慢性腎不全患者における血漿 ADH 値について

長谷川 弘一 小田 初夫 門 奈 丈之
松下 義樹* 井 上 隆* 森井 浩世**

大阪市立城北市民病院内科 蒼龍会井上病院内科* 大阪市立大学第2内科**
(昭和59年5月15日受付)

key words : ADH, effective Posm, CRF, hemodialysis

〈要旨〉

慢性腎不全患者の視床下部一下垂体後葉系の機能をみるために、健常人10例、食餌療法中の慢性腎不全患者14例、血液透析中の慢性腎不全患者18例の血漿 ADH をラジオイムノアッセイを用いて測定した。ADH 値は慢性腎不全患者の2群では健常人に比して有意に高く、また食餌療法中の患者よりも血液透析中の患者において有意に高値を示した。

食餌療法中の患者においては、血漿 ADH と血清クレアチニン、血漿 ADH と有効血漿浸透圧との間に、有意な正の相関関係をみた。また血漿 ADH と血清 Ca との間にも有意な負の相関関係をみた。

血液透析中の患者においては、血漿 ADH 値は透析後、透析前に比して有意に低下した。透析前後とも、血漿 ADH と有効血漿浸透圧との間には有意な正の相関関係をみた。しかし血漿 ADH と血清 Ca、血漿 ADH と PRA、血漿 ADH と MBP との間には相関はなかった。また血液透析による血漿 ADH の変化と体重の変化についても相関はなかった。

これらの結果よりみて慢性腎不全患者において ADH の分泌は第一義的には有効血漿浸透圧によって調節されているとともに、ADH の不活性化については減少していることが考えられた。

Plasma level of antidiuretic hormone in patients with chronic renal failure

Koichi Hasegawa, M. D., Motoo Oda, M. D., Takeyuki Monna, M. D., Yoshiki Matsushita, M. D.,* Takashi Inoue, M. D.,* Hirotooshi Morii, M. D.**

Department of Internal Medicine, Shirokita Municipal Hospital, Osaka, Inoue Hospital*, The Second Department of Internal Medicine, Osaka City University Medical School**

The plasma level of ADH was measured by radioimmunoassay in 10 control subjects, and in 14 undialyzed and 18 dialyzed patients with chronic renal failure. The level of ADH was significantly higher in patients with chronic renal failure than in control subjects, and significantly higher in dialyzed than in undialyzed patients.

In undialyzed patients, significant positive correlations were observed between plasma ADH and serum creatinine, and between plasma ADH and effective plasma osmolality. A significant negative correlation was also demonstrated between plasma ADH and serum Ca.

In dialyzed patients, plasma ADH levels before hemodialysis were significantly higher than after dialysis. A significant positive correlation was observed between plasma ADH and effective plasma osmolality before and after hemodialysis. There were no correlations between plasma ADH and serum Ca, between plasma ADH and PRA, between plasma ADH and MBP, and between the change in plasma ADH and in body weight before and after hemodialysis.

These findings indicate that the secretion of ADH may be primarily regulated by the effective plasma osmolality, and that the turnover of ADH may be decreased in patients with chronic renal failure.

緒言・目的

慢性腎不全患者においては種々の内分泌機能異常が報告されている¹⁾。視床下部一下垂体系に関する異常につ

いても筆者らはすでに報告した^{2,3)}。体液の恒常性維持に重要な役割をはたしている抗利尿ホルモン (ADH) は血漿浸透圧および循環血流量によって調節されていることが知られており⁴⁾ 慢性腎不全患者では体液量の増加、高血圧、血漿浸透圧の著明な上昇がしばしばみられる。

今回慢性腎不全患者の視床下部一下垂体後葉系の機能をみるために食餌療法中および血液透析中の患者の血漿 ADH を測定し、各種パラメーターとの関連について検討した。

対象・方法

健康人 10 例 (男 5 例, 女 5 例, 年齢 30~50 歳), 食餌療法中の慢性腎不全患者 14 例 (男 7 例, 女 7 例, 年齢 38~65 歳), 血液透析中の慢性腎不全患者 18 例 (男 10 例, 女 8 例, 年齢 30~58 歳, 透析期間 4 年 3 カ月~12 年 5 カ月) を対象とした。対象患者の原疾患は全例慢性糸球体腎炎である。血液透析中の患者においては透析前および透析後に採血を行った。なお採血にあたってはストレス等による ADH の分泌刺激を最少にするために約 30 分間安静臥床させるとともに 12 時間前より喫煙を禁じた。

血漿 ADH は radioimmunoassay により測定した⁵⁾。なお対象とした患者の臨床データを表 1 に示す。

血漿 ADH の radioimmunoassay

抗体の作製は合成 AVP (Sigma, Grade VI) をウシ血清アルブミンにグルタルアルデヒドを用いて結合させ、その conjugate を家兎に注射して行った。抗体は最終希釈倍率 30 万倍で使用している。またオキシトシンとの交叉は 0.5% で測定上有意の影響を及ぼさなかった。

¹²⁵I-AVP の作製についてはクロラミン T 法を用いており、日本アイソトープ協会より入手している。その specific activity は 1,833 mCi/mg であった。

抽出は 3 ml の血漿よりフロリジルおよび酸アセトンを用いて実施した。抽出物は 40°C の N₂ gas により蒸発乾固し、0.5 ml の phosphate buffer (0.01 M, pH 7.2) に溶解した。

0.2 ml の sample と standard (Sigma, Grade VI), 0.05 ml の抗体を 4°C, 24 hr incubation した後に 0.05 ml ¹²⁵I-AVP (約 2,000 cpm) を加えた。さらに 4°C, 48 hr incubation 後、¹²⁵I-AVP に結合した抗体を 1 ml cold 20% polyethylene glycol を用いて分離した。遠心および decantation により沈澱物の radioactivity をシンチレーションカウンターを用いて測定した。抽出 ADH の回収率は 72.8±3.2%, 測定感度は 1.25 pg/ml, intra assay variation C. V. は 11.2~17.5% であった。

結果

1. 健康人, 食餌療法中および血液透析中の患者にお

	Undialysed	Dialysed	
		Pre HD	Post HD
No. of subjects	14 (M7, F7)	18 (M10, F8)	
BUN (mg/dl)	61.3 ± 27.1	82.4 ± 11.9	28.4 ± 8.1
S-creatinine (mg/dl)	5.14 ± 2.97	11.81 ± 2.35	5.41 ± 1.94
Uric acid (mg/dl)	9.16 ± 1.79	7.47 ± 1.75	2.88 ± 0.92
Na (mEq/l)	139.2 ± 4.7	136.7 ± 3.9	136.9 ± 1.9
K (mEq/l)	4.76 ± 0.60	5.42 ± 0.84	3.51 ± 0.34
Cl (mEq/l)	105.7 ± 7.4	100.7 ± 4.2	97.6 ± 1.7
Effective Posm (mos/l)	295.5 ± 8.3	289.9 ± 5.7	276.1 ± 3.8
Body weight (kg)	50.4 ± 10.0	55.5 ± 11.0	51.9 ± 10.7
BP (mmHg)	max. 151.6 ± 26.1 min. 88.6 ± 16.1	123.1 ± 26.5 75.9 ± 16.7	100.4 ± 33.8 63.8 ± 21.8
Ca (mEq/l)	3.81 ± 0.73	4.23 ± 0.33	5.21 ± 0.38
P (mg/dl)	4.72 ± 0.42	6.51 ± 1.27	3.55 ± 0.96
Ht (%)	27.6 ± 5.4	29.0 ± 5.0	35.7 ± 4.5

(mean ± SD)

表 1 Clinical data in patients with chronic renal failure

ける血漿 ADH 濃度 (図 1)

健康人では 4.3±0.4 pg/ml (以下 mean ± SE), 食餌療法中の患者 6.9±0.6 pg/ml, 血液透析中の患者 16.7±2.1 pg/ml であり, 図 1 に示すごとく健康人と食餌療法中および血液透析中の患者の間, 食餌療法中の患者と血液透析中の患者の間に有意の差を認めた。

2. 食餌療法中の患者における血漿 ADH 濃度と有効血漿浸透圧との関係 (図 2)

食餌療法中の患者の有効血漿浸透圧は 295.5±8.3 mOsm/l (mean ± SD) であった。氷点降下法によって測定した血漿浸透圧を BUN のデーターにより補正したものが有効血漿浸透圧である。図 2 に示すごとく x 軸を有効血漿浸透圧, y 軸を ADH として示してみると, 有意な正の相関関係をみた ($r=0.534$, $p<0.05$, $y=0.53x-148.7$)。

3. 食餌療法中の患者における血漿 ADH 濃度と血清クレアチニン, 血清 Ca との関係 (図 3)

食餌療法中の患者の血清クレアチニンは 5.14±2.97 mg/dl, 血清 Ca は 3.81±0.73 mEq/l であった。図 3 左は血漿 ADH と血清クレアチニンとの間の関係を示している。両者の間に有意な正の相関関係をみた ($r=0.708$, $p<0.005$)。図 3 右は血漿 ADH と血清 Ca との間の関係

図1 Plasma ADH levels in healthy subjects, undialysed and dialysed patients with chronic renal failure

図4 Plasma ADH levels before and after hemodialysis

図2 Relationship between plasma ADH and effective Posm in undialysed patients with chronic renal failure

図3 Relationships between plasma ADH and serum creatinine or serum Ca in undialysed patients with chronic renal failure

を示している。両者の間に有意な負の相関関係をみた ($r = -0.717$, $p < 0.005$)。

また食餌療法中の患者における血漿 ADH 濃度と MBP, PRA との間には有意な相関関係を認めることはできなかった。

4. 血液透析中の患者における透析前後の血漿 ADH 濃度 (図4)

血液透析前 16.7 ± 2.1 pg/ml (以下 mean $\pm$ SE) 血液透析後 12.4 ± 1.4 pg/ml, 両者の間に有意な差を認めた ($p < 0.001$)。

5. 血液透析中の患者における透析前後の血漿 ADH 濃度と有効血漿浸透圧との関係 (図5)

有効血漿浸透圧は透析前 289.9 ± 5.7 mOsm/l (以下 mean $\pm$ SD), 透析後 276.1 ± 3.8 mOsm/l であった。図5上は透析前の有効血漿浸透圧と血漿 ADH との関係を示している。両者の間に有意な正の相関関係を認めた ($r = 0.564$, $p < 0.02$, $y = 0.89x - 241.5$)。図5下は透析後の有効血漿浸透圧と血漿 ADH との関係を示している。両者の間に有意な正の相関関係を認めた ($r = 0.507$, $p < 0.05$, $y = 0.81x - 211.8$)。

6. 血液透析中の患者における透析前後の血漿 ADH と血清 Ca との関係 (図6)

図6上は透析前の、図6下は透析後の血漿 ADH と血清 Ca との関係を示している。両者とも有意な関係を認めることはできなかった。

7. 血液透析中の患者における透析前後の血漿 ADH と PRA との関係 (図7)

図7上は透析前の、図7下は透析後の血漿 ADH と PRA との関係を示している。両者とも有意な関係を認めることはできなかった。また血液透析中の患者における

図5 Relationships between plasma ADH and effective Posm before and after hemodialysis

図6 Relationships between plasma ADH and serum Ca before and after hemodialysis

透析前後の血漿 ADH と MBP との間には有意な相関関係を認めることはできなかった。

8. 血液透析中の患者における血漿 ADH の透析による変化と体重、血清 Ca の透析による変化 (図8)

血液透析によって ADH の変化をみた。透析前値の10%の変化を境界として下降群、不変群、上昇群の3群に分類したところ、おのおの13例、2例、3例であった。下降群、不変群の15例について血漿 ADH の透析による変化量と体重、血清 Ca の変化量について検討した。図8上は血漿 ADH の変化量と体重の変化量、図8下は血漿 ADH の変化量と血清 Ca の変化量との関係を示している。両者とも有意な関係を認めることはできなかった。

9. 血液透析中の患者における血漿 ADH の透析による変化と有効血漿浸透圧、体重、PRA、MBP、Ht、血清 Ca の透析による変化 (表2)

血液透析による13例の ADH 下降群および5例の上昇・不変群の透析前の ADH 値、ADH の変化量 (Δ ADH)、有効血漿浸透圧の変化量 (Δ ePosm)、体重減少率 (Δ BW)、PRA の変化量 (Δ PRA)、MBP の変化量 (Δ MBP)、Ht の変化量 (Δ Ht)、Ca の変化量 (Δ Ca) について比較した。表2に示すごとく ADH 下降群は上昇・不変群に比して透析前の ADH 値については高値傾向、 Δ ePosm については有意に高かった。他のパラメーターについては2群の間に有意な差はなかった。

考察

慢性腎不全とくに血液透析中の患者において ADH (AVP) を測定した報告は Shimamoto ら⁸⁾のものが最初であり、血液透析中の慢性腎不全患者の ADH 値は健康人に比して高いこと、血液透析によって有効血漿浸透圧は著明に低下するが、ADH 値は下降せず、透析前後とも ADH と有効血漿浸透圧の間には有意な関係は認められなかった。また浸透圧の変化とともに血液量や血圧の変化をみたところ、浸透圧刺激に対する ADH 分泌不全がかなりの頻度でみられたとしている。Nord⁷⁾らも同様に血漿 ADH 値は血液透析患者では正常コントロールに比して有意に高く、血漿浸透圧とは直線的な相関をみなかったと報告している。

しかし Holkeý ら⁹⁾は25例の血液透析中の患者で検討し、透析前後とも ADH と血漿浸透圧との間に相関を認めたことから腎不全患者でも血漿浸透圧が ADH 分泌調節の主要因子であろうとしている。また健康人に比して血漿浸透圧上昇に対する血漿 ADH 濃度の上昇は低く、この原因として透析患者における細胞外液量の増加が浸透圧刺激による ADH 分泌に抑制的に働いていること、および腎不全にて血漿浸透圧を上昇させている尿素がナトリウムイオンほど有効に浸透圧刺激として働かな

図7 Relationships between plasma ADH and PRA before and after hemodialysis

図8 Relationships between the changes of plasma ADH and of body weight or serum Ca following hemodialysis

	Number of patients	ADH in pre HD (pg/ml)	ΔADH (pg/ml)	ΔePosm (mOsm/kg)	ΔBW (%)	ΔPRA (ng/ml/hr)	ΔMBP (mmHg)	ΔHt (%)	ΔCa (mEq/l)
Fall in ADH	13	18.74±9.24 ●	5.89±3.91 ↓	15.31±4.15 ○	6.52±2.02 ↓	3.99±2.69 ↑	25.8±12.1 ↓	6.63±1.99 ↑	0.91±0.39 ↑
Rise or unchange in ADH	5	11.28±6.31 ●	0.16±1.35 ↑	9.80±6.50 ○	6.84±1.81 ↓	2.62±3.46 ↑	21.6±14.9 ↓	7.00±1.61 ↑	1.14±0.50 ↑

○ $P < 0.05$ ● $0.05 < P < 0.1$

Mean ± SD

表2 Change in ADH, ePosm, BW, PRA, MBP, Ht and Ca following hemodialysis

いことを考えている。また透析前後における体液量の変化と ADH 濃度との間には有意な相関はなかったと述べている。

筆者の成績では血漿浸透圧とは検討していないが、尿素窒素で補正した有効血漿浸透圧と ADH との間に食餌療法中の患者および血液透析中の患者の透析前後とも有意な正の相関関係を認めた。血液透析による ADH 変化量と体重減少率との間には有意な関係は認められず、ADH 下降群と ADH 上昇・不変群との間の体重減少率を比較しても有意な差は認められなかった。透析前後の血漿 ADH と MBP との間にも有意な関係はなかった。また ADH 下降群と ADH 上昇・不変群との間の MBP

の変化を比較しても 2 群の間に有意な差は認められなかった。このことは食餌療法中および血液透析中の患者でも ADH の分泌に有効血漿浸透圧が関与していることを示しており、また血液透析中の患者において循環血液量の変化や血圧の変化が第一義的に関与している可能性は少ないと考えられた。

血漿 ADH と血漿浸透圧との関係における回帰直線について検討してみると、Robertson ら⁵⁾は正常人について $y=0.38(x-280)$ という直線を報告しており、筆者の成績では食餌療法中の患者 $y=0.53x-148.7$ 、血液透析中の患者で透析前 $y=0.89x-241.5$ 、透析後 $y=0.81x-211.8$ であり、慢性腎不全患者の回帰直線は正常人のそれより

も左上方に偏位し、勾配は急峻であった。正常人においては循環血液量の減少や低血圧により osmoreceptor の浸透圧閾値は低下し、回帰直線は左方へ移動し、勾配も急峻になることが報告されている^{9,10}慢性腎不全患者では一般に循環血液量は増加傾向にあり、血圧も高い傾向にあるので回帰直線の左上方への偏位をこれらによって説明することはできず、osmoreceptor の浸透圧閾値や感度に変化がおこっていることが考えられる。

この回帰直線の勾配については筆者の成績は Horký の報告値⁹に対して高く、有効浸透圧の上昇とともに血漿 ADH も高値を示している。この原因は不明であるが、測定法による差があるのかもしれない。

次に浸透圧および体液量以外の ADH 分泌刺激として renin-angiotensin 系が考えられる。ある種の条件下で、angiotensin II が ADH の分泌をもたらしという報告¹¹もあり、腎不全患者において ADH と renin-angiotensin 系との関連について検討した Hammer らの報告¹²では透析患者（無腎患者を含む）に比較的低濃度の angiotensin II を注入したところ血圧の上昇、PRA の低下を示したが ADH 値は増加しなかったという。

筆者の成績でも血液透析患者について透析前後に PRA と血漿 ADH の関係を検討したところ、両者の間に有意の関係をみとめなかった。また ADH 下降群の PRA の変化量と ADH 上昇・不変群のそれとの間に有意な差を認めなかったことも腎不全患者において ADH 分泌に renin-angiotensin 系が直接関与している可能性は少ないと考えられた。

さらに血液透析中の無腎患者において透析中の血漿 ADH の変化が血漿 Ca の変化にのみ有意に相関しているという報告¹³があり、血漿 Ca が ADH 分泌に関与していることが考えられている。筆者の成績では、食餌療法中の患者では ADH と Ca との間に有意な負の相関関係をみたが、血液透析患者では透析前後とも ADH と Ca との間に有意な関係はみられなかった。また透析に伴う ADH の変化と Ca の変化との間にも有意な関係はみられていない。食餌療法中の患者でみられた ADH と Ca の有意な負の相関関係も腎機能低下による Ca の低下と ADH の上昇とも考えられ、直接 ADH の分泌に Ca が関与している可能性は少ないように思えた。

筆者の成績でも、他の報告^{6,7}でも腎不全患者では一般に ADH 値は高値を示している。この高値を示す一因として ADH の不活性化の問題がある。ADH の不活性化は主として肝および腎で行われるとされており¹⁴、Ginsburg ら¹⁵は外因性の vasopressin の代謝について rat を用いて検討しているが、ほとんど腎および肝で分解されると報告しており、筆者の成績でも食餌療法中の患者

で血漿 ADH と血清クレアチニンが有意な正の相関関係を示したことから腎機能低下とともに血清クレアチニンが上昇し、同時に血漿 ADH も腎における不活性化が低下して高値を呈していると考えられる。しかし Maxwell ら¹⁶は、無腎患者において vasopressin を投与したところ、ADH クリアランスは正常人に比べて遅延していないことから、腎以外の場所でなされるにちがいないとしている。

血液透析前後における ADH の有意な減少については、筆者の成績より ADH の分泌に有効血漿浸透圧が関与する可能性が強いことから透析による有効血漿浸透圧の変化がまず第一の原因として考えられる。表 1 に示したごとく有効血漿浸透圧は低下しており、ADH の分泌が透析後減少することが考えられる。血圧および体重すなわち血液量は透析後有意に低下し、透析後の ADH 分泌の低下の原因とはならない。さらに dialyzer よりの ADH の透析による除去について考えてみると、Shimamoto ら¹⁷は 8 例の透析患者の限外濾液中に ADH が血漿中と同程度の濃度に測定されたことから、ADH の分子量から考えて ADH は血中に free な形で存在しており、血漿蛋白や neurophysin と結合している可能性は少ないと報告している。しかし Vaziri ら¹⁸は透析患者において、通常の血液透析での透析器への流入口と流出口の ADH 濃度は一致したことを、hemofiltration による濾液中の ADH 濃度は RIA の感度以下であったことから ADH は透析されないと報告している。しかし Vaziri ら¹⁸の用いている測定法が比較的低感度のためこのような成績の差が生じた可能性が考えられる。

透析後大部分の例で血漿 ADH は低下しているが、上昇した例や不変例もあり、ADH 下降群と ADH 上昇・不変群との間の各種パラメーターを比較してみると、有効血漿浸透圧の変化については 2 群間に差はみられるが、他のパラメーターについては差がなく、これからは有効血漿浸透圧、血圧、血液量の 3 つの因子が相互に関連しているのかもしれない。

今後慢性腎不全患者において osmoreceptor, baroreceptor の機能について深く検討する必要がある。

結論

体液の恒常性維持に重要な役割をはたしている血漿 ADH を食餌療法中および血液透析中の慢性腎不全患者において測定したところ、

1) 血漿 ADH 値は健常人、食餌療法中の患者、血液透析中の患者の順に高くなり、各群の間に有意の差を認めた。

2) 食餌療法中の患者および血液透析中の患者の透析前後において血漿 ADH と有効血漿浸透圧との間に有意

な正の相関関係を認めた。

3) 食餌療法中の患者において血漿 ADH と血清クレアチニンとの間に有意な正の相関関係、血漿 ADH と血清 Ca との間に有意な負の相関関係を認めた。

4) 血液透析中の患者において血漿 ADH は透析前に比して透析後有意に低下した。血漿 ADH と血清 Ca との間には透析前後とも有意な関係はなかった。

5) 食餌療法中および血液透析中の患者の透析前後において血漿 ADH と PRA, MBP との間に有意な関係はなかった。

6) 血液透析中の患者において透析による血漿 ADH の変化と体重、血清 Ca の変化との間には有意な関係はなかった。

7) 透析によって ADH 下降群と ADH 上昇・不変群に分けて各種パラメーターを比較したところ、下降群は上昇・不変群に比して透析前の ADH 値は高値傾向、有効血漿浸透圧の変化については有意に高かった。

以上より慢性腎不全患者においても血漿 ADH の分泌は循環血液量よりも有効血漿浸透圧が関与している可能性が強く、ADH の高値は腎におけるこのホルモンの不活性化障害が関与しているものと考えられた。

本論文の要旨は第 25 回日本腎臓学会総会および第 13 回日本腎臓学会西部々会において発表した。

文献

- Emmanonel, D. S., Lindheimer, M. D. and Katz, A. I. : Pathogenesis of endocrine abnormalities in uremia. *Endocr. Rev.*, 1 : 28-44, 1980.
- Hasegawa, K., Matsushita, Y., Otomo, S., Hamada, N., Nishizawa, Y., Okamoto, T., Morii, H. and Wada, M. : Abnormal response of thyrotrophin and growth hormone to thyrotrophin releasing hormone in chronic renal failure. *Acta Endocrinol.*, 79 : 635-643, 1975.
- Hasegawa, K., Matsushita, Y., Hirai, K., Otomo, S., Okamoto, T., Morii, H. and Wada, M. : Abnormal response of luteinizing hormone, follicle stimulating hormone and testosterone to luteinizing hormone releasing hormone in chronic renal failure. *Acta Endocrinol.*, 87 : 467-475, 1978.
- Robertson, G. L. : Vasopressin in osmotic regulation in man. *Ann. Lev. Med.*, 25 : 315-321, 1974.
- 斉藤寿一：バゾプレシンとオキシトチン. *最新医学*, 30 : 726-730, 1975.
- Shimamoto, K., Watarai, I. and Miyahara, M. : A study of plasma vasopressin in patients undergoing chronic hemodialysis. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 45 : 714-720, 1977.
- Nord, E. and Danovitch, G. M. : Vasopressin response in haemodialysis patients. *Proc. EDTA* 16 : 238-243, 1979.
- Horký, K., Šramková, J., Lachmanová, R., Tomásek, and Dvoráková, J. *Horm. Metab. Res.* 11 : 241-246, 1979.
- Robertson, G. L., Shelton, R. L. and Athar, S. : The osmoregulation of vasopressin. *Kid. Int.*, 10 : 25-37, 1976.
- Dunn, F. L., Brennan, T. J., Nelson, A. E. and Robertson, G. L. : The role of blood osmolality and volume in regulating vasopressin in the rat. *J. Clin. Invest.*, 52 : 3212-3219, 1973.
- Bonjour, J. P. and Malvin, R. L. : Stimulation of ADH release by the renin-angiotensin system. *Am. J. Physiol.*, 218 : 1555-1559, 1970.
- Hammer, M., Olgaard, K. and Madsen, S. : The inability of angiotensin II infusion to raise plasma vasopressin levels in hemodialysis patients. *Acta Endocrinol.*, 95 : 422-426, 1980.
- Pastoriza-Munoz, E., Easterling, R. E. and Maluin, R. L. : The effect of plasma calcium on plasma ADH levels in anephric patients. *Nephron*, 16 : 449-461, 1976.
- Lauson, H. D. : Metabolism of antidiuretic hormones. *Am. J. Med.*, 42 : 713-744, 1967.
- Ginsburg, M. and Heller, H. : The clearance of injected vasopressin from the circulation and its fate in the body. *J. Endocrinol.*, 9 : 274-282, 1953.
- Maxwell, D., McMurray, S., Szwed, J., Shelton, R. and Robertson, G. : The effect of distribution and clearance on plasma vasopressin in man. *Clin. Res.*, 14 : 407A, 1976.
- Shimamoto, K., Ando, T., Nakao, T., Watarai, I. and Miyahara, M. : Permeability of antidiuretic hormone and other hormones through the dialysis membrane in patients undergoing chronic hemodialysis. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 45 : 818-820, 1977.
- Vaziri, N. D., Skowsky, R. and Saiki, J. : Antidiuretic hormone in end-stage renal disease. *J. Dial.*, 4 : 73-81, 1980.