أيض الدهون LIPIDS METABOLISM

الدهون Lipids:

الدهون هي استرات لبعض الأحماض الدهنية مع الكليسرين وتعرف باسم الكليسريدات (Glycerides). هذه الأحماض قد تكون مشبعة أو غير مشبعة، ويغلب أن تتكون الدهون التي نأكلها من سلاسل من الكاربون تحتوي على 4 ذرات منها أو على 20 ذرة على الأكثر. وعادة ما تكون الكليسريدات الناتجة من اتحاد أحماض دهنية غير مشبعة أو بها عدد قليل من ذرات الكاربون على هيئة زيوت في درجات الحرارة العالية. وبصفة عامة يغلب أن تكون الدهون الحيوانية مشبعة لذلك فهي أصعب في الهضم من الزيوت النباتية.

خصائص الدهون: Lipid Properties

لا تذوب الدهون في الماء، ولكنها تنتشر في بروتوبلازم الخلايا على هيئة قطرات صغيرة جدا، وقد يذوب بعضها في سوائل الخلية عند اتحاده بجزيئات أخرى تربطها بالماء. والدهون تحمل كذلك بعض الفيتامينات التي تذوب فيها. وهي تسهل امتصاصها في الجسم. وتعتبر الدهون مصدراً هاماً من مصادر الطاقة في الجسم أكثر من الكربوهيدرات و والبروتينات، فالغرام الواحد منها يعطي عند احتراقه 9 سعرات في حين أن الغرام الواحد من الكربوهيدرات يعطي 4 سعرات والبروتينات تعطي 5 سعرات، ولكن الكربوهيدرات أسهل منها في الاحتراق. نظرا لكثافة الطاقة في الجزيء الدهني فهو أول ما يختزنه الجسم من الطعام لاستخدامه وقت الجوع أو الصيام.

البروتينات الدهنية Lipoproteins:

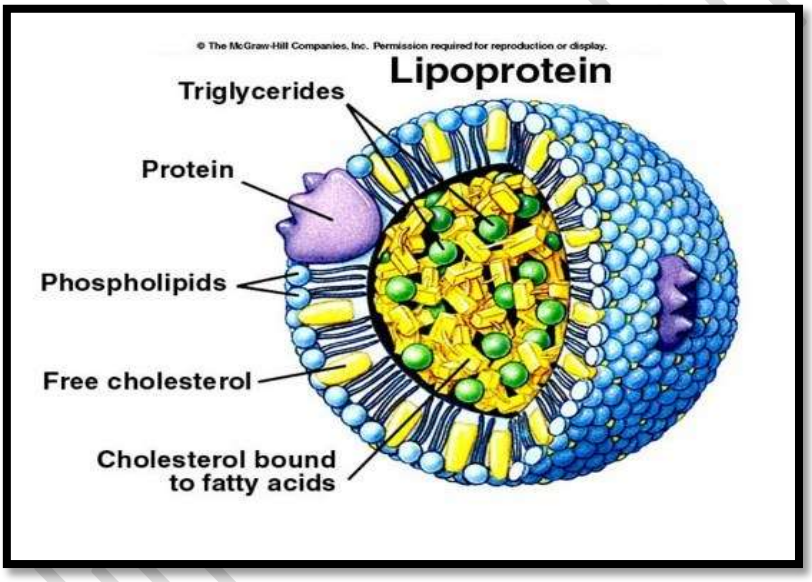
تنتقل الدهون داخل الجسم بعد ارتباطها بجزيئة بروتين وتسمى البروتينات الدهنية (Lipoprotein) فتصبح الدهون ذائبة حيث يمكن نقلها بواسطة بلازما الدم من وإلى الأنسجة وقد صنفت حسب كثافتها إلى الأصناف التالية:

1. الكايلومايكرون Chylomicrons (CM)
2. البروتينات الدهنية ذات الكثافة القليلة جداً Very Low Density Lipoprotein (VLDL)

3. البروتينات الدهنية ذات الكثافة القليلة Low Density Lipoprotein (LDL)
4. البروتينات الدهنية ذات الكثافة العالية High Density Lipoprotein (HDL)

مكونات البروتينات الدهنية Lipoprotein Components:

1. الكوليسترول الحر والمؤستر
2. الدهون الفسفورية
3. البروتين
4. الكليسريدات الثلاثية (TG)



شكل (1): جزيئة اللايبوبروتين

وظائف البروتينات الدهنية:

1. تقوم VLDL & LDL بنقل الدهون المتعادلة (الكليسريدات الثلاثية) المتكونة في الكبد إلى الخلايا لهذا تعتبر من الكولسترول الرديء (Bad cholesterol).
2. يقوم HDL بنقل الكولسترول من الخلايا إلى الكبد ويسمى بالكولسترول الجيد (Good cholesterol).

المعادلة العامة لحساب الدهون الكلية في الدم:

Total Cholesterol= HDL+LDL+VLDL , VLDL= TG/5

هضم الدهون Lipid Digestion:

1. **الهضم في الفم:** لا يحدث هضم للدهون في الفم.
2. **الهضم في المعدة:** يتغير الشكل الفسيولوجي للدهون في الطعام حيث يتم تحويل الدهون إلى الحالة السائلة وذلك بواسطة حرارة المعدة وحركتها الانقباضية مكونا ما يسمى بالمحلول المستحلب (Emulsion) وهو محلول كثيف ومتجانس يدعى الكيموس.
3. **الهضم في الاثنى عشري:** يدخل الكيموس إلى الاثني عشري Duodenum فتصب عليه عصارة البنكرياس والصفراء فتحوله من محيطه الحامضي إلى المحيط المتعادل المائل للقاعدية وهذا التعادل مهم لأنزيمات البنكرياس والامعاء لتؤدي وظيفتها بأعلى فعالية، تحتوي الصفراء على احماض الصفراء التي تكون من الكولسترول.
4. **الهضم في البنكرياس:** يفرز البنكرياس العصارة البنكرياسية في (PH=7.5– 8.0) وتحتوي العصارة البنكرياسية على:

أ- **اللايبيزLipase:** الذي يعمل على تحليل الكليسريدات الثلاثية إلى كليسريدات أحادية وثنائية وأحماض دهنية وكليسرول إن الجزء الرئيسي المتكون هو كليسريدات ثنائية وإن أقل من ربع الدهون تتحلل إلى أحماض دهنية وكليسرول.

ب-**كولسترول استريز Cholesterol esterase:** يقوم هذا الانزيم بتحليل آصرة الاستر التي تربط الكولسترول مع الحامض الدهني لتمكن الكولسترول من أن ينفصل بشكل طليق لغرض امتصاصه.

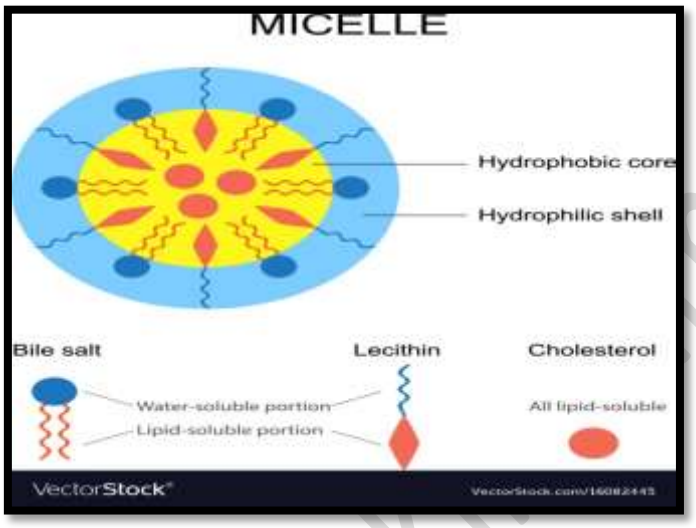
ج- **فوسفولايبيز Phospholipase A_2:** يهاجم هذا الانزيم آصرة الاستر في الموقع (2) من الدهون المفسفرة لتكوين Lisophospholipids.

5. **الهضم في الأمعاء الدقيقة:** تحتوي الأمعاء الدقيقة على انزيم phospholipase الذي يحلل الدهون المفسفرة مثل الليسثين إلى حوامض دهنية وكليسرول وحامض الفسفوريك والقاعدية كولين Choline. تنتهي عملية هضم الدهون بتحويلها إلى حوامض دهنية وكليسرول وأحادي أسيل الكليسرول (كليسريد أحادي).

Dr. Hind Shakir Ahmed

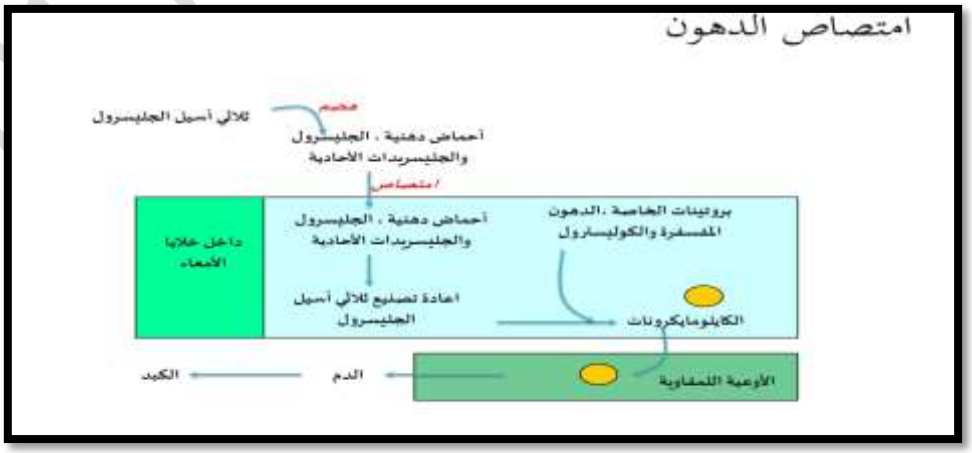
امتصاص الدهون Lipids Absorption:

تنتقل الاحماض الدهنية وأحادي اسيل الكليسرول بواسطة الانتشار البسيط حيث تغادر هذه المواد الطور الدهني المستحلب وتنتشر بشكل مزيج من مذيلات (Micelles) متحدة مع املاح الصفراء والليسثين والكولستيرول الناتجة عن الصفراء.



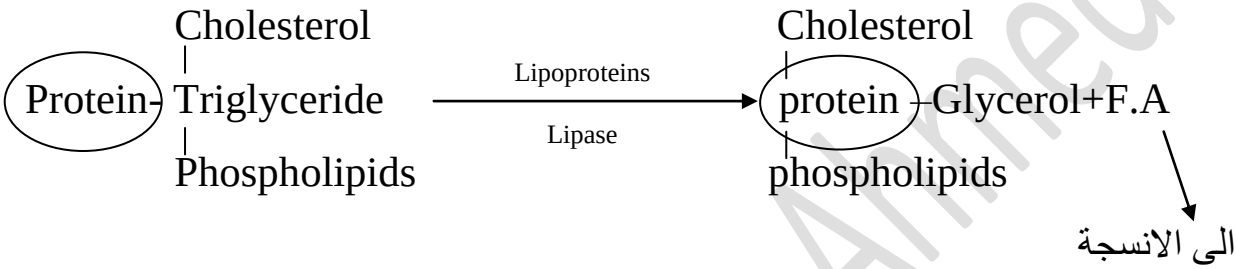
شكل (2): المذيلات Micelles

يمر الكليسرول إلى الوريد البابي الكبدي ويتحول قسم من أحادي اسيل الكليسرول إلى ثلاثي اسيل الكليسرول في الأمعاء الدقيقة وبالتالي ترتبط مع كميات قليلة من البروتين والكوليسترول والدهون الفسفورية لتكوين دقائق صغيرة جداً تسمى الدقائق الكيلوسية Chylomicrons وتعبر هذه الدقائق عبر الاوعية اللمفية الى الجهاز اللمفي ومنها الى الدم وبالتالي الى الانسجة الشحمية لغرض خزن الدهن (الشحم).



شكل (3): عملية امتصاص الدهون

تنتقل معظم دقائق الكيلومايكرون في الظروف الطبيعية من الدم إلى الأنسجة لغرض الخزن، أما في حالات الجوع فتستخدم أولا من قبل العضلات الحمراء في الجهاز الهيكلي وعضلة القلب والكبد للحصول على الطاقة وحيث أن الكليسريدات الثلاثية للدقائق الكيلوسية ينبغي أن تتحلل إلى احماض دهنية قبل أن تستعمل لذلك يوجد في هذه الأنسجة انزيم Lipoprotein lipase (LPL) الذي يحللها إلى كليسرول وأحماض شحمية ويعمل هذا الانزيم كعامل منظم مهم في عملية تحلل الدهون.



تدعى عملية تحلل الدهون بواسطة انزيمات Lipase بالـ (Lipolysis).

أما الأحماض الدهنية التي تحتوي على أكثر من 10 ذرات من الكاربون فإنها تتأستر وتنتقل عن طريق اللمف والأحماض الدهنية التي تحتوي على أقل من 10 ذرات كاربون فتكون بشكل أحماض طليقة غير مؤسترة (Free F.A.) وتنتقل عن طريق الدم إلى الكبد.

مصير ووظائف الدهون Fate & Function of Lipids:

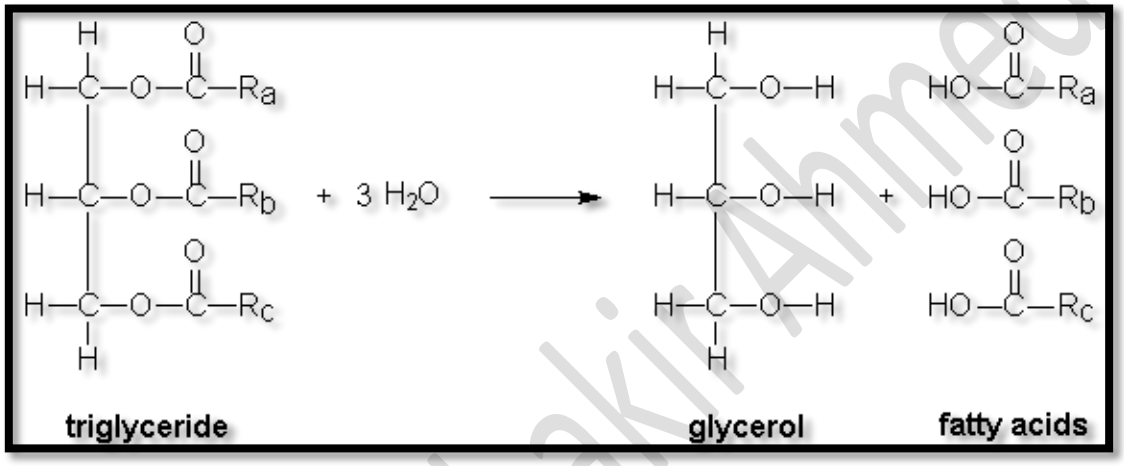
1. يستخدم ثلاثي اسيل الكليسرول والاحماض الدهنية لصناعة البروتينات الدهنية لبلازما الدم والانسجة كالخلايا الدهنية التي تعتبر مصدرا للطاقة.
2. تهدم الدهون فتحول إلى احماض شحمية حرة Free F.A. فتنتقل بواسطة البومين الدم إلى انسجة القلب والعضلات الهيكلية لغرض اكسدتها.
3. تتأكسد بعض الاحماض الدهنية الحرة مباشرة في الكبد بواسطة اكسدة β لإنتاج Acetyl-CoA الذي يدخل المسارات التالية:
   أ- دورة كريبس لتوليد الطاقة.
   ب-توليد الأجسام الكيتونية.
   ج- التحول إلى دهون وستيرويدات.

Dr Hind Shakir Ahmed

4. يعد الكوليسترول والدهون المفسفرة مكونات للأغشية الخلوية.
5. يعد الكوليسترول مادة أولية لتكون الهورمونات السيترويدية مثل الهورمونات الجنسية.

مصير الكليسرول Fate of Glycerol:

ان الخطوة الاولى هي تحلل الدهون ثلاثية الكليسيرايد بواسطة انزيم اللايبيز الى الكليسرول والحامض الشحمي كما في المعادلة التالية:



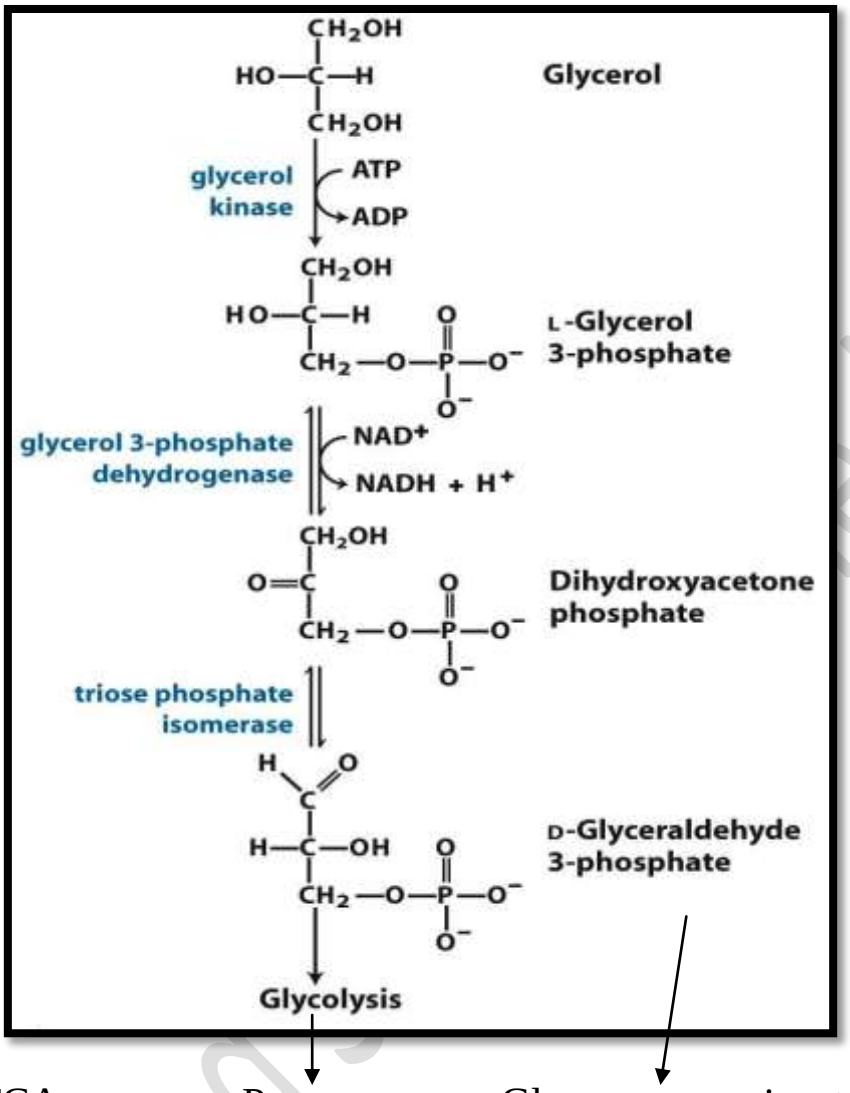
إن الكليسرول الناتج من تحلل الدهن يتفسفر بواسطة ATP وانزيم glycerol kinase الى glycerol-3-P وهذا يتأكسد بمساعدة NAD^+ وانزيم glycerol-3-P-dyhydrogenase إلى Di-hydroxy acetone phosphate (DHAP)

يتحول DHAP إلى Glyceraldehyde-3-P والذي كمادة وسطية في كل من:

1. مسار الكلايكولسز حيث يتحول إلى البايروفيت ويدخل دورة كريبس.
2. مسار الكلوكونيوجنزيز حيث يتحول إلى كلوكوز.

ويتم كلاهما في الكبد الذي يحوي على جميع انزيمات هذين المسارين أما الاحماض الدهنية الناتجة عن تحلل الدهون فإنها تتأكسد بمسار هدمي يسمى بأكسدة بيتا β-Oxidation.

Dr. Hind Shakir Ahmed



شكل (4): مصير الكليسرول

Dr. Hind