

# 개구리 심전도(EKG) 및 혈액상의 계절에 따른 변화

경북대학교 의과대학 생리학교실

이정무 · 배성호 · 신현찬\* · 채의업

=Abstract=

## Changes of the Electrocardiogram and Blood Picture of Frogs in Four Seasons

Jung Moo Rhee, Sung Ho Bae, Hyun Chan Shin\* and E Up Chae

*Department of Physiology, Kyungpook National University School of Medicine  
Taegu, Korea*

The electrocardiogram of frogs were obtained in winter (January), spring (April), summer (July) and autumn (September and November). Electrocardiograms were recorded applying electrodes to the atria, ventricle and apex of the heart by unipolar or bipolar leads.

V wave was recorded prior to P wave, for the presence of the sinus venosus which controls the automaticity of the frog heart, in four seasons. Regardless of the leads or the position of the electrodes P wave was diphasic and wide. According to the rise of temperature the rate of heart beat was increased, and V-P and P-R interval were shortened. Two regression line between R-R interval and both V-P interval and P-R interval were drawn. These were calculated as V-P interval =  $0.276R - R \text{ interval} + 0.067 \pm 0.15 \text{ (sec.)}$  and P-R interval =  $0.179R - R \text{ interval} + 0.155 \pm 0.1 \text{ (sec.)}$ . From these calculation the larger gradient of V-P interval than P-R interval was suggestive that the heart rate is more dependent on the changes of V-P interval than that of P-R interval.

Changes of the heart rate were also measured in four seasons and artificial temperatures. Two regression lines between the heart rate (H.H.) and both seasonal temperature (T) and artificial temperature, were drawn. These two lines were calculated as  $H.R. = 20 + 3.71(T - 10)$  and  $H.R. = 32 + 1.425 T$  respectively. From two gradients of the above equations it is considered that the changes of the heart rate in artificial temperature were milder than that in seasonal temperature.

The number of RBC and WBC of frogs were measured in four seasons and a tendency of the changes was observed according to the seasonal variation.

### 머 리 말

동면하는 동물은 주로 냉혈동물 중 양서류 및 파충류이지만 온혈동물 중에는 곰, 박쥐 등의 포유류도 포

함되어 있다. 환경온도의 변화에 대한 생체의 적응현상의 하나로써 동면을 들 수 있으며 1969년 Folk<sup>1)</sup>는 포유류의 동면중에 피부혈관의 수축상태가 동면기간 중에 계속됨을 보았다.

Gelineo<sup>2)</sup>에 의하면 생체가 저항할 수 있는 범위는 0°C 약간 이하에서 55°C 사이라 했다. Spector<sup>3)</sup>에 의하면 개구리에 있어서 저온에 대한 내력(耐力)은 -0.5°C 가 생존할 수 있는 최저온도라 하였다.

\* 경북대학교 문리과대학 생물학과

\* Department of Biology, Kyungpook National University College of Liberal Arts and Sciences.

동면 중에 개구리는 외기온도가 영하로 내려가도 땅속에 들어가서 있고 대개 양지에 있기 때문에 위에 말한 최저온도인  $-0.5^{\circ}\text{C}$ 보다 높은 온도 즉,  $2^{\circ}\text{C}$  이상의 땅속 온도에서 월동한다고 추측된다. 포유류는 외부온도에 따라 체온의 조절을 내치 시상하부의 온도조절중추에 의해 체온생산과 체온소실의 평행으로 일정한 항온을 유지할 수 있으나 냉혈동물은 온도조절기능이 미약하며 외기온도에 따라 체온도 유사하게 변한다.

Hegnauer 와 Penrod<sup>4)</sup>는 개를 마취하여 빙수에 담구어 저체온상태를 일으키고 호흡운동, 혈압, 심전도 변화를 관찰했으며 저체온 때에 포유류의 사망은 심근의 빈혈과 심장근의 약화가 사망의 주된 원인임을 알았고 심실의 fibrillation 이 많은 사인의 하나가 됨을 관찰했다. 그러나 병혈동물로서는 체온냉각에서 심장의 정지가 좀처럼 오지 않는다. 그 원인은 아직 불명하나 동면의 생리를 연구하므로써 저체온하에 급격한 사망을 예방할 수 있을 것이 기대된다. 저체온에서 사망을 촉진시키는 것으로는 100% 산소흡입이라고 하였으며<sup>5)</sup> fibrillation 의 기전은 circus theory<sup>6)</sup>에 의하여 설명하면 저체온으로 근육 흥분전도의 지연으로<sup>7)</sup> 불응기가 지난 심장근육이 있으므로 심장근육의 자기흥분이 소실되지 않고 재전도되어 연거푸 심장근육이 수축한다. 이 질서없는 심장근육의 수축이 산소의 공급으로 더욱 악화될 가능성이 있다.

저자는 동면의 생리를 연구하기 위하여 계절 및 인위적인 방법에 대한 체온변화에 따라 개구리의 심전도와 혈액상이 어떻게 변화하는가를 우선 관찰했다. 온도에 대한 심장기능 적응양상을 관찰하기 위하여 심박동수에 따른 심장 수축주기와 흥분전도의 전도시간의 상관관계를 계절별 외부온도의 변화에 대하여 어떻게 변하는가를 관찰했다. 또한 온도와 심박동수의 상관관계를 충분히 적응되었다고 보는 계절별 온도에 따른 심박동수의 변화를 관찰했으며 외기온도  $20^{\circ}\text{C}$ 에 있는 동물을 인위적으로 온수 및 냉수에 넣은 후에 심박동수와 물의 온도의 상관관계를 전자와 비교하여 온도에 따른 심장의 적응현상을 고찰하였으며 결과에 심전도 묘기시의 개구리의 혈액상을 관찰하여 이것을 보고하는 바이다.

### 실험재료 및 방법

체중 12 gm에서 52 gm 사이의 개구리(학명 *Rana nigro maculata*)를 자웅 구별없이 총 70마리를 썼다.

실험시기는 동면중의 1월과 2월, 봄에 동면에서 깨어난 4월, 생활이 활발한 7, 8월 및 9월, 가을에 동면으로 들어가는 11월이었다. 1월중 동면중의 개구리의 지표에서 땅(모래)속 개구리까지의 거리는 약 30 cm 이었으며 땅속의 온도는  $2^{\circ}\text{C}$  전후였다. 개구리 동면장 주위와 땅속 저면은 모두 쥐의 침범을 막기 위해 금망으로 둘러쌌다. 심전도 묘기는 Hewlett Packard (Sanborn)제 심전도계와 Beckman 회사의 R-S Dynograph 를 쓰고 표준지유도, 증대지유도, 단극흉부유도 및 상극흉부유도 등을 기록하였다<sup>8)</sup>. 흉부유도는 사지유도와는 달리 주로 심장을 노출하여 전극을 가늘고 연한 섬유전극을 심장의 표면에 접촉시키고 심박동수의 동요에 따른 기본선(base line)의 동요를 최소한으로 줄였다. 또한 가변시정수(time constant)에서는 이것을 줄여서 호흡운동과 사지운동에 의한 기본선의 동요를 막았다. 또한 60 cycle 의 간섭을 없애기 위하여 개구리 고정판을 절연체로 하고 실험대도 절연체로 하였다.

개구리의 혈구계산은 보통 혈구계산법으로 하였고 혈액색소(Hb)측정은 Sahli 법으로 하고 혈구용량(hematocrit)은 heparinized microcapillary tube 로 하였다. 관찰대상은 계절별로 심전도 묘기에 사용한 동일한 개구리 및 비슷한 시일에 단 개구리에 대하여 혈액상을 관찰했다. 개구리혈액은 심실천자로서 얻었다. 개구리의 인위적 온도변화와 심박동수의 변화를 관찰하기 위하여 가을(9월)에 실온  $20^{\circ}\text{C}$  전후에서 온수 및 냉수 침적용 수조는 직경 25 cm, 높이 50 cm 의 플라스틱수조에 물을 3분의 2를 채워 소정의  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $30^{\circ}\text{C}$  및  $35^{\circ}\text{C}$  하에 각각 개구리를 산체로 담구어 체온이 그 물의 온도와 동일하게 됐다고 간주되는 30분 후에 전자내어 곧 심박동수를 측정하였다.

## 실험성적

### 1. 심 전 도

겨울철(1월 28일)에 동면 중인 개구리를 대기온도  $10^{\circ}\text{C}$ 에서 우심방에 단극유도를 위치시켜서 묘기한 EKG 는 제 1도와 같으며 이때의 심박동수는 21.5/min 이고 이때의 V 파, P 파 및 R 파는 각각 정맥동 심방 및 심실의 탈분극을 나타내고 있다. 제 2도는 다른 개구리를 같은 날 같은 조건으로서 얻은 EKG 이며 이때의 심박동수는 17/min 이다. 제 3도는 동면후인 4월 29일 외기온도  $16^{\circ}\text{C}$  때에 심기저부에서 심첨부방향으로 상극유도로서 묘기한 EKG 이며, 이때의 심박동수

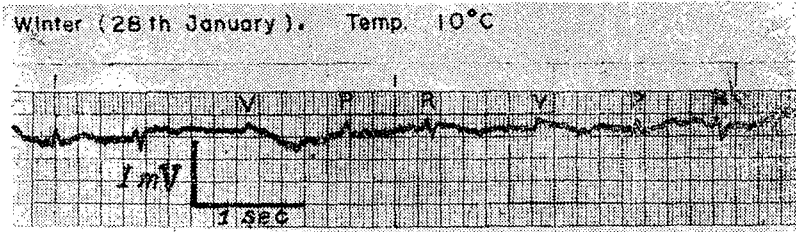


Fig. 1. EKG of a frog in hibernation in an ambient temperature of 10 C in winter(28th January), was recorded in right auricle by the unipolar lead. V, depolarization of the sinus. P, depolarization of auricles. R, depolarization of the ventricle. Heart rate, 21.5/min.

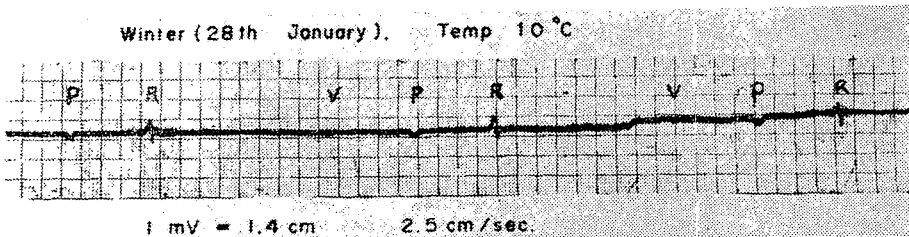


Fig. 2. EKG of a frog at 10 C in winter (28th January), was recorded in right auricle by the unipolar lead. Heart rate, 17/min.

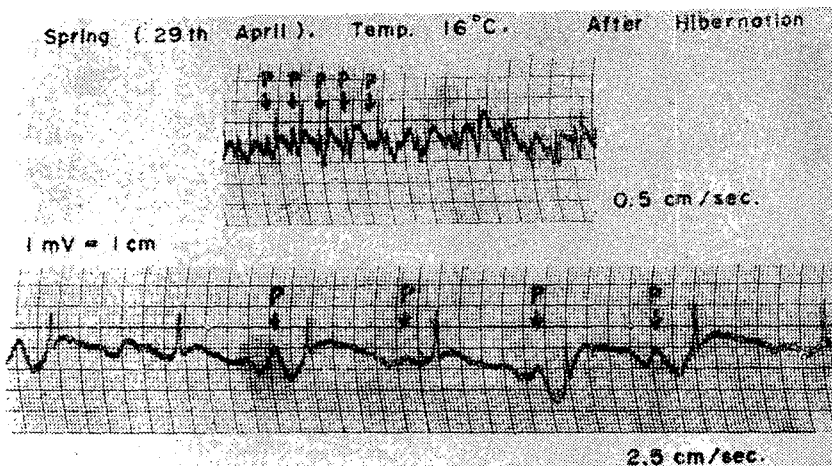


Fig. 3. EKG of a frog after awaking from hibernation at 16C in spring (28th April), was recorded by the bipolar lead from the base to the apex. Heart rate, 49/min.

는 49/min 이며 심박동수가 동면중인 겨울보다 상당한 증가를 보여 준다.

제 4도, 5도 및 6도는 활발한 활동중인 여름(7월 12, 14, 15 및 30일)의 EKG 이다. 제 4도는 심방과 심첨

부에 단극유도로서 묘기한 EKG 이며 제 5도는 좌우 심방 중간 심기저부, 우심방 및 심첨부에 단극유도로서 묘기한 것이며 우심방의 EKG 에서 P파가 현저하게 나타나는 것이 특이하다고 할 수 있다. 제 6도

첫 EKG는 좌우심방 중간 심기저부 및 심실의 오른쪽에서 기록한 단극유도이며 각각 V파와 P파가 뚜렷하다. 제 6도 하단은 상극유도로서 심기저부에서 심첨부 방향으로 묘기한 EKG이며 V파가 T파에 중첩되어 있다. 제 4, 5도 및 6도에서 각각의 심박동수는 67, 79, 88 및 102/min이며 겨울, 봄보다도 훨씬 증가되어 있다.

제 7도는 가을철(9월 26일) 동면전의 것이며 심첨부에서 단극유도로서 묘기한 것이고 심박동수는 67/min이다.

아래 것은 기록지의 나가는 속도를 2배로 증가시켜 기록한 것이며 여기에서 P파가 길고 2상성인 것이 특징적으로 나타난다.

제 8도는 역시 가을철(9월 27일)의 것이며 심첨부와

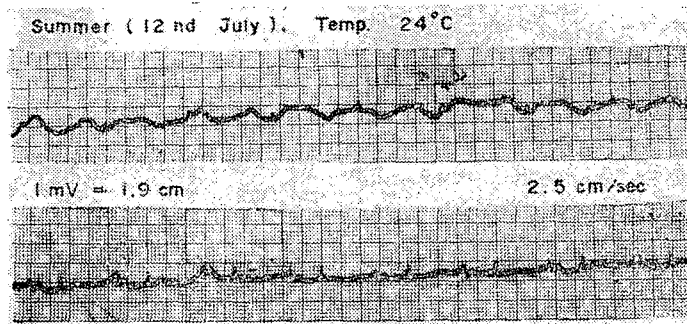


Fig. 4. EKG of a frog at 24 C in summer (12th July), was recorded by the unipolar lead in the auricle (the upper tracing) and in the apex (lower tracing). Heart rate, 67/min.

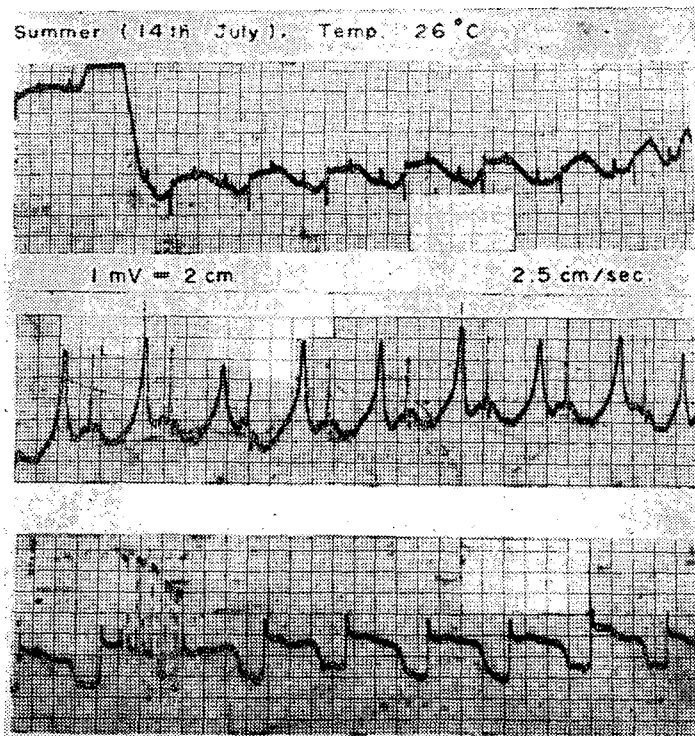


Fig. 5. EKG of a frog at 26 C in summer (14th July), was recorded by the unipolar lead at midauricular basis (the 1st tracing), right auricle (2nd) and the apex(3rd). Heart rate, 79/min.

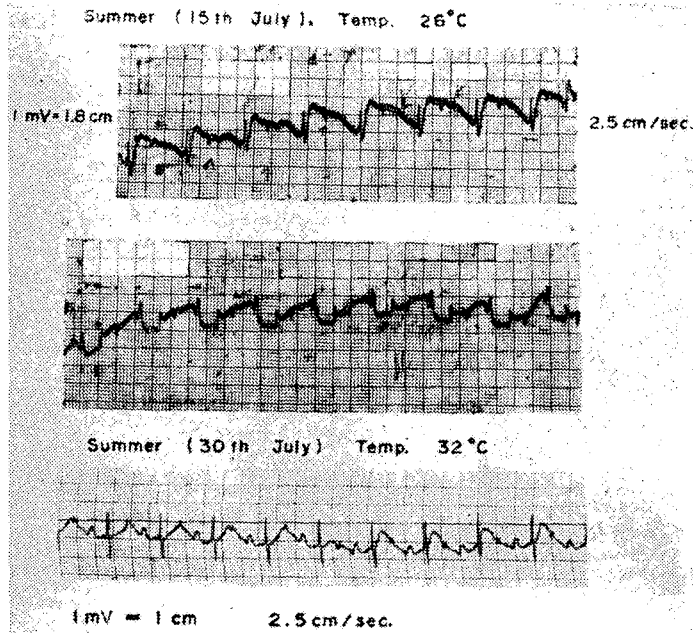


Fig. 6. EKG of two frogs at 26 C (the 1st and 2nd tracing on 15th July) and at 32 C (3rd tracing on 30th July) in summer, of the upper two were recorded by the unipolar lead in midauricular basis and in right wall of the ventricle respectively, and of the other was recorded by the bipolar lead from the basis to the apex. Heart rate, 88/min. in the first frog and 102/min. in another.

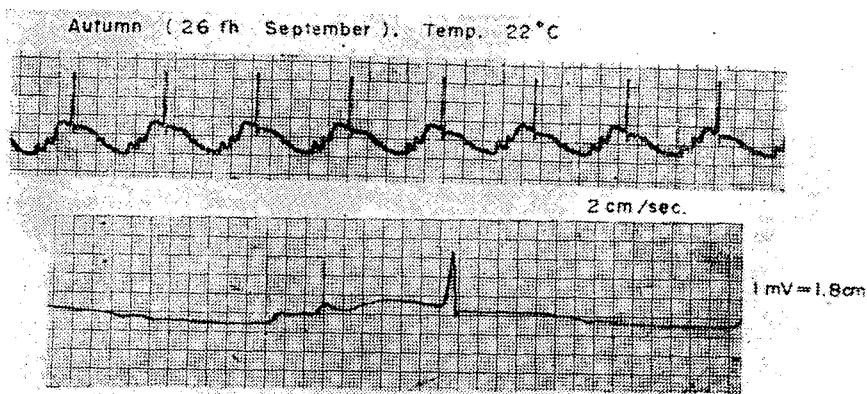


Fig. 7. EKG of a frog at 22 C in autumn (26th September), was recorded by the unipolar lead at the apex. Heart rate, 67/min.

심실의 전벽에 단극유도로서 표기한 것이며 세째 것은 둘째 것을 기록지의 속도를 5배로 증가시켜서 표기한 것이고 여기에서 P파, R파 및 T파가 잘 보인다.

제 9 도는 역시 가을철(11 5일) 동면전에 심기저부

에서 심첨부 방향으로 상극유도로 표기한 EKG이며 심박동수는 28/min이다.

개구리 EKG에서 체중, 외기온도, 심박수, P파폭, QRS 간격, R-R, V-P, P-Q, 및 Q-T 간격을 제 1 표

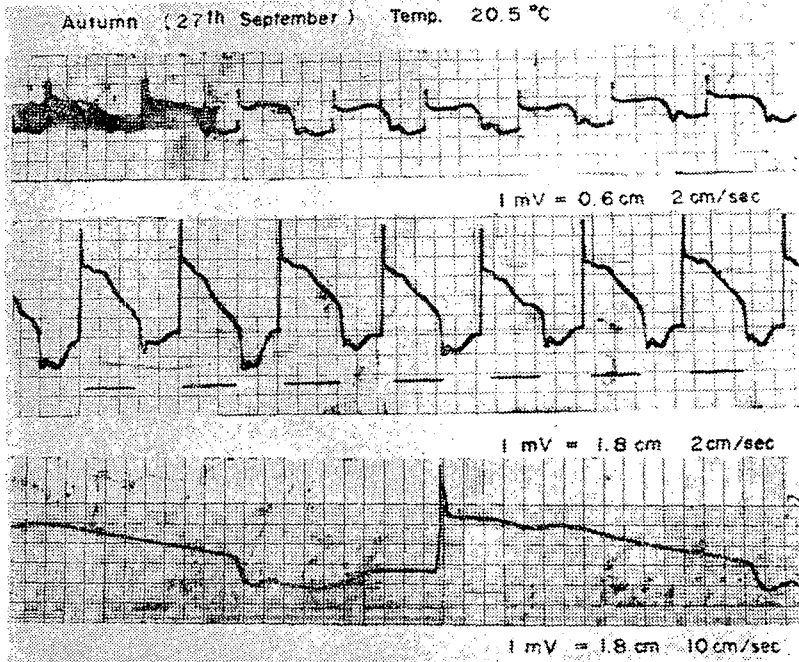


Fig. 8. EKG of a frog at 20.5 C in autumn (27th September), was recorded by the unipolar lead at the apex (the 1st tracing) and anterior wall of the ventricle (2nd tracing). The 3rd tracing is the second in high speed. Dashed lines under the EKG in the 2nd tracing indicate the duration of visible ventricular contraction. Heart rate, 51/min.

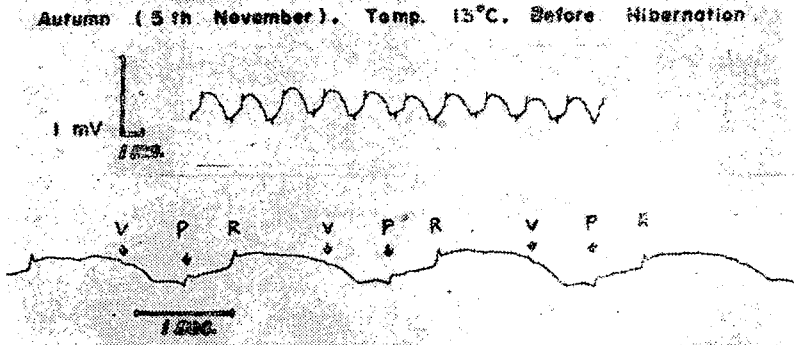


Fig. 9. EKG of a frog before hibernation in an ambient temperature of 13 C in autumn(5th November), was recorded by the bipolar lead from the base to the apex. The 2nd tracing is a record in high speed. Hert rate, 28/min.

에 기재하였다. 이 표에서 온도가 증가함에 따라 심박동수가 증가하며 다시 온도가 내려가면 심박동수는 감소하는 것을 볼 수 있다. 체중과 심박수 차이에는 연관성이 없는 듯하다. 이 표에서 V-P 간격과 P-Q 간격은 온도가 높아져서 심박동수가 증가함에 따라 감소

하는 것을 알 수 있다. 심장주기에 비하여 P 파 폭은 비교적 넓으며 QRS 간격은 비교적 짧다.

### 2. 심박동수

계절(날자)에 따른 평균온도, 평균체중, 평균심박수

Table 1. Electrocardiograms of frogs in four seasons

Month	Date	Temp (°C)	HR (min)	R-R (sec)	V-P (sec)	P-Q (sec)	R dur. (sec)	Q-T (sec)	P dur. (sec)	Body WT. (gm)
January	28②	10	22	2.70	0.84	0.72	0.12	1.32	0.08	32
	28①	10	17	3.44	0.82	0.72	0.21	—	0.12	35
April	29②	16	49	1.24	—	0.40	0.06	—	—	17
	29①	16	48	1.24	0.60	0.32	0.06	—	0.08	25
July	5	22	60	0.90	0.24	0.20	0.04	0.40	—	27
	12	24	70	0.88	0.24	0.32	0.04	—	0.16	23
	14	26	77	0.79	0.27	0.20	0.04	0.52	0.08	41
	16	26	88	0.67	0.18	0.24	0.04	—	0.05	36
	16	26	91	0.64	0.24	0.20	0.06	—	—	45
	30①	32	102	0.58	0.16	0.20	0.06	0.26	0.08	48
	30②	32	103	0.64	0.20	0.22	0.04	0.04	0.06	52
September	11	20	63	0.96	0.28	0.40	0.04	—	—	48
	26	22	67	0.54	0.32	0.32	0.05	—	0.16	14
	27	21	51	0.92	—	0.41	—	0.75	0.15	25
November	5①	13	37	1.68	0.76	0.45	0.08	—	—	40
	5②	13	28	2.12	0.60	0.64	0.06	0.28	0.13	35

○ : Number in the circle is the animal number in the same day

Table 2. Changes of heart rate of frogs in four seasons(total, 21 frogs)

Season	Winter			Spring			Summer										
Month	January			April			July										
Date	28①	28②	—	29①	29②	—	5	12	14	15	16	30①	30②	31①	31②	31③	—
Temp(°C)	10	10	(10.0)	16	16	(16.0)	22	24	26	26	26	32	32	32	32	32	(28.4)
Heart rate(per min)	17	22	(19.5)	48	49	(48.5)	60	70	77	88	91	102	103	102	103	90	(88.6)
Body weight (gm)	35	32	(33.5)	25	17	(21.0)	27	23	41	36	45	48	52	33	31	29	(36.5)

Season	Summer			Autumn						
month	August			September				November		
Date	1⑥	1⑦	—	11	26	27	—	5	5②	—
Temp(°C)	30.5	30.5	(30.5)	20	22	20	(20.8)	13	13	(13.0)
Heart rate(per min.)	96.5	95.5	(96.0)	63.0	67.0	51.0	(63.3)	27.0	28.0	(32.5)
Body weight (gm)	30	28	(29.0)	48	14	25	(29.0)	40	35	(37.5)

○ : Number in the circle is the animal number in the same day

( ) : Average

는 제 2 표와 같으며 평균온도와 평균심박수는 10°C에서 19.5/min, 16°C에서 48.5/min, 28.4°C에서 88.6/min, 30.5°C에서 96/min, 20.8°C에서 63.3/min, 13°C에서 32.5/min를 나타냈으며 4계절과 개구리 심박수의 상관관계를 보면 제10도와 같으며 여기에서 특이한 것은 7월에 급격히 심박수가 증가하기 시작하여 8월에

제일 박동수가 많으며 8월 이후 심박수는 점차 감소하여 1월에 최하로 감소하다가 다시 7월까지 서서히 증가한다.

이상은 계절별 변화에 따른 심박동수 측정이었으며 다음은 인위적으로 체온을 변화시켜서 심박동수의 변화를 측정하여 전자와 비교하였다.

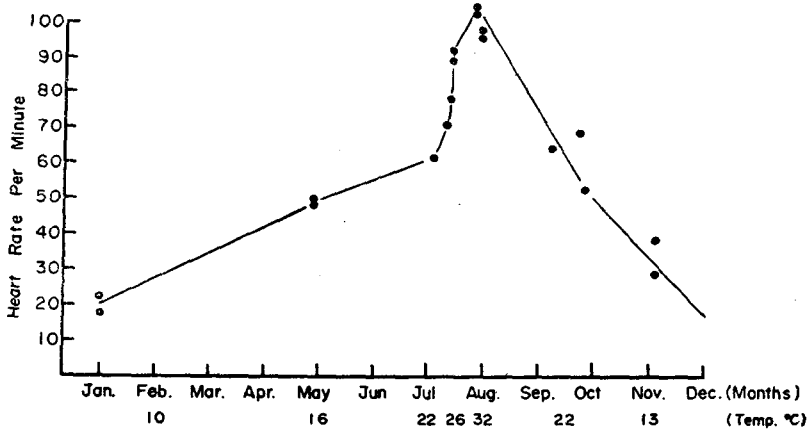


Fig. 10. Changes of the rate of heartbeat of frogs in four seasons.

Table 3. Changes of heart rate of frogs in artificial temperature induced by whole body immersion in cold and warm water

Temperature of water (°C)	5	10	20*	30	35
Heart rate per min M±S.E	32.5±10.2	50.4±9.3	58.5±7.5	72.1±13.8	83.3±17.8
n	10	9	7	10	8

n : Number of frogs.

\*The value at 20°C was obtained in room temperature without immersion.

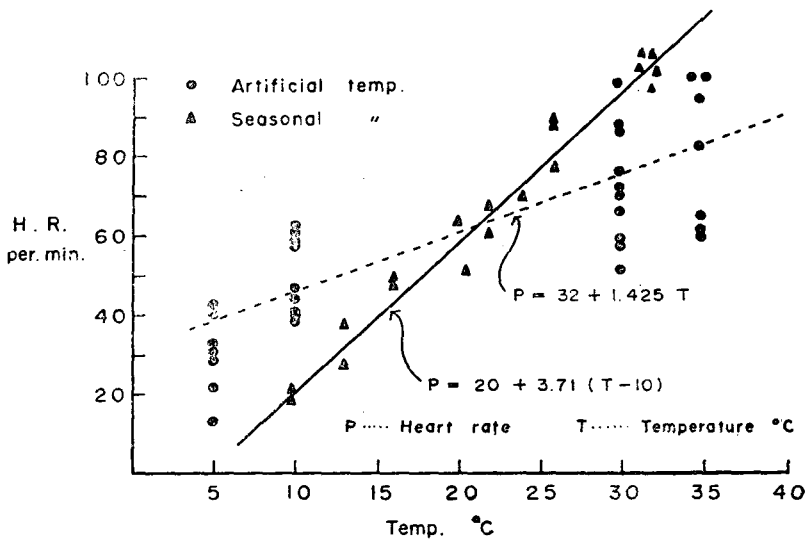


Fig. 11. Influence of different environmental temperatures on the rate of heartbeat (H.R.). Solid line.....Seasonal variation. Dotted line.....Artificial variation.



실내온도 20°C에서 물에 담그지 않고, 다음은 냉수 5°C 및 10°C 그리고 온수 30°C 및 35°C 수중에 개구리를 담근 후에 각각 심박동수를 측정하였다(제 3 표).

계절적인 온도변화와 인위적인 온도변화에 따른 심박동수의 변화를 비교해 보면 제11도와 같다. 즉 원형

의 표시가 인위적인 체온변화 후에 심박동수, 삼각형은 계절별 체온변화에 따른 심박동수 변화를 나타내고 이것들을 하나의 회귀선으로 나타내서 비교해 보았다. 그 표시식은 인위적인 온도변화시는 심박수=32+1.425 T 및 자연적인 온도변화시는 심박수=20+3.17(T-20)

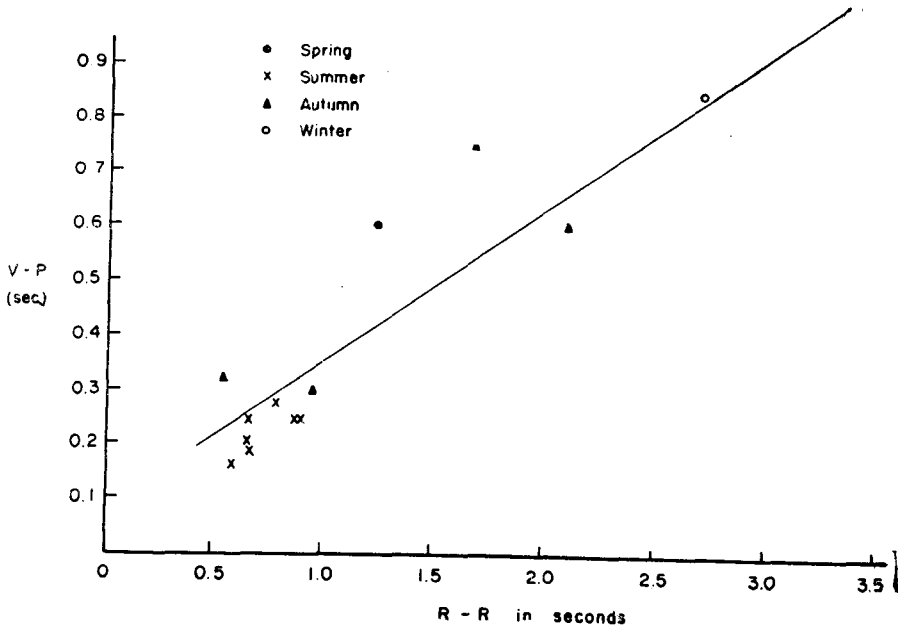


Fig. 12. V-P interval vs. cycle length (R-R) and the heart rate (H.R.)

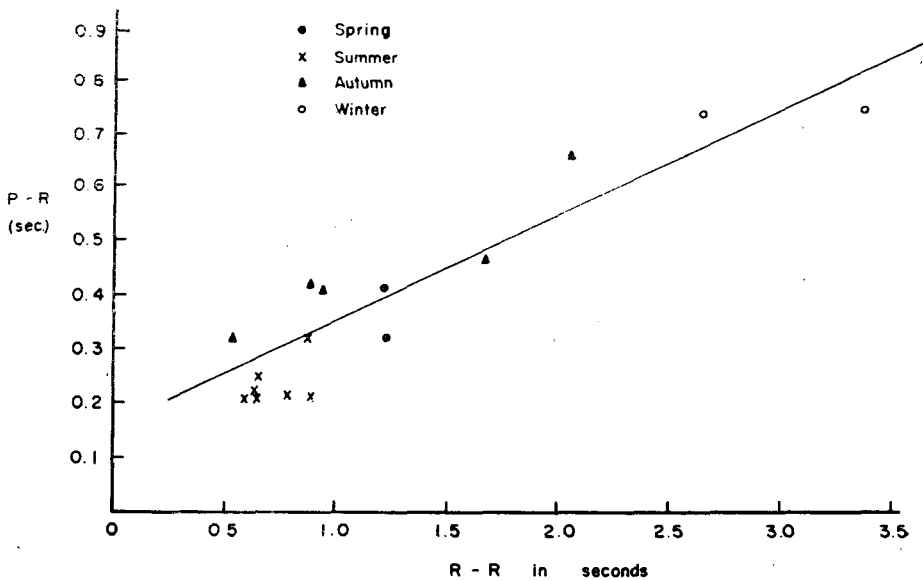


Fig. 13. P-R interval vs. cycle length (R-R) and the heart rate (H.R.)

Table 4. Seasonal variation on blood picture of frogs (total, 14 animals)

Month	Temp	Date (°C)	Hematocrit (%)	RBC $\times 10^4$ (mm <sup>3</sup> )	WBC $\times 10^4$ (mm <sup>3</sup> )	Hb (gm/100 ml)	Body Wt (gm)	Remark
February	21①	6	36.7	65	3.0	—	33	During Hibernation
	21②	6	35.5	54	5.5	—	22	
	(Average)	(6)	(36.1)	(59.1)	(4.5)		(22.5)	
April	29①	16	37.0	62	0.6	12.3	25	After Hibernation
	29②	16	38.5	—	—	—	17	
	29③	16	32.0	46	1.0	—	20	
	(Average)	(16)	(36.0)	(53.7)	(0.8)	(12.3)	(20.7)	
July	30①	32	31.2	17	2.0	—	52	
	30②	32	30.5	27	12.0	—	48	
	30③	32	36.3	—	—	8.4	37	
	31①	31	32.0	28	9.0	7.8	36	
	31②	31	27.2	36	8.0	7.0	33	
	31③	31	29.7	32	9.0	5.6	31	
	(Average)	(31.5)	(31.2)	(28)	(9.3)	(6.8)	(39.5)	
August	1①	30.5	30.5	34	8.0	6.2	28	
November	5①	13	25.1	41	14.0	5.6	40	Before Hibernation
	5②	13	27.8	45	18.0	4.9	35	
	(Average)	(13)	(26.5)	(43)	(16)	(5.7)	(37.5)	

○ : Number in the circle is the animal number in the same day.

10)이였으며(여기서 T는 섭씨온도) 이 그림에서 인위적인 체온변화에 따른 심박동수의 변화는 자연적인 것 보다 둔감하다는 것을 알 수 있다.

제12도 및 제13도에서 보는 바와 같이 P-R 간격과 R-R 간격, V-P 간격과 R-R 간격 사이의 관계를 계절별로 표시해서 이것을 하나의 회귀선으로 나타냈으며 그 표시식은 다음과 같았다.

$P-R \text{ 간격} = 0.179 R-R \text{ 간격} + 0.155 \pm 0.1(\text{sec})$ ,  $V-P \text{ 간격} = 0.276 R-R \text{ 간격} + 0.067 \pm 0.15(\text{sec})$ . 이것을 보면 비례상수가 각각 0.179와 0.276으로서 동일한 심박수 또는 동일한 PR 간격에서 볼 때 V-P 간격은 P-R 간격보다 대체로 길며 이것으로 보아 흥분파의 전도가 정맥동에서 심방까지 도달하는 시간이 동결절에서 심방결절까지 가는 시간보다 더 긴 것을 알 수 있었다. 또한 이것은 반대로 RR 간격 장단 또는 심박수 증감에 미치는 영향이 V-P 간격이 P-R 간격보다 크다는 것을 알 수 있다.

### 3. 계절에 따른 혈액상

개구리의 계절별 혈구용량(hematocrit), 적혈구수, 백혈구수, 혈색소 및 체중변화를 측정하였으며 그 수치

는 제 4 표와 같다. 적혈구수는 2월에 59.5만/mm<sup>3</sup>이며 시간이 감에 따라 감소하여 7월에는 28만/mm<sup>3</sup>이고 11월에는 다시 43만/mm<sup>3</sup>이 되었고 백혈구수는 2월에는 4.5만/mm<sup>3</sup>, 4월에는 0.8만/mm<sup>3</sup>, 7월에는 9.3만/mm<sup>3</sup>, 8월에는 8만/mm<sup>3</sup>, 11월에는 16만/mm<sup>3</sup>을 나타냈다.

## 고 찰

개구리의 심전도는 포유류의 그것과 달리 pace maker 가 심방에서 나오기 이전에 정맥동<sup>9)</sup>(sinus venosus)에서 가장 기능적인 상위 pace maker 가 있어 심장의 박동수를 리드하고 있다. 이와 같은 심장의 탈분극(depolarization)의 장소가 하나 더 있으며 P파 앞에 한개의 정맥동파 즉 V 파가 기록된다<sup>10,11)</sup>. 개구리 EKG 에는 전반적인 기전력이 약하기 때문에 심전도계의 감도를 올려서 심장을 노출하고 직접 단극(unipolar) 또는 상극(bipolar)유도를 기록하면 용이하게 얻어진다.

개구리 EKG 를 겨울, 봄, 여름 및 가을의 계절별로 기록해 보았더니 겨울에는 심근육의 기전력이 작아서 EKG 의 각 파고가 작게 나타났으며(제 1도 및 제 2도) 봄, 여름에서는 비교적 파고가 높게 나타났다(제 3,

4, 5 및 6도). 제 5도의 두번째는 단극유도로서 우심방에서 기록했으며 심방의 전위변동은 가까아서 기록할 수 있었기 때문에 P파가 크게 나타났다. 제 6도에서 V, P, R 파가 뚜렷하게 나타나 있으며 여기에서 V 파는 상술한 바와 같이 개구리 EKG의 특징이며 인체의 EKG와는 달리 심방의 동결절의 흥분이 있기 전에 상위 pace maker인 정맥동의 탈분극에 의해서 생기는 파형이다.

가을철에 심침부에서 단극유도로서 기록한 EKG는 제 7도와 같으며 R파가 매우 뚜렷하게 나타났고 P파는 2상성인 특징을 나타내고 있으며 개구리는 심실과 비교해서 심방이 큰편이며<sup>12)</sup> 비교적 형태적 특징에 의한 결과라고 사료된다. 이러한 P의 2상성은 제 2도 및 4도에서도 볼 수 있으며 모든 유도에서 그러했다. 5배 속도로 확대한 제 7도 2단의 그림에서는 각파의 파형을 쉽게 알 수 있으며 심침부유도로서 심실의 탈분극을 가까아서 기록했기 때문에 특히 R wave가 현저하게 나타났다. 제 8도에서 3번째 EKG에서는 plateau의 시작부분이 R파이고 이후 plateau의 끝까지 T파로써 심실재분극을 나타낸다.<sup>13,14)</sup>

양서류와 어류에서도 이 V파가 보이며 심실을 제거하고<sup>10)</sup> 난 후에도 그리고 심실 및 심방을 제외한 정맥 등 단독만으로도<sup>15)</sup> V파가 나타난다.

제절별 즉 의기온도별 심박수를 관찰해 보면 10°C에서 13.5/min, 16°C에서 48.5/min, 21.14°C에서 84.4/min, 30.5°C에서 96/min로 온도가 증가함에 따라 심박수가 증가하다가 다시 온도가 20.8°C 및 13°C로 내려감에 따라 심박수도 각각 63.3/min 및 32.5/min로 감소했다. 일반적으로 심박수는 체온의 변화에 매우 예민하며 변온동물에서는 체온 10°C 증가에 따라 심박수는 2~3배 증가한다.<sup>11)</sup> 본 실험에서도 10°C에서 16°C로 증가할 때에 19.5에서 48.5로 증가하였으므로 10°C 증가에는 심박수가 약 2.5 증가한다는 계산이 된다. 고온에서는 2~3배까지는 증가하지 않는다. 동면으로 들어갈 때에 심박수의 감소는 체온의 감소보다 더 빨리 일어나고 woodchuck(북아메리카의 물모트)가 동면시에 심박수의 감소는 체온보다 15분 더 일찍 일어난다.<sup>16)</sup> Strumwasser<sup>17)</sup>는 woodchuck의 뇌온도를 0.6°C 내림으로 30분내에 심박수가 153에서 68로 떨어짐을 발견했다.

본 실험에서 제절과 심박수의 상관관계는 제 10도와 같으며 7월, 8월에서 급히 상승하는 산(山)모양의 곡선을 나타냈으며 7월, 8월의 급상승 곡선은 이 7, 8월에 22°C에서 32°C로 급격한 외온변화가 중요한 원인이라고 생각한다.

인위적인 체온변화 즉 5°C, 10°C, 20°C, 30°C, 35°C에서 심박수를 측정 한 것은 위와 같이 체온에 따라 심박수는 증가하였으나 증가량이 작은 것 같다. 이 심박수의 증가경향을 제 11도와 같은 회귀선을 그릴 수 있다. 생체<sup>18)</sup>에서의 실험실<sup>19)</sup>에서 만들어진 체온과 심박곡선은 15°C, 20°C 전후에서 모든 종(種)에서 거의 직선으로 그어질 수 있으며 마취된 다람쥐<sup>20)</sup>와 마취된 woodchuck<sup>16)</sup>에서도 비슷한 것이 발견되었다.

인위적인 온도변화에 의한 회귀선의 기울기가 1.425, 계절적인 온도변화의 것이 3.71로서 나타났으며 이것은 인위적인 체온변화에 의한 심장의 적응도가 계절적인 것보다는 늦다는 것을 나타내고 있다.

개구리 EKG에서 R-R 간격에 대한 V-P 간격 및 P-R 간격의 상관관계를 비교해 보면 제 12 및 13도와 같으며 V-P 간격의 비례계수는 0.276이고 P-R 간격의 비례계수는 0.179이며 이것은 R-R 간격의 증감이 P-R 간격보다는 V-P 간격에 더 큰 영향을 받는다는 것을 나타낸다.

동면으로 들어갈 때에 심박수가 감소함에 따라 Dawe와 Morrison<sup>21)</sup>에 의하면 다람쥐에서 T-P 간격이 100배, P-R 간격이 12배, R-T 간격이 4배 증가함을 보고했다. 이것은 주로 다람쥐의 동결절의 자동성 감소가 주 원인이며 다음은 전도시간의 연장으로서 해석했다.

개구리의 경우에 있어서는 다람쥐처럼 뚜렷하지는 않지만 V-P 간격이 P-R의 것보다는 심박수에 더 많이 영향을 주는 것은 틀림없는 사실이다. 본 실험에서 동면중에는 여름에 비하여 V-P 간격은 약 4배, P-R 간격은 약 3배 증가하였다.

개구리의 RBC 수는 겨울에 제일 많으며 봄, 여름으로 갈수록 감소하고 있었다.

## 총 관

겨울에 기록한 EKG는 파형이 작고, 여름, 가을에는 심장의 기전력이 크고 뚜렷하게 나타난다. 그리고 개구리에서 V파가 P파 앞에 출현하며 P파는 상극유도 및 단극유도에서 측정부위에 무관하게 대체로 2상성을 보이며 파폭이 비교적 길다.

V-P 간격은 P-R 간격보다 길었으며 RR 간격 또는 심박수에 대하여 V-P 간격이 P-R 간격보다 더 크게 영향을 미치고 있다.

개구리의 체온이 증가함에 따라 심박수도 증가하고 체온이 감소하면 심박수도 감소한다. 그리고 인위적으로 체온을 변화시켜서 측정 한 심박수를 제절의 것과

비교해서 본 바 인위적인 것에 의한 심박수의 변화가 적었다.

개구리의 계절에 따른 혈액상 변화에서 RBC는 겨울에 많고, 여름에 적었다. WBC는 가을에 많고, 봄에는 적었다. 개구리의 혈액상은 계절별 심전도 변화와 이에 따른 순환혈의 양상을 참고로 관찰한 것이며 혈액상의 평균치는 예수가 적어서 통계적 의의는 적다.

## REFERENCES

- 1) Folk, G.E.: *Introduction to environmental physiology, Philadelphia, Lea and Febiger Co., 1969, p. 195.*
- 2) Gelineo, S: *Organ systems in adaptation: The temperature regulating system. In Dill, D.B., E.F. Adolph and C.G. Wilber (eds): Handbook of physiology: Sec. 4. Adaptation to the environment (Washington, D.C.: American Physiological Society, 1964) pp 259-282.*
- 3) Spector, W.S.: *Handbook of Biological data. WADC, USAF, TR 56-273, 1956, pp. 275-434*
- 4) Hegnauer, A.H. and K.E. Penrod: *Observations on the pathologic-physiology in the hypothermic dog. WADC, USAF. Report No. 5912., 1950.*
- 5) Grossman, M.S. and K.E. Penrod: *Relation of hypothermia to high oxygen poisoning. Am. J. Physiol., 156:177-182, 1949.*
- 6) Guyton, A.C., *Textbook of medical physiology, 4th ed., W.B. Saunders Co. Philadelphia and London, 1971, pp. 167-172*
- 7) Hoffman, R.A.: *Terrestrial animals in cold: hibernators. In Dill, D.B. E.F. Adolph and C.G. Wilber (eds): Handbook of physiology: Sec. 4. Adaptation to the environment (Washington, D.C.: American Physiological Society, 1964) pp 379-403.*
- 8) Doldman, M.J.: *Principles of clinical electrocardiography. 6th ed., Lange Medical Publications. 1967, pp 2-16.*
- 9) Levedahl, B.H., A.A. Barber, and A. Grinnell: *Laboratory experiments in physiology. 8th ed., C.V. Mosby Co., Saint Louis, 1971, pp 86-104.*
- 10) Oets, J.: *Electrocardiogram, Fish. Physiol. Comp. Oecol. 2:181-186, 1950.*
- 11) Prosser, C. and F.A. Brown: *Comparative animal physiology. 2nd ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1961, pp 399-400.*
- 12) 佐武, 藤田, 佐藤, 和田: *生理學講義. 第11版. 南山堂, 東京, 1958. p 75.*
- 13) Hecht, H.H.: *Transmembrane potentials of frog heart. Ann. New York Acad. Sc. 65:700-733, 1957.*
- 14) Woodbury, L.A., H.H. Hecht and A.R. Christopherson: *Membrane resting and action potentials of single cardiac muscle fibers of the frog ventricle. Am. J. Physiol. 164:307-318, 1951.*
- 15) Bakker, N.C.: *Electrocardiogram, Ztschr. Biol., 59:335-365, 1912.*
- 16) Lyman, C.P.: *Oxygen consumption, body temperature and heart rate of woodchucks entering hibernation. Am. J. Physiol. 194:83-91, 1958.*
- 17) Strumwasser, F.: *Thermoregulatory, barain and behavioral mechanisms during entrance into hibernation in the Squirrel, Citellus beecheyi. Am. J. Physiol. 196:15-22, 1959.*
- 18) Suomalainen, P., and H.S. Sarajas: *The heart rate in the hibernation hedgehog. Ann. Zool. Soc. Zool. Botan. Fennicae Vanamo 14:1-8, 1951.*
- 19) Lyman, C.P., and D.C. Blinks: *The effect of temperature on the isolated heart of closely related hibernators and nonhibernators. J. Cellular Comp. Physiol. 54:53-63, 1959.*
- 20) Dawe, A.R., and B.R. Landau: *The hibernating mammalian heart. Am. Heart J. 59:78-89, 1960.*
- 21) Dawe, A.R. and P.R. Morrison: *Characteristics of the hibernating heart. Am. Heart J. 49:367-384, 1954.*