

고칼륨혈증에서 심전도의 진단적 의의

연세대학교 의과대학 응급의학교실

윤수영 · 박원녕 · 정성필 · 김승호 · 이한식

= Abstract =

Diagnostic Value of an Electrocardiogram for Hyperkalemia

Soo Young Yoon, M.D., Won Nyung Park, M.D., Sung Pil Chung, M.D.,
Seung Ho Kim, M.D., Hahn Shick Lee, M.D.

Department of Emergency Medicine, Yonsei University College of Medicine

Background: Hyperkalemia is a common and potentially life-threatening metabolic disorder. The electrocardiogram(ECG) is known to be a relatively sensitive diagnostic tool for hyperkalemia. However many exceptions, in which patients showed normal ECG findings even though hyperkalemic, have been reported. The purpose of this study was to determine the extent of correlation between the ECG findings and hyperkalemia and to determine when the ECG has value for diagnosing hyperkalemia.

Methods: Patients who had been diagnosed as having hyperkalemia at two university hospitals during three years were enrolled in this study. We reviewed the medical records of the patients and evaluated the following 6 ECG abnormalities: tall T waves, narrow T waves, QRS widening, atrioventricular block, loss of P waves, and sine waves. We defined tall T waves and narrow T waves as 20 percentiles of heights and widths of the T waves from the 100 patients with normokalemia.

Results: During the study period, there were 100 hyperkalemic patients, and we analyzed 69 available electrocardiograms. Abnormal ECG findings were revealed in 67% of 69 patients. The higher the serum potassium level, the more abnormal ECG findings. The common ECG abnormalities were tall T waves and loss of P waves. The patients with normal ECGs even though hyperkalemic had relatively low potassium levels. And whether chronic renal disease was not correlated to the ECG abnormality.

Conclusion: The electrocardiogram is a good diagnostic tool for hyperkalemia if it is used with accurate diagnostic criteria. Thus, hyperkalemia should be considered when the ECG shows tall T waves or loss of P waves.

Key Words: Hyperkalemia, Electrocardiogram

I. 서 론

고칼륨혈증은 입원 환자의 약 1~10%에서 보고되며 치료가 적절히 이루어지지 않을 경우 사망에 이르게 되는 응급 전해질 이상이다^{1,2)}. 혈액 검사로도 진단은 가능하지만 심전도는 검사가 시행된 즉시 진단에 도움을 줄 수 있는 것으로 알려져 있는데 그 소견으로는 초기에는 T파가 뾰족해지며 점차 P파가 편평해지고 PR간격이 길어지며 QRS복합체가 넓어지고 깊은 S파가 나타나 sine파로 진행된다고 한다^{3,4)}. 그러나 최근의 한 연구에 의하면 이러한 전형적인 심전도 변화는 14%의 환자에서만 관찰되었다고 한다²⁾. 또 심한 고칼륨혈증 임에도 특징적인 심전도 소견을 보이지 않는 경우들이 보고되면서 고칼륨혈증에서 심전도의 진단적 가치에 의문이 제기되고 있다^{5,6)}.

저자들은 고칼륨혈증 환자의 심전도를 분석하여 심전도의 변화와 혈중 칼륨치가 어느 정도의 상관관계를 가지는 지와 어떤 경우에 심전도가 진단적 가치를 갖지 못하는지를 알아보고자 본 연구를 시작하였다.

II. 대상 및 방법

1996년 1월 1일부터 1998년 12월 31일까지 연세대학교 의과대학 부속 세브란스병원과 영동세브란스병원에서 퇴원한 환자들 중 최종진단명에 고칼륨혈증이 포함된 환자를 대상으로 하였다. 의무기록을 조사하여 혈중 칼륨치와 당시 기록된 12-전극유도 심전도를 분석하였다. 고칼륨혈증이 진단되고 치료가 시작된 후에 시행된 심전도는 분석에서 제외하였다. 고칼륨혈증은 문헌에 따라 혈중 칼륨치가 5.0 mEq/L 또는 5.5 mEq/L 이상인 경우로 정의되고 있는데 연구자들은 연구 대상 병원의 정상 칼륨치의 상한가인 5.5 mEq/L를 기준으로 하였다^{1,7)}. 칼륨치의 변화에 따른 심전도 양상의 변화를 보기 위해 중증의 고칼륨혈증군을 나누었는데 이 군은 혈중칼륨치가 7.0 mEq/L 이상인 군으로 정의하였다.

고칼륨혈증의 특징적인 심전도 변화는 높은 T파, 좁은 T파, QRS파의 확장, 방실전도장애, P파의 소실, sine파의 6가지로 분류하였다. 높은 T파와 좁은 T파를 정의하기 위하여 혈중 칼륨치가 정상인 환자 100명을 무작위로 추출하여 심전도상 T파의 높이와 너비를 조사하여 20퍼센타일에 해당하는 값을 기준으로 하였다⁸⁾. 이 기준에 따라 T파의 높이/QRS파의 높이가 V2에서 0.31이상 또는 V3에서 0.46 이상인 경우를 높은 T파, T파의 너비/QTc가 35% 미만인 경우를 좁은 T파로 정의하였다. QRS의 확장은 100msec 이상인 경우, 방실전도 장애는 모든 정도의 새로 발견된 전도 장애가 있는 경우, sine파는 QRS파가 넓어지면서 T파와 합쳐진 경우로 하였고 P파의 소실에서 심방세동의 경우는 제외하였다.

심전도의 각 이상 소견들과 혈중 칼륨치의 관계는 t 검정과 다중회귀분석을 이용하여 분석하였다. 또 고칼륨혈증 환자에서 정상 심전도를 보이는 경우를 판별하기 위하여 각 원인 질환의 유무에 따라 심전도의 이상 유무를 χ^2 검정으로 분석하였고 내원 당시에 시행된 혈액 검사 중 혈중 BUN, 암모니아, 혈당, 동맥혈 pH 에서 이상 소견이 나타난 경우를 조사하여 각 검사 소견과 심전도 소견을 비교 분석하였다. 통계는 SPSS를 이용하였으며 유의수준은 0.05로 하였다.

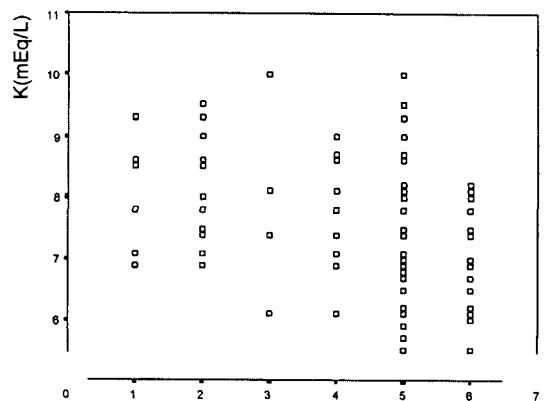


그림 1. 고칼륨혈증 환자에서 심전도의 특징적 소견에 따른 혈중 칼륨치의 분포(1; sine파, 2; P파의 소실, 3; 방실 전도 장애, 4; QRS의 확장, 5; 높은 T파, 6; 좁은 T파).

III. 결 과

대상 기간 중 최종 진단명에 고칼륨혈증으로 기록된 환자는 102명이었으며 이중 타 병원에서 처치 후 전원 되어온 2명은 제외하였다. 대상 환자들의 나이는 평균 58.2세로 14~91세의 분포였으며 남녀비는 1.7:1이었다. 혈중 칼륨치는 6.8 ± 1.0 mEq/L로 5.5~10 mEq/L까지의 분포였다. 대상 환자들의 원인 질환군별 분포는 표 1과 같다.

69명의 환자에서 심전도를 얻을 수 있었는데 각 특 징적 소견의 빈도와 그에 따른 혈중 칼륨치는 표 2 및 그림 1과 같다. 69명 중 46명인 67%에서 특징적 심전도 소견을 보였으며, 칼륨치가 6 mEq/L 이상인 군에서 75%로 증가하며, 7 mEq/L 이상의 중증 고칼륨혈증 환자군일 때는 93%였다. 특징적 소견의 빈도는 T파의 이상이 가장 많았으며 높은 T파, QRS파의 확장, P파의 소실, sine파의 소견에서 각 소견의 유무와 혈청 칼륨치에 상관관계가 있었다(표 2). 심전도의 각 이상소견들을 독립변수로 하고 혈중 칼륨치를

종속변수로 하여 다중회귀분석을 시행한 결과 높은 T파, P파의 소실, 방실전도 장애의 소견이 혈중 칼륨치와 관계가 있었다(표 3).

고칼륨혈증 환자 중 정상 심전도를 보이는 경우는 심전도에서 이상소견을 보이는 경우보다 혈중 칼륨치가 의미있게 낮았다(6.2 ± 0.6 vs 7.3 ± 1.1 mEq/L, $p < 0.01$). 그러나 만성신부전과 같은 원인 질환 및 심전도가 시행될 당시의 산혈증, 혈당, 혈중 암모니아, BUN 등의 검사 소견은 심전도의 이상 여부와 관련이 없었다(표 4, 5).

표 1. 대상 환자의 원인 질환별 분포

질병군	전체 환자수(명)	심전도 분석 환자수(명)
만성신부전	48	35
급성신부전	25	13
악성중양	14	11
심혈관계질환	5	5
간질환	4	2
호흡기계질환	2	2
내분비계질환	2	1
계	100	69

표 2. 고칼륨혈증 환자에서 심전도 이상 소견의 빈도와 혈중 칼륨치의 비교(n=69)

심전도 소견	발현 빈도(%)	혈청 칼륨치(mEq/L)		p값
		소견 없음	소견 있음	
높은 T파	33(47.8)	6.5 ± 0.8	7.4 ± 1.1	0.001
QRS파의 확장	12(17.4)	6.7 ± 1.0	7.7 ± 1.0	0.002
P파의 소실	12(17.4)	6.7 ± 0.9	8.1 ± 0.8	0.001
sine파	6(8.7)	6.8 ± 1.0	8.0 ± 0.9	0.008
좁은 T파	32(46.4)	6.7 ± 1.1	7.1 ± 1.0	NS
방실전도 장애	4(5.8)	6.8 ± 1.0	7.9 ± 1.6	NS

표 3. 심전도의 이상소견과 혈중 칼륨치와의 회귀분석 결과

심전도 소견	unstandardized coefficients		t	p값
	beta	std error		
constant	6.233	0.155	40.129	0.000
높은 T파	0.654	0.232	2.815	0.007
좁은 T파	0.127	0.239	0.533	0.596
P파의 소실	1.559	0.356	4.374	0.000
방실전도 장애	1.174	0.493	2.382	0.020
QRS파의 확장	0.179	0.337	0.529	0.598
sine파	-0.465	0.527	-0.882	0.381

표 4. 고칼륨혈증 환자에서 원인 질환에 따른 심전도 소견의 발현 여부

	특정적 심전도(n=46)	비특정적 심전도(n=23)	p 값
만성신부전(n=35)	24	11	NS
급성신부전(n=13)	9	4	NS
악성종양(n=11)	6	5	NS
심혈관계 질환(n=5)	2	3	NS
간질환(n=2)	2	0	NS
호흡기계 질환(n=2)	1	1	NS
내분비계 질환(n=1)	1	0	NS

표 5. 고칼륨혈증 환자에서 검사 소견에 따른 심전도 소견의 발현 여부

	특정적 심전도(n=46)	비특정적 심전도(n=23)	p 값
산혈증	2	1	NS
고질소혈증	4	5	NS
고암모니아혈증	1	1	NS
고혈당증	1	0	NS
저혈당증	0	1	NS

IV. 고 찰

이번 연구는 연세의료원의 두 병원에 3년 동안 입원한 환자를 대상으로 하였다. 만성병으로 지속적인 추적관찰 환자가 많은 병원과 신환의 비율이 비교적 높은 병원의 자료를 같이 조사하여 환자 선택에 있어서의 오차를 줄이고자 하였다. 전체 102명의 고칼륨혈증 환자가 있었으며 그 빈도는 지금까지 알려진 1~10%와 비교할 때 매우 작은 비율이다. 이는 본 연구가 후향적으로 퇴원 진단명을 기준으로 대상 환자를 선정하였기 때문으로 생각된다. 이러한 한계에도 불구하고 연구자들은 현재 고칼륨혈증 환자에 대한 자료가 부족하고 알려진 것과는 달리 고칼륨혈증 환자에서 특징적인 심전도 소견이 나타나지 않는 경우가 많으며 그 이유가 명확하지 않고 T파에 대한 객관적인 심전도 분석의 기준이 없는 현실에서 나름대로의 기준을 제시하고자 이번 연구를 시작하였다.

고칼륨혈증의 원인은 전통적으로 신장 혹은 내분비 질환에 의한 배설 장애가 가장 많은 것으로 알려져 있다. 그 밖의 원인으로는 용혈, 혈소판 증가증, 백혈구 증가증 등에 의한 가성 고칼륨혈증과 칼륨의 섭취와

흡수가 증가되는 경우, 산혈증, 인슐린 부족, 운동, 약물 등에 의한 세포 외로의 이동이 증가한 경우, 횡문근융해증, 화상, 혈관내 용혈, 종양 용해 증후군등과 같은 세포 파괴에 의한 경우로 크게 분류할 수 있다. 최근에는 항암물질, 항생제 등의 장기 투여가 입원환자에서 예상치 못한 고칼륨혈증의 중요한 원인이라고 보고되었다⁹⁾.

고칼륨혈증의 진단은 전적으로 혈액 검사에 의존하는 경향이 높는데 이것은 그 증상과 징후가 비특이적이어서 진단에 크게 도움이 되지 못하기 때문으로 생각된다. 심전도가 전형적인 소견을 보인다고 알려져 있지만 이 또한 임상적으로 민감도와 특이도에 대한 연구가 부족하며 연구방법에서도 언급하였듯이 표준화된 심전도 진단 기준이 없어 객관적인 진단 방법으로 사용되기 힘들다. 본 연구에서도 30% 이상의 환자에서 심전도 없이 진단과 치료가 이루어졌다. 물론 12-전극유도 심전도가 병동에서 즉시 검사하기 힘들다는 현실적 제한점이 있지만 현재 고칼륨혈증에서 심전도의 역할이 큰 비중을 차지하지 못하고 있다는 증거이다.

저자들이 본 연구에 사용한 T파의 진단 기준은 1955년 Braun 등의 방법⁸⁾을 변형한 것으로 sine파

나 QRS파의 확장 등에만 의존하는 경우보다 고칼륨혈증을, 특히 심전도 변화가 동반되는 경우에, 더 빠르게 진단할 수 있을 것으로 생각된다. 실제로 이 기준을 적용하여 고칼륨혈증 환자의 심전도를 분석해 본 결과 7 mEq/L 이상의 중증 고칼륨혈증의 경우 민감도가 90% 이상에 이르는 것으로 나타났다.

한편 지금까지 간헐적으로 보고된 바에 의하면 고칼륨혈증이 있으면서 심전도에 특이한 소견이 없는 경우로는 심한 고나트륨혈증, 저나트륨혈증, 고질소혈증, 고크레아티닌혈증, 고칼슘혈증, 심한 백혈구증가증, 심한 혈소판증가증, T파의 역전이 동반된 경우 등이 있다^{5,6)}. 즉 다른 주요 전해질의 불균형이 있는 경우와 신부전 환자의 경우, 혈액학적인 이상에 의한 가성 고칼륨혈증의 경우, 심장 질환에 의한 기존의 비정상적 심전도 소견에 의한 가성 정상화 등으로 나누어 볼 수 있겠다. 첫 번째의 경우는 심근에서 칼륨이온 흐름의 이상을 다른 전해질의 변화에 의해 교정하는 것으로 이해하고 있으며, 신부전에서는 순응 현상으로 이해하고 있다. 이번 연구에서는 신부전 등과 같은 환자의 원인 질병군에 따른 이상 심전도 소견 발현의 차이는 관찰되지 않았으며 산혈증, 전해질 이상, 혈액학적 이상, 고혈당의 동반유무에 따라서도 유의한 차이가 없었다. 물론 대상 환자수가 작다는 한계가 있지만 일반적으로 심전도를 통한 고칼륨혈증 진단에 있어서 특정 질환의 유무나 동반된 혈액학적 이상소견이 특징적인 심전도 소견의 발현에 직접적인 영향을 주지는 못하는 것으로 사료된다.

이론적으로는 이러한 요인들이 심전도 소견에 영향을 줄 것으로 생각되지만 지금까지의 증례보고적인 결과들의 고찰과 본 연구의 결과만으로는 어떠한 결론을 내릴 수는 없다고 보여지며 좀더 많은 환자를 대상으로 한 전향적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

고칼륨혈증에서 심전도의 진단적 의의를 알아보기 위해 심전도를 얻을 수 있었던 69명의 환자를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 혈중 칼륨치가 높을수록 심전도에서 특징적 소견의 빈도는 증가하였다.
2. 심전도의 특징적 소견으로는 T파의 이상이 가장 많았으며 높은 T파와 P파의 소실이 혈중 칼륨치와 관계가 있었다.
3. 고칼륨혈증 환자중 정상 심전도를 보이는 경우는 혈중 칼륨치가 비교적 낮은 경우에 더 많았으며 이 경우에는 빠른 치료보다는 정확한 진단이 요구되므로 심전도에 의한 빠른 진단요구는 높지 않다고 사료된다.
4. 환자의 질병군과 혈액검사상의 이상소견은 심전도의 특징적 소견의 발현에 영향을 주지 못하였으며 다른 요인을 발견하지는 못하였다.

따라서 심전도 검사시 T파의 이상소견, P파의 소실, QRS파의 확장등의 고칼륨혈증에 특징적인 심전도 소견을 보이는 환자의 경우 고칼륨혈증 특히 중증의 고칼륨혈증의 의심을 하여 환자 감시와 응급 혈청 검사를 시행하여 고칼륨혈증을 조기에 진단할 수 있도록 하여야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Gibbs MA, Wolfson AB, Tayal VS: Electrolyte disturbances: Rosen P, Barkin R, Danzl DF eds. Emergency Medicine concepts and clinical practice 4th ed. 2432-2456, Mosby, 1998.
2. AcKer CG, Johnson JP, Palevsky PM, Greenberg A: hyperkalemia in hospitalized patients: Cause, Adequacy of treatment, and result of an attempt to improve physician compliance with published guidelines. *Arch Int Med* 158(8):917-924, 1998.
3. Rowlands DJ: ECG change in hyperkalemia: Clinical Electrocardiograms: 225-226, Lippincott/Gower,

- 1991.
4. Rose BD: Hyperkalemia: Clinical physiology of Acid-Base and Electrolyte disorders 4th ed.: 823-862, McGraw-Hill, INC, 1994.
 5. Szerlip HM, Weiss J, Singer I: Profound hyperkalemia without electrocardiographic manifestations. *Am J Kidney Dis* 7(6);461-465, 1986.
 6. Yu ASL: Atypical electrocardiographic changes in severe hyperkalemia. *Am J Cardiology* 77:906-908, 1996.
 7. Londner M, Carr CM, Kelen GD: Fluid and Electrolyte problems: Tintinalli JE, Kelen GD, Stapczynski JS eds. *Emergency Medicine: A Comprehensive Study Guide*. 5th ed. 150-169, McGraw-Hill, 2000.
 8. Braun HA, Surawicz B, Bellet S: T waves in hyperpotassemia. *Am J Med Sci* 147-156, 1955.
 9. Preston RA, Hirsh MJ, Oster JR, Oster HR: University of Miami Division of Clinical Pharmacology therapeutic rounds: drug-induced hyperkalemia. *Am J Therap* 5(2):125-132, 1998.