

붕어, 비둘기, 흰쥐의 肝臟의 Glutamic Dehydrogenase 및 Glutamic Transaminase의 活性에 관한 比較 研究

金 溶 奎·南 相 烈
(慶熙大·文理大·生物學科)

A Comparative Study on the Activities of Glutamic Dehydrogenase and Glutamic Transaminase in Livers of the Crucian carp, Pigeon, and Rat

Yong Kyu Kim and Sang Yul Nam
(Dept. of Biology, Kyung Hee University)

(1969. 6. 20 접수)

SUMMARY

The present investigation involves a comparative study of enzymatic activities in various animals.

The levels of the liver protein of rat (22.0 ± 0.10 mg/ml) and pigeon (22.0 ± 0.16) are twice as high as that of crucian carp (13.0 ± 0.09) ($p < 0.01$). Generally, the specific activity (3.77 ± 0.17 unit/mg) of rat glutamic pyruvic transaminase (GPT) is highest, pigeon intermediate (1.95 ± 0.01), and crucian carp lowest (0.71 ± 0.07). On the other hand, the specific activity (8.23 ± 0.09 unit/mg) of rat glutamic oxaloacetic transaminase (GOT) is highest, pigeon intermediate (3.95 ± 0.09), and crucian carp lowest (0.92 ± 0.01) ($p < 0.01$). Ratios of GOT activity to GPT activity appear no remarkable difference from the levels of various animals. Specific activity of glutamic dehydrogenase (GDH) in pigeon tissue exceeds those of rat and crucian carp. In liver, rat GOT specific activity is greater than crucian carp and pigeon. On the other hand, pigeon GDH specific activity is greater than those of rat and crucian carp. This would seem to be in accord with protein metabolic intensity. The patterns for GDH isozyme were remarkably appeared in various animals. Glutamic dehydrogenase isozymes gave different electrophoretic mobilities in various animals.

It is interesting that crucian carp, pigeon, and rat would show this difference, which may be indicative of an evolutionary pattern. The fact that livers in various animals show quite different enzyme activities would suggest the existence of such a general phylogenetic relationship.

序 論

代謝活性를 調節하는 數種酵素는 1958年 以來 그 分子的 異種(heterogeneity)으로 因해서 많은 關心을 모으고 있다.

酵素는 모든 生物에 있어서 分子的으로 單一한 것으로 生覺되어 왔으나, 各種分析法, 특히 電氣泳動法の 進

展에 따라 Market and Moller(1959)는 同一한 酵素라 할 지라도 몇개의 電氣泳動像으로 分離됨을 觀察하고 이를 同位酵素(isozyme)라고 命名한바 있다. Kaplan *et al.* (1960)의 報告에 依하면 이와같은 構成像은 動物에 따라 種特異性 및 組織特異의 特性이 있을뿐만 아니라 LDH (lactic dehydrogenase)는 H(心臟筋)型和 M(骨格筋)型을 支配하는 2개의 遺傳因子에 依하여 支配된다고 한다.

따라서 同一한 個體라 할지라도 各 臟器에 特異의 樣相을 나타내고있을뿐 아니라 그 生體의 生理的(Allen, 1961; Rosa and Schapira, 1964) 또는 病的인 狀態에 따라서도 同位酵素의 패턴(pattern)이 달라 진다는 것이다(Cohen *et al.*, 1964). 한편 GDH(glutamic dehydrogenase)에 대해서도 Stachow and Sanwo(1967)는 2개의 遺傳因子가 관여한다고 하였다. 卽 同一한 觸媒作用을 하는 GDH 라 할지라도 NAD(nicotinamide adenine dinucleotide)依存성과 NADP(nicotinamide adenine dinucleotide phosphate)依存性인 兩者는 그 遺傳的 支配를 받고 있다는 것이다. 그러므로 中間代謝에 관여하는 酵素에 種特異性이 있다는 事實은 比較生化學의 重要 興味있는 對象이라 할수있다.

한편 肝組織에서 이루어지고 있는 蛋白質代謝에 있어서 glutamic acid 代謝의 아미노基離脫은 勿論이며 니와 아미노基轉移는 아미노산代謝의 中樞를 이루고 있다. 이러한 理由로 해서 GDH는 生化學分野에 많은 關心을 끌게 하였으며, Wachsmann(1956)은 *Clostridium tetramorphum*에서, Kochakian *et al.*(1959)은 흰쥐와 마우스에서 그리고 Corman *et al.*(1967)은 상어, 닭등의 肝臟에서 動力學的 特性을 研究한바 있으며 이밖에도 GDH에 대한 研究가 많이 報告되어 있다(Olsen and Anfinsen, 1952; Hogeboom and Schneider, 1953; Freiden, 1959; Struck, 1960; Corman and Kaplan, 1967).

Glutamic transaminase는 肝臟의 질환으로 變化가 생겼을 경우 血中 및 組織內 濃도에 異常을 招來한다는 事實이 Wroblewski and Ladue(1956)에 의해서 報告된 것을 비롯하여 그밖에 많은 報告가 있다(Henson and Cleland, 1964; Martinez-Cerrian *et al.*, 1965; Waldman and Borman, 1960). 特別 魚類, 鳥類, 哺乳類에서 그 代謝最終產物이 各各 알도니아, 尿酸 및 尿素로서 그 代謝最終產物이 差異가 있음이 뚜렷하게 나타나 있다.

따라서 아미노산代謝의 中樞의 位置를 占有하는 glutamic acid 代謝가 이와같은 動物의 代謝最終產物差異와 有關한 것으로 想定하고 이의 差異를 glutamic acid의 種特異性에서 究明하며 아울러 그 代謝에 직접관여하는 上記 GDH 및 glutamic transaminase를 擇하여 그 肝組織活性的 差異와 또한 近年 흥미의 對象이 되어있는 比較生化學의 資料를 얻고자 本 實驗을 이룩하였다.

材料 및 方法

成體인 雄性的 붕어, 비둘기 및 흰쥐를 각 각 6마리씩 實驗室에서 5일간 實驗室環境에 適應시킨후 實驗材料로 使用하였다.

肝組織 均質溶液 調製方法에 있어서 實驗실 환경에 適應시킨 各 動物을 一時에 頭部를 切取한 後에 부착되어 있는 組織液 및 血液을 5°C 以下로 冷却된 再蒸留水로 洗滌하여 肝重量을 秤量하였다.

冷凍室(1°C~3°C)內에서 0.25M 蔗糖으로 20W/V% 肝組織均質溶液을 다음과 같은 方法으로 調製하였다. 卽 一定한 重量을 切取한 組織을 切片하여 硝子製 호모제 나이지(Fisher製)로서 完全히 磨碎하고 適當量의 蔗糖을 加하여 20%均質溶液을 만들었다. 準備된 肝組織均質溶液中의 組織殘渣와 細胞核分割을 除去키 爲하여 冷凍遠心分離器(Model PR 2, International Equipment Co.)에서 600×g로 10分間 遠心하여 그 上澄液을 分離채취하였다. 이 上澄液中的의 미토콘드리아를 除去키 爲하여 再次 冷凍遠心分離器에서 12,000×g로 30分間 遠心하여 上澄液을 取해서 4°C 冷藏庫에 保管한 다음 GDH의 同位酵素의 活性 그리고 組織蛋白質量과 GOT(glutamic oxaloacetic transaminase) 및 GDT(glutamic pyruvic transaminase)의 活性을 各各 測定하였다.

肝組織蛋白質의 定量法에 있어서 定量은 Lowry *et al.*(1951) 方法으로 光電比色計(Spectronic 20, Bauth Lomb Co.)을 使用하여 750m μ 波長에서 吸光度를 測定하여 比色定量하였다.

GDH 同位酵素(isozyme)의 電氣泳動法에 있어서 Seraphore III (cellulose acetate strip)을 使用하여 電氣泳動하는 신속분리법(van der Helm, 1959)으로 하였다. 約 7.5 cm의 顯微鏡 슬라이드상에 barbital barbituric acid buffer (pH 8.6, 이온強度 0.05)로 充分히 적신 8cm Seraphore III를 泳動장치(Model R-Siries D, Beckman Co.)에 올려놓고 肝組織 均質溶液 8 μ 를 applicator로 濾紙片의 中間에 塗布한 後 1個의 濾紙片에 1.5mA의 電流로 直流電壓調節器(Duostat, Model RD, Beckman Co.)로 調節하였다. 30分間의 電氣泳動 完了後 tetrazolium 鹽의 方法으로 染色하였다. 卽 助酵素인 NAD와 PMS(phenazine methosulfate)의 中間의 水素受容體役割로 無色인 酸化型 NBT(nitroblue tetrazolium)를 靑色인 NBT로 變化시켰다.

染色된 濾紙片을 固定液속에 約 15分間 담근後 顯微鏡用 슬라이드상에 densitometer(analytrol; Beckman Model RB)로서 isozymogram을 그린 다음 planimeter(Gellman Model)로 各 區劃의 面積을 測定하여 百分率로 換算하였다.

GDH 活性的 測定法에 있어서 肝組織의 均質溶液을 波長 340m μ 에서 1分間(10초 간격)의 吸光度의 變化를 光電比色計로 測定하였다.

酵素活性率(turn over number)은 分時當組織 gm 當 形成되는 NADH의 mole로 定義하였으며 計算은 分子吸光係數(molecular extinction coefficient) 6.22×10^3 을 基礎로 하였다.

肝組織均質溶液內의 GOT 와 GPT 活性測定은 Whetzel의 方法(1963)으로 分析하였다. 即 GOT 活性의 測定은 波長 505m μ 에서 光電比色計로 미리 作成한 標準曲線에서 unit/ml 單位로 求하였다. GDT 活性도 同一한 方法으로 測定하였다.

實驗結果

肝組織蛋白質含量에 있어서 數種動物의 肝組織內 蛋白質의 定量成績은 Table 1과 같이 흰쥐, 비둘기는 各各 22.0 ± 0.16 mg/ml 및 22.0 ± 0.10 mg/ml로서 거의 같은 量의 蛋白質로 組成되었으나 鰐어의 肝臟組織蛋白質 含量은 거의 약 60%에 相當하는 13.0 ± 0.09 이었다($p < 0.01$).

肝組織의 GDH 活性은 Table 1에서와 같이 單位容量의 均質溶液中의 活性은 鰐어, 비둘기, 흰쥐에서 各各 25.3 ± 0.21 unit/ml, 77.3 ± 3.32 및 45.3 ± 2.59 였다. 肝組織의 gm 當 活性은 Fig. 1에서 圖示한바와 같이 비둘기 活性이 388.5 ± 16.9 unit/gm로서 가장 높았고 흰쥐 (236.2 ± 17.6), 鰐어 (126.7 ± 10.4)의 順位였다. 即 비둘기와 흰쥐는 鰐어보다 約 3배와 2배로 그 活性이 높았다. 그러나 均質溶液內의 蛋白質 gm 當 相對的인 GDH 比較活性에서는 鰐어와 흰쥐는 各各 19.6 ± 0.16 unit/mg 및 20.5 ± 0.81 로서 거의 비슷하였으나 비둘기에서는 約 1.8배가 높은 35.7 ± 0.76 이었다.

肝臟組織의 GOT 活性의 크기를 各 動物別로 比較하여 보면 Table 2, Fig. 2와 같이 鰐어, 비둘기, 흰쥐와 같은 順位로 漸次 增加하였으며 各 1.2 ± 0.01 unit/ml, 8.3 ± 0.19 및 18.6 ± 0.12 였다. 鰐어의 GOT 活性을 基準으로 볼때 비둘기는 6.9배, 흰쥐는 15.5배로 各各 높았음을 알 수 있었다. 單位組織重量에 對한 活性은 역시 흰쥐가 가장 높은 93.0 ± 0.60 unit/gm였으며 鰐어는 8.9 ± 0.4 로서 가장 낮았다. Table 2에서와 같이 GOT의 組織均質溶液內의 比較活性은 鰐어(0.92 ± 0.06 unit/mg), 비둘기(3.95 ± 0.09), 흰쥐(8.23 ± 0.06)의 順序로 高等한 動物일수록 그 活性度가 높은 것을 알 수 있었다($p < 0.01$).

各種動物間의 肝臟組織均質溶液의 GPT 活性은 Table 3에서와 같이 鰐어(0.9 ± 0.09 unit/ml), 비둘기(4.3 ± 0.03), 그리고 흰쥐(18.3 ± 0.39)와 같은 順位로 活性度가 높았으며 흰쥐와 비둘기의 GPT 活性은 鰐어보다 各各 約 4.5배와 8.5배 높았다. 臟器의 單位重量當 活性은 흰

쥐가 41.5 ± 1.95 unit/gm로서 가장 活性이 높았다. 한편 比較活性도 같은 傾向으로 그 活性度가 높았으나 鰐어를 基準으로 하는 活性程度의 倍率은 비둘기, 흰쥐가 各各 2.7배, 5.3배로서 약간 좁혀지고 있음을 알 수 있다.

Glutamic dehydrogenase에 對한 glutamic transaminase의 比에 있어서는 上記와 같은 成績을 綜合하여 glutamic acid의 代謝에 關여하는 酵素間의 相互關係를 Table 4에서 검토하였다. 即 GDH와 全體의 glutamic transaminase가 glutamic dehydrogenase의 活性度보다 훨씬 높았다. 그 倍率은 各各 107.1 ± 4.3 배, 163.2 ± 5.3 배 및 595.8 ± 11.3 배였다. 魚類인 鰐어와 鳥類인 비둘기에서는 큰 差가 없었으나 哺乳類인 흰쥐에서는 鰐어보다 약 5.6배, 그리고 비둘기보다 約 3.7배 높은 것을 볼때 代謝過程에서 哺乳動物이 他動物보다 glutamic transaminase를 많이 利用하는 것으로 思料된다. 한편 GDH에 對한 GOT와 GPT 活性의 倍率關係를 보면 glutamic transaminase가 역시 高等動物일수록 glutamic dehydrogenase보다 代謝에 많이 利用되는 傾向이 있음을 뚜렷이 나타내고 있다. 鰐어, 비둘기, 그리고 흰쥐에서의 GOT/GDH比는 各各 72.3 ± 2.3 , 109.3 ± 2.1 , 410.5 ± 12.0 이였으며 GPT/GOT比는 34.6 ± 1.0 , 53.6 ± 1.4 및 185.6 ± 15.0 이였다. 두比間의 關係를 보면 動物의 種類에 關係없이 大體로 GOT/GDH比가 約 2배 정도 높은 것을 알 수 있다. 한편 GOT와 GPT의 transaminase間의 關係를 검토하기 위한 GOT/GPT比는 種間에 큰 差없이 거의 0.20이였다. 即 GOT의 活性은 GDT 活性의 약 20%에 해당된다는 事實을 立證하고 있다. 다시 말하면 GPT가 GOT 活性보다 約 5배였다.

各種動物間의 GDH 同位酵素는 Fig. 4와 같이 비둘기에서 中性帶를 中心으로 볼 때 음극에 3개의 區劃, 陽極에 1개의 區劃으로 區分되었다. 그러나 鰐어에서는 區劃의 數가 4個로서 다른 動物과 같았으나 음극에서는 同位酵素가 없었으며 全區劃이 全部 陽極에 몰려 있었다. 또한 흰쥐와 비둘기間에서도 Table 5에서와 같이 各 區劃의 GDH 活性度의 百分率로 보면 흰쥐에서는 음극쪽의 全同位酵素分布의 60%로서 가장 많이 占有하고 있음을 알 수 있었다. 따라서 GDH 同位酵素패턴이 種間에 特異성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

Table 1. Glutamic dehydrogenase (GDH) activity of liver tissue homogenates in crucian carp, pigeon and rat

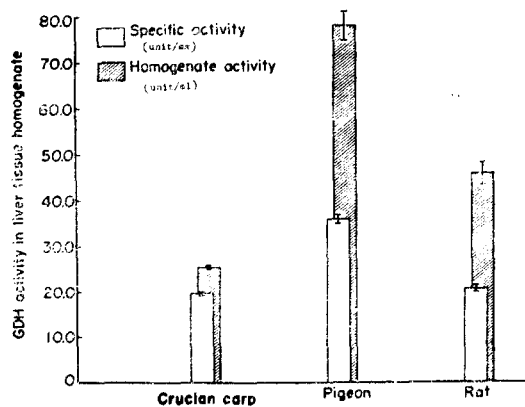
Subject	Item	Protein in liver tissue (mg/ml)	GDH activity in homogenate (unit/ml)	GDH activity in tissue weight (unit/gm)	GDH specific activity (unit/mg)
Crucian carp		13.0±0.09*	25.3±0.21	126.7±10.4	19.6±0.16
Pigeon		22.0±0.10	77.7±3.32	388.5±16.6	35.7±0.76
Rat		22.0±0.16	45.3±2.59	236.2±17.6	20.5±0.81

* Mean±S.E.

Table 2. Glutamic oxaloacetic transaminase (GOT) activity of liver tissue homogenates in crucian carp, pigeon and rat

Subject	Item	Protein in liver tissue (mg/ml)	GOT activity in homogenate (unit/ml)	GOT activity in tissue weight (unit/gm)	GOT specific activity (unit/mg)
Crucian carp		13.0±0.09*	1.2±0.01	8.9±0.48	0.92±0.01
Pigeon		22.0±0.10	8.3±0.19	41.5±0.93	3.85±0.09
Rat		22.0±0.16	18.6±0.12	93.0±0.60	8.23±0.06

*Mean±S.E.

**Fig. 1.** Glutamic dehydrogenase (GDH) activity of liver tissue homogenate in crucian carp, pigeon and rat.**Table 3.** Glutamic pyruvic transaminase (GPT) activity of liver tissue homogenates in crucian carp, pigeon and rat

Subject	Item	Protein in liver tissue (mg/ml)	GPT activity in homogenate (unit/ml)	GPT activity in tissue weight (unit/gm)	GPT specific activity (unit/mg)
Crucian carp		13.0±0.09*	0.9±0.09	4.6±0.48	0.71±0.07
Pigeon		22.0±0.10	4.3±0.03	21.3±0.13	1.93±0.01
Rat		22.0±0.16	8.3±0.39	41.5±1.95	3.77±0.18

* Mean±S.E.

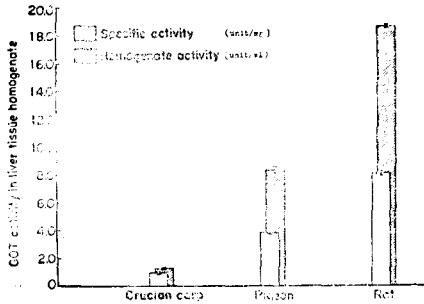


Fig. 2. Glutamic oxaloacetic transaminase (GOT) activity of liver tissue homogenate in crucian carp, pigeon and rat.

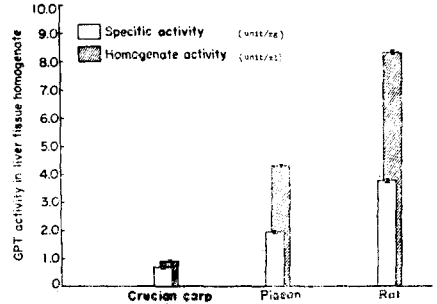


Fig. 3. Glutamic pyruvic transaminase (GPT) activity of liver tissue homogenate in crucian carp, pigeon and rat.

Table 4. Ratio of glutamic oxaloacetic transaminase (GOT) and GPT to glutamic dehydrogenase (GDH) in crucian carp, pigeon and rat

Subject	Item	GOT	GPT	GOT+GPT	GOT
		GDH	GDH	GDH	GPT
Crucian carp		72.3±2.3*	34.6±1.0	107.1±4.3	0.20±0.004
Pigeon		109.3±2.1	53.6±1.4	163.2±5.3	0.20±0.002
Rat		41.0±12.0	185.6±15.0	595.8±11.3	0.22±0.005

* Mean±S.E.

Table 5. Per cent distribution of glutamic dehydrogenase isozymes of liver tissue homogenates in crucian carp, pigeon and rat

Item	Subject	Cathodic isozymes			Anodic isozymes			
		Fast moving	Intermediate	Slow moving	A	B	C	D
Percent of total	Crucian carp	—	—	—	34.4	24.4	25.6	15.6
	Pigeon	17.9	17.9	28.6	35.6	—	—	—
	Rat	60.0	12.5	17.5	10.0	—	—	—

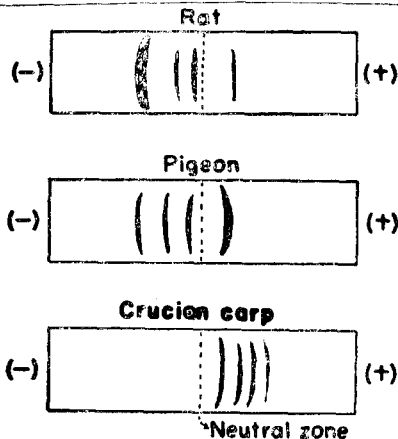


Fig. 4. Glutamic dehydrogenase isozymes of animal tissue homogenate separated by cellulose polyacetate strip electrophoresis.

考 察

同一한 個體의 GOT 와 GPT 濃度의 分布는 組織마다 달라서 心臟에서는 GOT 가 GPT 보다 많고 肝組織에서는 GPT 가 GOT 보다 높다는 事實이 이미 De Ritis et al.(1959)에 의하여 밝혀진바 있다. 따라서 上記의 두 組織에 炎症等의 病理的인 變化가 있을 경우 血液속에 GOT/GPT 比로서 그 증상을 豫測 할 수 있다(Wroblewski and Laduel, 1956). 따라서 本 實驗에서도 GPT 가 GOT 보다 약 5 倍程度 높은 事實을 알게 되었으며 이와 같은 事實은 Wroblewski and Laduel(1956)의 成績과 一致하였으며 鱖, 미꾸라지, 붕어에서는 GOT/ GPT 比는 同一하게 約 0.2로서 差異가 없이 GPT 가 높음을 再確認하였다. 그러나 各種間의 glutamic transaminase (GOT 와 GPT)濃度의 順位를 보면, 鱖>미꾸라지>붕어

와 같은 順으로 轉되는 붕어와 비둘기보다 各各 5.6 倍 및 3.7 倍로 그 活性度가 높았다. glutamic transaminase 는 好氣性代謝에 關여하는 酵素로서 TCA 회로를 높여 주는 役割을 한다. 即 glutamic acid 合成을 增加시켜주므로 TCA 회로를 원활하게 하여준다. 따라서 glutamic transaminase 의 活性이 높다함은 高 energy 磷酸化合物인 ATP 의 生成이 活潑함을 立證하는 것이며 또한 energy 要求量이 높다는 뜻으로 思料된다. 轉위와 같은 哺乳動物에서는 蛋白質代謝最終產物로서 尿素의 形態로 排泄하게 되며 尿素合成時만도 3 個의 ATP 를 消耗하고 있으며, 뿐만 아니라 그 活動도 비둘기, 붕어보다 월등하게 높다.

Glutamic transaminase 는 glutamic acid 의 代謝뿐 아니라 lysine 과 threonine 을 제외한 모든 아미노산 合成, 即 蛋白質 合成에 關여한다(Harper, 1965). 또한 glutamic acid 에서 生成된 α -ketoglutaric acid 는 호박산 및 능금산을 거쳐 포도당합성에 促進的 役割을 하므로서 TCA 회로 即 炭水化合物代謝에서 重要한 位置를 차지하며 이 過程에서 生成되는 초산 CoA 는 間接으로 脂肪代謝에도 關여 한다고 할 수 있다.

이와같은 事實을 綜合해서 볼때 glutamic transaminase 활성은 生體內的 全代謝過程을 높여주는 作用을 한다. 한편 이에 對한 立證으로는 glutamic transaminase 反應界에 助酵素로 要求되는 B₆ (pyridoxal phosphate)의 含量을 볼때 비둘기보다 轉위가 높다는 것은 이미 알려져 있다. 한편 glutamic transaminase 活性이 붕어, 비둘기 및 轉위와 같은 순위라 함은 蛋白質代謝의 效率의 程度가 高等動物일수록 높다는 意味를 내포하는 同時에 進化過程에도 同順임을 알 수 있다(Market and Moller, 1959).

GDH 의 比較活性成績은 비둘기가 가장 높은 35.7 unit/gm 로서 붕어와 轉위보다 약 2 倍 높은 活性을 나타내고 있었다. GDH 는 酸化酵素로서 NAD⁺와 NADP⁺와 같은 助酵素의 觸媒로서 電子傳達을 하여 주므로서 大體로 간단한 方法으로 ATP 를 生成하여 energy 의 要求量을 充足할 수 있다. 따라서 비둘기와 같이 活動성이 크면서도 蛋白質合成過程이 轉위와 비해서 볼때 이와같은 方法으로 ATP 를 얻는 것이 아닌가 思料된다. 한편 glutamic acid 에서 암모니아를 주므로서 α -ketoglutaric acid 를 生成하여 전술한바와 같이 炭水化合物代謝를 促進시켜주므로 TCA 회로에서 더 많은 生物學的 熱量을 얻는 方便함을 추측할 수 있다. GDH 同位酵素의 成績에서는 特別 興味있는 特異성이 뚜렷하게 나타났다. van der Helm(1962)는 사람의 各 組織에서 GDH 同位酵素 패턴 分離에 成功하였으며 大分部의 主要臟器는 5 個의 패턴

으로 分離되었으나 간장에서는 6 개였음을 報告하였다. 그러나 사람과는 달리 本實驗에서 同一한 方法으로 4 個의 패턴이 分離되었다. 特別 溫血動物인 비둘기와 轉위에서는 거의 類似한 位置에 4 個의 패턴이 있으나 冷血動物인 붕어에서는 패턴의 수는 같으나 그 電氣泳動 易動度面에서 볼때 溫血動物의 陽極性 패턴 部位가 4 個로 分離되어 있어서 이에 對한 研究은 앞으로 追試해야 될 것으로 思料된다.

摘 要

붕어, 비둘기, 轉위의 肝組織內的 蛋白質含量과 蛋白質代謝에 關여하는 GDH, GOT 및 GPT 의 活性과 比較 活性, 그리고 GDH 同位酵素를 測定하였다.

1. 蛋白質含量은 轉위, 비둘기가 各各 22.0±0.01mg/ml 및 22.0±0.16 으로서 거의 같은 量의 蛋白質含量으로 組成되었으나 붕어의 肝臟組織內 蛋白質含量은 約 60%에 該當하는 13.0±0.09 이었다(p<0.01).

2. Glutamic transaminase 는 轉위, 비둘기, 붕어의 순위로 그 活性度가 낮았다. 即 GPT 의 比較活性은 各各 3.77±0.18 unit/mg, 1.93±0.01 및 0.71±0.07 이었으며 GOT 는 8.23±0.06 unit/mg, 3.95±0.09 및 0.92±0.01 이었다(p<0.01).

3. GOT/GDT 比는 轉위, 비둘기, 붕어에서 各各 0.20±0.004, 0.22±0.005 및 0.20±0.002 로서 別 차가 없었다.

4. GDH 比較活性은 비둘기가 가장 높은 35.7±0.81 unit/mg 이고 붕어는 9.6±0.16, 轉위는 20.5±0.81 이었다.

5. Glutamic transaminase 와 GDH 比較活性이 動物의 種類에 따라 병행하였으며 特別 進化過程과 一致되는 것으로 思料된다.

6. GDH 同位酵素의 樣相은 種特異성이 뚜렷하였다. 轉위에서는 음극이 遲延性易動度區劃의 活性이 가장 높았으나, 비둘기에서는 陽極性區劃의 活性이 가장 높았다. 特別 魚類에서는 陰極性區劃이 全然 發見되지 않았으나 陽極성에 4 個의 區劃을 볼 수 있었다.

參 考 文 獻

- Allen, J.M., 1961. Multiple forms of LDH in tissue of mouse: Their specificity, cellular localization, and response to altered physiological condition. *Ann. New York Acad. Sci.* 94, 937-948.
- Cohen, L., J. Djordjevich and V. Ornitz, 1964. Serum lactate dehydrogenase isozyme pattern in cardiovas-

- cular and other diseases, with particular reference to acute myocardial infection. *J. Lab. Clin. Med.* **64**, 355-376.
- Corman, L., L.H. Precott, and N.O. Kaplan, 1967a. Purification and kinetic characteristics of dogfish liver glutamate dehydrogenase. *J. Biol. Chem.* **242**, 1283-1390.
- Corman, L. and N.O. Kaplan, 1967b. Kinetic studies of dogfish liver glutamate dehydrogenase with DPN and the effect of added salts. *J. Biol. Chem.* **242**, 2840-2846.
- De Ritis, F., M. Colorti and G. Giusti, 1957. An enzymatic test for the diagnosis of viral hepatitis; the transaminase serum activities. *Clinica. Chimica. Acta.* **2**, 70-75.
- Freiden, C., 1959. The effect of coenzyme of the sedimentation velocity and kinetic behavior; Glutamic dehydrogenase. *J. Biol. Chem.* **234**, 809-814.
- Harper, H.A., 1965. In: Review of physiological chemistry. Tokyo, Japan. Maruzen Co., Ltd. 259-260.
- Henson, C.L. and W.W. Cleland, 1964. Kinetic studies of glutamic oxaloacetic transaminase isozymes. *Biochem.* **3**, 338-345.
- Hogeboom, G.H. and W.C. Schneider, 1953. Intercellular distribution of enzyme: XI. GDH. *J. Biol. Chem.* **204**, 233-239.
- Kaplan, N.O., M.M. Ciotti, M. Hamolsky and R. Bieber, 1960. Molecular heterogeneity and evolution of enzymes. *Science* **131**, 392-397.
- Kochakian, C.D., B.R. Endahl, and G.L. Endahl, 1959. Influence of androgens on the transaminases and GDH of tissues. *Am. J. Physiol.* **197**, 129-134.
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrugh, A.L. Farr and R.J. Randall, 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* **193**, 265-275.
- Market C.L. and F. Moller, 1959. Multiple forms of enzymes; tissue ontogenetic and species specific patterns. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.* **45**, 753-763.
- Martinez-Cerrian, M., F. Riva, C. Jurono and P. Fasella, 1965. Multiple forms of supernatant glutamate aspartate transaminase from pig heart. *Biophys. Res. Comm.* **20**, 206-211.
- Olson, J.A. and B.C. Anfinsen, 1952. The crystallization and characterization of L-glutamic acid dehydrogenase. *J. Biol. Chem.* **197**, 67-79.
- Pergmeyer, H., E. Bernt and B. Hess, 1951. Enzymatic analysis: Section C: Measurement of enzyme activity, glutamic dehydrogenase. Edited by E. Schmit, Academic Press, New York, 752-756.
- Rosa, J. and F. Schapira, 1964. Lactic dehydrogenase isozymes and aging of erythrocytes. *Nature* **204**, 883.
- Stachow, C.S. and B.D. Sanwol, 1967. Regulation, purification, and some properties of the NAD-specific glutamate dehydrogenase of *Neurospora*. *Biochem. Biophys. Acta* **139**, 294-307.
- Struck, N.E., 1960. The substrate specificity of glutamic acid dehydrogenase. *J. Arch. Biochem. Biophys.* **86**, 260-266.
- Van der Helm H.J., 1962. L-glutamate dehydrogenase isozyme. *Nature* **194**, 773.
- Waldman, R.K. and E.K. Borman, 1959. A note on serum transaminase activity of lead absorption. *A. M.A. Archiv. Ind. Health* **19**, 431-433.
- Wachsman, J.T., 1956. The role of alpha-ketoglutarate and mesaconate in glutamate fermentation by *Clostridium tetanomorphum*. *J. Biol. Chem.* **223**, 19-27.
- Whetzel, L.C., 1963. A rapid screening test for the determination of serum glutamic oxaloacetic transaminase. *Amer. J. Clin. Path.* **40**, 345-348.
- Wroblewski F. and J.S. Laduel, 1958. Serum glutamic pyruvic transaminase in cardiac and hepatic disease (22330). *Proc. Soc. Exp. Med. Biol.* **91**, 569-571.