

EARLIER ONSET OF QRS IN ANTERIOR PRECORDIAL ECG LEADS
PRECISION OF TIME INTERVAL MEASUREMENTS

前胸部誘導心電図におけるQRSの早期開始
時間的間隔計測の精度

MICHAEL D. DANZIG, M.D.

THOMAS L. ROBERTSON, M.D.

LARRY S. WEBBER, Ph.D.

GEOFFREY DAY

DONALD S. DOCK, M.D.



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION

国立予防衛生研究所—原爆傷害調査委員会

JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE

TECHNICAL REPORT SERIES

業績報告書集

The ABCC Technical Reports provide the official bilingual statements required to meet the needs of Japanese and American staff members, consultants, advisory groups, and affiliated government and private organizations. The Technical Report Series is in no way intended to supplant regular journal publication.

ABCC 業績報告書は、ABCC の日米専門職員、顧問、諮問機関ならびに政府および民間の関係諸団体の要求に応ずるための日英両語による公式報告記録であって、業績報告書集は決して通例の誌上発表論文に代わるものではない。

EARLIER ONSET OF QRS IN ANTERIOR PRECORDIAL ECG LEADS
PRECISION OF TIME INTERVAL MEASUREMENTS

前胸部誘導心電図におけるQRSの早期開始
時間的間隔計測の精度

MICHAEL D. DANZIG, M.D.
THOMAS L. ROBERTSON, M.D.
LARRY S. WEBBER, Ph.D.
GEOFFREY DAY
DONALD S. DOCK, M.D.



ABCC

ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION
HIROSHIMA AND NAGASAKI, JAPAN

A Cooperative Research Agency of
U.S.A. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES — NATIONAL RESEARCH COUNCIL
and
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE

with Funds Provided by
U.S.A. ATOMIC ENERGY COMMISSION
U.S.A. NATIONAL CANCER INSTITUTE
U.S.A. NATIONAL HEART AND LUNG INSTITUTE
U.S.A. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH

原 爆 傷 害 調 査 委 員 会
広島および長崎

米国学士院—学会議と日本国厚生省国立予防衛生研究所
との日米共同調査研究機関

米国原子力委員会, 米国癌研究所, 米国心臓・肺臓研究所
米国環境保護庁および日本国厚生省国立予防衛生研究所
の研究費による

PRECISION OF TIME INTERVAL MEASUREMENTS
EARLIER ONSET OF QRS IN ANTERIOR PRECORDIAL ECG LEADS

前胸壁誘導心電図におけるQRSの早期開始
時間的間隔計測の精度

MICHAEL D. DANZIG, M.D.
THOMAS L. ROBERTSON, M.D.
LARRY S. WEBBER, Ph.D.
GEOFFREY DAY

ACKNOWLEDGMENTS

謝 辞

The authors wish to express their gratitude to Mrs. Michiko Kuniyama and Mr. Tatsuo Mandai of the Department of Medicine for their assistance in the cardiovascular laboratory.

著者らは、心臓血管系機能検査室におけるこの研究に対して臨床部の国原道子氏および万代達男氏から頂いた援助に深く感謝する。

A Cooperative Research Agency of
U.S.A. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - NATIONAL RESEARCH COUNCIL

JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE

A paper based on this report was published in the following journal:

本報告に基づく論文は下記の雑誌に発表した。

Circulation 54:447-51, 1976

東京大学医学部心臓病棟
循環器科

東京大学医学部心臓病棟
循環器科

CONTENTS

目 次

Summary 要 約	1
Introduction 緒 言	1
Methods 方 法	2
Results 結 果	4
Discussion 考 察	9
References 参考文献	11

Table 1. Means & standard errors of differences in time line measurements between two observers for each of the four precordial lead sets

表 時間線測定 of 2 検査間の差の平均および標準誤差: 4 組の胸部誘導群別	5
2. Frequency distribution in millimeters of absolute differences in time line measurements between two independent observers for all four precordial lead sets together, 84 subjects 時間線測定 of 2 検査間の差の絶対値の度数分布, 単位mm, 被検査者84人, それぞれ4組の胸部誘導群の合計	5
3. Means & standard errors of the differences between two observers in measurement of QRS onset for each lead in the four precordial lead sets QRS 開始点計測 of 2 検査間の差の平均および標準誤差: 誘導別, 4 組の胸部誘導群別	7
4. Means & standard errors of the intervals between QRS onset in each lead & the R wave peak of lead II for each precordial lead set. Independent measurements by two observers were averaged 各誘導におけるQRS開始点から第II誘導におけるR波の頂点までの間隔の平均及び標準誤差: 胸部誘導群別, 2人の検査者が別個に求めた計測値の平均に基づく	8
5. Differences in mean QRS onset among the five leads in each set. Independent measurements by two observers were averaged 各組の五つの誘導における平均QRS開始点の差, 2人の検査者が別個に求めた計測値の平均に基づく	8
Figure 1. Simultaneous 5-lead electrocardiogram to illustrate the method for measuring QRS onset 図 5 種誘導心電図の同時記録におけるQRS開始点計測方法の図解	4
2. Frequency distribution of the mean time line interval & the mean observed paper speed of the 4 sets for the 84 subjects 被検査者84人について求めた4組の記録における平均時間線間隔および平均ペーパースピードの分布	6

EARLIER ONSET OF QRS IN ANTERIOR PRECORDIAL ECG LEADS PRECISION OF TIME INTERVAL MEASUREMENTS

前胸部誘導心電図におけるQRSの早期開始 時間的間隔計測の精度

MICHAEL D. DANZIG, M.D.^{1*}; THOMAS L. ROBERTSON, M.D.^{1**}; LARRY S. WEBBER, Ph.D.²;
GEOFFREY DAY³; DONALD S. DOCK, M.D.¹

Departments of Medicine,¹ Epidemiology and Statistics,² and Illustration and Duplication³

臨床部,¹ 疫学統計部² および印刷室³

SUMMARY

Onset of QRS was compared between simultaneously recorded conventional electrocardiographic leads in 66 normal and 18 hypertensive subjects. Mean onset of QRS was 6.4 msec earlier in lead V₁ and 7.4 msec earlier in V₂ than in lead II. These differences were statistically significant.

The measuring system was adapted from drafting techniques and took into account variations in paper speed which occurred during recording. Interobserver differences equivalent to greater than 1 msec occurred in 3.9% of time line measurements, but in 38% of QRS onset measurements. The lower precision in measuring QRS onset may be attributed to baseline oscillations and to the relatively slow voltage change at the onset of ventricular depolarization.

INTRODUCTION

Abnormal cardiac function in a variety of disease states has been associated with systolic time intervals which were significantly different from normal.¹ Nevertheless, at the individual level, some normal and abnormal subjects may not be distinguishable by these noninvasively derived measurements.² In addition, a few observers have not found systolic intervals useful in studying cardiac performance.³

要約

健常者66人と高血圧者18人について通常の各種誘導心電図を同時記録し、QRSの開始点を比較した。QRSの平均開始時間は、第II誘導に比べてV₁誘導が6.4 msec早く、V₂誘導が7.4 msec早かった。この差は統計的に有意である。

計測方法は製図法を応用したものであり、検査中のペーパースピードの変動も考慮した。1 msec以上に相当する検者間の差は、時間線計測の3.9%、また、QRS開始点計測の38%に認められた。QRS開始点計測の精度が低いのは、基線の動揺ならびに心室脱分極の開始時における電位変化が比較的緩慢であることによるものと思われる。

緒言

各種の疾病状態に見られる心機能の異常は、正常とは有意に異なる心収縮時間を伴っている。¹ しかし、各個人について見た場合、非観血的検査による計測では正常と異常との区別ができない場合がある。² その上、心収縮時間は、心機能を調べる上において有用と認めていない研究者も少数ある。³

*Surgeon and **Senior Surgeon, U.S. Public Health Service, U.S. Environmental Protection Agency, Human Studies Laboratory, assigned to ABCC
米国公衆衛生局および環境保護庁人体影響研究所所属医師*および先任医師**, ABCCへ派遣

In looking for means to improve the utility of systolic interval measurements it appeared that precision of measurement was worthy of further evaluation. In the present study the onset of QRS activity in simultaneously recorded conventional electrocardiographic (ECG) leads was examined to determine if onset was significantly earlier in a lead other than lead II, the most commonly used lead for recording QRS onset. Since some element of observer variation may be involved in defining onset of QRS, the precision of its measurement was compared with that of time line intervals. In the latter case observer variation should be at a minimum and an estimate of the precision of the measuring system could be obtained. Of additional interest were variations in paper speed occurring during recording. When differences of a few milliseconds are considered, paper speed variations may be significant.

METHODS

Subjects. The ABCC-JNIH Adult Health Study (AHS) sample⁴ is a representative sample of A-bomb survivors and nonexposed controls in Hiroshima and Nagasaki who have been examined biennially since 1958. For the present study a subsample in Hiroshima consisting of high radiation dose survivors born after 1920 and sex-age (± 5 years) matched nonexposed controls was selected for noninvasive cardiovascular recordings. Members of the AHS cohort who had not previously been examined in the clinic were excluded. AHS records of biennial examinations were reviewed for evidence of heart disease and hypertension. In addition, cardiac examination was performed at the time of recording. Exclusion from the normal group was based on the presence of abnormal cardiac physical, roentgen, or ECG findings; none had intraventricular conduction abnormalities. No subject was considered normal if more than one blood pressure during the previous examinations was 140 mmHg or greater systolic or 90 mmHg or greater diastolic, or if the blood pressure equalled or exceeded these values at the time of recording. Between October 1972 and March 1973, 196 persons were examined. Based on the strict criteria above, 66 normal subjects were identified, 31 women and 35 men aged 28 to 52.

An additional 18 borderline hypertensive subjects, 6 men and 12 women aged 41 to 52, were studied. These subjects had intermittent and mild hypertension (less than 160 mmHg systolic and 95 mmHg diastolic) either in the AHS medical record or at the time of recording. None of these borderline or labile hypertensive subjects had evidence of heart disease or intraventricular conduction abnormalities.

心収縮時間計測の有用性を改善する方法の探究の一環として、その計測の精度について検討を加える価値があると考えた。そこで、今回の調査では、通常の各種誘導心電図を同時記録し、QRS 開始点計測に最も利用されている第II誘導に比べてQRSの開始が有意に早く現われる誘導があるか否かを調べた。また、QRS 開始の定義には検者間に若干の個人差が介在する可能性もあるので、QRS 開始点計測と時間線計測を比較し精度を検討した。後者の場合、検者間の差が最小になるはずであり、それから計測方法自体の精度を推定できる。そのほか、検査中のペーパースピードの変動にも注意を払った。すなわち、数 msec 程度の差を検討する場合には、ペーパースピードの変動が意義を有することもありうる。

方 法

調査対象。 ABCC一予研成人健康調査集団⁴は、広島・長崎における原爆被爆者と非被爆対照者の代表的なサンプルであり、1958年以来、2年ごとに診察が行われている。今回の調査では、広島におけるこの調査集団の中から1920年以降に生まれた高線量被爆者およびこれと性別一年齢別 (± 5 歳) 構成が一致する非被爆対照者の副次サンプルを選んで非観血的循環機能測定を行った。成人健康調査対象者の中で以前に当所で受診したことの無い者は除外した。2年ごとに行われる検診の記録を再検討して心臓疾患および高血圧症の有無を調べ、また、循環機能測定の際に心臓の診察も行った。心臓の診察、X線検査あるいは心電図で異常所見を呈した者は正常群から除外した。心室内興奮伝導障害を示す者は含めなかった。以前の診察で収縮期血圧が140 mmHg以上または拡張期血圧が90 mmHg以上を2回以上示した者や今回検査時の血圧がこれ以上の者は、正常者としなかった。1972年10月から1973年3月までの間に196人の検査を行った。前記の厳密な基準によって確認した正常者は、年齢28歳から52歳に及ぶ男35人、女31人、計66人であった。

このほか、年齢41歳から52歳までの、境界領域高血圧を有する男6人、女12人、計18人を検査した。これは、成人健康調査の医学記録または今回の検査において一過性の軽度高血圧(収縮期血圧160 mmHg未満および拡張期血圧95 mmHg未満)を呈した者である。境界領域ないし動揺性高血圧を有するこれらの者の中には、心臓疾患または

Preliminary analysis revealed no differences between this group and the normals in precision of measurement or QRS onset. Accordingly, for the present analysis data will be presented for the total of 84 subjects together.

Recording Procedures. Subjects were studied supine and were allowed to respire freely. Clip electrodes with saline conductors were used for the limb leads and a suction cup electrode with conducting paste for the precordial leads. Five ECG leads were simultaneously recorded photographically on Kodak Linagraph 1930 paper with an Electronics for Medicine DR-16 research recorder. All signals were unfiltered and were amplified to a gain of 5 cm/mv. Paper speed was set at 200 mm/sec and time lines at 0.1 sec intervals. The timing mechanism was calibrated electronically by the manufacturer at the time of installation of the equipment and after 18 months of use was found to vary less than 0.5 msec on both occasions. Calibration with line voltage oscillation also indicated no measurable changes during the period of study. Five ECG leads were recorded simultaneously in four separate precordial lead sets as follows: Set 1) Leads I, II, III, aVF, V₁; Set 2) Leads I, II, III, aVF, V₂; Set 3) Leads I, II, III, aVF, V₃; Set 4) Leads I, II, III, aVF, V₆. With the timing mechanism running continuously to avoid inertia at the beginning of recordings, a single beat was recorded for each set.

Measuring Technique. All measurements were made independently by two of the authors using 10X magnification. For each precordial lead set the distance between two time lines (0.1 sec) was measured so that adjustment of time interval measurements for variations in paper speed could be made. The interval between the time lines preceding and following the QRS was selected. QRS onset in each lead of all four sets was identified and the distance between the onset of the QRS complex and the R wave peak in lead II was measured. All measurements were made on an engineering drafting board with a transparent plastic right angle triangle designed for this study. A vernier scale was inscribed on the triangle, allowing measurements to be made to 0.1 mm. The vernier scale was inscribed on the contact surface of the triangle to minimize the effects of parallax on the measurements. The use of this system for measuring QRS onset is illustrated in Figure 1. The R wave peak in lead II was used as a time reference. QRS onset was measured from the left edge of the trace where the QRS activity first clearly departed from the baseline. Data for time line intervals are presented in millimeters and data for timing of QRS onset in milliseconds, using as calibration the observed time line interval for each set and observer separately.

心室内興奮伝導障害の所見を呈した者はない。予備的解析の結果、計測の精度にもQRSの開始にも、この群と正常者群との間に差は認められなかった。したがって、今回の解析では、両群合計84人の資料をまとめて示す。

検査方法. 被検者は仰臥位で自然に呼吸する状態で検査を行った。肢誘導には食塩水電導体つきのはさみ式導子、胸部誘導には電導性ペーストを塗布した吸盤式導子を用いた。Electronics for Medicine社のDR-16型研究記録装置を用いてKodak社のLinagraph 1930番紙に撮影式によって5種誘導の心電図を同時記録した。すべての信号は、フィルターをかけずに5 cm/mvの振幅で記録した。ペーパースピードを200 mm/secに合わせ、時間線間隔は0.1 secに合わせた。時間記録装置の較正は、装置の設置時および18か月使用後に業者が電子工学的方法によって行い、いずれの場合も変動は0.5 msec未満であった。電源電圧の変動についての較正にも、今回の調査期間中に測定できるほどの変化は認められなかった。次のように胸部誘導により4組に分け、5誘導心電図を同時記録した。すなわち、第1組—I, II, III, aVF, V₁の各誘導; 第2組—I, II, III, aVF, V₂の各誘導; 第3組—I, II, III, aVF, V₃の各誘導; 第4組—I, II, III, aVF, V₆の各誘導である。記録開始時の慣性を避けるために時間記録装置を連続作動し、各組ごとに1心拍を記録した。

計測方法. すべての計測は、著者の2人が別個に10Xの倍率のもとで行った。各胸部誘導群の記録について2本の時間線の間の距離(0.1 sec)を計測し、ペーパースピードの変動が時間的間隔の計測に及ぼす影響を補正するようにした。このためにQRSの前後にある時間線間隔を用いることにした。この4組の記録における各誘導についてQRSの開始点を確定し、QRS群の開始から第II誘導におけるR波の頂点までの距離を計測した。すべての計測は、機械製図板上で、本調査のため考案した透明プラスチック製直角三角定規を用いて行った。この三角定規には、0.1 mm単位で計測ができるように副尺が刻印してある。視差の計測に及ぼす影響を最小にするため、三角定規の接触面に副尺が刻印してある。QRS開始の計測方法を図1に示した。第II誘導におけるR波の頂点を時間の基準とした。QRSの開始点は、QRSが最初に基準線から明らかに離れる箇所すなわち波形の左端において計測した。時間線間隔の資料はmm単位、QRS開始時間についての資料はmsec単位で示し、較正用として各組および各検者の時間線間隔計測値を用いた。

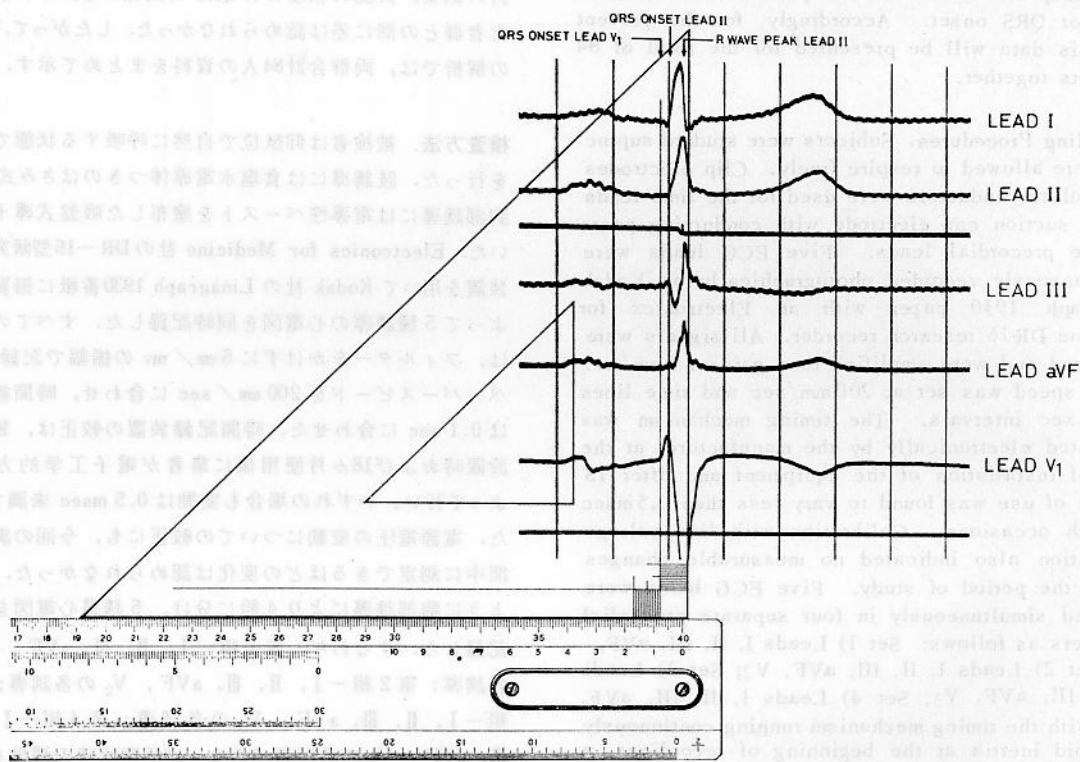


Figure 1 Simultaneous 5-lead electrocardiogram to illustrate the method for measuring QRS onset. Amplitude gain 5 cm/mv. The tracing was squared with the rules using the time lines to define the axes and zero was set at lead II R wave peak. QRS onset in each lead was measured at the point where the tracing first clearly departed from the baseline. Note the early appearance of QRS onset in lead V_1 , in this subject 17 msec earlier than in lead II.

図1 5種誘導心電図の同時記録におけるQRS開始点計測方法の図解。増幅ゲイン5cm/mv。時間線を縦軸・横軸の基準にして定規が記録に対して直角になるように合わせ、第II誘導のR波の頂点をゼロとした。各誘導におけるQRS開始点は、波形が基線から初めて明確に離れる点とした。この例では、QRSの開始点は、第II誘導に比べて V_1 誘導で17msec早い。

RESULTS

Interobserver Differences in the Measurement of Time Line Intervals. Distances between narrow straight lines were expected to be less subject to observer error than measurements of ECG complexes. An analysis of interobserver differences in the measurement of time line intervals would thus allow an estimate of the precision of the recording and measuring system. Four precordial lead sets were recorded for each of the 84 patients studied. The data are presented for the four sets separately.

結果

時間線間隔の計測における検者間の差。狭い2本の直線の間の距離計測は、心電図における波形群の計測に比べて観察誤差が少ないであろうと予想した。したがって、時間線間隔計測における検者間の差を解析すれば、記録法と計測法の精度を推定できると思われた。被検者84人について4組の胸部誘導による記録を求めた。資料をこの4組別に示す。

TABLE 1 MEANS AND STANDARD ERRORS OF DIFFERENCES IN TIME LINE MEASUREMENTS BETWEEN TWO OBSERVERS FOR EACH OF THE FOUR PRECORDIAL LEAD SETS

表1 時間線測定 of 2 検者間の差の平均および標準誤差: 4 組の胸部誘導群別

Set	Number	Mean Difference	Standard error of differences
1	84	0.007 mm	0.0135 mm
2	84	0.033	0.0232
3	84	-0.021	0.0158
4	84	-0.002	0.0127

In Table 1, the means and standard errors of the differences between observers are given. None of the differences between observers within a set is statistically significant. A one-way analysis of variance reveals no significant differences in precision among the four sets. A frequency distribution of absolute differences for all four sets together is shown in Table 2. Most measurements (96%) differ by 0.2 mm or less. At a paper speed of 200 mm/sec, 0.2 mm represents 1 msec.

Variations in Paper Speed. Figure 2 shows the distribution of the mean time line intervals for the four sets for each subject, based on the average of the measurements by the two observers. With time lines fixed at 0.1 sec intervals, these measurements can be directly converted to paper speeds and the horizontal scale is graded in mm (time line interval) and in mm/sec (paper speed).

表1には、検者間の差の平均と標準誤差を示した。各組とも検者間の差は統計的に有意でない。分散の1側検定では、この4組の間に精度に関する有意差は認められない。この4組をまとめて検者間の差の絶対値の度数分布を示したのが表2である。測定値の大多数(96%)では、差は0.2 mm以下であった。200 mm/secのペーパースピードでは、0.2 mmは1 msecに相当する。

ペーパースピードの変動。各被検者について求められた4組の記録における時間線間隔の平均値の分布を図2に示した。これは検者2人の計測値の平均に基づくものである。時間線が0.1 sec間隔に固定されているので、この計測値から直ちにペーパースピードを求めることが可能である。横軸の尺度はmm単位(時間線間隔)およびmm/sec単位(ペーパースピード)で示した。

TABLE 2 FREQUENCY DISTRIBUTION IN MILLIMETERS OF ABSOLUTE DIFFERENCES IN TIME LINE MEASUREMENTS BETWEEN TWO INDEPENDENT OBSERVERS FOR ALL FOUR PRECORDIAL LEAD SETS TOGETHER, 84 SUBJECTS

表2 時間線測定 of 2 検者間の差の絶対値の度数分布, 単位mm, 被検者84人.
それぞれ4組の胸部誘導群の合計

Absolute Difference	Observations	Percent
0.0 mm	100	29.8
0.1	169	50.3
0.2	54	16.1
0.3 or greater	13	3.9
Total	336	100.0

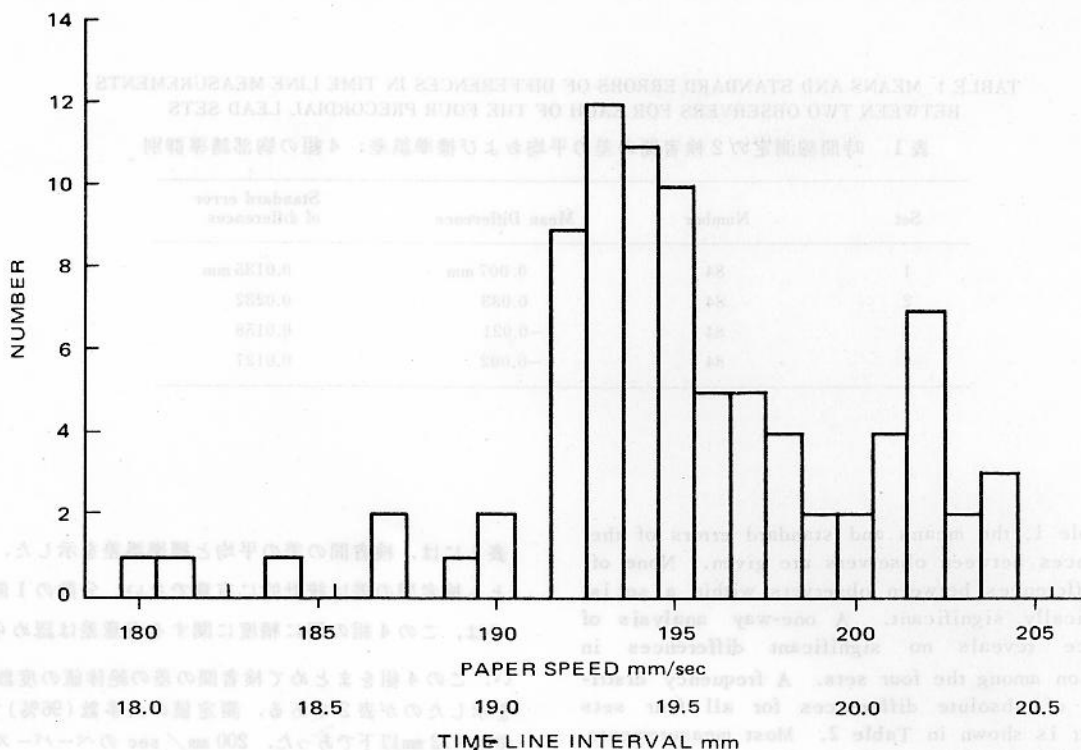


Figure 2 Frequency distribution of the mean time line interval and the mean observed paper speed of the 4 sets for the 84 subjects. Independent measurements by two observers were averaged.

図2 被検者84人について求めた4組の記録における平均時間線間隔および平均ペーパースピードの度数分布。2人の検者が別個に求めた計測値の平均を用いた。

The distribution of the paper speeds is skewed. The mode of the distribution is at 193 mm/sec and the median at 195 mm/sec. A second mode is suggested at 202 mm/sec. The mean paper speed is 195 mm/sec \pm 0.48 (\pm SD). It can be concluded that the paper speed under the conditions of this study was for the most part slower than the nominal 200 mm/sec and that paper speed may vary up to 15%. It should be noted that the variability of the frequency distribution of the mean paper speed of the four sets for each subject is less than the variability observed in the individual sets.

Interobserver Differences in the Measurement of QRS Onset. Unlike the time line measurements, QRS onset measurements may vary to a greater degree due to observer variation. At high gain, the precision of these measurements may be influenced by even mild degrees of AC interference and muscle tremor. A relatively slow rise in voltage at the onset

ペーパースピードの分布は非対称的である。この分布における最頻値は193 mm/secであり、中央値は195 mm/secで、第2の最頻値が202 mm/secに見られるようである。記録紙の平均速度は195 mm/sec \pm 0.48 (土標準偏差)である。本調査における条件のもとでは、ペーパースピードは大多数において表示の200 mm/secより遅く、速度の変動が15%にも達する可能性もあるといえる。しかし、各被検者について求めた4組の記録の平均ペーパースピードの度数分布における分散は、各組ごとに見られる分散よりも小さいことを指摘したい。

QRS 開始点の計測における検者間の差。 QRS 開始点の計測は、時間線計測の場合と異なり、検者間の差のためにより著しい変動を示すであろう。振幅を上げた状態では、軽度の交流干渉や筋肉振動でさえ計測の精度に影響を及ぼしうる。心室脱分極の開始時における電位上昇が

of ventricular depolarization may also contribute to observer differences in judging QRS onset. The interval between QRS onset in each lead and the peak of the R wave in lead II as a time reference was measured in each set. The means and standard errors of the differences between the two observers are presented in Table 3. None of these differences is statistically significant. The standard errors of the differences vary considerably among the leads. Of particular interest is the comparison between lead II (a generally accepted reference lead) and leads V₁ and V₂. Although the standard errors for the precordial leads are generally lower than the other leads with the exception of lead II set 1, differences between the precordial leads and lead II are not large. Note that interobserver differences are greater for these measurements than for the time line measurements; at best, lead II set 1, 38% of the differences exceed 1 msec and 7% exceed 4 msec.

比較的緩慢であることもQRS開始点の判定における検者間の差に関与するであろう。各組の記録における各誘導のQRS開始点から時間の基準として用いた第II誘導におけるR波の頂点までの間隔を計測した。2検者間の差の平均および標準誤差を表3に示した。統計的に有意な差は見られない。差の標準誤差は、各誘導によって相当の違いがある。第II誘導(基準誘導として一般に使用されているもの)とV₁およびV₂誘導との比較が特に注目される。これらの胸部誘導では、第1組の記録における第II誘導を除くいずれの誘導よりも標準誤差は一般に小さく、これらの胸部誘導と第II誘導の間に大差はない。これらの計測では、時間線計測の場合よりも検者間の差が著しいことを指摘したい。最も成績のよかった第1組記録の第II誘導でも、その差の38%は1 msec以上、7%は4 msec以上であった。

TABLE 3 MEANS AND STANDARD ERRORS (IN MILLISECONDS) OF THE DIFFERENCES BETWEEN TWO OBSERVERS IN MEASUREMENT OF QRS ONSET FOR EACH LEAD IN THE FOUR PRECORDIAL LEAD SETS

表3 QRS開始点計測の2検者間の差の平均および標準誤差、
単位 msec : 誘導別、4組の胸部誘導群別

Set	Number		I	II	III	aVF	V ₁	V ₂	V ₃	V ₆
1	84	Mean	-0.10	0.10	0.82	0.24	0.27			
		SEM	0.28	0.20	0.55	0.30	0.23			
2	84	Mean	-0.81	-0.28	0.05	-0.07		0.05		
		SEM	0.42	0.36	0.40	0.34		0.25		
3	83*	Mean	-0.23	-0.20	0.55	0.36			0.49	
		SEM	0.40	0.32	0.33	0.43			0.41	
4	83*	Mean	-0.28	-0.25	-0.03	-0.24				0.61
		SEM	0.38	0.35	0.50	0.33				0.31

*Data for one lead unobtainable in one subject.

Earliest Onset of Ventricular Depolarization. Analysis was performed to determine which ECG lead most frequently reveals the earliest evidence of ventricular depolarization. Table 4 presents the mean interval for the 84 subjects between QRS onset in each lead and the R wave peak in lead II. The data are the average of the independent measurements by the two observers. As a result of the choice of time reference, earlier onset is manifested by a longer interval (before R wave peak in lead II). Table 4 shows that the precordial lead in each set records the onset of ventricular depolarization earliest.

To test the significance of these observed differences in QRS onset, a matrix of all differences among the

心室脱分極が最も早く出現する誘導部位。いずれの心電図誘導で心室脱分極の所見が最も早く検出されることが多いかについて検討した。表4には、被検者84人について各誘導におけるQRSの開始点から第II誘導におけるR波の頂点までの平均間隔を示した。この資料は、2検者が別個に行った計測の平均値に基づく。ここに使用した時間的基準の関係で、第II誘導におけるR波の頂点までの間隔が大きいほど脱分極の開始が早い。表4によれば、各組とも心室脱分極の開始は胸部誘導において最初に記録される。

QRS開始点について観察されたこれらの差の有意性を

TABLE 4 MEANS AND STANDARD ERRORS (IN MILLISECONDS) OF THE INTERVALS BETWEEN QRS ONSET IN EACH LEAD AND THE R WAVE PEAK OF LEAD II FOR EACH PRECORDIAL LEAD SET. INDEPENDENT MEASUREMENTS BY TWO OBSERVERS WERE AVERAGED

表4 各誘導におけるQRS開始点から第II誘導におけるR波の頂点までの間隔の平均および標準誤差, 単位 msec: 胸部誘導群別. 2人の検者が別個に求めた計測値の平均に基づく

Set	Number		I	II	III	aVF	V ₁	V ₂	V ₃	V ₆
1	84	Mean	29.8	33.1	33.3	35.0	39.5			
		SEM	0.672	0.679	0.652	0.582	0.615			
2	84	Mean	30.2	32.8	33.8	34.8		40.2		
		SEM	0.659	0.723	0.726	0.609		0.615		
3	83*	Mean	30.7	32.4	32.9	34.6			39.3	
		SEM	0.614	0.740	0.809	0.632			0.596	
4	83*	Mean	30.1	32.9	33.5	34.6				37.1
		SEM	0.668	0.702	0.683	0.630				0.621

*Data for one lead unobtainable in one subject.

TABLE 5 DIFFERENCES (IN MILLISECONDS) IN MEAN QRS ONSET AMONG THE FIVE LEADS IN EACH SET. INDEPENDENT MEASUREMENTS BY TWO OBSERVERS WERE AVERAGED

表5 各組の五つの誘導における平均QRS開始点の差, 単位 msec. 2人の検者が別個に求めた計測値の平均に基づく

Set 1 (84 Subjects)						Set 2 (84 Subjects)					
	I	II	III	aVF	V ₁		I	II	III	aVF	V ₂
I		3.3**	3.5**	5.2**	9.7**	I		2.6	3.6**	4.6**	10.0**
II			0.2	1.9	6.4**	II			1.0	2.0*	7.4**
III				1.7*	6.2**	III				1.0	6.4**
aVF					4.5**	aVF					5.4**
V ₁						V ₂					

Set 3 (83 Subjects†)						Set 4 (83 Subjects†)					
	I	II	III	aVF	V ₁		I	II	III	aVF	V ₂
I		1.7	2.2	3.9**	8.6**	I		2.8	3.4**	4.5**	7.0**
II			0.5	2.2**	6.9**	II			0.6	1.7	4.2**
III				1.7	6.4**	III				1.1	3.6**
aVF					4.7**	aVF					2.5**
V ₃						V ₆					

*.01 < P < .05

** P < .01

†Data for one lead unobtainable in one subject

leads was constructed (Table 5), and statistical significance was ascertained by using the Hotelling T² statistic.⁵ Many of the observed differences among the leads are statistically significant. In every set the precordial lead has the earliest onset and the differences between the precordial lead and the other leads are highly statistically significant (P < .01).

検定するため, 各誘導の間の差の行列を求め(表5), HotellingのT²統計法⁵を用いて統計的有意性の検定を行った. 各誘導間に観察された差の多くは統計的に有意である. 各組とも心室脱分極の開始が最も早いのは胸部誘導であり, 胸部誘導とその他の誘導の間には統計的に極めて有意の差がある(P < .01).

DISCUSSION

QRS onset was compared between simultaneously recorded conventional ECG leads. The earliest QRS onset was found in the precordial leads, usually leads V₁ or V₂. Relative to lead II, mean onset occurred 6.4 msec earlier in lead V₁ and 7.4 msec in lead V₂. This is sufficient justification for the use of these anterior precordial leads routinely in systolic intervals, particularly since it is often difficult to judge the lead of earliest onset from the oscilloscope screen at the time of recording. There is some theoretical basis also for predicting that the first deflection might appear in the anterior precordial leads. Studies of thoracic isopotentials have shown an early potential over the sternum.⁶⁻⁹ Studies of isolated perfused hearts have also revealed the earliest epicardial breakthrough of potential in the area pretrabecularis of the right ventricle.^{10,11}

Data have also been presented on the precision of these external measurements of physiological variables. The abundant literature on systolic time intervals has in general neglected consideration of methods employed in measuring intervals. In the present study, the precision of a system which utilizes an engineering drafting board with mounted rules and a specially designed triangle with a vernier scale has been defined. This system permitted measurement of time line intervals to approximately 0.2 mm (1 msec at a paper speed of 200 mm/sec). The precision of measurement of electrocardiographic timing was lower. The interobserver differences varied among the leads but at best (lead II set 1) 93% of the differences were 4 msec or less. It is of interest that the ECG limb leads tended to be more severely affected by AC interference and muscle tremor than the precordial leads. It was anticipated therefore that the precision of measurement would be best in the precordial leads. However, as shown in Table 3, there were no major differences in precision among the leads.

Frank and Kinlaw¹² investigated the differences among observers in the measurement of isovolumetric contraction time (ICT) and tension period (TP). The standard deviation of the differences between observers was 1.7 msec for ICT and 1.9 msec for TP based on the average of 10 cardiac cycles for each subject. The present data were obtained from a single cardiac cycle and so cannot be directly compared. Use of additional beats would have improved the precision of the measurements.

Spodick et al¹³ analyzed the precision of measurement of the left ventricular ejection time at varying paper speeds and found good agreement among five

考 察

通常の各種誘導心電図を同時記録してQRSの開始点を比較検討した。QRS開始は胸部誘導に最も早く、それも普通はV₁またはV₂誘導であると認められた。平均開始時間は、第II誘導に比べてV₁誘導で6.4 msec、V₂誘導で7.4 msecも早い。特に、検査時にオシロスコープのスクリーン上では、どの誘導にQRSの開始が最も早く現われるか判定が困難である場合が多いので、以上の所見は、心収縮時間の日常検査法として前胸部誘導を使用するによい妥当性を示す。最初の振れが前胸部誘導に出現するであろうと予測することには、若干の理論的根拠がある。胸壁上の等電位分布に関する研究によれば、胸骨上に早期に電位が認められている。⁶⁻⁹ 心臓を摘出して灌流した研究においても、電位が心外膜側へ最も早く到達する部位は、右室の肉柱前部であると認められている。^{10,11}

生理学的変数の体外計測の精度に関する資料も示した。心収縮時間についての文献は多いが、間隔の計測に用いられた方法の考察は一般になおざりにされている。今回の調査では、定規を取りつけた機械製図板と特に考案した副尺つき三角定規を用いて計測方法の精度を決定した。この計測方法では、時間線間隔を約0.2 mm単位(ペーパースピード200 mm/secとすれば1 msecに相当)で計測できた。心電波形の時間記録についての計測の精度はこれ以下であった。検者間の差は各誘導間で一定でなかったが、最も成績のよかったもの(第1組の第II誘導)においては、差の93%は4 msec以下であった。心電図肢誘導では、胸部誘導に比べて交流干渉や筋肉振顫の影響が著しい傾向があることが注目された。したがって、計測の精度は胸部誘導が最もよいであろうと予想した。しかし、表3に示すように、各誘導の間で精度に大きな差は認められなかった。

FrankおよびKinlaw¹²は、等容性収縮時間(ICT)と緊張期(TP)の計測における検者間の差を調査した。各被検者について10心拍を測定し、その平均値に基づいて求めた検者間の差の標準偏差はICTで1.7 msec、TPで1.9 msecであった。今回の調査の資料は1心拍に基づいたものであるため、これと直接比較することはできない。心拍数をもっと多くすれば、計測の精度はさらに向上したであろう。

Spodickら¹³は、種々のペーパースピードで求められた左室駆出期の計測の精度を検討したが、ペーパースピー

observers regardless of paper speed. Pigott et al¹⁴ similarly found that the precision of measurement of apexcardiograms was independent of paper speed. In both studies, interspeed differences of the observed measurements were significant although there was no trend toward an optimal recording speed. The present study was performed only at a nominal speed of 200mm/sec so the influence of recording speed on precision or observed intervals cannot be analyzed. There were, however, considerable variations of actual speed, despite careful preparation of the equipment and paper throughout the study period. This has not received adequate attention in the literature. In many published reports where variations in paper speed were neglected or discounted, such variations are indicated by differences in adjacent time line intervals in figures. It is not surprising that in mechanical systems of paper advance there should be variations in paper speed. Use of simultaneously entered time lines and correction of measured intervals for actual paper speed will eliminate this source of variability.

Lastly, any possible effects of such technical considerations on the value of these measurements as a research tool must be considered. Weissler et al¹⁵ found a mean increase in pre-ejection period of 44msec and a decrease in left ventricular ejection time of 39msec in patients with severe heart disease compared with normal subjects. Measurement variations, or errors, of the magnitude defined in this report would not substantially alter the significance of those findings. However, where inter-group differences are smaller, it is entirely possible that any improvement in the reproducibility of the measurements may affect the ability of these techniques to discriminate normal from abnormal.

ドに関係なく5人の検者の間の一致は良好であると認めている。Pigottら¹⁴は、心尖拍動図についての計測の精度もペーパースピードと関係がないと認めている。この2調査では、各速度における計測値の間に有意な差があったが、最適の記録速度を示唆する傾向はなかった。今回の調査では、200mm/secの表示速度のみで検査を行ったので、精度あるいは間隔の計測に対して記録速度の及ぼす影響の解析はできない。しかし、今回の調査期間中装置および記録紙について細心の注意を払ったにもかかわらず、実際の記録速度に相当の変動があった。この点は、従来の文献で十分に考察されていない。多くの報告は、ペーパースピードの変動を無視あるいは過小評価しているが、掲載図表において相隣接する時間線間隔に差があり、記録速度に変動があることを示している。機械的な記録装置では、ペーパースピードの変動が起こることは不思議でない。時間線の同時記録を用いて実際のペーパースピードについて間隔測定を補正すれば、この変動の影響を除去できる。

最後に、研究の手段としてのこれらの計測の価値に対して、この種の技術的な配慮がいかなる効果を及ぼす可能性があるかを考えねばならない。Weisslerら¹⁵は、正常者に比べて重症心臓疾患患者の前駆出期(PEP)が平均して44 msec長く、左室駆出期(LVET)が39 msec短いと認めている。本報告で認められた程度の計測値の変動ないし誤差は、上記所見の意義に本質的な変化をもたらすものではない。しかし、計測値の再現性が少しでも改善されるならば、群間差がもっと小さい場合にこの検査法の正常、異常の判別能力を高める可能性がある。

REFERENCES

参考文献

1. Noninvasive Cardiology. In *Clinical Cardiology Monographs*, ed by WEISSLER AM. New York, Grune & Stratton, 1974. pp301-68
2. MCCONAHAY DR: Letter to the Editor. *Circulation* 46:633-4, 1972
3. PARKER ME, JUST HG: Systolic time intervals in coronary artery disease as indices of left ventricular function: fact or fancy? *Br Heart J* 36:368-76, 1974
4. BELSKY JL, TACHIKAWA K, JABLON S: The health of atomic bomb survivors: A decade of examinations in a fixed population. *Yale J Biol Med* 46:284-96, 1973
5. MORRISON DF: *Multivariate Statistical Methods*. New York, McGraw Hill, 1967. pp133-41
6. TACCARDI B: Distribution of heart potentials on the thoracic surface of normal human subjects. *Circ Res* 12:341-52, 1963
7. SPACH MS, SILBERBERG WP, BOINEAU JP, BARR RC, LONG EC, GALLIE TM, GABOR JB, WALLACE AG: Body surface isopotential maps in normal children, ages 4 to 14 years. *Am Heart J* 72:640-52, 1966
8. KARSH RB, SPACH MS, BARR RC: Interpretation of isopotential surface maps in patients with ostium primum and secundum atrial defects. *Circulation* 41:913-33, 1970
9. FLOWERS NC, HORAN LG: Comparative surface potential patterns in obstructive and nonobstructive cardiomyopathy. *Am Heart J* 86:196-202, 1973
10. DURRER D, VAN DAM RTH, FREUD GE, JANSE MJ, MEIJLER FL, ARZBAECHER RC: Total excitation of the isolated human heart. *Circulation* 41:899-912, 1970
11. BRUSCA A, ROSETTANI E: Activation of the human fetal heart. *Am Heart J* 86:79-87, 1973
12. FRANK MN, KINLAW WB: Indirect measurement of isovolumetric contraction time and tension period in normal subjects. *Am J Cardiol* 10:800-6, 1962
13. SPODICK DH, KUMAR S, FLESSAS AP, SRIRATANABAN AD, SOSLER G, KLINTS RV, MUENCH H: Relationship of paper speed to precision of pulse wave measurements. A multiple observer study of left ventricular ejection time. *Aerosp Med* 40:707-9, 1969
14. PIGOTT JM, RYAN-PLATT R, ELBER E, SPODICK DH: The influence of recording speed on apexcardiographic timing. *Cardiology* 57:232-9, 1972
15. WEISSLER AM, HARRIS WS, SCHOENFELD CD: Bedside technics for the evaluation of ventricular function in man. *Am J Cardiol* 23:577-83, 1969