Utrecht University Library
Partner in Science
Universiteit Utrecht

Het electrocardiogram van het getrainde paard

https://hdl.handle.net/1874/33358

HET ELECTROCARDIOGRAM VAN HET GETRAINDE PAARD

Diss. Utrecht, V.f., 1965, 5.

HET ELECTROCARDIOGRAM VAN HET GETRAINDE PAARD

DAS ELEKTROKARDIOGRAMM DES TRAINIERTEN PFERDES

THE ELECTROCARDIOGRAM OF THE TRAINED HORSE

(mit einer deutschen Zusammenfassung)
(with a summary in English)

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN DOCTOR IN DE DIERGENEESKUNDE AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT, OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS, PROF. MR. L.J. HIJMANS VAN DEN BERGH, VOLGENS BESLUIT VAN DE SENAAT IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN OP DONDERDAG 13 MEI 1965 DES NAMIDDAGS TE 4.15 UUR

DOOR

JAN KRONEMAN

GEBOREN 6 MAART 1928 TE EIBERGEN

1965
"BRONDER-OFFSET" ROTTERDAM

RIJKSUNIVERSITEIT UTRECHT
1469 9445

PROMOTOR: Prof. Dr. G. Wagenaar.

Uit de Kliniek voor Inwendige Ziekten van
de faculteit voor Diergeneeskunde van de
Rijksuniversiteit te Utrecht.

Bibliotheek der
Rijksuniversiteit te Utrecht
Afd. Diergeneeskunde

Ter nagedachtenis aan mijn Vader.

Aan Siets en de kinderen.

INHOUD

blz.

HOOFDSTUK 1. INLEIDING 13

HOOFDSTUK 2. LITERATUUR OVERZICHT OVER HET HART VAN DE GETRAINDE MENS 18

2-1. Het sporthart, anatomisch gedeelte 18

2-1-1. Is het sporthart een pathologische aanpassing aan de gevraagde arbeid? 18

2-1-2. Is het sporthart een physiologische aanpassing aan de gevraagde arbeid? 20

2-1-3. Vorm en grootte van het sporthart 20

2-1-4. De correlatie van de hartgrootte met een aantal lichaamsmaten 22

2-1-5. De oorzaak van de vergroting van het hart 23

2-1-6. Pathologisch-anatomische bevindingen 25

2-1-7. Conclusie 27

2-2. Het sporthart, functionele gedeelte 27

2-2-1. De frequentie 27

2-2-2. Haemodynamische bevindingen 28

2-2-2-1. Het slag- en minuutvolume 28

2-2-3. Intracardiale drukmetingen 29

2-2-4. Röntgenkymografie 29

2-2-5. Conclusie 31

2-3. Het sporthart, electrocardiografisch gedeelte 31

2-3-1. Het rythme 31

2-3-2. De activiteit van de voorkamers 32

2-3-3. De atrioventriculaire geleidingstijd 32

2-3-4. Het ventrikel complex 34

2-3-4-1. De QRS-tijd 34

2-3-4-2. De amplitudo van het QRS-complex 34

2-3-4-3. De duur van QT 35

2-3-4-4. Het ST segment en de T top 35

2-3-4-4-1. De vorm en het voltage van de T toppen 35

2-3-4-4-2. Het ST segment 36

blz.

2-3-5. Conclusie 36
2-4. De invloed van de training op de perifere bloedsomloop 36
2-4-1. De verandering in de vaten 36
2-4-2. De verandering in de bloeddruk 37
2-4-3. De invloed van de training op het arterio-veneuze zuurstof verschil 37
2-4-4. De invloed van de training op de weerstand in de arteriolae 37
2-4-5. Conclusie 38
2-5. De invloed van de training op het respiratie apparaat 38
2-5-1. De invloed van de training op het ademvolume en andere ademgrootheden 38
2-5-2. De invloed van de training op het zuurstofverbruik 39
2-5-3. De circulatie en de respiratie als begrenzende factoren voor de totale prestatie 40
2-5-4. Conclusie 42
2-6. Experimentele onderzoekingen bij dieren over de invloed van arbeid op het hart 42
2-6-1. Conclusie 44

HOOFDSTUK 3. EIGEN ONDERZOEK OVER HET SPORTHART VAN HET PAARD 45
3-1. Het sporthart van het paard, anatomisch gedeelte 45
3-1-1. Het gewicht en afmetingen van het hart van het getrainde paard, in totaal en in onderdelen 45
3-1-1-1. Het gewicht van het hart van het getrainde paard in totaal 45
3-1-1-2. Het gewicht en de afmetingen van de auriculae cordis 48
3-1-1-3. Het gewicht van de ventrikels 49
3-1-1-3-1. Enkele afmetingen aan de ventrikels 50
3-1-1-4. Discussie 54
3-1-1-5. Conclusie 57
3-2. Het sporthart van het paard, electrocardiografisch gedeelte 57
3-2-1. Inleiding 57
3-2-2. Het electrocardiogram in het algemeen 58
3-2-3. Het electrocardiogram van het getrainde paard in rust 60
3-2-3-1. De beenafleidingen volgens Einthoven 61
3-2-3-1-1. De afleiding I 61
3-2-3-1-2. De afleiding II 63
3-2-3-1-3. De afleiding III 66

blz.

3-2-3-1-4. De duur van de PQ tijd, de QQ tijd en de Q duur en hun onderlinge verhoudingen in de beenafleidingen 70

3-2-3-1-5. Discussie 75

3-2-3-1-6. Conclusie 77

3-2-3-2. De unipolaire afleidingen volgens Goldberger 78

3-2-3-2-1. De afleiding aV_r 79

3-2-3-2-2. De afleiding av_l 80

3-2-3-2-3. De afleiding aV_f 81

3-2-3-2-4. Conclusie 82

3-2-3-3. De borstwandafleidingen 83

3-2-3-3-1. Inleiding 83

3-2-3-3-2. De afleiding V_1 84

3-2-3-3-3. De afleiding V_2 85

3-2-3-3-4. De afleiding V_3 86

3-2-3-3-5. De afleiding V_4 87

3-2-3-3-6. De afleiding V_5 88

3-2-3-3-7. De afleiding $V_{ax\ 2}$ 89

3-2-3-3-8. De afleiding V_{-2} 89

3-2-3-3-9. De afleiding V_{-3} 90

3-2-3-3-10. De afleiding V_{-4} 90

3-2-3-3-11. De afleiding V_{-5} 91

3-2-3-3-12. De afleiding V_{ax-2} 91

3-2-3-3-13. Discussie 92

3-2-3-3-14. Conclusie 94

HOOFDSTUK 4. DE INVLOED VAN ARBEID OP HET ELECTROCARDIOGRAM VAN HET GETRAINDE PAARD 96

4-1. Inleiding 96

4-2. De invloed van de arbeidsgrootte en de tijd waarin deze arbeid verricht wordt 97

4-2-1. Inleiding en de techniek van de registratie 97

4-2-2. De veranderingen van het electrocardiogram bij kortdurende belasting 100

4-2-2-1. De veranderingen van de P top 100

4-2-2-2. De veranderingen van het QRS complex 102

4-2-2-3. De veranderingen van het ST segment en de T top 103

4-2-2-4. De veranderingen in de QQ tijd en het optreden van arrythmie 108

4-2-2-5. Conclusie 110

blz.

4-2-3. De veranderingen in de componenten van het electrocardiogram na langdurige belasting 111

4-2-4. Conclusie 113

HOOFDSTUK 5. CONCLUSIES 138

5-1. Het morphologische gedeelte 138

5-2. Het electrocardiografische gedeelte 138

5-3. Betekenis voor de kliniek 141

HOOFDSTUK 6. SAMENVATTING 142

6-1. Samenvatting 142

6-2. Zusammenfassung 145

6-3. Summary 147

LITERATUUR 149

VOORWOORD.

Bij het verschijnen van deze dissertatie gaat in de eerste plaats mijn dank uit naar mijn ouders, die mij in de gelegenheid gesteld hebben mijn studie naar eigen inzicht te kiezen en te voltooien. Hoeveel opoffering dit voor hen betekend heeft heb ik pas later begrepen.

U, Hoogleraren, oud-Hoogleraren en Docenten van de faculteit voor Diergeneeskunde betuig ik gaarne dank om uw bijdragen aan mijn wetenschappelijke en maatschappelijke vorming.

Hooggeleerde Wagenaar, hooggeachte Promotor, Uw hulp bij het tot stand komen van dit proefschrift is groot geweest.
Door Uw werklust en enthousiasme hebt U mij, tijdens het onderzoek gestimuleerd en bij de uiteindelijke voltooiïng, voor een desillusie behoed.

Voor de grote mate van vrijheid, die U mij toch gaf bij het onderzoek, voor Uw hulp en stimulans en voor Uw geduld ben ik U zeer veel dank verschuldigd.

Hooggeleerde Romijn Uw belangstelling in de electrocardiographie is voor mij van grote waarde geweest. Dat U ondanks Uw drukke werkzaamheden nog gelegenheid gevonden hebt het manuscript van deze dissertatie te lezen en van opmerkingen te voorzien heb ik zeer gewaardeerd.

Hooggeleerde van den Akker met zeer veel genoegen memoreer ik de discussies die ik met U mocht hebben over hypertrophie.

Hooggeleerde Meyling, voor Uw toestemming tot het vervaardigen van het fotografische werk op Uw Instituut ben ik u zeer dankbaar.

Dear Prof. Wilson, I am very much indebted for your valuable help and contributions to the English text of the summary.

Hooggeleerde Beijers, U ben ik dankbaar voor Uw hulp bij de eerste schreden op het pad van de inwendige geneeskunde van de grote huisdieren.

Zeer Geleerde en Geleerde collegae en oudcollegae aan de Kliniek voor Inwendige Ziekten.

Op de kliniek heerst een bijzondere sfeer, die nogal eens aan critiek bloot staat. Soms is deze critiek misschien terecht, doch wij allen weten dat dat de sfeer op de Kliniek voor Inwendige Ziekten gedragen wordt door kameraadschap en begrip voor elkaar.

U allen hebt aan dit onderzoek direct of indirect medegewerkt. U allen

hebt critiek geleverd op Uw eigen wijze en daarmede hebt U mij iets van Uw levenskunst laten proeven.

Voor deze ervaring, voor Uw hulp, Uw kameraadschap en Uw werkelijke collegialiteit ben ik U dankbaar.

Geleerde Huisman, dankzij Uw bereidwillige hulp kon dit onderzoek met een belangrijk gegeven verrijkt worden. Het verheugt mij dat ik de prettige samenwerking hier kan memoreren.

Zeer geachte Mej. Ester, Mej. Alma en Mevr. Franssen-Verbon, U ben ik veel dank verschuldigd voor het vele type werk.

Zeer Geachte Heer van den Oudenalder, U dank ik voor het vervaardigen van de foto's zonder welke het werk zeker niet compleet zou zijn.

Zeer Geachte Heer Danner, U ben ik veel dank verschuldigd om de grote vaardigheid waarmee U de literatuur wist op te duiken.

Aan de Commandant van de Bereden Brigade van de Gemeente Politie Rotterdam en aan de trainer P. M. Smit te Mereveld ben ik, evenals aan vele andere trainers en manegehouders veel dank verschuldigd voor de gastvrijheid op hun bedrijven.

Zeergeleerde Poort, Kees, met het feit, dat je nu weer als paranymph optreedt bij een Diergeneeskundige promotie bewijs je duidelijk je belangstelling voor de diergeneeskunde. Na deze dag zul je er weer meer van begrijpen.

Zeergeleerde Wintzer, Hans, veel dank voor je hulp bij de Zusammenfassung. Door jouw rust en beheersing zul je mij ongetwijfeld tot steun zijn op de promotie.

Verder dank ik alle anderen die mij eens of vaker hun hulp verleend hebben. Al worden zij hier niet persoonlijk genoemd, hun bijdrage was even goed belangrijk en waardevol.

Siets, jij hebt enkele jaren tegen een aantal dozen met electrocardiogrammen aangekeken. Deze stapel werd soms kleiner, doch soms groeide hij explosief. Later kwamen er vellen papier voor in de plaats. Jij hebt deze "rommel" in stilte verdragen. Later heb je enorm geholpen bij de correcties, en eigenlijk heb jij nog veel en veel meer gedaan. Hiervoor Siets, meer dan dank.

HOOFDSTUK 1.

INLEIDING.

Door de steeds voortschrijdende mechanisering in de landbouw daalt het aantal paarden sedert 1945 zeer sterk.
Het lijkt paradoxaal onder deze omstandigheden een veterinair proefschrift aan het paard te wijden, te meer omdat in de diergeneeskunde nog vele economisch zeer belangrijke problemen om een grondige bestudering vragen.
Nu we echter in een periode van grote welvaart leven en er steeds meer vrije tijd beschikbaar komt, is de belangstelling voor de PAARDENSPORT sterk toegenomen.

De drafsport b.v. maakt in Nederland, sedert de herinvoer van de totalisator in 1949, een periode van ongekende bloei door. Een gedeelte van de totalisatorgelden wordt besteed aan prijzen voor de verschillende draverijen, hetgeen de drafsport zeer sterk stimuleert. De jaarlijks uitbetaalde bedragen aan prijzen voor de lange baandraverijen zijn in tabel 1 opgenomen.

TABEL 1.

Jaarlijks uitbetaalde bedragen voor de lange baandraverijen (afstanden meer dan 800 meter).

jaar	uitbetaald bedrag	jaar	uitbetaald bedrag
1946	f. 236001	1956	f. 1214045
1947	f. 140576	1957	f. 1193750
1948	f. 110835	1958	f. 1326100
1949	f. 272549	1959	f. 1354275
1950	f. 298152	1960	f. 1419950
1951	f. 381625	1961	f. 1477528
1952	f. 519550	1962	f. 1664949
1953	f. 685055	1963	f. 1777943
1954	f. 749895	1964	f. 2786895
1955	f. 898070		

Door de wederinvoer van de totalisator is ook het totaal aantal dravers gestegen (Tabel 2).

TABEL 2.

Totaal aantal dravers (inclusief fokmerries).

1946 t/m 1951	1200	1958	1656
1952	1240	1959	1816
1953	1297	1960	1968
1955	1349	1961	2136
1956	1414	1962	2181
1957	1518	1963	2200
		1964	2321

De verhoging van het prijzenbedrag en de toename van het totaal aantal dravers heeft o. a. een stijging van het aantal dravers geschikt voor de lange baan tot gevolg had (Tabel 3).

TABEL 3.

Totaal aantal gestarte dravers op de lange baan.

1946	335	1956	591
1947	315	1957	598
1948	324	1958	603
1949	393	1959	662
1950	433	1960	662
1951	443	1961	701
1952	472	1962	684
1953	502	1963	770
1954	530	1964	906
1955	544		

Niet alleen is sedert de herinvoer van de totalisator een toename van het aantal dravers te constateren, doch ook de kwaliteit is toegenomen.

Voor een zeer groot deel is dit het gevolg van de saneringsmaatregelen, die door de Stichting Draf- en Rensport uitgevaardigd zijn. De verbeteringen van

de tijden, waarin de klassieke en semi-klassieke draverijen gelopen worden, illustreren de kwaliteitsverbeteringen van de Nederlandse draver. De directe invloed is thans niet meer zo merkbaar en het lijkt of de verbetering in kwaliteit tot de vijftiger jaren tot stilstand is gekomen (Tabel 4).

TABEL 4.

Kilometertijden van klassieke draverijen.

jaar	producten draverij	derby	Kamp.schap Ned.paarden
1945	1.40.1	1.36.4	1.27.1
1946	1.36.0	1.34.7	1.25.1
1947	1.39.5	1.31.3	1.26.9
1948	1.36.0	1.32.8	1.25.5
1949	1.35.5	1.33.3	1.25.8
1950	1.31.5	1.28.3	1.23.8
1951	1.33.4	1.26.6	1.24.0
1952	1.31.5	1.28.4	1.27.0
1953	1.30.0	1.28.4	1.24.3
1954	1.30.6	1.26.4	1.21.4
1955	1.30.2	1.26.9	1.23.8
1956	1.29.6	1.30.3	1.21.3
1957	1.29.4	1.27.3	1.23.1
1958	1.28.3	1.28.7	1.21.8
1959	1.26.7	1.29.3	1.21.6
1960	1.26.5	1.25.6	1.21.4
1961	1.26.4	1.25.8	1.22.4
1962	1.26.2	1.27.6	1.21.2
1963	1.29.7	1.26.0	1.21.9
1964	1.26.8	1.26.0	1.23.0

De belangstelling voor de rensport is sedert 1945 nagenoeg constant gebleven.

In de landbouw is een zeer duidelijke verschuiving in de richting van het landbouwrijpaard waar te nemen. De stamboeken volgen nog slechts aarzelend en nog niet consequent deze tendens.

De oprichting van het zgn. sportregister is echter een stap in deze richting.

De paarden, die men nog aantreft op de gemechaniseerde bedrijven dienen grotendeels of voor de fokkerij of voor de sport.

Doordat het paard meer in de belangstelling van de SPORT is komen te staan, vragen de problemen, die hiermee samengaan de aandacht.
Tot deze problemen behoort in de eerste plaats de TRAINING. Tijdens deze training wordt het paard, meestal volgens een empirische methode, geoefend voor een bepaald doel. Dit doel is meestal het verkrijgen van een zo groot mogelijke snelheid en/of een groot uithoudingsvermogen. Van de springpaarden wordt tevens nog een grote behendigheid en intelligentie gevraagd.
Het getraind zijn is een adaptatie van het gehele dier aan de gestelde eisen bij deze training.
Deze adaptatie gaat gepaard met SPECIFIEKE veranderingen in het organisme. Het grootste gedeelte van onze paarden wordt thans getraind op uithoudingsvermogen en snelheid. Er zullen dus veranderingen optreden in die organen die bij deze training belast worden: hoofdzakelijk het hart, de longen, de musculatuur en het skelet van de benen.

Naast de training vraagt de VOEDING van deze dieren onze aandacht. Willen deze dieren optimale prestaties gedurende lange tijd kunnen leveren, dan dient op zijn minst de voeding optimaal te zijn. Een onderzoek naar de behoeften van deze sportpaarden is dan ook zeer gewenst.

Wordt de training ondeskundig uitgevoerd of worden de eisen aan het dier te hoog gesteld dan kunnen de verschijnselen van de OVERTRAINING optreden. Een van de eerste symptomen, die men bij dit syndroom ziet, is verminderde eetlust gepaard gaande met een daling in gewicht. Verder houden de dieren te lange tijd na de arbeid een te hoge temperatuur. Het paard zweet te veel, te snel en onregelmatig. De dieren zijn humeurig. Tenslotte dalen de prestaties. Hoewel dit syndroom bij de meeste trainers bekend is, wordt er toch te weinig aandacht aan geschonken. De heel vaak voorgeschreven weidegang is bij de hengsten uit practische overwegingen niet uit te voeren. Verder geeft deze therapie in het algemeen weinig verbetering omdat de "CONDITIE" van het dier zeer snel achteruitgaat als het niet geoefend wordt. Van een absoluut wedstrijdverbod, verandering van voer en trainingswijze zal men een beter succes kunnen verwachten. Doordat de OVERTRAINING tenslotte resulteert in een vermindering van de prestatie, wordt veelal gedacht, dat deze daling in prestatievermogen het gevolg is van een hartaandoening. Hoewel de meeste eigenaren een grote dosis liefhebberij voor de paardensport hebben en ook wel financiële offers willen brengen, spelen toch financiële belangen, welke vaak van verzekeringstechnische aard zijn, een grote rol.

Voor de paarden, waarvan de prestaties niet voldoen aan de verwachtingen, wordt zeer vaak een veterinair onderzoek gevraagd. De anamnese is in het algemeen zeer summier en deze geeft meestal weinig aanknopingspunten.

Bij het algemeen onderzoek in rust, waarbij vooral de benen van het dier niet vergeten mogen worden, verkrijgt men vaak negatieve bevindingen. Eerst tijdens of na arbeid worden soms "afwijkingen" gevonden. De interpretatie van

deze bevindingen is zeer moeilijk, omdat van de invloed, die een training op snelheid en uithoudingsvermogen heeft op het organisme van het paard weinig of niets bekend is.

In dit proefschrift wordt slechts een zeer aarzelend en schuchter begin gemaakt met dit probleem waarbij de veranderingen zullen worden behandeld, die het hart ondergaat tijdens de training op snelheid en uithoudingsvermogen.

HOOFDSTUK 2.

LITERATUUROVERZICHT.

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de veranderingen, die in het circulatie- en in het respiratie-apparaat bij de mens optreden tijdens een trainingsperiode op snelheid en uithoudingsvermogen.

2.1. HET SPORTHART, ANATOMISCHE GEDEELTE.

De veranderingen, die het organisme ondergaat tengevolge van een geregelde intensieve arbeid, worden opgevat als een aanpassing aan deze arbeid. Het is al lange tijd bekend, dat ook het hart hierdoor veranderingen ondergaat. Deze veranderingen betreffen zowel de grootte als de wijze van functioneren. Voor deze vergrote en deze op andere wijze functionerende harten is door HENSCHEN (1899) de naam SPORTHART ingevoerd.
Het sporthart is een vergroot hart met een bijzondere wijze van functioneren. De vergroting is een gevolg van de verwijding van de hartholten en van een toename van de spiermassa. De veranderde wijze van functioneren uit zich o.a. in de lage rustfrequentie.

Hoewel men thans meer en meer meent, dat het sporthart een physiologische aanpassing aan zware arbeid is, zijn er toch nog velen o.a. v. BOROS (1949.1952.1953), WHITE (1951), WIGGERS (1952, 1959) en FRIEDBERG (1956), die menen, dat deze veranderde harten een geringe reserve-breedte hebben en zeer gemakkelijk insufficient kunnen worden. De vergroting zou volgens hen dus een pathologische aanpassing aan de gevraagde arbeid zijn.

2-1-1. Is het sporthart een pathologische aanpassing aan de gevraagde arbeid?

De opvatting, dat het sporthart een pathologische aanpassing aan de gevraagde arbeid is wordt gegrond op de onderzoekingen van Frank, Starling en Straub. FRANK (1895) heeft bepaalde wetmatigheden beschreven aan het geïsoleerde kikkerhart, die door STARLING (1920) en door STRAUB (1926) bevestigd

zijn aan het geïsoleerde zoogdierhart.
De wet laat zich als volgt samenvatten:

a. Het geïsoleerde hart werkt onder rustomstandigheden met een zeer klein restvolume. Het slagvolume is in ieder geval groter dan het restvolume.
b. Wordt het hart belast door een grotere hoeveelheid toestromend bloed, dan leidt dit tot een toename van de grootte en een toename van de vullingsdruk met als gevolg een veranderde krachtsontplooiing van het hart, welke resulteert in vergroting van het slagvolume.
c. Bereikt het hart onder toenemende belasting een bepaalde grootte, dan VERMINDERT, ondanks toenemende belasting de prestatie van het hart. Het is dan gekomen tot een insufficientie van het hart. In dit geval is het slagvolume KLEINER dan het restvolume.
d. Wordt het hart belast door een hogere arteriele druk dan past het hart zich aan door een diastolische vergroting.

Deze wetmatigheden, gevonden aan het GEISOLEERDE hart, zijn later overgenomen voor het hart IN SITU. MORITZ (1928, 1933, 1934) heeft zich bij de propaganda voor deze opvatting zeer verdienstelijk gemaakt.
Moritz meende dat de aanpassing van het hart aan zware belasting, zowel kort durende als langdurige, gepaard ging met een TOENAME van de GROOTTE van het hart en met een TOENAME van de VULLINGSDRUK.
Het kleine hart had nu de mogelijkheid door een grote toename in grootte meer arbeid te kunnen presteren dan een reeds vergroot hart. De grootte van het hart in rust is dan ook volgens Moritz een maat voor de accomodatie breedte van het hart. Een gezond hart was volgens Moritz een hart dat een normale grootte had en met een geringe diastolische vulling werkte. Deze harten hadden de grootste reserve kracht. Het reeds vergrote sporthart kon slechts weinig groter worden en verkeerde dus reeds op de grens van de insufficientie. Deze opvatting werd lange tijd gedeeld door DIETLEN (1923), LYSHOLM, NYLIN en QUARNA (1934), KATZ (1946), WHITE (1951), WIGGERS (1952) von BOROS (1953), FRIEDBERG (1956).
Ook op het Amerikaanse physiologen congres in 1954 werd door velen nog deze mening verdedigd. Het was echter opmerkelijk, dat KATZ (1955) zijn mening gewijzigd had.

Ook op grond van anatomische onderzoekingen meende men dat het sporthart geen physiologische aanpassing aan zware arbeid was. Men ging uit van de onderzoekingen van MÜLLER en THOMA (geciteerd door REINDELL 1949). Deze onderzoekers legden het eerst een nauw verband tussen het lichaamsgewicht en de vorm en de grootte van het hart.
De onderzoekingen van HIRSCH (1899) gaven verdere steun aan de onderzoekingen van Müller en Thoma. Hirsch legde de nadruk op de correlatie tussen het gewicht van de hartspier en het gewicht van de skeletspieren. Elke afwijking van de

door hem vastgestelde verhouding, werd door hem als pathologisch beschouwd. HIRSCH (1899) ging van de veronderstelling uit, dat iedere arbeid een zelfde bijdrage geeft tot de ontwikkeling van de skelet- en hartmusculatuur.
WEISZACKER (1928) geciteerd door REINDELL (1949) stelde echter vast, dat deze premisse onjuist was. Hij toonde aan dat snelheid- en krachtoefeningen ieder voor zich heel andere eisen stellen aan de skeletmusculatuur. Een prestatie van lange duur, b.v. een marathonloop, stelt geringe eisen aan de beenmusculatuur, omdat de loopsnelheid vrij gering is.
Bij de sprint en het hoogspringen zijn de eisen, die aan de beenmusculatuur gesteld worden, veel groter. Deze kortdurende prestaties (b.v. wereldrecord 1961 100 m 10,0 sec.) stellen weer veel minder eisen aan de ademhaling en de circulatie dan de prestaties van lange duur, zoals de 1500 meter en de langere afstanden.
De krachtsport stelt weer andere eisen. Men vindt dan ook, afhankelijk van de sport die beoefend wordt, een verschil in bouw van de athleet zo heeft de sprinter een zeer sterk ontwikkelde beenmusculatuur en een hart dat nauwelijks vergroot is, de marathonloper als andere uiterste, heeft een relatief geringe beenspierontwikkeling en een zeer groot hart.
De gewichtheffer heeft zeer sterk ontwikkelde borst- en armspieren.

2-1-2. Is het sporthart een physiologische aanpassing aan de arbeid?

De algemene geldigheid van de wet van Frank, Starling en Straub voor het hart IN SITU is geregeld in discussie geweest. Zowel van klinische zijde, KRAUS en KREHL (1904) geciteerd door Reindell (1949), REINDELL (1937, 1938, 1940, 1949), DELIUS (1943), STEAD-WARREN (1947), REINDELL - DELIUS (1948), ZDANSKY (1949), MELLEROWICZ (1956), PROKOP en SLAPAK (1958), als van physiologische zijde GOLLWITZER-MEYER (1938), WEZLER (1941), BAUEREISEN-REICHEL (1946, 1947), J. FREY en E. FREY (1948), BAUEREISEN (1957) is gewezen op de nerveuze en hormonale regulatie van de hartactiviteit. Al deze onderzoekingen legden er de klemtoon op, dat te lang de nadruk gelegd werd op de resultaten die verkregen zijn bij onderzoekingen aan geïsoleerde harten.
Ook volgens deze onderzoekers gaat de aanpassing van het hart aan de vermeerderde arbeid gepaard met een toename van de grootte, zij menen echter, dat deze toename physiologisch en voor een groot gedeelte reversibel is.

2-1-3. De vorm en de grootte van het sporthart.

De eerste gegevens omtrent de absolute hartgrootte werden door middel van percussie verkregen.
De door middel van de percussie verkregen waarden zijn echter zeer subjectief

en daardoor moeilijk vergelijkbaar.
HENSCHEN (1899) vond met deze methode, dat de harten van vele lange-afstandlopers vergroot waren. Deze bevindingen werden röntgenologisch door DIETLEN en MORITZ (1908) bevestigd. Met deze methodiek verkreeg men een meer exacte indruk van de grootte van het hart dan met behulp van de percussie.
Van de zijde van de militairgeneeskundige dienst van het Duitse leger is gewezen op de vergroting van de hartfiguur tijdens de diensttijd (DEUTSCH en KAUF 1924). Door KNOLL (1933) en door RAUTMANN (1927) werden echter geen vergrotingen van het hart door sportbeoefening vastgesteld.
Thans is echter met zekerheid vastgesteld, dat bij top-athleten het hart bij een training op uithoudingsvermogen groter wordt.
LYSHOLM, NYLIN en QUARNA (1934), FINGERHUT (1941, 1946), DELACHAUX, MAMIE en AYMON (1945), DELACHAUX (1946, 1947), REINDELL (1949), SJÖSTRAND (1955, 1956), NÖCKER (1956), MELLEROWICZ (1956, 1958).

De bepaling van de grootte van het hart wordt in het algemeen röntgenologisch gedaan. Zeer vaak wordt de hartgrootte volumetrisch bepaald. Met behulp van een röntgenfoto wordt de oppervlakte van het hart in transversale richting berekend, terwijl tevens in links-rechts richting een foto van het hart gemaakt wordt teneinde de diepte van het hart te bepalen. Vermenigvuldiging van deze twee waarden met een correctie factor, teneinde projectiefouten te elimineren, levert de hartinhoud. Door steeds de opnamen te maken in dezelfde richting en bij dezelfde afstand en dezelfde houdingen van de patiënt worden vergelijkbare waarden verkregen.
FRIEDMAN (1950) heeft deze methode bij lijken vergeleken met volume bepaling volgens de waterverdringing. Hij kwam tot de conclusie, dat de fout minder is dan 5%. Uit een onderzoek van MUSSHOFF-REINDELL, KLEPZIG en KIRCHHOFF (1957) bleek, dat het hartvolume van 57 ongetrainde personen 710 $\pm$ 15,4 ml bedroeg, terwijl dit voor getrainde personen onder de zelfde omstandigheden 922,3 $\pm$ 15,8 ml was.
Uit een voortgezet onderzoek is gebleken, dat diegenen die zich tijdens de training niet aan prestaties van lange duur onderwerpen geen hartvergroting krijgen. Dit zijn vooral de sprinters, de hoog- en verspringers, de werpers en de amateurboxers. Speciaal die athleten die tijdens hun training lange afstanden afleggen of langdurig oefenen krijgen zeer grote harten. De grootste harten vindt men bij beroepsboxers, bij wegrenners, bij marathonlopers en bij tienkampers.
Tabel 5 geeft hier een indruk van. Deze tabel is overgenomen uit het werk van H. Reindell en medewerkers. Herz- und Kreislaufkrankheiten und Sport 1960.

TABEL 5.

Overzicht van de hartvolumina bij niet getrainde personen en bij athleten, die verschillende takken van sport beoefenen.

	aantal	gem. hartvolume in ml.	spreiding v. h. hartvolume in ml.
ongetrainde personen	67	790	490 - 1080
korte afstandlopers	30	782	610 - 920
middenafstandlopers	86	876	605 - 1130
lange afstandlopers	66	923	645 - 1180
beroepswegrenners	18	1104	880 - 1460

H. Reindell - Herz- und Kreislaufkrankheiten und Sport (1960).

Veelvuldig werd de verandering in grootte van het hart tijdens een trainingsperiode bij een proefpersoon geregistreerd.
Het bleek, dat alle vier hartedelen aan de vergroting deel namen. Vooral bij liggende proefpersonen is de vergroting van de harteoren duidelijk waar te nemen. Bij 36 top-athleten werd deze vergroting in liggende positie aangetoond, doch werd het onderzoek in staande positie herhaald, dan werd de vergroting slechts 16 maal aangetoond. (MUSSHOFF en REINDELL 1956/1957). De vergroting van het linker atrium ging tevens gepaard met een verwijding van de venae pulmonales. (REINDELL-MUSSHOFF-KLEPZIG en WEILAND (1954). Ook bleken lange afstand athleten wijdere longarterien te hebben dan ongetrainde proefpersonen.

De vergroting van de rechter ventrikel begint met een verlenging en een afronden van de conus pulmonalis.

De vergroting van de linker ventrikel begint met een verlenging van het hart en een sterkere afronding van de harte-punt. Later ziet men een verbreding van het hart, doordat de beide ventrikels verwijden.
De breedte van het hart in transversale richting bedroeg bij lange afstand athleten 16 - 17 cm, terwijl dit bij ongetrainde personen van dezelfde leeftijd 10 - 12 cm was. Vooral bij lange afstand lopers kan de vergroting van de rechter ventrikel zeer opvallend zijn.

2-1-4. De correlatie van de hartgrootte met andere lichaamsmaten.

Het is steeds gebruikelijk geweest de grootte van het hart te correleren met andere lichaamsmaten, teneinde een inzicht te krijgen in de mate van hypertrofie.

De correlatie van de hartgrootte met de lichaamslengte of het lichaamsgewicht bleek een te grote spreiding te vertonen. Ook de correlatie van de hartinhoud met de lichaamsoppervlakte had geen voordelen boven de twee eerstgenoemde. Uit het onderzoek van KJELLBERG, RUDHE en SJÖSTRAND (1949) en van MUSSHOFF en medewerkers (1957) bleek, dat de correlatie van hartvolume met de lichaamsmaten gering was, maar dat er een veel grotere correlatie bestond met functionele grootheden.
Het gelukte aan KJELLBERG, RUDHE en SJÖSTRAND (1949) aan te tonen dat er een correlatie bestond tussen het prestatievermogen en het hartvolume. Deze onderzoekingen werden later bevestigd door REINDELL, KLEPZIG, MUSSHOFF, KIRCHHOFF, STEIM, MOSER, FRISCH (1957).
Als maat voor het prestatievermogen namen Kjellberg en medewerkers het arbeidsvermogen bij een pols van 170 slagen per minuut, Reindell en medewerkers de transport-capaciteit van zuurstof per hartslag (zuurstofpols). Uit deze onderzoekingen bleek, dat de prestatie van de gezonde mens groter is naarmate zijn hart groter is.
Ook is er een correlatie tussen de hartgrootte en het maximale slagvolume bij gezonde personen.

2-1-5. De oorzaak van de vergroting van het hart.

Van verschillende zijden is er op gewezen, dat het hart onder invloed van zware arbeid en langdurige training op uithoudingsvermogen groter wordt. Deze vergroting kan het gevolg zijn van:

1. een hypertrofie van de hartspiervezelen
2. een hyperplasie van de hartspiervezelen
3. een combinatie van deze beide mogelijkheden
4. een dilatatie van het hart
5. een combinatie van hypertrofie en dilatatie

Vroeger nam men algemeen aan, dat de vergroting van het hart een gevolg was van de spierhypertrofie. ACKERMANN, geciteerd door HERXHEIMER (1933), HERXHEIMER (1933), LAMPE, WELZ, HEINRICH en STRAUBEL (1925), waren deze mening toegedaan.

DEUTSCH en KAUF (1924) daarentegen waren van mening, dat de vergroting een gevolg van dilatatie was, EWIG (1925) en BRUNS (1925, 1928) waren van mening, dat de hartvergroting het gevolg was van een eerst optredende dilatatie gevolgd door een hypertrofie, de zgn. concentrische hypertrofie,
Uit het onderzoek van REINDELL c. s. (1949 en later) is gebleken dat de vergroting voor het grootste deel een gevolg is van verwijding van de hartholten, doordat de hoeveelheid restbloed vergroot is. Voor een zeer gering gedeelte is de vergroting het gevolg van een hypertrofie van de spiermassa.
LYSHOLM, NYLIN en QUARNA (1934) waren ook van mening, dat de vergroting

van het sporthart een gevolg was van de dilatatie, hoewel zij meenden, dat de dilatatie een gevolg was van overbelasting.

Steun voor zijn opvattingen meende Reindell te hebben gevonden in zijn röntgenologische onderzoekingen bij ongetrainde en getrainde proefpersonen. Deze onderzoekingen werden verricht in rust, tijdens en na arbeid. Ook werden röntgenologische onderzoekingen gedaan tijdens de Valsalva proef. Bij deze proef wordt geëxpireerd tegen een gesloten glottis, hierdoor neemt de intrathoracale druk zeer sterk toe; de bloedtoevoer naar het hart wordt dus zeer bemoeilijkt doordat de grote venen gedeeltelijk geblokkeerd worden. Direct na belasting is de perifere behoefte aan bloed nog groot. Het hart zal zich bij de Valsalva proef na belasting dus maximaal moeten ledigen.
Deze maximale systolische verkleining bedroeg bij een jonge in zeer goede conditie zijnde wegrenner 48% van het volume van het hart in rust. In rust was het systolische volume van het hart bij deze proefpersoon 1437 ml., dit was na arbeid tijdens de Valsalva proef 740 ml.

De gemiddelde afname in grootte van het hart tijdens maximale systole bedroeg bij een groot aantal athleten volgens REINDELL (1943, 1949, 1960) 39% van het volume in rust.

Aan deze afname in grootte van het hart tijdens de systole werken alle vier afdelingen van het hart mede. Ook neemt de diameter van de grote vaten, die nog intra-thoracaal liggen, af.

De vraag moet nu nog beantwoord worden of deze afname in grootte van het hart tijdens de systole het gevolg is van de vermindering van de veneuze toevloed zonder uitwerpen van het restbloed of dat de vermindering het gevolg is van het uitwerpen van meer restbloed.

Uit de onderzoekingen van REINDELL c. s. (1943, 1949, 1960), tijdens de Valsalva proef bij personen, die juist arbeid verricht hadden, is gebleken dat het hart zowel tijdens de diastole als tijdens de systole kleiner was dan in rustomstandigheden. Tijdens de Valsalva proef zou door de verminderde diastolische toevloed, alleen een verkleining van de diastolische grootte verwacht mogen worden. Aangezien de afname in grootte van het hart tijdens de systole de vermindering in grootte tijdens de diastole overtreft moet tijdens de systole meer restbloed uitgeworpen zijn. Deze maximale systolische afname in grootte van het hart, het maximale slagvolume, heeft een nauwe correlatie met de inhoud en de grootte van het hart.

Een verdere steun waren de onderzoekingen van KJELLBERG, RUDHE en SJÖSTRAND (1949). Zij konden aantonen, dat de linker ventrikel zich tijdens arbeid, bij gelijkblijvend diastolisch hartvolume, sterker ledigde. Dit wees op een toename van het slagvolume ten koste van de hoeveelheid restbloed.

RUSHMER (1954) kon door directe registratie van de ventrikel omtrek bij de hond aantonen, dat de diastolische afmetingen van het hart tijdens arbeid niet veranderden ondanks vermeerderde diastolische aanvoer.

Ook de onderzoekingen van MUSSHOFF, REINDELL, KLEPZIG en KIRCHHOFF (1957) wezen er op, dat het hart, zowel het hart van de ongetrainde als het sporthart, een grote hoeveelheid restbloed bevat. Zij konden aantonen, dat arbeid aanleiding geeft tot vergroting van het slagvolume, dit in tegenstelling tot de onderzoekingen van ASMUSSEN en NIELSEN (1952) en DONALD, BISHOP, CUMMING en WADE (1954). Deze vergroting van het slagvolume kwam tot stand bij een verhoging van de gemiddelde arteriele druk in de grote en kleine circulatie. Deze vergroting ging niet gepaard met een toename van de arteriele vullingsdruk, hetgeen door hartcatheterisatie bepaald werd.
Ondanks de toename van het slagvolume werd röntgenologisch geen diastolische vergroting van het hart waargenomen, hetgeen volgens de klassieke opvattingen verwacht kon worden, doch een zeer duidelijke systolische verkleining.

Uit boven besproken onderzoekingen kan geconcludeerd worden, dat zowel het menselijke als het dierlijke hart bij een belasting zijn slagvolume vergroot en voor deze slagvolume-vergroting een deel van zijn restbloed uitwerpt. Deze systolische volumereserve is des te groter naarmate de hoeveelheid rest - bloed groter is.

Deze grote hoeveelheid restbloed heeft bij het hart van de getrainde een wezenlijke andere functie dan bij het gedilateerde insufficiente hart. Bij de getrainde is het een reserve voor de slagvolume vergroting en bij het insufficiente hart een aanpassing aan de spierzwakte. Vooral tijdens arbeid komen deze verschillen duidelijk tot uiting. Het sporthart is in staat tot zeer duidelijke systolische verkleining, welke eigenschap het gedilateerde zwakke hart mist.

Doordat een gedeelte van de systolische reserve bij de vergroting van het slagvolume uitgeworpen wordt, kan het sporthart de vermeerderde diastolische toevloed, die ontstaat tijdens arbeid, opnemen zonder diastolische vergroting.

Door NYLIN (1945) en door KJELLBERG, RUDHE en SJÖSTRAND (1949) is een onderzoek ingesteld naar de verhouding van de hoeveelheid spiermassa en de inhoud van het hart. Het bleek aan deze onderzoekers en aan MUSSHOFF, REINDELL en KLEPZIG en KIRCHHOFF (1957), dat er geen verschil in deze verhouding bestond bij getrainde en niet getrainde personen. Deze bevinding is in overeenstemming met de onderzoekingen van LINZBACH (1947, 1948, 1950, 1952, 1958) en wijst er op, dat de vergroting van het hart t.g.v. lichamelijke training een gevolg is van een harmonische groei van de hartmusculatuur en de hartholte.

2-1-6. Pathologisch anatomische bevindingen.

Slechts zelden worden de sectie-protocollen van dodelijk verongelukte athleten gepubliceerd. Door REINDELL (1960) zijn 40 gevallen, die tot 1959 gepubliceerd waren, verzameld.

Het gewicht van het hart is een zeer belangrijke maat bij de beoordeling

van het hart op hypertrofie. Uit deze literatuurstudie en uit eigen onderzoek is aan REINDELL c. s. (1960) gebleken, dat slechts drie van de veertig harten zwaarder of even zwaar waren als het KRITISCHE HARTGEWICHT.

De term kritische hartgewicht is door LINZBACH (1947, 1948, 1950, 1952, 1958) ingevoerd en is een gewichtsgrens voor normale harten. Het kritische hartgewicht is ongeveer 500 gram voor de volwassen mens.

Het was aan Linzbach gebleken, dat harten van 500 gram en meer zeer gemakkelijk een stofwisselingsinsufficientie kregen door een zuurstoftekort. Volgens Linzbach leidt lichamelijke arbeid nimmer tot een hartgewicht van meer dan 500 gram; de oorzaak van de hartgewichten boven 500 gram lag dan ook in een geheel ander vlak. Speciaal klepgebreken, die reeds lange tijd bestaan, congenitale hartaandoeningen en een langdurige hypertensie kunnen aanleiding zijn tot zeer hoge hartgewichten.
Bij congenitale hartaandoeningen b.v. zijn wel hartgewichten van meer dan 800 gram gevonden.

Boven het kritische hartgewicht is het hart relatief arm aan capillairen en hierdoor is dit vergrote hart zeer gevoelig voor zuurstoftekorten. Volgens HARRISON (1935) is de diffusietijd voor zuurstof en voedingsstoffen bij deze harten verlengd. Het hart moet bij klepgebreken en bij congenitale hartaandoeningen en bij hypertensie een constant grotere arbeid verrichten. Hierdoor is het zuurstofverbruik van het hart bij personen met deze aandoeningen groter dan bij normale personen. Deze complicaties zijn de oorzaak van de stofwisselingsinsufficientie, die vooral bij het verrichten van enige lichamelijke arbeid op de voorgrond treedt en aanleiding is tot de coronair insufficientie.

In tegenstelling tot de grote en zware afwijkende harten weegt het sporthart 500 gram en minder. In drie gevallen was het hart zwaarder, tweemaal 520 gram en eenmaal 540 gram. In deze gevallen waren ook vaatdelen en delen van het pericard en het pericardiale vet medegewogen. Volgens RÖSSLE en ROULET (1932) wegen deze delen gemiddeld 20 tot 30 gram. Brengt men deze correctie in rekening dan is nog slechts één hart 10 gram zwaarder dan het kritische hartgewicht. Deze geringe afwijking ligt binnen de nauwkeurigheid van de gevolgde methodiek.

De lengte en andere maten, die verkregen worden bij het postmortale onderzoek zijn afhankelijk van de rigor mortis.
Op doorsnede lijkt het veelal of de sportharten zeer dikke wanden hebben en dus sterk gehypertrofieerd zijn. SJÖSTRAND (1955) meent dat vooral lange vezels tijdens de rigor mortis zeer sterk contraheren, daarom zouden de spierdoorsneden van grote harten een zeer geflatteerde indruk geven van de mate van de hypertrofie.

Volgens LINZBACH (l.c.) onderscheidt het sporthart zich ook histologisch van het hart van de ongetrainde. De spiervezels van het sporthart zijn langer, de kernen van de vezel ronder en dikker.

Deze totale groei van de spiervezel noemt Linzbach "harmonische groei". Door deze harmonische groei beweegt het sporthart zich naar het zgn. kritische hartgewicht toe.

Uit berekeningen van MUSSHOFF, REINDELL, KLEPZIG en KIRCHHOFF (1957) bleek, dat de verhouding hartvolume-hartspiergewicht, zowel voor de harten van niet-getrainde als voor harten van getrainde personen, 1:1, 6 was. Deze berekeningen bevestigden de onderzoekingen van NYLIN (1943) en van KJELLBERG, RUDHE en SJÖSTRAND (1949). Uit deze onderzoekingen kan men echter tevens concluderen, dat de absolute toename van het hartvolume groter is dan de absolute toename van het spiergewicht bij de sportharten, immers de verhouding blijft gelijk (MUSSHOFF, REINDELL, KLEPZIG en KIRCHHOFF (1957).

2-1-7. Conclusie.

Uit de boven gerefereerde onderzoekingen mag men concluderen, dat het sporthart een vergroot hart is,
De vergroting is tot stand gekomen, door een toename van de hartinhoud. Deze toename is mogelijk geworden door een verwijding van alle vier hartholten.
Slechts een zeer klein deel van het vergrote sporthart komt op rekening van de spierhypertrofie.

2-2. HET SPORTHART, FUNCTIONELE GEDEELTE.

2-2-1. De frequentie.

De verandering in grootte van het hart door training gaat gepaard met een verandering in de wijze van functioneren in rust en tijdens belasting. Reeds zeer lang is bekend, dat athleten een lagere polsfrequentie hebben dan ongetrainden HOOGERWERF (1929, 1930), REINDELL (1949), MELLEROWICZ (1956). Er zijn zeer lage polsfrequenties bekend b.v.

Emil Zatopeck	32 slagen per minuut
Gordon Pirie	34 slagen per minuut
Abeba Bekila	44 slagen per minuut.

Mellerowicz vond bij 107 athleten van een gemiddelde leeftijd van 44 jaar een gemiddelde polsfrequentie van 50 per minuut (36-66), terwijl de gemiddelde polsfrequentie van de bevolking van die leeftijd 73 was. Vooral bij de lange afstandlopers (Zatopeck, Pirie, Bekila) is de daling in polsfrequentie zeer duidelijk. Volgens de onderzoekingen van ROSKAMM(1958) hebben lange afstandlopers een gemiddelde polsfrequentie van 59 per minuut, middenafstandlopers 68, terwijl sprinters een frequentie van 72 slagen per minuut hebben. Het is echter zeer de vraag, of deze verschillen significant zijn.
De resultaten van de onderzoekingen van BRAMWELL en ELLIS (1936) en van

PERE (1952) bij athleten, die deelnamen aan de Olympische Spelen, liggen in dezelfde orde.

Na een belasting, waarbij de proefpersonen in de zgn. "steady state" verkeren, is de polsfrequentie bij de getrainde proefpersonen veel lager dan bij de niet getrainde proefpersonen. Een arbeid wordt in de steady state verricht als de zuurstofopname, de koolzuurafgifte, de polsfrequentie en de bloeddruk tijdens deze arbeid niet meer veranderen. Het is een term, die door HILL, LONG en LUPTON (1924) is ingevoerd en hierdoor is het mogelijk geworden vergelijkende onderzoekingen te verrichten bij individuen tijdens arbeid.

Deze vergelijkende onderzoekingen zijn verricht door ROSKAMM (1958). Hij heeft een duidelijk verschil aangetoond tussen de polsfrequentie van de ongetrainde en de lange afstandathleten bij een belasting van 150 Watt.

Na het beëindigen van de arbeid treedt bij de getrainde een snelle daling van de polsfrequentie op, deze snelle daling ziet men niet bij de ongetrainde. Deze daling is zowel bij de getrainde als bij de ongetrainde afhankelijk van een aantal factoren; hiertoe behoren de intensiteit van de arbeid en de trainingstoestand. Uit de onderzoekingen van NÖCKER (1956, 1958), MÜLLER en KARRASCH (1958) en MELLEROWICZ (1958) is gebleken, dat de rustfrequentie sneller terugkeerde bij personen die een arbeid in de steady state verricht hadden. Is de arbeid zeer zwaar, dan wordt deze toestand niet bereikt en dan duurt het uren voor de polsfrequentie weer tot de rustfrequentie is teruggekeerd. De prestaties worden dan verricht in de omgeving van de vita maxima, dit komt voor bij athleten die een afstand van 400 m of 800 m gelopen hebben in de hedendaagse zeer snelle tijden.

2-2-2. Haemodynamische bevindingen.

2-2-2-1. Het slag- en minuutvolume.

Volgens REINDELL-DELIUS (1948), REINDELL - WEILAND-KLEPZIG-MUSSHOFF (1954), MELLEROWICZ (1958) is het minuut-volume van het vergrote sporthart in rust lager dan van het hart van de ongetrainde.
BARCROFT (1927), KROGH en CHRISTENSEN (1931) geciteerd volgens Grollmann (1953) hadden eerder reeds bij getrainde personen een zeer laag minuutvolume aangetoond. Mellerowicz vond bij getrainde personen een minuutvolume van gemiddeld 2, 7 liter, terwijl bij de niet getrainde gemiddeld 4, 8 liter gevonden werd. Het lage minuutvolume werd vooral bij de athleten met een zeer lage polsfrequentie gevonden.

De onderzoekingen van REINDELL, KLEPZIG, STEIM, MUSSHOFF, ROSKAMM, SCHILDGE (1960) en PARADE (1956) toonden aan, dat er in rust geen verschil bestond tussen het slagvolume van getrainde en ongetrainde personen. De eerder gevonden geringe vermeerdering van het slagvolume (CHRISTENSEN 1931),

BARCROFT (1927), REINDELL (1940), MELLEROWICZ (1956) bij getrainden bleek het gevolg te zijn van onnauwkeurigheden in de gevolgde methodiek.

Bij belasting wordt zowel het minuut- als het slagvolume groter; dit geldt zowel voor de getrainde als voor de niet-getrainde mens. Het blijkt echter, dat de vergroting van het slagvolume bij de getrainde mens veel sterker is dan bij de niet getrainde mens.

Het slagvolume neemt bij een stijgende arbeidsprestatie toe tot een bepaald maximum en neemt daarna iets af (REINDELL, KLEPZIG, STEIM, MUSSHOFF, ROSKAMM, SCHILDGE 1960).

Het minuutvolume kan nog verder toenemen doordat de frequentie nog kan stijgen. Bij getrainde personen zijn gedurende arbeidsprestaties zeer grote minuutvolumina gevonden. CHRISTENSEN (1935) heeft een waarde van 35 liter gevonden.

Na beëindiging van de arbeid daalt het minuutvolume. Uit de ballistocardiografische onderzoekingen van KLENSCH (1957) is gebleken, dat deze daling het gevolg is van een gelijktijdige afname van de frequentie en het slagvolume.

2-2-3. Intra-cardiale drukmetingen.

Door REINDELL en medewerkers (1960) zijn bij getrainde athleten en bij ongetrainde normale proefpersonen intra-cardiale drukmetingen verricht. Hierbij is gebleken, dat er geen verschil in druk bestond in het rechter atrium, de arteria pulmonalis en de rechter ventrikel van getrainde en niet getrainde normale personen. Ook na arbeid was er geen verschil aantoonbaar. Uit dit onderzoek blijkt dat de vergroting van het hart bij getrainde personen dus geen gevolg is van een tonogene dilatatie, omdat deze gepaard moet gaan met een toename van de diastolische vullingsdruk. BOLT, VALENTIN en VENRATH (1952), BOLT, MICHEL, VALENTIN en VENRATH (1955) hadden dezelfde uitkomsten bij hun hartcartheterisaties verkregen.

Uit de onderzoekingen van REINDELL (l.c.) en BOLT (l.c.) bleek tevens, dat de verwijde longvaten, die op de röntgenfoto bij athleten gezien worden, niet het gevolg konden zijn van longstuwing, immers bij longstuwing van cardiale oorsprong is de druk in de arteria pulmonalis en de longcapillairdruk afwijkend.

2-2-4. Röntgenkymografie.

Met behulp van de röntgenkymografie kan men de bewegingen, die het hart tijdens de contractie maakt, zeer fraai registreren. Bijzonder fraai worden hierbij de bewegingen, die hartranden tijdens de systole en de diastole maken, gefotografeerd.

STUMPF (1937) heeft een overzicht gegeven van de hartrandbewegingen van de gemiddelde bevolking. Hij onderscheidde twee typen. Bij type I ziet men een duidelijke beweging naar mediaal van het caudale gedeelte van de linker hart-

rand tijdens de systole. Bij type II overheerst de beweging in het craniale gedeelte van de linker hartrand; tevens is er een overgangstype I-II.

Van de onderzochte personen had 70% een hartrandbeweging volgens type I, 20% volgens type II, 10% volgens type I-II. Beweging volgens type II duidde volgens STUMPF (1937) op een beschadigd hart.

Uit een onderzoek verricht door REINDELL (1938, 1939, 1943) is gebleken, dat getrainde personen in het algemeen een hartrandbeweging volgens type I-II of type II hebben.

REINDELL (1939, 1943) heeft aangetoond dat er een correlatie bestaat tussen de tijdsduur, die een sport beoefend wordt en het bewegingsbeeld van het hart. Tevens is er ook een correlatie tussen het bewegingsbeeld van het hart en de grootte van het hart.

a. De correlatie van het bewegingsbeeld van het hart en de duur, die een sport beoefend wordt.

Uit de onderzoekingen van Reindell (l.c.) bleek, dat bij jeugdige athleten het bewegingsbeeld volgens type I overheerste.

De verhoudingen tussen de typen onderling lagen bij deze groep in dezelfde orde als in de onderzoekingen van STUMPF en FÜRST (1931).

Bij jongelui, die meer dan 5 jaar een sport beoefenden, nam het aantal bewegingsbeelden volgens type I af, terwijl type II toenam. Dit werd nog duidelijker bij de athleten boven de negentien jaar.

b. De correlatie tussen de hartgrootte en het beeld in het röntgenkymografion.

Uit het onderzoek van Reindell (l.c.) bleek, dat de grote harten van de wegrenners, lange afstandskiërs, marathonlopers vaak bewogen volgens het type II. Bij marathonlopers vond Reindell (l.c.) het type II in 60%, bij wegrenners in 63%, het type I werd bij marathonlopers nooit gevonden, bij wegrenners in slechts 15%.

De verandering in vorm en grootte van het hart tijdens de training op uithoudingsvermogen gaat gepaard met een verandering in het bewegingsbeeld van het hart. Naarmate het hart groter wordt, neemt de beweging van de hartepunt naar mediaal gedurende de systole af. Ook de bewegingen van de hartepunt tijdens de diastole nemen af. De amplitudo van de beweging van de hartepunt vermindert dus sterk en bij de zeer grote harten vindt men dan ook de zgn."stomme zone", hier is de bewegingsamplitudo in rust minimaal. In het röntgenkymografion ziet men bij deze harten dan ook een overheersende beweging van de hartranden in het craniale deel van de ventrikels (beweging vlg. type II).

Gedurende en na belasting verandert de bewegingsvorm van het hart. Deze verandering kan men samenvatten in:

a. vermindering in grootte van het hart

b. toename van de beweging van de hartranden.

a. De vermindering in grootte van het hart.

Deze vermindering in grootte van het hart valt vooral tijdens de systole op, doch ook gedurende de diastole is een verkleining van het hart vastgesteld. De vermindering in grootte is des te duidelijker naarmate de verrichte arbeid groter is.

b. De toename van de beweging van de hartranden.

Tijdens en na arbeid verandert het bewegingsbeeld van de hartranden. De beweging volgens het type II, die vooral bij getrainden op uithoudingsvermogen bestaat, verandert in het bewegingsbeeld volgens type I, welke overgang gepaard gaat met het verdwijnen van de stomme zone.

2-2-5. Conclusie.

Met de verandering in grootte van het hart door training gaat een veranderde wijze van functioneren van het hart gepaard. Het vergrote sporthart heeft in rust een lagere frequentie en een verminderde beweging van de hartranden.

Tijdens belasting ziet men, dat de athleet eerder dan de ongetrainde in de steady state komt. De hartfrequentie ligt bij de getrainde athleet bij een zelfde belasting lager dan bij de niet getrainde en het minuutvolume is bij de getrainde bij deze belasting groter.

Het herstel tot de rustfrequentie is bij de getrainde athleet sneller dan bij de niet getrainde.

Tijdens en na belasting ziet men bij de getrainde athleet het verdwijnen van de stomme zone in het röntgenkymografion.
Deze toename in beweging van de hartranden gaat gepaard met een vermindering van de grootte van het hart, zowel tijdens de systole als tijdens de diastole.

2-3. HET SPORTHART, ELECTROCARDIOGRAFISCH GEDEELTE.

2-3-1. Het rythme.

Het is al lange tijd bekend, dat training op uithoudingsvermogen op de duur tot een verlaging van het hartrythme leidt. Niet zelden worden bij athleten waarden gevonden van 40 slagen per minuut of nog lager. De laagste polsfrequenties worden bij de best getrainde en tot zeer goede prestaties in staat zijnde athleten gevonden. Uit electrocardiografische onderzoekingen is gebleken, dat dit lage hartrythme veroorzaakt wordt door een sinusbradycardie.

Zelden wordt het sinusrythme onderbroken door extra-systolen, die vaak van de atrio-ventriculaire knoop uitgaan.
Ook kan bij zeer goed getrainde athleten de prikkelvorming in de sinusknoop zodanig geremd zijn, dat de sinusfrequentie lager wordt dan het rythme van de

atrio-ventriculaire knoop. In deze gevallen treden dan atrio-ventriculaire dissociaties op, welke beschreven zijn door HOLZMANN (1955), PROKOP en SLAPAK (1958), REINDELL, KLEPZIG, STEIM, MUSSHOFF, ROSKAMM en SCHILDGE (1960), DONKERLOO en MEKEL (1964).

Door de toenemende frequentie tijdens en na belasting wordt in deze gevallen weer het normale sinusrythme gevonden. Aan bovengenoemde extrasystolen wordt dan ook geen enkele pathologische betekenis gehecht en zij wordt opgevat als een physiologische adaptatie aan de zeer langdurige en intensieve training op uithoudingsvermogen.

Zeer vaak wordt bij getrainde personen in rust een duidelijke respiratoire arrythmie gevonden. Speciaal na belasting wordt deze respiratoire arrythmie zeer duidelijk, REINDELL (1935), TOUSSAINT (1947), NYLIN (1945), REINDELL, KLEPZIG, STEIM, MUSSHOFF, ROSKAMM en SCHILDGE (1960).

Deze respiratoire arrythmie kan zo sterk zijn, dat tenslotte atrio-ventriculaire geleidingsvertragingen en -blokkeringen optreden, HOLZMANN (1955), REINDELL c.s. (1960).

2-3-2. De activiteit van de voorkamers.

Regelmatig worden in de electrocardiogrammen van athleten P-toppen aangetroffen, die afwijken van de normen.
Men vindt iso-electrische P-toppen in afleiding II en negatieve P-toppen in afleiding III, soms kan zelfs P II biphasisch zijn met een negatieve component, terwijl bij ongetrainde normale personen de P-top positief moet zijn.

De veranderingen in de P-toppen verlopen soms synchroon met de ademhaling.

Tijdens en direct na belasting hebben de P-toppen weer de normale vorm, doch tijdens de herstelphase treden de afwijkende vormen weer op.

Aan deze tijdelijke veranderingen van de P-toppen wordt geen pathologische betekenis gehecht en zij zijn het gevolg van de relatieve vagus overheersing tijdens de rust. Door deze vagotonie zou een intra-auriculaire geleidingsvertraging in de atria optreden, REINDELL (1938), HOLZMANN (1955).

Als na belasting de P-toppen niet normaal worden, dan is volgens HOLZMANN (1955) een beschadiging van de voorkamers aanwezig. Meestal is deze beschadiging het gevolg van een toxische of infectieuze aandoening. Een belangrijke bron voor deze, vaak focale, infecties blijken de tandkassen en de amandelen te zijn.

2-3-3. De atrio-ventriculaire geleidingstijd.

Zeer vaak vindt men bij athleten, vooral bij de lange-afstandathleten, een verlenging van de PQ-tijd. Waarden tot 0,20 sec. worden in het algemeen bij on-

getrainden als normaal beschouwd. Een verlenging van de PQ-tijd bij gezonde tot zeer grote prestaties in staat zijnde athleten, is beschreven door HOOGERWERF (1929,) VON CSINADY (1930), BROUSTET en EGGENBERGER (1936), REINDELL (1937), Mc. FARLAND, GRAYBIEL, LILJENCRANTZ, TUTTLE (1938-1939), GRAYBIEL (c.s.) (1944), MELLEROWICZ (1956), HEIM (1958).

GRAYBIEL c.s. (1944) heeft o.a. 1000 jonge gezonde vliegers onderzocht en vond zelfs hart-blokkades.

REINDELL (1937) heeft 700 athleten onderzocht en vond bij 110 gevallen een verlengde PQ-tijd. Opvallend was dat de PQ-tijd bij deze gezonde personen niet altijd constant was.

Na belasting herstelde zich deze onregelmatigheid. De langste PQ-tijden werden in het algemeen gemeten bij de lange-afstand athleten zoals marathonlopers, skiërs,en wegrenners. REINDELL (1935) vond bij een athleet een PQ-tijd van 0,52 sec., SCHLOMKA en REINDELL (1934, 1935, 1936) vonden o.a. tijden van 0,62 seconden.

Deze lange en onregelmatige PQ-tijden worden door sommigen KATZ (1946) opgevat als een gevolg van de beschadiging van het myocard.

SLAPAK (1957) wees er op dat een verlengde PQ-tijd in rust normaal werd na een subcutane atropine injectie. Hij meende de verlengde PQ-tijd te moeten toeschrijven aan een toegenomen vagustonus door de training.
REINDELL (1949), CURETON (1951) en HOLZMANN (1955) wijzen op het belang van de belasting voor de uiteindelijke beslissing over deze lange en onregelmatige PQ-tijden.

REINDELL (1949) heeft een verband aangetoond tussen de afmetingen van het hart in transversale richting en de PQ-tijd. Uit dit onderzoek is gebleken, dat athleten met zeer grote harten ook zeer lange PQ-tijden hadden. Ook was er een verband tussen het aantal jaren, dat een sport beoefend werd en de lengte van de PQ-tijd. Athleten, die een sport al zeer lange tijd bedrijven, hebben langere PQ-tijden dan personen die dezelfde sport in dezelfde mate, doch kortere tijd beoefenden.

Volgens Reindell mag men pas een verlengde PQ-tijd bij een athleet als physiologisch beschouwen indien tevens het hart vergroot is en de PQ-tijd na een arbeid, die even groot is als normaliter verricht wordt, terug keert tot de normale verhoudingen.
Indien deze arbeid echter in de buurt van het maximale prestatie vermogen komt, dan kan de PQ-tijd na deze arbeid te lang zijn, zonder dat een aanwijzing bestaat voor een myocardbeschadiging, REINDELL, KLEPZIG, STEIM, MUSSHOFF ROSKAMM en SCHILDGE (1960).

2-3-4. Het ventrikelcomplex.

2-3-4-1. De QRS-tijd.

Volgens KATZ (1946) is de QRS-tijd bij athleten gemiddeld 0.01 sec. langer dan bij niet getrainde personen. Deze QRS-tijd wordt door Katz als hoog normaal beschouwd. De verlenging van de QRS-tijd is ook waargenomen door MELLEROWICZ (1958) en door HEIM (1958).

Reindell meende een correlatie te kunnen aantonen bij ongetrainde personen tussen de QRS-tijd en het hartvolume. Deze correlatie gaat bij getrainde personen verloren.

Een zodanige verlenging van de QRS-tijd, dat zelfs van een incompleet bundeltak blok gesproken kan worden is door SCICINSKY (1958) aangetoond. Hij onderzocht 153 athleten, hiervan hadden 28,9% een incompleet bundeltak blok. Bij hockyers, amateurboxers en gymnasten kwam dit blok in veel geringere mate voor dan bij lange afstandathleten. METZNER (1960) vond dit blok vooral bij wegrenners, die meer dan 4 uur per dag trainden.

REINDELL (1947) heeft het blok gevonden bij 57 van de 703 door hem onderzochte athleten.

Er is een enkele sectie bekend van een athleet die een dergelijk blok had. Hierbij werden door BÜCHNER en WYLAND (1954) bij een uitgebreid pathologisch onderzoek geen afwijkingen gevonden aan het myocard en aan het geleidingssysteem.

KNIPPING (1950, 1958) noemt dit blok een functioneel blok en vat het op als een physiologische adaptatie aan de zware training.

Soms vindt men dat het rechterschenkelblok tijdens de inspiratie verdwijnt en terug komt tijdens de expiratie.

Na arbeid is het blok verdwenen, dit duidt volgens KNIPPING op de afwezigheid van pathologische processen en is een steun voor de hypothese dat het een gevolg is van de physiologische adaptatie aan de training.

2-3-4-2. De amplitudo van het QRS-complex.

In het algemeen is de amplitudo van de QRS-complexen bij getrainde personen groter dan bij niet getrainde personen, REINDELL en KLEPZIG (1951).

Veelal vindt men bij de getrainde nog direct na de R-top een zeer klein r' topje. Als het voltage van dit topje kleiner is dan de R top dan spreekt Wilson van een physiologisch blok; is het tweede topje daarentegen groter dan de R top, dan van een niet volledig schenkelblok. Volgens LENÈGRE c.s. (1951, 1953) is deze benaming onjuist omdat er nog geen geleidingsvertraging aanwezig is.

2-3-4-3. De duur van QT.

Voor de algemene duur van deze tijd zijn verschillende formules bekend. Het zijn in het algemeen afleidingen van de formule QT = f QQ. Een van de meest gebruikte formules is de formule volgens Fridericia (1920).
Deze luidt QT = f $\sqrt[3]{QQ}$, voor f worden verschillende, van de leeftijd afhankelijke, waarden opgegeven.

Uit een onderzoek van REINDELL (1938) is gebleken, dat de QT-duur bij zeer veel lange afstand athleten sterk verlengd was. Het bleek, dat soms de theoretische waarde volgens de formule van Fridericia met 0,15 tot 0,22 sec. overschreden werd. Bij ongetrainde personen wordt deze verlenging van de QT-tijd opgevat als een functiestoornis van het myocard.

Na belasting keert de QT-tijd niet alleen weer terug tot de theoretische waarde, maar vermindert nog eens extra. Deze extra verkorting van de QT-tijd is zeer kenmerkend voor het sporthart, SCHLOMKA en REINDELL (1936), REINDELL (1938), MELLEROWICZ (1958).

2-3-4-4. Het ST-segment en de T-top.

Voor de bepaling van de gezondheidstoestand van het myocard wordt aan de vorm van het ST-segment en aan de vorm van de T-topppen een grote waarde toegekend.
Vooral de veranderingen die na arbeid optreden zijn van grote betekenis.

2-3-4-4-1. De vorm en het voltage van de T-toppen.

In de afleidingen I en II zijn de T-toppen bij getrainde personen meestal duidelijk positief. In afleiding III is een negatieve T-top echter bij een getrainde persoon niet zelden. Aan deze negatieve T-top behoeft echter geen pathologische betekenis gehecht te worden als de TI en de TII duidelijk positief zijn.

Na belasting treedt in het algemeen geen verschil op in de vorm en de verhoudingen van de T-toppen onderling. De T-topveranderingen die bij de ongetrainden optreden, komen ook te voorschijn bij de getrainde personen. Het tijdstip van optreden is echter bij de getrainde personen verschoven. Zo worden er reeds na 20 diepe kniebuigingen bij ongetrainden veranderingen van de T-top waargenomen; deze zelfde veranderingen worden bij getrainden daarentegen pas na een loop van 2500 meter gezien. Het normale patroon van de T-top veranderingen zowel bij getrainden als bij ongetrainde personen is als volgt: Eerst treedt een daling in de amplitudo van de T-top op, daarna een terugkeer tot de normale waarde en dan weer een stijging. De daling is echter zodanig, dat nimmer een positieve T-top negatief wordt in de beenafleidingen.

2-3-4-4-2. Het ST-segment.

Bij volwassen getrainde personen wordt na belasting zelden een afwijking van het ST-segment gezien.
Deze afwijkingen kunnen resulteren in een verandering van het niveau van het ST-segment. Deze niveau-verandering, een daling of een stijging ten opzichte van het PQ-segment, wordt opgevat als een storing in de myocardstofwisseling en is meestal een gevolg van een locale ondervoeding van de hartspiervezelen.

Bij zeer jeugdige athleten, kon MELLEROWICZ (1958) daarentegen in zeer vele gevallen wel een daling van het ST-interval aantonen, zonder dat enig teken van een foutieve stoornis in de myocardstofwisseling verder aantoonbaar was. Deze ST-daling was tijdelijk en wordt door Mellerowicz opgevat als een gevolg van de zeer grote vegetatieve labiliteit tijdens de jeugd.

2-3-5. Conclusie.

Tegelijkertijd met de toename in grootte van het hart en de verandering in arbeidswijze, door training op uithoudingsvermogen, verandert ook het electrocardiogram.

Het electrocardiogram van de getrainde mens wordt gekenmerkt door een sinusbradycardie, die soms gepaard gaat met een respiratoire arrythmie.
Vooral na lichte belasting wordt de respiratoire arrhytmie duidelijker. In rust zijn verder de verlenging van de PQ- en QT-tijd opvallend. Deze in rust te lange PQ-tijd, wordt na belasting weer normaal;
Een zelfde verschijnsel vindt men bij de QT-tijd.

Vooral bij zeer sterk vergrote harten vindt men naast deze vaak te lange PQ- en QT-tijden in rust ook nog een niet volledig rechter bundeltakblok, dat ook na arbeid verdwijnt.

2-4. DE INVLOED VAN DE TRAINING OP DE PERIFERE BLOEDSOMLOOP.

2-4-1. De veranderingen in de vaten.

Een duidelijke verandering door de training in de anatomische bouw van de capillairen, de arterien, de arteriolae en de venen is nog niet aangetoond. Volgens HOLLMANN (1959) zou men kunnen veronderstellen, dat er door de vaak opeenvolgende zware eisen, die aan het circulatie-apparaat in zijn geheel worden gesteld, ook morfologische veranderingen optreden.

Wel zijn veranderingen in de diameter van enkele belangrijke vaten en vaatstammen aangetoond, de longvenen van de getrainde zijn groter dan die van de ongetrainde, REINDELL (1949).

De voorziening van capillairen in de getrainde spier is veel beter dan bij

de ongetrainde spier. Deze verbetering in de capillaire doorstroming is het gevolg van een toename van het aantal capillairen en van een langer worden van de reeds bestaande capillairen. Deze toename en verandering in de lengte van de capillairen is reeds lange tijd bekend en experimenteel opgewekt door KÜLBS (1906). De betekenis van de verbeterde capillairenvoorziening komt vooral na arbeid en tijdens arbeid tot uiting.

2-4-2. De veranderingen in de bloeddruk.

Over de invloed van de training op de bloeddruk zijn vele onderzoekingen verricht. Het is reeds lange tijd bekend, dat een op uithoudingsvermogen getraind organisme in rust een lagere systolische bloeddruk heeft dan een ongetraind of een op pure snelheid getraind organisme. MELLEROWICZ (1956) vond een verschil in systolische bloeddruk bij de sprinters en de marathonlopers.

De diastolische bloeddruk daarentegen is bij de getrainde in het algemeen hoger dan bij de ongetrainde.

De bloeddruk amplitudo is in rust dus verkleind, hetgeen een aanzienlijke besparing van de hartarbeid in rust geeft, MELLEROWICZ (1956).

Tijdens arbeid stijgt de systolische bloeddruk en de diastolische daalt, de bloeddrukamplitudo neemt dus zeer sterk toe. Volgens HOLLMANN (1959) wijst deze grote bloeddrukamplitudo tijdens of direct na belasting op een zeer goed uithoudingsvermogen.

2-4-3. De invloed van de training op het arterio-veneuze zuurstofverschil.

Door toename van het aantal capillairen per oppervlakte eenheid kan er meer zuurstof aan het bloed onttrokken worden. Het arterio-veneuze zuurstofverschil is bij de getrainde dan ook groter dan bij de niet-getrainde. Door deze zeer goede zuurstofvoorziening kan de skeletmusculatuur met een geringere doorstroming volstaan in rust en het nadeel van het verminderde minuutvolume in rust wordt op deze wijze dus gedeeltelijk gecompenseerd, al moet hierbij rekening worden gehouden, dat in rust lang niet alle capillairen geopend zijn.

2-4-4. De invloed op de weerstand in de arteriolae.

Onderzoekingen van MELLEROWICZ (1956) hebben aangetoond dat de weerstand in de arteriolae in rust bij de getrainde groter moet zijn dan bij de ongetrainde. De systolische bloeddruk, die voor een groot gedeelte bepaald wordt door de weerstand in de arteriolae, moet op een redelijk peil gehouden worden. Dit kan slechts bij de getrainde met zijn lage minuutvolume als de weerstand in de arteriolae vergroot wordt. De arteriolae bij de getrainde zijn in rust dus nauwer

dan bij de ongetrainde, dit heeft weer tot gevolg een toename van de diastolische druk. De diameter van de arteriolae staat onder invloed van het autonome zenuwstelsel, de arteriolae vernauwing geschiedt via de sympaticus. Dit bewijst tevens dat de trainingstoestand niet uitsluitend een gevolg is van een overheersing van de parasympaticus.

2-4-5. Conclusie.

Onder invloed van een langdurige training op uithoudingsvermogen verandert de doorbloeding van de skeletmusculatuur.

Door deze verbeterde capillaire doorbloeding kan de spier meer zuurstof onttrekken aan het aangeboden arteriële bloed.

Tevens verandert de bloeddruk amplitudo en de weerstand in de arteriolae.

2-5. DE INVLOED VAN DE TRAINING OP HET RESPIRATIE APPARAAT.

Met het circulatie apparaat is het respiratie-apparaat onafscheidelijk verbonden. De bijzonder grote veranderingen die door de training in het circulatie-apparaat optreden zullen hun weerslag moeten vinden in de veranderingen die in het respiratie-apparaat tot stand komen.

De veranderingen in het respiratie-apparaat zijn geen gevolg van de veranderingen in het circulatie-apparaat. Zij behoren ook tot het adaptatie-patroon van het lichaam, waarbij de training, zowel de duur als de intensiteit, als prikkel fungeert.

De intensiteit en de duur van de training zijn bepalend voor de veranderingen, die in het lichaam optreden.

De regulatie van de ademhaling geschiedt langs chemische en langs nerveuze weg. Direct op de cellen van het ademcentrum werken de P_H van het bloed en de P_{CO2}, langs nerveuze weg worden de prikkels uit de receptorenvelden uit de longen, de sinus caroticus en het hart voortgeleid naar het ademcentrum. De resultante van de ontvangst en verwerking van de prikkels is de ademhaling.

2-5-1. De invloed van de training op het ademvolume en andere ademgrootheden.

In rust heeft de getrainde een lagere ademfrequentie dan de ongetrainde. Er zijn ook veranderingen van het ademminuutvolume beschreven. (HOLLMANN 1959). Deze verandering van het ademminuutvolume ziet men vooral tijdens en na de arbeid. De ongetrainde heeft tijdens en na arbeid een frequente oppervlakkige ademhaling, welke gekenmerkt is door een klein ademminuutvolume, terwijl de getrainde zo spoedig mogelijk tracht over te gaan op een diepe en zo rustig mogelijke ademhaling, gekenmerkt door een groot ademminuutvolume.

De steady state van het ademminuutvolume bij een bepaalde arbeidsgrootte wordt bij de getrainde veel eerder bereikt dan bij de ongetrainde (HOLLMANN (1959).

Uit onderzoekingen van HOLLMANN (1959) is gebleken, dat de ongetrainde voor een zelfde hoeveelheid arbeid een groter ademminuutvolume nodig heeft dan de getrainde. Bij de getrainde wordt dit ademminuutvolume voor het grootste deel via de ademdiepte geregeld, bij zware arbeid ook echter door een stijging van de frequentie. Bij de ongetrainde wordt het ademminuutvolume geregeld door een sterke toename van de frequentie. Bij de regulatie langs deze weg, die gepaard gaat met een frequente, oppervlakkige ademhaling, neemt een groot gedeelte van het longepitheel onvoldoende aan de ademhaling deel, waardoor de dode ruimte in de long toeneemt.

De getrainde mens ademt zowel in rust als tijdens en na de arbeid volgens een meer economisch principe dan de ongetrainde. Hierdoor kan de getrainde mens bij arbeid een zeer groot ademminuutvolume mobiliseren. De werking van de ademhalingsmusculatuur wordt door een goed geleide training ook verbeterd.

Over een toename van de vitale capaciteit gedurende een trainingsperiode zijn de onderzoekingen niet eensluidend.
Sommige onderzoekers menen een correlatie tussen de vitale capaciteit en het prestatievermogen te hebben vastgesteld. Het is echter gebleken, dat sommige zeer goede lange afstandlopers (Zatopeck) slechts een geringe toename van de vitale capaciteit hebben.

De ademgrenswaarde, dit is de maximale ventilatie in liters per eenheid, is bij getrainde personen zeer sterk toegenomen.

2-5-2. De invloed van de training op het zuurstofverbruik.

Veelvuldig wordt opgemerkt, dat de getrainde mens in een steady state minder zuurstof nodig heeft dan de ongetrainde eveneens in steady state en bij dezelfde arbeidprestatie.
Uit de onderzoekingen van HOLLMANN, VALENTIN en VENRATH (1957) is echter gebleken, dat deze opvatting niet in alle gevallen juist is.

Het vermogen een zuurstofschuld te kunnen verdragen is door training te beïnvloeden. Door een verbetering van de trainingstoestand neemt de alkali-reserve toe. Deze laatste grootheid bepaalt theoretisch de maximale zuurstofschuld. Voor de mens zijn zeer hoge waarden voor deze grootheid aangegeven KRESTOWNIKOW (1953) heeft bij een athleet maximaal een verdraagbare zuurstofschuld van 22, 8 liter gevonden.

2-5-3. De circulatie en de respiratie als begrenzende factoren voor de totale prestatie.

Het probleem, in welke mate de circulatie en de respiratie begrenzende factoren voor een dynamische prestatie zijn, is reeds lange tijd in studie.

Voor een kort durende maximale belasting als de 100 meter hardlopen, spelen de circulatie en de respiratie geen belangrijke rol. De begrenzing van deze prestatie ligt in het reactievermogen en in de coördinatie van de musculatuur. Voor een maximale prestatie op deze afstand zijn naast een zeer snel reactievermogen, een uitstekende starttechniek en een zeer goede balans tijdens de loop een eerste vereiste. Ontbreekt hieraan iets, dan dalen de prestaties op deze afstand. Dit ziet men bij de Duitse athlete Jutta Heine, wier kracht dan ook vooral ligt op de 200 m en bij de 4 x 100 m dames estafette. Door de lengte van de athlete en haar verhoudingsgewijs zeer lange benen (60% van de lichaamslengte) is de coördinatie van de totale skeletmusculatuur direct na de start op de 100 m zeer matig. Hierdoor zijn haar eerste passen onregelmatig van lengte en snelheid, dit gaat gepaard met een relatief groot tijdsverlies. Dit tijdsverlies kan op de 200 m beter gecompenseerd worden dan op de zeer snelle 100 m.

Voor de prestaties op de langere afstanden wordt vooral de maximale zuurstofschuld belangrijk. Als de zuurstoftoevoer te gering is voor de arbeidsprestatie van de spieren moet de spier overschakelen op de anaerobe ademhaling. Bij deze ademhaling komen meer zure stofwisselingsproducten in de circulatie en hierdoor daalt de alkalireserve. Deze zure stofwisselingsproducten veroorzaken, zowel in het centrale zenuwstelsel als locaal in de ganglioncellen, in en om de spiervezelen, vermoeidheidsverschijnselen, HOLLMANN (1959). Volgens Hollmann is de volgorde van vermoeid geraken: de ganglioncellen in de hersenschors dan de perifere zenuwcellen in en om de spiervezelen en tenslotte de spiervezel zelf. De vermoeidheid beschermt het lichaam tegen een totale uitputting. Met het toedienen van verschillende pharmaca, zoals amfetamine preparaten en coffeine, beoogt men de vermoeidheid uit te stellen. Hierdoor worden de prestaties onder invloed van de amfetamine preparaten beter, terwijl over de invloed van de coffeine de onderzoekingen niet eensluidend zijn. Een eenmalig gebruik van de amfetamine preparaten en een prestatie onder invloed van deze preparaten zal geen schadelijke gevolgen voor het lichaam hebben, doch een langdurig gebruik geeft tenslotte storingen van het vegetatieve zenuwstelsel. Deze storingen uiten zich o.a. in hoge en onregelmatige bloeddrukwaarden en soms angineuze klachten (HOLLMANN 1959).

Ook met behulp van corticotrophe hormonen en bijnierschorshormonen wordt wel getracht de vermoeidheidsreactie uit te stellen, Men gaat van de veronderstelling uit, dat de arbeid als een stressor werkt, wiens "schadelijke" invloed zoveel mogelijk beperkt dient te worden. Over de waarde van deze stoffen voor dit doel zijn de meningen nog steeds verdeeld.

Voor de middenafstand hebben HEUSSNER en BERNAUER (1956) aangetoond, dat de alkalireserve van zeer groot belang is voor het prestatievermogen op deze afstand. Speciaal zeer goed getrainde personen verdragen lagere P_H waarden dan ongetrainde personen.

Voor de lange afstand wordt de prestatie beperkt door die zuurstofschuld, welke gedurende lange tijd verdragen kan worden. Bij deze afstand is dus gedurende lange tijd een evenwicht ingesteld, tijdens de laatste sprint speelt de maximale zuurstofschuld weer een overheersende rol. Tijdens de race moet de zuurstofopname even groot zijn als de behoefte, anders zal door het stijgende zuurstoftekort een daling van de alkalireserve optreden, deze daling zal dan tot een abrupt einde van de prestatie leiden.

De tijdsduur waarin dit evenwicht volgehouden kan worden is afhankelijk van de trainingstoestand en heeft waarschijnlijk een nauwe relatie met de maximale zuurstofopname.

De maximale zuurstof opname is afhankelijk van:
de grootte van de longventilatie,
het diffusievermogen van de zuurstof door de long,
de hoeveelheid bloed, die per tijdseenheid de long passeert,
het zuurstofgehalte van het veneuze bloed en
het haemoglobine gehalte van het bloed.

Bij gezonde personen en dieren speelt de grootte van de longventilatie geen rol als begrenzende factor bij een prestatie, omdat zelfs onder de meest extreme belastingen nimmer de ademgrenswaarde bereikt wordt, (HOLLMANN 1959).

Over de betekenis van het diffusievermogen zijn vooral door RILEY en medewerkers (1948), VENRATH (1956) en BARTELS en RODEWALD (1953) onderzoekingen verricht.
In Nederland zijn hierover onderzoekingen verricht door DEENSTRA (1954). De diffusiecapaciteit is afhankelijk van het spanningsverschil tussen alveole en capillair. Zo passeert bij een drukverschil van 1 mm. Hg. 80 ml. zuurstof per minuut. Tijdens zware arbeid kan dit spanningsverschil stijgen tot 60 mm. Hg. en er kan dan 4.8 liter zuurstof per minuut passeren. ZUNTZ en LOEWY (geciteerd vlg. Hollmann 1959) hebben als maximale zuurstofdiffusie een waarde van 6 liter per minuut gevonden. Uit berekeningen is te concluderen, dat het hartminuutvolume de absoluut begrenzende factor voor de prestatie is (HOLLMANN 1959).
Een liter bloed van de mens kan ongeveer 200 ml zuurstof opnemen, hiervan wordt maar 60% aan de weefsels afgegeven. De maximale zuurstofdiffusie capaciteit bedraagt volgens ZUNTZ en LOEWY (geciteerd vlg. Hollmann 1959) 6 liter per minuut. Hiervoor is dus een hartminuutvolume van 6000 : 120 = 50 liter nodig. Deze extreem hoge waarde wordt zelfs bij getrainde personen nooit gevonden.

Verder kunnen bij marathonlopers de uitputting van de glycogeenreserves

een rol spelen bij het niet vrijwillig beëindigen van een prestatie. SCHÖNHÖLZER (1957) beschreef een dergelijk sterfgeval, hier was alle glycogeen uit de hartspiervezelen verdwenen, terwijl ook de lever zeer weinig glycogeen meer bevatte. De dood werd opgevat als een totale uitputting en de doodsoorzaak was hartinsufficientie.

2-5-4. Conclusie.

Bij de getrainde mens is de respiratie beter aangepast aan de eisen, die het lichaam tijdens arbeid stelt.

Er wordt op gewezen dat het hartminuutvolume en de hiermede in verband staande maximale zuurstof schuld bij de mens de begrenzende factoren zijn bij prestaties over de midden- en lange-afstand. Bij de sprint ligt de begrenzing van de prestaties in het reactievermogen en in de kracht en coördinatie van de musculatuur.

2-6. EXPERIMENTELE ONDERZOEKINGEN BIJ DIEREN OVER DE INVLOED VAN ARBEID OP HET HART.

Reeds vele jaren geleden werd getracht de veranderingen, die aan het menselijk hart onder invloed van arbeid werden waargenomen, na te bootsen bij proefdieren. Met dit oogmerk werden door KÜLBS (1906) dierproeven gedaan. Hij verdeelde een nest proefhonden in twee groepen; de ene groep liet hij arbeid verrichten, terwijl de andere groep rustig in hokken werd gehouden. De dieren verrichtten gedurende 2 maanden arbeid in een tredmolen. Na doden van alle proefdieren bleek, dat de harten van de dieren, die arbeid verricht hadden, groter en zwaarder waren dan de harten van de dieren, die geen arbeid verricht hadden.

GROBER (1907, 1913) liet een aantal proefdieren in het vrije veld loopoefeningen verrichten.

BRUNS (1925) liet de honden ook in een tredmolen lopen, doch in zijn proef moesten zij ook een stijging in de weg overwinnen.

Ook werden met andere laboratoriumdieren soortgelijke proeven gedaan o.a. door SECHER (1923, 1925), THÖRNER (1930, 1933 en 1937), A. FRANK (1949, 1950), HORT (1951). In alle gevallen werd een toename van het absolute hartgewicht gevonden bij de getrainde dieren. De harten waren ook steeds toegenomen in grootte. Meestal waren beide ventrikels gelijkmatig toegenomen in grootte en gewicht, soms was de rechter ventrikel verhoudingsgewijs meer toegenomen in grootte en gewicht dan de linker ventrikel. Er bleek een verband te bestaan tussen deze bevindingen en de trainingswijze. Vooral bij dieren, die getraind werden op uithoudingsvermogen, was het rechter hart in verhouding meer toegenomen in grootte en gewicht.

Deze laatste bevinding komt overeen met de resultaten van de vergelijkende onderzoekingen aan tamme en wilde dieren.
Bij de wilde eend, het wilde konijn en de haas is de rechter ventrikel sterker ontwikkeld dan bij hun tamme soortgenoten.

THÖRNER (1930, 1933, 1937) heeft de grootte van de harten bij zijn proefdieren röntgenologisch gevolgd en kon in vivo reeds een duidelijke toename van de grootte van het hart voorstellen. Niet alleen de grootte maar ook de vorm vaststellen en well afhankelijk van de soort training.

Bij dieren die getraind werden op uithoudingsvermogen, waren de harten vooral in de lengterichting toegenomen in grootte, terwijl de harten van de dieren, die op snelheid getraind werden een ronder vorm hadden.

Bij electrocardiografisch onderzoek kon THÖRNER (1930, 1933, 1937) een bradycardie en soms een toename van de atrioventriculaire geleidingstijd waarnemen.

Deze proefnemingen zijn van verschillende zijden met de meer moderne apparatuur herhaald door A. FRANK (1949-1950) en HORT (1951) en de uitkomsten zijn in alle gevallen bevestigd.

Deze onderzoekers hebben ook aangetoond, dat na het beëindigen van de trainingsperiode de hartfiguur weer kleiner wordt en nagenoeg terugkeert tot de vorm van voor de training, ook het hartgewicht nadert weer het uitgangspunt.

Bij het histologisch onderzoek van de harten van de aan een training onderworpen proefdieren werden nimmer afwijkingen gevonden. Wel werd een toename van het aantal capillairen per eenheid spier gevonden en ook waren soms de spiervezels groter en hadden zij meer kernen. Vooral de toename van het aantal capillairen is in vivo later op zeer fraaie wijze aangetoond met behulp van radioactieve isotopen. Deze methode is uitgewerkt door KETY en SCHMIDT (1948, 1949) en ELKIN, COOPER, ROHRER, MILLER, SHEA en DENNIS (1948) en verbeterd en toegepast bij athleten door Hollmann en Venrath (geciteerd door HOLLMANN 1959).

Ook de histologische veranderingen in het getrainde hart waren na beëindiging van de training weer zeer snel verdwenen SECHER (1923) en HORT (1951).

Naast veranderingen in de histologische bouw werden ook veranderingen in de energiereserves van de spiervezelen van hart en skelet waargenomen.
PALLADIN en FERDMANN (1928) hebben bij ratten reeds na 5 dagen trainen een toename van het adenosinetrifosfaat en fosforkreatine gehalte in de spiervezels kunnen vaststellen.

EMBDEN en HABS (1926) konden een toename van 200-300% van het gehalte aan glycogeen in de spiervezels vaststellen.

Volgens BRUMAN en JENNY (1936) is het kalium gehalte van de skeletspiervezel toegenomen, verder zou volgens NÖCKER (1958) de getrainde zijn voorraad kalium in de spier verder kunnen uitputten.

Moderne Russische onderzoekers o.a. JAKOLEW (1957) hebben aange-

toond, dat bij een training op snelheid, dus bij een kortdurende prestatie, het fosforkreatine gehalte van de skeletspiervezelen vooral sterk toeneemt.

Speciaal op deze chemische veranderingen in de skeletspier wordt thans het onderzoek gericht. Met de conservatieve histologische en anatomische onderzoekingsmethoden kunnen deze, voor de stofwisseling van de spier zo belangrijke factoren, onvoldoende belicht worden.

2-6-1. Conclusie.

Uit experimentele onderzoekingen is gebleken, dat het aan verschillende onderzoekers is gelukt een gedeelte van de verschijnselen van het getrainde hart op te wekken.

Ook is enige aandacht besteed aan de veranderingen in de energiereserves van de hart- en skeletspieren.

HOOFDSTUK 3.

EIGEN ONDERZOEK OVER HET SPORTHART VAN HET PAARD.

In het voorgaande hoofdstuk is uiteengezet, dat het menselijke sporthart het resultaat is van de physiologische aanpassing van het ongetrainde hart aan de training op snelheid en uithoudingsvermogen.

Aan de hand van literatuurgegevens is gewezen op de fraaie en effectvolle regulatie van de circulatie bij de getrainde mens en ook op de centrale plaats, die het hart daarbij inneemt.

In de inleiding van zijn monographie "Herz, Kreislaufkrankheiten und Sport" noemt REINDELL (1960) het sporthart "ein Idealfall der physiologischen Herz- und Kreislaufanpassung".

Omdat juist het paard zeer vaak getraind wordt op snelheid en uithoudingsvermogen is het van belang na te gaan of er bij getrainde en in goede wedstrijdconditie zijnde paarden eenzelfde aanpassing van het hart aan deze training als bij de mens heeft plaats gevonden.

3-1. HET SPORTHART VAN HET PAARD, ANATOMISCH GEDEELTE.

3-1-1. Het gewicht van het hart van het getrainde paard, in totaal en in onderdelen.

3-1-1-1. Het gewicht van het hart van het getrainde paard, in totaal.

Het gewicht van het hart van het paard wordt zeer vaak opgegeven in verhouding tot het totale lichaamsgewicht. Voor de berekening van dit relatieve gewicht van het hart wordt gebruik gemaakt van de formule:

$$\frac{\text{absoluut gewicht van het hart in kg.}}{\text{lichaamsgewicht in kg.}} \times 100.$$

De verkregen waarde is de hartindex.

SISSON en GROSSMANN (1948) geven als gemiddelde waarde van dit quotient 0.7, doch wijzen tevens op de zeer grote variatiemogelijkheden, doordat beide absolute gewichten aan zeer grote variatie onderhevig zijn.

SISSON en GROSSMANN (1948) geven als het gemiddelde absolute gewicht van het hart 4000 gr. Voor getrainde paarden suggereren zij een hoger absoluut gemiddelde, door er op te wijzen, dat het hart van Eclipse, een in 1764 geboren en in ± 1795 gestorven zeer beroemde Engelse volbloed, 6.5 kg. woog.

Het komt echter zelden voor dat men harten van dieren, die op het moment van de dood volop in training zijn, kan onderzoeken.

De literatuurgegevens over de gewichten van het hart van paarden, die vlak voor hun dood nog volop in training waren zijn dan ook niet uitgebreid. SCHMALTZ (1919) heeft een aantal gegevens verzameld, evenals F.v. BRANDENSTEIN (1924), HERMANN (1926, 1929) en QUIRING en BAKER (1953), STEEL (1963).

De hieronder volgende waarden zijn door weging van het hart in totaal verkregen. De harten zijn afkomstig van renpaarden, dravers en rijpaarden die tijdens de training of wedstrijd een ongeluk kregen en gedood moesten worden. Alle dieren waren tot op de dag van het ongeluk in volle training en verkeerden allen in een uitstekende conditie.

Harten van wegens kreupelheid afgemaakte dieren zijn niet in het onderzoek betrokken, omdat deze dieren zeer vaak vlak voor hun dood een rustperiode hadden doorgemaakt, waardoor zij niet in volle westrijdconditie waren.

De werkwijze was als volgt: Van de bij de keuring bij voorkeur niet ingesneden harten werden de resten van het pericard en de vaatdelen en de longen verwijderd. Het vet, dat zich in de sulcus coronarius en in de sulcus longitudinalis sinister en in de sulcus longitudinalis dexter bevond werd met de er zich in bevindende vaten, weggeprepareerd. Nadat een aantal metingen aan het nog niet geopende hart verricht waren, werd het ingesneden, zoals door VAN NIE (1961) is beschreven voor het openen van varkensharten. Door deze sneden wordt het hart zeer fraai opengelegd en is het geopende hart zeer toegankelijk voor metingen van de omtrek van het ostium atrio - ventriculare dextrum en van het ostium atrio - ventriculare sinistrum. Verder werd de binnenomtrek van de aorta op de valvulae semilunares en van de arteria pulmonalis op de valvulae semilunares gemeten.

Nadat deze metingen verricht waren werden de nu nog aanwezige vaatdelen verwijderd evenals de valvulae bicuspidales en de valvulae tricuspidales en de chordae tendineae. Het hart werd daarna gewogen. De gevonden waarden zijn in tabel 6 opgenomen.

TABEL 6.

Gewicht in grammen van het hart van een aantal gezonde, in volle training zijnde paarden, die tengevolge van een ongeluk afgemaakt moesten worden.

Nr. paard.	functie paard	gewicht van het hart in grammen
1	renpaard	3746
2	"	3642
3	"	3708
4	"	4197
5	"	3185
6	"	4697
7	"	3007
8	rijpaard	3657
9	"	3409
10	"	4320
11	draver	3966
12	"	3586
13	"	3197
14	"	3865
15	"	2856

De in tabel 6 vermelde waarden stemmen overeen met de in de literatuur gegevan waarden voor het absolute gewicht van het hart van de getrainde volbloed. SCHMALTZ (1919) vond als gemiddeld absoluut gewicht van het hart 4500 gram, doch hierbij werden het vet en de vaatdelen mede gewogen.

Von BRANDENSTEIN (1924) vond als absoluut gewicht van het hart bij volbloeds 2675 - 4500 gram, SCHUBERT (geciteerd door Von BRANDENSTEIN) 3450 gram, de spreiding bedroeg hier 1680 - 4500 gram.

QUIRING en BAKER (1953) vermeldden als het absolute gewicht van het hart bij volwassen volbloeds 2743 - 4536 gram. STEEL (1963) 2400 - 5100 gram.

De conclusie is dan ook dat er geen duidelijk verschil is tussen het absolute gewicht van het hart (2500 - 4500 gram) van het getrainde paard en het niet getrainde paard, 4000 gram volgens Sisson-Grossmann. Volgens de literatuur is het relatieve hartgewicht of de hartindex van de getrainde volbloed hoger, meer dan 1, terwijl deze voor het ongetrainde paard 0.7 zou bedragen, volgens HERRMANN (1929) 0.677.

Om te kunnen concluderen of het hart van de getrainde volbloed gehypertrophieerd is, dient men te vergelijken met maten en gewichten die verkregen zijn aan nimmer getrainde volwassen volbloeds, omdat anders vergeleken moet worden met dieren die voor een geheel ander doel gefokt zijn, hetgeen de variatie in het materiaal nodeloos vergroot en nimmer tot juiste conclusies kan leiden.

3-1-1-2. Het gewicht en de afmetingen van de auriculae cordis,

Nadat het totale gewicht van het hart bepaald was, werden de beide auriculae gemeten en na afprepareren afzonderlijk gewogen.

De lengte van het auriculum sinistrum werd gemeten vanaf het midden van zijn blinde einde tegen de linker zijwand van de arteria pulmonalis tot aan de openingen van de venae pulmonales.

De breedte van het auriculum sinistrum werd gemeten langs de openingen van de venae pulmonales.

De lengte van het auriculum dextrum werd gemeten vanaf het midden van de blinde punt, die tegen de rechter zijwand van de arteria pulmonalis ligt, en de inmonding van de vena cava anterior.

De breedte van het auriculum dextrum werd gemeten loodrecht op de lengte, vanaf het raakpunt van het auriculum dextrum en de aorta.

Een aantal harten was bij de slachting echter dermate beschadigd, dat een aantal van deze metingen niet meer verricht konden worden.

In tabel 7 is een overzicht van de verkregen waarden gegeven.

TABEL 7.

Overzicht van de gewichten in grammen en de afmetingen in cm van de beide auriculae cordes en het totale gewicht van het hart in grammen.

nr.paard	auriculum sinistrum			auriculum dextrum			gewicht
	gew.gr.	lengte	breedte	gew.gr.	lengte	breedte	hart
1	272	11	7.5	205	8	8	3746
2	235	10	7.5	244	7	8	3642
3	280	7.5	7	260	10.5	8	3708
4	-	-	-	190	8	8	4197
5	178	11.5	7.5	219	7,5	7	3185
6	360	16.5	8.5	398	17.5	9.5	4697
7	155	10.5	6	264	10	6	3007
8	253	13	6	216	12	7	3657
9	253	9.5	6	172	9.5	6.5	3409
10	299	10.5	6.5	443	9	6.5	4320
11	213	10	8	365	8	8	3966
12	235	9.5	7	244	7	5.5	3586
13	230	17.5	6	267	7	8	3197
14	283	14	8	345	7.5	7	3865
15	163	10	6	150	10	9	2856

Volgens MARTIN (1923) bedraagt de lengte van het auriculum sinistrum gemiddeld 10.6 cm, spreiding 8 - 15 cm.

Von BRANDENSTEIN (l.c.) en FREY (1883) vonden bij slachtdieren dezelfde waarden.

In ons onderzoek worden waarden gevonden van 7.5 - 17.5 cm. Voor de breedte van het auriculum sinistrum vond MARTIN 5 - 9 cm, gemiddeld 6.8 cm. Von BRANDENSTEIN vond 6 - 11 cm en FREY 5 - 9 cm. In dit onderzoek werd 6 - 8.5 cm gevonden.

Voor het auriculum dextrum bedroegen de door MARTIN opgegeven waarden: lengte: 7 - 14 cm, gemiddeld 11.0 cm, breedte: 5 - 10 cm, gemiddeld 6.9 cm. Volgens Von BRANDENSTEIN zijn deze waarden resp. 8 - 12.5 cm en 6 - 11 cm. Volgens FREY: 7 - 14 cm en 5 - 10 cm.

In ons onderzoek: lengte 7 - 17.5 cm en breedte 5.5 - 9.5 cm. Worden de resultaten van ons onderzoek vergeleken met de vermelde literatuur-gegevens, dan blijkt dat er postmortaal geen verschil bestaat tussen de afmetingen van de auriculae cordis van harten van getrainde paarden en de auriculae cordis, van slachtdieren.

Uit vergelijkende literatuur waren gegevens van BERGMANN (1884) en REINDELL (1949) bekend. Het auriculum cordis dexter zou bij getrainde dieren zwaarder zijn dan het auriculum sinistrum.

In dit onderzoek zijn hiervoor geen aanwijzingen gevonden. Het gemiddelde gewicht van het auriculum sinistrum bedroeg 243.50 $\pm$ 55.81 gram, dat van het auriculum dextrum 265.46 $\pm$ 78.22. Het verschil is echter geenszins significant en het mag ten zeerste betwijfeld worden of de verschillen van BERGMANN en REINDELL wel significant zijn, aangezien zij mededeling doen over een klein aantal gevallen.

3-1-1-3. Het gewicht van de ventrikels.

Nadat de beide auriculae weggeprepareerd waren, werden de linker en rechter ventrikelwanden langs het septum weggeprepareerd. De drie delen werden dan afzonderlijk gewogen. Uit deze drie gegevens werd het afzonderlijk gewicht van de linker en rechter ventrikel berekend en deze berekende waarnemingen zijn opgenomen in tabel 8.

De berekeningen geschiedden aldus:

Gewicht van de rechter ventrikelwand a gr.
Gewicht van de linker ventrikelwand b gr.
Gewicht van het septum c gr.

Het gewicht van de rechter ventrikel bedraagt nu: $a + \frac{c}{a+b} \times a$ gr.

Het gewicht van de linker ventrikel bedraagt nu: $b + \frac{c}{a+b} \times b$ gr.

TABEL 8.

Overzicht van de gewichten in grammen van de linker en de rechter ventrikel van een aantal getrainde paarden, die tengevolge van een ongeluk afgemaakt zijn.

paard nr.	gew. v. d. rechter ventrikel	gew. v. d. linker ventrikel	gew. van het hart in gr.
1	1224	2054	3746
2	1128	2040	3642
3	976	2092	3708
4	1220	2415	4197
5	864	1931	3185
6	1562	2360	4697
8	1154	2034	3657
10	1466	2133	4320
11	1118	2217	3966
12	997	2036	3586
13	1057	1646	3197
14	1152	2085	3865
16	874	1596	2970

3-1-1-3-1. Enkele afmetingen aan de ventrikels.

A. Uitwendig.

Naast het gewicht van de ventrikels kunnen ook metingen aan de ventrikel een indruk geven van de grootte van het hart. Meer dan een grove indruk kan dit niet zijn, omdat de mate van contractie en de aanwezigheid van de rigor mortis bij het postmortale onderzoek onzekere factoren zijn.

Bij de mens kan men intravitam de vorm en de grootte van het hart röntgenologisch bepalen, bij het paard kan men door de anatomische verhoudingen slechts van een zeer klein deel een indruk krijgen. Voor het vaststellen van de verwijding van het hart is dit intravitale onderzoek van doorslaggevende betekenis.

Het hart komt tijdens het doden van de slachtdieren in diastole tot stilstand. Na de dood treedt de rigor mortis op, die enkele etmalen aanhoudt. De rigor mortis is een continue samentrekking van alle spieren, die nauw verwant is aan de physiologische contractie.

De contractie tijdens de rigor mortis verloopt echter langzaam en is irreversibel. Vooral bij krachtige spieren en het hart verloopt de rigor mortis zeer intensief (Van OYEN en REITSMA (1950). Na het einde van de rigor mortis treedt wederom een verslapping van de musculatuur in. Tijdens deze secundaire verslapping van de musculatuur zijn de harten gemeten. Het heeft echter geen zin,

deze maten te correleren met maten tijdens de systole of diastole van het hart, omdat dit een volkomen actief proces is, dat onder invloed staat van het autonome zenuwstelsel.

Als maten, die een indruk kunnen geven van de postmortale grootte van het hart, werden gekozen:

1). de omtrek van het hart, gemeten langs de sulcus coronarius.
2). de omtrek van het hart, gemeten enkele cm onder de sulcus coronarius. Dit is de maximale omtrek.
3). de "omvang" van de linker ventrikel. Dit is de afstand tussen de sulcus longitudinalis sinister en de sulcus longitudinalis dexter, gemeten over de maximale omvang van de linker ventrikel, enkele cm onder en evenwijdig aan de sulcus coronarius.
4). De "omvang" van de rechter ventrikel gemeten enkele cm onder en evenwijdig aan de sulcus coronarius. Dir is de maximale afstand tussen de sulcus longitudinalis sinister en de sulcus longitudinalis dexter, gemeten over de rechter ventrikel.
5). De afstand tussen het midden van de apex cordis en de sulcus coronarius evenwijdig aan de sulcus longitudinalis sinister.
6). De lengte van de linker ventrikel gemeten langs de margo caudalis.
7). De lengte van de rechter ventrikel gemeten langs de margo cranialis.
8). De afstand tussen het snijpunt van de margo cranialis en de sulcus longitudinalis sinister en het midden van de apex cordis.
9). De lengte van de scheidingslijn van de beide ventrikels gemeten langs de sulcus longitudinalis sinister en de sulcus longitudinalis dexter.

Een overzicht van de bovengenoemde afmetingen is gegeven in tabel 9.

TABEL 9.

Overzicht van een aantal afmetingen aan de ventrikels van een aantal gezonde, in volle training zijnde paarden, die tengevolge van een ongeluk afgemaakt moesten worden.

	afmetingen in cm beschreven onder nr.								
paard nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	49	57	29	28	25	24	19	-	45
2	48	58	29	29	26	22	18	-	46.5
3	46.5	-	-	-	24	24	18	8	46
4	52	61.5	30.5	31	29.5	27	19	6.5	46
5	47.5	54.5	29.5	25	24.5	21.5	19.5	-	46
6	45	59.5	31	28.5	27	27	21.5	8	47
7	50	55	31	24	31	31	16	6.5	44
8	51	56	31	25	24	23	22	9	49
9	51	57	30	27	25.5	24	18.5	8.5	44
10	53	61	31.5	29.5	26	24	22	-	50.5
11	52.5	61.5	33	28.5	27.5	25.5	22	-	54
12	52.5	59	29	30	24.5	21.5	15	-	47.5
13	54	57	28.5	28.5	25	24	17	-	46
14	50.5	58	29	29	26.5	24	18	-	46.5
15	46.5	52	26	26	26	26	18	8	49
16	47	53	25	28	23	21.5	17	7	44

Uit de literatuur zijn een aantal vergelijkbare gegevens bekend. Volgens MARTIN (1923) is de maximale omtrek van de ventrikels gemiddeld 54.3 cm. (46.5 tot 60 cm).
Volgens FREY (1883) 46.5 - 60 cm, volgens Von BRANDENSTEIN (1924) 54 - 67 cm.

De "omvang" van de linker ventrikel (3) bedroeg volgens FREY (1883) 23 - 32 cm, volgens MARTIN (1923) 22 - 32 cm gemiddeld 26.1 cm.

De "omvang" van de rechter ventrikel (4) bedroeg volgens FREY 20 - 30 cm, volgens MARTIN 20 - 30 cm, gemiddeld 28.6 cm. In ons onderzoek werden waarden gevonden voor de maximale omtrek van 52 - 61.5 cm, de omvang van de linker ventrikel: 25 - 33 cm, de omvang van de rechter ventrikel: 24 - 31 cm.

Al deze waarden komen dus overeen met de literatuurgegevens en kunnen ook geen aanwijzingen zijn voor het vaststellen van een hypertrophie van het hart.

B. Inwendig.

Gemeten werd de binnenomtrek van het ostium atrio - ventriculare sinistrum en de omtrek van het ostium atrio - ventriculare dextrum. De inwendige omtrek van de aorta werd gemeten ter hoogte van de valvulae semilinares. De omtrek van de arteria pulmonalis werd eveneens ter hoogte van de valvulae semilunares gemeten. De uitkomsten van deze metingen zijn verzameld in tabel 10.

TABEL 10.

Overzicht van de omtrek in cm van het ostium atrio - ventriculare sinistrum en het ostium atrio-ventriculare dextrum, en van de omtrek van de aorta en de arteria pulmonalis, ter hoogte van de valvulae semilunares.

	Ostium atrio ventriculare			
paard nr.	sinistrum	dextrum	aorta	arteria pulmonalis
1	24.5	25	15	15.5
2	21	24.5	18	16
3	22	18	14	14
4	21.5	22	16.5	14.5
5	26.5	25.5	12	20
6	21.5	21.5	13	14
7	21.5	22.5	13	12
8	21	26	13.5	17.5
9	19	27.5	17	17
10	24	26	19.5	19
11	23.5	29	16.5	18
12	22	30	15	18
13	20.5	23.5	18.5	17

Ook hier zijn uit de literatuur een aantal gegevens bekend. Von BRANDENSTEIN geeft als gemiddelde omtrek van het ostium atrio - ventriculare sinistrum 26.7 cm, KRÜGER (1923) 19.7 cm, en SCHUBERT (geciteerd vlg. von BRANDENSTEIN) 22.6 cm (1923).
Voor het ostium atrio - ventriculare dextrum geven deze auteurs resp. 21.7, 31, 26.3 cm. Voor de omtrek van de aorta 15.6, 13, 16.1 cm, en voor de omtrek van de arteria pulmonalis resp. 14.6, 13.8, 15.7 cm.
In ons onderzoek werd als gemiddelde omtrek van het ostium atrio - ventriculare sinistrum gevonden: 22.2, (19 - 26.5 cm) hetgeen overeenkomt met de gegevens uit de literatuur bij slachtpaarden.

Ook de gemiddelde omtrek van het ostium atrio-ventriculare dextrum 24.7 cm is in overeenstemming met de literatuurgegevens, evenals de omtrek van de aorta 15.5 cm. Slechts de omtrek van de arteria pulmonalis 16.4 cm is groter dan de waarden uit de literatuur, doch dit verschil 1.7 cm is niet significant.

De maten, die postmortaal verkregen werden door meting van het ostium atrio-ventriculare sinistrum, en dextrum en de inwendige omtrek van de arteria pulmonalis en de aorta, geven geen aanwijzingen voor het bestaan van een dilatatie van het hart bij getrainde paarden.

3-1-1-4. Discussie.

De door meting en weging verkregen waarden aan harten van klinisch normale en in volle training zijnde paarden verschillen niets van de in de literatuur vermelde waarden voor harten van getrainde paarden. (SCHMALTZ 1914, F.v. BRANDENSTEIN 1924, HERRMANN 1929, QUIRING en BAKER 1953).

De absolute gewichten in totaal en in onderdelen van de harten van de getrainde paarden verschillen ook niet significant van de waarden die verkregen zijn bij klinisch gezonde slachtdieren. Deze laatste waren geen volbloeds of paarden, die getraind werden voor snelwerk. (MARTIN 1904, Von BRANDENSTEIN 1924, FREY, SCHUBERT, KRÜGER (geciteerd vlg. Von BRANDENSTEIN).

Wel vindt men een verschil als men gebruik maakt van de hartindex.

Door HERRMANN (1929) is deze index bepaald bij een aantal renpaarden.

Voor de 0 - 1 jarigen bedroeg de hartindex: 0.74 - 0.84
Voor de 2 - jarigen bedroeg de hartindex: 0.81 - 0.88
Voor de 3 - jarigen bedroeg de hartindex: 0.82 - 1.00
Voor de 4 - jarigen bedroeg de hartindex: 1.01 - 1.04

De hoogste door HERRMANN gevonden waarde was 1.10.
Dit was bij een paard, dat herhaalde malen met stimulerende middelen behandeld zou zijn.
De suggestie van de grote waarde van de hartindex in de anatomie van het paard wordt door HERRMANN nog versterkt door als normale waarde 0.677 te vermelden. Dit getal is bepaald aan één dier door BERGMANN in 1884, terwijl de handboeken o.a. SISSON-GROSSMANN een spreiding geven van 0.7 - 1.0.

Verder is het zeer de vraag of men in de veterinaire anatomie mag werken met de hartindex, omdat nimmer aangetoond is, dat de betrekking tussen het lichaamsgewicht en het gewicht van het hart bij alle rassen lineair is.

STEEL (1963) heeft een verband gelegd tussen de QRS duur en het gewicht van het hart na de dood. Hij steunde daarbij op de onderzoekingen van HERRMANN (1926/1929). Volgens STEEL is er een positieve correlatie (r_{32} = 0.89) tussen het hartgewicht en de QRS duur, en stijgt het hartgewicht 75 gram als de QRS duur toeneemt met 0.001 sec.

Deze opvatting wordt ten zeerste bestreden en wel bij de bespreking van STEEL's monography in the Vet. Rec. (1963/1964).

Bij de bepaling van het QRS interval wordt een aanzienlijke fout gemaakt: de QRS duur wordt gemeten in mm en de tiende mm worden geschat.
Dit verkregen getal wordt vermenigvuldigd met 0.04.

Nu is bekend (BARKEMA 1961) dat iedere onderzoeker een zekere voorkeur heeft voor een aantal getallen bij het schatten. Hieruit kan men dus concluderen, dat zowel de TWEEDE als de DERDE decimaal onnauwkeurig zijn. Aangezien door STEEL de meetfout niet opgegeven wordt moeten de getallen van STEEL dus met reserve bekeken worden. Naast het verband van QRS duur en het gewicht van het hart wijst STEEL ook nog op het verband tussen QRS duur en het gewonnen bedrag per race. Vooral deze getallen moeten met nog meer reserve beoordeeld worden.

Hoewel de correlatie van STEEL als toevallig beschouwd moet worden, is zij toch belangrijk genoeg om er aandacht aan te schenken, en het onderzoek te herhalen.

Wil men een indruk krijgen van de hypertrophie, welke het hart van het getrainde paard ondergaan heeft, dan dient men de gevonden waarden te vergelijken met gegevens die verkregen zijn aan ongetrainde exemplaren van eenzelfde ras. Voor de volbloeds en andere sportpaarden zal dit wel een utopie blijven. Het hart van de getrainde mens is intra vitam sterk vergroot.
De harten zijn echter maar matig gehypertrophieerd en het bereikt zeer zelden het kritische hartgewicht (REINDELL 1949).

Volgens LINZBACH (l.c.) is er geen principieel verschil in de hypertrophie van het hart bij sport, bij hypertensie en bij congenitale hartaandoeningen, Het is echter alleen een kwestie van hoeveelheid en tijd. Bij de hypertensie en bij de congenitale hartaandoeningen is de tot de hypertrophie aanleiding gevende factor, de gevraagde grotere arbeid, altijd aanwezig;terwijl deze bij de sportieve prestatie en de training steeds gedurende een relatief korte tijd aanwezig is.

In het algemeen is de gewichtstoename door een kortdurende arbeid, of door een geringe langdurige arbeid het gevolg van een hypertrophie van de vezel. Er is een toename in volume.

Zeer kortdurende, meestal eenmalige krachtsinspanningen en zeer grote krachtsinspanningen, zoals gedeeltelijk onderbinden van de aorta en tegelijkertijd adrenaline toedienen, waarbij drukken van meer dan 300 mm Hg. overwonnen moeten worden,kunnen door het niet gehypertrophieerde hart zonder bezwaar overwonnen worden.

Deze experimenten bewijzen volgens GRANT (geciteerd door REINDELL 1949) dat de hypertrophie niet de kracht van de contractie beïnvloed, maar de spiervezel in staat stelt de gevraagde hogere krachtsinspanning te blijven volhouden,

Voor deze stelling pleiten ook onderzoekingen over de biochemie van de spiervezel. PALLADIN en FRIEDMANN (1928) vonden bij de gehypertrophieerde vezel een toename van het gehalte aan phosforkreatine zuur.

EMBDEN en HABS (1926) vonden reeds een toename van het glycogeen en van adenosine triphosfaat bij de gehypertrophieerde spiervezel. Recente Russische onderzoekingen (JAKOWLEW 1959) bevestigen dit.

Deze toename in volume bij de gehypertrophieerde vezel uit zich op twee manieren: ten eerste, de gehypertrophieerde vezel is dikker, ten tweede, de gehypertrophieerde vezel is langer. Met de toename in de lengte moet in vivo een vergroting en verwijding van het hart gepaard gaan.

Deze verwijding, die tevens gepaard gaat met een bijzondere functie, is röntgenologisch bij de mens aangetoond.

Bij het paard kan men bij röntgenologisch onderzoek slechts een zeer vage aanduiding krijgen van de grootte van het hart.

Het zou echter zeer interessant zijn röntgenkymographie van dit röntgenologisch zichtbare deel te verrichten, omdat de bewegingen van dit deel wel van zeer grote diagnostische waarde kunnen zijn bij de diagnostiek van de hartziekten.

Teleurstellend zijn ook de postmortale bevindingen, omdat de hypertrophie die men bij het sporthart verwacht niet tot uiting komt.

Voor een groot deel is dit het gevolg van de niet aanwezige hyperplasie (LINZBACH l.c.). Deze hyperplasie wordt wel gevonden bij de congenitale hartaandoeningen en de hypertensie bij de mens.

SJÖSTRAND (1950) meent dat tijdens de rigor mortis, de hartspiervezelen maximaal contraheren. Slechts die vezelen, wier contractiliteits mogelijkheden gestoord zijn (bij gedecompenseerde harten) contraheren niet maximaal. Het verschil in lengte van de maximaal gecontraheerde spiervezel van het sporthart en de spiervezel van het kleine hart van de ongetrainde zou te verwaarlozen zijn.

Door de krachtige rigor mortis is dan ook van de verwijding van de beide ventrikels bij het getrainde hart weinig terug te vinden. Een aanduiding bij de slachtdieren is nog te vinden in de rechter ventrikel, die ook het minst krachtig is. De invloed van de verbloedingsdood, waartegen het dier zich met zijn nerveuze verdedigingsmechanisme zal verzetten, speelt hierbij misschien nog wel een grote rol.

Door de geweldige contractie van de hartspier tijdens de rigor mortis, maakt de doorsnede van de wand een geflatteerde indruk. Ook de richting van de snede is van enorme betekenis voor de bepaling van de wanddikte.

Besluiten tot hypertrophie uitsluitend op deze wanddikte is dan ook zeer vaak misleidend, want de hypertrophische indruk moet door weging bevestigd worden.

De in dit onderzoek gevonden waarden en de door REINDELL c.s. gevonden waarden vertonen een analoog beeld.

In beide gevallen liggen de absolute hartgewichten binnen de normale spreiding, echter zij liggen in de groep "hoognormaal". Deze tendens is bij de paar-

denharten niet zo duidelijk als bij de harten van de mensen, maar de grote voorkeur van de oude anatomen om de gegevens te verzamelen aan volbloeds en renpaarden zal hier wel niet vreemd aan zijn.

We menen dan ook te mogen concluderen dat het getrainde paard, relatief gesproken een gehypertrophieerd hart heeft, doch dat de absolute mate van hypertrophie in het algemeen overschat wordt.

Dat deze geringe hypertrophie reeds aanleiding zou zijn tot de z.g.n. coronaire insufficientie moet ten zeerste betwijfeld worden, omdat ten eerste, de electrocardiographische symptomen van deze "insufficientie" bij alle getrainde paarden voorkomen (zie hoofdstuk 4) en ten tweede het wezen van de hypertrophie, vermoedelijk analoog is aan die van de mens, en niet gepaard gaat met een hyperplasie omdat anders de gewichtstoename van het hart veel groter zou zijn.

3-1-1-5. Conclusie.

Er bestaat een anatomische overeenstemming tussen het sporthart van de mens en het sporthart van het paard,

Deze overeenstemming komt vooral tot uiting door het ontbreken van een duidelijk verschil tussen de absolute hartgewichten van het getrainde paard en het niet-getrainde paard.

Hoewel er op grond van de vergelijkende onderzoekingen bij de mens, ook bij het getrainde paard een vergroot hart verwacht moest worden, kwam deze vergroting niet tot uitdrukking in de postmortale afmetingen van het hart.

Slechts intra vitaal röntgenologisch onderzoek, zal het bewijs van het bestaan van een hartverwijding kunnen geven.

3-2. Het sporthart van het paard, electrocardiografische gedeelte.

3-2-1. Inleiding.

Aangezien van een dierenarts zeer vaak een oordeel gevraagd wordt over het hart van een sportpaard zal deze, temeer daar andere diagnostische hulpmiddelen zoals de hartfoto en bloeddruk óf onmogelijk of nog onbetrouwbaar zijn, maar al te graag gebruik maken van het electrocardiogram.

Tesamen met een VOLLEDIG klinisch en hematologisch onderzoek kan het electrocardiogram van grote betekenis zijn voor de diagnostiek van bepaalde hartaandoeningen bij het paard.

Bij het physisch onderzoek van getrainde paarden wordt men in rust vaak geconfronteerd met arrythmieën en bijgeruisen. Vooral tijdens absolute rust vindt men bij de 4-jarige en oudere dravers en getrainde volbloeden een hartarrythmie.

Bij zeer nauwkeurig ausculteren kan men dan in bijna alle gevallen een

partieel blok diagnostiseren, omdat men in de pauze de atriumcontractie, overeenkomend met de zgn. 4e hartetoon, kan horen.

Tevens worden zeer vaak gespleten le hartetonen en zachte systolische bijgeruisen gehoord, waarvan de betekenis voor de pathologie van het hart van het paard nog een grote vraag is.

Wij mogen dan ook wel stellen dat met de diagnostische hulpmiddelen het nog zeer moeilijk is een oordeel te geven over de functionele toestand van het myocard van het paard.

Zowel uit klinisch als uit economisch oogpunt is het derhalve van het grootste belang dat de methodiek van het onderzoek gestandaardiseerd wordt en dat de resultaten van deze onderzoekingen snel uitgewisseld kunnen worden.

Voor men tot interpretatie van het verkregen electrocardiogram overgaat, dient men zich bewust te zijn van de waarde van het electrocardiogram als diagnostisch hulpmiddel. Een belangrijke beperking van de betekenis van het electrocardiogram is dat het zeker GEEN indruk kan geven van de functionele reserves van het hart.

Voor men uit een electrocardiogram tot een afwijking mag besluiten, dient men de spreiding van het normale electrocardiogram te kennen. Ook moet men weten of het electrocardiogram van het getrainde paard afwijkt van het electrocardiogram van het ongetrainde paard.
Ook moet men concluderen of de eventueel gevonden afwijking physiologisch dan wel pathologisch is.

Teneinde een indruk te krijgen van de variatie van het electrocardiogram van het getrainde paard, zijn een aantal electrocardiogrammen van dravers, renpaarden en rijpaarden gemaakt. Deze 246 dieren waren op het moment van het onderzoek volop in training en bevonden zich in goede conditie en beschikten over een goed prestatie vermogen.
Sommige (60) van deze dieren konden enkele jaren vervolgd worden om te zien of er zich in de loop van de trainingsperiode nog veranderingen voordeden.

3-2-2. Het electrocardiogram in het algemeen.

Bij het electrocardiographisch onderzoek wordt het potentiaal verschil, dat ontstaat tengevolge van de activatie van de hartspier, tussen twee punten aan de oppervlakte van het lichaam geregistreerd als functie van de tijd.

In beginsel kan men deze twee punten willekeurig kiezen. Van deze vrijheid heeft men in de veterinaire electrocardiographie een te rijkelijk gebruik gemaakt en ook thans nog worden vele onderling verschillende afleidingen gebruikt. Wil men echter een zo groot mogelijk nuttig effect van de electrocardiographie hebben, dan dient de methodiek van de registratie en interpretatie van het electrocardiogram gestandaardiseerd te worden (BROOYMANS 1954, 1957).

Sedert BROOYMANS (1954) op deze noodzakelijkheid wees, is men met de

standaardisering van de methodiek nog niet veel gevorderd, doch het lijkt er meer op, dat de beenafleidingen volgens Einthoven thans in vele landen gebruikt worden.

Naast de afleidingsplaatsen dienen ook de electroden gestandaardiseerd te worden. Men dient plaatelectroden te gebruiken omdat de naaldelectroden aanleiding geven tot "baseline drift". (BROOYMANS 1954). De beste resultaten worden verkregen met roestvrije plaatelectroden. Deze kunnen zeer gemakkelijk met een rubberband aan het been bevestigd worden. Eerst moet men een hoeveelheid geleidende pasta op de electrode en ook op het been waar de pasta stevig in de haren geborsteld wordt, aanbrengen.

De stand van het paard kan ook van invloed zijn op de vorm van het verkregen electrocardiogram. STEEL (1949) heeft hierop het eerst gewezen.
Hij laat dan ook steeds het rechter voorbeen zo ver mogelijk naar voren brengen. STEEL (1949) meent bij deze methodiek nadelige spiertrillingen te kunnen elimineren. Het gedwongen naar voren brengen van het been gaat zelfs bij de getrainde paarden altijd met verzet en toename van de nervositeit gepaard, daarom werd het in dit onderzoek achterwege gelaten. Alle electrocardiogrammen zijn gemaakt bij nagenoeg vierkant staande dieren. Een sterke storing door de invloed van de musculatuur werd bij het in rust zijnde dier niet waargenomen.

De electrocardiogrammen werden gemaakt met de "Sanborn visocardiette 52", papiersnelheid 25 mm/sec. De electroden werden aangebracht te halverhoogte van de pijp aan de laterale zijde.
Via het rechter achterbeen werd het paard geaard aan de electrocardiograaf, die op zijn beurt aangesloten was op een geaard stopcontact.

Onder normale omstandigheden bestaat het electrocardiogram uit een opeenvolgend aantal toppen en golven, die volgens internationale afspraak (1953, New York Heart Association) aangeduid worden met de letter P, Q, R, S, T.

Het electrocardiogram bestaat uit het electro-atriogram (E.a.g.), dit is de electrische activatie van de beide voorkamers, en het electroventriculogram (E.v.g.), de depolarisatie en repolarisatie van de beide ventrikels.

Dat het electrocardiogram in deze beide delen uiteen kan vallen is het gevolg van de niet gelijktijdige activatie van de spiermassa's van de voorkamers en de kamers.

Het E.a.g. en het E.v.g. zijn echter summaties van een aantal gelijktijdig optredende spieractivaties op verschillende plaatsen in de atriae en de ventrikels.

De depolarisatie van de voorkamers wordt in het electrocardiogram aangegeven met de letter P. De repolarisatie van de voorkamers (PTa) is niet alleen opgenomen in het ventrikelcomplex, maar kan moeilijk waargenomen worden omdat de amplitudo gering is.

Bij het partiele blok van de 2e graad volgens Wenkebach (type 1 en 2, zie aldaar), is soms een PTa waar te nemen.

Het tijdsverschil tussen het begin van de depolarisatie van de voorkamers

en het begin van de depolarisatie van de kamers is het atrio-ventriculaire interval (A.V. tijd). De benaming atrio-ventriculaire interval is beter dan PQ - tijd, omdat in sommige afleidingen de Q top afwezig is,

Het e.v.g. begint met de depolarisatie van de ventrikels (QRS complex) en zal in extenso beginnen met een negatieve Q top, een positieve R top en een negatieve S top; zeer vaak is er ook nog een positieve R' top aanwezig. Dit drietal toppen behoeft niet altijd gezamenlijk voor te komen.

Het dan volgende stuk verloopt meestal in alle afleidingen in de nullijn en heet ST gedeelte, dit deel strekt zich uit tussen het einde van de S top of R top en het begin van de T top. Tijdens deze tijd bevinden de ventrikels zich in de toestand van maximale depolarisatie en kan dus geen potentiaal verschil gemeten worden.

Een deel van dit interval, nl. het einde van de S top resp. R top, tot het begin van de T top, heet ST junction en wordt aangeduid als STj.

De repolarisatie van de ventrikels begint bij het begin van de T top.

Vaak is de duur van de repolarisatie van de ventrikels niet te bepalen, omdat het vaak moeilijk te zeggen is waar de T top begint of eindigt.

De duur van de totale activiteit van de ventrikel wordt gemeten door de afstand te bepalen tussen het begin van de Q top en het einde van de T top.

Tijdens het hierop volgende TP deel, dat zich weer in de nullijn bevindt, is het hart electrisch inactief, het is het stadium van de maximale repolarisatie.

Van zeer groot belang zijn verder nog het PP en het QQ interval, resp. het voorkamer en het kamerinterval.

Voor de vaststelling van de potentiaalverschillen dient de te gebruiken meetapparatuur geijkt te worden. Sedert Einthoven wordt de electrocardiograaf i.h.a. zodanig geijkt, dat 1 cm = 1 m.V.

3-2-3. Het electrocardiogram van het getrainde paard in rust.

Achtereenvolgens zullen besproken worden het electrocardiogram verkregen met behulp van de beenafleidingen volgens Einthoven, de afleidingen I en II, en III; de unipolaire beenafleidingen volgens Goldberger, aV_r, aV_l, aV_f; de borstwand afleidingen met behulp van de central terminal volgens Wilson.

Bij dit laatste onderzoek werd de electrode geplaatst op de door BROOYMANS (1957) aangewezen plaatsen in de 6e intercostale ruimte. In totaal zijn van 246 paarden electrocardiogrammen gemaakt; van sommige dieren meerdere keren.

3-2-3-1. De beenafleidingen volgens Einthoven.

3-2-3-1-1. Afleiding I.

Bij deze afleiding wordt het potentiaal verschil gemeten tussen het linker en het rechter voorbeen. De electrocardiograaf is volgens internationale afspraak zodanig geconstrueerd dat, bij goede bevestiging van de patientenkabel, een positieve uitslag ontstaat, als het rechter voorbeen relatief negatief is ten opzichte van het linker voorbeen.

In de afleiding I vallen op (fig. 1-1), (fig. 2).
de positieve P top,
de vrij duidelijke R top,
en de algemeen negatieve T top.

Het e.a.g.: de P top.

De vorm van de P top is in het algemeen duidelijk positief.
De P top is in afleiding I soms zelfs 2 toppig. Van 246 electrocardiogrammen waren de P toppen in 30% van de gevallen iso electrisch, een negatieve P top werd niet waargenomen.
Het voltage van de P top varieerde in deze afleiding van 0 - 0.20 m V, het gemiddelde voltage was 0.083 m V.
De duur van de P top varieerde van 0 - 0.12 sec., gemiddeld 0.063 sec.

Het e.v.g.

Het electro-ventriculogram is bij het paard in afleiding I in het algemeen zeer eenvoudig van vorm.

Bijna altijd was een goed meetbare R top aanwezig, slechts bij twee dieren was bij een eerste onderzoek een iso-electrische R top aanwezig. Bij een herhaald onderzoek werd in afleiding I een R top gevonden van resp. 0.05 en 0.15 mV.

De consequentie van deze positieve R top, die ook steeds in deze afleiding groter is dan de Q top en de S top samen, is, dat de gemiddelde electrische hartas bij het paard voor de beenafleidingen moet liggen tussen -90° en $+90^{o}$.

Indien men bij een paard dus een negatief of een iso-electrisch QRS complex verkrijgt in afleiding I is het noodzakelijk, voor men overgaat tot conclusies, de volgende controles te doen:

1. Controle of de stand van het dier vierkant is.
2. Controle of de patientenkabels juist bevestigd zijn.

Indien bij bovengenoemde controles geen fouten gevonden worden dan dient het onderzoek nog eens herhaald te worden op een ander tijdstip.

De Q en de S top zijn zeer vaak, doch vrij summier aanwezig, de R top overheerst.

De Q top.

In afleiding I werd bij 78% van de electrocardiogrammen een meetbare Q gevonden, de maximale waarde bedroeg -0.20 mV. Het gemiddelde voltage van Q is berekend op -0.050 mV.
De duur van Q is zeer gering, de maximale duur bedroeg 0.02 sec. de gemiddelde duur is berekend op 0.014 sec.

De R top.

Het voltage van de R top varieerde van 0.05 - 1.60 mV; gemiddeld was het voltage 0.516 mV.
De duur van R varieerde van 0.02 - 0.12 sec., de berekende gemiddelde duur was 0.062 sec.

De S top.

Een S top is slechts zelden aanwezig, de top was slechts bij 12% van de electrocardiogrammen aanwezig. De amplitudo is gering, maximaal -0.10 mV. De berekende gemiddelde amplitudo bedraagt -0.015 mV. De duur van de S top varieerde van 0 - 0.06 sec., de gemiddelde berekende duur bedroeg 0.004 sec.

De totale duur van het QRS complex.

De totale duur van het QRS complex varieerde van 0.04 - 0.14 sec., de gemiddelde duur was 0.084 sec.

De T top.

In het algemeen is de T top in afleiding I negatief, slechts bij 3% van de dieren was de T top iso-electrisch en bij 5% positief. Bij al deze dieren werd de T top na langdurige arbeid negatief.
Een biphasische -/+ of +/- T top werd niet waargenomen.

Als men in een electrocardiogram een positieve of een biphasische T top aantreft in de afleiding I, dan is het raadzaam, na controle van de stand van het dier, het dier nogmaals aan een onderzoek te onderwerpen.

Het voltage van de T top varieerde van -0.70 tot +0.40 mV. De gemiddelde amplitudo was -0.278 mV.

De duur van T varieerde van 0-0.16 sec., de gemiddelde duur was 0.085 seconde.

3-2-3-1-2. De afleiding II.

Bij deze afleiding wordt het potentiaal verschil gemeten tussen het rechter voorbeen en het linker achterbeen.
Een positieve uitslag wordt verkregen als het rechter voorbeen negatief is ten opzichte van het linker achterbeen.

Het electrocardiogram van de afleiding II is gecompliceerder van bouw dan het electrocardiogram van de afleiding I (fig. 1-2), (fig. 2).

Ook hier is een duidelijke P top aanwezig, doch deze varieert meer van vorm dan in afleiding I.
Ook in afleiding II overheerst de R top. De T top is variabel van vorm, negatief biphasisch of positief.

Het e.a.g.: de P top.

De P top is in afleiding II vrij sterk variabel. In het algemeen was de P top positief. Biphasische -/+ P toppen werden ook waargenomen. De positieve P top, was één of meer toppig.

Een negatieve P en een +/- P werden niet waargenomen evenmin als een iso-electrische P top.

De positieve P top.

Van 243 dieren was de P top in 91.7% van de gevallen positief, 68.4% van het totaal was 2 toppig positief. De amplitudo van de positieve P top varieerde van 0.10 tot 0.40 mV, de gemiddelde amplitudo was 0.207 mV. (in deze berekening is van de 2 toppig positieve de grootste top in de berekening opgenomen).

De positieve P top varieerde van 0.04 - 0.16 sec., de gemiddelde duur van de P top was 0.098 sec.

De biphasische P top.

De biphasische P top werd bij 8.3% van de electrocardiogrammen aangetroffen.
De amplitudo van de negatieve phase varieerde van -0.10 tot -0.15 mV.
De amplitudo van het positieve deel varieerde van 0.10 - 0.30 mV.

De duur van de gehele biphasische P top varieerde van 0.08 - 0.16 sec., waarvan ieder deel de helft voor zijn rekening neemt.
Gemiddeld was de duur van de -/+ P top 0.110 seconden.

Het e.v.g.

In het electro-ventriculogram valt de overheersing van de R top op, een overheersing van de Q top en de S top kwam niet voor in deze afleiding.
In combinatie met de positieve R_I heeft dit als consequentie dat de gemiddelde electrische hartas, berekend uit de beenafleidingen moet liggen tussen -30° en $+90^o$.

Combineren we deze conclusie met de wet van Einthoven, afl. I + afl. III = afl. II en als afl. I iso-electrisch is voor QRS, $S_I + Q_I = R_I$, dan is afl. III = afl. II. Als afl. III iso-electrisch wordt, m.a.w. $Q_{III} + S_{III} = R_{III}$; dan is afl. I = afl. II.

In het geval afl. III = afl. II dan bevindt zich de hartas op $+90^o$.
In het geval afl. I = afl. II dan bevindt zich de hartas op $+30^o$.

De derde mogelijkheid is $Q_{II} + S_{II} = R_{II}$, dan is $R_I = - R_{III}$ of $R_{III} = - R_I$, doch deze laatste mogelijkheid vervalt doordat in afl. I altijd een positieve R aanwezig is, die groter is dan Q_I en S_I.
De aanwezigheid van een grote negatieve uitslag in afl. III is dus theoretisch mogelijk. De stand van de hartas is dan -30°. Een overheersend neg. QRS complex in afl. I en II is niet normaal.

De Q top.

De Q top was meetbaar aanwezig in alle electrocardiogrammen. De maximale amplitudo bedroeg 0.30 mV, de kleinste amplitudo 0.05 mV.
Gemiddeld is de amplitudo 0.112 mV. De duur van de Q top is zeer kort, maximaal 0.02 sec., gemiddeld 0.017 seconden.

De R top.

De R top geeft ook in deze afleiding de vorm aan het electrocardiogram.
De amplitudo van de R top varieert van 0.15 - 2.50 mV. Gemiddeld was de amplitudo 0.843 mV.

De duur varieerde van 0.02 - 0.08 sec., gemiddeld was de duur 0.042 seconden.

De S top.

De S top was aanwezig bij 51.2% van de electricardiogrammen en de amplitudo van deze top varieerde van -0.05 tot -0.40 mV.
Het gemiddelde is berekend op -0.065 mV.

De duur varieerde van 0.02 - 0.08 sec., de gemiddelde duur is berekend op 0.014 seconden.

De R' top (fig. 2).

Deze tweede positieve top van het QRS complex komt zeer frequent voor. Deze top neemt soms een zeer belangrijk deel van de QRS duur voor zijn rekening.

De top kwam voor bij 37% van de dieren, die onderzocht werden en was bij deze dieren groter dan 0.05 mV.
De grootste amplitudo in rust was 0.30 mV. Het gemiddelde is berekend op 0.05 mV voor alle dieren, voor de dieren waarbij de R' top aanwezig was 0.120 mV.

De duur van de R' top varieerde zeer sterk nl. van 0.04 - 0.10 sec., de gemiddelde tijdsduur is berekend op 0.022 sec., voor alle dieren, voor de dieren waarbij de R' top aanwezig was 0.05 sec.

QRS duur.

De totale duur van het QRS complex varieerde van 0.06 - 0.16 sec., de gemiddelde duur was 0.095 sec.

Van grote invloed op de duur van het QRS complex lijkt de duur van de R' top.
De gemiddelde duur van de QRS complexen zonder R' top was 0.091 sec. $\pm$ 0.018, de duur van de QRS complexen met R' top was 0.117 sec. $\pm$ 0.019.
Dit verschil was in dit onderzoek niet significant.
Het is van betekenis na te gaan of het voorkomen van de R' top gebonden is aan een bepaalde vorm van de T.
Van de 37% met een duidelijke R' top ging deze bij 20% van de electrocardiogrammen gepaard met een positieve T; bij 16% met een -/+ T; en bij 1% met een negatieve T top.
De T top was in afleiding II bij 51.1% positief, bij 40% biphasisch en bij 8,8% negatief. Er blijkt, dat R' geen voorkeur heeft voor een bepaalde vorm van de T top.

De T top.

Uit het bovenstaande volgt, dat de T top variabel van vorm is. Alle phasen, behalve de iso-electrische en de +/- T toppen werden waargenomen.

De amplitudo van de positieve T top varieerde van 0.10 tot 1.00 mV., gemiddeld was de amplitudo van deze top 0.408 mV.
De duur van deze top varieerde van 0.04 - 0.16 sec., de gemiddelde duur was 0.098 seconden.
De positieve T top werd gezien in 51.1% van de electrocardiogrammen.

De biphasische -/+ T werd gezien in 40.0% van de electrocardiogrammen; de negatieve component overheerste in het algemeen.
De gemiddelde amplitudo van de negatieve component was -0.397 mV, de spreiding was -0.10 tot -0.90 mV.
De positieve component was gemiddeld 0.148 mV., de spreiding was 0.10 tot 0.30 mV.
De duur van de biphasische T top was gemiddeld 0.154 seconden, de spreiding was 0.08 - 0.24 seconden.

De negatieve T top komt minder frequent voor (8,8%); de gemiddelde amplitudo was -0.381 mV, spreiding -0.20 tot -0.80 mV.
De duur van deze top was gemiddeld 0.097 seconden, spreiding 0.08 - 0.12 sec.

3-2-3-1-3. De afleiding III. (Fig. 1 - 3, en fig. 2).

Bij deze afleiding wordt het potentiaal verschil tussen het linker voorbeen en het linker achterbeen gemeten als functie van de tijd. Men krijgt een positieve amplitudo als het linker voorbeen negatief is ten opzichte van het linker-achterbeen.

Dit electrocardiogram is evenals afleiding II gecompliceerd van bouw, ook hier vallen de duidelijke R top en R' top weer op.

Het e.a.g. de P top.

De P top is evenals in afleiding II variabel van vorm. Er komen negatieve, biphasische (-/+), enkelvoudig positieve (+) en dubbeltoppig positieve P (+/+) toppen voor. Tevens kan de P top nog afwezig (iso-electrisch) zijn.

Een negatieve P top werd bij 2.5% van de 245 klinisch gezonde paarden gevonden, 1% had een iso-electrische P top, 52.5% had een enkelvoudig positieve P top, 13.5% had een biphasische (-/+) P top en 31% een dubbeltoppige positieve (+/+) P top.

Het voltage van de negatieve toppen varieerde van -0.10 tot -0.15 mV. Door het geringe aantal is het zinloos hieruit een gemiddelde te berekenen.

De duur van de negatieve P top varieerde van 0.06 - 0.12 sec.
Het voltage van de enkelvoudig positieve P varieerde van 0.10 tot 0.35 mV.
Het gemiddelde voltage van de enkelvoudig positieve P top was 0.236 mV.

De duur van de + P top varieerde van 0.04 - 0.12 seconden, de gemiddelde duur was 0.085 seconden.

Het voltage van de biphasische P varieerde zowel in de negatieve als in de positieve phase.

De negatieve phase varieerde van -0.05 tot -0.20 mV; de duur er van was altijd de helft van de totale P duur.

De positieve phase varieerde van 0.05 - 0.30 mV.
Overheersing van het negatieve deel komt voor, doch is zelden, meestal is de positieve top groter dan de negatieve top. Toppen van gelijke waarde komen ook voor. De totale duur van de -/+ P top varieerde van 0.10 - 0.20 seconden, gemiddeld 0.141 seconden.

Het voltage van de 2 toppig positieve P top varieerde vrij sterk, beide componenten varieerden. De eerste positieve top varieerde van 0.05 - 0.20, de tweede top was altijd gelijk of groter dan de eerste en deze top varieerde van 0.10 - 0.30 mV.
De duur van de +/+ P top varieerde van 0.08 - 0.16 seconden, de gemiddelde duur was 0.109 seconden.

Het is van betekenis na te gaan of er een verschil in duur bestaat tüssen deze P toppen.

Gemiddelde duur van de toppen en hun standaardafwijking.

TABEL 11.

De duur van de P top, in verschillende phasen met de standaardafwijking (afl. III).

vorm van de P top	korste en langste duur in seconden	gem. duur in seconden	standaardafwijking
+ P	0.04 - 0.12	0.085	0.014
+/+ P	0.08 - 0.16	0.109	0.015
-/+ P	0.10 - 0.20	0.141	0.018
- P	0.06 - 0.12		

Het blijkt nu dat de -/+ P duur significant verschilt van de duur van de + P.

Van belang is tevens na te gaan of het verschil in vorm van de P top het gevolg is van de frequentie. Bij neg. P was de gem. QQ duur 1.76.8 seconden, bij pos. P was de gem. QQ duur 1.59.4 seconden, bij de biphasische P was de gem. QQ duur 1.630 seconden, bij de pos. 2 top. P was de gem. QQ duur 1.592 seconden.

Uit de berekeningen blijkt dat deze verschillen niet significant zijn. Voor PQ en QT zijn dezelfde berekeningen uitgevoerd (tabel 12).

TABEL 12.

De duur van QT, PQ en QQ bij verschillende phasen van de P top.

	duur QT	PQ	QQ
Pos. P	0.492	0.298	1.594
2 top. pos. P	0.490	0.313	1.592
biph. P	0.498	0.306	1.630
neg. P	0.496	0.320	1.768

De verschillen tussen deze afstanden zijn niet significant.

Het electroventriculogram in de afleiding III.

De Q, R en de S top zijn in in deze afleiding duidelijk aanwezig, en de S top wordt bijna altijd gevolgd door een positief R' topje.
Deze top neemt evenals in afleiding II een relatief lang deel van de totale QRS tijd voor zijn rekening.

In het algemeen overheerst de R top, en is het totaal van $Q_{III} + R_{III} + S_{III} + R'_{III}$ positief. In deze gevallen beweegt de gemiddelde hartas zich tussen 30° en 90°.
Slechts in enkele gevallen is de som $Q_{III} + R_{III} + S_{III}$ negatief nl. als de electrische hartasstand zich bevindt tussen -30° en $+30^o$. Bevindt zich de electrische hartas op -30°, dan is $Q_{II} + R_{II} + S_{II} = O$, afl. II is iso-electrisch.
De vergelijking wordt nu $Q_I + R_I + S_I = - (Q_{III} + R_{III} + S_{III})$.
Aangezien er altijd een positieve R_I top is, kan in deze gevallen een duidelijke Q/S_{III} optreden.

Het voorkomen van een diepe Q/S_{III} is dus altijd verdacht en wordt deze gevonden, dan dient men dus extra op zijn hoede te zijn, in verband met de invloed van de stand van het dier op het QRS complex.

Is deze stand correct en blijkt ook de patientenkabel goed aangesloten te zijn, dan bestaat de mogelijkheid dat we te maken hebben met een pathologisch e.c.g.

De Q top.

De Q top was meetbaar aanwezig in practisch alle electrocardiogrammen. De amplitudo van de Q top is vrij gering. De maximale amplitudo bedroeg -0.35 mV. Gemiddeld was de amplitudo van Q_{III} - 0.162 mV.

De duur van Q_{III} was zeer kort; de maximale duur van Q_{III} bedroeg 0.02 seconden.

De R top.

In het algemeen overheerst de R top in afleiding III, de grootste amplitudo, die werd waargenomen was 1.80 mV, de kleinste waarde was 0.05 mV. De gemiddelde amplitudo bedroeg 0.497 mV.

De duur van de R top varieerde van 0.02 tot 0.08 seconden, gemiddeld was de duur 0.52 seconden.

De S top.

Deze voor de pathologie zo belangrijke top was bij 50% van de dieren aanwezig. De amplitudo varieerde van -0.10 tot -1.50 mV. de gemiddelde waarde was: -0.284 mV. In ongeveer 13% overheerste de S top, dan was R_I groter dan R_{II} en bevond zich de gemiddelde electrische hartas tussen 0 en -30°.

De duur van de S top varieerde van 0.00 - 0.08 seconden. De gemiddelde waarde was 0.28 seconden.

De R' top.

Deze top was in afleiding III aanwezig en meer dan 0.05 mV bij 70% van de electrocardiogrammen. De amplitudo varieerde van 0.05 tot 0.30 mV.

De gemiddelde amplitudo was 0.086 mV.

De duur van deze top varieerde van 0.04 tot 0.08, seconden, de gemiddelde duur was 0.53 seconden.

De R' top ging in 85.9% gepaard met een positieve T, bij 11.2% met een -/+ T, bij 2.9% met een negatieve T.

De T top.

De T top is in afleiding III in het algemeen positief of -/+ biphasisch, zelden was de T top negatief.
Evenals in afleiding II komt een +/- biphasische T top niet voor.

De negatieve T.

De negatieve T kwam in 2.4% van de electrocardiogrammen voor, terwijl de -/+ biphasische in 27.3% en de positieve T top in 71.2% voorkwam.

Bij twee paarden was de T_{III} op 2-jarige leeftijd, toen de dieren ca. 4 maanden in training waren negatief. Bij een volgend onderzoek op 3- en 5-jarige leeftijd was de T top -/+ biphasisch.

Het voltage van de negatieve T varieerde van -0.10 tot -0.30 mV, de duur varieerde van 0.06 - 0.08 seconden.

De biphasische T.

Het voltage van de negatieve component van de biphasische T varieerde van -0.05 mV tot -0.50 mV.
De positieve component van de biphasische T varieerde van +0.05 tot +0.50 mV.

De totale duur van de biphasische T top varieerde van 0.10 - 0.20 seconden. De gemiddelde duur van de biphasische T top was 0.135 seconden.

De positieve T.

De positieve T varieerde van 0.10 tot 1.10 mV. Gemiddeld was de amplitudo van de positieve T_{III} 0.434 mV.

De duur van de positieve T top varieerde van 0.04 - 0.12 seconden, gemiddeld was de duur 0.086 seconden.

3-2-3-1-4. De duur van PQ, QT en de QQ duur in de drie beenafleidingen.

Tussen de duur van het Av interval (PQ tijd) in de drie afleidingen was geen significant verschil.
Voor de QT tijd en de QQ tijd werd evenmin een significant verschil gevonden in de waarden van de drie afleidingen.

Het onderling verband tussen PQ tijd en QQ tijd en de QT tijd en de QQ tijd.

Bij de mens is een aantal formules bekend die het onderlinge verband tussen deze grootheden aangeven. FRIDERICIA (1920) HEGGLIN en HOLZMANN (1937).

Ook in de veterinaire cardiologie is een dergelijke formule bekend. (LANNEK en RUTQVIST, 1951). Deze formule is 100 QT = 62.41 - (0.35 x frequentie) $\pm$ 3.45.

Volgens deze formule is het verband tussen de frequentie (QQ afstand) en de QT tijd lineair. Het is echter zeer de vraag of de QT tijd lineair verandert met de QQ tijd. Deze lineaire relatie heeft echter een zeer grote spreiding.

Uit het diagram van LANNEK en RUTQVIST lezen we dat een QT van 0.38 sec. normaal is bij frequentie tussen 50 en 87 hartslagen per minuut. Het is dus door deze grote spreiding moeilijk te besluiten tot een pathologische verlenging of verkorting van de QT tijd.

De oorzaken van de spreiding van QT.

In de beenafleidingen II en III, waarin QT zeer vaak gemeten wordt komen 3 soorten T toppen voor.

Voor afleiding III is onderzocht of de phase van de T top invloed heeft op de lengte van QT. De gevonden waarden zijn verzameld in tabel 13.

TABEL 13.

QT duur in afleiding III bij verschillende phasen van T.

	duur van QT in seconden
positieve T	0.473
biphasische T	0.511
negatieve T	0.443

Deze tabel suggereert een invloed van de phase van de T top, na correctie met de duur van deze T toppen ziet men dat deze suggestie juist is in (tabel 14).

TABEL 14.

QT afstanden - duur van de T toppen in afleiding III bij verschillende phasen van T.

	QT duur in sec.	T duur in sec.	verschil in sec.
positieve T	0.473	0.086	0.385
biphasische T	0.511	0.135	0.386
negatieve T	0.443	0.071	0.372

Uit deze tabellen volgt nu dat de duur van de T top oorzaak is van het verschil in gemiddelde QT tijd bij de 3 vormen van QT.

De volgende vraag die gesteld kan worden is: Is het verschil in QT duur, dus verschil in T vorm een gevolg van de frequentie?
Tabel 15 geeft hierover een inzicht.

TABEL 15.

Overzicht van de 3 T vormen en de gemiddelde QQ afstanden.

	QQ afstanden in seconden
positieve T	1.582
biphasische T	1.662
negatieve T	1.118

Dit laatste getal is niet geheel betrouwbaar, omdat deze waarden verkregen zijn aan een aantal zeer jonge dieren, die nog practisch onbetuigd waren en nog zeer

nerveus. Het duurde heel lang voor deze dieren zo rustig waren, dat een electrocardiogram kon worden opgenomen.
Verder veranderde bij een aantal dieren de negatieve T later in een -/+ T; de frequentie was toen tevens sterk gedaald, mede omdat de dieren nu beter betuigd waren. Op deze verandering in de phase van de T top wordt later nader ingegaan. Uit een berekening is te concluderen dat het verschil in QQ duur tussen pos. en -/+ T niet significant was, dit is dus een individueel verschil.
Wordt nu het materiaal gegroepeerd naar gelijke QT duur, dan blijkt tevens dat met afnemende frequentie (toenemende QQ duur) QT toeneemt. Grafiek nr. 1 geeft hiervan een overzicht. Uit deze grafiek blijkt zeer duidelijk dat eenzelfde QT afstand bij zeer veel frequenties kan voorkomen.

Het autonome zenuwstelsel heeft een grote invloed op de lengte van QT en op de phase van de T top.
Het is bekend, dat de eerste post-blok QT die in een e.c.g. met een partieel hartblok voorkomt, korter is, en dat tevens de vorm van deze T top anders is (LANNEK 1951). (Fig. 3).

De individuele variatie van de T top moet een oorzaak hebben, en volgens STEEL (1963) houdt deze lengte van de QT verband met de trainingstoestand.
Voor de mens is ook een ongeveer gelijk luidende relatie bekend: doch hier is het de verhouding QT arbeid: QT rust (REINDELL 1949).

Volgens STEEL is er o,a. een positieve correlatie tussen QT tijd en het aantal gewonnen races (P 0.05). Het is echter zeer de vraag of we hier niet te doen hebben met een toevallige correlatie. Deze laatste kans is 5%. Immers voor het winnen van een race is veel meer nodig dan een goede QT tijd.

Voor Nederlandse omstandigheden gaat de redenering van STEEL in het geheel niet op, omdat wij bij de renpaarden alleen handicapraces kennen. Bij de handicapraces heeft de handicapper een zeer grote invloed op het bepalen van de winnaar.
Voor dravers zou het in theorie kunnen voor de autostarts, doch een statistisch onderzoek heeft uitgewezen dat de loting aan de start van invloed is op de winnaar (PAARDENSPORT 1 jan. 1964).

Aangezien Steel geen dubbelblank onderzoek heeft gedaan, moeten we dus zijn getallen met enige reserve beoordelen.

STEEL houdt bij zijn berekeningen geen rekening met de invloed van het vegatatieve zenuwstelsel op de VORM van het electrocardiogram. Een angstig dier kan in volkomen rust een biphasische T top hebben en heeft daardoor een langere QT tijd, op het moment van de opname kan de T top zowel negatief als positief zijn. De QT tijd is dan korter. De grote spreidingsmogelijkheden zijn zeer duidelijk te zien in grafiek 1 en grafiek 2.

Op grond van deze grote variatie moet men zich afvragen of het berekenen van een correlatie tussen PQ-tijd en QQ-tijd wel enige waarde heeft. STEEL (1963) meent dat het geen enkele waarde heeft, zowel voor de QT-tijd als de PQ-

tijd, een correlatie met de QQ-tijd te berekenen. Met deze opvatting kunnen wij ons op grond van de grote spreidingsmogelijkheden bij één dier reeds, verenigen.

De duur van PQ (Av tijd).

Evenals voor de duur van de QT tijd bestaat er voor de berekening van de PQ tijd een formule, die de relatie van PQ en QQ aangeeft. Deze formule luidt 100 PQ = 48.72 - (0.49 x frequentie) $\pm$ 2 x 3.95. BROOYMANS (1957).
Hier is ook weer een lineair verband gelegd tussen 2 grootheden en wederom valt de grote spreiding op.

Zo is b.v. bij een frequentie van 24 hartcontracties per minuut een PQ tijd mogelijk van 0.24 - 0.34 seconden, en zo is een PQ tijd van 0.30 seconden nog mogelijk bij een hartfrequentie van 26 - 48 slagen per minuut. (Grafiek 2).

Over de PQ tijd en het er mee samenhangende 1e en 2e graadsblok is in de diergeneeskunde al veel gepubliceerd.

Zeker is dat een lange PQ tijd en een partieelblok veel voorkomen, zeker is ook dat de 1e graads en 2e graads blokken samen voorkomen.

Zeker is ook dat de PQ tijd toeneemt met de leeftijd (STEEL 1963). Deze ervaring kunnen wij met STEEL delen, de toename van de PQ tijd gaat gepaard met een toename van het partiele atrio-ventriculaire blok.
Het is echter onmogelijk alle gevallen van partiele hartblokkades te registreren, omdat zeer geringe nervositeitsinvloeden het blok reeds tijdelijk kunnen opheffen. Met behulp van de auscultatie waarbij het paard in mindere mate wordt opgewonden, en waarbij ook geen geruisen (papiertransport) of huidprikkeling (strakke rubber electrode-bevestigingsbanden) geproduceerd worden, kan met vrij grote zekerheid het atrio-ventriculaire blok gediagnostiseerd worden.
Men dient echter wel te bedenken, dat men bij sommige nerveuze paarden wel 5-10 minuten moet ausculteren vóór het hartblok gehoord wordt. Deze procedure is verricht bij een aantal dravers, op een aantal entrainementen. De bevindingen zijn gerangschikt in tabel 16.

TABEL 16.

Auscultatie bevindingen van 98 dravers.
De dravers zijn in training en hebben een goed prestatievermogen.

leeftijd	aantal	aantal dieren met een partieel blok
2 jaar	15	-
3 jaar	18	1
4 jaar	22	10
5 jaar	16	14
6 jaar	10	9
7 jaar	5	5
8 jaar	5	5
9 jaar	4	4
10 jaar en ouder	3	3

Uit deze tabel volgt duidelijk, dat er met het toenemen van de leeftijd een grotere kans op een partieel blok ontstaat. Wel dient men te begrijpen, dat vooral in de hogere leeftijdsgroepen, 6 jaar en ouder, een geselecteerd aantal paarden onderzocht wordt. De zeer slechte zijn dan meestal van de grotere entrainementen verdwenen.

Uit het bovenstaande volgt tevens dat het weinig zin heeft een algemene formule voor de PQ tijd te berekenen. Immers men kan bij het electrocardiogram een normale PQ tijd vinden, het dier kan toch een partieel blok van de 1e of 2e graad hebben.

Bij de verklaringen van het ontstaan van het partiele hartblok stuit men steeds op 2 theorieën; 1. de aanwezigheid van een myocarditis, die heel vaak het gevolg van een virusinfectie zou zijn.
2. onder invloed van de nervus vagus zou het partiele blok kunnen ontstaan.

1. De aanwezigheid van een myocarditis in de omgeving van de knoop van Tawara en de bundel van HIS. STEFFAN (1943) en SCHÜTZLER (1944) menen dat de infectieuze laryngotracheitis aanleiding geeft tot het ontstaan van het partiele blok.

Zowel het blok als de infectieuze aandoeningen van neus en larynx- en keelholte komen zeer frequent voor en het is zeer de vraag of deze paarden het partiele blok voor zij ziek werden niet hadden. BROOYMANS vond bij een aantal van 58 dieren met een afwijkende AV geleidingstijd slechts 2 dieren, waarbij de anamnese iets vermeldde over voorste luchtweginfecties.

BROOYMANS (1957) vermeldde een tweetal secties van dieren met afwijkende geleidingstijd. In het 1e geval was een algemene sarcomatosis aanwezig. Dit dier was in een dergelijke conditie, dat het tijdens het registreren omviel en niet meer overeind kon. Er was electrocardiographisch een 1e graads-blok aanwezig.

Het tweede geval was een paard waarbij het blok na arbeid verdween, macroscopisch was het hart normaal, microscopisch werd een acute en een chronische myocarditis gevonden, zowel in de harteoren als in de ventrikels.

De invloed van de n. vagus op het ontstaan van het hartblok is bekend sedert de publicatie van NOERR (1913/1924). Onderzoekingen zijn verricht door NEFF (1934), OBEL (1942).
SPOERRI (1951, 1952) heeft in een uitgebreide studie de rol van de n. vagus belicht bij het partiele blok.

In deze gevallen ging het blok samen met het langste PP interval. Dit was ook het geval met de door BROOYMANS medegedeelde gevallen.

SPOERRI (1951, 1952) meent dat het AV blok van respiratoire oorsprong is. BROOYMANS (1957) meent van niet, doch wij zijn zeker dat bij een aantal gevallen het blok valt of in de expiratie of in de adempauze (zie fig. 4, fig. 5). Het is bijzonder moeilijk deze samenhang te registreren, omdat de dieren dan nog meer apparatuur moeten dragen en daardoor nerveus worden en het blok doen verdwijnen, het lukt dan ook alleen maar bij zeer rustige dieren.

3-2-3-1-5. Discussie.

Omtrent de duur van de P top zijn een aantal gegevens bekend.
Deze literatuur-gegevens zijn verzameld in de tabel 17.

TABEL 17.

Literatuurgegevens omtrent de duur van de P top.

auteur	publicatiejaar	afl.	duur in seconden
Charton-Minot-Bressou	1943	II	0.12 - 0.14
Lannek Rutqvist	1951	II	0.07 - 0.15
van Zijl	1951	II	0.10 - 0.16
Detweiler	1952		0.151
Glazier-Dukes	1963	II	0.10 - 0.20
Steel	1963		0.10 - 0.20
In ons onderzoek varieerde	P_{II}		0.04 - 0.16
	P_{III}		0.04 - 0.20

BROOYMANS (1957) meende op grond van een vector analyse te moeten aannemen dat de P top, in de drie afleidingen positief moet zijn. Ook een verandering van de phase van de P top gedurende één afleiding, (natuurlijk ook in de andere afleidingen omdat $P_I + P_{III} = P_{II}$) noemde hij pathologisch, doch hij distancieerde zich van deze opvatting in 1963.

BROOYMANS heeft dit complex beschreven als de wandering auricular pacemaker (fig. 6, fig. 7 en fig. 8).

DETWEILER (1963) en STEEL (1963) vonden deze wandering pacemaker vrij frequent. DETWEILER hecht er geen betekenis aan, STEEL nog wel, en wel bij verandering van phase in de lage frequentie.

De afwijkend van vorm zijnde P complexen gaan soms gepaard met een verandering van de PP en PQ tijd.

DETWEILER (1963) vond bij 16 van de 48 klinisch gezonde paarden een afwijkende P top. In dit onderzoek werden bij 24 van 245 volkomen gezonde, klinisch normale dieren een -P of een -/+P in de afl. II en III waargenomen.
Het is opvallend, dat hoe langer een e.c.g. in één afleiding wordt opgenomen, des te groter de kans is dat een w.p.m. wordt gevonden, hierop wees BROOYMANS (1957) reeds.

Het is gebleken dat de duur van deze -/+ P toppen langer is. Dit wijst op een intra-auriculaire geleidingsvertraging. Deze intra-auriculaire geleidingsvertraging was tijdelijk en verdween bij alle dieren na langdurige arbeid.
Geconcludeerd moet dan ook worden dat een afwijkend van vorm zijnde P, hetzij van phase of duur, kan berusten op een intra-auriculaire geleidingsvertraging, die na arbeid verdwijnt. Ook verdwijnt de neg. of biphasische P top na intraveneuze injectie van 10 mgr. atropine. (Fig. 8).

Als deze verdwijnt, dan berust zij op een vagale oorsprong en moet zij berusten op een trainingsvagotonie.

De helft van de -/+P toppen ging tevens gepaard met een partieel blok en de -/+P toppen werden alle aangetroffen bij paarden van 4 jaar en ouder.

Combinatie van de ventrikel complexen van afleiding I, II en III geeft een inzicht van de ligging van de gemiddelde electrische hartas in het horizontale vlak. Uit onze berekeningen bleek dat de hartas zich bevond bij 120 paarden tussen -30° en +90°. Het grootste deel (80%) bevindt zich tussen 60° en 90°.

Zelden bevindt de hartas zich tussen 0 en -30°. (13%). Bij 60 dieren, waarvan gedurende 3 achtereenvolgende jaren electrocardiogrammen werden gemaakt, werd geen verplaatsing van de electrische hartas waargenomen.
BROOYMANS (1957) aanvaardde een grotere spreiding en wel tussen -90° en 150°.

Op grond van vektorenanalyse en de acceptatie van een pos. R uitslag in afl. I, kan men concluderen dat de vektor zich moet bevinden tussen -30° en +90°. Opvallend is ook dat het grootste aantal dieren ook in het onderzoek van Brooymans een vektor hebben tussen -30 en +90°, en slechts 9 dieren, van de 48, buiten deze grens liggen.

Meestal worden de gegevens van Lannek en Rutqvist als normaal waarden aanvaard. Alle door ons gevonden waarden bleken hiermee overeen te komen.

Ook de verlenging van de PQ tijd en het partiele en het sino-auriculaire

blok worden, als zij na LANGDURIGE arbeid verdwijnen, als een physiologische adaptatie opgevat.

Deze opvatting steunt op het vergelijkend onderzoek bij de mens, waar bij sportlieden zeer lange PQ tijden zijn vastgesteld, zelfs zo nu en dan een blok. (zie literatuur overzicht).

Uit verdere mededelingen over het gedrag van het hart van het getrainde paard na arbeid, blijkt dat dit hart hetzelfde patroon volgt als het sporthart van de mens. Het sporthart werd opgevat als een physiologische adaptatie aan een physiologische prikkel.

De invloed van de training op het hart en de gevolgen daarvan voor het electrocardiogram zijn al eerder beschreven en wel door LANNEK en RUTQVIST(1951). Zij vonden een verschil in PQ, QT duur en in de voltage van het QRS complex voor zgn. "koudbloeden" en "warmbloeden".

3-2-3-1-6. Conclusie.

In het electrocardiogram van het getrainde paard in rust worden een aantal veranderingen aangetroffen, die door sommige auteurs als pathologisch worden beschouwd.

Tot deze veranderingen behoren:

1. de wandering auricular pacemaker,
   een verandering in de vorm en/of phase van de P-top.
2. het Wenckebach-blok, zowel het eerste- als tweede graads blok.
3. het sino-auriculaire blok.

Deze veranderingen worden alleen gezien bij dieren, die reeds lange tijd in training zijn en zij verdwijnen als er veranderingen in de omgeving van het dier optreden. Ook verdwijnen zij na langdurige inspannende arbeid en binnen 30 seconden na intraveneuze toediening van 10 mgr. atropine sulfaat.

Op grond van de grote invloed van nerveuze factoren, en het goede tot zeer goede prestatievermogen, het veelvuldig voorkomen, en het verdwijnen na langdurige arbeid worden deze veranderingen door ons opgevat als een physiologische adaptatie aan de training, meer aan de duur van de training, dan aan de intensiteit.

Steun voor deze opvatting werd ook gevonden in de humane sportphysiologie, waar deze phenomenen zeer wel bekend zijn en waar zij ook als een physiologische adaptatie opgevat worden.

De amplitudo en de duur van de verschillende complexen bleek overeen te komen met literatuurgegevens.

De PQ-duur en de QT-duur hebben bij één QQ-tijd een zeer grote variatie mogelijkheid. Deze variatie is bij de QT-duur afhankelijk van de vorm van de T-top.

Op de vorm van de T-top is de invloed van het neurovegetatieve zenuwstelsel aangetoond.

Op grond van de grote variatie breedte van QT- en PQ-duur heeft het dus geen zin een correlatie te berekenen met de QQ-duur.

De gemiddelde electrische hartas bewoog zich tussen -30° en $+90^{o}$. Deze variatie is nog aanzienlijk, doch kleiner dan de variatie die BROOYMANS nog als normaal aanvaardde.

3-2-3-2. De unipolaire beenafleidingen volgens GOLDBERGER.

De unipolaire beenafleidingen volgens GOLDBERGER (geciteerd volgens HOLZMANN 1955) zijn kunstmatig vergrote unipolaire beenafleidingen.

Bij de unipolaire beenafleidingen wordt het potentiaalverschil tussen één been (rechter voorbeen b.v.) en de central terminal volgens Wilson geregistreerd als functie van de tijd. Deze uitslag is echter zeer klein en men kan door een kunstgreep deze uitslag vergroten. Deze kunstgreep bestaat uit het weglaten van de verbinding tussen het gekozen been en de central terminal. Door deze kunstgreep verkrijgt men uitslagen die ongeveer 3/2 x zo groot zijn.

Men verkrijgt ook hier weer een positieve uitslag als het gekozen been electropositief is ten opzichte van de "central terminal" volgens Goldberger.

Tussen de aV afleidingen, en de beenafleiding is een verband aan te tonen (HOLZMANN 1955). Deze relatie luidt:

$$V_r = -\frac{\text{afl. I} + \text{afl. II}}{3}$$

$$V_l = -\frac{\text{afl. I} + \text{afl. III}}{3}$$

$$V_f = -\frac{\text{afl. II} + \text{afl. III}}{3}$$

Immers: afl. I $= V_l - V_r$

afl. II $= V_f - V_r$

afl. III $= V_f - V_l$

afl. I + afl. II $= V_l - V_r + V_f - V_r = V_l + V_f - 2V_r$ (1)

$V_l + V_r + V_f = O$ (wet van Einthoven) of:

$-V_r = V_l + V_f$

wordt dit gesubstitueerd in (1), dan is:

afl. I + afl. II $= -3V_r$ of $V_r = -\frac{\text{afl. I} + \text{afl. II}}{3}$

Voor V_l en V_f zijn dezelfde vergelijkingen op te stellen.

Uit deze formules volgt nu:

afl. V_r, dus aV_r lijkt op de summatie van de spiegelbeelden van afl. I en afl. II.

afl. V_l, dus aV_l lijkt op de summatie van afl. I en het spiegelbeeld van afl. III.

afl. V_f, dus aV_f lijkt op de summatie van afl. II en III.

Uit deze theoretische beschouwing en uit de kennis van de beenafleidingen moeten dus nu de unipolaire beenafleidingen volgens Goldberger te construeren zijn.

3-2-3-2-1. De afleiding aV_r. (Fig. 1, 4 en fig. 9).

De P top moet in principe negatief zijn, omdat P_I of positief of isoelectrisch is. Hebben we dus geen negatieve P aV_r dan bestaat de mogelijkheid dat we te maken hebben met een afwijkende P. Of deze afwijkende P van pathologische betekenis is, is een andere zaak.

Van 100 willekeurig genomen e.c.g.'s van gezonde paarden bleek de P aV_r 59 x 2-toppig negatief te zijn,

37 x 1-toppig negatief,

4 x kleiner dan 0,05 mV of iso-electrisch.

Het gemiddelde voltage van P in aV_r is berekend in 179 electrocardiogrammen. Het voltage varieerde van 0 tot -0.30 mV. De gemiddelde amplitudo bedroeg -0.152 mV, de duur varieerde van 0 tot 0.16 seconden, de gemiddelde duur was 0.102 seconden.

Voor het QRS complex geldt ook $V_r = -\frac{\text{afl. I + afl. II}}{3}$

Aangezien in afleiding I de R top overheerst en eveneens in afl. II zal men in de aV_r afleiding een duidelijk Q/S complex mogen verwachten.

Bij dezelfde 100 dieren is deze voorspelling gecontroleerd en ook hier werd deze juist bevonden. Voor een snelle bepaling van de gemiddelde electrische hartas geeft de afl. aV_r dus zeer snel een aanwijzing.

De Q top was zelden aanwezig en wel bij slechts vier dieren. Het voltage bedroeg -0.10 mV, de duur 0,02 seconden.

De R top was altijd aanwezig, de hoogst gemeten amplitudo bedroeg 0,40 mV, de kleinste was 0,05 mV. Gemiddeld was de R top 0,070 mV. De duur van de R top varieerde van 0,02 tot 0.06 seconden, gemiddeld was de duur van R 0,021 seconden.

Het voltage van de S top varieerde van -0.20 tot -1.60 mV, gemiddeld was het voltage -0.658 mV. De duur varieerde van 0.02 - 0.12 seconden, gemiddeld was de duur 0.056 seconden.

De R' top was in 26 gevallen aanwezig en het voltage was gering, 0.05 - 0.30 mV. Deze R' top kwam in combinatie met alle vormen van de T voor. Het gemiddelde voltage bedroeg 0.028 mV. Werd dit gemiddelde alleen berekend voor de aanwezige R'top, dan was het gemiddelde 0.110 mV. De duur varieerde van 0.02 - 0.06 seconden, gemiddeld over het gehele materiaal was de R' duur 0.012 seconden, voor de aanwezige was de gemiddelde duur 0.043 seconden.

De T top kan in allerlei variaties voorkomen. De T top kan zowel positief, negatief als biphasisch (+/-) zijn.

De T top was in afleiding aV_r in 63% van de gevallen positief; in 23% negatief en in 14% biphasisch. De amplitudo van de positieve T varieerde van 0.20 tot 0.80 mV. De gemiddelde amplitudo van de positieve T top bedroeg 0.350 mV; de gemiddelde duur van de positieve T was 0.115 seconden, de variatie was 0.04 - 0.20 seconden.

De gemiddelde amplitudo van de negatieve T top bedroeg -0.300 mV, (-0.10 tot -0.55 mV), de gemiddelde duur was 0.082 seconden (0.06 - 0.20 sec.)

Van de biphasische T top overheerste de positieve fractie; de gemiddelde amplitudo van deze fractie was 0.194 mV (0.10 - 0.40 mV). De gemiddelde amplitudo van de negatieve fractie was -0.133 mV (-0.10 tot -0.20 mV). De gemiddelde duur van de biphasische T was 0.142 sec. (0.10 - 0.20 sec.).

3-2-3-2-2. De afleiding aV_l

Voor de afleiding V_l geldt: $V_l = \frac{\text{afl. I - afl. III}}{3}$

Uit deze formule kan men concluderen, dat de variatie zeer groot kan zijn. Voor de P top is mogelijk: een
positieve P top als P_I groter is dan P_{III}, een
negatieve P top als P_I kleiner is dan P_{III}. Biphasische P toppen zijn ook mogelijk omdat de voltages van de tweetoppige P toppen nooit gelijk zijn. Een iso-electrische P is natuurlijk ook mogelijk.

Voor de QRS toppen gelden dezelfde mogelijkheden. Er kan een overheersen van de R top mogelijk zijn als in afl. III een zeer duidelijke Q/S aanwezig is. Er kan ook een duidelijke Q of S aanwezig zijn, als R_{III} zeer groot is, dus als de gemiddelde electrische hartas ligt tussen $+60^o$ en 90°.

Van 176 electrocardiogrammen, waarbij aV_l gemaakt werd, was de
P top 6 maal iso-electrisch,
63 maal positief, een- of tweetoppig,
102 maal negatief, één- of tweetoppig, en
5 maal biphasisch (+/-).
De biphasische (-/+) P werd niet waargenomen.

Het voltage van P varieerde van -0.20 mV tot +0.15 mV. De duur varieerde van 0.04 sec. tot 0.14 sec., de gemiddelde duur was 0.102 sec.

Het QRS complex was onregelmatig van vorm. Een duidelijke Q top was aanwezig in 78 gevallen. De Q top varieerde van -0.05 tot -0.50 mV, gemiddeld was de amplitudo -0.062 mV. De gemiddelde duur van Q was 0.024 sec., de variatie was van 0.02 - 0.04 sec. Van 6 dieren was de Q groter dan de volgende R; in geen van deze electrocardiogrammen werd R gevolgd door een tweede negatieve top. De mogelijkheid bestaat dus, dat deze vrij diepe Q-toppen in werkelijkheid S toppen zijn en de volgende topjes R' toppen. De maximale waarde van deze R toppen was 0.20 mV. De laagste R top uit deze groep was 0.05 mV.

De R top varieerde van 0.05 - 0.65 mV. Gemiddeld was de amplitudo van de R top 0.281 mV. De duur varieerde van 0.02 - 0.10 sec., gemiddeld was de duur 0.041 sec.

De S top varieerde van -0.05 tot -0.80 mV, gemiddeld was de amplitudo -0.262 mV. De duur varieerde van 0.02 - 0.08 sec., gemiddeld was de duur 0.032 sec.

De R' top was aanwezig in 39 gevallen. Het voltage varieerde van 0.05 - 0.30 mV. De duur varieerde van 0.02 - 0.04 sec.

De T top is in afleiding aV_1 in het algemeen negatief, hetgeen in overeenstemming is met de verwachting, omdat T_I in het algemeen negatief en T_{III} in het algemeen positief is.

Bij 12 dieren was T aV_1 positief en bij 9 dieren biphasisch (+/-). De negatieve T top varieerde van -0.10 tot -0.60 mV, de gemiddelde amplitudo was -0.296 mV.

De positieve T top varieerde van 0.10 - 0.60 mV, de gemiddelde waarde is berekend op 0.354 mV.

De positieve phase van de +/- T top varieerde van +0.20 tot +0.30 mV, de negatieve phase van -0.125 tot -0.30 mV.

De negatieve T top duurde gemiddeld 0.083 sec. (0.06 - 0.12 sec.); de positieve T top duurde 0.06 - 0.10 sec., gemiddeld 0.081 sec. De biphasische T top duurde gemiddeld 0.215 sec., variatie van 0.20 tot 0.24 sec.

3-2-3-2-3. De afleiding aV_f.

Voor de V_f afleiding geldt: $V_f = \frac{\text{afl. II + afl. III}}{3}$

Uit deze formule kan men dus ook weer concluderen, dat P aV_f in het algemeen positief zal zijn, -/+ is ook mogelijk, dan kan men te maken hebben met de wandering pacemaker.

In het QRS complex zal de R top overheersen. Er zal alleen dan een duidelijke S zijn als er ook in afleiding III een duidelijke S aanwezig is. In afleiding III is slechts een duidelijke S als de gemiddelde electrische hartas kleiner is dan $+30^{o}$.

De T top zal in het algemeen positief of biphasisch (-/+) zijn; negatief is ook mogelijk als T_{III} of T_{II} beiden negatief zijn of $-T_{III} \leq +T_{II}$ of omgekeerd.

Van 178 electrocardiogrammen worden thans de gemeten waarden medegedeeld.

Er werd 24 maal een -/+ P aangetroffen en 154 maal een positieve P. Na langdurige arbeid veranderde de -/+ P in een positieve P.

De positieve P was in 73 gevallen 2-toppig positief en in 81 gevallen 1-toppig positief. De P top varieerde van +0.05 tot +0.30 mV. Bij de biphasische P varieerde de negatieve phase van -0.05 tot -0.20 mV. De gemiddelde ampli-

tudo van P was +0.165 mV. De duur varieerde van 0.04 - 0.16 sec., gemiddeld 0.091 sec.

De Q top was in alle electrocardiogrammen aanwezig. Het voltage varieerde van -0.05 tot -0.30 mV, gemiddeld -0.108 mV. De duur varieerde van 0.02 - 0.04 sec., gemiddeld was de duur 0.027 sec.

De R top was altijd aanwezig en slechts 6 x was de R top kleiner dan Q en S samen in de afleiding aV_1. Het verschil bedroeg nooit meer dan 0.20 mV. Door deze geringe negativiteit van het totale QRS complex wordt de uiterste grens van de gemiddelde electrische hartas bepaald op -30°.

De variatie van R is groot, 0.05 tot 1.90 mV; gemiddeld was de amplitudo 0.683 mV. De duur varieerde van 0.02 - 0.10 sec., gemiddeld was de duur 0.042 sec.

De S top was in 70 electrocardiogrammen aanwezig; de amplitudo varieerde van -0.05 tot -0.60 mV. Waarden kleiner dan -0.30 mV komen zeer zelden voor. De gemiddelde amplitudo van S aV_f bedroeg -0.335 mV, de gemiddelde duur was 0.042 sec. (0.02 tot 0.06 sec.).

De R' top was bij 60% van de electrocardiogrammen aanwezig en groter dan 0.05 mV. De amplitudo varieerde van 0.05 - 0.30 mV. De gemiddelde amplitudo bedroeg 0.092 mV; de gemiddelde duur was 0.041 sec. (0.02 - 0.08 seconden).

De T top was in 127 gevallen positief en in 47 gevallen biphasisch en in 4 gevallen negatief.

De positieve T top varieerde van +0.10 tot +0.70 mV; gemiddeld 0.336 mV. De duur varieerde van 0.04 - 0.12 sec. Gemiddeld was de duur van T aV_f 0.096 seconden.

Van de biphasische T varieerde de positieve phase van 0.15 - 0.60 mV, gemiddeld 0.264 mV; de negatieve phase varieerde van -0.10 tot -0.50 mV, gemiddeld -0,163 mV. De duur varieerde van 0.12 tot 0.22 seconden, de gemiddelde duur was 0.146 sec.

De negatieve T, die zelden werd gezien, varieerde van -0.30 tot -0.70 mV. De duur was steeds 0.10 sec. Een gemiddeld voltage is niet berekend wegens het geringe aantal. Deze negatieve T is zeker niet pathologisch. De negatieve T aV_f werd gezien bij 2-tweejarige paarden, dravers, die later als 2- en 3-jarigen zeer goede prestaties hebben geleverd. Bij één van deze paarden was T aV_f op 3-jarige leeftijd ook nog negatief.

3-2-3-2-4. Conclusie.

Het electrocardiogram van de unipolaire afleidingen volgens Goldberger heeft een zeer nauwe relatie met de beenafleidingen volgens Einthoven.
Het is dus te verwachten, dat ook hier de grote variaties, die het electrocardiogram in de beenafleidingen vertoont, aanwezig zullen zijn.

De P top in de afleiding a Vr, is in normale gevallen negatief. In de afleiding aV_f is de top positief.
In de afleiding aV_1 kan de P top allerlei vormen hebben.

Het QRS-complex in de afleiding aV_r en aV_f is in het algemeen positief, terwijl dit complex in afleiding aV_1 weer zeer kan wisselen.

De T aV_f kan evenals de T aV_r en de T aV_1 van verschillende phase zijn.

Door de grote variatiemogelijkheid heeft dus het electrocardiogram verkregen met de Goldberger afleidingen, geen enkel voordeel boven het electrocardiogram verkregen met de beenafleidingen volgens Einthoven.

3-2-3-3. De borstwandafleidingen.

3-2-3-3-1. Inleiding.

Bij de borstwandafleiding wordt gebruik gemaakt van de "central terminal" volgens WILSON (1932). Deze afleiding wordt ook wel eens de unipolaire borstwandafleiding genoemd, doch deze benaming is onjuist omdat een unipolaire afleiding fysisch onmogelijk is. Bij de borstwandafleiding wordt het spanningsverschil gemeten tussen de tastelectrode, die op een nader te bepalen plaats op de borstwand gezet wordt en de central terminal. Deze central terminal heeft een constante zeer lage potentiaal en ontstaat door de drie beenafleidingen onderling te verbinden via zeer hoge weerstanden. Deze weerstanden moeten tenminste 5000 Ohm zijn en in de hedendaagse moderne apparatuur bedragen zij wel 200.000 Ohm. Door deze zeer hoge weerstanden is de zekerheid van een constante lage potentiaal nog beter verzekerd.

Met behulp van dit borstwandelectrocardiogram kunnen wij nu een inzicht krijgen in de verhoudingen van de hartvektor in het sagitale en vertikale vlak.

In de electrocardiograaf is de schakeling zodanig gekozen, dat de "central terminal" verbonden is met de negatieve pool van de galvanometer; de positieve pool van de galvanometer is verbonden met de tastelectrode. Een positieve, dus een naar boven gerichte uitslag wordt verkregen als de borstwandelectrode electropositief is ten opzichte van de "central terminal".

Het voordeel van het gebruik van het borstwand electrocardiogram is dat men in alle gevallen een zeer fraai leesbaar electrocardiogram krijgt. De storende invloed van de spiertremor wordt praktisch te niet gedaan.

Naast dit voordeel is er echter een belangrijk nadeel. De vorm van het borstwandelectrocardiogram is zeer afhankelijk van de plaats van afleiding. Een geringe verschuiving van de electrode of een geringe onnauwkeurigheid bij het aanbrengen er van kan aanleiding zijn tot een sterke verandering van het electrocardiogram. Dit is vooral van betekenis bij controle onderzoekingen. Deze afhankelijkheid van de plaats speelt vooral een grote rol in de afleidingen V_2, V_3 en V_{-2} en V_{-3}

Hoewel in theorie het borstwandelectrocardiogram onafhankelijk moet zijn van de stand van de voorbenen, kan een verplaatsing van de voorbenen tijdens de registratie toch aanleiding geven tot veranderingen in het electrocardiogram. Deze vormverandering was in vele gevallen uiteindelijk terug te brengen tot een geringe verschuiving van de borstwandelectrode door de beweging van de Mm triceps brachii en de huidspieren.

De electroden werden geplaatst op de door BROOYMANS (1954, 1957) aangegeven plaatsen. Achtereenvolgens krijgen we: afleiding V_1: De electrode wordt midden op het sternum geplaatst een handbreedte achter de verbindingslijn van de volaire zijde van de voorbenen.

Afleiding V_4: De electrode wordt geplaatst op het snijpunt van de linker 6e intercostaalruimte (6e rib) en een horizontale lijn door het boeggewricht.

Afleiding V_2: De electrode wordt geplaatst in de linker 6e intercostaalruimte op de grens van het onderste en middelste derde deel van de verbindingslijn tussen V_1 en V_4.

Afleiding V_3: De electrode wordt geplaatst in de linker 6e intercostaalruimte op de grens van het bovenste en middelste derde deel van de verbindingslijn tussen V_1 en V_4.

Afleiding V_5: De electrode wordt hier aangebracht aan de achterzijde van de M. deltoides in de 6e intercostale ruimte, ter hoogte van het bovenste en middelste derde deel van een verticale lijn die het hoogste punt van de schoft verbindt met het sternum.

Aan de rechterzijde liggen de afleidingsplaatsen op de homolaterale plaatsen en de codering is dan V_{-2}, V_{-3}, V_{-4}, V_{-5}. Bij de afleiding $V_{ax\ 2}$, V_{ax-2} wordt de electrode geplaatst op het linker resp. rechter boeggewricht,

3-2-3-3-2. De afleiding V_1 (fig. 12. 1).

De hieronder vermelde uitkomsten zijn verkregen uit 132 electrocardiogrammen, die gemaakt zijn bij 120 paarden.

In het e. a. g. valt op dat de P top óf iso-electrisch óf positief is. Een negatieve P top komt in afleiding V_1 bij normale dieren niet voor. Het voltage van de P top varieerde van 0 tot 0. 10 mV, de gemiddelde amplitudo bedroeg 0. 056 mV. De duur varieerde van 0. 10 tot 0. 14 sec. De gemiddelde duur was 0. 126 sec.

Het e. v. g. is simpel van vorm. Een Q ontbreekt altijd en er is een zeer kleine R top; de S top overheerst sterk.

In dit onderzoek varieerde de R top van 0. 05 tot 0. 40 mV. Het gemiddelde bedroeg 0. 217 mV. De duur van R was zeer kort, nooit langer dan 0. 02 sec.

Het voltage van S varieerde van -0. 55 tot -1. 20 mV; het gemiddelde voltage was -0. 674 mV. De duur van S varieerde van 0. 08 - 0. 12 sec., de gemiddelde duur was 0. 098 sec.

De T top varieerde, evenals in vele andere afleidingen, zeer sterk. Naast

negatieve T toppen werden positieve en biphasische T (-/+) toppen gezien. De negatieve T top varieerde van -0.30 mV tot -0.70 mV. Gemiddeld was de negatieve T top -0.550 mV. De negatieve T top was bij 30 dieren aanwezig. Eenmaal was in rust de T negatief, een andere keer biphasisch bij eenzelfde dier. De positieve T was 28 keer aanwezig; de waarden varieerden van 0.20 tot 0.70 mV; de gemiddelde waarde was 0.428 mV. In 74 electrocardiogrammen was de T top biphasisch, in 33 gevallen overheerste de negatieve phase, in 28 gevallen waren de negatieve en positieve phasen gelijk van grootte, terwijl in 14 gevallen de positieve phase overheerste. De negatieve phase van de biphasische T top varieerde van -0.05 tot -0.60 mV, gemiddeld -0.285 mV. De positieve phase van de biphasische T top van 0,10 tot 0,50 mV, gemiddeld 0.182 mV.

De duur van de T top varieerde van 0.10 tot 0.20 sec. Ook hier duurde de biphasische T het langst. De gemiddelde duur van de negatieve T was 0.104 sec., de positieve T 0.108 sec. en de biphasische T 0.148 sec.

3-2-3-3-3. De afleiding V_2. (Fig. 12.2).

Deze afleiding werd 120 maal geregistreerd bij 116 paarden. In deze 120 electrocardiogrammen was de P top 6 maal iso-electrisch en 114 maal positief. waarvan 35 maal ééntoppig en 79 maal tweetoppig. Het voltage van de P top varieerde van 0 tot 0.15 mV; het gemiddelde bedroeg 0.124 mV. De duur varieerde van 0.08 - 0.16 sec., de gemiddelde duur was 0.136 sec.

De Q top was vrij zelden (32 maal) aanwezig, en was ook zeer klein(-0.05 tot -0.15 mV). De duur er van was zeer kort, minder dan 0.02 sec.

De R top was altijd aanwezig en altijd kleiner dan de S top. Het voltage van de R top varieerde van 0.05 tot 0.60 mV. Het is echter de vraag of de hoge waarden (0.40 mV en meer) wel juist zijn. Het is zeer wel mogelijk dat hier een onnauwkeurigheid in de bepaling van de plaats aanwezig geweest is. Deze zeer hoge waarden kwamen slechts zeer zelden (4 maal) voor en bij een heronderzoek zijn zij niet weer gevonden. Bij het heronderzoek werd gevonden:

0.50 mV bij 1e onderzoek werd 0.25 mV bij 2e onderzoek;
0.55 mV bij 1e onderzoek werd 0.20 mV bij 2e onderzoek;
0.60 mV bij 1e onderzoek werd 0.30 mV bij 2e onderzoek;
0.40 mV bij 1e onderzoek werd 0.30 mV bij 2e onderzoek.

De mogelijkheid van het voorkomen van dergelijke afwijkingen, welke in de afleiding V_3 nog veel duidelijker worden, is een nadeel. Het is dan ook zeer gewenst te komen tot een meer exacte plaatsbepaling, die onafhankelijk is van de anatomische afmetingen van het paard.

Een summier overzicht van de variaties, die men kan krijgen als men de electrode verplaatst over de borstwand van het paard wordt gegeven door DETWEILER (1963).

Als normaal voor deze afleiding werd genomen een R top die varieerde

van 0 tot 0.30 mV. Als gemiddelde waarde werd berekend 0.219 mV. De duur van de R top in deze afleiding was zeer kort, minder dan 0,02 sec.

De S top valt ook in dit electrocardiogram zeer sterk op. Er werden waarden gevonden, die varieerden van -0.40 mV tot -1.50 mV. Het gemiddelde voltage was -1.052 mV. De duur van de S top varieerden van 0.06 tot 0.10 sec., gemiddeld was de duur 0.081 sec.

Een R' top of een duidelijke ST junction waren in dit electrocardiogram niet duidelijk meetbaar aanwezig.

De T top is in deze afleiding ook weer zeer verschillend van vorm. Naast de negatieve kwamen de positieve en de biphasische (-/+) T top weer voor. De ene keer heeft een paard een negatieve, dan een positieve of biphasische T. Deze labiliteit van de T top is vooral in de borstwandafleidingen zeer opvallend.

Bij het paard in rust komt in een aantal borstwandafleidingen de biphasische T het meest voor. In deze afleidingen hadden 62 dieren een biphasische T. In 60 gevallen hiervan overheerste de negatieve phase en in 2 gevallen de positie ve phase. De negatieve phase varieerde van -0.05 tot -0.90 mV, de positieve van 0.10 tot 0.30 mV. De negatieve T kwam in 25 gevallen voor. De variatie was hier -0.40 tot -1.10 mV, gemiddeld -0.658 mV. Een positieve T kwam in 33 gevallen voor, het voltage varieerde van 0.35 tot 0.70 mV, gemiddeld 0.552 mV.

Evenals in afleiding V_1 was ook hier de duur van de biphasische T het langst, deze duurde 0.142 sec., terwijl de negatieve T 0.104 sec. en de positieve 0.106 sec. duurden.

3-2-3-3-4. De afleiding V_3. (Fig. 12.3).

Aan deze afleiding is in dit onderzoek veel aandacht geschonken. Deze afleiding geeft altijd een fraai e.c.g., waarin alle componenten van het ventrikelcomplex aanwezig zijn.

Ook in dit electrocardiogram valt de overheersende S top weer op. De T top kan wederom in alle phasen voorkomen.

Voor en na arbeid kunnen er enorme verschillen in de phase van de T top voorkomen. Deze T top veranderingen zijn samen met een aantal andere bevindingen wel opgevat als pathologisch (BROOYMANS 1957, GLAZIER 1963, STEEL 1963).

Voordat overgegaan wordt tot een critische bespreking van deze T top veranderingen, dienen de normale waarden in afleiding V_3 te worden medegedeeld. Deze normale waarden zijn verkregen uit 242 electrocardiogrammen.

De P top is altijd positief en kan zowel één- als tweetoppig zijn. In de meeste gevallen (80%) is P V_3 2-toppig. De P varieerde van 0.05 tot 0.40 mV, gemiddeld 0.268 mV. De duur varieerde van 0.10 tot 0.16 sec., de gemiddelde duur was 0.136 sec.

De Q top was in het algemeen zeer summier aanwezig, doch duidelijk

meetbaar was deze top slechts bij 57 dieren. Het voltage varieerde hier van -0.05 tot -0.20 mV. De duur van de Q top was zeer kort, minder dan 0.02 sec.

De R top is altijd aanwezig, in sommige gevallen zelfs zeer duidelijk. Variatie van R van 0.15 - 0.60 mV werd bij klinisch normale paarden gevonden.

Deze grote spreiding wordt veroorzaakt door de onmogelijkheid de electrode steeds boven dezelfde plaats van het hart te plaatsen. De plaats van de electrode wordt immers niet bepaald door de vorm en grootte van het hart, doch door de anatomische bouw van het te onderzoeken object. Als gemiddelde werd berekend voor de R top 0.201 mV, terwijl de duur steeds minder was dan 0.02 sec.

De S top overheerste in alle gevallen de R top. De variatie van de S top is ook in deze afleiding zeer aanzienlijk. De variatie bedroeg -0.40 tot -2.30 mV. De gemiddelde amplitudo bedroeg -1.034 mV.

De T top was in zeer veel gevallen biphasisch, doch ook een negatieve en een positieve T kwamen voor. Een negatieve T kwam 42 maal voor, een positieve 62 maal, terwijl de biphasische T top 138 maal voorkwam.

De negatieve T top varieerde van -0.10 tot -1.60 mV, de positieve T top varieerde van 0-20 tot 0.80 mV. Bij de biphasische T overheerste bijna altijd de negatieve phase, slechts 7 maal overheerste de positieve phase, De positieve phase van de biphasische T varieerde van 0.25 tot 0.30 mV, de negatieve phase varieerde van -0.10 tot -1.05 mV.

Ook hier was het weer opvallend dat de T top bij dezelfde dieren op andere tijdstippen of onder andere omstandigheden zeer sterk kan wisselen.

De gemiddelde waarden voor de T top in afleiding V_3 waren: voor de positieve T top 0.667 mV, voor de negatieve T top 0.801 mV; de gemiddelde waarde van de negatieve phase van de biphasische T top was -0.538 mV, voor de positieve phase werd als gemiddelde berekend 0.164 mV.

De duur van de T was voor de positieve T top 0.106 sec., voor de negatieve T 0.108 sec. en voor de biphasische T 0.146 sec.

3-2-3-3-5. De afleiding V_4. (Fig. 12.4).

De afleiding V_4 werd geregistreerd bij 118 dieren en er werden 129 electrocardiogrammen verkregen. In de afleiding V4 valt op, dat nu de R top het beeld van het electrocardiogram beheerst.

De P top is nog positief en 2-toppig, het voltage varieerde van 0.05 tot 0.40 mV, de duur van 0.08 - 0.16 sec. Het gemiddelde voltage van P was 0.264 mV, de gemiddelde duur was 0.138 sec.

De Q top was in deze afleiding altijd aanwezig, doch van een zeer gering voltage, de amplitudo varieerde van -0.05 tot -0.15 mV. gemiddeld -0.072 mV. De duur van de Q top was altijd minder dan 0.02 sec.

De R top was altijd groter dan het totaal van Q en S, het voltage van deze top varieerde van 0.20 tot 1.75 mV, gemiddeld 0.722 mV. De duur van de R top

varieerde van 0.04 tot 0.08 sec., gemiddeld 0.072 sec.

De S top was slechts bij 40% (51 dieren) niet aanwezig. Het voltage van de S top was echter gering. De amplitudo varieerde van -0.10 tot -0.50 mV. Gemiddeld was de amplitudo -0.203 mV. De duur van S varieerde van minder dan 0.02 sec. tot 0.04 sec.

De T top had weer drie verschijningsvormen. Is de T top in de afleiding V_3 positief en wordt direct aansluitend de afleiding V_4 geregistreerd, dan is in deze afleiding T V_4 ook nog positief of wordt in deze afleiding biphasisch. Als T V_3 biphasisch is, dan kan T V_4 nog biphasisch of reeds negatief zijn. Een negatieve T V_3 wordt, als de uitwendige omstandigheden dezelfde blijven, altijd gevolgd door een negatieve T V_4.

In afleiding V_4 varieerde de negatieve T van -0.15 tot -0.80 mV, gemiddeld was deze T top -0.329 mV. De positieve T V_4 varieerde van 0.10 tot 0.60 mV, gemiddeld 0.196 mV. Van de biphasische T top varieerde de negatieve phase van -0.10 tot -0.40 mV, gemiddeld -0.142 mV. De negatieve T duurde hier 0.08 - 0.10 sec., gemiddeld 0,092 sec., de positieve T duurde 0.08 - 0.12 sec., gemiddeld 0.096 sec. en de biphasische T 0.12 - 0.16 sec., gemiddeld 0.141 sec.

3-2-3-3-6. De afleiding V_5. (Fig. 12.5).

Bij de afleiding V_5, welke gemaakt werd bij 122 dieren, valt de zeer sterk geprononceerde R top op, die altijd vooraf gegaan wordt door een Q top.

De P top is zeer gevarieerd, positieve P toppen, eentoppige en tweetoppige, komen voor. Ook kan de P top biphasisch zijn, zelfs drietoppige biphasische P toppen komen voor. In deze afleiding werden zeer lange P tijden (0.18 - 0.20 sec.) geregistreerd.

De P top varieerde van -0.05 mV tot +0.20 mV. De duur varieerde van 0.08 - 0.20 sec. De gemiddelde duur was 0.138 sec.

De Q top varieerde van -0.05 tot -0.25 mV. De gemiddelde amplutudo was -0.151 mV. De duur van de Q top was max. 0.02 sec., doch bijna altijd minder.

De R top varieerde van 0.90 mV tot 1.60 mV. Het gemiddelde voltage de R top was 1.323 mV. De duur van de R top varieerde van 0.06 sec. tot 0.10 sec., gemiddeld was de duur 0.081 sec.

De S top ontbrak in het algemeen. Deze top kwam slechts voor bij 48 dieren, de maximale waarde was -0.01 mV, de duur was maximaal 0.04 sec.

De T top was ook hier veelvormig. De negatieve T kwam hier het meest voor. Het voltage varieerde van -0.10 tot -0.60 mV, het gemiddelde voltage was -0.246 mV. De positieve T kwam in 19 gevallen voor. Er was een spreiding in amplitudo van 0.15 tot 0.40 mV, de gemiddelde amplitudo bedroeg 0.286 mV. De biphasische T werd 23 maal geregistreerd. De T was hier +/-. Er was geen duidelijke overheersing van een van de beide phasen. De positieve phase varieerde van 0.05 tot 0.20 mV, de negatieve phase van -0.10 tot -0.30 mV. De duur van

T varieerde van 0.08 tot 0.14 sec. De negatieve en positieve T toppen waren korter van duur, maar het was zeer moeilijk de duur van T in deze afleiding te bepalen, omdat de T zeer geleidelijk overgaat in het iso-electrische TP stuk. Deze moeilijkheid is echter in alle afleidingen, waar een biphasische T gevonden wordt, in mindere of meerdere mate aanwezig.

3-2-3-3-7. De afleiding V_{ax} 2. (Fig. 12.6).

Tussen de vorm van het electrocardiogram van de afleiding V_5 en de afleiding $V_{ax\ 2}$ blijkt een grote mate van gelijkvormigheid te bestaan, alleen de P top is in de afleiding $V_{ax\ 2}$ òf negatief òf biphasisch. De veeltoppigheid en de lange duur van P zijn ook hier weer opvallend.

Deze afleiding is geregistreerd bij 122 dieren en in deze electrocardiogrammen varieerde P van +0.10 (uit de biphasische P toppen) tot -0.10 mV. De duur varieerde van 0.10 tot 0.20 sec. De gemiddelde duur van P was 0.148 sec.

De Q top is ook altijd aanwezig en deze top varieerde van -0.05 tot -0.20 mV, de gemiddelde amplitudo was -0.108 mV. De duur was maximaal 0.02 sec.

De R top varieerde van 0.50 mV tot 1.25 mV. De gemiddelde amplitudo was 0.788 mV. De duur van de R top varieerde van 0.04 tot 0.08 sec., de gemiddelde duur was 0.062 sec.

De S top was in alle electrocardiogrammen afwezig.

De T top was overheersend negatief, slechts 10 maal was T $V_{ax\ 2}$ positief en 25 maal biphasisch. Het voltage van de negatieve T top varieerde van -0.15 tot -0.50 mV, de gemiddelde amplitudo was -0.276 mV.

De positieve T varieerde van +0.20 tot +0.35 mV, gemiddeld 0.265 mV. De biphasische T was wederom +/- en de positieve phase varieerde van 0.10 tot 0.20 mV, gemiddeld 0.142 mV. de negatieve phase varieerde van -0.10 tot -0.20 gemiddeld -0.156 mV.

De duur van deze T toppen verschilde niet van de gevonden waarden in afleiding V_5. Ook hier waren wederom moeilijkheden met de bepaling van de duur van T.

3-2-3-3-8. De afleiding V_{-2}. (Fig. 12.7).

De afleiding V_{-2} werd geregistreerd bij 122 dieren.

In deze afleiding was de P top zeer variabel. Positieve, zowel één- als tweetoppige, iso-electrische, biphasische en negatieve, zowel één- als tweetoppige vormen kwamen voor. Door deze zeer grote variatie in teken heeft het geen zin een gemiddelde voltage te berekenen en volstaan wordt dan ook met het mededelen van de uitersten. De P top varieerde in afleiding V_{-2} van -0.15 tot +0.10 mV. De duur van de P top varieerde van 0.08 - 0.12 sec.

De Q top was altijd afwezig.

De R top was zeer gering, de spreiding was van 0.15 tot 0.40 mV, het gemiddelde was 0.137 mV. De duur van de R top was zeer gering, maximaal 0.02 sec.

De S top varieerde van -0.40 tot -1.25 mV, de gemiddelde waarde was -0.852 mV.

De T top was in het algemeen positief, slechts 6 maal negatief en 18 maal biphasisch (-/+). De positieve T top varieerde van 0,10 tot 0,90 mV, gemiddeld 0.336 mV.

De negatieve T top varieerde van -0.20 tot -0.30 mV. Bij de biphasische T top varieerde de negatieve phase van -0.10 tot -0.20 mV, de positieve phase varieerde van 0.15 tot 0.30 mV.

De duur van de T top varieerde van 0.08 tot 0.14 sec.

3-2-3-3-9. De afleiding V_{-3} (Fig. 12.8).

De afleiding V_{-3} werd geregistreerd bij 120 paarden.
De P top in deze afleiding is in het algemeen positief of iso-electrisch.
De P top varieerde van 0.00 tot 0.10 mV, de duur varieerde van 0.08 - 0.14 sec.

De Q top was afwezig.
De R top was zeer klein, 0.05 tot 0.30 mV, het gemiddelde voltage was 0.192 mV.
De duur van R was zeer kort, maximaal 0.02 sec.

De S top overheerste, evenals in afleiding V_3, de R top. De S top varieerde van -0.20 mV tot -1.40 mV. Gemiddeld was de amplitudo van de S top -0.582 mV.

De T top varieerde weer van vorm en phase, doch ook nu werden in de meeste gevallen positieve T toppen gevonden. De positieve T toppen varieerden van 0 tot 0.70 mV, gemiddeld 0.315 mV. Een iso-electrische T top werd 6 maal gezien.

Een negatieve T top werd 12 maal waargenomen, deze top varieerde van -0.10 tot -0.35 mV, gemiddeld -0.218 mV.

De biphasische T top werd 6 maal gezien. De negatieve phase varieerde ban -0.40 tot -0.70 mV, de positieve phase was altijd 0.10 mV. De duur van de T top in deze afleiding was evenals in de andere afleidingen 0.08 tot 0.16 sec.

3-2-3-3-10. De afleiding V_{-4} (Fig. 12.9).

De afleiding V_{-4} werd geregistreerd bij 120 paarden en deze afleiding lijkt op afleiding V_4.

De P top kan alle vormen hebben en varieerde in dit onderzoek van -0.20 tot +0.20 mV. De duur varieerde van 0.08 - 0.16 sec.

De Q top was zeer frequent meetbaar aanwezig en varieerde dan van -0.05 tot -0.15 mV; de duur van deze top is zeer kort, minder dan 0.02 sec.

De R top overheerste ook hier het electrocardiogram en varieerde van

0.10 tot 0.80 mV. De gemiddelde amplitudo was 0.477 mV. De duur van R varieerde van 0.06 - 0.10 sec.

De S top was slechts bij ongeveer een derde van de electrocardiogrammen aanwezig in deze afleiding en de top had een zeer geringe amplitudo, -0.10 tot -0.30 mV. De duur was maximaal 0.04 sec.

De T top had wederom alle vormen. De positieve T top varieerde van 0.10 tot 0.35 mV, de negatieve van -0.10 tot -0.30 mV. Van de biphasische (+/-) T top varieerde de positieve component van 0.05 tot 0.30 mV en de negatieve component van -0.10 tot -0.60 mV. De duur van de T top in deze afleiding kwam overeen met de waarden in de overige afleidingen.

3-2-3-3-11. De afleiding V-5. (Fig. 12.10).

Deze afleiding werd geregistreerd bij 120 paarden. Het electrocardiogram lijkt veel op afleiding V_5.

De P heeft weer allerlei vormen en varieerde van -0.10 tot +0.10 mV. De duur van P varieerde van 0.10 tot 0.20 sec.

De Q top is altijd aanwezig, de spreiding is 0.05 tot 0.30 mV, de gemiddelde amplitudo was -0.124 mV. De duur was altijd korter of gelijk aan 0.02 sec.

De R top beheerste in deze afleiding het electrocardiogram en de amplitudo varieerde van 0.40 tot 1.45 mV, gemiddeld 1.029 mV. De duur varieerde van 0.06 tot 0.10 sec.

De T top kan evenals in de andere borstwandafleidingen zeer verschillend van vorm zijn. De T top is in het algemeen biphasisch (+/-) of negatief en heeft een geringe amplitudo. Positieve waarden tot 0.50 mV en negatieve waarden tot -0.30 mV zijn gevonden. De positieve T toppen varieerden van 0.30 tot 0.50 mV, de negatieve van -0.10 tot -0.35 mV. De positieve phase van de biphasische top varieerde van 0.10 tot 0.20 mV, de negatieve van -0.10 tot -0.30 mV.

De duur van de T top kwam overeen met de duur van deze top in de andere borstwandafleidingen.

3-2-3-3-12. De afleiding $V_{ax\ -2}$ (Fig. 12.11).

De afleiding $V_{ax\ -2}$ lijkt op de afleiding $V_{ax\ 2}$.
De P top is negatief, meestal 2-toppig, soms zelfs 3-toppig. Een enkele maal werd een iso-electrische P top gezien. De P top varieerde van -0.20 mV tot 0.00 mV. De duur varieerde van 0.08 - 0.20 sec.

De Q top is altijd aanwezig, en varieerde van -0.10 tot -0.25 mV, de duur was minder dan 0.02 sec.

De R top varieerde van 0.30 tot 1.00 mV, de gemiddelde amplitudo bedroeg 0.585 mV. De duur varieerde van 0.06 tot 0.10 sec.

De T top had weer alle verschijningsvormen. De negatieve T varieerde

van -0.20 tot -0.45 mV, de positieve van 0.10 tot 0.30 mV.

Van de biphasische T varieerde de positieve phase van 0.05 tot 0.30 mV, de negatieve phase van -0.10 tot -0.40 mV. De duur van de T top kwam overeen met de waarden die in de andere borstwandafleidingen werden gevonden.

3-2-3-3-13. Discussie.

Opvallend in het borstwand electrocardiogram zijn een tweetal bevindingen.

a. De afname van de negativiteit van het QRS complex in de afleidingen naar dorsaal, zowel aan de linker als aan de rechterzijde.
b. De zeer grote variatie van de T top in alle borstwandafleidingen.

a. De afname van de negativiteit van het QRS complex.

Worden de gemiddelde waarden van iedere component van het QRS complex uitgezet tegen de afleidingsplaatsen dan ziet men een duidelijke toename van de R top en een afname van de S top.

Een overzicht van deze bevindingen en de waarden van de componenten zijn in tabel 18 gegeven.

TABEL 18.

Overzicht van de gemiddelde waarden van de verschillende componenten van het QRS complex in de borstwandafleidingen.

afleiding	voltage Q top	voltage R top	voltage S top
V 1	0.01 mV.	0.217 mV.	0.674 mV.
V 2	0.01 mV.	0.219 mV.	1.054 mV.
V 3	0.01 mV.	0.201 mV.	1.034 mV.
V 4	0.072 mV.	0.722 mV.	-
V 5	0.151 mV.	1.323 mV.	-
V -2	0.01 mV.	0.137 mV.	0.851 mV.
V -3	0.01 mV.	0.192 mV.	0.582 mV.
V -4	0.01 mV.	0.477 mV.	-
V -5	0.129 mV.	1.029 mV.	-

Deze bevindingen komen overeen met het onderzoek van SPOERRI en DETWEILER (1956). Dit onderzoek werd verricht met behulp van directe afleidingen op de ventrikels.

De overheersing van de R top in het electroventriculogram begint bij alle normale dieren in de afleiding V_4. Vindt men een grote R top in de afleidingen V_1 t/m V_3 of V-$_2$, V-$_3$, en is deze groter dan de volgende S top, dan kan dit pathologisch zijn. Men dient zich er echter wel van te overtuigen dat de plaats van de electrode juist is.

Deze grote R toppen in de thoraxafleidingen wijzen er op dat de ventriculaire depolarisatie een abnormale weg volgt.

Bij de bespreking van de beenafleidingen is gewezen op de richting van de hartvector in het horizontale vlak en op de grenzen waartussen deze vector zich bewegen kan.

De borstwandafleidingen nu zijn ook componenten van deze vector.

De grenzen van deze vector in het sagitale vlak zijn echter niet te bepalen met de thoraxafleiding en derhalve moeten wij ons behelpen met het "omkeer punt" van de R top.

De vorm van de electrocardiogrammen in de borstwandafleidingen, kan bij dieren met een afwijkende hartvector in het horizontale vlak volkomen normaal zijn.

Met behulp van de electrocardiographie kunnen dus grove afwijkingen van de hartvector gediagnostiseerd worden.

Met behulp van het pathologisch - anatomisch onderzoek moet hiervoor echter nog een structurele basis gevonden worden.

b. De variatie van de T top.

Evenals in de afleidingen II en III en in de Goldbergerafleidingen kan de vorm van de T wisselen en met de vorm van de T varieert de QT tijd. De variatie in de beenafleidingen is echter veel minder duidelijk dan in de borstwandafleiding. Zeer sterk is de variatie van de T top in de afleiding V_2, V_3 en V-$_2$, V-$_3$. Op dit phenomeen wees in 1951 LANNEK reeds.

Zeer opvallend is de verandering van de T top als er iets in de omgeving van het dier verandert. Schrikt een dier tijdens het opnemen van het electrocardiogram, of geeft men het dier een klap dan verandert naast de frequentie ook de T. Er treedt een toename van de positiviteit van T op. (Fig. 13 en 14).

Ook verandert de positieve waarde van de T bij paarden met een partieel blok. De postblok T heeft een grotere positieve waarde dan de pre-blok T. Na het blok verandert de T weer in negatieve richting. Deze vaak zeer minitieuze doch duidelijk meetbare veranderingen zijn vooral duidelijk in de borstwandafdeling (LANNEK, 1951).

De toename van de positiviteit gaat gepaard met een afname van de QT tijd. (Fig. 3 en fig. 15).

Door arbeid verandert de T top eveneens (fig. 16). Op dit phenomeen wees VOUTE reeds in 1943. Op deze verandering zal in hoofdstuk 4 nader ingegaan

worden.

Omdat de veranderingen van de T top in de borstwandafleidingen duidelijker zijn dan in de beenafleidingen heeft het zin na te gaan of de vorm van de T afhankelijk is van de frequentie.

Voor deze opvatting spreken:

a. de toename in positieve waarde van de T bij de postblok hartslag, (fig. 3 en fig. 16).
b. de toename van de T bij angst en arbeid (fig. 13, 14 en 15).
c. als het insult (angst, arbeid) verdwenen is neemt de frequentie en de positiviteit van de T top weer af (fig. 17).

In tabel 19 is een overzicht gegeven van de gemiddelde QT tijd, en de gemiddelde QQ afwijkingen bij de drie phasen van de T top.

TABEL 19.

Overzicht van de QQ tijd en de QT tijd bij de 3 phasen van de T top in afleiding V_3.

phase van de T	QQ tijd in sec.	QT tijd in sec.
positieve T	1.300 $\pm$ 0.431	0.463 $\pm$ 0.051
biphasische T	1.553 $\pm$ 0.256	0.490 $\pm$ 0.062
negatieve T	1.656 $\pm$ 0.291	0.471 $\pm$ 0.048

Berekent men de aanwezige verschillen dan zijn deze niet significant. Dit bewijst dat de onderlinge variatie te groot is. Het is daarom van betekenis na te gaan of de T verandering bij één dier aan de frequentie gebonden is. Op dit aspect zal ook in hoofdstuk 4 nader worden ingegaan.

Wel wijst de grote variatie van de T top er op dat de T veranderingen ten hoogste een zeer dubieus criterium zijn bij de beoordeling van het electrocardiogram.

3-2-3-3-14. Conclusie.

Het borstwand electrocardiogram verkregen met de afleiding volgens Wilson en geregistreerd op door BROOYMANS (1953) aangegeven plaatsen heeft enige voordelen boven het electrocardiogram volgens Einthoven.

In het algemeen is de invloed van de spiertremor minder, waardoor het electrocardiogram beter leesbaar wordt.

De variatie is echter ook nog zeer aanzienlijk, speciaal de variatie van de T top.

De betekenis van de variatie van het QRS-complex voor de pathologie dient echter nog nader geverifieerd te worden. Op de vorm van het borstwand electrocardiogram heeft de plaats van de electrode zeker invloed. Hoe groot de invloed

van de stand van het hart, en de vorm van borstkas is, dient nog nader te worden geverifieerd.

Wel kwam het potentiaal-verloop op de door ons gebruikte afleidingsplaatsen overeen met het potentiaal-verloop op het hart, gemeten door SPOERRI en DETWEILER.

De T top kan ook in de borstwand-afleiding allerlei vormen hebben en wij zijn van mening dat hieraan geen enkele betekenis gehecht mag worden.Deze opvatting in tegenstelling met de opvatting van STEEL (1963).
Onze opvatting steunt op experimenten, waarbij de positieve, T top naar wens te voorschijn geroepen kon worden.

De T top is positief bij opwinding en na kortdurende belasting (zie hoofdstuk 4) en de T top wordt via biphasisch, negatief in de er op volgende rustpauze. Het kan dus afhankelijk zijn van de neuro-vegetatieve toestand van het dier, welke T top vorm men registreerd.

HOOFDSTUK 4.

DE INVLOED VAN ARBEID OP HET ELECTROCARDIOGRAM VAN HET GETRAINDE PAARD.

4-1. INLEIDING.

In de humane cardiologie is het electrocardiogram, dat tijdens of kort na een arbeidsprestatie verkregen wordt van grote diagnostische betekenis. De diagnostiek van de coronairinsufficientie berust voor een groot deel op de ST veranderingen in dit electrocardiogram.

Bij de beoordeling van een belastingselectrocardiogram moet men met een groot aantal factoren rekening houden.

Een aantal zeer belangrijke zijn:

1. Voor iedere reactie op de arbeid is de GROOTTE van de arbeid en de TIJD waarin die arbeid verricht wordt van grote betekenis.
   In de regel neemt men genoegen met een korte en lichte belasting en men verwacht dan dat de reactie van het hart dezelfde zal zijn als bij zware en langdurige arbeid.
2. De TIJD, die verloopt tussen het beëindigen van de arbeid, en het aansluiten aan de electrocardiograaf, kan van grote betekenis zijn. Is deze tijdsduur te lang dan kan men een aantal reacties missen.
3. De invloed van het NEUROVEGETATIEVE ZENUWSTELSEL speelt een belangrijke rol. Naast de sympaticoadrenalergische invloed van de arbeid en de parasympatische werking van de rust, is ook het uitgangspunt, het evenwicht tussen de beide systemen van eminent belang (HOLZMANN, 1955).
4. De invloed van de VERMOEIDHEID kan een rol spelen.
5. De mate van GETRAINDHEID is van grote betekenis.

In de veterinaire literatuur is weinig bekend over de invloed van arbeid op het electrocardiogram van het paard. Naast het onderzoek van LANDGREN en RUTQVIST (1953) heeft BROOYMANS (1957) enig oriënterend onderzoek verricht. BROOYMANS meende het symptomencomplex van de coronairinsufficientie beschreven te hebben.

4-2. DE INVLOED VAN DE ARBEIDSGROOTTE EN DE TIJD WAARIN DEZE ARBEID VERRICHT WORDT.

4-2-1. Inleiding en de techniek van de registratie.

Wordt een paard aan een kortdurende belasting onderworpen, dan is de reactie van het op SNELHEID en UITHOUDINGSVERMOGEN getrainde paard anders dan de reactie van een voor deze zaken niet getraind paard.

Alleen om deze redenen al mag men de onderzoekingen van LANDGREN en RUTQVIST bij trekpaarden niet zonder meer toepassen op de arbeidsreacties van dravers-, ren- en rijpaarden.

Het is in de diergeneeskunde veelal gebruikelijk bij veterinaire keuringen van paarden het circulatie-apparaat aan een belasting te onderwerpen. Om der wille van de tijd is deze belastingsproef veelal van korte duur en wordt het dier direct daarna geausculteerd. Wordt dit echter gedaan bij getrainde paarden, en gaat de belastingproef ook nog gepaard met enige opwinding, dan wordt de onderzoeker veelal verontrust door de sterke afwijkingen in rythme en intensiteit van de hartslag van het paard.

Laat men een in rust zijnd getraind paard ongeveer 1 - 2 minuten met behoorlijke snelheid draven of galopperen en ausculteert men dit paard direct na het einde van de arbeid, dan bemerkt men:

a. direct na de arbeid is de hartslag bonzend, frequent en regelmatig.
b. na enkele ogenblikken (±30 sec.) wordt de hartslag onregelmatig, zowel van frequentie als van intensiteit.
c. de frequentie van de hartslag daalt vrij plotseling en wordt regelmatig,
d. de ademhaling van het dier is na arbeid onregelmatig, zowel van frequentie als van diepte.

Bij het ONGETRAINDE paard treedt deze onregelmatigheid niet of in veel mindere mate op.

Het optreden van de onregelmatigheid kan bij alle getrainde paarden gehoord worden, mits men kort belast en direct na de belasting ONAFGEBROKEN blijft ausculteren.

Het optreden van de onregelmatigheid is niet gebonden aan geslacht of ras, voorwaarde is het getraind zijn op uithoudingsvermogen en snelheid.

De arrythmie werd gevonden bij dravers, renpaarden, rijpaarden en rijpony's. Ook bij een shetland pony die gedurende 4 uren dagelijks in draf een wagentje voortbewoog. Nimmer werd de onregelmatigheid gevonden bij trekpaarden die hun werk stappend verrichten en waarbij eenzelfde belastingsproef uitgevoerd werd.

Deze typische reactie op kortdurende arbeid kan aanleiding geven tot grote ongerustheid bij de onderzoeker. Van dieren die een dergelijke reactie vertonen, wordt dan ook zeer vaak een specialistisch onderzoek gevraagd.

Gelukt het een paard, dat een kortdurende belasting heeft volbracht, zeer snel aan te sluiten aan een electrocardiograaf dan verkrijgt men een zeer typisch electrocardiogram (Figuur 16, 17).

Na een dergelijke belasting werd altijd de afleiding V_3 geregistreerd omdat men in deze afleiding een fraai electrocardiogram verkrijgt en omdat de beenstand nagenoeg geen invloed heeft op het borstwand electrocardiogram. Vanzelfsprekend moet de borstwand electrode op dezelfde plaats aangebracht worden als bij de registratie van het rust electrocardiogram.

Het electrocardiogram in de afleiding V_3 DIRECT na de belasting is gekenmerkt door: (fig. 17, fig. 18).

1. Een zeer hoge en positieve T top, gepaard gaande met ST elevatie speciaal in de afleiding II, III en aV_f en V_3 (fig. 18-2, 18-3).
2. Verandering van de T top van vorm, grootte en phase (fig. 16, 17, 18). De T top wordt eerst minder positief, daarna biphasisch en tenslotte negatief. Deze negativiteit neemt toe tot een maximum om daarna weer af te nemen tot een biphasische T top.
3. Een zeer duidelijke sinus arrythmie, soms gepaard gaand met partiële hartblokkade (fig. 15 en fig. 17-2).
4. De sinus arrythmie neemt af en verdwijnt tenslotte.
5. De voltages van het QRS complex zijn soms veranderd ten opzichte van de rustwaarden (fig. 16).

Deze verschijnselen heeft BROOYMANS (1957) ook reeds gevonden en hij meende dat zij het gevolg waren van een anoxaemie van de hartspier en derhalve gerekend konden worden tot het patroon van de coronairinsufficientie. Dit naar analogie van de mens, waarvoor het patroon o.m. door VONK (1953) is beschreven.

Uit de onderzoekingen van SCHLOMKA en REINDELL (1936) was echter reeds bekend, dat de getrainde mens anders reageert op kortdurende arbeid dan de ongetrainde.

SCHLOMKA en REINDELL (1935-1936) vonden dat de normotope arrythmie na lichte belasting toeneemt.

Deze toename van de normotope arrythmie duurde bij getrainde proefpersonen langer en was hier ook veel duidelijker dan bij ongetrainde studenten. Volgens SCHLOMKA en REINDELL is deze toename van de arrythmie physiologisch en is zij van respiratoire oorsprong.

Deze opvatting wordt thans nog gehuldigd door vooraanstaande Duitse sportphysiologen o.a. REINDELL, HOLLMANN.

Ook van Amerikaanse zijde GRAYBIEL, c.s. (1944) wordt steun aan deze opvatting gegeven. Recent Nederlands onderzoek (DONKERLO en MEKEL, 1964) wijst op het voorkomen van arrythmie bij getrainde personen.

We mogen dan ook concluderen dat het voorkomen van deze arrythmie na lichte arbeid geen symptoom van hartzwakte, of overtraining is, doch dat verder onderzoek onder zwaardere belastingen noodzakelijk is.

SCHLOMKA en REINDELL (1936) hebben het begrip rythmie index ingevoerd. Met behulp van deze index is de mate van arrythmie gedurende een bepaald tijdvak in een getal uit te drukken en daarmee is de arrythmie meetbaar geworden. Zij gaven als formule voor de rythme index (R.I.).

$$(R.J.) \qquad \frac{\frac{\Sigma Q.Q._{max.}}{n.} - \frac{\Sigma Q.Q._{min.}}{m.}}{\frac{\Sigma Q.Q.}{m + n}} \times 100$$

In deze formule is QQ max., de langst gemeten QQ afstanden, QQ min. zijn de korte QQ afstanden, n. en m. zijn het aantal gemeten QQ afstanden.
Uit het onderzoek van SCHLOMKA en REINDELL (1936) bleek dat de arrythmie ongeveer 1 minuut na de lichte belasting het grootst was.

Omdat bij het paard na lichte, kortdurende belasting een analoge arrythmie voorkomt zijn de berekeningen van de R.I., zoals deze door SCHLOMKA en REINDELL zijn gedaan, door ons herhaald. (Tabel 22).
Daartoe werd de R.I. iedere 12 seconden bepaald. SCHLOMKA en REINDELL waren in staat de te verrichten arbeid met vrij grote nauwkeurigheid te doseren. en zo iedere proefpersoon een ongeveer gelijke arbeid te laten verrichten, en steeds onder dezelfde omstandigheden.

Voor het sportpaard is het in Nederland helaas nog onmogelijk de arbeid nauwkeurig te doseren. De prestaties liggen op het gebied van de snelheid en het uithoudingsvermogen zodat geen remwagen waarbij de trekkracht gedoseerd kan worden kon worden gebruikt. Van het moderne Zweedse onderzoek met de "home trainer" mag veel verwacht worden.

Rijpaarden werden derhalve gelongeerd met alle nadelen van dien. Dravers werden voor de sulky ingespannen en dan werd ca. 500 m snel gedraafd.

Het longeren gebeurde in een aantal maneges. De bodem van deze maneges heeft soms een beslissende invloed. Een zuivere zandbodem, vooral in buitenmaneges is zeer zwaar en bij deze belastingsproeven moest, wilde men het phenomeen registreren de belastingstijd, dus ook het aantal af te leggen meters, verminderd worden. Hoe beter de bodem van de manege, hoe vaker het phenomeen herhaald kon worden! De belastingsduur varieerde naar de bodem van $1\frac{1}{2}$ - 2 minuten. In deze tijd werd dan 300 - 600 m afgelegd. Het is van betekenis er op te wijzen dat de dieren direct van de rust tot draf of galop gedwongen werden. Wordt de prestatie langzamerhand opgevoerd, dus van stap in draf en galop, zodat de prestatie circa 10 minuten duurt dan haalt het aantal dieren waarbij een arrythmie aangetroffen wordt zeer sterk.

Direct na de arbeidsprestatie werden de dieren op de rubbermat geplaatst en zo snel mogelijk verbonden met de electrocardiograaf. Sommige dieren verzetten zich bij deze procedure en waren niet te bewegen op de mat te komen, doch

in de meeste gevallen was het mogelijk de dieren binnen 45 seconden na het beeindigen van de arbeid te verbinden met de electrocardiograaf. Daarna werd doorlopend de afleiding V_3 geregistreerd met er tussen door zeer korte stukjes afl. II, III en aV_f.

Na deze proef werden de dieren lange tijd belast, dravers gedurende 10 - 20 minuten uitrijden voor een sulky en een rijpaard werd gedurende 10 - 20 minuten gelongeerd, waarbij het tempo geleidelijk werd opgevoerd. De laatste 5 minuten werd in een constant tempo gelongeerd.

Na deze arbeid werden wederom dezelfde afleidingen gemaakt.

4-2-2. De veranderingen in de componenten van het electrocardiogram na kortdurende belasting.

4-2-2-1. De P top.

Door een lichte kortdurende arbeid kan de P top veranderen van duur, amplitudo, vorm en phase.

In het algemeen vermindert de duur van de P top, de amplitudo neemt toe, de meertoppigheid verdwijnt. De verandering van vorm en phase kan tijdelijk zijn en dan spreken we van wandering auricular pace maker (fig. 18, 19). Deze wandering auricular pace maker werd gezien bij 28 van de 124 dieren. Deze 124 dieren hadden vóór de arbeid een normale P top. Het was opvallend dat deze P top verandering niet steeds aangetoond kan worden na de lichte en kortdurende arbeid.

Uit deze groep werden 10 dieren aan een herhaald onderzoek onderworpen, bij 3 dieren werd de P top verandering niet meer gezien bij alle ecg's van een reeks van 4 electrocardiogrammen.
Bij 2 dieren kon de P top verandering in één opvolgend electrocardiogram aangetoond worden, bij 3 dieren in een tweetal electrocardiogrammen en bij 2 dieren in 3 of meer opeenvolgende electrocardiogrammen. De electrocardiogrammen werden gemaakt op 1 week, 1 maand, 3 maanden en 6 maanden na het eerste electrocardiogram.

Dieren, die in rust reeds verschijnselen van de wandering pace maker hadden, vertoonden na lichte arbeid dit verschijnsel soms nog. Ook hier was de invloed van de arbeid niet in dezelfde mare reproduceerbaar. Deze beperking gold hier zowel voor de arbeid- als de rust-electrocardiogrammen.

Langdurige arbeid normaliseerde alle in rust "afwijkende" P toppen.

Aan het voorkomen van een negatieve of biphasische P of aan de verandering van een P top, gedurende een afleiding in rust of na kortdurende arbeid moet dan ook, als deze P top onder invloed van langdurige arbeid weer tot de normale waarde terugkeert, geen pathologische betekenis worden gehecht.
Negatieve P toppen in de beenafleidingen en in de thoraxafleidingen die na lange

arbeid wel bestaan blijven wijzen op een pathologisch proces in de atriae of in de sino-auriculaire knoop.

BROOYMANS (1957) en STEEL (1963) waren van mening dat de negatieve of biphasische P toppen, zowel in rust of na lichte arbeid pathologisch waren. BROOYMANS (1963) wijzigde echter deze mening en meent thans dat de pathologische betekenis van deze P toppen gering is. BROOYMANS (1957) heeft van een 4-tal dieren met een afwijkende P top sectie rapporten vermeld. Alle 4 dieren hadden een myocarditis, doch bij slechts één geval wordt de myocarditis nadrukkelijk gelocaliseerd in het linker harteoor.

STEEL (1963) deelt 1 geval mee, met o.m. myocarditis in de omgeving van de sini-auriculaire knoop.

Het verdwijnen van de wandering auricular pace maker door langdurige arbeid en het niet altijd reproduceerbaar phenomeen van de w.p.m. wijzen op een invloed buiten het hart.

Ook atropine heeft invloed, onder invloed van mgr. atropine sulfaat intraveneus verdween de w.p.m. bij alle 4 paarden, waarbij dit experiment gedaan werd (fig. 8).

DETWEILER (1952) vond bij 16 van 48 normale dieren de wandering auricular pace maker. In ons onderzoek werd deze bij 24 van de 245 dieren in rust, en bij 28 van de 124 na arbeid gevonden.

In totaal hadden dus 52 van de 245 dieren een wandering pace maker. Op de invloed van de leeftijd is reeds gewezen en veelal gaat de w.p.m. ook nog gepaard met sinus arrythmie of een sino-auriculair blok of met een partieel blok.

Uit de literatuur zijn ook gegevens bekend van de verplaatsing van de pace maker onder invloed van vagus prikkeling.

LEWIS c.s. (1914), MEEK en EYSTER (1914), HOLZMANN (1955), HOFFMANN en CRANEFIELD (1960) en het niet optreden van de w.p.m. na atropine toediening (DETWEILER en PATTERSON, 1963).

In hoofdstuk 3 is er op gewezen dat de -/+ P voorkomt bij de gemiddeld langste QQ tijden.

In een aantal gevallen was de PP afstand en de QQ afstand tussen 2 abnormale P toppen groter dan tussen 2 normale P toppen. Soms werd de abnormale P top voorafgegaan door een verlengd PP interval. Dit laatste doet zich vooral na kortdurende arbeid voor. Een gebondenheid aan eęn ander phenomeen b.v. de ademhaling kon niet worden opgemerkt.

De w.p.m. gaat zeer vaak gepaard met het partiële blok, of met een verlengde PQ tijd. BROOYMANS (1957), DETWEILER (1963).

Geconcludeerd kan worden, dat bij het aantonen van de w.p.m. zeker een aantal factoren een rol spelen.

a. Nerveuze invloeden vermoedelijk tengevolge van een relatieve vagotonie.
b. De duur van de registratie. Hoe langer men bij één dier registreert, des te meer kans er is op een w.p.m. in rust. BROOYMANS (1957).
c. Arbeid.

Gelet op deze feiten en het voorkomen van het phenomeen bij klinisch gezonde paarden moeten we concluderen, dat op grond van het voorkomen van de w.p.m. in een electrocardiogram niet besloten mag worden tot een myocarditis. Het feit dat de w.p.m. niet gevonden is bij een electrocardiografisch onderzoek van 24 nog niet in wedstrijd training zijnde 2-jarige dravers en wel bij oudere dieren pleit ook dat het phenomeen een gevolg is van de training, en dat de w.p.m. een gevolg is van een intra - auriculaire geleidingsvertraging door relatieve vagotonie.

De toename van de duur van de abbormale P toppen ten opzichte van de normale wijst hier op.

4-2-2-2. Het QRS complex.

Na een lichte kortdurende belasting neemt de amplitudo van het QRS complex in de afl. V_3 toe (fig. 15). Deze toename is ook te zien in de afleidingen V_2 en V_4; dus in de afleidingen vlak boven het hart. Veel minder duidelijk is de toename in amplitudo in de afleidingen V_5, $V_{ax\ 2}$, $V_{ax_{-2}}$ en de beenafleidingen, zowel in de bipolaire als in de unipolaire afleidingen.

Deze toename kan in de afleiding V_3 soms meer dan 100% bedragen. Er zijn echter ook dieren waarbij practisch geen toename te registreren valt. Deze toename hangt enigszins samen met de grootte van de belasting. Wordt een dier zeer kort belast dan is de verandering in amplitudo duidelijker dan bij dieren die langere tijd belast worden. De verandering na langdurige arbeid is practisch nihil. Zeer sterke vermindering van amplitudo werd na kortdurende belasting nooit aangetroffen.

In grafiek 3 is voor dertig gevallen de verandering van het QRS complex weergegeven. Voor alle paarden was de

$$tg\ \alpha = \frac{\text{QRS arbeid}}{\text{QRS rust}}$$

gelijk aan of groter dan 1.

De oorzaak van deze toename in voltage is niet duidelijk en verder is er nog het feit dat de toename na langdurige arbeid niet of nagenoeg niet optreedt. De disharmonie tussen sympatisch en parasympatisch zenuwstelsel, die optreedt bij de arbeid zal vermoedelijk hier toch een rol spelen. Bij de mens worden bij de relatieve sympaticotonie ook zeer grote amplitudo's waargenomen. De duur van het QRS complex varieert nauwelijks voor en na de arbeid. De onmogelijkheid deze duur tot in 1/100 sec. nauwkeurig te meten is de oorzaak hiervan. Ook al door deze onmogelijkheid in de meettechniek dient men de correlatie die STEEL (1963) gelegd heeft tussen QRS duur en hart gewicht met grote reserve te bezien Alleen bij een zeer snel papiertransport (10 - 12 cm/sec.) dan zou men de QRS-duur op 1/1000 sec. nauwkeurig meten (SCHELLONG, 1938), echter het begin en het einde van het QRS complex zijn dan vrij onduidelijk (HOLZMANN, 1955).

Een duidelijke verandering in de stand van de electrische hartas treedt bij het paard na kortdurende of langdurende belasting niet op.

4-2-2-3. Het ST segment en de T top.

Het ST segment en de T top veranderen zeer sterk na belasting. Hier treden een zeer groot aantal veranderingen op. Deze veranderingen worden bij de mens door een complex van factoren beïnvloed, waarvan de neurovegetatieve tonus, de hartfrequentie, de trainingstoestand, de vermoeidheid, zuurstof voorziening en de plaats van het hart de belangrijkste zijn.

Deze factoren zijn in één geval niet uiteen te rafelen, doch de EMPIRIE heeft geleerd dat er bij de mens een aantal reacties bekend zijn die een gunstige, of ongunstige, of onbekende betekenis hebben.

Voor het paard zijn deze empirisch gevonden waarheden niet bekend en het overnemen van de voor de mens geldende normen kan dus gevaarlijk zijn.

Door BROOYMANS (1957) is het beeld van de relatieve coronairinsufficientie bij het paard beschreven. Dit symptomen complex werd o.m. gevonden bij een paard met cornage. BROOYMANS suggereert dat door de cornage de zuurstof voorziening van het hart gestoord zou zijn en daardoor locale ischaemie zou optreden, met als gevolg o.a. ST veranderingen in het electrocardiogram.

Deze ST veranderingen treden vooral op in de afleidingen met een duidelijk positieve T top na belasting afl. II, afl. III, aV_f, V_2, V_3. (Fig. 14-16-17-18).

De ST elevatie wordt door BROOYMANS alleen gezien bij een positieve T top.

Uit ons onderzoek is gebleken dat in de afleiding II, III, AV_f, V_2, V_3 de T top positief wordt na kortdurende belasting en als het paard SNEL genoeg aan de electrocardiograaf wordt aangesloten (fig. 14, 16, 17, 18). De ST elevatie gecombineerd met positieve T werd gezien bij 118 van de 124 dieren, in een van de genoemde afleidingen. De ST elevatie is afhankelijk van de gepresteerde arbeid, dit kon bewezen worden door de volgende feiten.

1. Bij langdurige arbeid trad de ST elevatie niet op. (Fig. 20, 21).
2. Bij kort opeenvolgende prestaties werd de kans de ST elevatie te registreren bij iedere registratie kleiner. Na 3 kort opeenvolgende prestaties met een rustpauze van ca. 5 minuten was het onmogelijk de ST elevatie nog op te wekken.
3. De ST elevatie duurt slechts kort en is $\pm$ 60 sekonden na het aansluiten aan de electrocardiograaf verdwenen.
4. Het verdwijnen van de ST elevatie gaat samen met een inversie van de T top. Op dit phenomeen wees BROOYMANS (1957) reeds.

In de inleiding van dit hoofdstuk is reeds gezegd, dat speciaal in de thoraxafleiding de T top een zeer grote verandering na arbeid ondergaat. Deze T top is in rust meestal negatief of biphasisch, doch na arbeid wordt de T top zeer fraai

positief. Deze inversie is door BROOYMANS (1957) reeds beschreven en ook STEEL (1963) wijst op de labiliteit van de T top. Beiden beschouwen de zeer sterk positieve T als pathologisch.

STEEL schrijft: "In the C leads (V-afleidingen) the occurence of positive T waves was regarded as abnormal and when they were tall, narrow and sharply paeked the abnormality was regarded as being more severe".
Even verder schrijft STEEL: "the occurence of giant T waves having a total amplitudo greater than the total amplitudo of QRS was an infavourable sign, T waves of this type were most frequently seen in leads II, III and CR LA".

Deze laatste afleiding komt ongeveer overeen met V_2 of V_3.
Uit ons onderzoek is gebleken dat bij alle getrainde paarden, en vooral bij nerveuze dieren, deze positieve T toppen in de afleidingen II, III, aV_f, V_2, V_3, opgewekt kunnen worden (Fig. 17, fig. 18).

Bij nerveuze dieren kan dit reeds geschieden door de dieren te laten schrikken, b.v. door een klap of schreeuw, en bij ALLE andere dieren door ze een kortdurende arbeid te laten verrichten en ze DIRECT na deze arbeid aan te sluiten aan de electrocardiograaf. De positief worden van de T top gaat dan samen met een ST elevatie van ten hoogste 0.40 mV.

Het voorkomen van deze positieve T top bij alle dieren uit het onderzoek (124) en de mogelijkheid het phenomeen te kunnen herhalen bij hetzelfde en ieder ander getraind paard bewijst dat de positieve T top na arbeid en in rust (nerveuze factor) geen enkele diagnostische waarde heeft.

De amplitudo van de T top zou volgens STEEL (1963) ook nog waarde hebben, doch uit dit onderzoek is gebleken, dat de hoogte van de T top bij dezelfde dieren kan varieren. De onmogelijkheid de dieren steeds dezelfde dosis arbeid te laten verrichten onder dezelfde spanning speelt hierbij ongetwijfeld een voorname rol. Op de amplitudo van de T top heeft naast de dosis arbeid de snelheid van aansluiten aan de electrocardiograaf en de omstandigheden waaronder dit geschiedt, invloed.
Paarden, die na de arbeid onder rustige omstandigheden direct met de electrocardiograaf verbonden konden worden hadden een hogere TV_2 dan dieren, waarbij om de een of andere reden, niet direct na de arbeid een electrocardiogram gemaakt kon worden. In rust kan ook reeds een positieve TV_2 geregistreerd worden. Deze paarden hadden zich vaak verzet bij het aansluiten aan de electrocardiograaf en als de dieren tijdens de registratie minder nerveus werden dan veranderde de positieve T top in een biphasische of negatieve T top.

Als het dier na lichte arbeid eenmaal met de electrocardiograaf verbonden was, dan zag men bij voortdurende registratie een zeer sterke afname van de positiviteit van de T top. De positieve T top werd biphasisch en tenslotte negatief; de biphasische begin T werd negatief, en de negatieve begin T, die een enkele maal gevonden werd, werd sterker negatief. Werd de registratie lang genoeg voortgezet, dan kwam de rust TV_3 weer te voorschijn. Ook dit ging langs de weg

TABEL 20

VERANDERING VAN DE AMPLITUDO VAN DE T TOP (ALGEBRAISCHE SOM) NA DE ARBEID

Paard No.	seconden na de arbeid											
	0	20	40	60	80	100	120	140	180	200	240	600
a	+ 0.40 mV	+ 0.10 mV	- 0.20 mV	- 0.50 mV	- 0.90 mV	- 0.90 mV	- 0.90 mV	- 0.80 mV	mV	mV	mV	- 0.30/0.30 mV
b	+ 0.80 "	- 0.40 "	-	- 0.60 "	- 0.40 "	-	- 0.05 "				- 0.35/0.35 "	- 0.25/0.35 "
c	+ 1.20 "	+ 0.80 "	+ 0.40 "	0	- 0.60 "	- 0.80 "	- 0.80 "	-	- 0.60 "		- 0.35/0.45 "	- 0.35/0.45 "
d	+ 2.40 "	+ 2.00 "	+ 2.20 "	+ 1.80 "	+ 1.00 "	0	- 0.40 "	- 0.60 "	- 0.80 "	- 0.80 "	- 0.65/0.25 "	- 0.45/0.25 "
e	+ 1.20 "	+ 1.00 "	+ 0.70 "	0	- 0.45 "	- 0.80 "	- 0.80 "	-	- 0.45 "		- 0.25/0.35 "	- 0.25/0.35 "
f	+ 0.60 "	+ 0.40 "	0	- 0.20 "	- 0.40 "	- 0.60 "	- 0.60 "	-	- 0.60 "	-	- 0.45/0.20 "	- 0.30/0.25 "
g	+ 0.40 "	+ 0.10 "	- 0.20 "	- 0.50 "	- 0.70 "	- 0.70 "	- 0.40 "	-	-	-	- 0.35/0.25 "	- 0.35/0.35 "
h	+ 2.00 "	+ 1.80 "	+ 1.60 "	+ 1.50 "	+ 1.45 "	-	+ 0.70 "	0.50 "	0	+ 0.25 "	-	-
i	+ 0.80 "	+ 0.60 "	+ 0.40 "	0	- 0.20 "	- 0.35 "	- 0.55 "	-	- 0.35 "		- 0.45/0.20 "	0.30/0.25 "
j	+ 0.40 "	+ 0.20 "	0	0	- 0.40 "	- 0.40 "	- 0.35 "				- 0.45/0.30 "	- 0.45/0.35 "
k	+ 0.20 "	- 0.20 "	- 0.40 "	- 0.40 "	- 0.20 "	- 0.05 "	-	-	-	-	-	- 0.30/0.35 "
l	+ 0.80 "	+ 0.60 "	-	+ 0.20 "	- 0.40 "	- 0.60 "	- 0.60 "	- 0.60 "			- 0.20 "	- 0.40/0.30 "
m	+ 0.90 "	+ 0.75 "	+ 0.90 "	+ 0.65 "	+ 0.30 "	+ 0.10 "	- 0.30 "	- 0.40 "	- 0.60 "	- 0.80 "	- 0.60 "	- 0.50/0.15 "
n	+ 0.15 "	- 0.35 "	- 0.35 "	- 0.30 "	- 0.10 "	-	- 0.05 "				- 0.40/0.35 "	- 0.40/0.25 "
o	+ 0.10 "	- 0.20 "	- 0.40 "	- 0.40 "	-	-	- 0.05 "	-	-	-	- 0.25/0.20 "	- 0.25/0.20 "
p	+ 1.10 "	+ 0.80 "	+ 0.40 "	0	- 0.20 "	- 0.40 "	- 0.60 "	-	- 0.40 "	- 0.20 "	- 0.25/0.20 "	- 0.25/0.20 "
q	+ 1.40 "	+ 1.40 "	+ 1.20 "	+ 0.95 "	+ 0.60 "	0	- 0.20 "	-	-	-	- 0.20/0.20 "	- 0.20/0.20 "
r	+ 1.80 "	+ 1.80 "	+ 1.60 "	+ 1.20 "	+ 0.80 "	+ 0.40 "	+ 0.10 "	-	- 0.30 "	-	- 0.20/0.20 "	- 0.20/0.20 "
s	+ 1.20 "	+ 0.80 "	+ 0.60 "	+ 0.30 "	- 0.20 "	- 0.40 "	- 0.50 "	-	- 0.50 "	- 0.30 "	- 0.45/0.20 "	- 0.30/0.20 "
t	+ 1.80 "	+ 1.80 "	+ 1.40 "	+ 1.00 "	+ 0.60 "	+ 0.20 "	- 0.30 "	-	- 0.20 "	-	- 0.25/0.35 "	- 0.25/0.35 "
u	+ 0.90 "	+ 0.85 "	+ 0.15 "	- 0.40 "	- 0.60 "	- 0.60 "	- 0.15 "	-	0	-	- 0.15/0.15 "	- 0.15/0.15 "
v	+ 0.80 "	+ 0.60 "	0	- 0.40 "	- 0.40 "	- 0.40 "	- 0.20 "	-	- 0.40 "	-	- 0.25/0.10 "	- 0.25/0.10 "
w	+ 0.60 "	+ 0.40 "	0	- 0.40 "	- 0.40 "	- 0.40 "	- 0.35 "	-	- 0.20 "	-	- 0.25/0.10 "	- 0.25/0.10 "
x	+ 1.20 "	+ 1.00 "	+ 0.80 "	+ 0.40 "	- 0.20 "	- 0.40 "	-	-	-	-	- 0.20/0.10 "	- 0.20/0.20 "
y	+ 1.40 "	+ 1.20 "	+ 0.80 "	+ 0.40 "	- 0.10 "	- 0.40 "	-	-	-	-	- 0.35/0.25 "	- 0.35/0.25 "
z	+ 1.80 "	+ 1.80 "	2.00 "	+ 1.60 "	+ 1.40 "	0	- 0.40 "	0.60 "	- 0.80 "	- 0.80 "	- 0.65/0.25 "	- 0.45/0.25 "

der geleidelijkheid (Fig. 17, 20).

Het verloop van de T top in afleiding V_3 is als functie van de tijd voorgesteld in tabel 20. Als 0 mV is gerekend een biphasische T, waarbij de som van de twee componenten 0 was, als voltage van T is genomen de rekenkundige som van de beide componenten. Voor 124 dieren was de gemiddelde omkeertijd, dit is het passeren van de nulwaarde, 62 seconden, met als uitersten 12 en 180 seconden.

Tijdens het onderzoek kwam de vraag naar voren of deze omkeertijd van de T top een inzicht kon geven van de functionele reserves van het hart. Bij herhaalde proefnemingen met dezelfde dieren bleek dat de omkeertijd afhankelijk was van:

1. De wijze en de tijdsduur van de te verrichten arbeid.
2. Het tijdsverloop tussen het beëindigen van de arbeid en het aansluiten van het te onderzoeken dier aan de electrocardiograaf.
3. De omstandigheden waaronder de proef verloopt.
4. De psychische toestand van het dier.
5. De bodem, waarop de proef verricht werd heeft zeer grote invloed. Op een zware kleverige zandbodem kost het opbrengen van een ongeveer gelijke snelheid meer energie dan op een goede veerkrachtige bodem.

Omdat dus de omkeertijd te veel afhankelijk is van omstandigheden buiten het dier, kan deze tijd dus nimmer een objectief oordeel geven over de functionele reserves van het hart.

In hoofdstuk 3 is medegedeeld dat er tussen de vorm en de grootte van de T top enerzijds, en de gemiddelde frequentie anderzijds geen verband bestaat. Uit de oppervlakkige beschouwing van het electrocardiogram van één dier lijkt dit verband bij één dier wel te bestaan. Immers direct na kortdurende arbeid neemt QQ af, de frequentie neemt toe en TV_2 is dan positief. Als het dier uitrust van de arbeid, dan neemt QQ weer toe en TV_2 neemt af.

Het verband tussen de T top en de frequentie (QQ tijd).

Het verband tussen de T top en de frequentie (QQ tijd) is aangegeven in tabel 21. Uit deze tabel blijkt dat de positieve phase van de T top in afleiding V_3 zeer zeker niet aan de frequentie is gebonden.
In de positieve phase daalt de T top reeds in amplitudo, terwijl de QQ afstand practisch gelijk blijft.

Ook tijdens de biphasische en de negatieve phase is het opvallend dat bij practisch gelijkblijvende waarden van de T top, er aanzienlijke frequentie veranderingen kunnen optreden.

Combineert men deze bevindingen met de reeds medegedeelde T top veranderingen in hoofdstuk 3, de postblok T top en de T veranderingen door angst, en met tabel 20, dan moet men concluderen dat de T top noch in rust, noch na

TABEL 21.

Het verband tussen de amplitudo van de T top (algebraische som) en de frequentie (QQ tijd) in sec.

paard no.	VOLTAGE van de T top in mV. +2.00 mV sec.	+1.60 mV sec.	+1.20 mV sec.	+0.80 mV sec.	+0.40 mV sec.	0. mV sec.	-0.40 mV sec.	-0.80 mV sec.	-1.20 mV sec.	-1.60 mV sec.
1	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.80	0.88	1.04*	-	-
2	0.56	0.56	0.56	0.56	0.58	0.66	0.70	0.88*	-	-
3	-	-	-	0.60	0.66	0.86	1.40	1.80*	-	-
4	-	-	0.66	0.66	0.66	0.80	0.80*	-	-	-
5	-	-	1.20	1.30	1.20	1.20	1.20	1.24	1.30	1.30
6	-	0.72	0.78	0.84	0.92	1.00	1.10*	-	-	-
7	-	-	-	1.00	1.04	1.04	1.04*	-	-	-
8	0.72	0.72	0.78	0.84	0.88	0.96	1.04	1.12*	-	-
9	0.68	0.68	0.72	0.80	0.88	0.92	1.08	1.16*	-	-
10	-	0.78	0.78	0.80	0.88	0.90	1.00	1.00*	-	-
11	0.78	0.80	0.80	0.84	0.88	0.92	1.00	1.04*	-	-
12	0.80	0.84	0.88	0.92	1.04	1.10	1.12*	-	-	-
13	-	0.72	0.80	0.90	1.08	1.12*	-	-	-	-
14	-	-	0.88	-	0.88	0.90	0.94*	-	-	-
15	-	-	1.00	1.08	1.12	1.20	1.28	-	-	-
16	-	-	1.04	1.12	1.18	1.24	-	-	-	-
17	-	0.92	1.00	1.04	1.12	1.20	1.20	1.28*	-	-
18	-	0.68	0.72	0.72	0.78	0.82	0.88	0.98*	-	-
19	0.68	0.72	0.72	0.78	0.84	0.88	0.94	1.00	1.08	-
20	0.56	0.56	0.56	0.58	0.62	0.68	0.70	0.88*	-	-
21	-	0.72	0.78	0.84	0.92	1.04	1.10	-	-	-
22	-	-	0.88	0.90	0.96	0.98	1.02	1.08*	-	-
23	0.64	0.64	0.68	0.74	0.80	0.88	0.94	1.08*	-	-
24	0.56	0.58	0.64	0.70	0.78	0.84	0.88	0.94	0.98*	-
25	-	-	1.18	1.24	1.18	1.14	1.12	1.20*	-	-

Na de met * gemerkte QQ tijden trad een toename van het voltage van de T top op. De negatieve phase van de meestal biphasisch geworden T top nam af en de betekenis van het positieve deel nam weer toe tot het rust voltage bereikt werd.

lichte arbeid afhankelijk is van de frequentie doch van de neurovegetatieve tonus van het dier. Deze bevinding maakt het electrocardiogram in zijn huidige vorm ongeschikt voor de diagnostiek van die aandoeningen die uitsluitend gepaard gaan met stoornissen in de repolarisatie.

4-2-2-4. De veranderingen in de QQ-tijd en het optreden van een arrythmie.

Naast T top veranderingen vinden we bij het getrainde paard na een kortdurende arbeid een zeer duidelijke arrythmie. Vermoedelijk is deze arrythmie van vagale oorsprong, want zij is niet meer op te merken na atropine toediening.

De arrythmie is supraventriculair en meestal een zuivere sinus arrythmie doch ook hartblokkades zowel 1e als 2e graads, kunnen optreden.
Vaak gaat de arrythmie samen met w.p.m.

Kenmerkend is dat de arrythmie alleen gevonden wordt bij getrainde paarden en alleen direct na het beëindigen van een KORTDURENDE arbeid.

Evenals de ST elevatie en de T top verandering is deze arrythmie proefondervindelijk op te wekken. Bij sommige dieren moet men op een bepaalde bodem slechts 100 m longeren, bij andere 300 m of meer.

Evenals bij de ST elevatie is de kans op het opwekken bij iedere volgende belasting gedurende één onderzoek kleiner. Na 4 of meer belastingen met een korte tussenruimte van ca. 3 - 5 min., gelukt het niet meer de arrythmie op te wekken.

De indruk bestaat, dat de aanwezigheid van een kortdurende sinus arrythmie na een vrij langdurige arbeid zelfs een symptoom van een zeer goede circulatie is.

Bij de mens is dit ook bekend, en ook uit klinische ervaring is bekend, dat de genezing van een hartlijden vaak gepaard gaat met de terugkeer van de sinus arrythmie.

Getracht door het gelijktijdig registreren van de ademhaling en het electrocardiogram direct na de arbeid een inzicht te krijgen over de soort van de arrythmie.
Bij dit onderzoek moesten echter te veel handelingen verricht worden en er waren te veel helpers noodzakelijk, waardoor de gehele procedure te lang duurde en de arrythmie reeds verdwenen was voor er geregistreerd kon worden. Verder was de rust, die bij het electrocardiografisch onderzoek van het paard zeer gewenst is, dan vaak ver te zoeken, met alle nadelen van dien.

Uit een auscultatorisch onderzoek is de indruk gekregen, dat de arrythmie zeker NIET samenhangt met de ademfrequentie, doch zeer waarschijnlijk met de ademdiepte. De paarden ademen na een kortdurende arbeid, nog meer dan in rust, onregelmatig zowel van frequentie als van diepte. Nader onderzoek van dit phenomeen is dan ook zeer gewenst.

Om de arrythmie te kunnen meten is gebruik gemaakt van de door SCHLOMKA en REINDELL ingevoerde rythme index:
Deze rythme index is iedere 12 seconden berekend. Het verloop van deze rythme index is in tabel 22 voor 25 dieren weergegeven.

TABEL 22.

Overzicht van de daling van arrythmie index in het verloop van de rustpauze na kortdurende belasting bij 25 dravers.

paard no.	Tijdvak na de aansluiting aan de electrocardiograaf: 0-12 sec	12-24 sec.	24-36 sec.	36-48 sec.	48-60 sec.	60-72 sec.	72-84 sec.	84-96 sec.	96-108 sec.
1	78	92	50	8	0	0	0	-	-
2	67	52	38	24	26	10	0	2	0
3	58	66	58	52	40	0	0	0	0
4	14	8	0	0	-	-	-	-	-
5	0	30	6	0	-	0	-	-	-
6	14	18	17	15	12	18	0	-	-
7	0	30	4	-	-	-	-	-	-
8	30	62	4	0	-	-	-	-	-
9	30	4	0	30	26	14	0	-	-
10	14	38	32	4	0	0	-	-	-
11	10	70	52	30	14	4	0	-	-
12	0	14	78	24	4	-	-	-	-
13	78	24	10	-	-	-	-	-	-
14	52	48	4	4	-	-	-	-	-
15	48	24	0	4	-	-	-	-	-
16	76	84	50	4	0	-	-	-	-
17	12	0	0	0	0	-	-	-	-
18	0	14	4	0	0	-	-	-	-
19	18	8	4	0	0	-	-	-	-
20	58	66	32	14	0	0	-	-	-
21	0	0	18	0	0	0	-	-	-
22	48	58	24	4	4	0	-	-	-
23	10	30	42	32	24	12	0	0	-
24	0	28	14	4	-	-	-	-	-
25	0	48	24	0	0	-	-	-	-

Opvallend is dat de arrythmie ongeveer 1 min. na de aansluiting aan de electrocardiograaf verdwenen is.

Bij de meeste dieren nam de arrythmie langzamerhand af tot in het 6e tijdvak (60 - 72) na het begin van de registratie. Na 72 seconden was er nagenoeg geen arrythmie meer.

Deze tijd komt overeen met het verdwijnen van de positieve T top in afl. V_3 en het verdwijnen van de waarneembare ST elevatie.

Evenals de ST elevatie, de TV_3 veranderingen is ook de arrythmie afhankelijk van de reeds genoemde uitwendige omstandigheden.

Het is ook voorgekomen, dat een arrythmie bij een eerste onderzoek niet geregistreerd kon worden, terwijl deze toch bij auscultatie bij een eerder onderzoek vastgesteld was. Indien het paard na lichte belasting zeer snel aangesloten kan worden aan de electrocardiograaf dan alleen werd de arrythmie geregistreerd. Ook kon de arrythmie meerdere malen bijhetzelfde paard geregistreerd worden, al was er dan een verschil in rythme index. Bij de arrythmie is zeer duidelijk de duur van de belasting van invloed.
Bij een belasting die langer duurde dan 5 minuten, werd de arrythmie al niet meer vastgesteld.

De arrythmie is supraventriculair en meestal een sinus arrythmie en soms maakt zij de indruk cyclisch te zijn.
Deze arrythmieën zijn reeds beschreven door FRODROCZY (1938), SPOERRI en LEEMAN (1946), MILLER en HICKMAN (1952), BROOYMANS (1957).

Het voorkomen van de arrythmie bij 124 getrainde gezonde paarden na een kortdurende lichte belasting en het verdwijnen van deze arrythmie na langdurige arbeid wijzen er op dat deze arrythmie physiologisch en reflectoir is. Ook de uit vergelijkend physiologisch opzicht belangrijke onderzoekingen van REINDELL c. s. bij getrainde sportmensen, die tot eenzelfde conclusie zijn gekomen, hebben belangrijk bijgedragen tot deze mening.

Atropine doet de arrythmie verdwijnen en dit wijst op een vagale oorsprong, al is dit experiment niet bewijzend, omdat atropine een tweezijdig effect heeft. (DONKERLO en MEKEL 1964).

4-2-2-5. Conclusie.

Uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat het electrocardiogram van het getrainde paard na kortdurende belasting een aantal typische veranderingen ondergaat.
Deze veranderingen komen vooral direct na arbeid zeer duidelijk te voorschijn en zijn vergelijkbaar met de z. g. n. Sofortreaktion van SCHLOMKA bij de mens.

De veranderingen zijn:
1. Optreden van veranderingen van de P top.
2. Supra-ventriculaire arrythmie en soms partiële hartblokkade.
3. Toename in positieve waarde van de T top en omkering van de T in de afl. II, III, aV_f en V_2 en V_3.
4. ST elevatie.

Op grond van het voorkomen van deze veranderingen bij alle gezonde op snelheid en uithoudingsvermogen getrainde paarden, worden zij beschouwd als een physiologische reactie op de gevraagde arbeid.

Deze reactie is van neuro-vegetatieve oorsprong en is een gevolg van het nog niet in de "steady state" verkeren van het dier.

4-2-3. De veranderingen in de componenten van het electrocardiogram na langdurige belasting.

Het electrocardiogram na zware arbeid.

In het voorgaande is gewezen op de belangrijke veranderingen die optreden in het electrocardiogram direct na kortdurende arbeid. Tevens is er op gewezen dat de interpretatie van deze gegevens aanleiding kan geven tot voor het dier ernstige gevolgen, als men zich op het standpunt van BROOYMANS (1957) stelt.

Het is onze opvatting, dat het niet in een steady state verkeren van de dieren de oorzaak is van het optreden van een aantal phenomenen, en wel met name van de sinusarrythmie, en de grote positieve T top, het optreden van partiële blokkades.

Immers indien het een gevolg is van een relatieve coronair insufficientie, dan moeten de symptomen veel duidelijker worden bij een langdurige en zware arbeid.

Op grond van de keuze van het proefmateriaal, paarden die zeer zware arbeid kunnen verrichten en nog steeds verrichten, was te verwachten dat deze opvatting niet juist kon zijn. Bij de mens is immers bekend dat juist het verrichten van een langdurige en uitputtende arbeid bij patiënten met een relatieve coronair insufficiëntie zeer gevaarlijk is en dat de ST veranderingen en de angineuze pijnen juist na zware arbeid zeer duidelijk optreden.

Na zware arbeid, die echter gedurende een korte tijd (5 minuten) verricht werd hebben LANDGREN en RUTQVIST bij hun proefnemingen nog een ST elevatie beschreven. Een sinusarrythmie beschreven zij niet. Zij zagen de ST elevatie ook alleen bij positieve T toppen. De elevatie was bij hun onderzoek vrij gering, $\pm$ 1 mm, doch er moet op gewezen worden, dat zij niet direct, doch na 90 sec. hun eerste electrocardiogrammen maakten. Tevens gebruikten zij trekpaarden. Bij een onderzoek van LANNEK en RUTQVIST (1951) was reeds gebleken dat er een significant verschil bestaat in de amplitudo van de verschillende componenten van het e.c.g. bij koudbloeden en warmbloeden. Met deze opvatting kunnen wij ons verenigen, al geloven wij niet dat het verschil een gevolg van erfelijke aanleg, doch van de training is. Een nader onderzoek bij veulens en jaarlingen van beide groepen zal dan ook nodig zijn om na te gaan welke opvatting de juiste is.

Om na te gaan of er klinisch een arrythmie aan te tonen was na zware arbeid, is bij 40 dravers een oriënterend auscultatorisch onderzoek ingesteld. De dieren kregen hun gewone "warming up" en moesten daarna een parcours van ca. 2000 meter op coursesnelheid afleggen. Nimmer werd toen enig spoor van

een arrythmie gevonden. Wel werd deze gevonden als zonder "warming up" 500 - 1000 meter op coursesnelheid werd gereden. Ook na het zgn. uitrijden, hierbij wordt met de dieren op matige snelheid gedurende een $\frac{1}{2}$ uur gewerkt, werden geen arrythmieën aangetoond. Na longeren van circa een $\frac{1}{2}$ uur werd bij rijpaarden geen arrythmie gehoord. Wel kon de arrythmie na deze arbeid weer opgewekt worden als de dieren plotseling opgejaagd werden, en dan zeer snel rondgejaagd werden.

Het is dus van grote betekenis bij de keuring van het getrainde paard, dit dier voldoend lange arbeid te laten verrichten. Alleen daarna kan men enigszins een oordeel geven over de toestand van het hart.

Vooral de periodieke controle van pols en ademhaling na de arbeid gedurende een half uur is van eminent belang.

Het is dus voor de beoordeling van belang dat vooral de laatste arbeidsphase in de zgn. steady state verloopt. Hierbij moet vooral rekening gehouden worden met de zgn. veterinaire keuringen na wedstrijden.

Heeft een dier om de een of andere reden een snelle eindsprint gemaakt en is deze eindsprint ook nog "ondersteund" door karwats of sporen of geschreeuw van de rijder dan kan het voorkomen dat men direct na de prestatie een kortdurende arrythmie hoort.

Na dit oriënterend onderzoek zijn bij 120 dieren electrocardiografische onderzoekingen verricht.

De resultaten van dit onderzoek kwamen overeen met de resultaten van LANDGREN en RUTQVIST (1953) voor de beenafleidingen.

De wandering pace maker die bij 18 dieren, in rust of na lichte arbeid aanwezig was, was in alle 18 gevallen na langdurige arbeid verdwenen. Er was soms een geringe toename in de amplitudo van de P top, doch dit verschil bleek niet significant te zijn. Wel daalde de duur van de P top significant. De langste duur van de P top in V_3 na arbeid was 0.08 sec. de kortste duur 0.04 sec., als gemiddelde werd berekend 0.058 sec., terwijl in rust voor deze dieren 0.102 gemeten werd.

De amplitudo van de toppen die het QRS complex samenstellen veranderde na zware arbeid.

De T top in afleiding V_3 was na langdurige arbeid soms nog wel positief, doch er was een zeer snelle inversie van de T, waarna de biphasische T top zeer lang bleef. Dan verscheen de negatieve T. Deze negatieve T kon uren lang blijven bestaan. Zo kon eenmaal 3 uren na een prestatie nog een diepe negatieve T aangetoond worden bij een paard met een normale polsfrequentie, en terwijl dit dier anders bij dezelfde frequentie een biphasische T had.
Deze 8-jarige ruin had toen een course gewonnen over 3240 meter met een km-tijd van 1.24.4 onder vrij ongunstige omstandigheden.

Het is dan ook onze mening dat aan de vorm en de grootte van de T top in de afleiding V_3 dan ook geen enkele betekenis gehecht kan worden. Aangezien er

tevens een verband bestaat tussen de afleidingen onderling zullen deze veranderingen ook aan te wijzen zijn in de andere afleidingen. Het zal echter duidelijk zijn dat in sommige afleidingen deze veranderingen minder opvallend kunnen zijn.

Een duidelijke ST elevatie werd na langdurige arbeid niet gezien, wel werd deze bij kortdurende arbeid gezien. De verklaring hiervoor is:

1). Bij zware arbeid werd in het algemeen geen zeer hoge positieve T gezien, tenzij het dier bij het aansluiten aan de electrocardiograaf opgewonden werd.
2). De frequentie is bij langdurige arbeid lager dan bij kortdurende arbeid, de QQ tijd is dus langer.
3). De QT tijd is na zware arbeid langer dan na kortdurende arbeid.
4). De toename in voltage van het QRS complex is geringer na langdurige arbeid dan na kortdurende arbeid.

Volgens onze opvatting is de ST elevatie het gevolg van het trage begin van de repolarisatie van de hartspiervezel.

Deze trage repolarisatie is wederom fraai te zien in de thoraxafleidingen V_2, V_3, terwijl ook de beenafleidingen II en III bij positieve T top deze redelijk te zien geven.

Na de arbeid is de duur van T weliswaar afgenomen, doch het trage begin is er nog steeds; Na dit trage begin neemt de snelheid van repolarisatie enorm toe en we zien dan ook de "slanting of slurring" optreden. Door deze "slanting" is de duur van de T top practisch nooit te bepalen.

De duur van QRS verandert door de arbeid practisch niet, de QT tijd is echter wel afgenomen.

Combinatie van: een hoge T top met een langzaam begin en een relatief zeer lange duur, een QRS tijd die nagenoeg niet veranderd is en een afgenomen QT tijd zorgen voor de ST elevatie.

In het verloop van de rustperiode veranderen zowel T, als QT en dan treedt de ST elevatie niet meer op.

Een andere factor die ook nog een rol speelt, is de toename van de R' top of de STj door kortdurende arbeid.

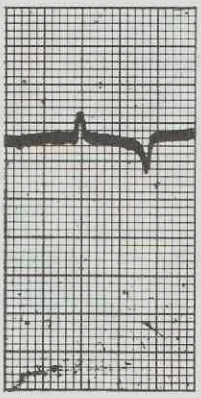
De bestudering van dit phenomeen met zeer snel reagerend instrumentarium zal echter nog nodig zijn om dit phenomeen duidelijker te maken.

4-2-4. Conclusie.

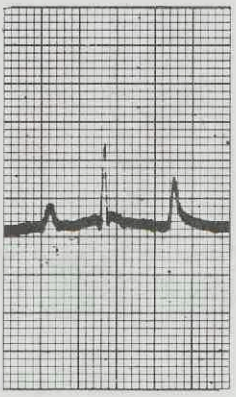
Na langdurige zware belasting die in de steady state verloopt, zijn ook bij getrainde paarden geen arrythmieën meer aan te tonen. Ook de negatieve of biphasische P top verdween, evenals het sino-auriculaire blok en het Wenckebach-blok en de ST-elevatie. In de afleiding V_3 was de zeer sterk positieve T top, direct na belasting, verdwenen.

Waren dit symptomen geweest van een relatieve coronair insufficiëntie, dan zouden zij redelijkerwijs na zeer zware arbeid veel duidelijker hebben moe-

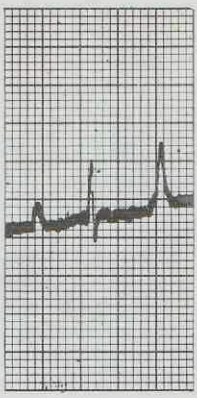
ten zijn en zouden de dieren, zo zij de arbeid konden volbrengen, enorm vermoeid moeten zijn. Aangezien dit geenszins het geval is, en sommige paarden nog dagelijks tot volle tevredenheid coursen, menen wij te mogen concluderen dat deze verschijnselen van de "coronair insufficiëntie" dit begrip geenszins dekken en dat deze verschijnselen niet het gevolg zijn van een myocard beschadiging, maar berusten op een neuro-vegetatieve basis.



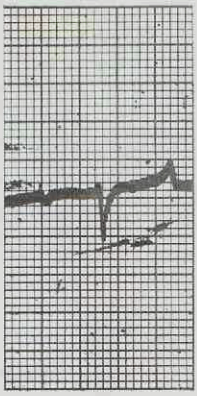
afl. I
lead I
fig. 1.1



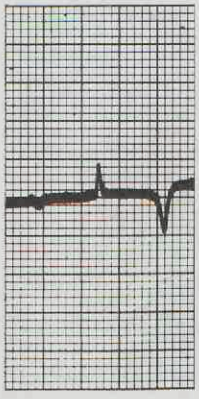
afl. II
lead II
fig. 1.2



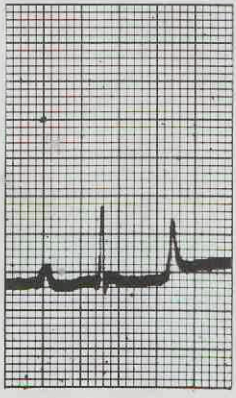
afl. III
lead III
fig. 1.3



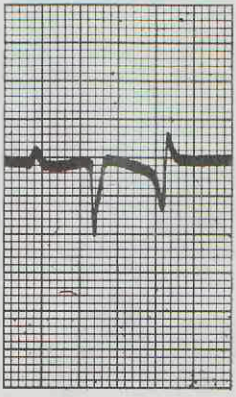
afl. aVr.
lead aVr.
fig. 1.4



afl. aVl.
lead aVl.
fig. 1.5



afl. aVf.
lead aVf.
fig. 1.6



afl. V3
lead V3
fig. 1.7

Fig. 1. Electrocardiogram van een normale volwassen draver.
Electrocardiogram of a normal adult trotter.

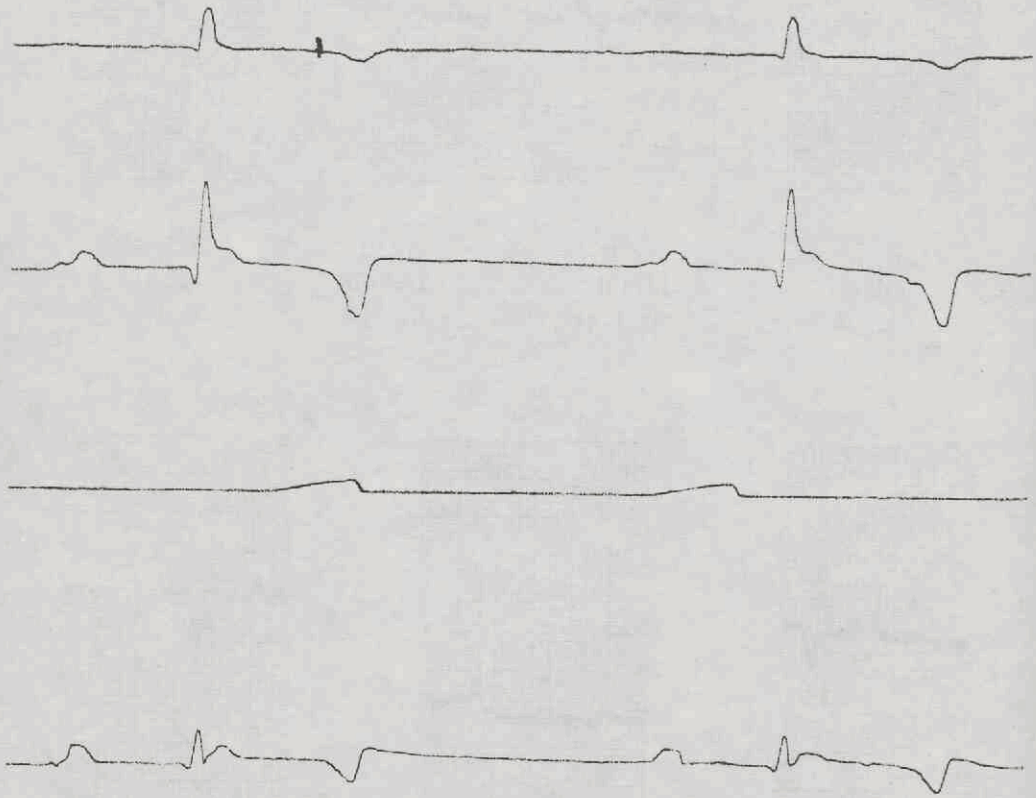


Fig. 2. Electrocardiogram van een normale draver met zeer fraaie R^1 top in de afb. II en III (papiersnelheid 50 mm/sec).

Electrocardiogram of a normal trotter with a beautiful R^1 wave in lead II and III (paperspeed 50 mm/sec.).

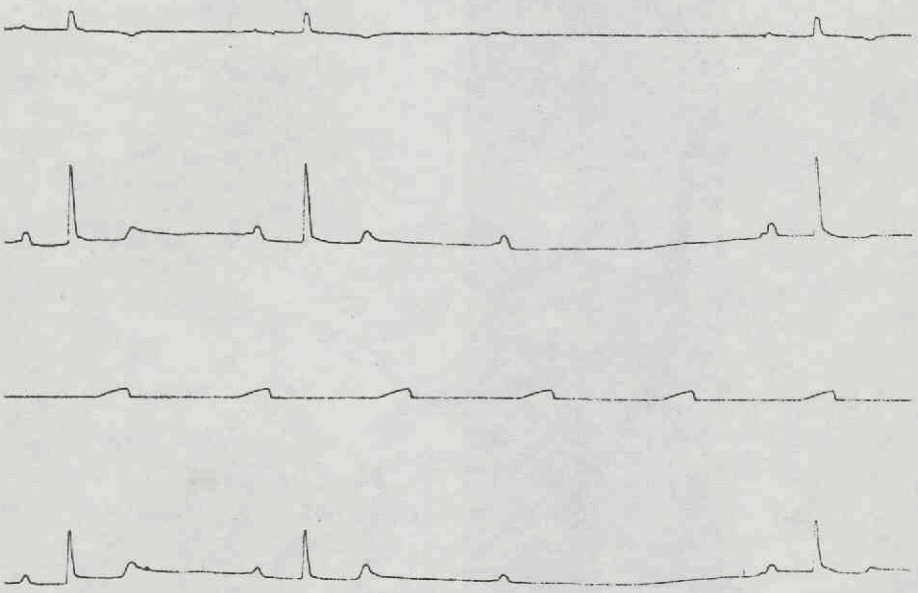


Fig. 3. Verandering van de T top na een 2de graads blok bij een 5 jarige draver ruin. Afl. II en afl. III.
Alteration of the T wave after a second degree bloc in a 5 year old trotter gelding. Lead II and III.

Note on decrease of QT distance and decrease of the positive value of the T wave.

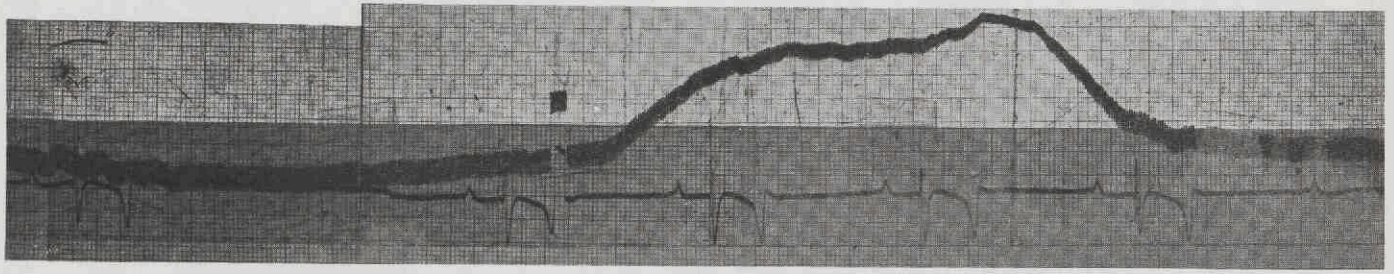


Fig. 4. Pneumogram en electrocardiogram van een 8 j. rijpaard. Het blok valt in de expiratiephase.

Pneumogram and electrocardiogram of a 8 year old riding horse. The bloc appears during the expiration.

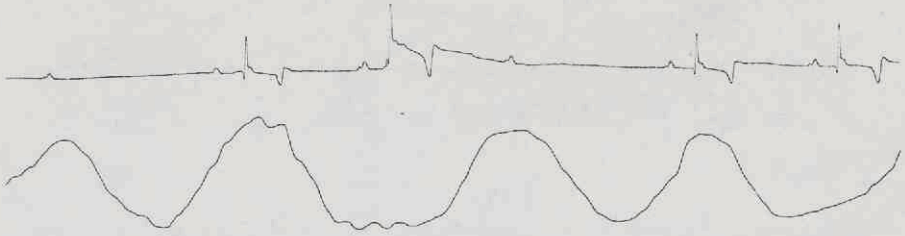


Fig. 5. Electrocardiogram en pneumogram van een 7 jarig getraind rijpaard. Het 2 de graads blok komt niet voor tijdens de expiratie.

Electrocardiogram and pneumogram of a 7 year old trained ridinghorse. The 2 degree bloc does not occur during expiration.

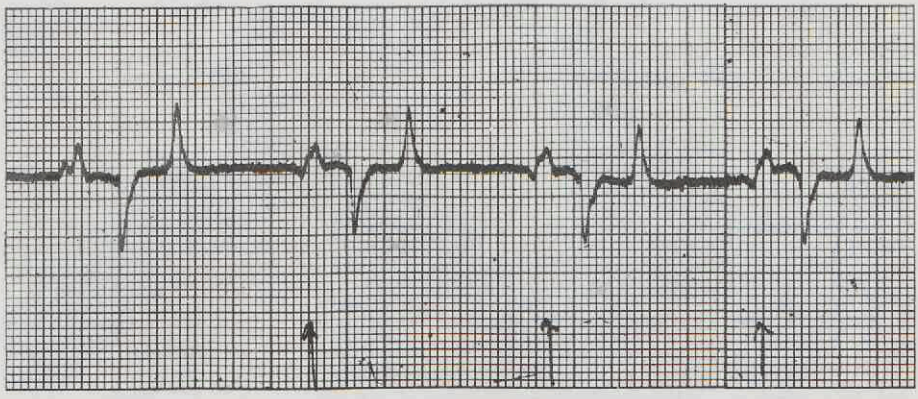


Fig. 7. Wandering pacemaker en sinusarrythmie bij een 5 jarige draver na kortdurende belasting.

Wandering pacemaker and sinusarryhmia in a 5 year old trotter after an excercise of short duration.

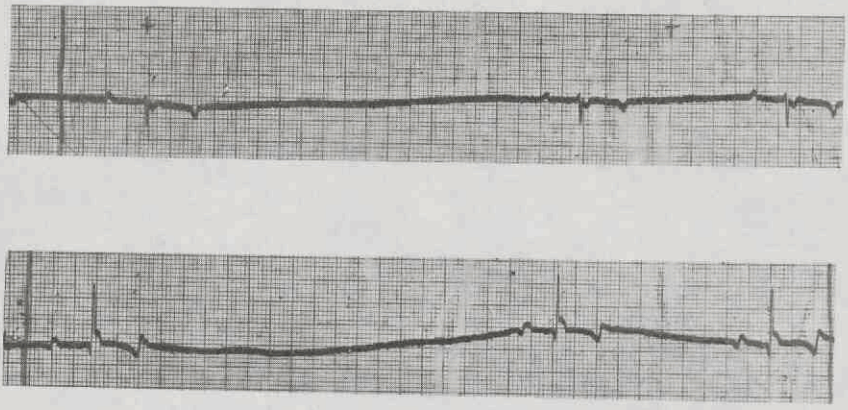


Fig. 6.1. Sino-auriculair blok en wandering pacemaker bij een 5 jarige draver. Deze draver verbeterde op 6, 7 en 8 jarige leeftijd telkens zijn record en liep bij voorkeur over afstanden van meer dan 2400 m. Zijn km.tijd over 4000 m. was 1 min. 24,4 sec.
Weergegeven zijn de afleidingen aVl en aVf.

Sino-auricular bloc and wandering pacemaker in a 5 year old trotter gelding. This trotter improved his record during his 6, 7 and 8th year.
His favourite distance was over more than 2400 m.
His km.time over 4000 m. was 1 min. 24.4 sec.
(Lead aVl and aVf).

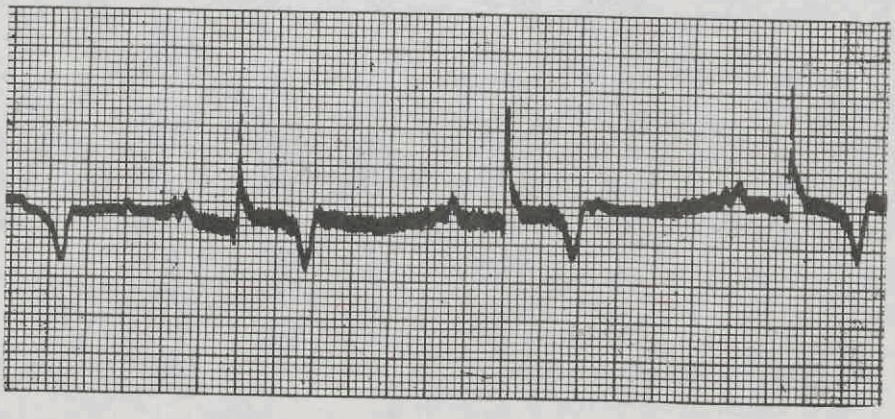


Fig. 6.2. Zelfde paard na een belasting van een half uur (afleiding aVf).

Same horse after an excercise of a half houre (lead aVf).

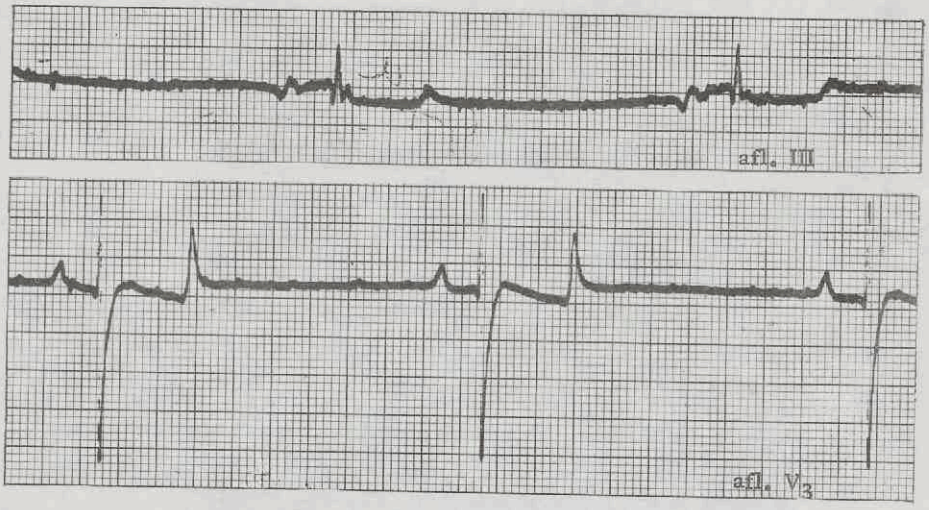


Fig. 8.1. Voor de injectie. Invloed van atropine op het e.c.g.

Before the injection. Influence of atropine sulfate on the electrocardiogram.

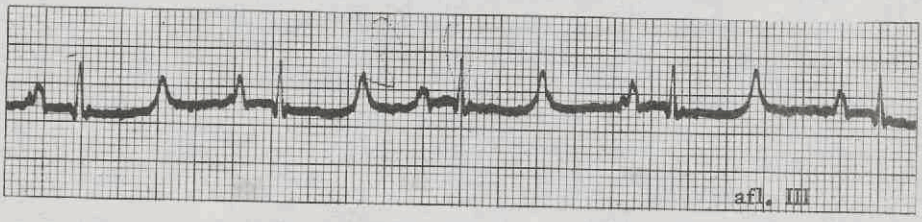


Fig. 8.2. Verdwijnen van de w.p.m. na de injectie.

Disappearing of the w.p.m. after the injection.

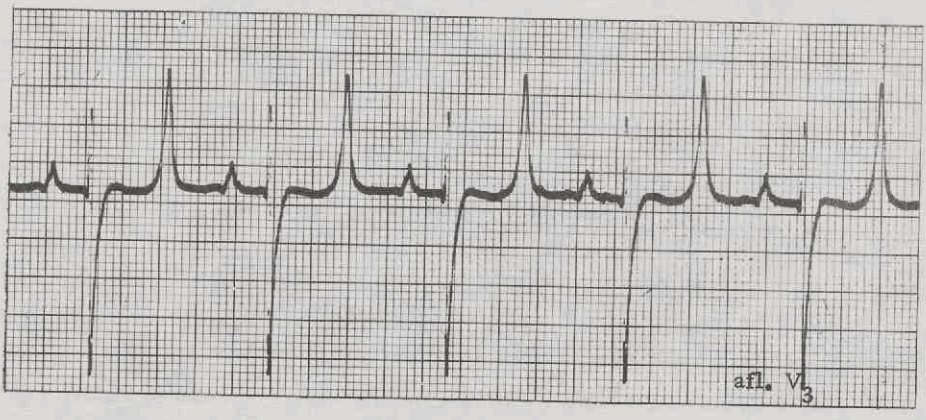


Fig. 8.3. Toename van de T top na de injectie.

Increase of the T wave after the injection.

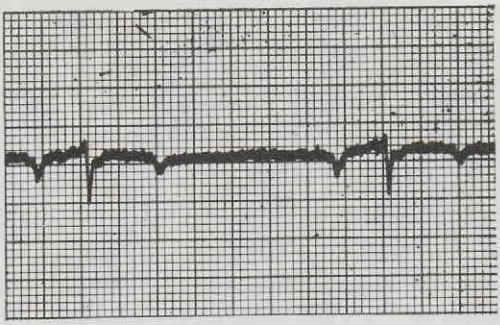


Fig. 9. Unipolaire Goldberger afleiding van het rechter voorbeen van een getraind paard.

Unipolar Goldberger lead from the right for limb of a trained horse.

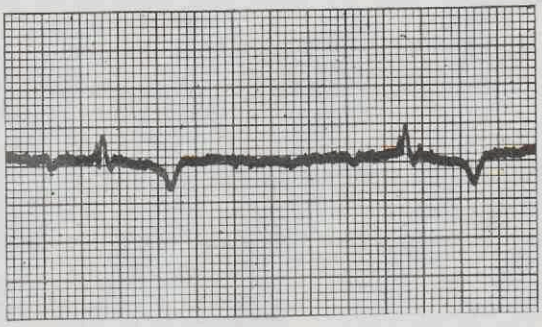


Fig. 10. Unipolaire Goldberger afleiding van het linker voorbeen bij een getraind paard.

Unipolar Goldberger lead from the left for limb of a trained horse.

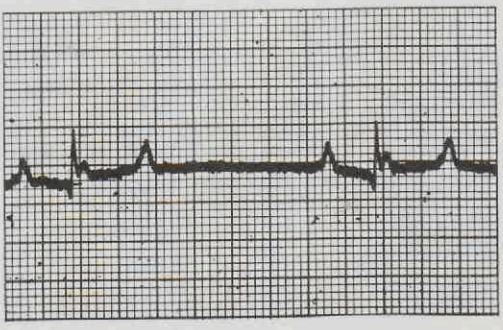


Fig. 11. Unipolaire Goldberger afleiding van het linker achterbeen bij een getraind paard.

Unipolar Goldberger lead from the left hind limb of a trained horse.

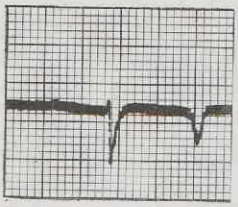


Fig. 12.1.
afl. V_1
lead V_1

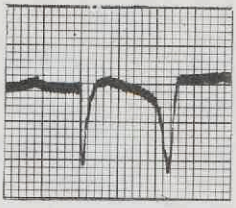


Fig. 12.2.
afl. V_2
lead V_2

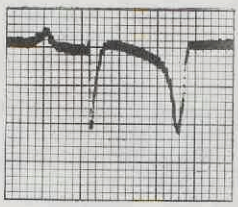


Fig. 12.3.
afl. V_3
lead V_3

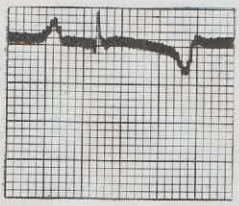


Fig. 12.4.
afl. V_4
lead V_4

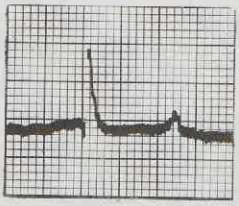


Fig. 12.5.
afl. V_5
lead V_5

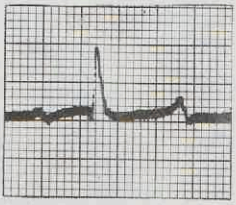


Fig. 12.6.
afl. Vax 2
lead Vax 2

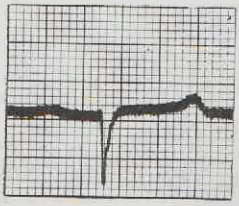


Fig. 12.7.
afl. V-2
lead V-2

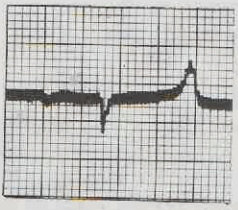


Fig. 12.8.
afl. V-3
lead V-3

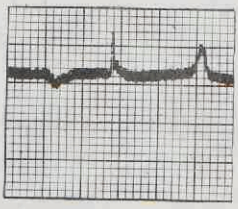


Fig. 12.9.
afl. V-4
lead V-4

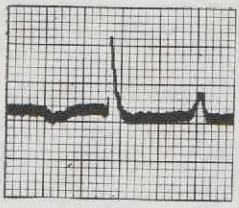


Fig. 12.10.
afl. V-5
lead V-5

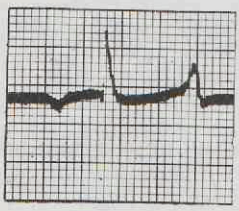


Fig. 12.11.
afl. Vax-2
lead Vax-2

Fig. 12. Wilson afleidingen van een normaal getraind paard.
Wilson leads of a normal trained horse.

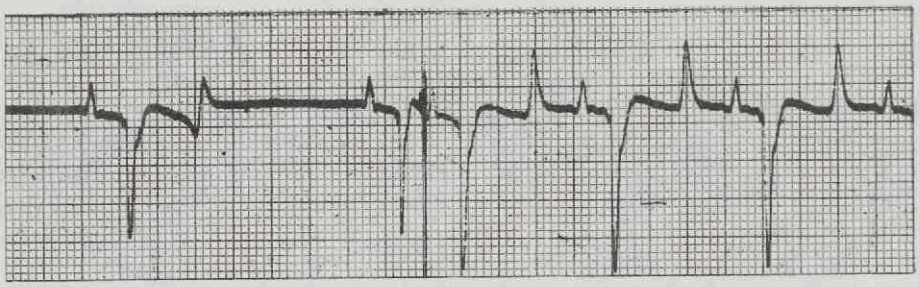


Fig. 13. Invloed van een geluid op de vorm van het electrocardiogram.

Influence of noise on the form of the electrocardiogram (lead V_3). Note on positive T wave and increase of Q/S complex.

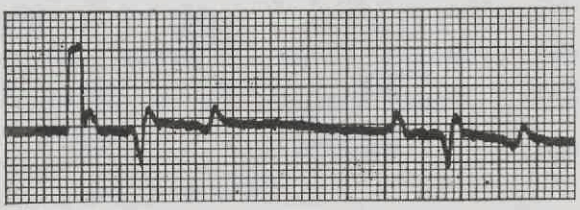


Fig. 14-1.
voor de klap
before the crack

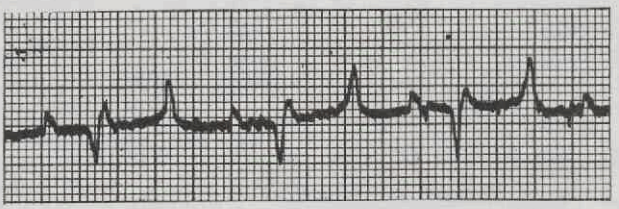


Fig. 14-2.
na de klap
after the crack

Fig. 14. Invloed van angst op de vorm van het electrocardiogram (afl. III).

Influence of fright on the electrocardiogram (lead III).

In fig. 14-2 zien we een verandering van het QRS complex en een toename van de T top.

Note in fig. 14-2 the alteration of the QRS complex and the increase of the T wave.

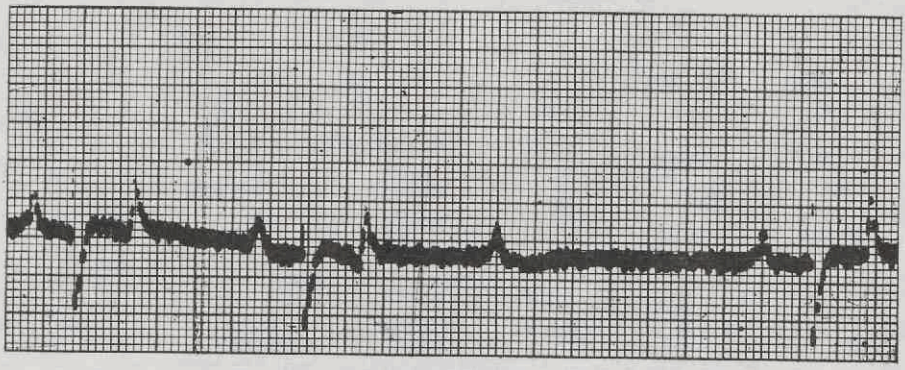


Fig. 15. Partieel hartbloc na kortdurende belasting bij een politiepaard.

Partial heartbloc after shortlasting excercise in a mounted policehorse. Note increase of T wave and decrease of QT time.

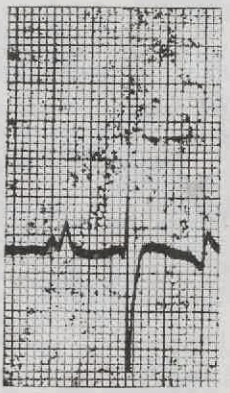


Fig. 16-1. voor de arbeid
before exercise

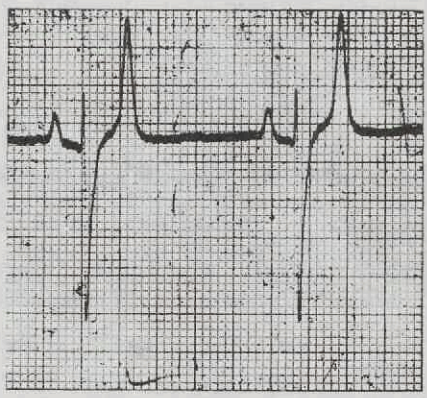


Fig. 16-2. na de arbeid
after exercise

Fig. 16. Invloed van een kortdurende arbeid op de vorm van het electrocardiogram van een 7 jarige Franse draver.
Toename van QS en T top verandering.

Influence of shortlasting exercise on the electrocardiogram of a 7 year old French trotter.
Increase of QS and T wave alteration.

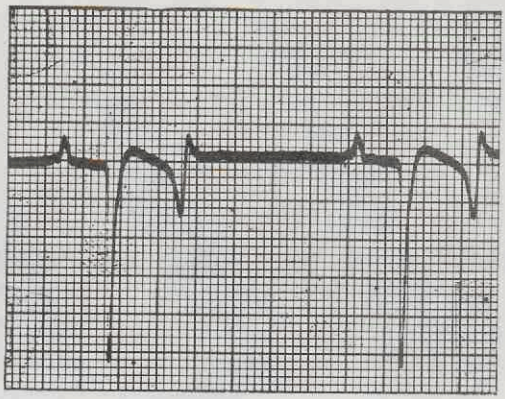


Fig. 17-1. Afleiding V_3 in rust.
Lead V_3 in rest.

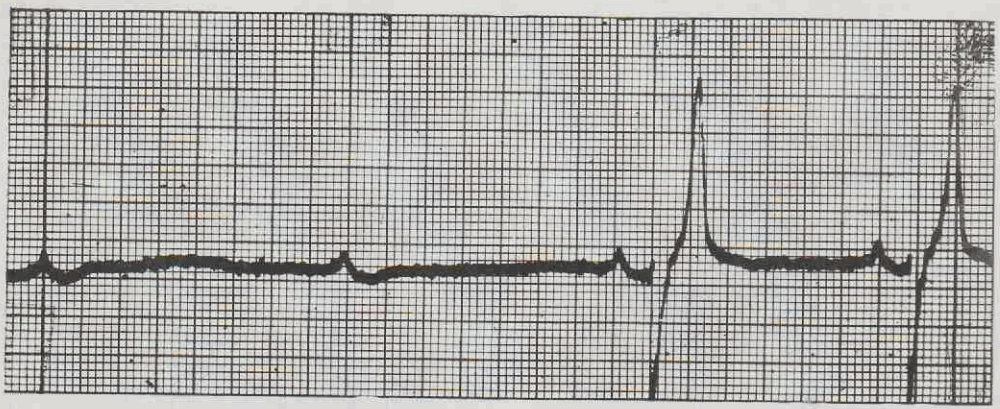


Fig. 17-2. Afleiding V_3 direct na arbeid. Er is een Wenckebach block opgetreden.
Lead V_3 immediately after the exercise. Note on Wenckebach block.

Fig. 17. Invloed van kortdurende (2 min.) arbeid op de vorm van de T top in afleiding V_3.
Het electrocardiogram is geregistreerd bij een 6 j. Fr.Am. draver-merrie, die een maand na de registratie van dit electrocardiogram haar record verbeterde en dit bracht op een km. tijd van 1 min. 20.8 sec. over een afstand van 2020 m.

Influence of short lasting exercise on the T wave in lead V_3.
This electrocardiogram is registrated in a 6 year old Fr.Am. trotter mare. One month after the registration of this electrocardiogram the mare improved her record and rose it to a km. time of 1 min. 20.8 sec. over a distance of 2020 m.

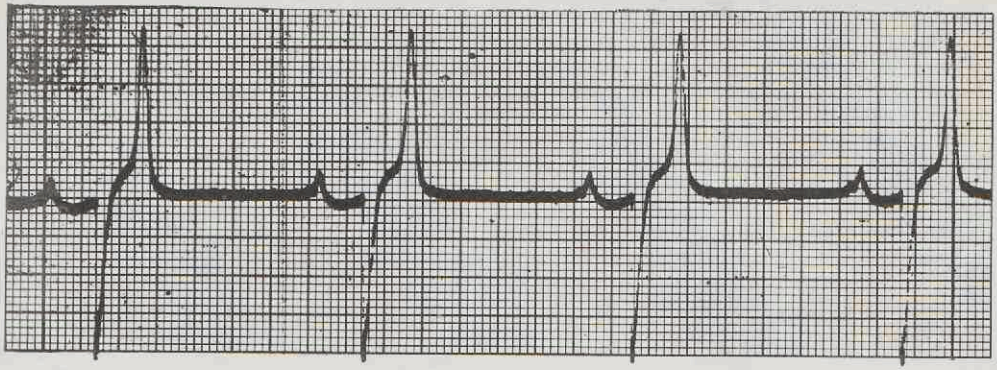


Fig. 17-3. Afleiding V_3 30 sec. na het aansluiten van het paard aan de electrocardiograaf.
Lead V_3 30 sec. after the connection of the horse to the electrocardiograph.

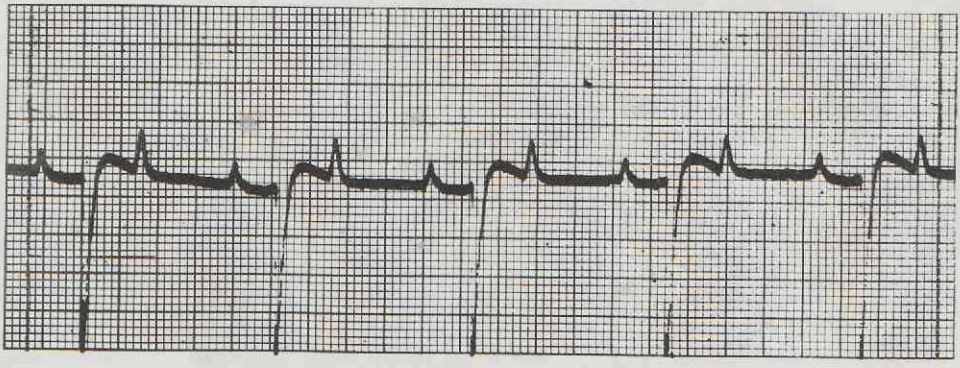


Fig. 17-4. Afleiding V_3 60 sec. na het aansluiten van het paard aan de electrocardiograaf.
Lead V_3 60 sec. after the connection of the horse to the electrocardiograph. Note decrease of the T wave.

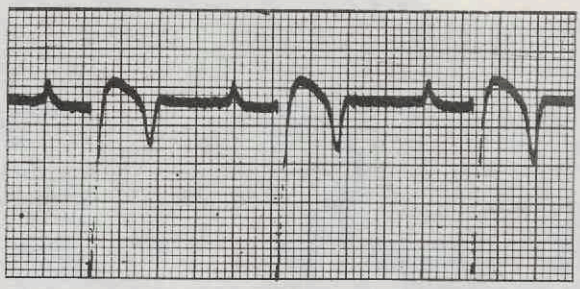


Fig. 17-5. Afleiding V_3 85 sec. na het aansluiten van het paard aan de electrocardiograaf. De inversie van de T top is opgetreden.
Lead V_3 85 sec. after the connection of the horse to the electrocardiograph. Inversion of the T wave has occurred.

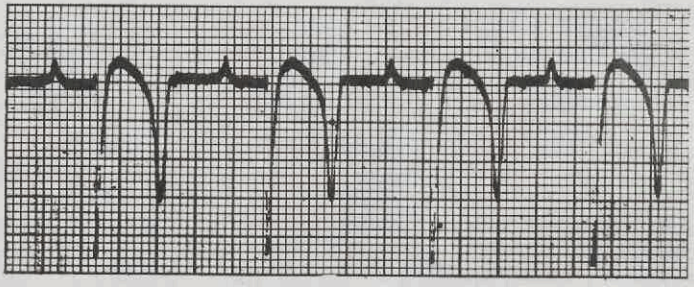


Fig. 17-6. Afleiding V_3 105 sec. na het aansluiten van het paard aan de electrocardiograaf. Toename van de negatieve T top.
Lead V_3 105 sec. after the connection of the horse to the electrocardiograph. Increase of the neg. T wave.

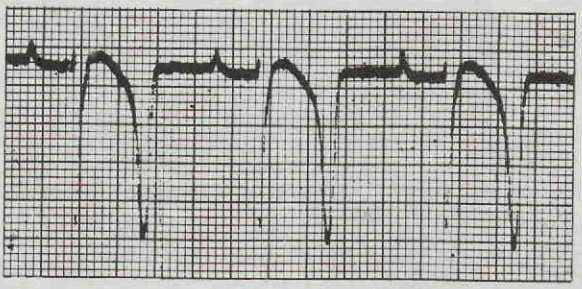


Fig. 17-7. Afleiding V_3 150 sec. na het aansluiten van het paard aan de electrocardiograaf.
Lead V_3 150 sec. after the connection of the horse to the electrocardiograph.

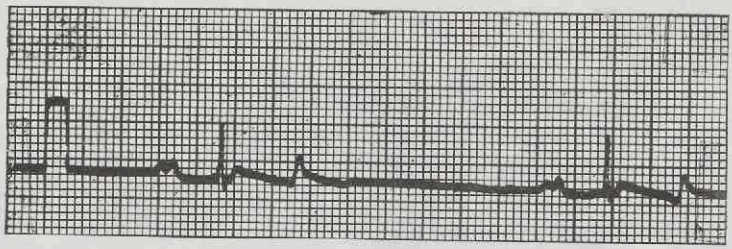


Fig. 18-1. Afl. II voor de belasting. Lead II before the exercise.

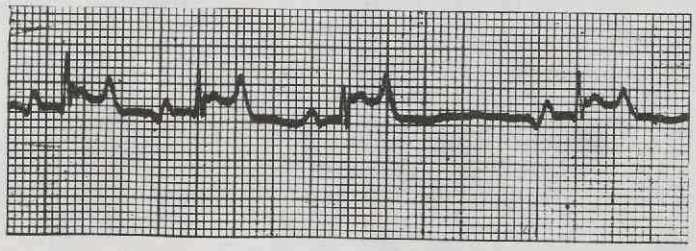


Fig. 18-2. Afl. II direct na de belasting.
De veranderingen zijn:
wandering pacemaker
sinusarrythmie
ST elevatie

Lead II immediately after the exercise.
The alterations are:
wandering pacemaker
sinusarrythmia
ST elevation

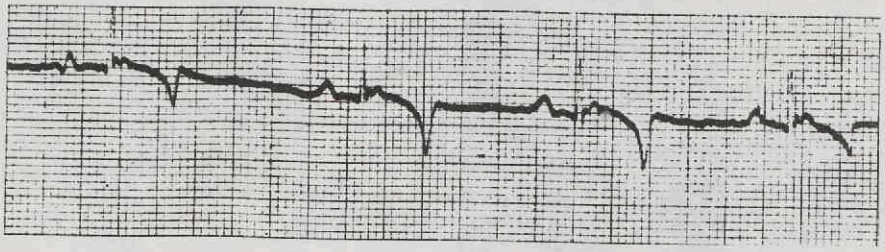


Fig. 18-3. Afl. II 80 sec. na de arbeid.
De T top is nu negatief.

Lead II 80 sec. after the exercise.
The T wave is now negative.

Fig. 18. Invloed van kortdurende belasting op het electrocardiogram van een volwassen rijpaard.

Influence of a short terme exercise on the electrocardiogram of a adult riding horse.

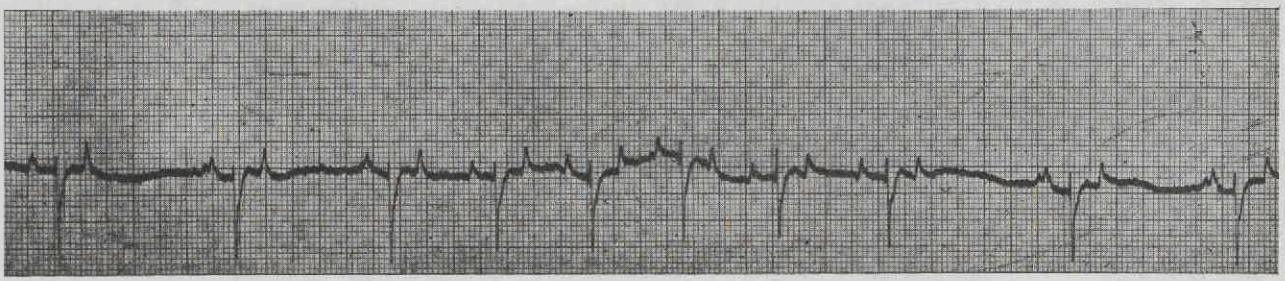


Fig. 19. Afleiding V_3.
Wandering auricular pacemaker en sinus-arrythmie bij een 3 jarige draverhengst na kortdurende belasting.

Lead V_3.
Wandering auricular pacemaker and sinus-arrythmia in a 3 year old trotter stallion after a shortlasting exercise.

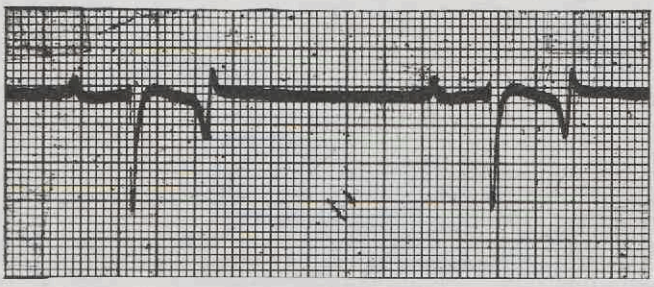


Fig. 20-1. afl. V3 in rust.
lead V3 in rest.

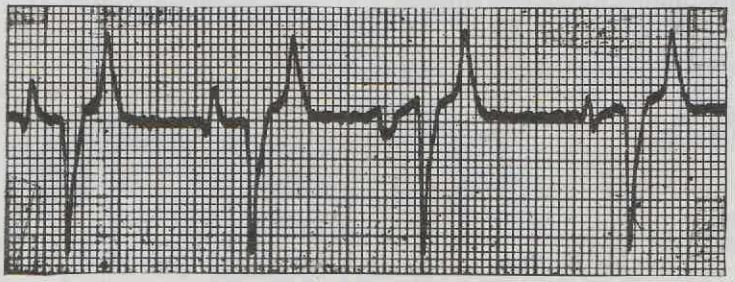


Fig. 20-2. afl. V3 direct na kortdurende (2 min.) arbeid.
lead V3, immediately after a shortlasting exercise.

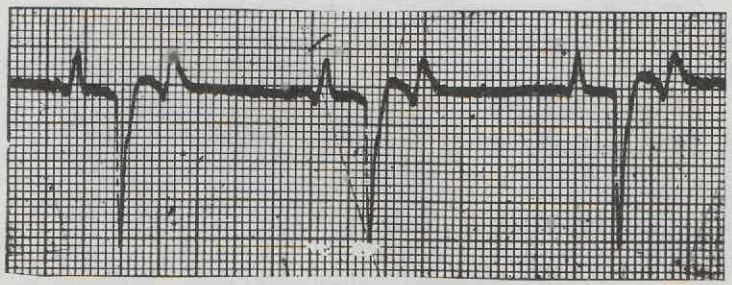


Fig. 20-3. afl. V3 12 sec. na het aansluiten aan de electrocardiograaf.
lead V3 12 sec. after the connection of the horse to the electrocardiograp

Fig. 20. Electrocardiogram van een 6 jarige draver op het hoogtepunt van zijn carrière. Dit paard won in een maand 5 races, waaronder een tweetal semi-klassieke draverijen en een internationale draverij.

Electrocardiogram of a 6 year old trotter, gelding, on the top of his caree: This horse won within a month 5 races, two of them were semi-classic an one was a international trot.

Note on T top inversion

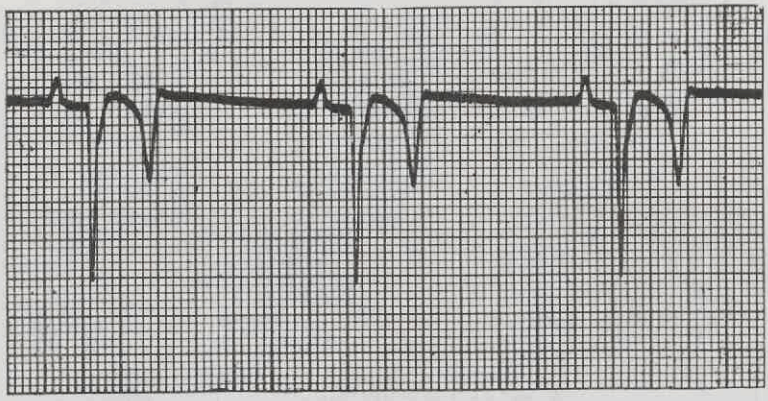


Fig. 20-4. afl. V3 45 sec. na het aansluiten aan de electrocardiograaf.
lead V3 45 sec. after the connection of the horse to the electrocardiograph.

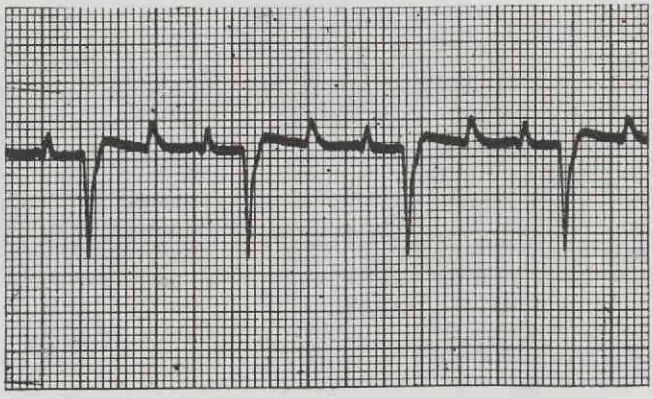
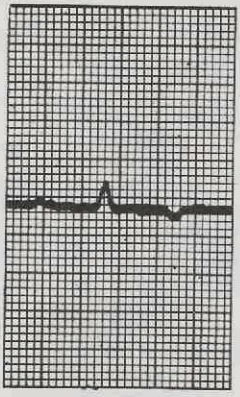
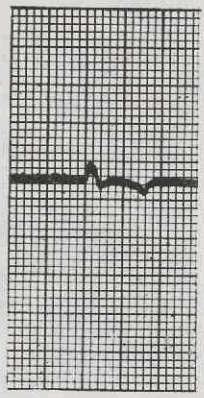


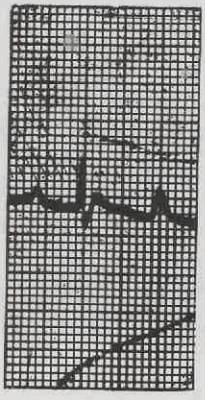
Fig. 20-5. afl. V3 na een arbeid van een half uur.
lead V3 immediately after a work of half an hour.



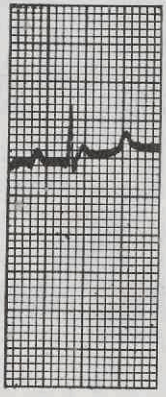
Afl. I rust
Lead I rest



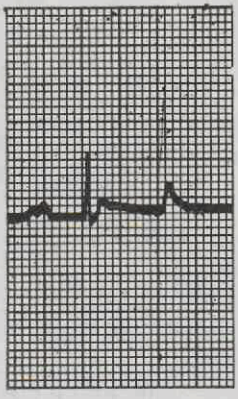
Afl. I arbeid
Lead I after exercise



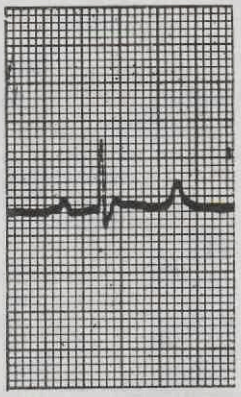
Afl. III rust
Lead III rest



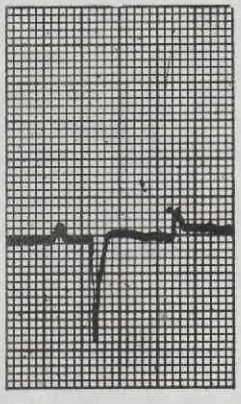
Afl. III arbeid
Lead III after exercise



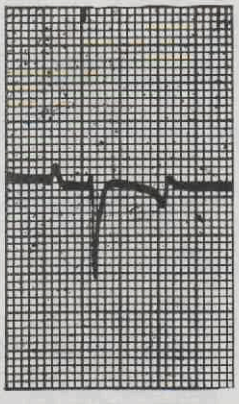
Afl. aVf rust
Lead aVf rest



Afl. aVf arbeid
Lead aVf after exercise



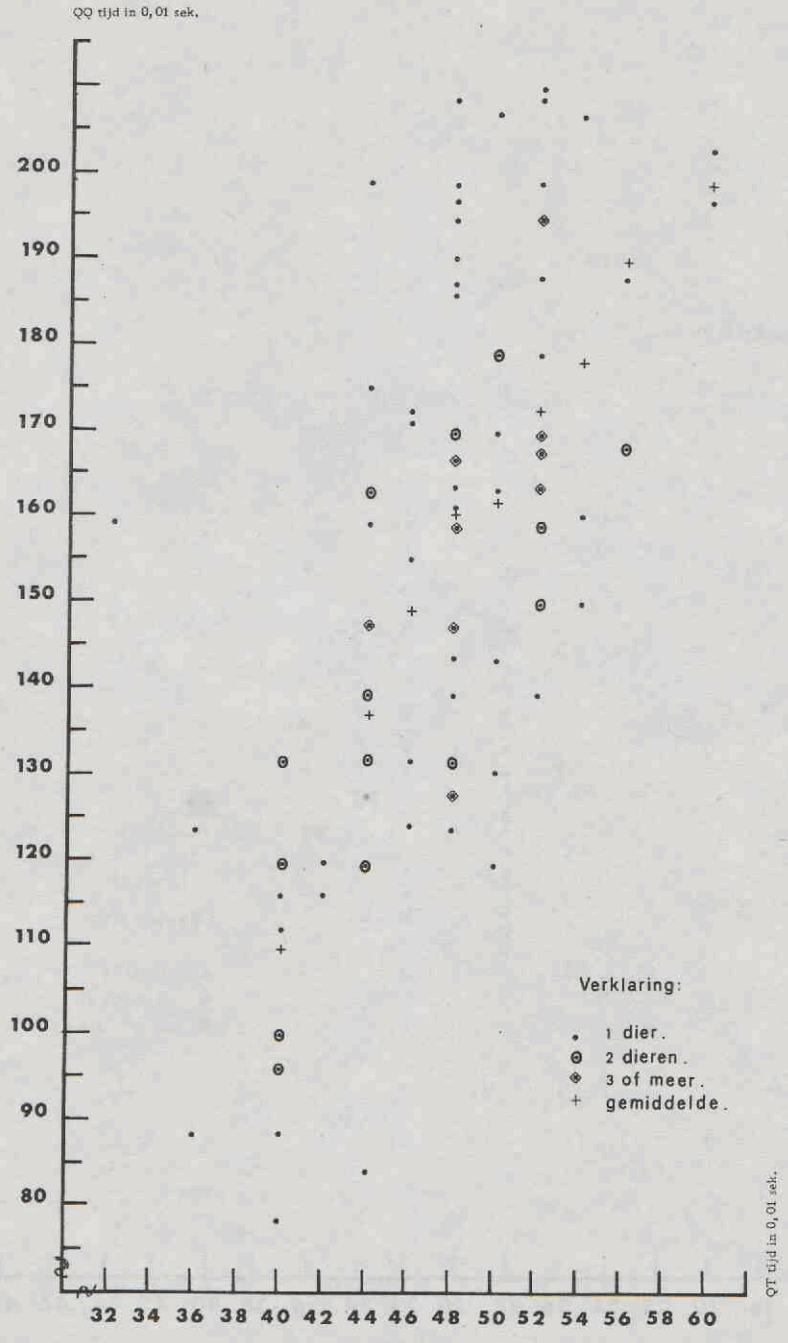
Afl. V_3 rust
Lead V_3 rest



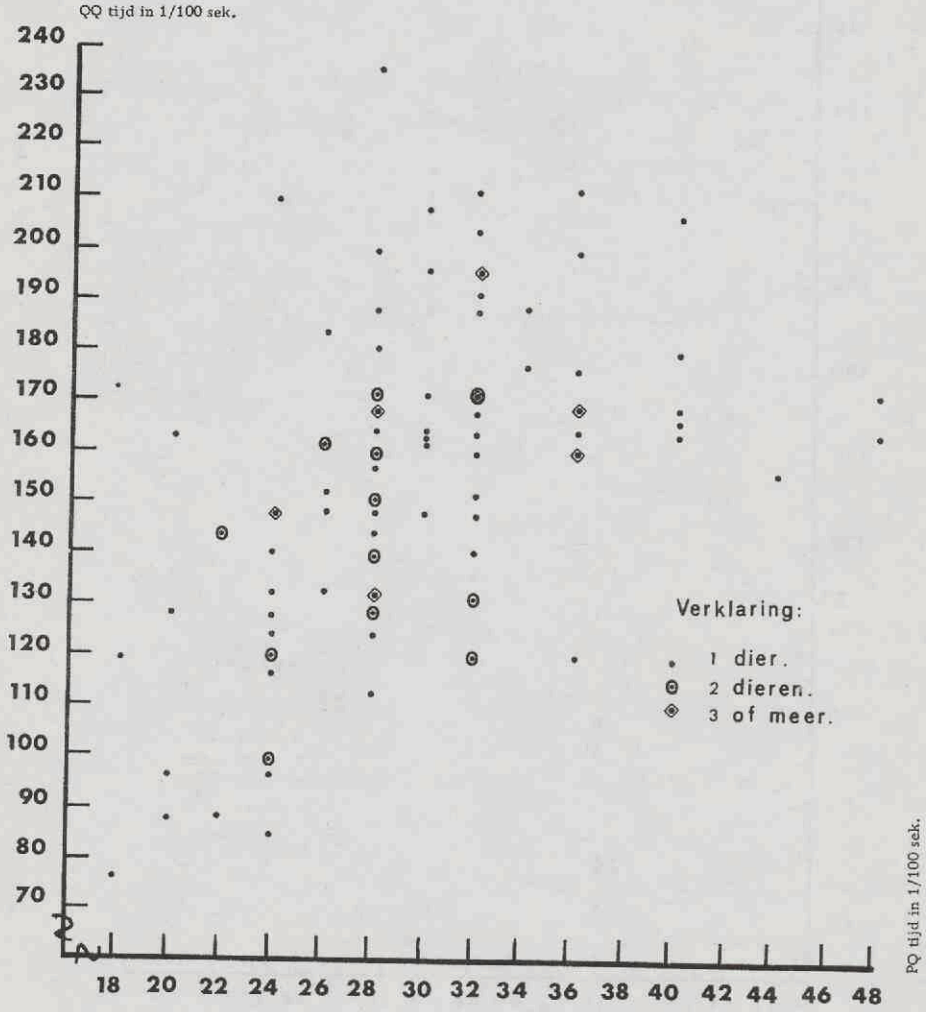
Afl. V_3 arbeid
Lead V_3 after exercise

Fig. 22. Electrocardiogram van een getraind paard in rust en na langdurige arbeid.

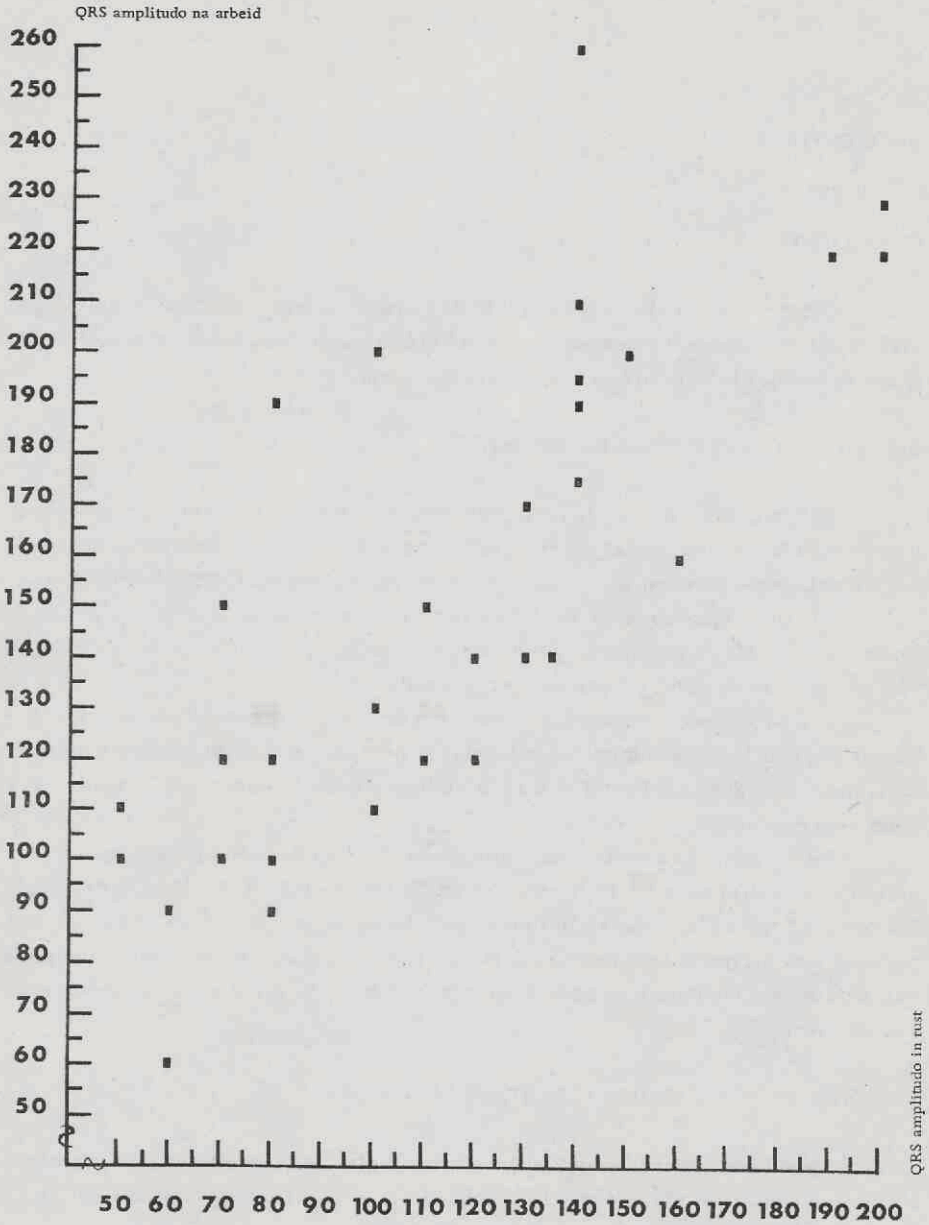
Electrocardiogram of a trained horse at rest and after long term exercise.



Grafiek I. Het verband tussen de QQ tijd en de QT tijd.



Grafiek II. Verband tussen QQ tijd en PQ tijd.



Grafiek III. Het verband tussen de totale amplitudo van het QRS complex in rust en de totale amplitudo van het QRS complex na kortdurende arbeid.

HOOFDSTUK 5.

CONCLUSIE.

Uit dit onderzoek, verricht bij 246 dravers, ren- en rijpaarden, is gebleken dat de aanpassing van het hart aan het werk van deze dieren een zelfde patroon vertoont als het hart van de getrainde mens,

5-1. HET MORPHOLOGISCHE GEDEELTE.

Het is gebleken, dat de mate van hypertrophie van het hart van getrainde dieren zeer sterk overschat wordt. De aanwezigheid van de hypertrophie wordt zeer sterk gesuggereerd door mededelingen van SISSON en GROSSMANN (1948).

Uit ons onderzoek is gebleken dat de hypertrophie niet duidelijk aan te tonen was, omdat er geen belangrijke toename in het gewicht of in de afmetingen van het hart na de dood konden worden gevonden.

Bij de gezonde getrainde mens bereikt het hartgewicht ook nimmer het door LINZBACH (l.c.) vastgestelde kritische hartgewicht, doch bij pathologische toestanden (congenitale hartafwijkingen en hypertensie) wordt dit laatste zeer vaak overschreden.

De toename in grootte van het hart in vivo bij de mens berust op een regulatieve verwijding van de hartholten (REINDELL-DELIUS). Deze verwijding is vooral röntgenologisch aan te tonen. Het is gewenst, dat deze wijze van onderzoek ook bij het paard toegankelijk zal mogen worden omdat men alléén dan een gefundeerd oordeel mag geven over de vorm en de grootte en de bewegingen van het hart.

5-2. HET ELECTROCARDIOGRAFISCH GEDEELTE.

Naast een overeenkomst in de morphologie met het hart van de getrainde mens, heeft het hart van het getrainde paard ook een overeenkomst met het electrocardiografisch patroon van de getrainde mens.

Tot deze overeenkomsten behoren een aantal veranderingen in het electrocardiogram, die soms slechts tijdelijk zijn aan te tonen.

Deze veranderingen zijn:

1. Het optreden van het sino-auriculaire blok, het atrio-ventriculaire blok van de 1e of 2e graad, zowel in rust als na kortdurende belasting.
2. Het optreden van intra-auriculaire geleidingsvertragingen, zowel in rust als na kortdurende belasting.
3. Een grote spreiding in de QT-tijd.
4. Een grote spreiding in de PQ-tijd.
5. Het optreden van een sinus arrythmie na kortdurende arbeid.
6. De aanwezigheid van een zeer strak sinusrythme na langdurige arbeid.

Omdat deze veranderingen voorkomen bij paarden, die tot zeer langdurige en uitputtende arbeid in staat zijn, worden zij opgevat als een gevolg van de trainingsduur en zij mogen niet als pathologisch worden beschouwd.

Vooral op het ontstaan van een partieel blok is de invloed van de leeftijd en de daarmee samenhangende trainingsduur, zeer duidelijk.

Bij 2-jarige dieren komt het blok niet voor, bij 3-jarige dieren wordt het blok zelden waargenomen. Oudere dieren daarentegen hebben altijd een hartblok, doch dit blok is niet constant aanwezig en het optreden van het blok is afhankelijk van de "rust" van het dier en van de onderzoeker.

Na een kortdurende belasting worden in het electrocardiogram van het getrainde paard vaak afwijkingen van de norm gevonden.

Deze afwijkingen zijn:

1. Abnormale, negatieve of biphasische, P-toppen. Deze afwijkende toppen kunnen tijdelijk aanwezig zijn. Ook zijn zij niet iedere dag reproduceerbaar.
2. Partiële blokkades van de 1e en 2e graad. Ook deze afwijkingen zijn tijdelijk en niet iedere dag reproduceerbaar.
3. ST-elevatie.
4. Zeer sterk positieve T-toppen.

In de rustphase na de arbeid neemt de ST-elevatie af en de positieve T-top wordt via biphasisch zeer sterk negatief.

Deze veranderingen zijn ten onrechte aangeduid als een symptoom van relatieve coronair insufficiëntie (BROOYMANS 1957, GLAZIER-DUKES 1963) of als een symptoom van een slecht functionerend myocard (STEEL 1963).

De ST-elevatie en de zeer sterk positieve T-toppen kunnen naar wens opgewekt worden door het dier aan een kortdurende snelle belasting te onderwerpen.

De ST-elevatie, de positieve T-top en de sinus arrythmie komen alleen DIRECT NA de belasting voor en zijn gebonden aan de eerste 2 minuten van de rust pauze.

De ST-elevatie komt alleen bij een positieve T-top voor. De ST-elevatie is het gevolg van een aantal phenomenen:

1. De toename van de ST-junction.
2. De afname van de QT-tijd.
3. Het nagenoeg constant blijven van de duur van de T-top.

4. Het trage begin van de repolarisatie van de ventrikel.

Dit trage begin van de repolarisatie maakt dat de duur van de T-top niet nauwkeurig in vele afleidingen kon worden gemeten.

De sinus arrythmie en de partiële hartblokkades na kortdurende belasting komen ook alleen voor in de eerste 2 minuten na de arbeid. Deze sinus arrythmie kon voorkomen worden door het dier vóór de kortdurende arbeid 15 mgr. atropine sulfaat intraveneus toe te dienen.

De sinus arrythmie duurt slechts kort en is ook beschreven bij de mens en wordt daar als respiratoir beschouwd. In ons onderzoek is gebleken dat deze arrythmie zeker niet aan de ademfrequentie is gebonden, hetgeen reeds door BROOYMANS (1957) is medegedeeld. Aangezien de paarden na lichte belasting niet regelmatig ademen, zowel wat diepte als frequentie betreft, is het toch wel mogelijk dat de sinus arrythmie met de ademdiepte samenhangt. Een nader onderzoek in deze richting is dan ook gewenst.

De T-top heeft voor de diagnostiek van myocard-aandoeningen geen enkele betekenis.

Zeer duidelijk kon de invloed van de neurovegetatieve tonus op de T-top gedemonstreerd worden.

De T-top kan in afleiding V_3 positief worden bij angsttoestanden, na kortdurende belasting en na intraveneuze atropine injectie.

Deze verandering in phase van de T-top gaat meestal gepaard met een toename van de frequentie, doch de amplitudo-verandering is niet alleen afhankelijk van de frequentie.

De door de lichte belasting positief geworden T-top in de afleiding V_3 verandert in de rustphase weer van vorm en amplitudo, hij wordt via biphasisch diep negatief. Deze omkeer is niet het gevolg van een draaiïng van de electrische hartas. Deze as staat vóór en na de arbeid in nagenoeg dezelfde richting, want er treedt geen verandering op in de vorm van het QRS-complex.

In dit onderzoek hebben wij niet kunnen aantonen waarop de T-top inversie berust.

Aangezien deze veranderingen in het electrocardiogram alléén voorkomen na kortdurende belasting, moeten deze verschijnselen opgevat worden als een gevolg van de wisseling in de neurovegetatieve tonus, omdat de arbeid niet in de "steady state" verricht werd.

Bij dieren, waarvan een langdurende regelmatige zware arbeid gevraagd werd en waarvan aangenomen mocht worden dat zij in "steady state" verkeerden, werden deze afwijkingen van het normale electrocardiografische patroon niet meer waargenomen.

Dieren, die na kortdurende belasting b.v. de ST-elevatie, een sinus arrythmie, sterk positieve T-toppen, vertoonden, konden allen een langdurige en zware arbeid verrichten. Sommige van deze dieren leveren nog steeds uitstekende wedstrijd-prestaties.

Dit kan als steun worden aangevoerd voor de opvatting dat deze veranderingen geen bewijs zijn voor een slecht functioneren van het myocard of van een slechte bloedvoorziening van het myocard. Zij zijn het gevolg van een neurovegetatieve labiliteit. Deze neurovegetatieve labiliteit wordt opgewekt door de snelle kortdurende belasting.

5-3. DE BETEKENIS VOOR DE KLINIEK.

Uit dit onderzoek is gebleken, dat het functioneel onderzoek van het hart alleen geschieden mag in rust en na een arbeid, waarbij het dier in de "steady state" heeft verkeerd.

Bij het onderzoek in rust kan men bij het getrainde paard een aantal onregelmatigheden in de hartslag horen. Deze onregelmatigheden zijn van onschuldige aard als zij verdwijnen na een voldoend zware arbeid in de steady state.

Na kortdurende belasting kan men een aantal onregelmatigheden horen of registreren, die tot foutieve conclusies kunnen leiden.

Voor het bereiken van de "steady state" is tijd nodig. Daartoe dient men het dier gedeeltelijk te belasten en deze belasting voldoende lang constant te houden. De belasting dient aangepast te worden aan de trainingstoestand en de geoefendheid van het dier.

Worden na een zware belasting in de "steady state" nog onregelmatigheden in de hartslag geconstateerd, of is de daling in frequentie gedurende de rustpauze onvoldoende, dan alleen is nader onderzoek gewenst.

HOOFDSTUK 6.

SAMENVATTING.

6-1. SAMENVATTING.

Voor een studie over het electrocardiogram van het getrainde paard werden 246 paarden onderzocht.
Het grootste gedeelte van deze paarden bestond uit dravers, doch er werden ook een aantal ren- en rijpaarden onderzocht.

In Hoofdstuk 2 werden gedeelten uit de humane cardiologie besproken, vooral die gedeelten die verband houden met de sportphysiologie. Grote aandacht werd geschonken aan het werk van de Freiburgse school (REINDELL, MELLEROWICZ, KLEPZIG) en aan het werk van Amerikaanse onderzoekers (CURETON, CRAYBIEL).

Volgens deze onderzoekers is het getrainde hart geen beschadigd of een tot beschadiging voorbeschikt hart, doch juist een ideaal gereguleerd hart.

Zowel de morphologische als de electrocardiografische veranderingen, die het getrainde hart van de mens ondergaat, worden besproken.

In Hoofdstuk 3 en 4 worden de eigen onderzoekingen medegedeeld. Van 15 dodelijk verongelukte, in volle training zijnde paarden, worden de maten en gewichten van het hart in zijn geheel en in onderdelen medegedeeld. Deze waarden worden met literatuuropgaven vergeleken.
Geconcludeerd wordt, dat de toename in gewicht van het hart van het getrainde paard overschat wordt.

Aan de electrocardiographie van het getrainde paard is speciale aandacht geschonken. Als afleidingen werden gebruikt de beenafleidingen volgens EINTHOVEN, de unipolaire beenafleidingen volgens GOLDBERGER en de unipolaire borstwand afleidingen volgens WILSON. Als afleidingsplaatsen voor deze laatste werden de door BROOYMANS (1954) aangegeven plaatsen gekozen.

De amplitudo van de verschillende afleidingen in rust werd medegedeeld.

Speciale aandacht is geschonken aan het voorkomen van afwijkende P toppen. Deze afwijkende P toppen, die vaak tijdelijk optraden (wandering auricular

pace maker) worden als intra-auriculaire geleidingsvertragingen opgevat van vagale aard.

Deze opvattingen worden gesteund door dat:

1. De afwijkende P toppen verdwijnen na langdurige arbeid.
2. De afwijkende P toppen bij hetzelfde paard niet altijd reproduceerbaar zijn.
3. De afwijkende P toppen vooral na kortdurende arbeid optreden.

Evenals de w.p.m. wordt ook het s.a.-blok en het atrio-ventriculaire blok in rust en na kortdurende arbeid als physiologisch opgevat. Deze opvatting wordt onder meer gesteund door het werk van NÖRR en SPOERRI.

De stelling van SPOERRI, die meent dat het a.v.-blok altijd in de expiratie-phase valt, wordt betwijfeld. Wij konden aantonen dat dit niet het geval was, ook tijdens de inspiratie-phase komt het blok voor.

De T top kan vooral in de afleidingen II, III, V_2 en V_3 zeer verschillend van vorm zijn. De oorzaak van deze verscheidenheid in vorm ligt in de neurovegetatieve tonus van het dier.

Deze opvatting berust op het waarnemen van een verandering in de phase van de T top bij arbeid, bij angst, en in de rustpauze volgend op de arbeid, en na atropine injectie. Ook verandert de T top bij de eerste postblok hartslag.

Er is aangetoond dat de vorm van de T top de duur van de QT-tijd bepaalt.

Op grond van deze waarneming wordt de opvatting van STEEL bestreden, dat het electrocardiogram iets zegt omtrent de "racing-performance" van het paard.

Vooral na kortdurende arbeid werden zeer veel veranderingen van het electrocardiogram ten opzichte van het rustelectrocardiogram gevonden. In afleiding V_3 zijn deze veranderingen fraai te registreren.

Zeer dikwijls treedt een T top verandering op. De T top na kortdurende belasting is eerst zeer sterk positief, wordt allengs biphasisch en tenslotte negatief en keert dan weer terug tot de uitgangsphase.

Verder vinden we vaak een ST-elevatie. Deze ST-elevatie is vooral te zien in de afleidingen met een positieve T top na kortdurende belasting, nl. afl. II, afl. III, avf. V_2, V_3.

Naast deze beide veranderingen wordt zeer vaak een sinus arrythmie gevonden, soms zelfs gepaard gaande met partiële hartblokkades.

Kenmerkend voor deze 3 veranderingen is het tijdelijke karakter. Slechts 60 - 90 sec. na het aansluiten van het paard aan de electrocardiograaf, dit is 1 - 2 minuten na het beëindigen van de arbeid, zijn zij aan te tonen.

Volgens BROOYMANS (1957), GLAZIER-DUKES (1963) en STEEL (1963), zijn deze verschijnselen het gevolg van een relatieve myocard insufficiëntie. Wij zijn daarentegen van mening, dat zij met de zgn. "Sofortreaktion" van het hart van de getrainde mens zijn te vergelijken en van neurovegetatieve oorsprong zijn.

Na langdurige arbeid konden deze veranderingen bij dezelfde paarden niet meer aangetoond worden. Het electrocardiogram komt na deze arbeid nagenoeg

overeen met het rust-electrocardiogram.

Onze belangrijkste conclusie is dan ook dat de veranderingen die in het electrocardiogram optreden na kortdurende arbeid, geen gevolg zijn van een myocard beschadiging of van onvoldoende bloedvoorziening van het myocard.

Deze veranderingen zijn het gevolg van een tijdelijke labiliteit van de neurovegetatieve tonus omdat de arbeid niet in de "steady state" verricht werd.

Deze neurovegetatieve tonus veranderingen zijn ook na kortdurende arbeid bij de mens beschreven en worden ook daar als physiologisch opgevat.

Voor de kliniek heeft deze opvatting betekenis. Het is dus gewenst de belastingsproeven bij het paard in de steady state te verrichten en niet na kortdurende belasting.

6-2. ZUSAMMENFASSUNG.

Für einde Studie über das Elektrokardiogramm des trainierten Pferdes wurden 246 Traber, Rennpferde und Reitpferde elektrokardiographisch untersucht.
In Kapitel 2 werden Teile aus der Kardiologie des Menschen besprochen, insbesondere diejenigen, die in direkter Beziehung zur Sportphysiologie stehen. Grosze Aufmerksamkeit wurde dabei den Arbeiten der Freiburger Schule (REINDELL, MELLEROWICZ, KLEPZIG u.v.a.) gewidmet und den Untersuchungen aus den V.S. (z.B. GRAYBIEL, CURETON). Nach diesen Mitteilungen wird das Sportherz nicht als ein geschädigtes Herz angesehen oder zur Schädigingsbereitschaft prädisponiertes, sondern muss als Idealfall der Regulation betrachtet werden. Sowohl die electrophysiologischen Veränderungen als auch die morphologischen und physiologischen Veränderungen am Sportherz des Menschen sind erörtert worden. Die eigenen Untersuchungen wurden in Kapitel 3 und 4 niedergelegt.
Von 15 tötlich verunglückten Pferden wurden die Masse und Gewichte der Herzen festgestellt und mit Literaturangaben verglichen.
Wir meinen, dasz die Zunahme des gewichtes des Herzes des trainierten Pferdes oft überschätzt wird.
Die Elektrokardiographie des Sportpferdes ist eingehend bearbeitet worden. (Kapitel 3).
Verwendet wurden die Einthoven-Goldberger- und Wilson-Ableitungen. Für die WILSON-Ableitungen wurden die Ableitungspunkte nach Brooymans (1954) gewählt.
Negative und biphasische (Wandering pace maker) P-Wellen in den EINTHOVEN-Ableitungen werden als intra-auriculäre Leitungsverzögerungen von vagaler Art aufgefasst. Diese Ansicht wird unterstützt durch dass:
1. Die abnormalen P-Wellen verschwinden nach langer Arbeit.
2. Die abnormalen P-Wellen nicht immer zu diagnostizieren sind.
3. Die abnormalen P-Wellen sehr oft nach kurzfristiger Arbeit auftreten.

Ebenzo wie der W.p.m. wird der sino-auriculäre Block, der Block ersten und zweiten Grades nach Wenckebach als physiologisch angesehen. Diese Auffassung stützt u.a. die Arbeit von NÖRR (1913). Nicht immer war der Block in der Expirationsphase der Atmung zu finden (SPÖRRI).
In Abl. II, III, V_2, V_3, kann die Form der T-Welle verschieden sein. Die Ursache dieser Verschiedenheit liegt in der neuro-vegetativen Reaktionslage des Tieres. Diese Beobachtung beruht auf einer Änderung der T-Wellen-Phase, die nach Aufregungszuständen und kurzdauerender Arbeit auftritt, ausserdem auf einer Zunahme des positiven Wertes der auf den Block folgenden T-Welle.
Die Form der T-Welle bestimmt die Dauer des QT-Abschnittes. Auf Grund dieser Abhängigkeit wird die Auffassung von STEEL (1963) bestritten.
Nach dieser Meinung wird der Dauer des QT-Abschnittes grosse Bedeutung für die "Racing performance" beigemessen.
Kurzdauernde Arbeit ergibt eine reichhaltige Skala von elektrokardiografischen

Abweichungen gegenüber dem Ruhe-EKG.
Diese Aenderungen lassen sich vorzüglich in der Ableitung V_3 erkennen.
Davon treten als wichtigste und regelmässigste die stark positive T-Wellen direkt nach der Belastung auf. Weiterhin findet sich das Verschwinden solcher positiven T-Wellen nach 60 - 90 sec., die durch stark positive T-Wellen gefolgt wird. Auch ist eine ST-Hebung in Ableitung II, III und aVf deutlich zu sehen, wenn die T-Welle positiv ausfällt.
Weiterhin findet man eine Sinus-Arrythmie, die ebenso wie die positive T-Welle und die ST-Hebung nach etwa 60 - 90 sec. verschwunden ist.
Die Zeitspanne zwischen dem Enden der Arbeitsleistung und der EKG-Kontrolle bestimmt die Befunde, denn die obengenannten Aenderungen sind Sofortreaktionen und verschwinden innerhalb von 30 sec. bis 2 Min. nach der Arbeit.
Die positive T-Welle konnte auch in Ruhe durch Lärm- und Schreckeinwirkungen auf das Tier hervorgerufen werden.
Nach BROOYMANS sind diese derartigen elektrokardiografischen Befunden Symptom einer relativen Koronärinsuffuzienz. Wir vertreten jedoch die Meinung, dass die mit den Sofortreaktionen des trainierten Menschen übereinstimmen und deswegen neurovegetativer Art sind.

Nach langer Arbeit konnten diese Aenderungen nicht mehr gemessen werden, und stimmte das Elektrokardiogramm beinahe mit dem Ruhe-Elektrokardiogramm überein.
Wir meinen, dass die Aenderungen nach kurzdauernder Arbeit nicht Folge eines Myocardschadens sondern einer neurovegetativen Reaktionslage sind.
Diese Reaktionslage ist auch beim trainierten Menschenherz beschrieben und deshalb als physiologisch anzusehen.

6-3. SUMMARY.

In order to study the normal electrocardiogram of the trained horse, electrocardiographs were taken from a total of 246 trotters, thoroughbreds and riding horses.

In chapter 2 relevant results from human cardiology, especially that relating to the athlete heart, are discussed. Especial attention was paid to the work of the Freiburg School, eq. REINDELL, MELLEROWICZ, KLEPZIG et al and to the American workers GRAYBIEL and CURETON.

According to these investigations the athlete heart is neither a damaged heart nor one peculiarly liable to damage but is an ideal case of nervous and hormonal regulation.

Both the electro-physiologic and morphologic and physiologic alterations of the human athlete heart are discussed.

Our own investigations have been described in chapter 3 and 4.

Of 15 fatally injured horses, weights and measurements of the heart have been established and compared with previous findings as reported in the literature.

It is our opinion that the absolute hypertrophy of the trained heart has been overestimated.

The electrocardiographic pattern of the trained horse has been thoroughly studied (Chapter 3).

We used the EINTHOVEN-GOLDBERGER and WILSON leads and we used the different electrode position on the chest according to Brooymans (1954).

The negative and biphasic P waves (wandering auricular pace maker) have been discussed and are interpreted as intra-auricular conduction delay of vagal origin. This conception is supported by the fact that.

1. The abnormal P wave disappears after prolonged exercise.
2. The abnormal P wave cannot be diagnosed continuously.
3. The abnormal P waves appear after short-term exercise.

Just like the w.p.m., the sino-auricular block and the first and second degree a.v.-block are considered as a normal adaptation to prolonged training. This conception is supported by NÖRR and SPÖRRI. In contrast with SPÖRRI we were not always able to diagnose the a.v.-block during expiration.

In lead II, III, V_2, V_3 the T wave can have different forms. The cause of these differences is the neuro-vegetative tone of the animal.

This interpretation is based on the alteration of the T wave during excitement and short-term exercise, and the increase in positive amplitudo of the T wave in the first postblock heart beat.

The form of the T wave determines the QT-duration. On account of this observation Steels conception, in which the QT-time is of great importance for the racing performance of the horse, is disputed.

Short-time exercise gives a lager amount of alterations of the rest-elec-

trocardiogram. These alterations are easy to registrate in lead V_3.

Alteration of the negative or biphasic T wave into a strong positive T wave, is very common after this exercise.

These positive T waves disappear about 60 - 90 sec. after connection of the horse to the electrocardiograph. The positiv T waves are followed by biphasic and deeply negative T waves.

In lead II, III, a Vf and V_2, V_3 an ST elevation is normal, if the T wave is positive.

Furthermore we can find a severe sinus arrythmia, which is disappearing like the ST elevation and the positive T wave within 60 - 90 sec.

The time between the end of the exercise and the connection to the electrocardiograph determines the results, because the alterations are "Sofort - reaktionen", and disappear within two minutes after the end of the exercise.

It is possible to evoke the positive T-wave in rest by fright and noise.

BROOYMANS, GLAZIER-DUKES and also STEEL (1963) have the opinion that these alterations have to be suspected as a symptom of coronary insufficiency or cardiac damage in the horse. Our opinion is that these reactions are of neuro-vegetative origin because the horse is not in a "steady state" during the exercise. It is our opinion that these reactions in the same way occur in the trained man and also are an adaptation to training.

After prolonged exercise, in which the horse was supposed to be in "steady state", none of these reactions could be registrated.

Therefore we have the opinion that the alterations of short term exercise are not symptoms of myocardial damage, but a symptom of training.

LITERATUUR.

ANONIEM, Book reviews. J.D. Steel. Studies on the electrocardiogram of the race horse. Vet. Rec. 1963, 75, 1334.

ASMUSSEN, Nielsen (1952) geciteerd door Musshoff-Reindell-Klepzig-Kirchhoff (1957).

BARCROFT, J., geciteerd door Grollmann in "Schlagvolumen und Zeitvolumen des gesunden und kranken Menschen". Ins Deutsche übertragen und erweitert von H. Baumann, Dresden (1935).

BARKEMA, R.M., Bijdrage tot de Zoötechniek met Mus Musculus domesticus als proefdier. Proefschrift Utrecht (1961).

BARTELS, H. en G. Rodewald, Die alveolo-arterielle Sauerstoffspannungs-differenz und das Problem des Gasaustauschen in der menschlichen Lunge. Pflügers Arch. 258-163-1953.

BAUEREISEN, E., H. Reindell, Ueber die inotrope Wirkung der Herznerven. Klin. Wschr., 24/25-785, 1946/47.

BAUEREISEN, E., Die Gesetze der Herzarbeit und ihre Gültigkeit im natürlichen Kreislauf. Klin. Wschr. 35, 369 (1957).

BERGMANN, J., Ueber die Grösse des Herzens bei Menschen und Tieren. Diss. München (1884).

BOLT, W., H. Valentin, H. Venrath, Zur Klinik und Praxis der Insuffizienz des rechten Herzens unter besonderer funktionellen Berücksichtigung der funktionellen Probleme während körperlicher Arbeit. Med. Klin. 51-47 - (1952).

BOLT, W., D. Michel, H. Valentin und H. Venrath, Ueber die Druckverhältnisse im kleinen Kreislauf, rechten Herzen und in den dem Herzen vorgelagerten Venen unter den Bedingungen der Bürgerschen Pressdruckprobe. Zschr. Kreisl. forschg. 44, 261 (1955).

BOROS, J. von, Ueber den funktionellen Wert des hypertrophisch vergrösserten Herzens, Zschr. klin. med. 145 - 323 (1949).

BOROS, J. von, Das Problem des hypertrophischen Sportherzens. Deutsche Med. Wschr. 77 - pag. 1293 (1952).

BOROS, J. von, Zur Frage der Durchblutungsnot beim vergrösserten Sportherzen. Bemerkungen zu der gleichlautende Arbeit von H. Reindell und Mitarb. Dtsch. Med. Wschr. 78, 239 (1953).

BRAMWELL, C. and Ellis R., Clinical Observations on Olympic Athletes. Arbeitsphysiologie. 2, 51 (1936).

BRANDENSTEIN, F. von, Gewicht und Masse des Herzens beim englischen Vollblutpferde. Inaug. Diss., Berlin (1923) - Berlin (1924).

BRESSOU, M., L'Electrocardiogramme et le phonocardiogramme du cheval normal. Ed. R. Foulon, Paris (1944).

BROOYMANS, A. W. M., Standardisation of leads in veterinary-clinical electrocardiography, Tijdschr. v. Diergeneesk. 79, 801 - 811 (1954).

BROOYMANS, A. W. M., Electrocardiography in horses and cattle, theoretical and clinical aspects. Thesis, Utrecht (1957).

BROOYMANS, A. W. M., World Vet. Congress 1963, Hannover, Proceedings Vol. 3, pag. 182. Commentaar op artikel: Holmes J. R. Clinical examination of the equine heart.

BRUMAN und JENNY. Untersuchungen zum Stadium des Trainiertseins. Trainingszustand und Kaliumgehalt des Muskulatur. Arbeitsphysiologie, 9, 147 (1936).

BRUNS, O., Ueber die Aenderungen der Herzgrösse durch köperliche, speziell sportliche Anstrengung. Münch. Med. Wschr. 72, 623 (1925).

BRUNS, O., Herzgrösse und Muskelarbeit. Erg. inn. Med. 34, 201 (1928).

BROUSTET, P. et H. Eggenberger, L'Electrocardiogramme des sportifs. J. de Med. de Bordeaux et Sud Ouest. 113, 126, 127 (1936).

BUECHNER, F., R. WEYLAND und H. Reindell in Reindell, H., R. Weyland, H. Klepzig, K. Musshoff und E. Schildge. Erg. inn. Med. 5, 322 (1954).

CARRERE, J. M. M., Contribution à l'étude de l'électricardiographie chez le cheval. Thesis, Toulouse (1952).

CHRISTENSEN, E.H., geciteerd door Grollmann in "Schlagvolumen und Zeitvolumen des gesunden und kranken Menschen". Ins Deutsche übertragen und erweitert von H. Baumann, Dresden (1935).

CSINADY, E. von, Sportärzliche Untersuchungen III Mitteilung. Vergleichende electrocardiographische Untersuchungen an Sportherzen bei besonderer Berücksichtigung der EKG. -Zeit-werte. Arbeitsphysiologie 3, 579 (1930).

CURETON, Thomas, Kirk, Physical Fitness of Champion athletes. The University of Illinois Press., Arbank (1951).

DEENSTRA, H., J.G. Roosenburg, Het alveola-cappillaire block syndroom. Ned. Tijdschr. voor Geneesk. 98, 1150 (1954.

DIETLEN, H., Herz und Gefässe im Röntgenbild, Leipzig (1923).

DIETLEN, H. und F. Moritz, Ueber das Verhalten des Herzens nach langdauerndem und anstrengendem Radfahren, Münch. Med. Wschr. 10. 489(1908).

DELACHAUX, A., M. Mamie, G. Aymon, Le coeur dans l'entrainement physique et le surentrainement. Cardiologica, Vol. I, 173 (1945).

DELACHAUX, A., Le coeur forcé, Sport und Kreislauf Sammlung der Referate IV. Sportärztliche Zentralkurs, Lausanne (1946), Bern (1946).

DELACHAUX, A., Le coeur de sport. Zschr. schweiz. Sanitätsoffiziere, Basel (1947).

DELIUS, L., Beitrage zur pathologischen Physiologie und zur Klinik beginnender Herz- und Kreislaufstörungen (vergleichende hämodynamische und elektrokardiographische Untersuchungen). Arch. Kreisl. forschg. 11, 1 (1943).

DETWEILER, D.K., Electrocardiogram of the horse. Fed. Proc. 11 (1952) 34.

DETWEILER, D.K., Examination of the equine heart, Pennsylvania Vet. Extension Quart 40, 14, 33 (1958).

DETWEILER, D.K., D.F. Patterson, Diseases of the blood and cardiovascular system, in Bone cs. Equine diseases and surgery. Am. Vet. Pub. Inc. (1963).

DEUTSCH, H., und E. Kauf, Herz und Sport. Wien und Bern (1924).

DONALD - Bishop - Cumming - Wade, geciteerd door Musshoff-Reindell-Klepzig - Kirchhoff (1957).

DONKERLO, Th. W. en R. C. P. M. Mekel, Atrioventriculaire geleidingsstoornissen door verhoogde vagotonus bij gezonde mensen. Ned. Tijdschr. voor Geneesk. 108 No. 36, 1703 (1964).

DUKES, H. H. and H. Batt, Studies on the electrocardiogram of the horse. Am. J. Physiol. 133, 265-266 (1941).

ELKIN, D. C., F. W. Cooper, R. H. Rohrer, W. B. Miller, P. S. Shea and E. W. Dennis, Study of the periferial vascular disease with radio-active isotopes. Surg., Gynec. & Obst. 87, 1 (1948).

EMBDEN, G. und H. Habs, Beitrag zur Lehre von Muskeltrainung. Scand. Arch. Physiologie. 49, 122 (1926).

EWIG, W., Ueber den sportlichen Trainingszustand. Münch. med. Wschr. 46, 1955 (1925).

FINGERHUT, M., Ueber die Auffassung, Erkennung und Beurteilung der Herzhypertrophie unter besonderer Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit. Helvet. med. acta 8, 788 (1941).

FINGERHUT, M., Die kardiologische Beratung in der Sportmedizin. Sport und Kreislauf (Sammlung der Referate IV., Sportärztl. Zentralkurs 1946 (Lausanne) Bern (1946).

FRANK, O., Zur Dynamik des Herzmuskels, Zschr. für Biol. 32 (1895).

FRANK, A., Experimentelle Herzhypertrophie, Zschr. exper. Med. 115, 312 (1949/50).

FREY, C., Messungen zur Bestimmung der normalen Form des Pferdenherzens. Schw. Arch. f. Tierheilk. 25, (1883) 94.

FREY, E. und J. Frey, Der Einfluss von Acetycholin und Ardrenalin auf die Ruhedehnungskurve und Refraktärzeit des isolierten Froschventrikels. Arch. exp. Path. und Pharmakologie. 205, 590 (1948).

FRIDERICIA, QT-Dauer. Acta med. scand. (Stockholm) 53, 469, 489 (1920).

FRIEDBERG, C.K. Diseases of the Heart. Philadelphia-Baltimore (1956).

FRIEDMAN, C.E., The Residual Blood of the heart. A Clinical x-ray and pathologic-anatomical study. Amer. heart. J. 39, 397 (1950).

FRODROCZY, E., Elektrokardiographische Untersuchungen bei Rythmus- und Reizleitingsstörungen beim Pferde. Diss. Budapest (1938).

GAUER, O.H., Volume Changes of the Left Ventricle during Blood Pooling and Exercise in the Intact Animal. Physiol. Rev. 35, 143 (1955).

GLAZIER, D.B., H.H. Dukes, A study of the normal e.c.g. of the horse. The Irish Vet. J. 17. 2 (1963).

GOLLWITZER-MEIER, K., Verhalten des Venendrucks bei Kreislaufbelastung. Dtsch. Kongr. in Med. 50, 84 (1938).

GRAYBIEL, A., R.A. Mac Fairland, R. A. Gates, F. A. Webster, Analysis of the E.C.G.'s obtained from 100 young healthy aviators. Am. Heart J. 27, 524 - 550 (1944).

GROBER, I., Untersuchungen zur Arbeidshypertrophie des Herzens. Dtsch. Arch. f. Klin. Med. 91, 502 (1907).

GROBER, I., Herz. rechte Herzkammer und Sportleistung. Med. Klin. 3, 91 (1913).

GROLLMANN, A., Schlagvolumen und Zeitvolumen des gesunden und kranken Menschen. Ins Deutsche übertragen und erweitert von H. Boumann, Dresden (1935).

HARRISON, T.R. The Failure of the Circulation. Baltimore (1935).

HEGGLIN, R. en M. Holzmann, QT-Dauer. Z. Klin. Med. 132, 1 (1937).

HEGGLIN, R. Ueber Herzinsuffizienzprobleme. Schweiz. Med. Wschr. 83, 1103 (1953).

HEIM, E., Das Elektrokardiogramm des Langstreckenläufers (Diss. Genf. (1958) Schweiz. Zschr. Sportmed. 6, 1 (1958).

HENSCHEN, S.E., Mitteilungen der Med. Klinik von Upsala, Bd. 2, Jena (1899).

HERMANN, G., The heart of the racing grey-hound. Hypertrophy of the heart. Proc. Soc. Exp. Biol. and Med. 23, 856 (1926).

HERMANN, G., The heart of the thoroughbred race horse. Studies in hypertrophy- Proc. Soc. Exp. Biol. and Med. 26, 549 (1929).

HERXHEIMER, H., Gundriss der Sportmedizin. Leipzig (1933).

HEUSSNER-Bernauer, (geciteerd door Hollmann (1959).

HILL, A.V., Long and Lupton, Proc. Roy, Soc. B. 96, 97 (1924).

HIRSCH, C., Ueber die Beziehungen zwischen dem Herzmuskel und der Körpermuskulatur und über sein Verhalten bei Herzhypertrophie. Dtsch. Arch. Klin. Med. 64, 595 (1899).

HOFFMAN, B. and P.F. Cranefield (1960). Electrophysiology of the heart. Mac Graw-Hill, New York (1960).

HOLLMANN, W., H. Valentin und H. Venrath, Ueber das steady state des Sauerstoffsverbrauch bei Belastungen am Drehkurbelergometer. Sportmedizin, 8 (1957).

HOLLMANN, W., H. Venrath, H. Balodimos und G. Giovanelli. Herzleistungsquotient und Wirkungsgrad sowie die Lungenvolumina bei Sportlern unter 35 Jahren. Sportmed. 6, 171 (1955).

HOLLMANN, W., H. Valentin und H. Venrath. Ueber wissenschaftliche Gründlagen des Intervalltrainings. Sportmed. 8, 204 (1958).

HOLLMANN, W., Der Arbeits- und Trainingseinfluss auf Kreislauf und Atmung. Darmstadt (1959).

HOLLMANN, W., Jugend und Sport. Sportärzt. 10, 129 (1959).

HOLZMANN, Max., Klinische Elektrokardiographie, Stuttgart (1955).

HOOGERWERF, S., Ergebnisse der Sportärztliche Untersuchungen bei den IX. Olymp. Spielen in Amsterdam 1928. Berlin (1929).

HOOGERWERF, S., Elektrokardiographische Untersuchungen der Amsterdamer Olympiade Kämpfer. Arbeitsphysiologie. 2, 61 (1930).

HORT, W., Morphologische und physiologische Untersuchungen an Ratten während eines Lauftrainings und nach dem Training. Virchows Arch. 320, 197 (1951).

IRVINE, G. H. G., Studies on the electrocardiogram of the race horse, Comment to the Monograph of J. D. Steel, Australian Vet. J. 40, 272-273 (1964).

JACOEL, J. et G. Spitz. L'electrocardiographie et ses applications chez le Cheval. Recueil. de Med. Vet. Bd. 113, 14 (1937).

JAKOLEW, N., Die physiologischen-chemischen Grundlagen der Entwicklung der Schnelligkeitsdauer. Legkaja Athletika Moskau. 6 (1957).

KATZ, L. N., Electrocardiography, 2 Ed. Philadelphia (1946).

KATZ, L. N., Analysis of the several factors regulating the performance of the heart. Phys. Rev. 35, 91 (1955).

KETY, S. S. and C. F. Schmidt, Quantitative measurement of regional circulation by the clearence of radiactive sodium.
Am. J. of Med. Science. 215, 352 (1948).

KETY, S. S. and C. F. Schmidt, Measurement of regional circulation by local clearence of radioactive sodium. Am. Heart 38, 321 (1949).

KIRCH, E., Dilatation und Hypertrophie des Herzens.
Klin. Wschr. 9, 769 (1930).

KIRCH, E., Anatomische Grundlagen des Sportherzens. Verh. Dtsch. Ges. in Med. 47, 73 (1935).

KIRCH, E., Herzkräftigung und echte Herzhypertrophie durch Sport. Zschr. Kreisl. forschg. 28, 893 (1936).

KIRCH, E., Dilatation und Hypertrophie des Herzens. Nauheimer Fortb. Lehrgänge 14, 47 (1938).

KJELLBERG, S. R. U. Rudhe und T. Sjöstrand. The amount of hemoglobin and the blood volume in relation to the pulse rate and cardiac volume during rest. Acta physiol. Scand. 19, 136 (1949).

KJELLBERG, S.R.U. Rudhe und T. Sjöstrand, The relation of the cardiac volume to the weight and surface area of the body, the blood volume and the physical capacity of work.
Acta radiol. Stocholm, 31, 113 (1949).

KLENSCH, H., Schlag und Minutenvolumen des Herzenzs nach schwerster körperlicher Arbeit bei Trainierten und Untrainierten. Verh. bericht Dtsch. Sportärzte. Hamburg (1957)/Frankfurt am Main (1957).

KNIPPING, H. W., Das Kranke Herz während körperlicher Arbeit und sportlicher Belastung und einige Bemerkungen zur Arbeitstherapie. Münch. med. Wschr. 92, 1210 (1950).

KNIPPING, H. W., Einige klinische Gesichtspunkte zur Funktionsanalyse von Herz und Kreislauf im Bereich der Vita maxima (5. Freiburger Symposion), Berlin-Göttingen-Heidelberg (1958).

KNOLL, W., Die Beeinflussung der Herzgrösze durch Arbeit und Sport. Med. Welt 7, 1345 (1933).

KNOLL, W., Normale und pathologische Physiologie der Leibesübungen. Leipzig (1933).

KRAFFT, H. und R. Weppler, Untersuchungen zum Elektrokardiogramm des Warmblutpferdes. Tierärztl, Umschau. BD. 1, jan. (1958).

KRESTOWNIKOW, A., Physiologie der Körperübungen. Berlin (1953).

KRÜGER, W., Ein Beitrag zur Anatomie des Pferdenherzens mit besonderer Berücksichtigung von Herzmaszen und Gewichten. Diss. Berlin(1923).

KÜLBS, E., Experimentelles über Herzmuskel und Arbeit. Arch. exp. Path. und Pharmakologie. 55, 288 (1906).

LAMPE, A.E., G.A. Weltz, H. Heinrich und M. Straubel. Beobachtungen und Untersuchungen an Berufsringskämpfern. Dtsch. Arch. klin. Med. 149, 317 (1925).

LANDGREN, S. and L. Rutqvist. Electrocardiogram of Normal Cold Blooded Draft Horses after work. Nord. Vet. Med. 5, 905-914, 1953.

LANNEK, N., The terminal ventricular complex of the postblock beat in the horse's electrocardiogram. Nord. Vet. Med. 3, 425-434 (1951).

LANNEK, N. and Rutqvist, Normal area variation for the electrocardiogram of horses. Nord. Vet. Med. 3, 1094-1097 (1951).

LENÈGRE, H. Chevalier und R. Jacquot, Etude histologique de sept. cas du bloc de la branche droite. Arch. Mal. Coeur 44, 481 (1951).

LENÈGRE, J., L. Scebat, H. Besson, F. Benschenoul, J. Damien, Etude de la pression capillaire pulmonaire dans differents types de cardiopathie. Arch. Mal. Coeur 46, 1 (1953).

LEWIS, T., J. Meakius, P.D. White, The excitory process in the dogs heart. Part. I. The Auricles. Philosoph. Trans. Roy. Soc. Serie B. 205 , 375-420 (1914).

LINZBACH, A. J., Mikrometrische und histologische Analyse hypertropher menschlicher Herzen. Virchows Arch. path. Anat. 314, 534 (1947).

LINZBACH, A.J., Herzhypertrophie und kritisches Herzgewicht. Klin. Wschr. 459 (1948).

LINZBACH, A.J., Die Muskelfaserkonstante und das Wachstumgesetz der menschlichen Herzkammer. Virchows Arch. Path. Anat. 318, 575 (1950).

LINZBACH, A.J., Die quantitative Anatomie des normalen und vergröszerten Herzens im Hinblick auf die Herzinsuffizienz. Verh. Dtsch. Ges. Kreisl. Forschg. 16, 43 (1950).

LINZBACH, A.J., Die pathologische Anatomie der röntgenologisch feststellbaren Form- und Gröszenänderung des menschlichen Herzens. Forschr. Röntgenstr. 77, 1 (1952).

LINZBACH, A.J. Struktur und Funktion des gesunden und kranken Herzens (5. Freiburger Symposion), Berlin-Göttingen-Heidelberg (1958).

LYSHOLM, E., G. Nylin, K. Quarna, The relation between the heart volume and stroke volume under physiological and pathological conditions. Acta Radiologica. Stocholm, 15, 237 (1934).

MAC FAIRLAND, R.A. and A. Graybiel, Eric Liljencrantz, A. D. Tuttle, An analysis of the Physiological and Psychological charactaristics of 200 Civil Air Line Pilots. J. Aviation Med. 9 - 10. 160-219 (1938/39).

MARTIN, Paul, Lehrbuch der Anatomie des Pferdes. Stuttgart (1923).

MEEK, W.J. and J.A.E. Eyster, The effect of vagal stimulation and of cooling on the location of the pace-maker within the sino-auricular node. Am. J. of Physiology (34). 368-383 (1914).

MELLEROWICZ, H., Vergleichende Untersuchungen über das Oekonomieprinzip des trainierten Kreislaufs und seine Bedeutung für die praeventieve und rehabilitive Medizin. Arch. Kreisl. forschg. 24, 70 (1956).

MELLEROWICZ, H., Untersuchungen über Pulswellengeschwindigkeit und Volumen-Elastizitätsmodul der Aorta bei früheren Spitzensportlern in Dauerleistungen im Alter. Schweiz. Ztschr. Sportmed. 5, 10 (1957).

MELLEROWICZ, H., Zur Frage der Hypoxie-Gefährdung des Sportherzens. Med. Klin. 28, 1221 (1957).

MELLEROWICZ, H., Ueber das Leistungsherz. Fortschr. Med. 15, 387 (1958).

MEISNER, A., Beurteilung des Kreislaufes. Prakt. Sportmed. F. Heiz, Stuttgart (1960).

MILLER, W.J. and Hickman, R. Electrocardiography in the horse. Vet. Rec. No. 45 Vol. 64, 688 (1952).

MORITZ, F. von, Zur Beurteilung der Herzgrösze. Fortschr. Röntgenstrahlen. 38, 993 (1928).

MORITZ, F. von, Ueber die Kapazität und die Muskelmasse der menschlichen Herzhöhlen. Z. Kreisl. forschg. 18, 609 (1933).

MORITZ, F. von, Grösze und Form des Herzens bei Meistern im Sport. Dtsch. Arch. klin. Med. 176, 455 (1934).

MÜLLER, E.A. und K. Karrasch, Pulsfrequenz. in der Erholungsphase. Zbl. Arbeitsmed. 3, 37 (1953).

MUSSHOFF, K. und H. Reindell, Zur Röntgenuntersuchung des Herzens in horizontaler und vertikaler Körperstellung. 1. Mitteilung: Der Einflusz der Körperstellung auf das Herzvolumen. Dtsch. Med. Wschr. 81, 1001 (1956).

MUSSHOFF, K. und H. Reindell, Zur Röntgenuntersuchung des Herzens in horizontaler und vertikaler Körperstellung. 2. Mitteilung: Der Einflusz der Körperstellung auf die Herzform. Dtsch. Med. Wschr. 82, 1075 (1957).

MUSSHOFF, K., H. Reindell, H. Klepzig und H. W. Kirchhoff, Herzvolumen, Schlagvolumen und körperliche Leistungsfähigkeit. Cardiologia, 31, 359 (1957).

NEFF, W., Die Beeinfluszung des Herzrythmus beim Pferde durch Bremsversuch und caroticus-sinus Druck. München (1934).

NICHOLSON, J.A., D.B. Glazier, M. Heffeman, Sino-atrial heart block in the horse, Irish. Vet. J. 13, 168-172 (1959).

NIE, C.J. van, Congenitale hartmisvormingen bij het varken. Utrecht (1961).

NÖCKER, J., Sportärztliche Untersuchungsmethoden, in A. Arnold, "Handbuch für Sportmedizin", Leipzig (1956).

NÖCKER, J., Training und Uebertraining, in A. Arnold, "Handbuch für Sportmedizin", Leipzig (1956).

NÖCKER, J., Trainingswirkung auf die Skelettmuskulatur. XII, Kongr. Internat. Federation Sportmedizin 9, 235 (1958).

NÖRR, J., Das Elektrocardiogramm des Pferdes, seine Aufnahme und Form. Ztschr. Biol. 61, 197-229 (1913).

NÖRR, J., 100 Klinische Fälle von Herz und Pulsarrythmien beim Pferde. Monatshefte Prakt. Tierheilk. 34, 177-232 (1924).

NYLIN, G., Investigations on the Bloodcirculations of Gunder Hägg and Arne Andersson. Cardiologia 9, 313 (1945).

OBEL, N., Physiologische Gesichtspunkte betreffs des habituellen Herzblockes des Pferdes. Skand. Vet. Tidskr. 32, 200 (1942).

OOYEN, C.F. van, K. Reitsma, Voedingsmiddelen van Dierlijke Oorsprong. Vlees en Vleeskeuring. Amsterdam (1950).

PALLADIN, A. and D. Ferdmann, The influence of muscle training on creatine content. Hoppe Seylers Z. Physiologische Chem. 174, 284 (1928).

PARADE, G. W., Das Sportherz. Med. Wschr. 91, 264 (1941) Wien.

PARADE, Bedeutung der Leibesübungen bei der Prophylaxe innerer Erkrankungen, in "Praeventive Medizin und Leibesübungen in der Jugend", Freiburg i. Br. (1956).

PRADIER, P., Contribution à l'étude d'electrocardiogramme du cheval du sport. Thesis Alfort (1962).

PERE, S., Ueber die Wirkung des Sporttrainings auf Kreislauforgane. Die Medizinische 1006 (1952).

PRKOP, L., und L. Slapak, Sport und Kreislauf. Wien (1958).

QUIRING, D. P. and Robert J. Baker, The equine Heart. Am. J. of Vet. Res. 16, 62 (1953).

RAUTMANN, H., Die Wirkungen muskulärer Arbeit beim Turnen und Sport auf die Organe des Kreislaufs. Ergb. Med. 10, 235 (1927).

REINDELL, H., Untersuchungen über Belastungsarrythmie. Diss. Bonn (1935).

REINDELL, H., Elektrokardiographische und kymographische Untersuchungen am Sportler nach Belastung. Verh. Dtsch. Ges. Kreisl. forschg. X, 275 (1937).

REINDELL, H., Beziehungen zwischen dem Wesen und der Art des Sportes und der Herzform, Herzgrösze und Herzstromkurve. Klin. Wschr. 16, 1733 (1937).

REINDELL, H., Kymographische und elektrokardiographische Befunde am Sportherzen. Mitteilung I. Dtsch. Arch. klin. Med. 181, 485 (1938).

REINDELL, H., Klinische und anatomische Beobachtung über den Einflusz sportlicher Tätigkeit auf das Herz eines Hochleistungssportlers. Zschr. klin. Med. 138, 635 (1940).

REINDELL, H., Zusammenfassende Beobachtungen über Reizbildung und Reizleitungsstörungen und deren Beurteilung bei Wettkampfsportlern. Verh. Dtsch. Ges. Kreisl. forschg. XI, 372 (1938).

REINDELL, H., Kymographische und elektrokardiographische Befunde am Sportherzen, Mitteiling II. Dtsch. Arch. klin. Med. 181, 506 (1938).

REINDELL, H., Die Herzbeurteilung beim Sportmann und die differentialdiagnostische Bewertung der Befunde im Ekg und Kymogramm. Dtsch. Med. Wschr. 35/36, 1369 (1939).

REINDELL, H., Differentialdiagnostische Schwierigkeiten in der Beurteilung besonderer elektrokardiographischer und kymographischer Veränderungen bei Herzen des Sportmannes und bei Kreislaufschäden. Klin. Wschr. 18, 1378 (1939).

REINDELL, H., Klinische und anatomische Beobachtung über den Einflusz sportliche Tätigkeit auf das Herz eines Hochleistungssportler. Zschr. klin. Med. 138, 635 (1940).

REINDELL, H., Ueber den Kreislauf der Trainierten. Ueber die Restblutmenge des Herzens und über die besondere Bedeutung röntgenologischer (kymographischer) hämodynamischer Beobachtungen in Ruhe und nach Belastung. Arch. Kreisl. forschg. 12, 265 (1943).

REINDELL, H., Diagnostik der Kreislauffrühschäden. Stuttgart (1949).

REINDELL, H., und L. Delius, Klinische Beobachtungen über die Herzdynamik beim gesunden Menschen. Dtsch. Arch. klin. Med. 193, 639 (1948).

REINDELL, H. und H. Klepzig, Die neuzeitlichen Brustwandableitungen und Extremitäten-ableitungen in der Praxis. Stuttgart, (1951).

REINDELL, H., K. Musshoff, H. Klepzig und R. Weiland, Ueber eine Art des Kreislaufs. Verh. Dtsch. Ges. inn. Med. 60, 538 (1954).

REINDELL, H., H. Klepzig, K. Musshoff, H. W. Kirchhoff, H. Steim, F. Moser und P. Frisch, Neuere Untersuchungsergebnisse über Beziehungen zwischen Grösze und Leistungsbreite des gesunden menschlichen Herzens, insbesondere des Sportherzens, Dtsch. Med. Wschr. 82, 613, (1957).

REINDELL, H., H. Klepzig, H. Steim, K, Musshoff, H. Roskamm und E. Schildge, Herz- Kreislaufkrankheiten und Sport. München (1960).

REINDELL, H., R. Weyland, H. Klepzig, K. Musshoff und E. Schildge, Sportärztecongress. Wilhelm Lampert Verlag. 92 (1953).

REISINGER, L., Physiologische funktionelle Störungen an Pferdenherzen. Tierärztl. Wschr. (12), 181-182, Berlin/München (1949).

RICHARDS, D. W., Discussion of Starlings Law of the Heart. Phys. Rev. 35, 156 (1955).

RILEY, R. L. A., Himmelstein, H. Motley, H. M. Wiener and A Cournand, Am. J. Phys, 52, 327 (1948).

RÖSSLE, R. und F. Roulet, Masz und Zahl in der Pathologie. Pathologie und Klinik in Einzeldarstellung. Berlin und Wien (1932).

ROSKAMM, H., Ueber die Regulation von Atmung und Kreislauf bei maximaler Leistungsfähigkeit, Diss. Freiburg i. Br. (1958).

RUSHMER, R. F., Heart size and stroke volume. Minne. Med. 37, 19 (1954).

SALESSE, L. L. F., Epistaxis et l'electrocardiographie du cheval de course. Thesis. Toulouse (1958).

SCHELLONG, F., Regulationsprüfung des Kreislaufs. Dresden (1938).

SCHLOMKA, G., H. Reindell, Belastungs-EKG. Arbeitsphys. 8, 173 (1934).

SCHLOMKA, G. and H. Reindell, Das Belastungselektrokardiogramm, II. Mitteilung. Untersuchungen an Sportlern. Arbeitsphysiologie 8, 173-217 (1935).

SCHLOMKA, G. und H. Reindell, Elektrokardiogramm beim Uebergang von Liegen zum Stehen. Zschr. klin. Med. 130, 313 (1936).

SCHLOMKA, G. und H. Reindell, Respiratorische Arrythmie. Zschr, Kreisl. forschg. 28 (1936).

SCHLOMKA, G. und H. Reindell, Beiträge zur klinischen Elektrokardiographie. Zschr. klin. Med. 130, 313 (1936); (Ekg. im Stehen und Liegen).

SCHMALTZ, Reinhold, Anatomie des Pferdes, Berlin (1919), (1914).

SCHÖNHOLZER, G., Bedeutet grosze Leistungsfähigkeit Herzgesundheit? Helvet. med. acta 8, 805 (1941).

SCHÖNHOLZER, G., Ermüdung, Erschöpfung, Tod. Schweiz. Zschr. f. Sportmed. 3, 65 (1957).

SCHOENMAKERS, J., Die Herzkranzadern bei arteriokardialen Hypertrophie, Zschr. Kreisl. forschg. 38, 321 (1949).

SCHÜZLER, G., Belastungselektrokardiogramm des Pferdes. Archiv. wiss. Parkt. Tierheilk. 78, 40-55 (1944).

SCICINSKI, A., Incomplete (partial) right bundle branch in Sportsman. Pol. Arch. Med. W. 28, 2-210-208 (1958).

SECHER, K., Experimentelle Untersuchungen über die Grösze des Herzens nach einem Aufhören des Trainierens. Zschr. exper. Med. 31/32, 290 (1923).

SECHER, K., Experimentelle Untersuchungen über das Körpergewicht von Ratten beim Tranieren. Zschr. exper. Med. 47, 125 (1925).

SISSON, S. and Grossman J.D., The anatomy of the Domestic animals. Saunders Comp. (1948).

SJÖSTRAND, T., Das Sportherz. Dtsch. med. Wschr. 80, 963 (1955).

SJÖSTRAND, T., Blutverteilung und Regulation des Blutvolumens. Klin. Wschr. 34, 561 (1956).

SLAPAK, L., Zum Ekg-Bild des unvollständigen Rechtsschenkelblockes. Zschr. Kreisl. forschg. 46, 373 (1957).

SPÖRRI, H. und W. Leeman, Die Beurteilung der Herzkraft bei kranken Tieren durch das Elektrokardiogramm. Schw. Arch. Tierheilk. 88, 113 - 133 (1946).

SPÖRRI, H., Formveränderungen des Pferde-elektro-ventrikulogrammes. Int. Vet. Congress. Proc. IV. 289, Londen (1949).

SPÖRRI, H., Ueber den atmungsgesteuerten reflektorischen Herzblock des Pferdes. Tierärztl. Umschau. 6, 419-431 (1951).

SPÖRRI, H., Ueber die Genese und klinische Bedeutung des partiellen Herzblockes beim Pferd. Schw. Arch. Tierheilk. 94, 337-346 (1952).

SPÖRRI, H., Der respiratorisch induzierte Herzblock des Pferdes. Cardiologia, 20, 180-187 (1952).

SPÖRRI, H., Untersuchungen über die systolen- und diastolendauer des Herzens bei den verschiedenen Haustierarten und ihre Bedeutung für die Klinik und Beurteilungslehre. Schw. Archiv. f. Tierheilk. 96, 593-604 (1954).

SPÖRRI, H. und J. P. Siegfried, Ueber die Systolen- und Diastolendauer bei Haus- und Wildtieren und ihre Beziehungen zur körperlichen Leistungsfähigkeit. Helv. Physiol. Pharmacol. Acta. 13, C 32 (1955).

SPÖRRI, H., und D. K. Detweiler, Ueber die Ausbreitung der Erregungswelle in Pferde- und Rinderherzen. Helv. Physiol. Pharmacol. Acta, 14, 78-81 (1956).

STARLING, E. H., Das Gesetz der Herzarbeit, Bern und Leipzig (1920).

STEAD, E. A., and J. V. Warren, Cardiac out-put in man. Arch. of Int. Med. 80, 235 (1947).

STEEL, J. D., The equine electrocardiogram with particular reference to certain aneasthetic agents. Int. Vet. Cong. IV, 3, 306 (1949).

STEEL, J. D., Electrocardiogram of race horses. A preliminary communication. Med. J. Austr. 1, 78-79 (1957).

STEEL, J. D., Studies on the electrocardiogram of the race horse. Australasian Med. Publ. Comp. Sydney (1963).

STEEL, J. D., Comments to the Editor. Vet. Rec. 4. Vol. 76 No. 1 (1964).

STEFFAN, H., Das klinische Bild des ansteckenden Katarrhs der Luftwege des Pferdes. Zschr. f. Vet. kunde. 53-3, 71 (1943).

STRAUB, H., Die Dynamik des Herzens. Handb. der norm. und Path. Physiol. Berlin (1926).

STUMPF, P. und Th. Fürst, Ergebnisse von Kreislaufuntersuchungen an Jugendlichen. Munch. Med. Wschr. 78, 1097 (1931).

THÖRNER, W., Trainingsversuche an Hunden. Der Einflusz der Laufarbeit auf das Herz. Arbeitsphysiol. 3, 1 (1930).

THÖRNER, W., Die Beeinfluszung der Herzgrösze durch Arbeit und Sport. Med. Welt 7, 1346 (1933).

THÖRNER, W., Bericht über neue sportphysiologische Untersuchungen an Trainingshunden. Verh. Ges. Verdauungskrankheiten. 13, 92 (1937).

TOUSSAINT, C.H., Le coeur de l'athlete. Rev. méd. Liége. 203 (1947).

VENRATH, H., Die respiratorische Insuffizienz unter besonderer Berücksichtigung der Diffusionsstörungen. Habil. Schrift. Köln (1956).

VONK, De trapjesproef (two step test) van Master. Een gewijzigde trapjesproef. Ned. Tijdschr. voor Geneesk. 97, 338/3350 (1953).

VOÛTE, E.J., Bijdrage tot de beoordeling van het paard op grond van physiologische waarden. Utrecht (1943).

WHITE, P.D., Heart Disease. New York (1951).

WIGGERS, Carl.J., Dynamics of Ventricular Contraction under abnormal conditions. Circulation Vol, V. 321 (1952).

WIGGERS, C.J., Cardiac output, stroke volume and stroke work. In Cardiology. An Encyclopedia of the Cardiovascular system.

WESLER, K., Zur vegetativen Steuerung von Kreislauf und Gaswechsel beim Menschen. Verh. Dtsch. Ges. Kreisl. forschg. 14, 96 (1941).

ZDANSKY, E., Röntgendiagnostik des Herzens und der groszen Gefässe. 2. Aufl. Wien (1949).

ZIJL, W.J. van, The electrocardiogram of the normal horse using the technique of Einthoven and Wilson. T. v. Diergen. 76, 85-96 (1951).

CURRICULUM VITAE.

Jan Kroneman werd op 6 maart 1928 te Eibergen geboren.

Hij volgde Openbaar Lager Onderwijs van 1934 tot 1940 te Eibergen. Van 1940 tot 1946 werd de Rijks H. B. S. te Winterswijk bezocht.

In september 1946 werd een aanvang gemaakt met de studie in de Diergeneeskunde, welke in januari 1955 met het behalen van het Dierenarts-diploma werd afgesloten.

Op 1 januari 1955 is hij aangesteld als assistent aan de Kliniek voor Inwendige Ziekten, waaraan hij thans verbonden is als wetenschappelijk hoofdambtenaar.

STELLINGEN

I

Voor de diagnostiek van de myocarditis bij het paard heeft de T top in het electrocardiogram geen enkele betekenis.

II

Functiebepalingen van hart en longen dienen te geschieden in een "steady state".

III

Het toepassen van de keizersnede bij de verlossing van het rund met een te grote levende vrucht, dient in alle gevallen de voorkeur te hebben boven de embryotomie.

IV

Bij de aetiologie, de therapie en de preventie van staart- en maneneczeem bij het paard dient men met de betekenis van Culicoides spec. rekening te houden.

V

De praeventie bestrijding van de weidetetanie bij het rund dient zich allereerst te richten op de landbouwkundige aspecten van dit symptomencomplex.

VI

Bij de toepassing van de operatieve fractuurbehandeling bij de grote huisdieren dient men niet alleen rekening te houden met de anatomische bouw van de skeletdelen maar ook met de verschillen in diersoort en de leeftijd van de patiënt.

VII

Bij de keuze van een hengst in de volbloedfokkerij is het niet juist aan deze hengst alleen op grond van zijn prestaties op de baan een grote fokwaarde toe te kennen.

VIII

Van de decontaminatie van ingevoerd vismeel mag men op de lange duur geen afname verwachten van de hospitaliserende Salmonellae.

IX

Het is gewenst dat artikel 5 van de vleeskeuringswet uitgebreid wordt met een derde lid luidende:

Wrakke en kennelijk zieke dieren moeten gekeurd worden in de keuringskring, waartoe de woonplaats van de eigenaar, houder of hoeder behoort.

X

Het toedienen van anthelmintica aan het paard dient per neussonde te geschieden.

J. KRONEMAN 13 mei 1965