيز المادة الأساس التي يعمل عليها الأنزيم هناك علاقة طردية بين سرعة التفاعل وزيادة تراكيز الأنزيم في حالة وجود وفرة من المادة التي يعمل عليها الأنزيم (المادة الخاضعة) فأي زيادة في تركيز أي منهما بصورة مستمرة على حساب الآخر سوف لا يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل.

4-الإشعاع: تتأثر الأنزيمات بالإشعاع والذي يؤدي إلى فقدان فعالية الأنزيم من جراء بعض الإشعاعات.

5-المثبطات: وهذه الحالة تكمن في حالة تناقض نشاط الأنزيم أو توقفه بسبب تفاعل الجزء المعدني أو المركب العضوي المرتبط مع الأنزيم مع كثير من المواد ليكوّن مركب معقد.

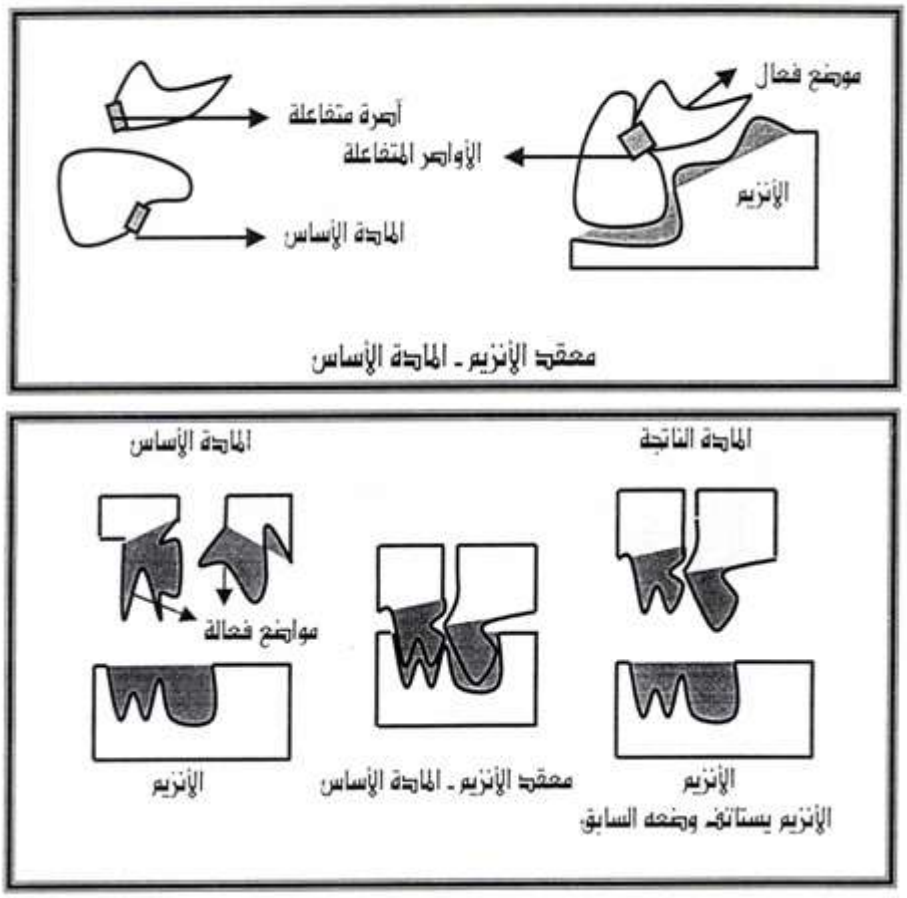
6-المنشطات: إن بعض الأنزيمات لا تنشط وتظل خاملة عندما لا تضاف لها مواد أخرى منشطة وهنا تساعد آيونات المنغنيز والكالسيوم والمغنيسيوم على تنشيط التفاعلات الأنزيمية وبالقدر المطلوب والمحدد للتركيز.

نظريات أو فرضيات الأنزيمات:

تتطلب سرعة التفاعلات البيولوجية (تفاعلات الأيض الغذائي) في معظم الكائنات الحية إلى عوامل مساعدة تسمى (الأنزيمات) حيث تتطلب عملية التحفيز الأنزيمي إلى إنتاج مركب وسيط مكون من الأنزيم والمادة الأساس التي يتعامل معها لتكوين معقد الأنزيم والذي يؤثر في سرعة التفاعل ونتيجة لأهمية هذا الموضوع فقد وُضعت عدة نظريات لتفسير اقتراب المادة المتفاعلة أنزيمياً من المجاميع المتخصصة في الأنزيم وإن اختلفت هذه النظريات أو الفرضيات في تسمياتها في مصادر مختلفة إلا أن مضمونها يكون واحد وكما يلي:

1- نظرية أو فرضية القفل والمفتاح (فيشر): وتقر بوجود تراكيب مكملة واحدة للأخرى بين الأنزيم والمادة الأساس بحيث تتطابق المادة الأساس في الموقع المكمل لها الموجود على الأنزيم كما يدخل المفتاح في القفل وجل عملها يكون:

أنزيم + جزيئه المادة الأساس ← معقد الأنزيم– المادة الأساس ← معقد الأنزيم – المادة الناتجة ← الأنزيم + جزيئه المادة الناتجة. (انظر الشكل رقم 5).



الشكل رقم (5)

يوضح طبيعة وعمل الأنزيم

2- <u>النظرية أو الفرضية التوافقية (كوشلاند)</u>: وهذه الفرضية أكثر مرونة من السابقة حيث تفترض أن التغير بشكل الموقع الفعال ليتلائم مع شكل المادة الأساس أي يمكن أن يكون مقارباً فقط لتركيب المادة الأساس وهذا هو تغيير مستوى المرونة بين الموقع الفعال والمادة الأساس.

3- نظرية أو الفرضية الجذابة: وهي تعتمد في أساسها على طاقة التنشيط وتقر بأن هناك طاقة لحدوث التفاعل وتقر بأن جزيئه لبروتين مطاطة تسمح بالتغيرات الهيئية وذلك بتأثير الهرمونات على عمل الأنزيمات.

علاقة النشاط الرياضي بعمل الأنزيمات في الجسم:

من المعروف أن التدريب في الفعاليات الرياضية لتحسين الإنجاز أو لأجل الصحة يؤدي إلى حدوث تغيرات واستجابات فسيولوجية تشمل تقريباً كل الأجهزة الداخلية للجسم مما يتطلب تكيف هذه الأجهزة لأداء ذلك الحمل البدني ويتم عن طريق تنظيم عمل هذه الأجهزة سوية خصوصاً ما يتعلق بأنظمة الجهاز العصبي والهرموني و دور الأنزيمات خصوصاً ما يتعلق منها بأنزيمات الأكسدة أو الهضم.

ولفهم العلاقة بين التمرين وعمل الأنزيمات نرى وعلى سبيل المثال إن الأنزيمات الداخلة في عملية الأكسدة توجد في المايتوكندريا ولزيادة قدرة الخلايا على إنتاج (ATP) يتم زيادة عدد المايتوكندريا وبالتالي تزيد عدد أنزيمات الأكسدة وهذا ما يحدث في حالة استمرار التدريب. أما ما يتعلق بتدريب السرعة والقوة فإنه يعمل على تنمية نظام الطاقة الفوسفاجيني (ATP-CP) وهذا يتم من خلال زيادة مخزون العضلات من (ATP-CP) وزيادة نشاط الأنزيمات التي تعمل على تحرير الطاقة مثل (ATPase) وكرياتين فوسفور كاينير (CPK) فضلاً عن تكوين نوع من التكيفات وتجنيد أكبر عدد من الألياف العضلية الهيكلية وخاصة الألياف

العضلية السريعة (FT)، والحقيقة ومن دراستنا وتدريبنا لفسيولوجيا الرياضة والتدريب خرجنا بنتيجة مفادها إن التدريب الذي يركز على الجانب الهوائي يؤدي إلى زيادة قدرة الأنزيمات الهوائية، وإن التدريب الذي يركز على الجانب اللاهوائي يؤدي إلى زيادة قدرة الأنزيمات اللاهوائية. إن الأنزيمات بعملها هذا تدخل في عمليات الهدم والبناء وإنها لا تخلق التفاعلات وإنما تسرع منها وعلى هذا الأساس فإن عملها باتجاه العمل الرياضي يكاد يتزامن مع حاجة الرياضي إلى الطاقة خصوصاً إذا علمنا إن الطاقة المخزونة في العضلات تكون بشكل مركبات كيميائية وهذا ما يعرف بتمثيل الطاقة التي تتحرر بطريقة أكثر سرعة عندما يخضع الرياضي إلى برامج تدريبية منتظمة ولفترات منتظمة تجعلهم يؤدون متطلبات التدريب بصورة أفضل. ولفهم دور الأنزيمات في إنتاج الطاقة نسوق الأمثلة الآتية:

1) يساعد أنزيم (ATPase) في تحلل (ATP) كما في المعادلة الآتية:

$$ATP \longrightarrow ADP + P1 + \text{طاقة}$$

2) يساعد أنزيم الفسفوكاينيز إلى تحلل (CP) كما في المعادلة الآتية:

$$CP \xleftrightarrow[\text{فسفوكاينيز}]{CPK} ADP + P1 + \text{طاقة}$$

3) يساعد أنزيم (CK) الكرياتيزكاينيز في إعادة بناء ATP:

$$ADP + CP \xrightarrow[\text{أنزيم الكرياتيزكاينيز}]{CK} ATP + C$$

ولأهمية موضوع الأنزيمات في المجال الرياضي فقد أُجريت دراسات كثيرة في العراق وفي دول العالم عن دور أنزيمات السائل الدموي (CPK & LDH) أثناء الجهد البدني وخصوصاً ما يتعلق بإيجاد العلاقة بين التغيرات التي تحدث في مكونات الدم والعضلات أثناء التدريب وبين نشاط الأنزيمات الهامة في تمثيل الكاربوهيدرات والدهون، وقد توصلت تلك الدراسات إلى نتائج مختلفة في زيادة الأنزيمات خصوصاً بعد التمرين أو في الراحة عنها في التمرين، فعلى سبيل المثال توصل (ولمور 1994م) إلى أن أنزيم (CPK) يزداد نشاطه بنسبة (10–25)%، أما دراسة محمد كاظم فقد توصلت إلى أن (التدريبات القصيرة الزمن والعالية الشدة كانت ذات أثر فعال في تطوير القدرة اللاكتيكية وهذه إشارة إلى تطور أنزيم (LDH) في حين أشارت دراسة (ثورستنسون) وآخرون (1985م) إلى زيادة مستوى (CPK) في الدم بنسبة (36)% عند الركض الأقصى لمدة خمس ثواني على السير المتحرك.