

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ιστορικοί Στοχασμοί για την Παιδοκαρδιοχειρουργική και τη Χειρουργική Συγγενών Καρδιοπαθειών

Κωνσταντίνος Μαυρουδής, Δημήτρης Α. Δασκαλόπουλος

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παιδοκαρδιοχειρουργική έχει εξελιχθεί τις τελευταίες έξι δεκαετίες, από τις ηρωικές προσπάθειες που έκαναν ατρόμητοι χειρουργοί σε μια εξελιγμένη (sophisticated) χειρουργική ειδικότητα που βασίζεται σε στέρεη κλινική έρευνα.^{1,2} Αυτές οι ευσυνείδητες διερευνήσεις οδήγησαν σε άριστα αποτελέσματα των εγχειρήσεων με λίγα μόνο όρια που επιβάλλονται από τη σύμπλοκη παθολογοανατομία ή την ηλικία των ασθενών. Στην πραγματικότητα, οι περισσότερες από τις πρώιμες προόδους στην καρδιοχειρουργική επιτεύχθηκαν σε ασθενείς με συγγενή καρδιοπάθεια. Οι πρόοδοι στην παιδοκαρδιοχειρουργική συνέπεσαν αρχικώς με χειρουργικές προόδους που έσπρωξαν προς τα εμπρός τον τομέα της καρδιοχειρουργικής ενηλίκων με επίκτητες καρδιοπάθειες. Πολλά από τα κεφάλαια σε αυτό το βιβλίο αναφέρονται στους ιστορικούς σταθμούς που αφορούν την αρχική εξέλιξη αυτού του απαιτητικού (challenging) τομέα. Σε αυτό το κεφάλαιο, προσφέρεται στον αναγνώστη μια ευρεία ανασκόπηση και ιστορικές βιβλιογραφικές αναφορές (references) που αφορούν την αρχική εξέλιξη αυτού του τομέα (**Πίνακας 1**). Αναγνωρίζονται τέσσερις διαδοχικές εποχές και περιλαμβάνουν: (1) τις κλειστές εξωκαρδιακές εγχειρήσεις, (2) την εποχή των πρώιμων κλειστών ή ημικλειστών (semi-closed) ενδοκαρδιακών εγχειρήσεων, (3) την αρχική φάση της πλήρους ενδοκαρδιακής επιδιόρθωσης, και (4) μια μεταγενέστερη περίοδο που χαρακτηρίζεται από την εκλέπτυνση (refinement) των τεχνικών και την επέκταση του τομέα προς τη διόρθωση ή ανακούφιση σχεδόν κάθε είδους συγγενούς καρδιοπάθειας.

Η Αρχική Φάση: Οι Πρώιμες Εξωκαρδιακές Εγχειρήσεις

Οι πρώτες ημέρες των εγχειρήσεων για την επιδι-

Πίνακας 1. Η Εξέλιξη της Καρδιοχειρουργικής: Χρονολογική ακολουθία των μεγαλύτερων συνεισφορών στην ανάπτυξη του τομέα της χειρουργικής συγγενών καρδιοπαθειών.

Χρονολόγιο

- 1938 – Απολίνωση βατού αρτηριακού πόρου (Gross)
- 1944 – Επιδιόρθωση στένωσης ισθμού αορτής (Crafoord)
- 1944 – Blalock-Taussig shunt
- 1946 – Potts' shunt
- 1946 – Κλειστή πνευμονική βαλβιδοτομή (Sellors)
- 1948 – Κολπική διαφραγματοστομία κατά Blalock-Hanlon
- 1952 – Περιέδση της πνευμονικής αρτηρίας (Muller και Dammann)
- 1952 – Τεχνική του «κολπικού φρεατίου» για τη σύγκλειση του ASD (Gross)
- 1952 – Σύγκλειση του ASD με αποκλεισμό της εισροής και υποθερμία (Lewis)
- 1954 – Ελεγχόμενη διασταυρούμενη κυκλοφορία (Lillehei)
- 1957 – Βηματοδότης για πλήρη καρδιακό αποκλεισμό (Lillehei, Bakken, και Gott)
- 1958 – Άνω (superior) κοιλοπνευμονική αναστόμωση (Glenn)
- 1962 – Waterston's shunt
- 1966 – Κολπική διαφραγματοστομία με μπαλόνι (Rashkind)
- 1968 – Κολποπνευμονική σύνδεση (Fontan και Baudet)
- 1971 – Σύμπλοκη επιδιόρθωση στα νεογνά και τα βρέφη με PHCA (Barratt-Boyes)
- 1975 – Εγχείρηση arterial switch (Jatene)
- 1976 – Εισαγωγή της PGE1 (Elliott)
- 1981 – Ανακούφιση πρώτου-σταδίου για το σύνδρομο της υποπλαστικής αριστεράς καρδιάς (Norwood)
- 1984 – Νεογνική μεταμόσχευση καρδιάς (Bailey)

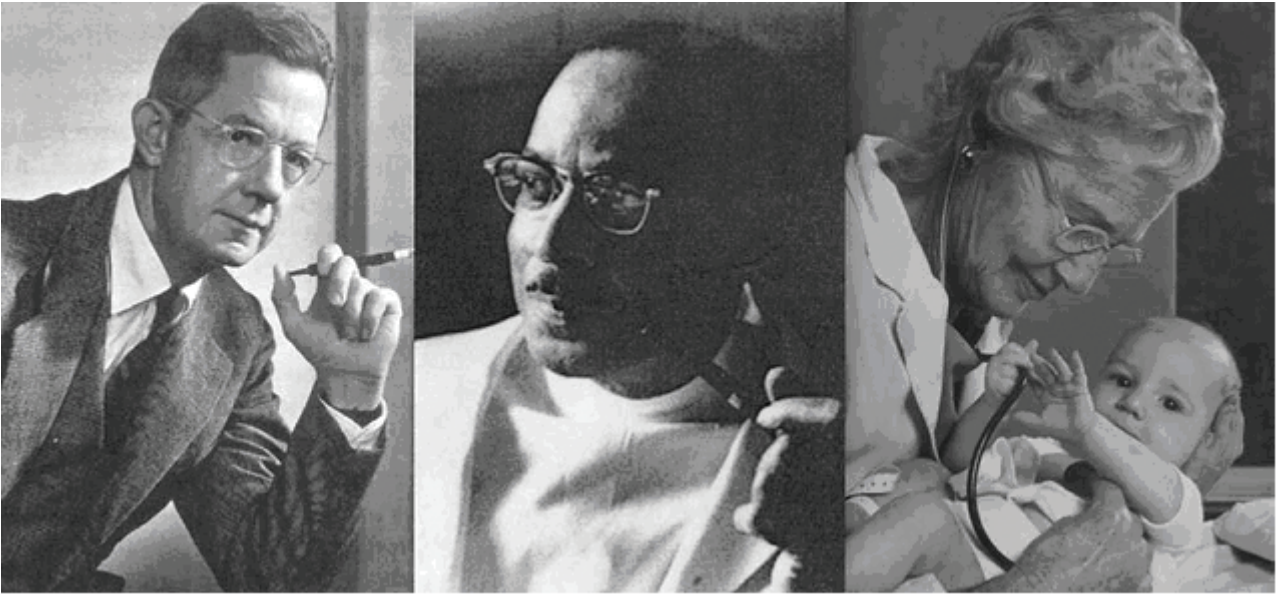
PGE1, προσταγλανδίνη E1 (prostaglandin E1). PHCA, βαθεία υποθερμική διακοπή της κυκλοφορίας (profound hypothermic circulatory arrest).

όρθωση απλών καρδιαγγειακών δυσπλασιών χρησίμευσαν ως μια σημαντική είσοδος στις μεταγενέστερες εποχές που έσπρωξαν προς τα εμπρός τα σύνορα της καρδιοχειρουργικής.³⁻⁵ Ενώ αυτές οι παθήσεις ήσαν

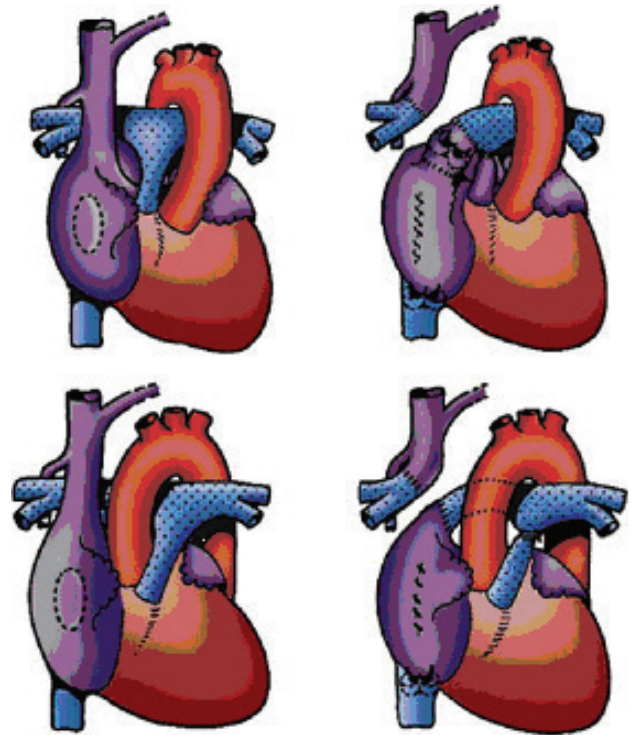
ανατομικώς απλές, η επιλογή των ασθενών, η απειλή της λοίμωξης σε μια εποχή χωρίς αντιβιοτικά και η μετεγχειρητική φροντίδα κατέστησαν ανεπιτυχείς αυτές τις αρχικές τολμηρές προσπάθειες. Ο John Strider στη Βοστώνη ήταν ο πρώτος που έκανε απολίνωση βατού αρτηριακού πόρου στις 6 Μαρτίου 1937, παρατηρώντας αμέσως ότι ο ψηλαφητός ροίζος είχε εξαφανιστεί μετά τη διακοπή του πόρου. Ο ηλικίας 22 ετών ασθενής είχε σωστά διαγνωστεί προεγχειρητικώς με υποξεία ενδοκαρδίτιδα του αρτηριακού πόρου και υπέκυψε στην κατακλυσμιαία σηψαιμία την τέταρτη μετεγχειρητική ημέρα.⁶ Η νεκροψία αποκάλυψε μια μεγάλη σηπτική εκβλάστηση, επεκτεινόμενη από τον αρτηριακό πόρο έως το επίπεδο της πνευμονικής βαλβίδος. Ο Robert Gross εγκαινίασε τον τομέα της χειρουργικής συγγενών καρδιοπαθειών διακόπτοντας επιτυχώς έναν βατό αρτηριακό πόρο στο Boston Children's Hospital στις 26 Αυγούστου 1938.⁷⁻⁹ Ο ασθενής εξήλθε από το νοσοκομείο χωρίς προβλήματα σε 10 ημέρες και επέζησε για πολλά χρόνια. Αν και η υπεροχή (primacy) αυτού του σταθμού στην καρδιοθωρακική χειρουργική έχει αμφισβητηθεί,¹⁰ αυτή η εγχείρηση-ορόσημο έδειξε ότι η παρέμβαση στα μεγάλα αγγεία εντός του βάθους του θώρακα ήταν δυνατή, με ιαματική έκβαση. Μετά από αυτήν την επιτυχή αρχική εγχείρηση, αντιμετώπιστηκε η στένωση του ισθμού της αορτής. Ο Alfred Blalock ήταν ο πρώτος που επιχειρήσε διόρθωση αυτού του προβλήματος σε μοντέλο σκύλου (canine model), γυρίζοντας προς τα κάτω την περιφερικώς διαταμείσα αριστερά υποκλειδίου αρτηρία και αναστομώνοντας το αγγείο με την άνω κατιούσα αορτή (εγχείρηση Blalock-Park).¹¹ Σημειώθηκε μια αποθαρρυντικά υψηλή συχνότητα παραπληγίας, πιθανώς ως συνέπεια των σχετικών μακρών χρόνων αορτικού αποκλεισμού (clamping) η οποία περιόρισε τη ροή μέσω μιας φυσιολογικού διαμετρήματος υποκλειδίου αρτηρίας και πτωχής παράπλευρης κυκλοφορίας. Ο Clarence Crafoord συστηματικώς απέκλειε (clamped) την αορτή στη διάρκεια της απολίνωσης του αρτηριακού πόρου, και ήταν ο πρώτος που ανακοίνωσε την επιδιόρθωση της στένωσης ισθμού αορτής με τελικο-τελική (end-to-end) αναστόμωση σε δύο ασθενείς που χειρουργήθηκαν στο Karolinska Institute το 1944.¹² Ο Robert Gross περιέγραψε μια περίπτωση επιτυχούς επιδιόρθωσης στένωσης ισθμού αορτής αμέσως μετά¹³ και ήταν ο πρώτος που αντιμετώπισε αυτήν τη δυσπλασία με ένα ελεύθερο μόσχευμα (interposition graft) το 1949.¹⁴

Παρόλο που αυτές οι αρχικές παρεμβάσεις ήταν αξιοσημείωτες, η μακροπρόθεσμη προοπτική για παιδιά με σύμπλοκη κυανωτική συγγενή καρδιοπάθεια παρέμεινε ζοφερή μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1940. Επιπλέον, η προεγχειρητική διάγνωση βασιζόταν αποκλειστικώς στην κλινική εξέταση, τις ακτινο-

γραφίες θώρακος και την ηλεκτροκαρδιογραφία. Στο πανεπιστήμιο Johns Hopkins, η Helen Taussig μπόρεσε να εφαρμόσει αυτές τις τεχνικές για να ταξινομήσει τα παιδιά με συγγενή καρδιοπάθεια σε ευρείες διαγνωστικές κατηγορίες, υπογραμμίζοντας τον επείγοντα χαρακτήρα της ανάπτυξης μιας μεθόδου για σταθερή ανακούφιση των κυανωτικών ασθενών. Εκείνη η σταθερή ανακούφιση ήταν το Blalock-Taussig shunt. Η Taussig συνομίλησε με τον Alfred Blalock, τον νεοδιορισμένο επικεφαλής χειρουργικής στο Johns Hopkins Hospital (Εικόνα 1). Στη διάρκεια της προηγούμενης θητείας του στο Vanderbilt University στο Nashville, ο Dr. Blalock και ο Vivien Thomas (ο τεχνολόγος του εργαστηρίου του) είχαν δημιουργήσει ένα πειραματικό μοντέλο πνευμονικής υπέρτασης που περιλάμβανε απολίνωση της αριστεράς πνευμονική αρτηρίας και αναστόμωση μεταξύ της αριστεράς υποκλειδίου αρτηρίας και των αριστερών πνευμονικών αρτηριακών κλάδων.¹⁵ Αν και δεν μπόρεσαν να αυξήσουν την πνευμονική αρτηριακή πίεση λόγω της χαμηλής δραστηρικής αντίστασης (impedance) του πνευμονικού αρτηριακού δένδρου, η τεχνική παρέσχε την αύξηση στην πνευμονική ροή που τόσο απελπιστικά χρειαζόντουσαν τα κυανωτικά παιδιά. Αυτή η επινοήση (concept) παρουσιάστηκε στην κλινική αρένα στις 29 Νοεμβρίου 1944, όταν ο Blalock έκανε επιτυχώς το πρώτο συστηματική αρτηρία-προς-πνευμονική αρτηρία shunt, ανοίγοντας έτσι τις πόρτες στη μακροπρόθεσμη ανακούφιση για κυανωτικούς ασθενείς.^{16,17} Η Eileen Saxon, που ήταν τότε ασθενής ηλικίας 16 μηνών με τετραλογία Fallot, από το περίπου απαγορευτικό βάρος γέννησης των 1,1 kg είχε φτάσει οριακώς κατά την εγχείρηση το βάρος (operative weight) των 4 kg. Ακολούθησαν ποικίλες τροποποιήσεις αυτής της αρχικής επινοήσης (concept) και όλες τελικώς έγιναν παρωχημένες με την εισαγωγή του «τροποποιημένου» (modified) Blalock-Taussig shunt.¹⁸ Μεταξύ αυτών, η αναστόμωση της κατιούσης αορτής με την αριστερά πνευμονική αρτηρία (Potts shunt)¹⁹ και της ανιούσης αορτής με τη δεξιά πνευμονική αρτηρία (Waterston shunt)²⁰ ανακοινώθηκαν το 1946 και το 1962 αντιστοίχως. Αυτές οι προσεγγίσεις (approaches) συχνά αποδείχτηκαν αναξιόπιστες στη ρύθμιση της πνευμονικής ροής και ήταν εξαιρετικώς δύσκολο να ελεγχθούν κατά τον χρόνο της όψιμης πλήρους ενδοκαρδιακής επιδιόρθωσης. Στη διάρκεια των επομένων δεκαετιών, οι αναστομώσεις (shunts) συστηματικής αρτηρίας-προς-πνευμονική αρτηρία – αντί για την αρχική προσέγγιση τής σε στάδια (staged) επιδιόρθωσης συγγενών καρδιοπαθειών με δικουλική (biventricular) καρδιά – έγιναν το κύριο στήριγμα της ανακούφισης για τη μονοκουλική (univentricular) καρδιοπάθεια. Οι εξωκαρδιακές ανακουφιστικές επεμβάσεις γίνονται πλέον συνήθως ως το αρχικό βή-



Εικόνα 1. Οι πρωταγωνιστές του πρώτου συστημική αρτηρία-προς-πνευμονική αρτηρία shunt στις 29 Νοεμβρίου 1944, στο Johns Hopkins Hospital. Από αριστερά προς τα δεξιά: Alfred Blalock (1890-1964), Vivien Thomas (1910-1985), και Helen Taussig (1898-1986). (A,C: Πνευματική ιδιοκτησία του Yousuf Karsh, ευγενική παραχώρηση του φωτογραφικού αρχείου του Johns Hopkins University. B: Ευγενική παραχώρηση του φωτογραφικού αρχείου του Johns Hopkins University).



Εικόνα 2. Αριστερά: Ο Francis Maurice Fontan (αναπαράγεται από Westaby S. Foundations of cardiac surgery. In: Landmarks of cardiac surgery, Westaby S, with Boshier C, editors. Oxford: Isis Medical Media Limited; 1997. p: 15). Δεξιά: Εικονογράφηση από το αρχικό άρθρο του 1971 που απεικονίζει λεπτομερώς μια καινοτόμο (novel) χειρουργική προσέγγιση της τριγλωχινικής ατρησίας και της μονοκοιλιακής καρδιοπάθειας. (Αναπαράγεται από: Fontan F, Baudet E. Surgical repair of tricuspid atresia. Thorax 1971;26:240-8.) Κολποπνευμονική σύνδεση με (επάνω πάνελ) και χωρίς (κάτω πάνελ) παρέμβλητο (interposition) βαλβιδοφόρο ομοιομόσχευμα ανάμεσα στον δεξιό κόλπο και την αριστερά πνευμονική αρτηρία.

μα προς την επίτευξη πλήρους παράκαμψης της δεξιάς καρδιάς, της αποκαλούμενης κυκλοφορίας Fontan (**Εικόνα 2**).²¹⁻²⁷ Για παιδιά με δυσπλασίες που χαρακτηρίζονται από διαφυγή (shunting) αριστερά-προς-τα-δεξιά και πνευμονική υπερκυκλοφορία, η αρχική θεραπεία της πνευμονικής υπέρτασης με περιδεδση της πνευμονικής αρτηρίας παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τους Muller και Dammann το 1952.²⁸ Αν και χρησιμοποιείται σπανίως σε ασθενείς με δικουιλιακή καρδιά, η πνευμονική αρτηριακή περιδεδση εξακολουθεί να παίζει ρόλο στην αρχική σταδιοποίηση (staging) των καρδιακών δυσπλασιών που χαρακτηρίζονται από μονοκουιλιακή (univentricular) μορφολογία και πνευμονική υπεραϊμάτωση.

Πρώιμες Κλειστές ή Ημίκλειστες (Semiclosed) Ενδοκαρδιακές Εγχειρήσεις

Οι πρώτες απόπειρες για κλειστή ενδοκαρδιακή παρέμβαση έγιναν για να αντιμετωπιστεί η πνευμονική στένωση στα κυανωτικά μωρά. Ο T. Holmes Sellors στο Λονδίνο ανακοίνωσε την πρώτη επιτυχή διακουιλιακή πνευμονική βαλβιδοτομή τον Δεκέμβριο του 1946.²⁹ Αρχικώς, είχε την πρόθεση να κάνει ένα shunt συστημικής αρτηρίας-προς-πνευμονική αρτηρία, αλλά οι χρόνιες συνέπειες της φυματίωσης κατέστησαν ακατόρθωτο αυτό το αρχικό σχέδιο για τον ασθενή του με τετραλογία Fallot, αφού οι πνευμονικές συμφύσεις απαγόρευαν την ανατομή των βραχιοκεφαλικών αγγείων. Στη συνέχεια, αυτή η αντιμετώπιση διαδόθηκε από τον Lord Brock στο Guy's Hospital και έγινε η πλέον κατάλληλη αντιμετώπιση (standard of care) για μεγάλο μέρος της επομένης δεκαετίας. Αυτή η επέμβαση παραμερίστηκε από την ανοικτή βαλβιδοτομή με τη χρήση καρδιοπνευμονικής παράκαμψης (cardiopulmonary bypass) και, τελικώς, από την πολύ συχνότερα χρησιμοποιούμενη διαδερμική βαλβιδοτομή με μπαλόνι που ανακοινώθηκε για πρώτη φορά το 1982 από την Jean Kan στο Johns Hopkins Hospital.³⁰ Αυτές οι αρχικές πρόοδοι και επιτυχίες με ανακουφιστικές επεμβάσεις είχαν ως αποτέλεσμα την αυξημένη επιβίωση και ποιότητα ζωής για εκείνους τους ασθενείς με συγκεκριμένους τύπους συγγενούς καρδιοπάθειας. Οι ασθενείς που ευεργετήθηκαν θα είχαν σχεδόν μετά βεβαιότητας πεθάνει πρόωρα χωρίς την ανακουφιστική εγχείρηση.³¹ Αυτές οι πρόοδοι οδήγησαν σε πιο ευφυείς τεχνικές με τις οποίες αντιμετωπίστηκαν άλλες ανωμαλίες όπως τα μεσοκολπικά ελλείμματα.

Αν και μια αρχική μερικώς επιτυχής απόπειρα για σύγκλειση μεσοκολπικού ελλείμματος (ASD) με την τεχνική της εξωτερικής συρραφής περιεγράφη από τον Murray το 1948,³² ο Robert Gross το 1952 ανακοίνωσε την ευφυή χρήση ενός «κολπικού φρεατίου» (atrial

well) για να κλείνει μεσοκολπικά ελλείμματα (ASDs).³³ Το φρεάτιο είχε κατασκευαστεί με τη συρραφή μιας λαστιχένιας χοάνης στο τοίχωμα του δεξιού κόλπου, το οποίο κατέστησε δυνατή την αποφυγή της αφαιμάξης και της εμβολής αέρα. Μέσω του φρεατίου και υπό τη σταθερή και ελεγχόμενη στήλη αίματος, ο χειρουργός αναγνώριζε το έλλειμμα με την ψηλάφηση και το επιδιόρθωνε πρωτογενώς (primarily) χωρίς να έχει άμεση θέαση. Αν και αυτή η τεχνική ήταν εξ ανάγκης εντελώς υποτυπώδης και ατελής, ο John Kirklin το 1956 ανακοίνωσε μια σειρά 29 ασθενών που υπεβλήθησαν σε επιτυχή σύγκλειση ASD με την τεχνική του κολπικού φρεατίου και χωρίς χειρουργική θνησιμότητα.³⁴ Μερικοί κυανωτικοί ασθενείς χρειαζόντουσαν μια μεσοκολπική επικοινωνία για τη δημιουργία ανάμειξης αίματος στους κόλπους και τη βελτίωση των συστημικών κορεσμών αίματος. Αντί να χρησιμοποιηθεί η τεχνική του «κολπικού φρεατίου», στην εποχή των ημίκλειστων τεχνικών εκτελείτο κυρίως η κολπική διαφραγματεκτομή με τη μέθοδο που παρουσιάστηκε από τους Blalock και Hanlon το 1948.³⁵ Αυτή η ευφυής μέθοδος βασίστηκε σε φυσιολογικές και ανατομικές σχέσεις. Η απομόνωση του δεξιού πνεύμονα εκτελείτο απομονώνοντας προσωρινώς τις δεξιές πνευμονική αρτηρία και φλέβες και τοποθετώντας έναν καταλλήλως σχεδιασμένο σφιγκτήρα (clamp) στην αύλακα του Sondergaard που απομόνωνε ένα τμήμα του δεξιού και του αριστερού κόλπου. Το οπίσθιο και το δεξιο-πλάγιο τμήμα του μεσοκολπικού διαφράγματος μπορούσε τότε να εκταμεί, και η μεσοκολπική αύλαξ να συγλειστεί πρωτογενώς (primarily). Αυτές οι απαιτητικές εγχειρήσεις^{36,37} αντικαταστάθηκαν τελικώς από την ανακοίνωση από τον Rashkind της διαφραγματοστομίας με μπαλόνι το 1966.[38]

Η Αρχική Φάση των Πλήρων Ενδοκαρδιακών Επιδιορθώσεων

Η χρήση κλειστών ή ημίκλειστων εγχειρήσεων απέτυχε να αντιμετωπίσει επιτυχώς πιο σύμπλοκα μορφολογικά προβλήματα, για τα οποία μια πραγματική διόρθωση υπό άμεση θέαση εθεωρείτο ακατόρθωτη μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1950. Η παράλληλη διερεύνηση της υποθερμίας από το πρωτοποριακό έργο του Wilfred Bigelow,³⁹ η παρουσίαση και ανάπτυξη της εξωσωματικής κυκλοφορίας από τον John Gibbon, και οι ομάδες του University of Minnesota και της Mayo Clinic οδήγησαν στην υλοποίηση της πραγματικής ενδοκαρδιακής χειρουργικής. Στις 2 Σεπτεμβρίου 1952, ο John Lewis για πρώτη φορά κατόρθωσε τη σύγκλειση ενός ASD υπό άμεση θέαση σε ένα παιδί ηλικίας 5 ετών στο University of Minnesota.^{40,41} Η επέμβαση διάρκεσε 58 λεπτά και είχε προηγηθεί περίοδος συστημικής ψύξης της σωματικής επιφάνειας επί 2 ώρες και 10 λε-

πτά. Σε κεντρική σωματική θερμοκρασία (core temperature) 28° Κελσίου, έγινε δεξιά θωρακοτομή και κατά τη διάρκεια 5 λεπτών αποκλεισμού της εισροής αίματος (inflow occlusion) το 2-cm ASD κλείστηκε πρωτογενώς (primarily). Σε λιγότερο από μια δεκαετία, η θνησιμότητα για σύγκλιση ASD μειώθηκε από 30,2% (αρχική σειρά του Gross για τη σύγκλιση ASD με τη χρήση του κολπικού φρεγατίου) σε 12,1% (σειρά του Lewis με αποκλεισμό εισροής).⁴² Με την τεχνική του αποκλεισμού εισροής, ο επιτρεπόμενος χρόνος για επιδιόρθωση ήταν κάτω από 10 λεπτά. Για να εξασφαλιστεί κάποιος βαθμός ασφάλειας, η επόμενη φυσική εξέλιξη των ενδοκαρδιακών επιδιορθωτικών τεχνικών ήταν η εισαγωγή της εξωσωματικής κυκλοφορίας. Ο John Gibbons ήταν ο πρώτος που ανακοίνωσε επιτυχή άμεση σύγκλιση ενός ASD με τη βοήθεια εξωσωματικής κυκλοφορίας σε έναν ασθενή ηλικίας 18 ετών στο The Jefferson Medical College το 1953.⁴³ Η εφαρμογή αυτών των τεχνικών δεν ήταν πάντα επιτυχής και αυτό υποκίνησε εναλλακτικές λύσεις. Δύο κύριες τεχνικές αναδύθηκαν ταχέως: η ελεγχόμενη διασταυρούμενη κυκλοφορία (controlled cross-circulation) και η μηχανική εξωσωματική αιμάτωση (mechanical extracorporeal perfusion), που υποστηρίχθηκαν από το University of Minnesota και τη Mayo Clinic αντιστοίχως.

Ο C. Walton Lillehei ανακοίνωσε προσπάθειες για να επιτύχει την ενδοκαρδιακή επιδιόρθωση σύμπλοκων καρδιακών ανωμαλιών χρησιμοποιώντας ελεγχόμενη διασταυρούμενη κυκλοφορία από άνθρωπο σε άνθρωπο (controlled human to human cross-circulation) στις 26 Μαρτίου 1954.⁴⁴ Οι Lillehei, Varco, Cohen, και Warden έγιναν πρωτοπόροι αυτής της τεχνικής ύστερα από εκτεταμένη εργαστηριακή διερεύνηση σε σκυλιά (canines).^{45,46} Ο πρώτος ασθενής, ένα αγόρι ηλικίας 1 έτους με βάρος κατά την εγχείρηση (operative weight) 6,9 kg, υποστηρίχθηκε από τον πατέρα του επί 19 λεπτά ενόσω το μεσοκοιλιακό έλλειμμα συνεκλείετο πρωτογενώς (primarily). Ο ασθενής πέθανε λόγω πνευμονίας ύστερα από 11 ημέρες. Όμως, αυτή η τεχνική ήττα δεν υπονόμωσε το ηθικό των χειρουργών στο University of Minnesota. Κόντρα στη θεσμική προκατάληψη αλλά με τη βοήθεια του Owen Wangensteen, ο Lillehei, 2 εβδομάδες αργότερα, έκλεισε το μεσοκοιλιακό έλλειμμα ενός κοριτσιού ηλικίας 4 ετών, επιτυγχάνοντας μακροπρόθεσμη επιβίωση. Ο Lillehei και οι συνεργάτες του έκαναν συνολικώς 45 εγχειρήσεις με την ελεγχόμενη διασταυρούμενη κυκλοφορία (controlled cross-circulation). Ανάμεσα σε αυτές ήταν η πρώτη επιτυχής επιδιόρθωση τετραλογίας Fallot, μεσοκοιλιακού ελλείμματος, και κολποκοιλιακού καναλιού (atrioventricular canal).⁴⁷⁻⁴⁹ Σε αυτήν την ασυνήθιστη (extraordinary) σειρά, η χειρουργική θνησιμότητα ήταν 38%, και το

79% των επιζησάντων ήταν ζωντανοί κατά την παρακολούθηση 30 χρόνια αργότερα (30-year follow-up). Ουδείς θάνατος απεδόθη με άμεσο τρόπο στην εξωσωματική αιμάτωση (extracorporeal perfusion), και ο μετεγχειρητικός καρδιακός αποκλεισμός (heart block) είχε βεβαιότατα εμπλακεί σε αρκετές από τις αρχικές αποτυχίες. Εξαιτίας αυτής της πρώιμης, φαινομενικώς (apparently) αζεπέραστης επιπλοκής, οι Lillehei, Bakken, και συνεργάτες ανέπτυξαν επίσης, από την πιεστική αναγκαιότητα, τους πρώτους προσωρινούς και, τελικώς, μόνιμους εμφυτεύσιμους βηματοδότες.^{51,52} Μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1950, το University of Minnesota είχε στραφεί σε υποστήριξη της κυκλοφορίας με τον οξυγονωτή (oxygenator) DeWall-Lillehei⁵³ και εγκατέλειψε την ελεγχόμενη διασταυρούμενη κυκλοφορία (cross-circulation).

Ο John Kirklin στη Mayo Clinic επικέντρωσε τις προσπάθειές του στην εξωσωματική κυκλοφορία, αναπτύσσοντας τη συσκευή Mayo-Gibbons και τις τροποποιήσεις της.⁵⁴ Το 1955, ο Kirklin ανακοίνωσε μια ομάδα (cohort) ασθενών με ανωμαλίες διαφραγματοποίησης (septation) οι οποίες διορθώθηκαν με υποστήριξη από μηχανική εξωσωματική κυκλοφορία.⁵⁵ Αυτή η αρχική εργασία καθιέρωσε τη σχετική ασφάλεια της μηχανικής εξωσωματικής κυκλοφορίας και χρησίμευσε ως πλατφόρμα για την ανάπτυξη του τομέα της παιδιατρικής καρδιοχειρουργικής. Χρησιμοποιώντας τις τεχνικές που αναπτύχθηκαν στη Minnesota, πιο σύμπλοκες ανωμαλίες μπόρεσαν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς στις αρχές της δεκαετίας του 1960 χωρίς υπερβολική θνησιμότητα.⁵⁶⁻⁶²

Παρά αυτήν την αρχική επιτυχία, η ενδοκαρδιακή επιδιόρθωση στα νεογνά και τα βρέφη παρέμεινε ως μια παράτολμη αποστολή (undertaking), κυρίως λόγω των δηλητηριωδών δράσεων της εξωσωματικής κυκλοφορίας στα βρέφη και τα παιδιά.⁶³ Το μέγεθος των αγωγών (conduits) της παράκαμψης, η έλλειψη προηγμένων στρατηγικών καρδιοπληγίας, και η υπανάπτυξη της παιδιατρικής της κρίσιμης φροντίδας (pediatric critical care) κατέστησαν απαγορευτική τη διόρθωση καρδιακών ανωμαλιών σε νεαρά βρέφη. Ανάμεσα στο 1955 και τα μέσα της δεκαετίας του 1960, μικρότεροι ασθενείς υπεβλήθησαν σε διορθώσεις που έγιναν σχεδόν αποκλειστικώς ύστερα από μια αρχική ανακούφιση μέσω των κλειστών καρδιακών τεχνικών.

Επέκταση του Τομέα της Χειρουργικής Συγγενών Καρδιοπαθειών

Ο Sir Brian Barratt-Boyes παρουσίασε πολλές βελτιωμένες τεχνικές για την επίτευξη επιδιορθώσεων σύμπλοκων συγγενών καρδιοπαθειών. Επέστρεψε στο Green Lane Hospital (στο Auckland της Νέας Ζηλαν-

δίας) ύστερα από δύο φωτισμένα (enlightened) χρόνια στη Mayo Clinic (1953-1955). Ήταν πρωτοπόρος της εφαρμογής της βαθιάς υποθερμίας (profound hypothermia) και της υποθερμικής διακοπής της κυκλοφορίας (hypothermic circulatory arrest). Αυτή η προσέγγιση ελαχιστοποίησε τη διάρκεια της έκθεσης στις επιφάνειες της εξωσωματικής κυκλοφορίας και τη συνακόλουθη φλεγμονώδη αντίδραση, περιορίζοντάς την κυρίως στον χρόνο που απαιτείται για την ψύξη (cooling) και την επαναθέρμανση (rewarming). Η πραγματική ενδοκαρδιακή επιδιόρθωση, αυτή καθ' εαυτήν, θα μπορούσε έτσι να πραγματοποιηθεί ταχέως χωρίς οι σωλήνες (cannulas) να γεμίζουν ένα μη-αιματηρό (unsanguineous) πεδίο, διευκολύνοντας έτσι την έκθεση (exposure) - δηλαδή τη θέαση - στα νεογνά και τα μικρά βρέφη. Επιπλέον, η συστηματική ψύξη επέτρεπε μια σχετικώς αξιόπιστη μυοκαρδιακή προστασία πριν από την εισαγωγή και την τακτική (routine) χρήση της καρδιοπληγίας.⁶⁴⁻⁶⁶ Αυτή η επαναστατική καινοτομία επέτρεψε την ενδοκαρδιακή επιδιόρθωση των σύμπλοκων ανωμαλιών στα νεογνά και τα βρέφη, με άριστα αποτελέσματα.^{67,68} Από τα 37 βρέφη που ανακοινώθηκαν στο αρχικό άρθρο του Barratt-Boyes το 1971,⁶⁹ τα 33 είχαν βάρος κατά την εγχείρηση (operative weight) κάτω από 10 kg, και 25 ασθενείς ήταν ηλικίας μεταξύ 8 ημερών και 12 μηνών κατά τον χρόνο της χειρουργικής διόρθωσης. Ακολούθησε μια σταδιακή αλλά σταθερή αλλαγή (shift) προς την πρώιμη, πλήρη ενδοκαρδιακή επιδιόρθωση ενός σταδίου (one-stage) αντί για την αρχική ανακούφιση.⁷⁰⁻⁷⁴ Σύμπλοκες ανωμαλίες όπως η ολική ανώμαλη πνευμονική φλεβική σύνδεση, η μετάθεση των μεγάλων αρτηριών,^{73,74} το πλήρες κολποκοιλιακό κανάλι,⁷⁵⁻⁷⁷ και οι ανωμαλίες του αορτικού τόξου^{78,79} μπορούσαν να επιδιορθωθούν στη νεογνική περίοδο ή στην πρώιμη βρεφική ηλικία με πολύ περισσότερο αποδεκτή νοσηρότητα και θνησιμότητα εν συγκρίσει με τα αποτελέσματα προηγούμενων διορθωτικών προσπαθειών. Για τις πρωτοπόρους προσπάθειές του, απονεμήθηκε στον Brian Barratt-Boyes το 1966, κατά την απονομή τιμών (New Year Honours), ο τίτλος του Διοικητή του Τάγματος της Βρετανικής Αυτοκρατορίας (Commander of the Order of the British Empire), και προήχθη σε Ιππότη Διοικητή (Knight Commander) του ιδίου Τάγματος το 1971 ενισχύοντας περαιτέρω μια εξέχουσα θέση σε εθνικό επίπεδο ανάλογη με εκείνη του René Favaloro στην Αργεντινή και του Christiaan Barnard στη Νότιο Αφρική.⁸⁰ Ο Barratt-Boyes επέδειξε την εμπειρία του Green Lane Hospital σε πολλές διεθνείς συναντήσεις καθώς και σε εργαστήρια (workshops) που φιλοξένησε στο Auckland της Νέας Ζηλανδίας.

Αυτό το πρωτοποριακό έργο αναπτύχθηκε περαιτέρω από τους Castaneda,^{74,76} Jatene,^{81,82} Norwood,^{83,84} Ebert,^{85,86} Bailey,^{87,88} και άλλους.⁸⁹⁻⁹²

Χάρη στο όραμα και την αποφασιστικότητα αυτών που συνεισέφεραν και στην εκθετική πρόοδο της χειρουργικής φροντίδας,^{38,93} αυτός ο τομέας, στη διάρκεια μιας περιόδου μόλις 25 ετών, εξελίχθηκε από τις δύσκολες προσπάθειες για ανακούφιση σε μεγαλύτερα παιδιά σε συνήθη (routine) πλήρη διόρθωση σε νεογνά και βρέφη.

Περαιτέρω εξελίξεις που εκτίναξαν τη Χειρουργική Συγγενών Καρδιοπαθειών στον 21ο Αιώνα.

Οι μαθητές των προαναφερθέντων ατρόμητων χειρουργών μετέφεραν τις καινοτόμες τεχνικές σε εκλεπτυσμένα (refined) στάδια προς: βελτιωμένα κλινικά αποτελέσματα – αναδρομική (retrospective) ανάλυση δεδομένων (data) από τη Βάση Δεδομένων (Database) της Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery⁹⁴ – προδρομικές (prospective) μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από το Κέντρο Δεδομένων (Data Center) της Congenital Heart Surgeons Society^{95,96} – εγκαινιασμός της πιστοποίησης (certification) στη Χειρουργική Συγγενών Καρδιοπαθειών (Congenital Heart Surgery) από το American Board of Thoracic Surgery⁹⁷ – και καθιέρωση της Congenital Heart Surgeons Society (CHSS) ως το πρόσωπο της Χειρουργικής Συγγενών Καρδιοπαθειών στη Βόρειο Αμερική.^{95,96} Η ειδικότητα της Χειρουργικής Συγγενών Καρδιοπαθειών ωρίμαζε. Στην αυγή του 21ου αιώνα, υψηλή θνησιμότητα συνόδευε ακόμα την εγχείρηση Norwood για το σύνδρομο της υποπλαστικής αριστεράς κοιλίας (HLHS), και τις εγχειρήσεις για τον κοινό αρτηριακό κορμό (truncus arteriosus) με διακεκομμένο αορτικό τόξο, τη σοβαρή νεογνική ανωμαλία του Ebstein της τριγλώχινος βαλβίδος, και την τετραλογία Fallot με πνευμονική ατρησία και μείζονες αορτοπνευμονικές παράπλευρες αρτηρίες (MAPCAs).^{98,99} Επιπροσθέτως, οι μακροπρόθεσμες επιπλοκές της εγχείρησης Fontan οδήγησαν σε υψηλή θνησιμότητα της «Αναθεώρησης Fontan» (Fontan Revision) και της καρδιακής μεταμόσχευσης για ασθενείς με Fontan λόγω της συνύπαρξης ηπατικής ανεπάρκειας, καρδιακών αρρυθμιών, εντεροπάθειας απώλειας πρωτεΐνης (protein losing enteropathy), και πλαστικής βρογχίτιδος.^{100,101}

Αναλυτικοί και ατρόμητοι χειρουργοί παρουσίασαν και εκλέπνυαν την εγχείρηση Norwood^{83,84} βελτιώνοντας έτσι τα αποτελέσματα. Άτομα όπως: ο William Norwood,¹⁰² ο Edward Bove,¹⁰³⁻¹⁰⁶ ο Thomas Spray,¹⁰⁷ ο David Bichell¹⁰⁸ και ο Shunji Sano¹⁰⁹⁻¹¹¹ τεκμηρίωσαν προοδευτικές (stepwise) τεχνικές πρόόδους που μείωσαν τον χρόνο διακοπής (arrest) της κυκλοφορίας, τυποποίησαν τη μεγέθυνση (augmentation) της νεοαορτής με μπάλωμα (patch), παρουσίασαν το κοιλία-πνευμονική αρτηρία shunt, και έδωσαν έμφαση στα σχέδια (schemes) της μετεγχειρητικής αντιμετώπι-

σης περιλαμβανομένης της καθυστερημένης (delayed) πρωτογενούς (primary) σύγκλεισης του θώρακα. Αυτές οι καινοτομίες χρησίμευσαν στη βελτίωση των κλινικών αποτελεσμάτων της εγχείρησης Norwood.

Παρόλο που οι εγχειρήσεις για τον κοινό αρτηριακό κορμό (truncus arteriosus) εκτελούνταν με ένα αποδεκτό ποσοστό θνησιμότητας,¹¹²⁻¹¹⁵ εκείνοι οι ασθενείς με συνοδό (associated) διακεκομμένο (interrupted) αορτικό τόξο είχαν ακόμα υψηλό ποσοστό θνησιμότητας λόγω ανατομικών ποικιλιών, ανεπάρκειας της κορμικής (truncal) βαλβίδος, και υποπλασίας του αορτικού τόξου.¹¹⁶ Προδρομικές (prospective) έρευνες από την CHSS οδήγησαν στην τεκμηρίωση αυτών των αποτελεσμάτων.¹¹⁷ Και στη συνέχεια ο Edward Bove¹¹⁸ απέδειξε πώς βελτιωμένα αποτελέσματα μπορούν να επιτευχθούν με την προσεκτική εφαρμογή της μυοκαρδιακής συντήρησης (myocardial preservation), τις τεχνικές συστημικής αιμάτωσης (systemic perfusion techniques), και την εξαιρετική (stellar) τεχνική ικανότητα.¹¹⁹ Σύντομα ακολούθησαν βελτιωμένα αποτελέσματα και από άλλους.^{114,115}

Νεογνά με σοβαρή ανωμαλία του Ebstein της τριγλώχινος βαλβίδος αντιμετώπιζαν ιδιαίτερο κίνδυνο (risk) ώρες μετά τη γέννηση λόγω πτωχής συστημικής αιμάτωσης (systemic perfusion), οξέωσης, και υπότασης. Ο Vaughan Starnes παρουσίασε την απομόνωση (isolation) της τριγλώχινος βαλβίδος με ένα πορώδες (fenestrated) μπάλωμα και ένα συστημική αρτηρία-προς-πνευμονική αρτηρία shunt για να σταθεροποιήσει αυτούς τους ασθενείς με αξιοσημείωτη επιτυχία.^{120,121} Τον Christopher Knott-Craig¹²² απασχόλησε σοβαρά η ιδέα ότι επιδιόρθωση της τριγλώχινος βαλβίδος ακόμα και στα νεογνά ή τα βρέφη θα μπορούσε να επιτευχθεί με ενοϊκά αποτελέσματα. Αυτή η στρατηγική επέτρεψε τη δικοιλιακή (biventricular) επιδιόρθωση σε μερικούς ασθενείς, αντίθετα με την τεχνική του Starnes η οποία σε μεγάλο βαθμό οδήγησε τους ασθενείς προς τη μονοκοιλιακή (univentricular) ανακούφιση.

Ήταν ο Frank Hanley αυτός που επέδειξε την υπομονή, το κουράγιο, και την τεχνική ικανότητα για να ανασυγκροτήσει (rehabilitate) μικρές περιφερικές MAP-CAs συνδέοντάς τις έτσι ώστε να αποτελέσουν ένα μονοεστιακοποιημένο (unifocalized) αγγειακό τμήμα και να επιτύχει δικοιλιακή (biventricular) επιδιόρθωση με σύγκλειση του VSD και τοποθέτηση αγωγού (conduit) από τη δεξιά κοιλία προς την πνευμονική αρτηρία.¹²³ Ο Dr. Hanley έδωσε έμφαση στις τεχνικές πλευρές της ανασυγκρότησης των πνευμονικών αρτηριών χρησιμοποιώντας υλικό από αυτομόσχευμα (autograft) που θα αναπτύσσεται μαζί με τον ασθενή.

Στη διάρκεια αυτής χρονικής περιόδου, ασθενείς με μονοκοιλιακή ανατομία που είχαν υποβληθεί σε ανακουφιστική αντιμετώπιση με την εγχείρηση Fontan

άρχιζαν να εκδηλώνουν σημαντικές κολπικές αρρυθμίες, κοιλιακή δυσλειτουργία, ανεπάρκεια (regurgitation) κολποκοιλιακής (AV) βαλβίδος, δυσλειτουργία του ήπατος, εντεροπάθεια απώλειας πρωτεΐνης (protein losing enteropathy), και πλαστική βρογχίτιδα.¹²⁴ Οι αρχικές προσπάθειες για να ανακουφίσουν περαιτέρω αυτούς τους ασθενείς με θεραπεία με βηματοδότη¹²⁵⁻¹²⁷ απεδείχθη ότι ήταν επικίνδυνες και σύντομα εγκαταλείφθηκαν. Οι Drs. Constantine Mavroudis, Barbara Deal, και Carl Backer χρησιμοποίησαν μια συστηματική προσέγγιση για να παρουσιάσουν μια νέα εγχείρηση βασισμένη σε χειρουργική για αρρυθμίες (arrhythmia surgery), ανατομική μετατροπή (conversion) σε εξωκαρδιακές συνδέσεις, επιδιόρθωση των συνοδών ανωμαλιών, και θεραπεία με βηματοδότη¹²⁸. Η νέα εγχείρηση ονομάστηκε «Μετατροπή της Fontan» (Fontan Conversion). Μερικοί ασθενείς με αποτυχημένη φυσιολογία Fontan (failed Fontan physiology) ήσαν πολύ άρρωστοι για αυτήν τη στρατηγική και χρειάστηκαν καρδιακή μεταμόσχευση σε περιβάλλον εντεροπάθειας απώλειας πρωτεΐνης (protein losing enteropathy), πλαστικής βρογχίτιδος, και σοβαρής κοιλιακής δυσλειτουργίας.¹²⁹

Η επιδιόρθωση των αορτικών ανευρυσμάτων που οφείλονται σε διαταραχές του συνδετικού ιστού στα παιδιά κέρδισε την προσοχή άτρομων χειρουργών όπως οι Gott, Cameron, και Vricella.¹³⁰⁻¹³² Αυτοί οι χειρουργοί εκμεταλλεύτηκαν τα προσφάτως εισαχθέντα μοσχεύματα (grafts),¹³² τις καρδιοπληγικές τεχνικές, και τις προόδους στη βαθεία υποθερμία-διακοπή (arrest) της κυκλοφορίας για να φανταστούν, να σχεδιάσουν, και να εκτελέσουν ασφαλείς εγχειρήσεις για αυτούς τους άτυχους ασθενείς.

Οι πρόοδοι με την καρδιοπληγία συνέπεσαν με τις αδιάλειπτες σε όλη την καριέρα του προσπάθειες του Pedro del Nido. Η ωρίμανση αυτών των προσπαθειών προσέφερε ένα καλώς αποδεκτό καρδιοπληγικό διάλυμα που επεξέτεινε τα όρια της μυοκαρδιακής συντήρησης (myocardial preservation) με λιγότερες χορηγήσεις στη διάρκεια της εγχείρησης.¹³³ Οι χειρουργοί μπορούσαν τώρα να επικεντρωθούν περισσότερο στην εγχείρηση και λιγότερο στη συχνή χορήγηση του καρδιοπληγικού διαλύματος. Άλλες συνεισφορές (contributions) περιέλαβαν την ενδοεγχειρητική διοισοφάγιο και επικαρδιακή ηχοκαρδιογραφία^{134,135} που παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά από τον Ross Ungerleider.

Οι προαναφερθείσες πρόοδοι είναι μόνο μερικές από τις ξεχωριστές καινοτομίες που πυροδότησαν τη συνεχή ανάπτυξη της χειρουργικής συγγενών καρδιοπαθειών. Το μέλλον είναι λαμπρό και θα επικεντρωθεί στη βελτιωμένη εγκεφαλική προστασία, τις στρατηγικές πρόωμης αποσωλήνωσης, την ενοποίηση των παι-

δοκαρδιοχειρουργικών προγραμμάτων, και τις περισσότερο αποτελεσματικές εκπαιδευτικές τεχνικές.

Η Ιατρική Εικονογράφηση στην Εποχή της Χειρουργικής Συγγενών Καρδιοπαθειών

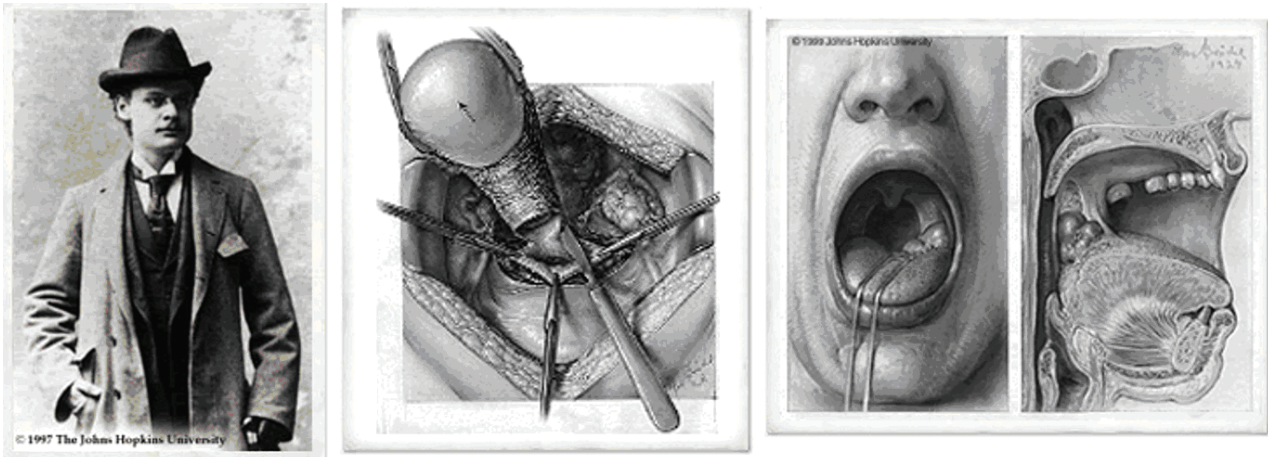
Η εποχή κατά την οποία έγινε η αρχή της ανάπτυξης της χειρουργικής συγγενών καρδιοπαθειών παρακολούθηθηκε από εκείνους που εικονογράφησαν τις νέες τεχνικές, τεκμηρίωσαν τα πολύπλοκα μέρη της εγχείρησης, και παρουσίασαν διασχεσιακές (inter-relational) ανατομικές λεπτομέρειες σε σύμπλοκες συγγενείς καρδιοπάθειες. Η δημιουργία αυτών των εικόνων δεν ήταν μικρό ζήτημα αφού έπρεπε να επιδειχθούν τόσο η επικαρδιακή όσο και η ενδοκαρδιακή ανατομία. Αυτές οι πολύπλοκες λεπτομέρειες προκάλεσαν (challenged) τον ιατρικό εικονογράφο να χρησιμοποιήσει ποικίλες τεχνικές για να επιδείξει την ανατομία και την εγχείρηση.

Οι πρόοδοι του εικοστού αιώνα που παρακολούθησαν την εποχή της καρδιοχειρουργικής.

Η αρχή του 20ου αιώνα έθεσε τα θεμέλια για την ιατρική εικονογράφηση στη Βόρειο Αμερική, η οποία συνέβαλε πολύ στον ερχομό ενός νέου Ακαδημαϊκού Τμήματος που θα κατέγραφε, με εξαιρετική ανατομική λεπτομέρεια, το χρονικό των προόδων της χειρουργικής συγγενών καρδιοπαθειών. Λίγο μετά τα εγκαίνια και την ίδρυση της Ιατρικής Σχολής του Johns Hopkins University (1893) ο Max Brödel έφτασε το 1894 στη Βαλτιμόρη.^{136,137} Ήταν φοιτητής τέχνης (art student)

που εργαζόταν στη διάρκεια του καλοκαιριού για τον Dr. Carl Ludwig, Διευθυντή του Ινστιτούτου Φυσιολογίας στη Λειψία της Γερμανίας. Οι Drs. Franklin Pain Mall, Howard Kelly και William Welch τον προσέλαβαν στο Johns Hopkins. Όταν έφτασε, ο Brödel άρχισε να φτιάχνει εικονογραφήσεις για τον Howard Kelly, Καθηγητή Γυναικολογίας, τον William Halsted, Καθηγητή Χειρουργικής, και τον Harvey Cushing. Όταν ο Dr. Kelly αποσύρθηκε, ο Dr. Thomas Cullen βρήκε κεφάλαια χρηματοδότησης από τον κύριο Henry Walters για να ιδρύσει το πρώτο «Τμήμα Τέχνης όπως Εφαρμόζεται στην Ιατρική» (Department of Art as Applied to Medicine) το 1911 με Διευθυντή τον Max Brödel.¹³⁸ Ο Brödel εισήγαγε την τεχνική του «σχεδίου με σκόνη κάρβουνου επάνω σε χαρτόνι (stipple board) Ross», η οποία είχε ως αποτέλεσμα να κάνει τις ιατρικές τονικές απεικονίσεις στην κλίμακα του γκρι να μοιάζουν με ζωντανό ιστό (living tissue). Αυτή η τεχνική δημιούργησε καλές αναπαραγωγές σε μια εποχή κυρίως ασπρόμαυρης εκτύπωσης. Ο Brödel ενσωμάτωσε την ανατομία εγκάρσιων διατομών (cross-sectional anatomy) για να δώσει έμφαση στη διασχεσιακή (inter-relational) ανατομία. Το στυλ της διδασκαλίας του ήταν καθοριστικό στο να παραχθούν πολλοί μαθητές που διακρίθηκαν στη δική τους καριέρα και θεωρείται από πολλούς ως ο πατέρας της ιατρικής εικονογράφησης. Η **Εικόνα 3** δείχνει ένα κολάζ (collage) του Max Brödel και τις καλώς-εικονογραφημένες αναπαραγωγές της υστερεκτομής και της λαρυγγικής παθολογοανατομίας.

Η ειδικότητα της διερεύνησης των συγγενών καρδιοπαθειών θεωρείται ότι ξεκίνησε από την Maude Abbott η οποία ήταν παθολογοανατόμος στο McGill



Εικόνα 3. Ο Max Brödel και οι απεικονίσεις του υστερεκτομής και στοματοφαρυγγικών επεμβάσεων. Ο Brödel ίδρυσε το πρώτο «Τμήμα Τέχνης όπως Εφαρμόζεται στην Ιατρική» στις Ηνωμένες Πολιτείες στο Johns Hopkins University. Αναπαράγεται με την άδεια των Ιατρικών Αρχείων Alan Mason Chesney των Johns Hopkins Medical Institutions. Το πρώτο σχέδιο (drawing) στα αριστερά δείχνει τον Max Brödel. <http://medicalart.johnshopkins.edu/history-archives/>
 Δεύτερο σχέδιο: Υστερεκτομή. <http://medicalart.johnshopkins.edu/wp-content/uploads/Brodelart02.jpg>
 Το τρίτο σχέδιο στα δεξιά δείχνει τα στοματοφαρυγγικά σχέδια. <http://medicalart.johnshopkins.edu/history-archives/>

University στο Montreal του Καναδά. Ταξινόμησε τις παθήσεις μέσω προσεκτικής παρατήρησης και της συσχέτισης με την κλινική πορεία των ασθενών. Έγινε προφανές ότι η ιατρική εικονογράφηση θα ήταν αναγκαία για να εξηγήσει την ανατομία και την παθοφυσιολογία στους ενδιαφερόμενους σπουδαστές αυτής της νεοσύστατης ειδικότητας. Η Maude Abbott δημοσίευσε το βιβλίο της με τίτλο “Atlas of Congenital Cardiac Disease” το 1936.¹³⁹⁻¹⁴¹ Οι περιγραφές ήταν ακριβείς ακόμα και με τα σημερινά standards και τα σχέδια (drawings) είχαν εκτελεστεί με επιδεξιότητα από τους J. Blankstock και Hortense Douglas Cantlie. Η τελευταία σπούδασε κοντά στον Brödel στο Johns Hopkins, όπου κατέκτησε (mastered) την τεχνική της «Σκόνης Κάρβουνου» (Carbon Dust), η οποία είχε ως αποτέλεσμα την εξαιρετική ανατομική λεπτομέρεια στα δείγματα (specimens) συγγενών καρδιοπαθειών.

Η Helen Taussig ήταν κόρη ενός πολύ γνωστού ιατρού της Βοστώνης, ο οποίος την προέτρεψε να επιδιώξει τη νοσηλευτική για καριέρα. Επέλεξε διαφορετικά. Αφού απορρίφθηκε από την Ιατρική Σχολή του Harvard, έκανε αίτηση και έγινε δεκτή στην Ιατρική Σχολή του Johns Hopkins University όπου αρίστευσε και ενδιαφέρθηκε για τις συγγενείς καρδιοπάθειες. Επέτυχε στη συσχέτιση του ιστορικού, των συμπτωμάτων, και των φυσικών ευρημάτων των ασθενών της με τα ευρήματα της νεκροψίας μετά τον θάνατό τους. Οι εξαιρετικές περιγραφές της εικονογραφήθηκαν από την Elizabeth Browning, γνωστή και ως “BJ”, η οποία χρησιμοποίησε στεφανιαίες τομές για να δείξει την ενδοκαρδιακή παθολογοανατομία.

Η καρδιοχειρουργική μεγαλώνει.

Ενώ η Maude Abbott και η Helen Taussig παρουσίασαν μια ολοκληρωμένη μελέτη των συγγενών καρδιοπαθειών, ήταν ο Crafoord,¹⁰ ο Gross,⁷ και ο Blalock^{11,16} αυτοί που οι θαρραλέες προσπάθειές τους εγκαίνιασαν το μονοπάτι προς τη χειρουργική ανοιχτής καρδιάς. Αν και οι σύμπλοκες εγχειρήσεις μπορούσαν να περιγραφούν με λόγια, η πλήρης κατανόηση για τους διδακτικούς σκοπούς και για την επικοινωνία απαιτούσε εικονογράφηση.

Η εισαγωγή από τον Max Brödel της «τεχνικής σχεδίου με σκόνη κάρβουνου επάνω σε χαρτόνι (stippled board)» για να προσθέσει βάθος και υφή (texture) στην απεικόνιση εκμαθεύτηκε και εφαρμόστηκε από τον Leon Schlossberg, ο οποίος εργάστηκε στενά με τον Blalock και πολλούς Καθηγητές στο Johns Hopkins. Ο Paul A. Ebert,¹⁴² απόφοιτος (alumnus) του προγράμματος ειδικότητας του Johns Hopkins, δημοσίευσε έναν Άτλαντα χειρουργικής συγγενών καρδιοπαθειών η απεικόνιση του οποίου έγινε από τον

Leon Schlossberg. Ανάμεσα στους διακεκριμένους πρώην σπουδαστές του Brödel περιλαμβάνονται οι Ted Bloodgood και Gerald P. Hodge στο University of Michigan, ο Herb Smith και ο Barry Baker στο Baylor College of Medicine στο Χιούστον, και ο Timothy Hengst στο Texas Children’s Hospital στο Χιούστον.

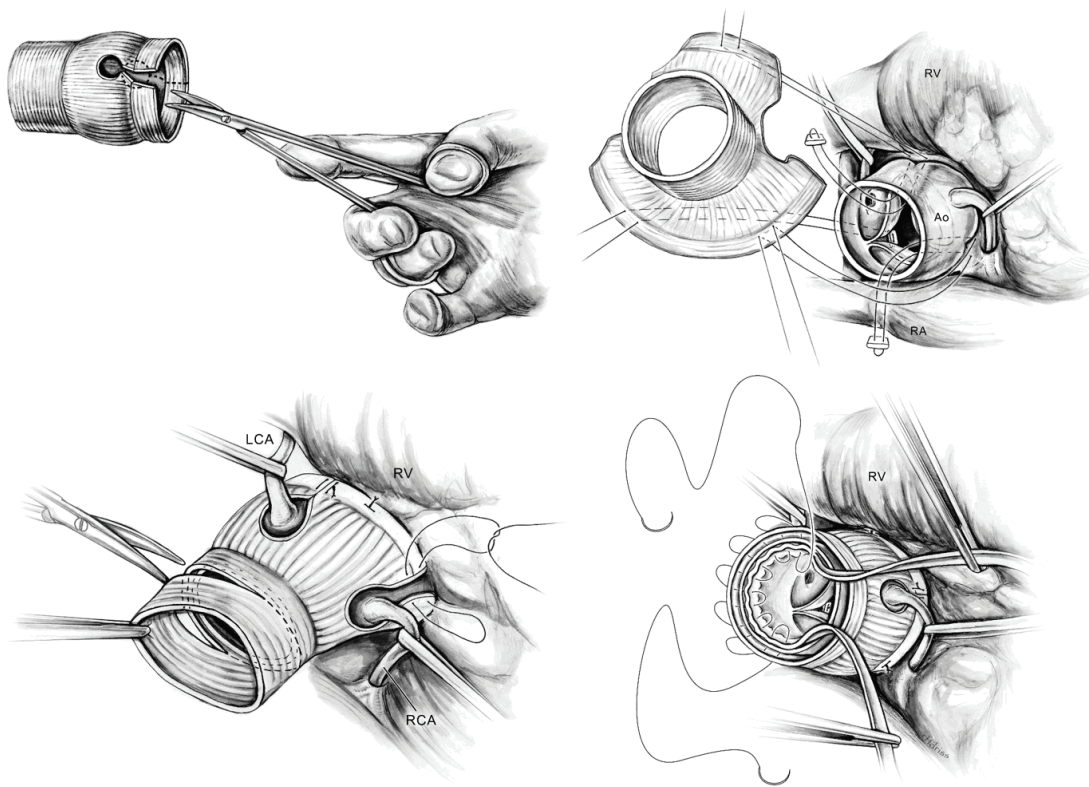
Το τέλος του 20ου αιώνα που οδηγεί στις αρχές του 21ου αιώνα.

Η εποχή που καλύπτει το τέλος του 20ου και τις αρχές του 21ου αιώνα χαρακτηρίστηκε από σημαντικές προόδους στη χειρουργική θεραπεία για ασθενείς με μετάθεση των μεγάλων αρτηριών, λειτουργικώς μονήρη κοιλία, απόφραξη του χώρου εκροής της αριστεράς κοιλίας, και τετραλογία Fallot ανάμεσα σε άλλους. Καινοτόμες εγχειρήσεις όπως: arterial switch (ASO), εγχείρηση Norwood, εξωκαρδιακή εγχείρηση Fontan, μετατροπή της εγχείρησης Fontan (Fontan Conversion) με χειρουργική για αρρυθμίες (arrhythmia surgery), εγχείρηση Ross-Konno, και επιδιόρθωση της τετραλογίας Fallot με διατήρηση ή αποκατάσταση της πνευμονικής βαλβίδος έχουν εμφανιστεί.^{75,84,89,128,143} Ενώ υπήρχαν πολλά προγράμματα και ιατρικοί εικονογράφοι οι οποίοι πήραν μέρος σε αυτές τις προόδους, συντονισμένες προσπάθειες επικεντρώθηκαν στο Children’s Memorial Hospital στο Σικάγο ξεκινώντας αρχικώς με τον Willis J. Potts, οι πρωτοπόρες προσπάθειες του οποίου με το Potts’ shunt¹⁹ και τη στένωση του ισθμού της αορτής εικονογραφήθηκαν από την Virginia Sampter, μια ταλαντούχο ιατρική εικονογράφο η οποία αποφοίτησε από τη Σχολή Ιατρικής Εικονογράφησης του University of Illinois το 1947. Τα σχέδια (drawings) της έδειξαν τη βήμα-βήμα διαδικασία των επεμβάσεων, τονίζοντας τις χειρουργικές τεχνικές και τους νέους σφιγκτήρες (clamps) ειδικώς κατασκευασμένους για τις εγχειρήσεις. Ο Dr. Farouk Idriss, ο οποίος διαδέχτηκε τον Dr. Potts στο CMH, επικέντρωσε τις ερευνητικές και τις κλινικές προσπάθειές του στην ανατομική διόρθωση της μετάθεσης των μεγάλων αρτηριών (TGA). Τα αρχικά σχέδια (drawings) εικονογραφήθηκαν από την Virginia Sampter. Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια της κλινικής εμπειρίας με την εγχείρηση arterial switch (ASO), ήταν η Zelda Zelinsky αυτή που εικονογράφησε τα προοδευτικά βήματα της ASO με αποχρώσεις (shades) του γκρι. Είναι ενδιαφέρον ότι η Zelda Zelinsky και η Virginia Sampter αποφοίτησαν αμφότερες από τη Σχολή Ιατρικής Εικονογράφησης του University of Illinois στην ίδια τάξη του 1947. Το 1989, ο Dr. Constantine Mavroudis διαδέχτηκε τον Dr. Farouk Idriss, ανέλαβε τις ερευνητικές και κλινικές κατευθύνσεις που είχαν καθιερωθεί στο CMH, και έφερε το δικό του όραμα για την ιατρική εκπαίδευση μέσω της δημοσί-

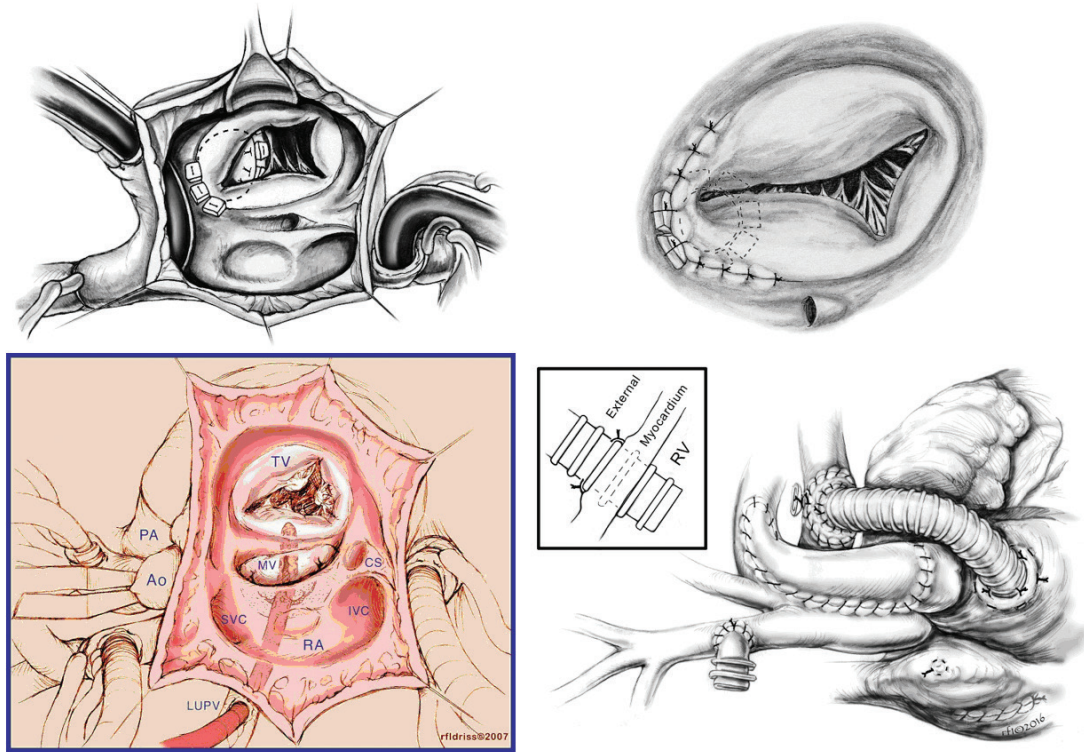
ευσης (publication) και της εικονογράφησης. Ήταν στη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου που ο Rachid Idriss, ο γιος του Dr. Idriss, ολοκλήρωσε την εκπαίδευσή του στην Ιατρική Εικονογράφιση και συνδέθηκε με τους Drs. Mavroudis και Backer στο CMH για τη δημοσίευση πολλών άρθρων, συγγραμμάτων (textbooks) και ατλάντων (atlases) που τονίζουν τις συνεισφορές (contributions) του Idriss.¹⁴⁴⁻¹⁴⁷

Κατά τη διάρκεια της προόδου της ιατρικής εικονογράφησης στην εποχή της καρδιοχειρουργικής, διάφορες τεχνικές ενσωματώθηκαν στα σχέδια (drawings) και έδωσαν προοπτική, αναλογικότητα, και δράση στο σχέδιο. Αυτές οι τεχνικές αποτέλεσαν σε μεγάλο βαθ-

μό τη δημιουργία των ιατρικών εικονογράφων, οι οποίοι χρησιμοποίησαν τα έμφυτα ταλέντα τους για να δώσουν ζωή στο σχέδιο. Η «Τεχνική της Αιώρησης» (Hovering Technique) (Εικόνα 4) επιτρέπει στον παρατηρητή να καταλάβει οπτικώς πού τοποθετούνται τα ράμματα σε κάθε θέση ενόσω το μάλωμα (patch) ή η συσκευή αιωρείται πάνω από την περιοχή της τελικής τοποθέτησης. Οι καλλιτέχνες έχουν χρησιμοποιήσει τις τεχνικές της «Κρυφής Ανατομίας» (Hidden Anatomy), των «Θεάσεων-φαντασμάτων» (Ghost views), και της «Διαφάνειας» (Transparency) (Εικόνα 5) για να δείξουν την εσωτερική ανατομία της καρδιάς, ενώ συγχρόνως απεικονίζουν και την επικαρδιακή επιφά-



Εικόνα 4. Το μόσχευμα προετοιμάζεται τέμνοντας τη ρίζα του μοσχεύματος έτσι ώστε να επικοινωνεί με τις «κουμπότρυπες» για τις στεφανιαίες αρτηρίες (επάνω αριστερά). Ο καλλιτέχνης δείχνει ανθρώπινη αναλογικότητα (human proportionality) για να επιδείξει το σχετικό μέγεθος του μοσχεύματος. Υπάρχουν δύο κεντρικές εστίες σε αυτήν την απεικονιστική απόδοση: το μόσχευμα και το χέρι. Είναι σημαντικές και οι δύο. Ίσως το πιο ευφυές σχέδιο σε αυτήν τη σειρά σχεδίων είναι αυτό επάνω δεξιά. Ο Idriss δείχνει μια θέαση αιώρησης (hovering view) του μοσχεύματος πάνω από την κεντρική φιογούρα, δηλαδή την αορτική ρίζα. Τα ενισχυμένα (pledgeted) ράμματα τοποθετούνται με ακρίβεια για να δείξουν πώς θα εμπλακεί το μόσχευμα. Το αιωρούμενο μόσχευμα ανοίγεται έτσι ώστε ο παρατηρητής να δει ακριβώς πώς θα εφαρμοστεί. Ο καλλιτέχνης αξιοποίησε το προνόμιο να μπορεί να «δει με τα μάτια του νου» για να επιδείξει αυτήν την περίπλοκη μανούβρα. Στην πραγματικότητα, αυτό το μόσχευμα δεν τοποθετείται με αυτόν τον τρόπο. Η εικόνα όμως διηγείται την ιστορία τού τι χρειάζεται να γίνει. Στο κάτω αριστερό πάνελ, το «Μανίκι της Φλόριντας» (Florida Sleeve) έχει τοποθετηθεί επιτυχώς γύρω από την αορτική ρίζα με φροντίδα να διατηρηθεί η ανατομική διαμόρφωση αμφοτέρων των στεφανιαίων αρτηριών. Η εστίαση είναι στην αορτική ρίζα. Η δράση επιδεικνύεται με το δέσιμο (tying) να είναι σε εξέλιξη, και το φαλίδι δείχνει πώς το μόσχευμα μπορεί να βραχυυνθεί για να ταιριάξει με την ανακατασκευή. Στο κάτω δεξιό πάνελ, η κορυφή της αορτικής ρίζας συνδέεται με την κορυφή του Florida Sleeve χρησιμοποιώντας (για «τάπα») ένα κομμάτι Dacron felt. Επιδεικνύονται οι στεφανιαίες αρτηρίες, με κεντρική εστίαση στην τεχνική του ραψίματος η οποία δείχνει τη δράση της επιδιόρθωσης. Αναπαράγεται με άδεια από Springer – Mavroudis C, Dearani JA, editors. Atlas of Adult Congenital Heart Surgery. New York; Springer: 2020. Εικόνες 19.7 – 19.10 στο κείμενο.

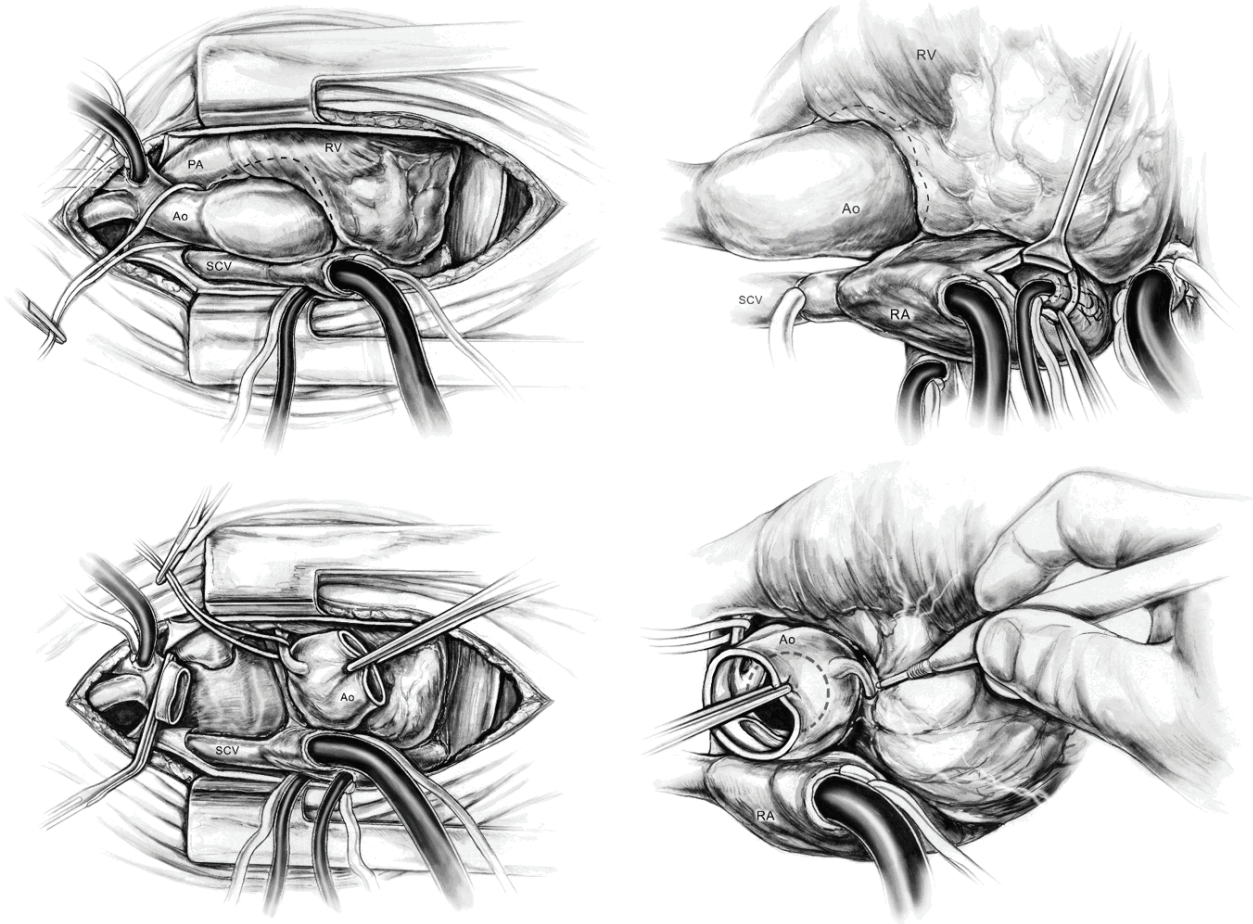


ΕΙΚΟΝΑ 5. Αυτά τα σχέδια δείχνουν τις τεχνικές «θέασης-φαντάσματος» (Ghost view) στα επάνω αριστερό, επάνω δεξιό, και κάτω αριστερό πάνελ τονίζοντας το μπάλωμα του VSD πίσω από την τριγλώχινα βαλβίδα – το μπάλωμα του VSD πίσω από την επιδιορθωμένη τριγλώχινα βαλβίδα – το μπάλωμα του VSD – και τον αεραγωγό (vent) της αριστεράς κοιλίας μέσω της δεξιάς άνω πνευμονικής φλεβός στον αριστερό κόλπο, και από εκεί στην αριστερά κοιλία. Οι τρεις εικόνες αναπαράγονται με άδεια από Springer – Mavroudis C, Backer CL, editors. Atlas of Pediatric Cardiac Surgery. New York; Springer: 2015. Το σχέδιο στο κάτω δεξιό πάνελ δείχνει πώς μια εγχείρηση Norwood μπορεί να προσομοιωθεί σε νεογνό χοιρίδιο ως ένα εκπαιδευτικό εργαλείο. Ο καλλιτέχνης χρησιμοποιεί τόνους του γκρι για να επιδείξει το εξωτερικώς υποστηριζόμενο ραβδωτό μόσχευμα από τη δεξιά κοιλία προς την πνευμονική αρτηρία, όπως επίσης ένα «ένθετο» (inset) που δείχνει πώς μπορεί το ραβδωτό μόσχευμα να τοποθετηθεί στη δεξιά κοιλία για να αποφευχθεί αναστομωτική στένωση. Αυτή η μανούβρα ονομάζεται «τεχνική του βουτήγματος» (dunk technique). Αναπαράγεται με άδεια από The Annals of Thoracic Surgery¹⁵⁰

νεια. Η «Κεντρικώς Εστιασμένη Προοπτική» (Centrally Focused Perspective) επιτρέπει στον καλλιτέχνη να υποβιβάζει (de-emphasize) την περιφέρεια του χειρουργικού πεδίου και να στρέψει την προσοχή στο σημαντικό τμήμα της εγχείρησης, το οποίο οδηγείται στο κέντρο της απεικόνισης. Αυτό επιδεικνύεται όμορφα στο σχέδιο του Rachid Idriss (Εικόνα 6). Οι «Τεχνικές Δράσης» (Action Techniques) δίνουν στο σχέδιο δράση που προσθέτει ζωή στην επέμβαση. Ο συνδυασμός αποχρώσεων (shades) του γκρι που υποδηλώνουν υφή (texture) μαζί με τα ράμματα που επιδεικνύονται στον χώρο σαν ελικοειδείς μορφές δίνει την εντύπωση ότι τα ράμματα είναι στη φάση της τοποθέτησής τους. Η Εικόνα 7 δείχνει την ελικοειδή επίδειξη ραμμάτων σε δράση. Τα «Ένθετα» (Insets) σε μια εικονογράφηση επιλέγουν μια περισσότερο ακριβή και εστιασμένη θέαση του σχεδίου. Αυτή η μέθοδος επιτρέπει στον παρατηρητή να φανταστεί την πλήρη θέαση της διεργασίας ενόσω κάνει γρήγορες αναφορές στην εστια-

σμένη επίδειξη - όλα στην ίδια εικόνα. Η «Ανθρώπινη Αναλογικότητα» (Human Proportionality) είναι μια μέθοδος για να δείξει τη σχέση μεγέθους ανάμεσα στο αντικείμενο της εγχείρησης και τον άνθρωπο. Αυτό είναι ιδιαίτερος σημαντικό στις νεογνικές επεμβάσεις ανοικτής καρδιάς, οι οποίες χρειάζονται ειδικά εργαλεία και οπτική μεγέθυνση. Ίσως μια από τις πιο σημαντικές τεχνικές της απεικόνισης στην καρδιοχειρουργική είναι η τεχνική «Βήμα-Βήμα» (Step-by-Step), η οποία απεικονίζει με μια οργανωμένη εκπαιδευτική διεργασία τα στάδια μιας εγχείρησης (Εικόνα 7). Αυτές οι απεικονίσεις παρουσιάζονται με μια σειρά σχεδίων που τονίζουν την εγχείρηση παρέχοντας λογικές συνδέσεις από το ένα στάδιο στο επόμενο και που οδηγούν έτσι τον παρατηρητή στο τελικό αποτέλεσμα.

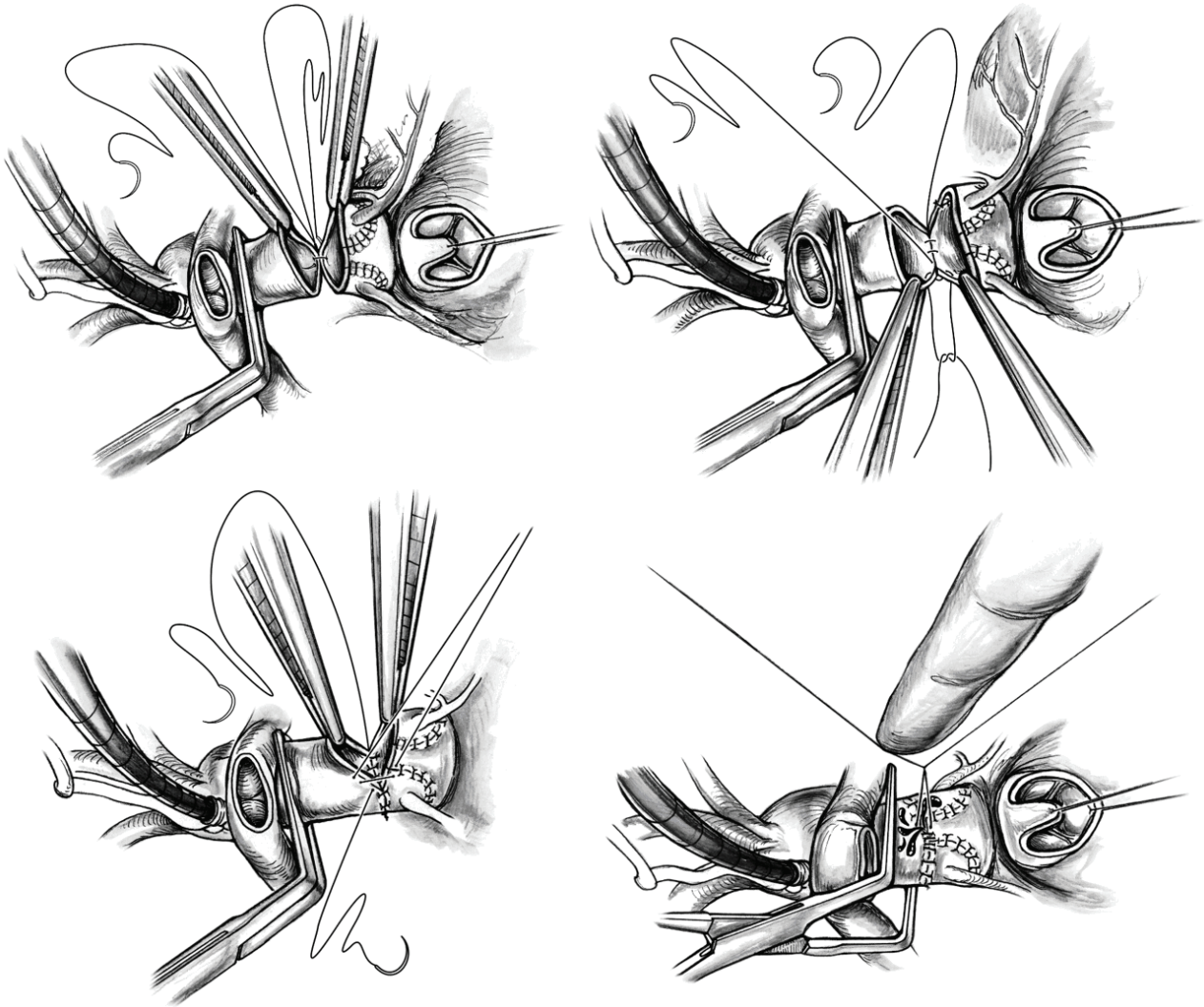
Οι μοντέρνοι καιροί και ο ιατρικός εικονογράφος.
Οι ιατρικοί εικονογράφοι έχουν συνεισφέρει με υποστηρικτικόν (sentinel) τρόπο σε καιρούς μεγάλων



Εικόνα 6. Ίσως μία από τις πιο σύμπλοκες εγχειρήσεις για να κατακτήσει (master) κάποιος είναι η εγχείρηση «Μανίκι της Φλόριντας» (Florida Sleeve), η οποία χρησιμοποιείται για να εκτελέσει ανευρυσματεκτομή στην ανιούσα αορτή διατηρώντας συγχρόνως τη φυσική (native) αορτική βαλβίδα. Ο Rachid Idriss έχει επιδείξει τρισδιάστατη (3-dimensional) οξυδέρκεια ασυνήθιστου εύρους για να μεταμορφώσει αυτήν τη σύμπλοκη εγχείρηση σε μία που είναι κατανοητή, σαφής, και δυνατή (possible). Επιδεικνύονται εδώ όλες οι τεχνικές: της Αιώρησης, της Κρυφής Ανατομίας, της Κεντρικώς Εστιασμένης Προοπτικής, της Δράσης, της Ανθρώπινης Αναλογικότητας, και της «Βήμα-Βήμα» (Step by Step) Εκπαιδευτικής Διεργασίας. Ως αποτέλεσμα, η απεικόνιση προσλαμβάνει κίνηση και σκοπό. Το επάνω αριστερό σχέδιο επιδεικνύει το ανεύρυσμα της ανιούσης αορτής, η οποία επεκτείνεται πίσω από τον χώρο εκροής της δεξιάς κοιλίας (Κρυφή Ανατομία) και τις σωληνώσεις της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης. Το επάνω δεξιό σχέδιο εστιάζει στην ανοικτή διακολλητική τοποθέτηση οπισθοδρομικής (retrograde) καρδιοπληγίας που στερεώνεται στον στεφανιαίο κόλπο με ράψιμο τύπου “purse-string”. Το κάτω αριστερό σχέδιο δείχνει την πρόοδο της εγχείρησης και τονίζει τη διατομή της αορτής, την ανευρυσματεκτομή (έχει ήδη εκτελεστεί και δεν φαίνεται), την κινητοποίηση (mobilization) της αριστεράς στεφανιαίας αρτηρίας, και την απόσυρση (retraction) της αορτής. Η κεντρική εστία κατευθύνει το μάτι στην αορτική ρίζα. Όπως φαίνεται στο κάτω δεξιό πάνελ, η εγχείρηση συνεχίζεται. Χαμηλές ρυθμίσεις στο “Bovie Dissector” (ανατέμνον ηλεκτροχειρουργικό εργαλείο) χρησιμοποιούνται για να κινητοποιηθεί η δεξιά στεφανιαία αρτηρία. Ο αορτικός δακτύλιος απεικονίζεται με την τεχνική της Κρυφής Ανατομίας χρησιμοποιώντας τη διακεκομμένη γραμμή. – Αναπαράγεται με άδεια από Springer - Mavroudis C, Dearani JA, editors. Atlas of Adult Congenital Heart Surgery. New York; Springer: 2020. Εικόνες 19.1, 19.2, 19.5, 19.6 στο κείμενο.

προόδων στις χειρουργικές επεμβάσεις. Η συγγραφή ενός κεφαλαίου για την ιστορία της χειρουργικής συγγενών καρδιοπαθειών θα ήταν ατελής αν δεν υπήρχε και μια ενότητα για την ιατρική εικονογράφιση. Αυτή η μάλλον βραχεία και εστιασμένη ιστορική ανασκόπηση για τους ιατρικούς εικονογράφους στην εποχή της χειρουργικής συγγενών καρδιοπαθειών αποδίδει τιμές στη σημασία των ιατρικών εικονογράφων για την εκ-

παιδευτική διεργασία της εκμάθησης των σύμπλοκων εγχειρήσεων ανοιχτής καρδιάς. «Ενώ νέες τεχνολογίες ιατρικής απεικόνισης είναι εδώ¹⁴⁸ και αναπτύσσονται ραγδαία, αυτές οι μέθοδοι είναι οι φωτογραφικές μηχανές (“cameras”) αναπαραγωγής της ανατομίας. Η φωτογραφική μηχανή (camera), η αξονική τομογραφία (CT scan), η μαγνητική τομογραφία (MRI), τα ανακατασκευασμένα (reconstructed) καρδιακά μο-



Εικόνα 7. Μόλις ολοκληρωθεί η μανούβρα Lecompte, μπορεί να ξεκινήσει η νεοαορτική αναστόμωση. Το επάνω αριστερό πάνελ δείχνει την αναστόμωση που ξεκινάει οπισθίως μετά την ευθυγράμμιση της εγγύς νεοαορτής και της άνω αορτής. Ο κεντρικός χαρακτήρας της εικόνας είναι η αναστόμωση, ενώ άλλα σημεία ενδιαφέροντος είναι η απόσυρση (retraction) της νεοπνευμονικής αρτηρίας με ένα ράμμα, και ο αορτικός σφιγκτήρας (clamp). Η νεοαορτική αναστόμωση συνεχίζεται οπισθίως στο άνω δεξιό πάνελ με τα ίδια σημεία ενδιαφέροντος. Στο κάτω αριστερό πάνελ, ο καλλιτέχνης δείχνει πώς εκτελείται η νεοαορτική αναστόμωση στο σημείο των στεφανιαίων κομβίων (coronary buttons). Η δράση των ραμμάτων δίνει έναν δυναμικό σκοπό στην επέμβαση. Το κάτω δεξιό πάνελ δείχνει τον εξαερισμό (deairing) της νεοαορτικής ανακατασκευής που είναι μία πολύ σημαντική μανούβρα για να κατακτήσει (master) κάποιος. Ο καλλιτέχνης δείχνει πώς εκτελείται επιτρέποντας σταγονίδια αίματος να διαφεύγουν μέσω της πρόσθιας αναστόμωσης πριν αυτή ραφτεί. Αναπαράγεται με άδεια από: Springer – Mavroudis C, Backer CL, editors. Atlas of Pediatric Cardiac Surgery. New York; Springer: 2015. Εικόνες 13.18-13.21 στο κείμενο.

ντέλα, και οι αρτηριογραφίες είναι σαφώς σημαντικές μέθοδοι για τη διάγνωση, τον εγχειρητικό σχεδιασμό, και τις θεραπευτικές παρεμβάσεις – δεν «εικονογραφούν». Η εικονογράφιση εστιάζει, ερμηνεύει, τονίζει, κατευθύνει, προειδοποιεί, εξηγεί, και διδάσκει με τον πιο θεμελιώδη τρόπο. Ο σύνδεσμος ανάμεσα στον ια-

τρικό εικονογράφο και τον κλινικό ιατρό έχει αρχαίες ρίζες. Δεν υπάρχει υποκατάστατο για την ανθρώπινη αλληλεπίδραση, την ερμηνεία του χώρου, και την ιατρική εκπαίδευση στην πιο στιβαρή της μορφή, την εικονογράφιση»¹⁴⁹

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Pepper JR, Coonar AS. High-risk surgery: the courage to fail. *J Royal Soc Med* 2015;108:44-46.
2. Westaby S, Boshier C. Landmarks in cardiac surgery. Oxford: Isis Medical Media; 1997.
3. Brewer LA, 3rd. Historical notes on lung cancer before and after Graham's successful pneumonectomy in 1933. *Am J Surg* 1982;143:650-659.
4. Naef AP. Forgotten pioneers in thoracic surgery. *Thorac Cardiovasc Surg* 1992;40:1-4.
5. Waldhausen JA. The early history of congenital heart surgery: closed heart operations. *Ann Thorac Surg* 1997;64:1533-1539.
6. Graybiel A, Strieder JW, Boyer NH. An attempt to obliterate the patent ductus arteriosus in a patient with subacute bacterial endarteritis. *Am Heart J* 1938;15:621-624.
7. Gross RE, Hubbard JP. Surgical ligation of a patent ductus arteriosus: Report of first successful case. *JAMA* 1939;112:729-731.
8. Xydias S, Widmann WD, Hardy MA. William E. Ladd: Father of Pediatric Surgery. *Current Surg* 2003;60:47-50.
9. Moore FD, Folkman J. Robert Edward Gross - July 2, 1905-October 11, 1988. Biographical memoirs National Academy of Sciences (US) 1995;66:131-148.
10. Kaemmerer H, Meisner H, Hess J, et al. Surgical treatment of patent ductus arteriosus: a new historical perspective. *Am J Cardiol* 2004;94:1153-1154.
11. Blalock A, Park EA. Surgical Treatment of Experimental Coarctation (Atresia) of the Aorta. *Ann Surg* 1944;119:445-456.
12. Crafoord C, Nylin G. Congenital coarctation of the aorta and its surgical treatment. *J Thorac Surg* 1945;14:347.
13. Gross RE, Hufnagel CA. Coarctation of the Aorta. *N Engl J Med* 1945;233:287-293.
14. Gross RE, Bill AH, Jr, Peirce EC, Jr. Methods for preservation and transplantation of arterial grafts; observations on arterial grafts in dogs; report of transplantation of preserved arterial grafts in nine human cases. *Surg Gynecol & Obstet* 1949;88:689-701.
15. Levy S, Blalock A. Experimental observations on the effects of connecting by suture the left main pulmonary artery to the systemic circulation. *J Thorac Surg* 1939;8:525.
16. Blalock A, Taussig HB. The surgical treatment of malformations of the heart in which there is pulmonary stenosis or pulmonary atresia. *JAMA* 1945;132:189.
17. Taussig HB, Bauersfeld R. Congenital malformations of the heart: Follow-up studies on the first 1000 patients operated on for pulmonic stenosis or atresia. *Ann Intern Med* 1953;38:1.
18. de Leval MR, McKay R, Jones M, et al. Modified Blalock-Taussig shunt. Use of subclavian artery orifice as flow regulator in prosthetic systemic-pulmonary artery shunts. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1981;81:112-119.
19. Potts WJ, Smith S, Gibson S. Anastomosis of the aorta to a pulmonary artery; certain types in congenital heart disease. *J Am Med Assoc* 1946;132:627-631.
20. Waterston DJ. [Treatment of Fallot's tetralogy in children under 1 year of age]. *Rozhledy v chirurgii: mesicnik Ceskoslovenske chirurgicke spolecnosti* 1962;41:181-183.
21. Glenn WW. Circulatory bypass of the right side of the heart. IV. Shunt between superior vena cava and distal right pulmonary artery; report of clinical application. *N Engl J Med* 1958;259:117-120.
22. Fontan F, Baudet E. Surgical repair of tricuspid atresia. *Thorax* 1971;26:240-248.
23. Galankin NK. [Principles and technic of cavo-pulmonary anastomosis]. *Eksperimental'naiia khirurgiia*. 1957;2:33-38.
24. Carlon CA, Mondini PG, De Marchi R. Surgical treatment of some cardiovascular diseases. *J Inter Coll Surg* 1951;16:1-11.
25. Haller JA, Jr., Adkins JC, Worthington M, Rauenhorst J. Experimental studies on permanent bypass of the right heart. *Surg* 1966;59:1128-1132.
26. Kreutzer G, Galindez E, Bono H, et al. An operation for the correction of tricuspid atresia. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1973;66:613-621.
27. de Leval MR, Kilner P, Gewillig M, et al. Total cavopulmonary connection: a logical alternative to atriopulmonary connection for complex Fontan operations. Experimental studies and early clinical experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988;96:682-695.
28. Muller WH, Jr, Danimann JF, Jr. The treatment of certain congenital malformations of the heart by the creation of pulmonic stenosis to reduce pulmonary hypertension and excessive pulmonary blood flow; a preliminary report. *Surg Gynecol & Obstet* 1952;95:213-219.
29. Sellors TH. Surgery of pulmonary stenosis; a case in which the pulmonary valve was successfully divided. *Lancet (London, England)* 1948;1:988.
30. Kan JS, White RI, Jr, Mitchell SE, et al. Percutaneous balloon valvuloplasty: a new method for treating congenital pulmonary-valve stenosis. *N Engl J Med* 1982;307:540-542.
31. Gross RE. Surgical closure of an aortic septal defect. *Circulation* 1952;5:858-863.
32. Murray G. Closure of Defects in Cardiac Septa. *Ann Surg* 1948;128:843-852.
33. Gross RE, Pomeranz AA, Watkins E, Jr, et al. Surgical closure of defects of the interauricular septum by use of an atrial well. *N Engl J Med* 1952;247:455-460.
34. Barratt-Boyes BG, Ellis FH, Jr, Kirklin JW. Technique for repair of atrial septal defect using the atrial well. *Surg Gynecol & Obstet* 1956;103:646-649.
35. Blalock A, Hanlon CR. The surgical treatment of complete transposition of the aorta and the pulmonary artery. *Surg Gynecol & Obstet* 1950;90:1-15.
36. Cornell WP, Maxwell RE, Haller JA, et al. Results of the Blalock-Hanlon operation in 90 patients with transposition of the great vessels. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1966;52:525-532.
37. Zamora R, Moller JH, Lucas RV, Jr, et al. Complete transposition of the great vessels: surgical results of emergency Blalock-Hanlon operation in infants. *Surg* 1970;67:706-710.
38. Rashkind WJ, Miller WW. Creation of an atrial septal defect without thoracotomy. A palliative approach to complete transposition of the great arteries. *JAMA* 1966;196:991-992.
39. Bigelow WG, Lindsay WK, Greenwood WF. Hypothermia; its possible role in cardiac surgery: an investigation of factors governing survival in dogs at low body temperatures. *Ann Surg* 1950;132:849-866.
40. Lewis FJ, Taufic M. Closure of atrial septal defects with the aid of hypothermia; experimental accomplishments and the report of one successful case. *Surg* 1953;33:52-59.
41. Shumway NE, Lewis FJ: 1916-1993. *Ann Thorac Surg* 1996;61:250-251.
42. Bigelow WG, Mustard WT, Evans JG. Some physiologic concepts of hypothermia and their applications to cardiac surgery. *J Thorac Surg* 1954;28:463-480.

43. Gibbon JH, Jr. Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. *Minn Med* 1954;37:171-85; passim.
44. Lillehei CW, Cohen M, Warden HE, et al. The results of direct vision closure of ventricular septal defects in eight patients by means of controlled cross circulation. *Surg Gynecol & Obstet* 1955;101:446-466.
45. Warden HE, Cohen M, Read RC, et al. Controlled cross circulation for open intracardiac surgery: physiologic studies and results of creation and closure of ventricular septal defects. *J Thorac Surg* 1954;28:331-341; discussion, 41-43.
46. Cohen M, Lillehei CW. A quantitative study of the azygos factor during vena caval occlusion in the dog. *Surg Gynecol & Obstet* 1954;98:225-232.
47. Lillehei CW. Controlled cross circulation for direct-vision intracardiac surgery; correction of ventricular septal defects, atrioventricularis communis, and tetralogy of Fallot. *Postgraduate Med* 1955;17:388-396.
48. Lillehei CW, Cohen M, Warden HE, et al. Direct vision intracardiac surgical correction of the tetralogy of Fallot, pentalogy of Fallot, and pulmonary atresia defects; report of first ten cases. *Ann Surg* 1955;142:418-442.
49. Cohen M, Lillehei CW, Varco RL, et al. Complete anatomical correction of the tetralogy of Fallot defects; report of a successful surgical case. *AMA Arch Surg* 1956;73:526-531.
50. Lillehei C. Section III: Cardiopulmonary bypass and myocardial protection. In: Stephenson LW Ruggiero R, editor. *Heart Surgery Classics*. Boston: Adams Publishing Group; 1994. p. 126-128.
51. Weirich WL, Paneth M, Gott VL, et al. Control of complete heart block by use of an artificial pacemaker and a myocardial electrode. *Circulation* 1958;6:410-415.
52. Lillehei CW, Gott VL, Hodges PC, Jr, et al. Transistor pacemaker for treatment of complete atrioventricular dissociation. *J Am Med Assoc* 1960;172:2006-2010.
53. Dewall RA, Gott VL, Lillehei CW, et al. A simple, expendable, artificial oxygenator for open heart surgery. *Surg Clin North Amer* 1956;:1025-1034.
54. Kirklin JW, Dushane JW, Patrick RT, et al. Intracardiac surgery with the aid of a mechanical pump-oxygenator system (gibbon type): report of eight cases. *Proceedings of the staff meetings Mayo Clinic* 1955;30:201-206.
55. Dushane JW, Kirklin JW, Patrick RT, et al. Ventricular septal defects with pulmonary hypertension; surgical treatment by means of a mechanical pump-oxygenator. *J Am Med Assoc* 1956;160:950-953.
56. Rastelli GC, Ongley PA, Kirklin JW, et al. Surgical repair of the complete form of persistent common atrioventricular canal. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1968;55:299-308.
57. McGoon DC, Rastelli GC, Ongley PA. An operation for the correction of truncus arteriosus. *JAMA* 1968;205:69-73.
58. Rastelli GC. A new approach to «anatomic» repair of transposition of the great arteries. *Mayo Clin Proceed* 1969;44:1-12.
59. Kirklin JW, Harp RA, McGoon DC. Surgical treatment of origin of both vessels from right ventricle, including cases of pulmonary stenosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1964;48:1026-1036.
60. Hardy KL, May IA, Webster CA, et al. Ebstein's anomaly: A functional concept and successful definitive repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1964;48:927-940.
61. Senning A. Surgical correction of transposition of the great vessels. *Surg* 1959;45:966-980.
62. Mustard WT. Successful two-stage correction of transposition of the great vessels. *Surg* 1964;55:469-472.
63. Kirklin JK, Westaby S, Blackstone EH, et al. Complement and the damaging effects of cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1983;86:845-857.
64. Melrose DG, Dreyer B, Bentall HH, et al. Elective cardiac arrest. *Lancet* (London, England). 1955;269:21-22.
65. Hearse DJ, Stewart DA, Braimbridge MV. Cellular protection during myocardial ischemia: the development and characterization of a procedure for the induction of reversible ischemic arrest. *Circulation* 1976;54:193-202.
66. Laks H, Barner HB, Kaiser G. Cold blood cardioplegia. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1979;77:319-322.
67. Barratt-Boyes BG. Cardiac surgery in neonates and infants. *Circulation*. 1971;44:924-925.
68. Seelye ER, Harris EA, Squire AW, Barratt-Boyes BG. Metabolic effects of deep hypothermia and circulatory arrest in infants during cardiac surgery. *Brit J Anaesth* 1971;43:449-459.
69. Barratt-Boyes BG, Simpson M, Neutze JM. Intracardiac surgery in neonates and infants using deep hypothermia with surface cooling and limited cardiopulmonary bypass. *Circulation* 1971;43(5 Suppl):I25-I30.
70. Kirklin JW, Blackstone EH, Pacifico AD, et al. Routine primary repair vs two-stage repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 1979;60:373-386.
71. Kirklin J. The movement of cardiac surgery to the very young. In: Crupi G Parenzan L Anderson RH, editor. *Perspectives in Pediatric Cardiology*. Armonk, NY: Futura; 1989. p 3-22.
72. Bacha EA, Scheule AM, Zurakowski D, et al. Long-term results after early primary repair of tetralogy of Fallot. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;122:154-161.
73. Castaneda AR, Lamberti J, Sade RM, et al. Open-heart surgery during the first three months of life. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1974;68:719-731.
74. Castaneda AR, Norwood WI, Jonas RA, et al. Transposition of the great arteries and intact ventricular septum: anatomical repair in the neonate. *Ann Thorac Surg* 1984;38:438-443.
75. Norwood WI, Dobell AR, Freed MD, et al. Intermediate results of the arterial switch repair. A 20-institution study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988;96:854-863.
76. Castaneda AR, Mayer JE, Jr., Jonas RA. Repair of complete atrioventricular canal in infancy. *World J Surg* 1985;9:590-597.
77. Hanley FL, Fenton KN, Jonas RA, et al. Surgical repair of complete atrioventricular canal defects in infancy. Twenty-year trends. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1993;106:387-94; discussion 94-97.
78. Ilbawi M, Cua C, DeLeon S, et al. Repair of complete atrioventricular septal defect with tetralogy of Fallot. *Ann Thorac Surg* 1990;50:407-412.
79. Sell JE, Jonas RA, Mayer JE, et al. The results of a surgical program for interrupted aortic arch. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988;96:864-877.
80. Wikipedia (Reproduced under Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported License). Brian Barratt-Boyes 2019 [Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Brian_Barratt-Boyes].
81. Jatene AD, Fontes VF, Paulista PP, et al. Successful anatomic correction of transposition of the great vessels. A preliminary report. *Arquivos brasileiros de cardiologia* 1975;28:461-464.
82. Jatene AD, Fontes VF, Paulista PP, et al. Anatomic correction

- of transposition of the great vessels. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1976;72:364-370.
83. Norwood WI, Lang P, Hansen DD. Physiologic repair of aortic atresia-hypoplastic left heart syndrome. *N Engl J Med* 1983;308:23-26.
 84. Norwood WI, Lang P, Casteneda AR, et al. Experience with operations for hypoplastic left heart syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1981;82:511-519.
 85. Wolfe WG, Ebert PA. Total anomalous pulmonary venous return with intact atrial septum and associated mitral stenosis. *Thorax* 1970;25:769-772.
 86. Ebert PA, Greenfield LJ, Austen WG, et al. Experimental comparison of methods for protecting the heart during aortic occlusion. *Ann Surg* 1962;155:25-32.
 87. Bailey LL, Nehlsen-Cannarella SL, Concepcion W, et al. Baboon-to-human cardiac xenotransplantation in a neonate. *JAMA* 1985;254:3321-3329.
 88. Bailey LL, Nehlsen-Cannarella SL, Doroshov RW, et al. Cardiac allotransplantation in newborns as therapy for hypoplastic left heart syndrome. *N Engl J Med* 1986;315:949-951.
 89. Konno S, Imai Y, Iida Y, et al. A new method for prosthetic valve replacement in congenital aortic stenosis associated with hypoplasia of the aortic valve ring. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1975;70:909-917.
 90. Ross DN, Somerville J. Correction of pulmonary atresia with a homograft aortic valve. *Lancet (London, England)* 1966;2:1446-1447.
 91. Ross DN. Replacement of aortic and mitral valves with a pulmonary autograft. *Lancet (London, England)* 1967;2:956-958.
 92. Yacoub MH, Radley-Smith R, Hilton CJ. Anatomical correction of complete transposition of the great arteries and ventricular septal defect in infancy. *Brit Med J* 1976;1:1112-1114.
 93. Elliott RB, Starling MB, Neutze JM. Medical manipulation of the ductus arteriosus. *Lancet (London, England)* 1975;1:140-142.
 94. Mavroudis C, Jacobs JP. Congenital Heart Surgery Nomenclature and Database Project: overview and minimum dataset. *Ann Thorac Surg* 2000;69(4 Suppl):S2-S17.
 95. Mavroudis C, Williams WG. History of the Congenital Heart Surgeons' Society. *World J Pediatr & Congen Heart Surg* 2015;6:541-550.
 96. Mavroudis C, Kirklin JK, DeCampli WM. Incremental History of the Congenital Heart Surgeons' Society (2014-2018). *World J Pediatr & Congen Heart Surg* 2018;9:668-676.
 97. Tweddell JS. Congenital Heart Surgery Subspecialty Certification: How Is It Working? *The American Board of Thoracic Surgery Perspective. Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery Pediatric Cardiac Surgery Annual* 2017;20:67-69.
 98. Gilboa SM, Salemi JL, Nembhard WN, et al. Mortality resulting from congenital heart disease among children and adults in the United States, 1999 to 2006. *Circulation* 2010;122:2254-2263.
 99. Oster ME, Lee KA, Honein MA, et al. Temporal trends in survival among infants with critical congenital heart defects. *Pediatr* 2013;131:e1502-e1508.
 100. Jolley M, Colan SD, Rhodes J, et al. Fontan physiology revisited. *Anesth Analg* 2015;121:172-182.
 101. Gewillig M, Brown SC. The Fontan circulation after 45 years: update in physiology. *Heart (British Cardiac Society)*. 2016;102:1081-1086.
 102. Maher KO, Gidding SS, Baffa JM, et al. New developments in the treatment of hypoplastic left heart syndrome. *Minerva Pediatrica* 2004;56:41-49.
 103. Bove EL. Transplantation after first-stage reconstruction for hypoplastic left heart syndrome. *Ann Thorac Surg* 1991;52:701-4; discussion 4-7.
 104. Bove EL, Lloyd TR. Staged reconstruction for hypoplastic left heart syndrome. Contemporary results. *Ann Surg* 1996;224:387-94; discussion 94-95.
 105. Mosca RS, Hennein HA, Kulik TJ, et al. Modified Norwood operation for single left ventricle and ventriculoarterial discordance: an improved surgical technique. *Ann Thorac Surg* 1997;64:1126-1132.
 106. Bove EL. Current status of staged reconstruction for hypoplastic left heart syndrome. *Pediatr Cardiol* 1998;19:308-315.
 107. Mascio CE, Irons ML, Ittenbach RF, et al. Thirty years and 1663 consecutive Norwood procedures: Has survival plateaued? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2019;158:220-229.
 108. Karavas AN, Deschner BW, Scott JW, et al. Three-Region Perfusion Strategy for Aortic Arch Reconstruction in the Norwood. *Ann Thorac Surg* 2011;92:1138-1140.
 109. Sano S, Ishino K, Kawada M, et al. Right ventricle-pulmonary artery shunt in first-stage palliation of hypoplastic left heart syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;126:504-509.
 110. Sano S, Ishino K, Kawada M, Right ventricle-pulmonary artery shunt in first-stage palliation of hypoplastic left heart syndrome. *Seminars in Thoracic & Cardiovascular Surgery: Pediatr Card Surg Ann* 2004;7:22-31.
 111. Sano S, Huang S-C, Kasahara S, et al. Risk Factors for Mortality After the Norwood Procedure Using Right Ventricle to Pulmonary Artery Shunt. *Ann Thorac Surg* 2009;87:178-186.
 112. Ivanov Y, Mykychak Y, Fedevych O, et al. Single-centre 20-year experience with repair of truncus arteriosus. *Inter Cardiovasc Thorac Surg* 2019;29:93-100.
 113. Asagai S, Inai K, Shinohara T, et al. Long-term Outcomes after Truncus Arteriosus Repair: A Single-center Experience for More than 40 Years. *Congen Heart Dis* 2016;11:672-677.
 114. Mastropietro CW, Amula V, Sassalos P, et al. Characteristics and operative outcomes for children undergoing repair of truncus arteriosus: A contemporary multicenter analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2019;157:2386-2398.e4.
 115. Buckley JR, Amula V, Sassalos P, et al. Multicenter Analysis of Early Childhood Outcomes After Repair of Truncus Arteriosus. *Ann Thorac Surg* 2019;107:553-559.
 116. Jacobs JP, Mayer JE, Jr., Pasquali SK, et al. The Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database: 2019 Update on Outcomes and Quality. *Ann Thorac Surg* 2019;107:691-704.
 117. Russell HM, Pasquali SK, Jacobs JP, et al. Outcomes of repair of common arterial trunk with truncal valve surgery: a review of the society of thoracic surgeons congenital heart surgery database. *Ann Thorac Surg* 2012;93:164-9; discussion 9.
 118. Bove EL. Truncus arteriosus. *Ann Thorac Surg* 2004;77:1492-1493.
 119. Mavroudis C, Jonas RA, Bove EL. Personal glimpses into the evolution of truncus arteriosus repair. *World J Pediatr & Congen Heart Surg* 2015;6:226-238.
 120. Starnes VA, Pitlick PT, Bernstein D, et al. Ebstein's anomaly appearing in the neonate. A new surgical approach. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1991;101:1082-1087.
 121. Reemtsen BL, Fagan BT, Wells WJ, et al. Current surgical therapy for Ebstein anomaly in neonates. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006;132:1285-1290.
 122. Holst KA, Dearani JA, Said SM, et al. Surgical Management and Outcomes of Ebstein Anomaly in Neonates and Infants: A

- Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database Analysis. *Ann Thorac Surg* 2018;106:785-791.
123. Mainwaring RD, Punnett R, Reddy VM, et al. Surgical reconstruction of pulmonary stenosis with ventricular septal defect and major aortopulmonary collaterals. *Ann Thorac Surg* 2013;95:1417-1421.
 124. Mavroudis C, Deal BJ. Fontan Conversion: Literature Review and Lessons Learned Over 20 Years. *World J for Pediatric and Congen Heart Surg* 2016/03/01;7:192-8.
 125. Balaji S, Johnson TB, Sade RM, et al. Management of atrial flutter after the Fontan procedure. *J Am Coll Cardiol* 1994;23:1209-1215.
 126. Case CL, Schaffer MS, Dhala AA, et al. Radiofrequency catheter ablation of an accessory atrioventricular connection in a Fontan patient. *Pacing and clinical electrophysiology: PACE* 1993;16(7 Pt 1):1434-1436.
 127. Case CL, Gillette PC, Zeigler V, et al. Problems with permanent atrial pacing in the Fontan patient. *Pacing and clinical electrophysiology: PACE* 1989;12(1 Pt 1):92-96.
 128. Mavroudis C, Deal BJ, Backer CL. The beneficial effects of total cavopulmonary conversion and arrhythmia surgery for the failed Fontan. *Seminars in thoracic and cardiovascular surgery Pediatr Cardiac Surg Ann* 2002;5:12-24.
 129. Backer CL, Russell HM, Pahl E, et al. Heart transplantation for the failing Fontan. *Ann Thorac Surg* 2013;96:1413-1419.
 130. Cameron DE, Alejo DE, Patel ND, et al. Aortic root replacement in 372 Marfan patients: evolution of operative repair over 30 years. *Ann Thorac Surg* 2009;87:1344-9; discussion 9-50.
 131. Patel ND, Weiss ES, Alejo DE, et al. Aortic root operations for Marfan syndrome: a comparison of the Bentall and valve-sparing procedures. *Ann Thorac Surg* 2008;85:2003-2010; discussion 10-11.
 132. Patel ND, Williams JA, Barreiro CJ, et al. Valve-sparing aortic root replacement: early experience with the De Paulis Val-salva graft in 51 patients. *Ann Thorac Surg* 2006;82:548-553.
 133. Matte GS, del Nido PJ. History and use of del Nido cardioplegia solution at Boston Children's Hospital. *J Extra-corporeal Techn* 2012;44:98-103.
 134. Ungerleider RM, Greeley WJ, Sheikh KH, et al. Routine use of intraoperative epicardial echocardiography and Doppler color flow imaging to guide and evaluate repair of congenital heart lesions. A prospective study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990;100:297-309.
 135. Ungerleider RM, Greeley WJ, Kisslo J. Intraoperative echocardiography in congenital heart disease surgery: preliminary report on a current study. *Am J Cardiol* 1989;63 Suppl: 3f-8f, 14f.
 136. Lucey BP, Thomas CB, Hutchins GM. Max brodel: illustrating healed valve ring abscesses. *Arch Pathol & Labor Med* 2005;129:1155-1158.
 137. Wolff M, Radwan H. [Max Brodel (1870-1941): his life and contribution to the development of modern surgery]. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin*. 1997;68:840-847.
 138. 1997/08/01. Max Brodel (1870-1941): sein Leben und Beitrag zur Entwicklung der modernen Chirurgie. *ger*.
 139. Crosby RW, Cody J. Max Brödel: the man who put art into medicine. New York: Springer-Verlag; 1991.
 140. Wooley CF, Miller PJ, William Osler, et al. The origins of congenital heart disease in North America. *Am Heart Hosp J* 2008 Winter;6:51-56.
 141. Kelen S. Maude Abbott: a biography. *Can J Cardiol* 2000;16: 893-898.
 142. Ferencz C. Origin of congenital heart disease: reflections on Maude Abbott's work. *Can J Cardiol* 1989;5:4-9.
 143. Ebert PA. Atlas of congenital cardiac surgery. New York: Churchill Livingstone; 1989.
 144. Mavroudis C, Mavroudis CD, Frost J. Native pulmonary valve restoration after remote tetralogy of fallot repair: how to do it. *World J Pediatr & Congen Heart Surg* 2013;4:422-426.
 145. Mavroudis C, Backer CL, Idriss RF. Atlas of Pediatric Cardiac Surgery 2015. English.
 146. Mavroudis C, Idriss R, Klaus KE. The MAVID heart holder: a demonstration device to anchor cadaver hearts for surgical simulation and practical education. *Cardiol in the Young* 2015;25:1626-1630. English.
 147. Mavroudis C, Backer CL, Idriss RF. Pediatric cardiac surgery. Oxford: Wiley-Blackwell; 2013.
 148. Idriss FS, Muster AJ, Paul MH, et al. Ventricular septal defect with tricuspid pouch with and without transposition. Anatomic and surgical considerations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992;103:52-59. English.
 149. Hricak H. 2016 New Horizons Lecture: Beyond Imaging-Radiology of Tomorrow. *Radiology* 2018;286:764-775.
 150. Mavroudis C, Lees G, Idriss R. Medical Illustration in the Era of Cardiac Surgery. *World J of Pediatric and Congenital Heart Surg* 2020 (In Press).
 151. Mavroudis CD, Mavroudis C, Jacobs JP, et al. Simulation and Deliberate Practice in a Porcine Model for Congenital Heart Surgery Training. *Ann Thorac Surg* 2018;105:637-643.