

ΙΑΤΡΙΚΗ.—Περὶ Μηχανικῆς Θεραπευτικῆς τῆς Καρδιογενοῦς Καταπληξίας. Συμβολὴ εἰς τὴν διερεῦνῃσιν τῶν ὁρίων ἀποδόσεως, ὑπὸ **Σ. Δ. Μουλοπούλου, Δ. Α. Σιδερῆ** (μετὰ συμμετοχῆς **Δ. Π. Ἀνθοπούλου, Σ. Φ. Σταματελοπούλου καὶ Δ. Γ. Μπούφα**) \*. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Β. Μαλάμου.

Ἡ καρδιογενὴς καταπληξία, ἀπότοκος συνήθως τῆς συχνῆς πλέον καὶ πολ-  
λάκις ταχέως θανατηφόρου νόσου τοῦ ἐμφράγματος τοῦ μυοκαρδίου, ἐμφανίζει  
θνητότητα ἀνερχομένην εἰς 75 - 90 %. Ἐν τῇ θεραπευτικῇ προσπαθείᾳ κατὰ  
τοῦ βαρυτάτης προγνώσεως συνδρόμου τούτου χρησιμοποιοῦνται μέχρι τοῦδε μέ-  
θοδοι δρῶσαι χημικῶς, ἡλεκτρικῶς ἢ διὰ διορθώσεως τοῦ ποσοῦ τοῦ κυκλοφο-  
ροῦντος ὄγκου τοῦ αἵματος. Τὰ συμβατικά, οὕτως εἰπεῖν, ταῦτα μέσα δὲν ἐπαρ-  
κοῦν πολλάκις διὰ τὴν ἀποκατάστασιν ἱκανῆς καρδιακῆς παροχῆς πρὸς στοι-  
χειώδη αἱμάτωσιν τῶν ὀργάνων τοῦ σώματος.

Ἀφ' ἧς ἐποχῆς ὅμως κατέστη ἀντιληπτὸν ὅτι μηχανικαὶ ἀντλῖαι εἶναι δυ-  
νατὸν νὰ διατηρήσουν τὴν κυκλοφορίαν τοῦ αἵματος ἐπὶ βραχέα χρονικὰ διαστή-  
ματα, πρὸς διενέργειαν χειρουργικῶν ἐπὶ τῆς καρδίας ἐπεμβάσεων, ἤρχισαν νὰ  
γίνωνται προσπάθειαι ἐφαρμογῆς μηχανικῶν μέσων ἐπὶ ἀσθενῶν μετὰ καρδιακῆς  
ἀνεπαρκείας καὶ καρδιογενοῦς καταπληξίας (Connolly et al.<sup>1</sup>, Salisbury<sup>12</sup>,  
Schramel et al.<sup>13</sup>, Stuckey et al.<sup>16</sup>).

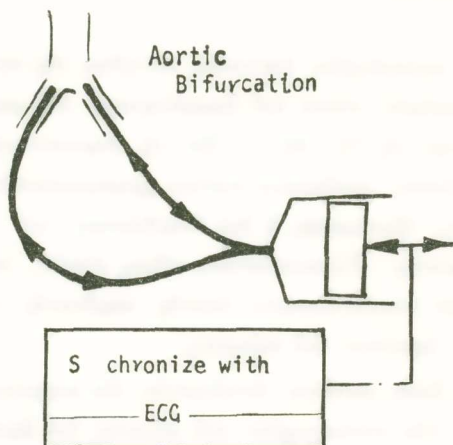
Εἰδικώτερον, τῷ 1958, ὁ χειρουργὸς τῆς Βοστώνης Dwight Harken<sup>6</sup>, ἐκ  
τῶν πρωτοπόρων τῆς συγχρόνου Καρδιοχειρουργικῆς, ἀνεκοίνωσε κατὰ τὸ II  
Παγκόσμιον Συνέδριον Καρδιολογίας ἐν Βρυξέλλαις εὐφυῆ μέθοδον μηχανικῆς  
ἀγωγῆς. Ἀντὶ νὰ χρησιμοποιήσῃ δηλαδή, ὡς ἐγένετο μέχρι τότε, τὸ πλήρες κύ-  
κλωμα τῆς ἐξωσωματικῆς διὰ μηχανῆς κυκλοφορίας τοῦ αἵματος, διεμοίρασεν,  
οὕτως εἰπεῖν, τὸν χρόνον ἑνὸς καρδιακοῦ κύκλου, τοποθετήσας τὴν λειτουργίαν τῆς  
μηχανῆς κατὰ τὴν καρδιακὴν διαστολὴν. Ἐπέτυχε τοῦτο δι' εἰσαγωγῆς σωλῆνος  
ἐντὸς τῆς μηριαίας ἀρτηρίας, μετὰ τοῦ ὁποῖου δι' ἐμβολοφόρου ἀντλίας ἀφαιρεῖ-  
ται αἷμα κατὰ τὴν συστολὴν τῆς καρδίας καὶ ἐπανεισάγεται τοῦτο ὑπὸ πίεσιν  
κατὰ τὴν διαστολὴν. Οὕτως ἡλαττοῦτο ὁ φόρτος, τὸν ὁποῖον ἀντιμετωπίζει ἡ

---

\* S. D. MOULOPOULOS, D. A. SIDERIS (with participation of L. P. Anthopoulos, S. F. Stamatelopoulos and D. G. Boufas), **Mechanical Treatment of Cardiogenic Shock. Efficiency Limitations.**

ἀριστερά κοιλία τῆς καρδίας κατὰ τὴν συστολὴν τῆς καὶ προωθεῖτο τὸ αἷμα διὰ τῆς μηχανῆς, ὅταν αἱ μηννοειδεῖς βαλβίδες τῆς ἀορτῆς εἶναι κλεισταὶ (εἰκ. 1).

Ἡ μέθοδος αὕτη καὶ διάφοροι ποικιλίαι τῆς (Jacobey et al.<sup>3)</sup> ἔτυχον περιορισμένων κλινικῶν ἐφαρμογῶν. Τοῦτο, καθ' ὅσον ὑπῆρχε πάντοτε ἐν αὐταῖς, πλὴν ἄλλων, τὸ μειονέκτημα, ὅτι ἐξέρχεται αἷμα ἐκτὸς τοῦ σώματος καὶ ὑφίστα-



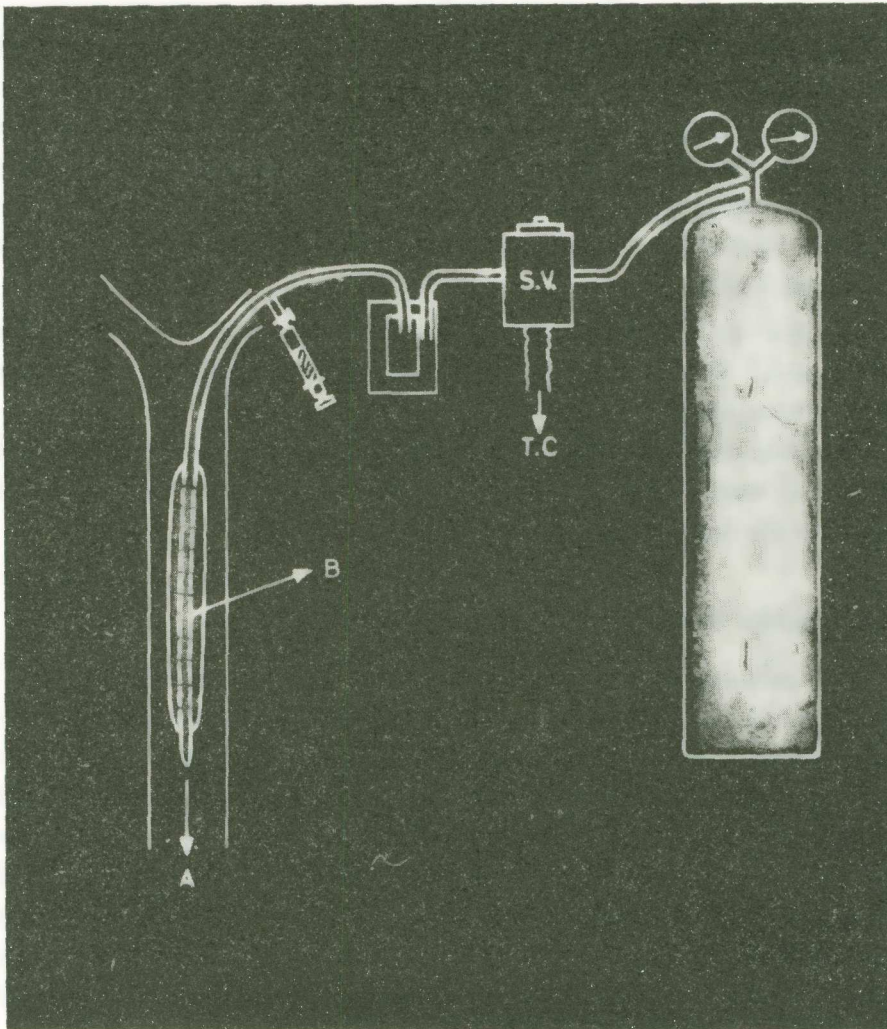
Εἰκ. 1. «Ἀντιώθησις» (Counterpulsation) κατὰ Harken τῇ βοηθείᾳ ἐξωσωματικῆς μηχανῆς διὰ τῆς μηριαίας ἀρτηρίας. Aortic bifurcation: διχασμός ἀορτῆς. Synchronize with ECG: συγχρονισμός μέσῳ τοῦ ἡλεκτροκαρδιογραφήματος.

ται ἀλλοιώσεις, κατὰ τὴν δίοδον διὰ πλαστικῶν σωλῆνων καὶ τὴν πληξίν του ὑπὸ τοῦ ἐμβόλου τῆς μηχανῆς.

Ἐν ἔτει 1962 οἱ Mouloupoulos, Topaz καὶ Kolff<sup>10</sup> ἐν Cleveland τῶν Η.Π.Α. ἐπενόησαν νέαν μέθοδον, στερουμένην ἐν πολλοῖς τοῦ μειονεκτήματος τούτου, ἥτις ἔμελλεν ὅχι μόνον νὰ καταστή ἡ συχνότερον χρησιμοποιουμένη σήμερον μηχανικὴ θεραπευτικὴ ἀγωγή, ἀλλὰ καὶ νὰ δώσῃ νέαν ὥθησιν πρὸς ρηξικέλευθον ἀντιμετώπισιν τοῦ συνδρόμου τῆς καρδιογενοῦς καταπληξίας, ὥς θὰ ἐκτεθῇ ἐν τοῖς ἐπομένοις (Mundth et al.<sup>11</sup>).

Ἡ μέθοδος συνίσταται εἰς τὴν διὰ τῆς μηριαίας ἀρτηρίας εἰσαγωγὴν ἐντὸς τῆς ἀορτῆς ἐπιμήκους ἀεροθαλάμου ἐπὶ καθετήρος, ὅστις διατείνεται δι' ἀεροσυμπέσεως κατὰ τὴν διαστολὴν τῆς καρδίας, προωθῶν τὸ αἷμα πρὸς τὰ διάφορα ὄργανα καὶ πρὸς τὴν στεφανιαίαν κυκλοφορίαν, ἐκκενούμενος δὲ συμπίπτει κατὰ τὴν συστολὴν τῆς καρδίας, μειουμένων οὕτω τῶν ἀντιστάσεων ἔναντι τῆς ἀριστερᾶς κοιλίας (εἰκ. 2).

Ἡ τοιαύτη ἀγωγή, λεπτομερῶς μελετηθεῖσα ἐπὶ πειραματοζώων ὑπὸ τῶν ὡς ἄνω ἐρευνητῶν, ἤρχισε μετὰ δετίαν ἐφαρμοζομένη ἐπὶ ἀσθενῶν (Kantrowitz



Εἰκ. 2 Ἐνδοαρτική ἀντλία (B) ἐντὸς τῆς ἀορτῆς (A) μετὰ τοῦ κυκλώματος λειτουργίας. S.V. : Σωληνοειδῆς βαλβίς. Air : Ὅβις ἀέρος. T.C. : Ἡλεκτρικὸν κύκλωμα συγχρονισμοῦ.

et al.<sup>4)</sup> μετὰ καρδιογενοῦς ἔξ ἔμφραγματος τοῦ μυοκαρδίου καταπληξίας. Ἦδη τὰ μηχανήματα κατασκευάζονται ὑπὸ πολλῶν ἐργοστασίων καὶ εὔρονται ἐν χρήσει εἰς πολυάριθμα κέντρα τῶν Η.Π.Α. καὶ τῆς Εὐρώπης, ἐνὸς ἐκ τούτων εἰσα-



χθέντος καὶ ἐν Ἑλλάδι καὶ εὐρισκομένου ἐν τῇ Α' Χειρουργικῇ Κλινικῇ τοῦ Ἑθνικοῦ Πανεπιστημίου. Ἡ κλινικὴ ἐφαρμογὴ, ἰδίᾳ εἰς τὰ Κέντρα τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Harvard, τῆς Βοστώνης καὶ εἰς τὸ Mount Sinai Hospital τοῦ Detroit εἶναι σχεδὸν καθημερινή. Καθ' ὁμολογίαν τῶν χρησιμοποιούντων τὴν μέθοδον, σημαντικὸς ἀριθμὸς ἀσθενῶν διασώζεται ἤδη χάρις εἰς τὴν ἐφαρμογὴν ταύτης (Dunkman et al.<sup>2</sup>, Krakaner et al.<sup>5</sup>).

Ἡ μέθοδος αὕτη, ὥς καὶ αἱ λοιπαὶ χρησιμοποιούμεναι διὰ τὴν μηχανικὴν ὑποβοήθησιν τῆς καρδίας, ἐφηρμόσθη κατ' ἀρχὴν ἐπὶ τῶν περιπτώσεων καρδιογενοῦς καταπληξίας συλλήβδην. Καὶ ναὶ μὲν ἡ ἄμεσος ἀποτελεσματικότης τῆς ἀποτελεῖ τὸν κανόνα, ἡ ἐπιτυχία ὅμως ὥς πρὸς τὴν ἐπιβίωσιν τῶν ἀσθενῶν εἶναι εἰσέτι περιορισμένη.

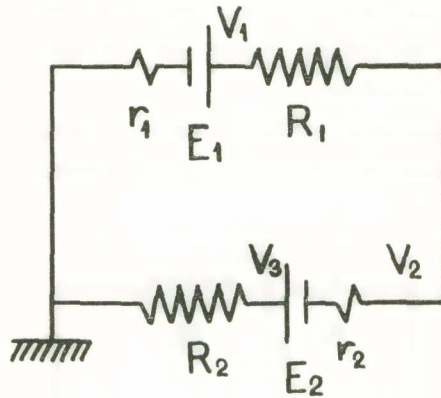
Ἡ ἀνάλυσις τῶν αἰτίων, διὰ τὰ ὅποια ἡ μέθοδος καθίσταται ἐνίοτε ἀλυσιτελής, ἀποτελεῖ λίαν πολὺπλοκον πρόβλημα, ἡ δὲ βιβλιογραφία εἶναι ἰδιαίτερος πτωχὴ ἐν προκειμένῳ.

Ἐν τοῖς κατωτέρῳ ἐκτίθεται προσπάθεια θεωρητικῆς τοποθετήσεως τοῦ θέματος καὶ πειραματικῆς διερευνήσεως παραμέτρων τινῶν, αἵτινες πιθανῶς νὰ ἐπηρεάζουν τὴν ἀποτελεσματικότητά τῆς ἀγωγῆς.

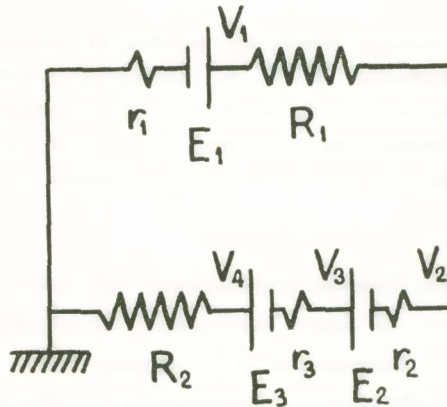
### Τὸ ἡλεκτρικὸν ἀνάλογον.

Ἐν παλαιότεραις ἐργασίαις (Moulopoulos et al.<sup>9</sup>, Mildevuur et al.<sup>17</sup>) παρεβλήθη, ὥς πρὸς τὰ κύρια χαρακτηριστικά της, ἡ κυκλοφορία τοῦ αἵματος πρὸς ἡλεκτρικὸν κύκλωμα. Τοῦτο συνίσταται ἐξ ἡλεκτρικῆς στήλης, ἀντιστάσεων καὶ συστημάτων ἀνατροφοδοτήσεως, ἀντιστοιχούντων πρὸς τὴν καρδίαν, ὥς πηγὴν ἐνεργείας, τὰς περιφερικὰς ἀντιστάσεις καὶ τοὺς κυρίους ρυθμιστικοὺς μηχανισμούς. Ἐκ τοῦ ἀναλόγου τούτου διεχωρίσθη ἡ ὑποβοήθησις εἰς συμπληρωματικὴν καὶ διορθωτικὴν, ὅταν ἀπλῶς συνέβαλλεν εἰς τὴν συμπλήρωσιν τῆς ἡλαττωμένης καρδιακῆς παροχῆς ἢ ἀπεσκόπει εἰς τὴν διόρθωσιν τῆς λειτουργικότητος τοῦ μυοκαρδίου. Ἡ τότε ὅμως διερεύνησις δὲν ἀφείρετο εἰς τὴν μέθοδον τῆς ὑποβοηθήσεως καὶ τὰ ὅρια τῆς ἀποδόσεως ταύτης.

Ἐὰν λοιπὸν θεωρηθῇ κύκλωμα περιλαμβάνον δύο συσσωρευτὰς — ἀντιστοιχοῦντας πρὸς τὰς δύο κοιλίας τῆς καρδίας — καὶ δύο ἀντιστάσεις, διὰ τὴν ἀντίστασιν τῆς μικρᾶς καὶ μεγάλης κυκλοφορίας (εἰκ. 3), ὥς συνάγεται ἐκ τῆς διερευνήσεως τοῦ ἀναλόγου (ἰδὲ κατωτέρω), ἡ αὔξησις τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἑνὸς ἐκ τῶν δύο συσσωρευτῶν συνεπάγεται πτώσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ μεταβολὴν τῶν τάσεων ἐκατέρωθεν τοῦ συσσωρευτοῦ τούτου.



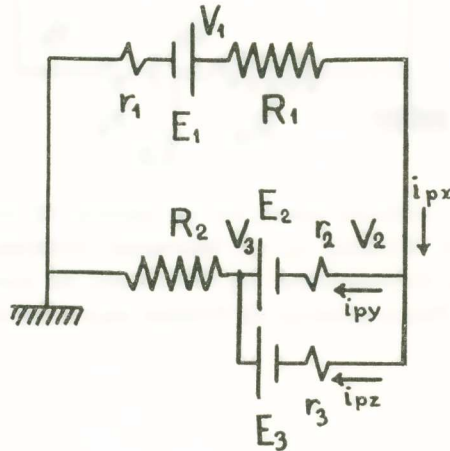
Είκ. 3. 'Ηλεκτρικὸν ἀνάλογον μικρᾶς (1) καὶ μεγάλης (2) κυκλοφορίας.  $E_1$  καὶ  $E_2$ : 'Ηλεκτρεγερτικαὶ Δυνάμεις.  $r_1, r_2$ : ἐσωτερικαὶ ἀντιστάσεις τῶν  $E_1$  καὶ  $E_2$ .  $R_1, R_2$ : ἀντιστάσεις ἀντιστοιχοῦσαι εἰς πνευμονικὰς καὶ συστηματικὰς ἀντιστάσεις.  $V_1-3$ : Τάσεις ρεύματος εἰς διάφορα σημεῖα τοῦ κυκλώματος.



Είκ. 4. 'Ηλεκτρικὸν ἀνάλογον μικρᾶς (1), μεγάλης (2) κυκλοφορίας μετὰ τρίτου συσσωρευτοῦ (3) ἐν σειρᾷ.  $E_1, E_2, E_3$ : ἡλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις.  $r_1, r_2, r_3$ : ἐσωτερικαὶ ἀντιστάσεις τῶν  $E_1, E_2$  καὶ  $E_3$ .  $R_1, R_2$ : ἀντιστάσεις ἀντιστοιχοῦσαι εἰς πνευμονικὰς καὶ συστηματικὰς ἀντιστάσεις.  $V_1-4$ : τάσεις ρεύματος εἰς διάφορα σημεῖα τοῦ κυκλώματος.

Κατὰ τὴν ἐν σειρᾷ σύνδεσιν τρίτου συσσωρευτοῦ (εἰκ. 4) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος θὰ ἀυξηθῇ πρακτικῶς πάντοτε, ἐνῷ ἡ πρὸ τοῦ θετικοῦ πόλου τοῦ τρίτου συσσωρευτοῦ τάσις θὰ ἀυξηθῇ καὶ αἱ πρὸ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου τοῦ τρίτου καὶ δευτέρου τάσεις θὰ μειωθοῦν.

Κατὰ τὴν ἐν παραλλήλῳ σύνδεσιν τρίτου συσσωρευτοῦ (εἰκ. 5) ὁμως αἱ χαρακτηριστικαὶ θὰ μεταβληθοῦν ἀναλόγως τῆς σχέσεως μεταξὺ τῶν ἡλεκτρεγεργ-



Εἰκ. 5. Ἡλεκτρικὸν ἀνάλογον μικρᾶς (1), μεγάλης (2) κυκλοφορίας μετὰ τρίτου συσσωρευτοῦ (3) ἐν παραλλήλῳ.  $E_1, E_2, E_3$ : ἡλεκτρεγεργτικαὶ δυνάμεις.  $r_1, r_2, r_3$ : ἐσωτερικαὶ ἀντιστάσεις τῶν  $E_1, E_2$  καὶ  $E_3$ .  $R_1, R_2$ : ἀντιστάσεις ἀντιστοιχοῦσαι εἰς πνευμονικὰς καὶ συστηματικὰς ἀντιστάσεις.  $V_1, V_2, V_3$ : τάσεις ρεύματος εἰς διάφορα σημεῖα τοῦ κυκλώματος.  $i_{Px}, i_{Py}, i_{Pz}$ : ἐντάσεις ρεύματος εἰς διαφόρους κλάδους τοῦ κυκλώματος.

τικῶν δυνάμεων τῶν δύο βασικῶν συσσωρευτῶν τοῦ κυκλώματος καὶ τοῦ τρίτου. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ κυρίου κυκλώματος θὰ ἀυξηθῇ, ἐὰν ἡ ἡλεκτρεγεργτικὴ δύναμις τοῦ τρίτου συσσωρευτοῦ εἶναι περίπου ἴση ἢ μεγαλύτερα τῆς τοῦ δευτέρου συσσωρευτοῦ. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει αἱ μεταβολαὶ τῆς τάσεως ἐκατέρωθεν τοῦ δευτέρου συσσωρευτοῦ θὰ εἶναι ἀντίθετοι πρὸς τὰς ἐπὶ ἀυξήσεως τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως τούτου παρατηρουμένας. Ἐὰν πάλιν ἡ ἡλεκτρεγεργτικὴ δύναμις τοῦ τρίτου εἶναι μικροτέρα τῆς τοῦ δευτέρου, ἡ τάσις τοῦ ρεύματος θὰ μειωθῇ. Τὰ ὡς ἄνω συμπεράσματα προέκυψαν ἐκ τῆς διερευνήσεως τῶν χαρακτηριστικῶν τῶν κυκλωμάτων ὡς κάτωθι :

Ἐν τῷ κυκλώματι τῆς εἰκ. 3 ἔστωσαν  $E_1$  καὶ  $E_2$  αἱ ἡλεκτρεγεργτικαὶ δυνάμεις τῶν δύο συσσωρευτῶν,  $r_1$  καὶ  $r_2$  αἱ ἐσωτερικαὶ ἀντιστάσεις τούτων καὶ  $R_1$

καὶ  $R_2$  αἱ παρεμβλλόμεναι μεταξὺ τούτων ἑξωτερικαὶ ἀντιστάσεις. Κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος

$$i = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2} \quad (1)$$

Αὐξησης τῆς  $r_2$  συνεπάγεται προφανῶς πτώσιν τοῦ  $i$ , τῶν λοιπῶν στοιχείων παραμενόντων σταθερῶν. Ἡ τάσις πρὸ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου τοῦ συσσωρευτοῦ ἑσωτερικῆς ἀντιστάσεως  $r_2$

$$V_2 = E_1 - (R_1 + r_1)i \quad (2)$$

ἡ δὲ τάσις μετὰ τὸν θετικὸν πόλον τοῦ  $E_2$

$$V_3 = R_2 i \quad (3)$$

ἐὰν τὸ  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $r_1$ ,  $E_1$  καὶ  $E_2$  παραμένουν σταθερά. Αὐξησης τῆς  $r_2$  συνεπαγομένη μείωσιν τῆς  $i$  θὰ προκαλέσῃ ὅθεν αὐξησης τῆς  $V_2$  καὶ μείωσιν τῆς  $V_3$ .

Ἐν τῷ κυκλώματι τῆς εἰκ. 4 ἐπὶ προσθήκης ἐν σειρᾷ τοῦ τρίτου συσσωρευτοῦ  $E_3$  μετὰ ἑσωτερικῆς ἀντιστάσεως  $r_3$  ἡ ἔντασις

$$i_s = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2 + r_3} \quad (4)$$

$$\text{Ἡ τάσις} \quad V_{2s} = E_1 - (R_1 + r_1)i_s \quad (5)$$

$$\text{ἡ τάσις} \quad V_{3s} = E_1 + E_2 - (R_1 + r_1 + r_2)i_s \quad (6)$$

καὶ ἡ τάσις μετὰ τὸν θετικὸν πόλον τοῦ τρίτου συσσωρευτοῦ

$$V_{4s} = R_2 i_s \quad (7)$$

Ἡ προσθήκη ὅθεν τοῦ συσσωρευτοῦ  $E_3$  συνεπάγεται αὐξησης τῆς ἐντάσεως  $i_s$  ἔναντι τῆς  $i$ , ἐὰν

$$\frac{E_3}{E_1 + E_2} > \frac{r_3}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2} \quad (8)$$

Ἐφ' ὅσον τὸ  $r_3$  εἶναι λίαν μικρὸν ἐν σχέσει πρὸς τὸ  $R_1 + R_2 + r_1 + r_2$ , ἡ ὡς ἄνω συνθήκη (8) ἰσχύει. Ἡ προσθήκη τοῦ συσσωρευτοῦ  $E_3$  συνεπάγεται ἐπίσης μείωσιν τῆς  $V_{2s}$  καὶ  $V_{3s}$  καὶ αὐξησης τῆς  $V_{4s}$ .

Ἐν τῷ κυκλώματι τῆς εἰκ. 5, ἐπὶ προσθήκης ἐν παραλλήλῳ τρίτου συσσωρευτοῦ  $E_3$ , προσδιορίζονται τρεῖς ἐντάσεις ἥτοι ἡ  $i_{px}$  τοῦ κυρίου κυκλώματος, ἡ  $i_{py}$  διὰ τοῦ συσσωρευτοῦ  $E_2$  καὶ ἡ  $i_{pz}$  διὰ τοῦ συσσωρευτοῦ  $E_3$ . Πρὸς προσ-



διαρισμὸν τῶν τριῶν ἐντάσεων ἐπιλύεται τὸ κάτωθι σύστημα, ἐξαγόμενον βάσει τῶν νόμων τοῦ Ohm καὶ τοῦ Kirchhoff.

$$E_1 + E_2 = (R_1 + R_2 + r_1) i_{px} + r_2 i_{py}$$

$$E_2 - E_3 = r_2 i_{py} - r_3 i_{pz}$$

$$i_{px} = i_{py} + i_{pz}$$

Δι' ἐπιλύσεως τοῦ συστήματος εὐρίσκεται :

$$i_{px} = \frac{(r_2 + r_3) E_1 + r_3 E_2 + r_2 E_3}{(r_2 + r_3) (R_1 + R_2 + r_1) + r_2 r_3} \quad (9)$$

$$i_{py} = \frac{r_3 E_1 + (R_1 + R_2 + r_1 + r_3) E_2 - (R_1 + R_2 + r_1) E_3}{(r_2 + r_3) (R_1 + R_2 + r_1) + r_2 r_3} \quad (10)$$

$$i_{pz} = \frac{r_2 E_1 - (R_1 + R_2 + r_1) E_2 + (R_1 + R_2 + r_1 + r_2) E_3}{(r_2 + r_3) (R_1 + R_2 + r_1) + r_2 r_3} \quad (11)$$

Κατὰ τὴν ἐν παραλλήλῳ προσθήκην τοῦ συσσωρευτοῦ  $E_3$  ἐκ τῶν τύπων (1) καὶ (9) συνάγεται ὅτι  $i_{px} \geq i$ , ἐὰν

$$\frac{E_2 - E_3}{E_1 + E_2} \leq \frac{r_2}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2} \quad (12)$$

Δεδομένου ὅτι  $r_2 \ll R_1 + R_2 + r_1 + r_2$ , ἡ σχέσις (12) ἰσχύει, ἐὰν ἡ  $E_3$  εἴναι περίπου ἴση ἢ μεγαλυτέρα τῆς  $E_2$ . Ὡς ἐκ τούτου ἡ προσθήκη τρίτου συσσωρευτοῦ ἐν παραλλήλῳ μεταβάλλει τὴν τάσιν  $V_2$  καὶ  $V_3$  ἀντιστρόφως. Ἀὔξησης τῆς  $V_3$  θὰ σημειωθῇ, ὅταν ἰσχύῃ ἡ ἀνωτέρω συνθήκη (12), ἡ ἀφορῶσα εἰς τὴν  $i_{px}$ .

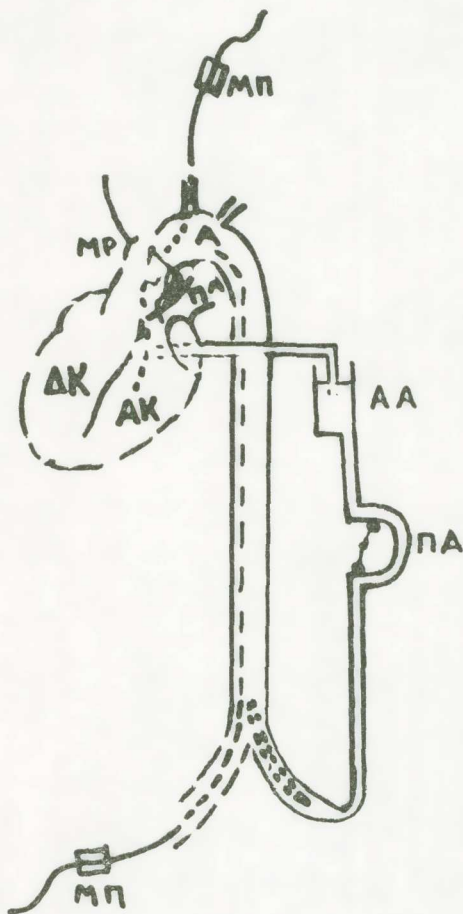
### Πειραματικαὶ παρατηρήσεις.

Αἱ θεωρητικαὶ αὗται ἀντιστοιχίαι ἠλέγχθησαν πειραματικῶς. Διὰ τὴν ἐν παραλλήλῳ σύνδεσιν ἐχρησιμοποιήθη κύκλωμα ἐξωσωματικῆς παρακάμψεως τῆς ἀριστερᾶς κοιλίας ἐπὶ 21 κυνῶν (εἰκ. 6). Μετ' ἀπολίνωσιν κλάδων τῶν στεφανιαίων ἀρτηριῶν καὶ δημιουργίαν συνθηκῶν δυναμένων νὰ παραβληθοῦν πρὸς τὰς ἐπὶ ὀξέος ἐμφράγματος παρατηρουμένας, διάφοροι ποσότητες αἵματος διεβιβάζοντο ὑπὸ πρακτικῶς συνεχῇ ροῇ ἐκ τοῦ ἀριστεροῦ κόλπου πρὸς τὴν ἀορτήν, καθ' ὃν χρόνον ἐμετροῦντο τὸ καρδιακὸν ἔργον, αἱ διάφοροι πιέσεις καὶ ἡ παροχὴ τῆς καρδίας.



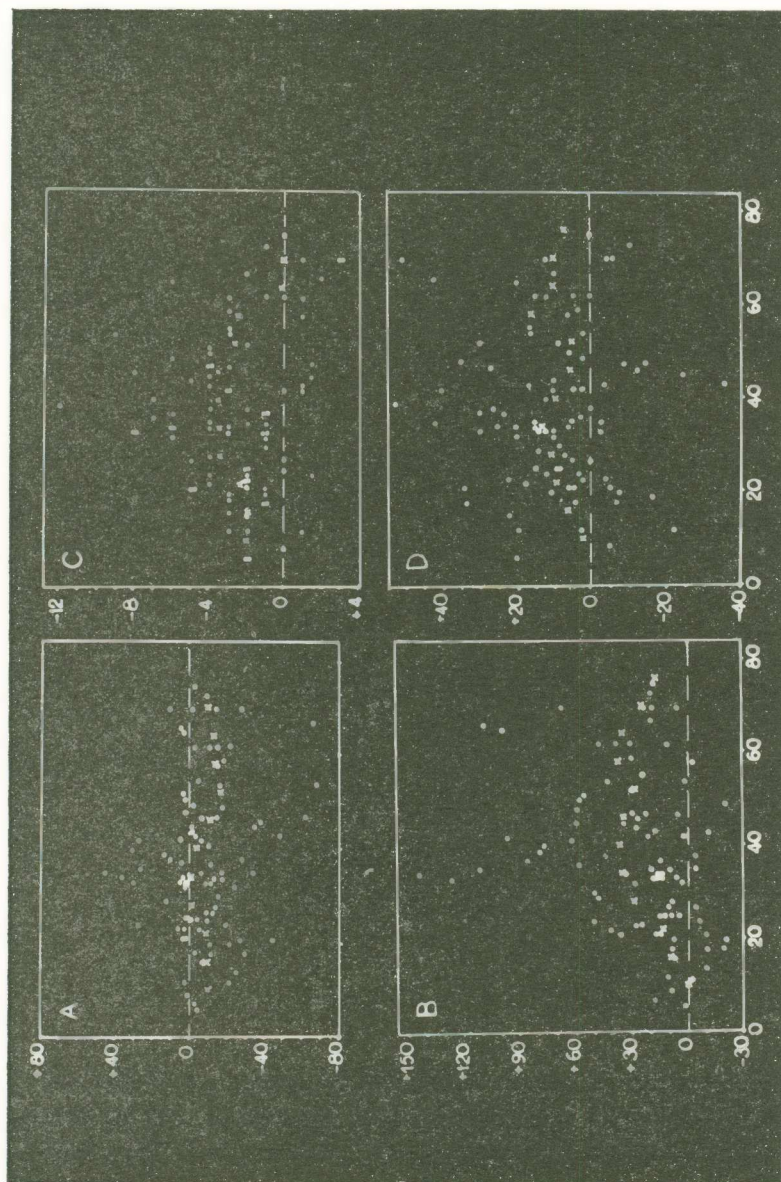
Ἐπὶ 88 παρακάμψεων παρατηρήθη αὐξησης τῆς ὀλικῆς ἀορτικῆς ροῆς εἰς 75 (82,2%). Ἡ καρδιακὴ παροχὴ ἠϋξήθη ἐπὶ 29 παρακάμψεων (32,9%).

Ἡ μέση ἀορτικὴ πίεσις ἠϋξήθη ἐπὶ 66 παρακάμψεων (76,1%). Ἡ τελο-διαστολικὴ πίεσις τῆς ἀριστερᾶς κοιλίας ἠλαττώθη ἐπὶ 69 παρακάμψεων (78,4%).



Εἰκ. 6. Κύκλωμα ἐξωσωματικῆς παρακάμψεως τῆς ἀριστερᾶς κοιλίας (πείραμα ἐπὶ κυνός). ΔΚ καὶ ΑΚ: Δεξιὰ καὶ ἀριστερὰ κοιλία ἀντιστοίχως. ΜΡ καὶ ΜΠ: Μετατροπεῖς ροῆς καὶ πίεσεως ἀντιστοίχως. ΑΑ: Αἱματοποθήκη. ΠΑ: Περι-στροφικὴ ἀντλία.

Ἡ μεγίστη αὐξησης τῆς ὀλικῆς ἀορτικῆς ροῆς παρατηρήθη ὅτι ἢ πρὸ τῆς παρακάμψεως καρδιακὴ παροχὴ ἐκυμαίνετο μεταξὺ 40 - 70% τῆς ἀναμενομένης φυσιολογικῆς παροχῆς τοῦ ζώου (εἰκ. 7B). Αἱ μέγισται τιμαὶ τῆς ἀρτηριακῆς πιέ-



Εικ. 7. Σχέσεις μεταξύ παροχής της άντλίας (τετηνημένη επί των 4 διαγραμμάτων), εκφραζόμενη επί τοις εκατόν της όλικης άορτικής ροής και μεταβολαι (Α) πραγματικής καρδιακής παροχής (επί τοις εκατόν της καρδιακής παροχής προ της παρακάμψεως), (Β) όλικης άορτικής ροής (επί τοις εκατόν της καρδιακής παροχής προ της παρακάμψεως), (C) τελοδοιαστολικής πιέσεως της άριστεράς κοιλίας (έν σχέσει προς την τελοδοιαστολικήν πίεσιν προ της παρακάμψεως), (D) μέσης άορτικής πιέσεως (επί τοις εκατόν της μέσης άορτικής πιέσεως προ της παρακάμψεως).

σεως εϋρέθησαν ὡσαύτως διὰ τὰ αὐτὰ ὅρια τιμῶν παροχῆς (εἰκ. 7D). Ἡ καρδιακὴ παροχή, ἡ ὀλικὴ ἀορτικὴ ροή, ἡ τελοδιαστολικὴ πίεσις τῆς ἀριστερᾶς κοιλίας καὶ ἡ μέση ἀρτηριακὴ πίεσις εϋρέθησαν ἔχουσαι τὰς ἀρίστas τιμάs των κατὰ τὴν παράκαμψιν ποσοῦ αἵματος κυμαινομένου μεταξὺ 20 - 40 % τῆς ὀλικῆς ἀορτικῆς ροῆς (εἰκ. 7).

Τὸ ἐξωτερικὸν καρδιακὸν ἔργον κατὰ τὴν παράκαμψιν ηϋξήθη ἐπὶ 39 παρακάμψεων (44,3 %) ἐν συγκρίσει πρὸς τὸ πρὸ τούτων ἔργον, τῶν μεγίστων τιμῶν παρατηρηθεισῶν καὶ ἐνταῦθα διὰ ποσοστὸν παρακάμψεως 20 - 40 % τῆς ὀλικῆς ἀορτικῆς παροχῆς.

Μετὰ τὴν διακοπὴν τῆς παρακάμψεως παρατηρήθη ἡ μεγίστη αὔξησις τοῦ ἐξωτερικοῦ καρδιακοῦ ἔργου πάλιν ἐπὶ ὅσων πειραμάτων προηγήθη παράκαμψις ποσοστοῦ κυμαινομένου μεταξὺ 20 - 40 %.

Ἡ σύγκρισις τῶν μεταβολῶν τοῦ καρδιακοῦ ἔργου κατὰ καὶ μετὰ τὴν παράκαμψιν ἔδειξε σταθερὰν αὔξησιν τούτου ἐν συγκρίσει πρὸς τὰς πρὸ τῆς ἐνάρξεως τῆς παρακάμψεως τιμάs ἐπὶ τῶν 39 παρακάμψεων, ἐφ' ὧν ἐσημειώθη αὔξησις κατὰ τὴν διάρκειαν τούτων. Ἐπὶ 49 παρακάμψεων, ἐφ' ὧν παρατηρήθη ἐλάττωσις κατὰ τὴν παράκαμψιν, μόνον 24 παρουσίασαν αὔξησιν μετὰ τὴν διακοπὴν τῆς. Δέκα ἐπτὰ ἐκ τῶν 24 τούτων ἀνῆκον εἰς παρακάμψεις, καθ' ἃς τὸ παρακαμθὲν ποσὸν αἵματος ἀνῆρχετο εἰς 20 - 50 % τῆς ὀλικῆς ἀορτικῆς ροῆς.

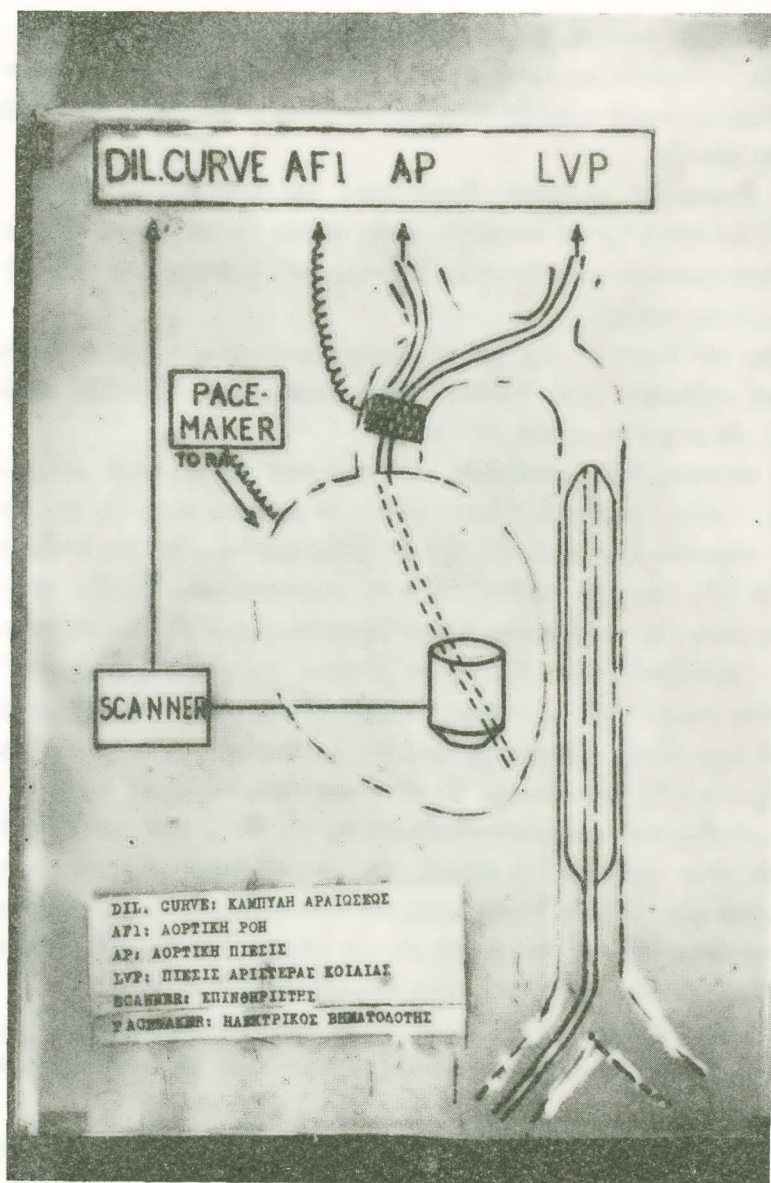
Διὰ μικροτέρας παροχᾶς τῆς ἀντλίας παρατηρήθη μείωσις τῶν τιμῶν τῆς καρδιακῆς παροχῆς καὶ πίεσεως. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει διὰ τιμάs ἐντάσεως καὶ τάσεως τοῦ βοηθητικοῦ συσσωρευτοῦ μικροτέρας τοῦ 50 % τῶν τοῦ βασικοῦ τοιούτου. Αἰτία εἶναι προφανῶς ἡ μείωσις τῆς τάσεως ἔμπροσθεν τοῦ ἰσχυροτέρου συσσωρευτοῦ λόγφ ἥσσοнос ἐκφορτίσεως τοῦ ἀσθενεστέρου. Εἰς τὸ κύκλωμα παρακάμψεως ἡ αἰτία δέον ν' ἀναζητηθῇ εἰς τὴν μείωσιν τῆς ἀορτικῆς πίεσεως λόγφ ἀκαταλλήλου σχέσεως προφορτίου πρὸς μεταφόρτιον τῆς καρδίας.

Ἀνάλογα ὑπῆρξαν τὰ εὐρήματα ἐπὶ ἐν παραλλήλῳ μεταμοσχεύσεως δευτέρας καρδίας ἐπὶ κυνῶν ἐν τῇ Θεραπευτικῇ Κλινικῇ τοῦ Ἑθνικοῦ Πανεπιστημίου. (Sideris et al. <sup>14</sup>).

Ἡ ἔλλειψις ἀκριβοῦς ἀντιστοιχίας μεταξὺ τῶν εὐρημάτων τούτων καὶ τῶν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἀνalogου, ἰδίᾳ ὡς πρὸς τὰς ὑψηλὰς τιμάs ἀποδόσεως τοῦ βοηθητικοῦ στοιχείου, ἀποδίδεται εἰς τὸ ὅτι ἡ ἀνάπτυξις λίαν ηϋξημένων πίεσεων ἐν τῇ ἀορτῇ αὐξάνει τὴν τάσιν τοῦ μυοκαρδίου καὶ μειώνει τὴν ἀπόληψιν ὀξυγόνου ὑπὸ τούτου (Sonnenblick et al. <sup>15</sup>).

Ἐπὶ 9 ἐτέρων κυνῶν καὶ μετ' ἀπολίνωσιν κλάδων τῆς στεφανιαίας ἀρτηρίας ἢ μετὰ χορήγησιν ἀναστολέων τῶν β-ὑποδοχέων, ἐτοποθετήθη ἐνδοαορ-





Εικ. 8. Πειραματική διάταξις μετρήσεων των καμπυλών δυνάμεως - ταχύτητος συστολής του μυοκαρδίου κατά την λειτουργίαν ένδοαορτικής άντλίας. Τò πείραμα ἐκτελείται ὑπὸ βηματοδότησιν τοῦ δεξιοῦ κόλπου (Pacemaker Tora). Ἡ καμπύλη ἀραιώσεως (Dil. Curve) τῆς ραδιενεργοῦ ἱππουράνης ἐνιεμένης ἐντὸς τῆς ἀριστερᾶς κοιλίας. Συγχρόνως καταγράφονται ἡ αορτική ροή (AFI), ἡ αορτική πίεσις (AP) καὶ ἡ πίεσις τῆς ἀριστερᾶς κοιλίας (LVP).

τική άντλία (είκ. 8). Κατά την λειτουργίαν ταύτης, πλὴν τῶν ἀνωτέρω παραμέτρων, ἐμετρήθη καὶ ἡ σχέσις δυνάμεως πρὸς ταχύτητα συστολῆς διὰ τῆς μεθόδου τῆς ραδιενεργοῦ ἱππουράνης, τῶν πολυπλόκων ὑπολογισμῶν ἐπισπευσθέντων διὰ τοῦ ἡλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ IBM 1620 τοῦ Ἐθνικοῦ Μετροβίου Πολυτεχνείου. Εὐρέθη λοιπὸν ὅτι ἡ άντλία, ἀνεξαρτήτως ἀναπτυσσομένης πίεσεως προὔ-κάλει στατιστικῶς σημαντικὴν ( $P < 0,01$ ) μείωσιν τῆς τελοδιαστολικῆς πίεσεως τῆς ἀριστερᾶς κοιλίας κατὰ 1,72 mm Hg κατὰ μέσον ὄρον· ὀριακὴν αὐξήσιν τῆς καρδιακῆς παροχῆς (113 κ.έκ./1' κατὰ μέσον ὄρον —  $P < 0,1$ ), ἐνῶ δὲν μετέβαλε σημαντικῶς τὴν μεγίστην πίεσιν τῆς ἀριστερᾶς κοιλίας (+ 4,55 mm Hg κατὰ μέσον ὄρον), καὶ τὰσιν μειώσεως τῆς μεγίστης ταχύτητος βραχύνσεως τοῦ συσταλτοῦ στοιχείου, ὥς καὶ τὰσιν μειώσεως τοῦ μεγίστου λόγου ταχύτητος ἀναπτύξεως πίεσεως πρὸς πίεσιν  $(dP/dt)/P$ , τῆς μειώσεως ὅμως μὴ οὔσης σημαντικῆς εἰς στατιστικῶς σημαντικὸν ἐπίπεδον ( $P < 0,20$ ). Ἦδη ἐπιχειροῦνται ἀκριβέστεραι ποσοτικαὶ μετρήσεις διὰ πολυχώρου ἀεροθαλάμου.

Ἐκ τῶν μέχρι τοῦδε στοιχείων προκύπτει, ὅτι ἐνῶ ἡ ἐν παραλλήλῳ ὑποβοήθησις τῆς καρδίας ὑπόκειται εἰς ποσοτικούς περιορισμούς, ἡ ἐν σειρᾷ ὑποβοήθησις διὰ τῆς ἐνδοαορτικῆς άντλίας φαίνεται μέχρι στιγμῆς μὴ ὑποκειμένη εἰς ποσοτικούς περιορισμούς. Τὸ στοιχεῖον τοῦτο καταδεικνύει τὰ πλεονεκτήματα τῆς ἐνδοαορτικῆς άντλίας ἔναντι τῶν ἐν παραλλήλῳ δρωσῶν μεθόδων καὶ ἐνισχύει τὰς κλινικὰς παρατηρήσεις περὶ ὑπεροχῆς ταύτης ἔναντι τῶν λοιπῶν.

Συμπερασματικῶς, ἐν τῇ προσπαθείᾳ ἀξιολογήσεως τῶν μεθόδων μηχανικῆς θεραπευτικῆς τῆς καρδιογενοῦς καταπληξίας, θεωρητικαὶ ὑποθέσεις βάσει ἡλεκτρικοῦ ἀναλόγου ἠλέγχθησαν πειραματικῶς ἐπὶ κυνῶν. Ἐκ τῆς συνθέσεως τῶν εὐρημάτων ὑποστηρίζεται ἡ ἄποψις ὅτι ἡ ἐν παραλλήλῳ ὑποβοήθησις τῆς καρδιακῆς λειτουργίας, ὥς γίνεται διὰ παρακάμψεως τῆς ἀριστερᾶς κοιλίας διὰ μηχανικῆς άντλίας, ὑπόκειται εἰς ποσοτικούς περιορισμούς. Ἡ δυσχέρεια συνεχοῦς προσδιορισμοῦ τῆς ἀρίστης τιμῆς παροχῆς τῆς άντλίας κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς παρακάμψεως δημιουργεῖ σοβαρὰς ἐπιφυλάξεις διὰ τὸ ἀβλαβὲς τῆς χρησιμοποιοῦσεως τῶν μεθόδων τούτων, ὥς αὗται ἐφαρμόζονται σήμερον (Moulopoulos et al.<sup>7,8</sup>).

Ἡ ἐν σειρᾷ ὑποβοήθησις, ὥς γίνεται διὰ τῆς ἐνδοαορτικῆς άντλίας, φαίνεται ἐκ τῶν μέχρι τοῦδε εὐρημάτων ὅτι στερεῖται τοῦ ὡς ἄνω μειονεκτήματος, ὥς μὴ δυναμένα, ὑπὸ τὰς μελετηθείσας τοῦλάχιστον συνθήκας, νὰ ἐπηρεάσῃ δυσμενῶς τὴν σχέσιν προφορτίου πρὸς μεταφόρτιον τῆς ἀριστερᾶς κοιλίας τῆς καρδίας καὶ ἐπομένως τὴν ἀπόδοσιν ταύτης.

Τὰ ἐν τῇ παρουσίᾳ σειρᾷ ἐργασιῶν εὐρήματα συμβάλλουν εἰς τὴν προσπάθειαν ἐπιλογῆς τῆς καταλληλοτέρας μεθόδου μηχανικῆς θεραπευτικῆς τῆς καρδιογενοῦς καταπληξίας. Ἡ τοιαύτη ἐπιλογή εἶναι, ὡς εἰκός, μεγάλης σημασίας οὐ μόνον ἀπὸ ἀπόψεως πρακτικῆς κατ' ἀσθενῆ, ἀλλὰ καὶ διότι ἐν τῇ ἀρχῇ τῆς ἐφαρμογῆς νέων μεθόδων, ἰδίᾳ ἐν τῇ Ἰατρικῇ, κύριον μέλημα, ἀλλὰ καὶ ἀπαραίτητον προϋπόθεσιν ἀποτελεῖ τὸ ἀβλαβές τῶν χειρισμῶν. Τὸ μέλλον τῆς τοιαύτης ρηζικεύθου προσπελάσεως τῆς καρδιογενοῦς καταπληξίας ἐξαρτᾶται πρῶτον ἐκ τοῦ πόσον ἀβλαβὴς θὰ δειχθῇ ἡ θεραπευτικὴ ἀγωγή, ἵνα δοθῇ ὁ χρόνος καὶ ἐρευνηθῇ ἡ ἀποτελεσματικότης της. Ἡ ἐπίγνωσις τῶν περιορισμῶν τῶν μεθόδων ἐλπίζεται ὅτι θὰ συμβάλῃ εἰς τὴν εὐρύτεραν ἐφαρμογὴν των ἐπὶ τῶν παθολογικῶν τούτων καταστάσεων, ἐφ' ὧν πᾶσα ἄλλη ἀγωγή δὲν ἐξαρκεῖ διὰ τὴν διάσωσιν τοῦ πάσχοντος.

#### S U M M A R Y

The high mortality of cardiogenic shock inspite of conventional treatment by chemical, electrical methods or by correction of the circulating blood volume, led to the application of mechanical assistance to the circulation.

The mechanical assistance to the heart may be divided into parallel and series assistance.

Theoretical analysis of the problem, by means of an electrical analogue, indicates that, while series assistance should always increase cardiac output and mean aortic pressure and decrease preload, parallel assistance may result in the same effects, only when there is an optimal relationship between the heart and the pump output.

Experimental observations with partial left ventricular bypass, by means of a pump, in 21 dogs following ligation of the coronary artery, confirmed the theoretical hypothesis. An optimal change in total aortic flow, mean aortic pressure, and external cardiac work was achieved when the bypass amounted to about 20 - 40 % of the total aortic flow.

Experimental observations with series assistance, by means of aortic balloon pumping, in 9 dogs following coronary artery ligation also confirmed the theoretically predicted results. Application of the pump produced a decrease in left ventricular end diastolic pressure and



marginal increase in cardiac output independently of the pump pressure used.

The existing data suggest that parallel assistance to the heart has some quantitative limitations which do not seem to exist in the case of the series assistance.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Connolly, J. E., Bacaner, M. B., Bruns, D. L., Lowenstein, J. M. and Storley, E.: Mechanical support of the circulation in acute heart failure, *Surgery*, 44: 255, 1958.
2. Dunkman, W. B., Leinbach, R. C., Buckley, M. J., Mundth, E. D., Kantrowitz, A. R., Austen, W. G. and Sanders, C. A.: *Clinical and Hemodynamic results of intraaortic balloon pumping and surgery for cardiogenic shock*. In press, 1972.
3. Jacobey, J. A., Taylor, W., Smith, G. T., Gorlin, R. and Harken, D. E.: A new therapeutic approach to acute coronary occlusion. *Surg. Forum*, 12: 225, 1961.
4. Kantrowitz, A. J., Krakauer, J. S., Rosenbaum, A., Butner, A., Freed, P. S. and Jaron, D.: Phase-shift balloon pumping in medically refractory cardiogenic shock. *Arch. Surg.*, 99: 739, 1969.
5. Krakauer, J. S., Rosenbaum, A., Freed, P. S., Jaron, D. and Kantrowitz, A. J.: Clinical management ancillary to phase-shift balloon pumping in cardiogenic shock. *Am. J. Cardiol.*, 27: 123, 1971.
6. Lefemine, A. A., Low, H. B. C., Cohen, M. L., Harken, D. E. and Lunzer, S.: Assisted circulation. The effect of synchronized arterial counterpulsation on myocardial oxygen consumption and coronary flow. *Am. Heart J.*, 64: 789, 1962.
7. Mouloupoulos, S. D., Anthopoulos, L. P., Stamatelopoulos, S. F. and Boufas, D. G.: Optimal changes in stroke work during left ventricular bypass. *J. Appl. Physiol.* In press.
8. Mouloupoulos, S. D., Crosby, M. J., Wildevuur, C. R. H. and Kolff, W. J.: Mechanical assistance to the circulation: principle and evaluation of results. *Med. Res. Eng.*, 3: 8, 1968.
9. Mouloupoulos, S. D., Topaz, S., Hillar, K. and Kolff, W. J.: Proper pressure curve shape in ventricles of intrathoracic mechanical hearts. *J. Appl. Physiol.*, 17: 1025, 1962.
10. Mouloupoulos, S. D., Topaz, S. and Kolff, W. J.: Diastolic balloon pumping (with carbon dioxide) in the aorta: A mechanical assistance to the failing circulation. *Am. Heart J.*, 62: 669, 1962.

11. Mundth, E. D., Buckley, M. J., Daggett, W. M., Sanders, C. A. and Austen, W. G.: Surgery for complications of acute myocardial infarction. *Circulation*, 45: 1279, 1972.
  12. Salisbury, R. F.: *Physiology of assisted circulation. In Mechanical Devices to Assist the Failing Heart*. National Academy of Sciences, National Research Council. Washington D. C., 1966.
  13. Schramel, R., Keller, C., Hyman, A. and Creech, O., Jr.: *Further observations on veno-venous perfusion. In Mechanical Devices to Assist the Failing Heart*. National Academy of Sciences, National Research Council. Washington D. C., 1966.
  14. Sideris, D. A., Arealis, E. G., Anthopoulos, L. P., Stamatelopoulos, S. F., Boufas, D. G. and Mouloupoulos, S. D.: *Cardiac assistance by a parallel heart transplant*. 6ον Ευρωπαϊκόν Συνέδριον Καρδιολογίας. Μαδρίτη, 1972.
  15. Sonnenblick, E. H. and Downing, S. E.: Afterload as a primary determinant of ventricular performance. *Am. J. Physiol.*, 204: 604, 1963.
  16. Stuckey, J., Mewman, M., Dennis, C., Berg, E., Goodman, S., Fries, C., Karlson, K., Blumenfeld, M., Weitzner, S., Binder, L. and Winston, A.: Use of the heart-lung machine in selected cases of acute myocardial infarction. *Surg. Forum*, 8: 342, 1957.
  17. Wildevuur, C. R. H., Mouloupoulos, S. D., Kolff, W. J., Crosby, M. J. and Nosé, Y.: Supplementary mechanically assisted circulation. An experimental study. *Ann. Thor. Surg.*, 6: 137, 1968.
-