الانزيمات Enzymes

أ.د غصون فاضل هادي

اقسام او انواع الأنزيمات:

تتفق جميع المصادر على تقسيم الأنزيمات استنادا الى طبيعة التحليلات التي تساعد على انجازها اي تبعا لنوع التفاعل (كعوامل مساعدة) الى ستة اقسام ثم تقسم الى (٣٢) قسم او مجموعة اخرى حسب نوع الرابطة التي تعمل على كسرها او تكوينها او حسب المجموعة المتفاعلة والعامل المساعد (الأنزيم) وهذة الأقسام او الأنواع هي:

١-الأنزيمات المحللة (انزيمات التحلل المائي):Hydrolases

وتكمن اهمية هذة الأنزيمات في تفاعلات الجسم للأيعازات العصبية التي تساعد في استخدام وتحليل المواد الغذائية ويمكن ان ينظر لها بأنها انزيمات عكسية في تفاعلاتها اي يمكن للأنزيم ان يبسط المواد المعقدة في وجود الماء وتحويل المواد البسيطة الناتجة الى معقدة مرة أخرى بامتصاص الماء والمثال الأتي يوضح ذلك:

سكر المالتوز ~~سكر الكلوكوز~~

دهن ~~أحماض~~ دهنية + كلسرين

٢-الأنزيمات المؤكسدة (انزيمات الأكسدة والأختزال):Oxidoreductases

تسمى في مصادر اخرى (الهدمة) نظرا لأنها باتجاه واحد وهو هدم المواد المعقدة الة بسيطة ولأيمكن اعادتها الى معقدةة مرة اخرى ووظيفتها تكمن في انتاج الطاقة لغرض التقلص العضلي وكل الوظائف الفسلجية تعتمد على هذه الأنزيمات على ان التفاعلات الأكسدة والأختزال تساعد على نقل او أضافة ذرات الهيدروجين ومن أمثلة ذلك (أنزيم اللأكتيك دهايدروجينيز)

٣-الأنزيمات الناقلة:Transferases

وهي الأنزيمات التي تقوم بدور العامل المساعد في نقل مجموعة كيميائية لأتوجد في الصورة الحرة من مركب الى اخر (كانزيم الكرياتين فوسفوريك ترامسفريز) الذي يعمل بشكل مهم بالعضلة وذلك بتحويل (ADP) الى (ATP) بعد نقل الفسفور الى ثنائي فوسفات الأدينسن بتكوين ثلاثي فوسفات الأدينسن

٤-الأنزيمات المحولة:Layases

وهي الأنزيمات المساعدة التي تقوم باعادة الترتيب الداخلي للمركبات وفق للحاجة وكما يحصل مثلا في حالة (التحلل الأهوائي للكاربوهيدرات الى حامض البنيك)

٥-الأنزيمات الرابطة:Ligases

وهي تلك الأنزيمات التي تقوم بدور التخليق اي ارتباط جزئين منفصلين تماما كما يحدث لمركب(Acoa) الذي يتكون من (انزيم الأستيل كولن) بمساعدة انزيم(a) وهو مركب مهم للايض الغذائي

٦-انزيم التحويل التناظري:Isomerases

وهي تلك الأنزيمات التي تقوم بتحويل المركبات نفسها الى نظائر مختلفة الخصائص كما هو الحال في تحويل بعض الأحماض الأمينية للبروتينات.

انزيم CPK فوسفوكايتيز

" انزيم فوسفوكايتيز هو عبارة عن انزيم موجود في العضلات الهيكلية والعضلات الملساء والعضلة القلبية ، وهو من المركبات الكيميائية الغنية بالطاقة واحد الانزيمات الخاصة لاعادة تكوين مصادر الطاقة الاساسية"يعد انزيم الـ CPK من مجموعة الانزيمات الناقلة حيث يقوم بنقل مجموعة الفوسفات الى مجموعة النتروجين المستلمة ويسمى ايضاً انزيم الكرياتين كاينز"

ويعد انزيم (CPK) من الانزيمات الخلوية الذي له انتشار واسع جداً في انسجة الجسم"

"يعد الكرياتين فوسفوكاينيز من المركبات الكيميائية الغنية بالطاقة ، ويوجد في الخلية كوجود (ATP) وعند الانشطار لتحرير كمية كبيرة من الطاقة والتي يعمل في استعادة بناء (ATP) المصدر المباشر للطاقة ، ويتحد مع ثنائي فوسفات الادينوسين (ADP) ضمن نظام يسمى (Atp–cp) نظام انتاج الطاقة للانشطة البدنية اللاوكسجينية ، فهو المسؤول عن توفير الطاقة اللازمة لاعادة بناء (ATP) عن طريق تحلله الى فوسفات (P1) وكرياتين (CR) وطاقة". .

فبوجود العامل المساعد وهو انزيم (CPK) يكون المركب فوسفات الكرياتين جاهزاً لتكوين (ATP) عند الحاجة ، اما في حالة الاستنزاف والذي لا تحتاج الى طاقة فيحدث العكس اذ يتفاعل الكرياتين مع (ATP) ليكون المركب العالي الطاقة فوسفات الكرياتين والذي يخزن في العضلات الى حين الطلب ، وكما مبين في المعادلة التالية

Creatine + ATP $\xleftarrow{\text{CPK}}$ **CP +ADP**

" وقد وجد ثلاثة متناظرات للانزيم CPK ، تتركز بصورة رئيسية في ثلاث مناطق في الجسم ، ففي الدماغ بتركيز المتناظر الانزيمي المسمى انزيم الدماغ (Brain enzyme) ويرمز له بالرمز (CPK–B B) وينشأ اصلاً في الجهاز انزيم العضلات (Muscle enzyme) ويرمز له بـ(CPK–mm) وتكون نسبة وجوده في العضلات ١٠٠ % اما المتناظر الثالث فيكون هجين – أي يتكون من سلسلتين ببتيدية ، احدهما من المتناظر (CPK–MM) والاخرى من المتناظر (CPK– B B) يسمى انزيم القلب (Heart – enzy me) ويرمز له بـ(CPK – MB) ويوجد انزيم CPK بتركيز قليل في مناطق اخرى من الجسم كالمعدة ، الكبد ، الرئتين ، وغدة البنكرياس ، وتكون اعظم فعالية لهذا الانزيم في العضلات الهيكلية المخططة التي تقدر (2500 نت/غم) من الوزن الجاف والدماغ تقدر بـ(٥٥٥ نت/غم) اما في نسيج القلب فبقدر (٤٧٣ نت/غم) فضلاً عن وجود نسبة قليلة كما في الكبد والكلية والرئة والغدد الصماء والمعدة والامعاء والخلايا الحمراء"

ان للانزيم CPK أهمية في تحفيز تفاعلات انتاج الطاقة الضرورية للنشاط الرياضي

(العضلي) لذلك نراه يتركز في العضلات الهيكلية وعضلة القلب التي من الاجزاء المهمة للحركات الرياضية"

" فتزداد انزيم CPK بعد التدريب الرياضي واجراء التمارين الرياضية اذ يصل الى مستوى اعلى من مستواه في الحالة الطبيعية"

انزيم اللاكتيت ديهايدروجين LDH

"يعتبر انزيم LDH من الانزيمات المتماثلة الاصل التي يحتوي على عدد من الوحدات لسلاسل ببتيدية من نوعين او اكثر التي يمكن ان توجد باكثر من شكل جزيئي واحد ، ويوجد انزيم LDH في الانسجة بخمسة اشكال وقد تكون الانزيمات الخمس المتماثلة له الاصل عن

اتحاد نوعين مختلفين من سلاسل متعددة الببتيد ، سلاسل (M) يعود للعضلات Muscles وسلاسل (H) تعود للقلب Heart ، حيث ان الانزيم السائد في العضلات يحتوي اربعة سلاسل متطابقة (M4) ، وان الانزيم السائد في القلب يحتوي على اربعة سلاسل متطابقة (H4) ، اما انزيم LDH في الانسجة الاخرى فانها تكون هجينة وتكون من خليط لسلاسل (M) وسلاسل (H) مثل (MH_3 , M_2H_2 , M3H) .

ان الوحدات الفرعية لانزيم LDH (Mfrom , Hfrom) تكون غير فعالة عندما تكون لوحدها الا انها تصبح فعالة عندما تتحد مع وحدات فرعية اخرى من النوع نفسه او مختلفة لتكوين الانزيم الفعال المحتوي على أربع وحدات فرعية ، تكون جميع احتمالات انجاز الوحدات الفرعية من النوعين H,M واردة بصورة متساوية فينتج عن ذلك خمس متشابهات للانزيم LDH والتي تسمى Isoenzyme وبالرغم من ان متشابهات الانزيم الخمسة تساعد في التفاعل نفسه الا انها تساعد في التفاعل بخصوصية مختلفة . تكون خواص (HM_3 , H_3M , H_2M_2) وسيطة بين خواص H4 وخواص M4 وبهذا يتمكن كل متشابهة للانزيم ان يلعب ادواراً فسيولوجية مختلفة

"ينتمي انزيم LDH الى مجموعة انزيمات ازالة الهيدروجين لذلك يسمى الانزيم المؤكسد لحامض اللاكتيك حيث يحفز هذا الانزيم التفاعل بالاتجاهين الامامي والعكسي وكما في المعادلة الاتية :

$$\textbf{Lactic Acid} + \textbf{NAD}^+ \xleftarrow{\textbf{LDH}} \textbf{Pyruvic} + \textbf{NAD} + \textbf{H}^+$$

ويقع هذا التفاعل ضمن الخطوة الاخيرة لتفاعلات اكسدة السكر وأهمية الانزيم تظهر عند تحفيز التفاعل العكسي فينتج الطاقة بشكل ATP وبدون الحاجة لوجود الاوكسجين اما بالنسبة الى التفاعل الامامي فأنه يزود الخلايا بحامض البايروفيك الذي يستمر عملية اكسدته في تفاعلات حامض الستريك لانتاج الطاقة باستعمال الاوكسجين .

ويساعد نشاط انزيم (LDH) في التمثيل الغذائي لحامض اللاكتيك ولهذا فأن أي زيادة في نشاط هذا الانزيم يصاحبها زيادة في التخلص من اللاكتيك وهناك نوعان من هذا الانزيم لدى الانسان وهما (M–LDH) حيث يقوم انزيم العضلة بتشكيل اللاكتيك من البايروفيك بينما يقوم انزيم القلب (H – LDH) بتنظيم التفاعل العكسي وتشكيل البايروفيك من اللاكتيك وهذا الانزيم ينتشر في العضلات البطيئة ايضاً ويجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار ان نشاط انزيم (LDH) تقل نتيجة زيادة الحمضية" .

ويشير (قاسم) "الى ان التدريب الرياضي يؤدي الى زيادة نشاط الانزيمات المسؤولة عند التمثيل الغذائي لحامض اللاكتيك في العضلات العاملة والاجهزة الوظيفية فالتدريب الرياضي يؤدي الى التخلص من اللاكتيك ، اذ يساعد الجهاز الدوري على التخلص من حامض اللاكتيك بسبب توصيل الدم الى العضلات العاملة من خلال زيادة الدفع القلبي وزيادة الشعيرات الدموية الامر الذي يؤدي الى حمل حامض اللاكتيك الموجود في العضلة اثناء مروره فيها ونقله الى الكبد والقلب والعضلات غير العاملة " .

"وقد اشار كذلك كاظم جبر الى "ان انزيم LDH ، يعتبر المسؤول عن زيادة نشاط تحويل حامض البايروفيك الى حامض اللاكتيك" .

النشاط الرياضي والانزيمات

- إن الانزيمات مهمة في تمثيل الطاقة للجســـم .خلال الجهد العالي الشـــدة ولأتمام تحلل الكلايكوجين لاأوكسجينياً يعمل انزيم LacticDehydroginase LDH(لاكتيك ديهادروجنيز) على تحويل حامض البايروفيك إلى حامض اللبنيك .وحتى في حالة الراحة فإن هذا الانزيم وبسبب نشاطه العالي يحول جزء من حامض البايروفيك إلى حامض اللاكتيك وبكميات قليلة لاتزيد عن ١٠ملغم/١٠٠مللر من الدم .

- انزيم اللايبزLipase يقوم يتحليل الدهون إلى ثلاثي الجلسيرين واحماض دهنية لأستخدامها في الطاقة في النشاطات التي تستغرق فترة طويلة .

- كما تسبب بعض الانزيماتLipoprotein Lipase في الخلايا جلب الاحماض الدهنية إلى الخلايا العضلية لغرض أستهلاكها كطاقة .

- ان العضلات تحوي على انزيمات تستطيع إزالة النتروجين من بروتين العضلة (الأحماض الامينية) وبهذا تستطيع العضلة أستخدام بروتينها كمصدر للطاقة .وان مستوى الانزيمات يساعد على التسريع في أستخدام البروتين كطاقة حيث يتمكن المركب غير النتروجيني الدخول في دورة كريبس لإنتاج الطاقة .

- ان زيادة الحامضية أو القاعدية يحدد من قدرة الانزيم على العمل وقد تتوقف قدرة الانزيم على العمل في الجو الحامضي (عند تراكم حامض اللبنيك في العضلة عند الجهد الشديد خلال فترة قصيرة) مما يسبب توقف تحرير الطاقة بسبب إيقاف عملية تحلل الكلايكوجين الذي يحلله انزيم (PEK) حيث يتوقف عن العمل أيضا.

- يؤدي التدريب الرياضي الذي يركز على الجانب الهوائي اساسا الى زيادة قدرة الانزيمات الهوائية ، ويؤدي التدريب الذي يرتكز على الجانب اللاهوائي اساسا الى زيادة قدرة الانزيمات اللاهوائية ، وفي

كل عملية تكيف ناتجة عن التدريب لا يقتصر الامر على حدوث تحسن في نشاط الانزيم في الجسم بصفة عامة وانما يحدث ايضا تحسن موضعي اي في نشاط الانزيم بالعضلات العاملة.

- نقلا عن علاوي وكسرى (١٩٩٨) ان الناحية الوظيفية البيوكيميائية للسرعة فتتطور بشكل بطئ حيث ان تدريب السرعة يهدف الى تنمية نظام الطاقة الفوسفاجيني (ATP–CP) والقوة العضلية ، وهذا يتم من خلال زياده مخزون العضلات من (ATP–CP) وزيادة نشاط الانزيمات التي تعمل على تحرير الطاقة مثل ATPase وكرياتين فسفو كاينيز (cpk) فضلا عن تكوين نوع من التكيفات وتجنيد اكبر عدد من الالياف العضلية الهيكلية ، وخاصة الالياف العضلية السريعة (FT) ونقلا عن ماجلثو (١٩٨٢) ان اداء التكرارات لمسافات قصيرة وبسرعة قصوى يزيد من نشاط الانزيمات والتي تعمل على تحرير الطاقة .

- من الصعب تحديد قدرة الالياف العضلية على اكسدة الكربوهيدرات والدهون ، واوضحت العديد من الدراسات العلاقة بين قدرة العضلات على اداء تمرينات هوائية لفترة طويلة ونشاط الانزيمات المؤكسدة الخاصة بها ولان العديد من الانزيمات تكون ضرورية للأكسدة فان النشاط الانزيمي للألياف العضلية تصبح منطقية عن الامكانية المؤكسدة وتشمل هذه التي تم فقياسها بصفة مستمرة نازعة الهيدروجين (SDH) وتركيبات السترات (CS) وانزيمات الميتوكندريا الموجودة في دورة كربس للطاقة.
- يحدد نوع الالياف العضلات الى حد ما كفاءتها على الاكسدة فان الالياف العضلية البطيئه الانقباض (ST) بها كفاءة اكبر للنشاط الهوائي اكثر من الالياف العضلية سريعة الانقباض (FT) وذلك لان ال(ST) بها قدر كبير من الميتوكندريا ، وتركيز اعلى للانزيمات المؤكسدة وتكون الياف العضلة السريعة الانقباض FT اكثر ملائمة لانتاج الطاقة من تحلل الجلكوز ومن ثم فكلما ازدادت الياف العضلة بطيئه الانقباض في عضلاتك ازدادت كفاءة الاكسدة بها .
- فعلى سبيل المثال فلقد سجل عدائوا المسافات القصيرة انهم يمتلكون قدرا كبيرا من الالياف العضلية سريعة الانقباض وقدر كبير من الميتوكندريا وانشطة اعلى للانزيمات المؤكسدة في العضلات اكثر

من الافراد غير المدربين تدريبات التحمل الى زيادة كفاءة الاكسدة لجميع الالياف وبصفة خاصة الالياف العضلية بطيئة الانقباض .

- تعتمد كفاءة الاكسدة للعضلات على مستويات انزيماتها المؤكسدة وانواع اليافها وتوافر الاوكسجين .
- ان نشاط الانزيمات يؤدي الى زيادة معدل الطاقة المتحررة ، وكذلك زيادة معدل استعادة تكوينها

وفيما يلي دراسات حول انزيم (cpk) الذي يساعد الذي يساعد على انشطار مركب (cp) لاعادة تكوين (atp) ...

تشير العدير من الدراسات الى حدوث زيادة في انزيم الفسفوكينيز مع التمرين الرياضي منه دراسة ويلكرسون _ وايفونوك (١٩٨١) ودراسه ثورستنسون واخرون (١٩٨٥) التي اظهرت نتائجها زياده مستوى (cpk) في الدم بنسبه ٣٦%عند الركض الاقصى لمدة خمس ثوان على السير المتحرك اما دراسة ايركسون وفوربرج ١٩٨٣ فقد اظهرت نتائجها زيادة بلغت (٤٠)% مع التدريبات التحمل ، ودراسه كوستيل واخرون (١٩٨٣)التي اشارت دراستها الى عدم حدوث تغير في (cpk) مع المجهود الاقصى لمدة ست ثواني وكانت الزياده مع المجهود لمده ٣٠ ثانيه بنسبه (١٥%)كما اجرى بيليز واخرون ١٩٨٨ دراسه اظهرت نتائجها زيادة داله في (cpk) بعد اداء المجهود على الارجوميتر في جميع العينات التي سحبت بعد الاداء بثلاث دقائق ثم بعد (٢٤،٦،٢) ساعة وكما اظهرت النتائج دراسه كيرني وهارا لامبي ١٩٨٣ زيادة انزيم كرياتين فوسفوكينيز بعد المجهود حتى (٢٤) ساعه من نهاية الاداء حيث كانت لصالح الشده ٨٠%vo2max بالشدة ٥٠%لمدة٦٠ثانيا تؤكد الدراسات على ان شده التمرين البدني المستخدم تلعب دور كبير في معدلات الزيادة في مستوى انزيم (cpk)، وفي دراسة محمد (٢٠٠١) يؤكد على ان التدريبات القصيره الزمن والعالية الشدة كانت ذات اثر فعال في تطوير القدرة اللاكتيكيه والتي تعمل على تحسين عمل الانزيمات الفوسفاجينية من خلال الجهد البدني العالي الشدة والذي يستمر اداؤها ما بين (٥-١٠) ثانية اذ يزيد من نشاط هذه الانزيمات ومن اكثر هذه الانزيمات انزيم (atp ase) وكرياتين فوسفوكاينيز (cpk) ونقلا عن ولمور ١٩٩٤ ان نشاط هذه الانزيمات يزداد بنسبه (١٠-٢٥)%

الخواص العامة للانزيمات (الخلاصة)

- لا تتغير الانزيمات نقطة التعادل في التفاعلات التي تساعد فيها .
- لا تتغير او تستهلك الانزيمات خلال التفاعلات المختلفة
- جميع الانزيكات المعروفه عبارة عن مواد بروتينية تؤدي ايضا الى فقدان الانزيم لفعاليته البنفسجية او التعرض لاي مادة تؤدي الى تغير طبيعة البروتين وتؤدي الى تحطيم فاعلية الانزيم .
- يتراوح الوزن الجزيئي للانزيمات بين (١٢٠٠٠الى مليون مرة او اكثر)
- تتكون بعض الانزيمات من سلسلة واحدة او اكثر من البيبتيدات المتعددة ، ولكن بعض الانزيمات تحوي على مركب كيمياوي اخر تحتاجه في فاعليتها يسمى عامل مرافق.

تختلف الانزيمات عن العوامل المساعدة الاعضوية بما يلي ...

- تتكون جميعها من البروتينات وتتميز بوزن جزئي كبير .
- تكون اكثر حساسية وغير ثابتة كبقية البروتينات .
- تعمل بنطاق معين من الحرارة والph اذ انها تتلف في الحوامض والقواعد الحرارة العاليه .
- تفقد صفتها الفردية بمرور الزمن وتصبح غير فاعلة وكذلك اثناء التفاعلات الحياتية وعليه يجب ان تخلق باستمرار
- تكون الانزيمات على الاغلب غير فاعلة بدون مساعدات انزيمية .
- تزيد من سرعة التفاعل ولكنها لا تؤثر على حالة الاتزان .
- تعمل الانزيمات على تقليل الطاقة الحرة التابعة للتفاعلات التي تحفزها .
- تتفاوت قابلية خصوصية المادة الاساس من انزيم لاخر وهنالك عدة انزيمات تتفاعل بصورة خاصة مع مادة اساس واحدة .
- بعض الانزيمات توجد في عدة اشكال معينة ولها عدة وظائف .
- عمل الانزيم يشمل تكوين مركب وسطي (انزيم –مادة اساس)