



**Le competenze esclusive del  
Tecnico di fisiopatologia  
cardiocircolatoria e perfusione  
cardiovascolare nella gestione  
dell'*Extracorporeal membrane  
oxygenation* (ECMO)**

**Documento di posizionamento della FNO TSRM e PSTRP**

Commissione di albo nazionale Tecnici di fisiopatologia cardiocircolatoria e perfusione cardiovascolare

### **Gruppo di lavoro**

Commissione di albo nazionale dei Tecnici di fisiopatologia cardiocircolatoria e perfusione cardiovascolare:

Salvatore Scali, Giacomo Dattolo, Luca Conte, Simona Tani, Donatella Orlandini, Emanuela Testa, Piero Rodolfo, Carlo Contento, Massimo Goracci.

Con il supporto del gruppo AGML e il parere e la revisione del prof. Daniele Rodriguez.

<b>Premessa</b>	<b>4</b>
<b>1. Obiettivi</b>	<b>5</b>
<b>2. Riferimento normativo per la competenza esclusiva</b>	<b>5</b>
<b>3. Inquadramento normativo del TFCPC</b>	<b>6</b>
3.1. Ordinamento didattico e offerta formativa del cdI TFCPC classe L/SNT3 (7) (8).....	6
3.2. Settori scientifico disciplinari (SSD) caratterizzanti (7) .....	6
<b>4. Ruoli del TFCPC in accordo con il profilo professionale (6), codice deontologico (9) e ordinamento didattico corso di laurea abilitante (7) (8)</b>	<b>8</b>
<b>5. Regolamentazione e disciplina estera (UE, UK, USA)</b>	<b>9</b>
<b>6. Nomenclatura del supporto vitale extracorporeo: dall'ECMO all'ECLS</b>	<b>10</b>
6.1 ECMO VA-VV .....	11
6.2 ECCO <sub>2</sub> R.....	12
6.3 EISOR.....	12
6.4 ECPR.....	13
6.5 cDCD .....	13
<b>7. ECMO e gestione del rischio clinico</b>	<b>15</b>
<b>8. IL TFCPC nelle Terapie intensive</b>	<b>17</b>
<b>Conclusioni</b>	<b>18</b>
<b>Glossario</b>	<b>23</b>

## **Premessa**

Con questo documento la Commissione di albo nazionale della professione del Tecnico di fisiopatologia cardiocircolatoria e perfusione cardiovascolare (TFCPC) della Federazione nazionale degli Ordini dei tecnici sanitari di radiologia medica e delle professioni sanitarie tecniche, della riabilitazione e della prevenzione (TSRM e PSTRP) intende precisare la propria posizione in merito alla gestione della procedura denominata *Extra corporeal life support* (ECLS), ai più conosciuta come *Extracorporeal membrane oxygenation* (ECMO).

Alla Commissione è noto che sul territorio nazionale, in più realtà e in più forme, differenti esercenti le professioni sanitarie si occupano della procedura ECMO la quale, essendo una forma di circolazione extracorporea, per la normativa vigente è di esclusiva competenza del TFCPC.

Pertanto il documento risulta necessario a disincentivare ogni forma di abuso della professione sanitaria di TFCPC e a sostenere la tutela delle sue competenze e connesse responsabilità, oltre che la tutela dell'appropriatezza della cura erogata ed, in definitiva, la tutela della salute dei cittadini secondo principi normativi e norme di sicurezza.

## 1. Obiettivi

- a. Fornire un quadro completo di informazioni relative alla gestione dell'ECMO da parte del TFCPC;
- b. chiarire il ruolo del TFCPC nell'ambito della gestione dell'ECMO, fornendo informazioni ed interpretazione delle norme di riferimento non corrette

## 2. Riferimento normativo per la competenza esclusiva

La normativa concernente le professioni sanitarie, a decorrere dalle modificazioni introdotte dal [DLgs n. 502/1992 \(1\)](#) e dalla definizione dei profili professionali, ha determinato una radicale trasformazione del mondo della salute, che ha trovato compimento con l'istituzione degli Ordini delle professioni sanitarie di cui alla [legge n. 3/2018](#). (2).

Nei decreti ministeriali che a partire dal 1994 hanno delineato i profili professionali di ciascuna figura sanitaria si rinvengono gli specifici ambiti e le rispettive competenze.

Nello specifico è necessario ricordare che il profilo professionale della figura del TFCPC di cui al [DM del 27 luglio 1998, n. 316](#), all'articolo 1, ai commi 1, 2 e 3, declina:

*“1. Il tecnico di fisiopatologia cardiocircolatoria e perfusione cardiovascolare è l'operatore sanitario che, in possesso del diploma universitario abilitante e dell'iscrizione all'albo professionale, provvede alla conduzione e alla manutenzione delle apparecchiature relative alle tecniche di circolazione extracorporea ed alle tecniche di emodinamica.*

*2. Le mansioni del tecnico della fisiopatologia cardiocircolatoria e perfusione cardiovascolare sono esclusivamente di natura tecnica; egli coadiuva il personale medico negli ambienti idonei fornendo indicazioni essenziali o conducendo, sempre sotto indicazione medica, apparecchiature finalizzate alla diagnostica emodinamica o vicariati le funzioni cardiocircolatorie.*

*3. Il tecnico della fisiopatologia cardiocircolatoria e perfusione cardiovascolare:*

- a. *pianifica, gestisce e valuta quanto necessario per il buon funzionamento delle apparecchiature di cui è responsabile;*
- b. *garantisce la corretta applicazione delle tecniche di supporto richieste;*
- c. *svolge la sua attività professionale in strutture sanitarie pubbliche o private, in regime di dipendenza o libero professionale...”.*

Le leggi [n. 42/1999](#) (3) e [n. 251/2000](#) (4) hanno ulteriormente regolato i rapporti tra le professioni sanitarie, rimarcando la sussistenza di un campo proprio di attività e di responsabilità, correlate all'identità professionale di ognuna, nonché agli ordinamenti didattici attinenti ai rispettivi corsi di laurea universitari e di formazione post-base ed ancora ai codici deontologici di cui ogni figura professionale sanitaria si è dotata: ciascuna di esse opera secondo i principi di autonomia e responsabilità, nel perimetro delle proprie competenze, giacché per legge è stato soppresso il concetto -e con esso la stessa locuzione- di ancillarità di una figura sanitaria rispetto a qualsivoglia altra figura.

Le professioni sanitarie, dunque, così regolamentate e protette dall'ordinamento, partecipano altresì - tutte e ciascuna - alle dinamiche e al perseguimento degli obiettivi fissati dalla [legge n. 24/2017](#) (5) in materia di sicurezza delle cure e di responsabilità professionale sanitaria.

### 3. Inquadramento normativo del TFCPC

- a. Profilo professionale: [DM 27 luglio 1998, n. 316](#) (6);
- b. ordinamento didattico e offerta formativa del [corso di laurea TFCPC classe L/SNT3](#) (7) (8);
- c. [codice deontologico del TFCPC](#) (9), artt. 1, 2, 3, 5, 7;
- d. legge [8 marzo 2017, n. 24](#) (5), art. 5;
- e. DM [13 marzo 2018](#) (2), artt. 1, 2;
- f. [core competence TFCPC 10 Aprile 2019](#) - AITeFeP (11);
- g. settori scientifico disciplinari (SSD) caratterizzanti (7);
- h. [costituzione etica](#) della FNO TSRM e PSTRP (2021) (32).

#### 3.1. Ordinamento didattico e offerta formativa del [cdl TFCPC classe L/SNT3](#) (7) (8)

Il laureato del corso di laurea in Tecniche di fisiopatologia cardiocircolatoria e perfusione cardiovascolare, in conformità agli indirizzi dell'Unione europea, al termine del percorso triennale ottiene competenze in ambito cardiologico e cardiocirurgico. In particolare deve essere in grado di:

[...]

- gestire l'assistenza cardiocircolatoria e respiratoria;
- prendere decisioni coerenti con le dimensioni legali, etiche e deontologiche che regolano l'organizzazione sanitaria e la responsabilità professionale (8);
- applicare protocolli per la preservazione di organo e gestione del trasporto;
- provvedere alla conduzione e manutenzione delle apparecchiature relative alle tecniche di circolazione extracorporea e alle tecniche di emodinamica e di cardiologia non invasiva;
- garantire la corretta applicazione delle tecniche di supporto richieste;
- garantire la corretta applicazione delle prescrizioni diagnostiche e terapeutiche richieste;
- gestire autonomamente la metodica di circolazione extracorporea e l'emodinamica della persona assistita indotta artificialmente dalla macchina cuore-polmone;
- garantire l'ossigenazione del sangue e la perfusione sistemica;

[...]

- documentare sulla cartella clinica i dati relativi alla circolazione extracorporea.

#### 3.2. Settori scientifico disciplinari (SSD) caratterizzanti (7)

Il [decreto interministeriale del 19 febbraio 2009 “Determinazione delle classi dei corsi di laurea per le professioni sanitarie”](#), prevede 104 CFU caratterizzanti, di cui:

1. 30 CFU sono assegnati ai SSD di riferimento del profilo professionale e vanno a costituire l'ambito di “Scienze e tecniche della fisiopatologia cardiocircolatoria e perfusione cardiovascolare” che include:

- ING-IND/22 - Scienza e tecnologia dei materiali
- MED/11 - Malattie dell'apparato cardiovascolare
- MED/15 - Malattie del sangue
- MED/21 - Chirurgia toracica
- MED/22 - Chirurgia vascolare
- MED/23 - Chirurgia cardiaca
- MED/50 - Scienze tecniche mediche applicate

2. 14 CFU in:

- Scienze medico chirurgiche
- Scienze della prevenzione e dei servizi sanitari
- Scienze interdisciplinari cliniche
- Scienze umane e psicopedagogiche
- Scienze interdisciplinari
- Scienze del management sanitario
- 60 CFU Tirocinio pratico

Il peso formativo dei CFU caratterizzanti del corso di laurea TFCPC, corrispondente a 2600 ore di formazione teorico-pratica, non trova riscontro in altri corsi di laurea. (7) (8) (9)

**Tabella 1 | Formazione clinica e obiettivi durante la Laurea in TFCPC (6) (7) (8) (9)**

<b>Formazione clinica (1500 ore)</b>	<b>Obiettivi</b>	<b>Anno di laurea</b>
Elettrocardiografia e lettura Holter	Esecuzione di esami elettrocardiografici e sua interpretazione.	I e II
Emodialisi	Preparazione, impostazione e funzionamento della macchina per emodialisi.	II
Ecocardiografia clinica transtoracica	Esecuzione tecnica dell'esame ecocardiografico completo di valutazione quantitativa e color-flussimetrica.	II
Funzione respiratoria clinica	Esecuzione test per valutare la funzione cardio-respiratoria.	II
Ecografia vascolare	Valutazioni ecografiche e flussimetriche del sistema vascolare.	II
Emodinamica ed elettrofisiologia	Preparazione, gestione e applicazione dell'attrezzatura.	II e III
Cardiochirurgia ed ECMO	Preparazione, gestione e applicazione dell'attrezzatura. Gestione e applicazione di circuiti extracorporei.	III
Unità di terapia intensiva	Gestione extracorporea dispositivi, ecocardiografia ed elettrocardiografia.	III Anno

#### **4. Ruoli del TFCPC in accordo con il profilo professionale (6), codice deontologico (9) e ordinamento didattico corso di laurea abilitante (7) (8)**

Precisando, quindi, il settore oggetto del documento di posizionamento, il TFCPC, in accordo con il profilo professionale, il codice deontologico e l'ordinamento didattico del corso di laurea abilitante, contribuisce alla:

- preparazione, manutenzione e conduzione di apparecchiature dedicate all'assistenza extracorporea (ECLS) nel contesto dell'insufficienza d'organo (in particolare cardiocircolatoria e respiratoria) inclusi ECMO ed ECPR, e nel contesto della preservazione/ricondizionamento d'organo (incluso EISOR);
- elaborazione e revisione/aggiornamento di procedure/istruzioni operative e check-list relative alla preparazione, manutenzione e conduzione di apparecchiature dedicate all'assistenza extracorporea, e relative a procedure propedeutiche alle stesse (es. cannulazione) finalizzate a prevenzione e contenimento del rischio clinico correlato;
- supporto al team nel contesto di procedure di rianimazione extracorporea (ECPR) ed endovascolare (REBOA);
- esecuzione tecniche di POCT finalizzate al monitoraggio emogasanalitico e della coagulazione nella persona in ECMO o durante EISOR;
- esecuzione di ecocardiografia transtoracica, ecografia vascolare e polmonare (POCUS), per supportare il medico durante procedure di cannulazione/cateterizzazione/rianimazione, o per monitoraggio della persona in ECMO/ECPR (o potenziale candidato);
- elaborazione e realizzazione di un piano/percorso di formazione su campo per tutti i membri del team multidisciplinare, nell'ambito di una analisi proattiva orientata alla prevenzione di eventi avversi/riduzione del loro impatto, che includa una formazione "hands-on" e tecniche di simulazione base ed avanzata finalizzati alla prevenzione, rilievo precoce e *troubleshooting* rispetto a interazioni avverse tra il sistema extracorporeo ed il sistema persona assistita, nonché rispetto alle complicanze meccaniche durante le tecniche di ECLS.

Ed all'organizzazione di:

- analisi reattiva a *near-miss* e/o eventi avversi;
- realizzazione di percorsi di audit clinico che includano l'adattamento locale di linee guida specifiche in processi assistenziali condivisi;
- la valutazione del grado di aderenza della pratica corrente con gli standard identificati;
- il rilievo di eventuali inappropriatezze;
- l'implementazione di cambiamenti eventualmente reputati come necessari, e la valutazione dell'impatto del cambiamento. (6) (7) (8) (9) (12)

Come descritto nel paragrafo 3, si evince che, secondo il profilo professionale, il TFCPC "...provvede alla conduzione e alla manutenzione delle apparecchiature relative alle tecniche di circolazione extracorporea..."); nel percorso formativo e relativo ordinamento didattico (come citato

nei punti 3.1 e 3.2), seppur all'interno di una équipe multidisciplinare, il professionista responsabile di tale procedura è il TFCPC.

## 5. Regolamentazione e disciplina estera (UE, UK, USA)

L'inquadramento e la relativa regolamentazione, sia legislativa che operativa, del TFCPC differisce all'interno degli stessi Paesi UE, UK ed USA. Nonostante vi siano delle differenze, alcune linee comuni avvalorano l'esclusività della professione su determinate procedure concernenti metodiche di circolazione extracorporea sia a breve che a medio/lungo termine (ECMO).

In riferimento a ciò, le maggiori società scientifiche di UK ed USA, nello specifico [“The Society of Clinical Perfusion Scientists Of Great Britain And Ireland”](#) (13) ed [“AmSECT”](#) (14), individuano percorsi settoriali e specifici per la formazione e la successiva abilitazione dei professionisti coinvolti. In particolare, si fa chiaro riferimento alla figura del [“Clinical perfusion scientist”](#) (15) o [“ECMO Specialist”](#) come unico responsabile delle procedure di perfusione extracorporea che coinvolgono l'utilizzo di ECMO.

Di seguito alcuni [riferimenti](#) (15) tratti dai documenti ufficiali della società Inglese:

- [...] *“All members have both a personal and a professional obligation to protect all patients from illegal, unethical and incompetent conduct by any person”* [...]
- [...] *“All members should recognise a responsibility to seek changes in techniques and practices which they do not believe to be in the best interest of patients. They should be encouraged and supported by all members in pursuit of this principle”* [...]
- [...] *“Members shall abide by the law, and are governed by the rules and regulations of their employing authority”* [...]
- [...] *“Responsibility for clinical perfusion procedures can only be taken by an accredited Clinical Perfusion Scientist.”* [...] Inoltre, [...] *“They unanimously expect that any mechanical perfusion used in the management of a patient undergoing a surgical procedure in the United Kingdom or Ireland should only be undertaken by a Clinical Perfusion Scientist who has been accredited by the Society of Clinical Perfusion Scientists of Great Britain and Ireland and on the register of The College of Clinical Perfusion Scientists of Great Britain and Ireland, or by a trainee under the direct supervision of an accredited Clinical Perfusion Scientist”*. (15) Anche la [letteratura internazionale](#) rafforza i contenuti precedentemente esplicitati, in particolare attraverso un articolo specifico dedicato al “nuovo” ruolo del Perfusionista coinvolto nel supporto ECLS. (16)

In Europa la situazione è disciplinata innanzitutto dal rigore delle linee guida [EUROELSO](#) (*Extracorporeal life support organization*) che indicano la direzione e l'approccio da seguire in merito proprio alla gestione del supporto [ECMO](#) ed ai professionisti coinvolti nella procedura.

I suddetti concetti vengono rafforzati anche nella rivista [“ICU - MANAGEMENT & PRACTICE - volume 16, issue 1, spring 2016”](#), in un articolo analizzato da una *Senior clinical perfusionist* operativa in Belgio, nel quale si delinea, ancora una volta, come il Tecnico perfusionista sia la figura di riferimento che possiede la *core competence* per le procedure ECMO, così esplicitati:

[...] *“ECLS circuitry is complex both in set-up and in major troubleshooting and therefore should remain the responsibility of the perfusionist. European perfusionists play an important, mainly*

*technical supportive role in local ECLS programmes, but rarely offer a 24/24hrs bedside service, hence the importance of a well-trained bedside caregiver.*

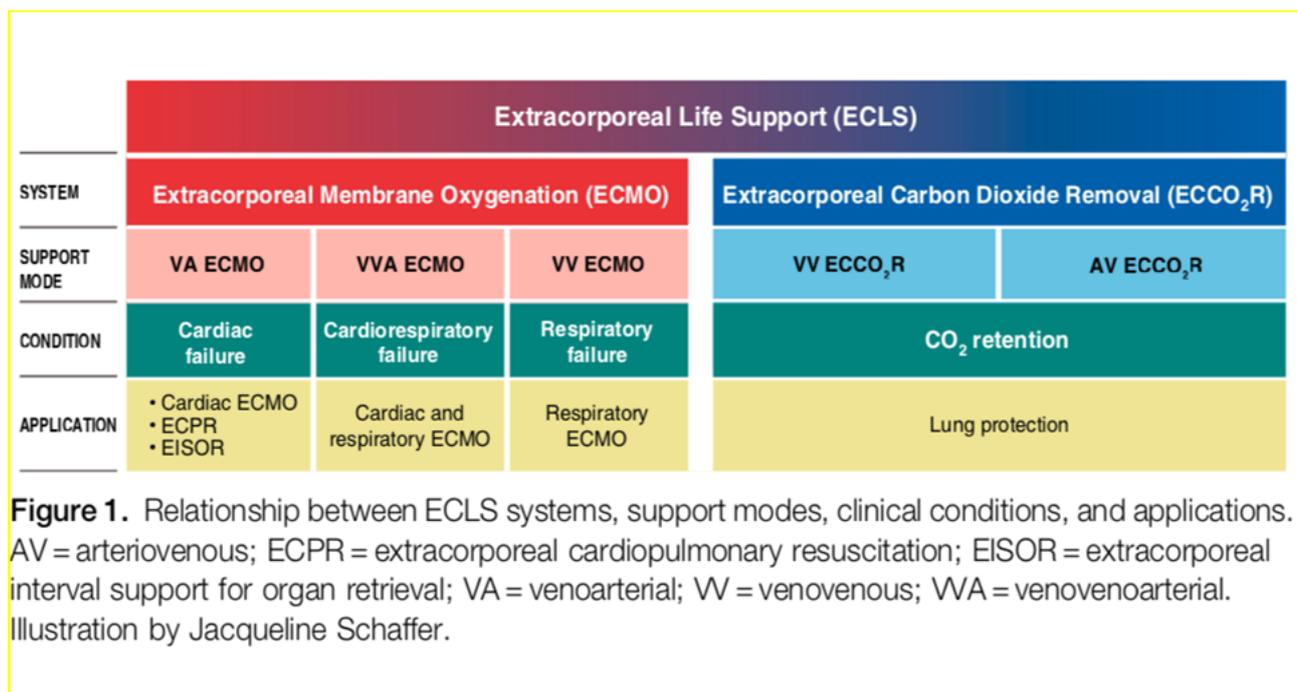
*It is essential and beneficial for the patients' total approach that everyone on the team receives specialized training about all aspects of ECLS. As extracorporeal support technologies are the core business of perfusionists, technical training should ideally be provided by the perfusionist'' [...]*

In conclusione, la figura del Perfusionista (TFCPC) è accomunata da concetti e metodi operativi alquanto comuni all'interno sia della stessa UE che nei Paesi esteri di riferimento come UK ed USA, la letteratura internazionale ed i documenti ufficiali delle più autorevoli società scientifiche lo confermano.

## 6. Nomenclatura del supporto vitale extracorporeo: dall'ECMO all'ECLS

L'ECMO, oggi conosciuto con il termine collettivo ECLS, descrive l'intera famiglia delle strategie di supporto extracorporeo a lungo termine utilizzate nel contesto dell'insufficienza cardiaca e/o respiratoria.

L'ECLS include terapie mirate ad ossigenare, rimuovere anidride carbonica, fornire un supporto circolatorio o fornire una combinazione variabile di queste funzioni. (12)



*Fig.1 Extracorporeal life support (ECLS) (12)*

Il principio alla base del funzionamento del sistema di supporto extracorporeo, che deve assolvere ad una serie di funzioni, indipendentemente dall'indicazione al trattamento e dalla tipologia di accesso, si esplica attraverso il drenaggio del sangue all'esterno del corpo attraverso una o più vene; rimozione della CO<sub>2</sub> e addizione della O<sub>2</sub> tramite un polmone artificiale e reinfusione del sangue ossigenato e decapneizzato attraverso una vena, un'arteria o una vena e un'arteria.

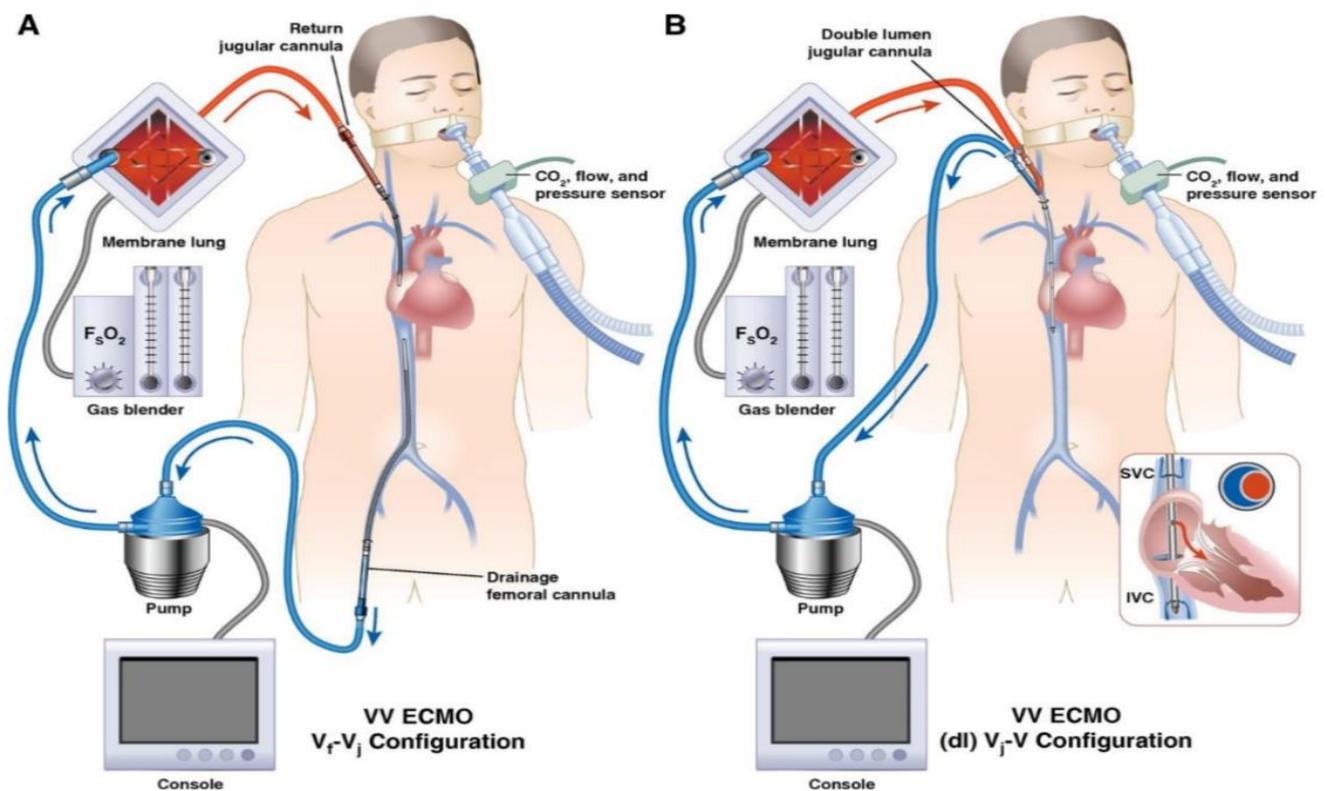
Con l'ECMO (Ossigenazione extracorporea a membrana), si intende una procedura di circolazione extracorporea cui si ricorre come supporto nei soggetti con insufficienza cardiaca e/o

respiratoria. L'ECMO costituisce una tecnica di supporto meccanico completo o parziale alla funzione cardiaca e/o polmonare nell'ambito di insufficienze d'organo 'no responder' a terapie convenzionali massimali, correlate a patologie acute o riacutizzazioni di patologie croniche reversibili o irreversibili. Il sostegno extracorporeo può protrarsi a breve, medio e lungo termine, sino alla risoluzione dei processi patologici, al recupero di funzionalità tale da consentire lo svezzamento a metodiche di assistenza farmacologiche e mediche o sino all'intervento di sostituzione dell'organo.

## 6.1 ECMO VA-VV

L' ECLS può essere configurato in due diverse modalità predominanti:

1. la modalità veno – venosa (VV – ECMO) è la modalità di scelta in caso di gravi lesioni polmonari o insufficienza respiratoria con funzionalità cardiaca preservata;
2. la modalità veno – arteriosa (VA – ECMO) è indicata al supporto cardiaco, in presenza o meno di una compromissione respiratoria. (12) (17)



Configurazione VV con accesso femoro – giugulare e giugulo – giugulare <sup>(22)</sup>

*Fig.2 Configurazione VV con accesso femoro-giugulare e giugulo-giugulare (12)*

## 6.2 ECCO<sub>2</sub>R

L'*Extracorporeal carbon dioxide removal* (ECCO<sub>2</sub>R) è un supporto respiratorio che promuove la rimozione di anidride carbonica dal sangue mediante uno scambiatore extracorporeo di gas.

Nonostante fu originariamente sviluppata come strategia per la gestione respiratoria di soggetti con insufficienza respiratoria ipercapnica, i progressi della tecnologia hanno permesso il suo utilizzo in altre situazioni cliniche come l'asma grave, nella BPCO o in fase di trapianto polmonare.

Il supporto, inoltre, permette di evitare l'intubazione degli assistiti. (18). L'ECCO<sub>2</sub>R viene applicato per evitare un'eccessiva ipercapnia e gli effetti dannosi derivanti da cambiamenti fisiopatologici del sistema respiratorio. (12)

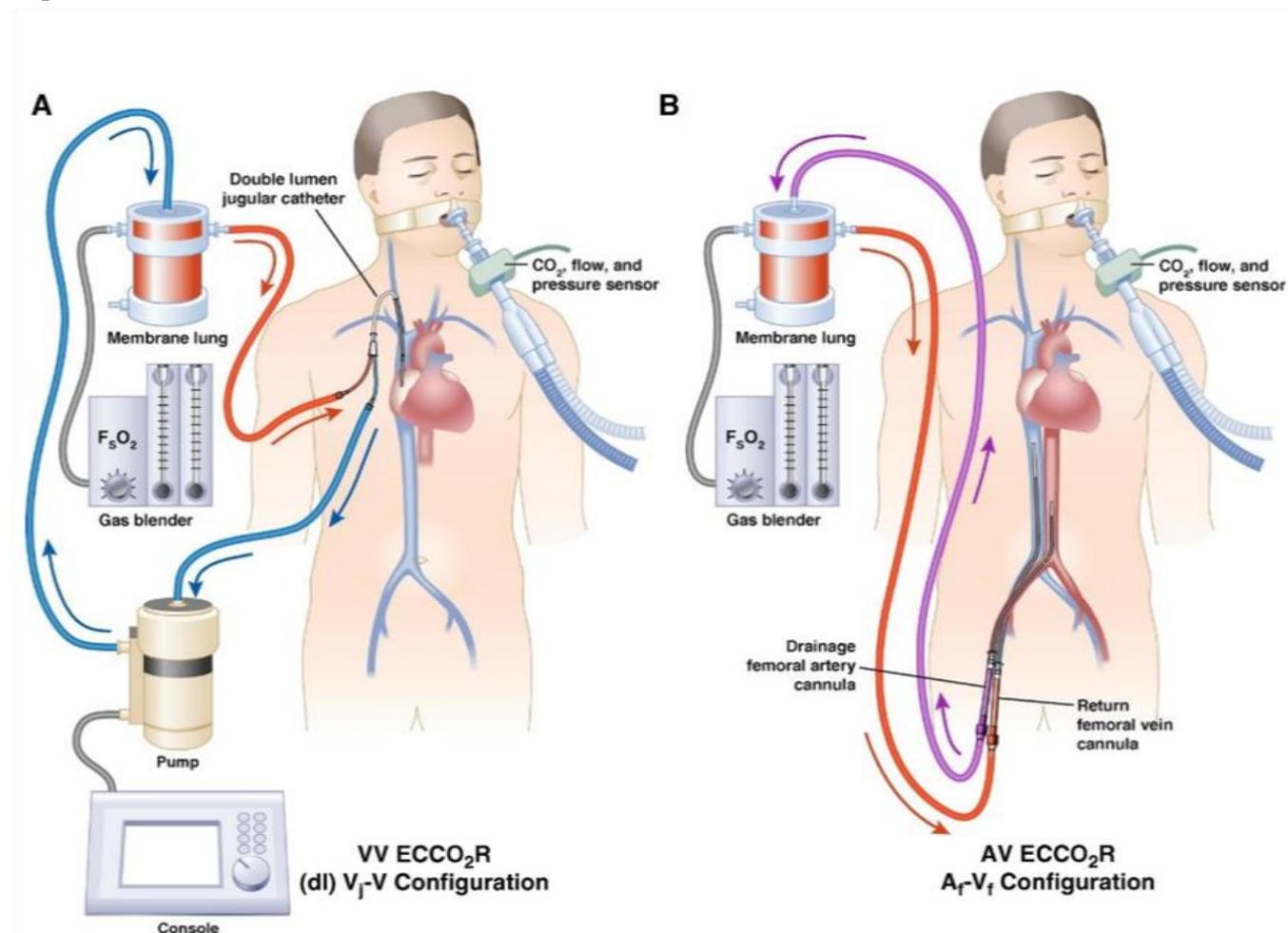


Fig.3 Configurazione ECCO<sub>2</sub>R VV e AV (12)

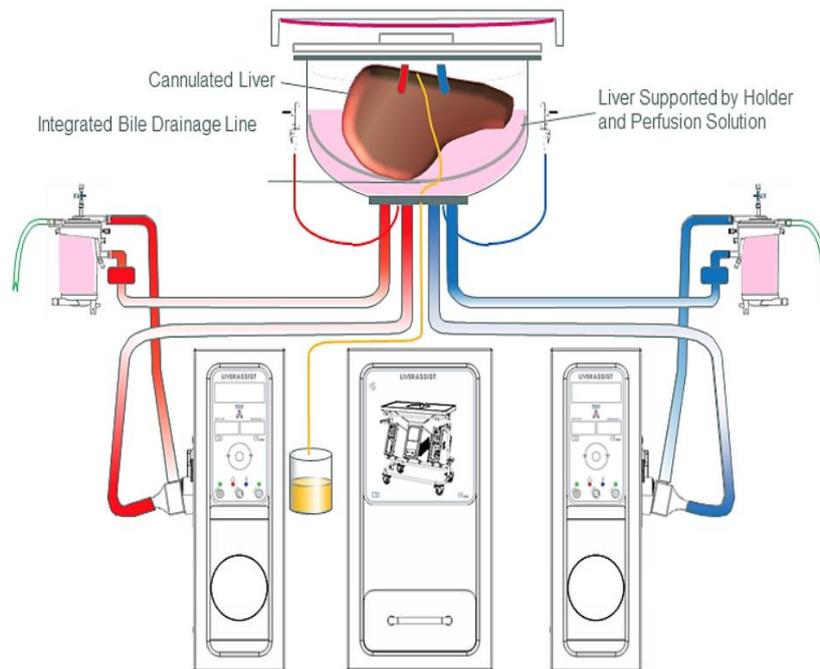
## 6.3 EISOR

L'*Extracorporeal interval support organ retrieval* (EISOR) è un supporto circolatorio in grado di garantire la conservazione dell'organo prima del trapianto. (12)

Vi sono inoltre delle apparecchiature definite *Machine perfusion* (MP) che hanno lo scopo di perfondere l'organo mantenendo la sua tonicità microvascolare, di conferire ossigeno e nutrienti per supportare il metabolismo tissutale e di rimuovere le sostanze tossiche derivanti dal catabolismo cellulare (19). La perfusione d'organo *EX-VIVO* viene eseguita in determinate condizioni:

- per i trapianti ad alto rischio, allo scopo di migliorare l'*outcome* di organo e persona assistita;

- per prolungati tempi di ischemia dell'organo da impiantare;
- per candidati a trapianto con alto grado di insufficienza d'organo (ricevente ad alto rischio);
- per il trattamento di organi sub-ottimali, marginali, provenienti da donatori di età avanzata o donatori di organi a cuore fermo (DCD); (20)
- per la valutazione della funzionalità dell'organo.



**Fig.4 Perfusion machine (Liver Assist © AVIONORD S.R.L.)**

## 6.4 ECPR

L'*Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation* (ECPR) (12) implica l'utilizzo dell'ECMO VA nei soggetti nei quali la rianimazione cardiopolmonare convenzionale (CPR) non risulta essere risolutiva oppure quando presentano un ritorno spontaneo della circolazione (ROSC) in maniera intermittente, ma si ripresentano arresti cardiaci ripetuti. In altre parole, l'ECPR viene usato nei contesti di arresto cardiaco refrattario. La definizione di questa condizione varia dai 10 ai 30 minuti di CPR in assenza di ROSC. La durata ottimale dell'arresto refrattario prima dell'ECPR rimane ancora sconosciuta, ma un tempo massimo di circa 15 minuti di CPR sembra essere ragionevole. Anche in questo scenario, la cannulazione più comunemente utilizzata riguarda l'approccio femoro – femorale per la maggiore facilità d'accesso. (21)

## 6.5 cDCD

Per "cDCD" si intende la metodica di donazione di organi a cuore fermo controllata (*Controlled donation after cardiac/cardiocirculatory death*) ovvero determinazione di morte a criteri cardiocircolatori, che prevede l'utilizzo dell'ECMO al fine di evitare l'ischemia/ipossia degli organi addominali e/o polmoni, preservando quindi la loro funzionalità a scopo di trapianto.

La procedura si applica ai potenziali donatori individuati ed appartenenti alla Categoria III di Maastricht (Morte cardiocircolatoria attesa, DCD III - controlled DCD), quali:

- soggetti con gravissime lesioni cerebrali, senza possibilità di risposta efficace a ulteriori trattamenti rispetto a quelli già attuati in Terapia intensiva, nei quali l'evoluzione verso la morte cerebrale non è prevedibile e l'arresto cardiaco è atteso come conseguenza della limitazione dei supporti vitali;
- soggetti affetti da grave insufficienza cardio-circolatoria, respiratoria o neuromuscolare non suscettibili di ulteriori terapie, ovvero soggetti le cui funzioni vitali sono esclusivamente dipendenti dalle terapie di supporto invasivo;
- soggetti che hanno manifestato la volontà, nei modi consentiti dalla legge (attraverso un rappresentante legale, o attraverso direttive anticipate di trattamento (DAT) o altre modalità inequivocabili), di sospendere i sostegni vitali.

Di seguito la Tabella di classificazione delle categorie di Maastricht per gli uDCD (uncontrolled) e cDCD (controlled), a seconda della tipologia di evento:

**Tabella 1. Modified European Maastricht categories of donation after cardiac death (DCD) classification**

(DCD International Workshop, Paris, 2013, modified from Kootstra et al, 1995)

<b>Category I.</b> <i>Uncontrolled</i>	<b>Found Dead</b> IA. Out-of-hospital IB. In-hospital	<b>Sudden unexpected CA* without any attempt of resuscitation by a medical team; WIT to be considered according to National recommendations in place; reference to in- or out-of-hospital (IH-OH) setting</b>
<b>Category II.</b> <i>Uncontrolled</i>	<b>Witnessed Cardiac Arrest</b> IIA. Out-of-hospital IIB. In-hospital	<b>Sudden unexpected irreversible CA with unsuccessful resuscitation by a medical team; reference to in- or out-of-hospital (IH-OH) setting</b>
<b>Category III.</b> <i>Controlled</i>	<b>Withdrawal of life-sustaining therapy</b>	<b>Planned withdrawal of life-sustaining therapy**; expected CA</b>
<b>Category IV.</b> <i>Uncontrolled</i> <i>Controlled</i>	<b>Cardiac arrest while brain dead</b>	<b>Sudden CA after brain death diagnosis during donor management but prior to planes organ retrieval.</b>

\*CA: circulatory arrest

\*\* : This category mainly refers to the decision to withdraw life-sustaining therapies. Legislation in some countries allows euthanasia (medically-assisted CA) and subsequent organ donation described as the fifth category.

Molteplici risultano essere sia i riferimenti all'attuazione della procedura sia i protocolli stilati dalle diverse istituzioni, oltre che leggi che disciplinano e regolamentano il percorso di donazione d'organo. In particolar modo i principali contributi attuativi giungono da:

- [CNT \(Centro Nazionale Trapianti\);](#)
- [ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda di Milano;](#)

- [IRCCS Policlinico San Matteo di Pavia;](#)
- [A.O.R.N. “Azienda Ospedaliera Dei Colli” Monaldi-Cotugno-CTO di Napoli](#)
- Regione Emilia-Romagna, [BURERT n.207 dell’ 11.07.2018 parte seconda](#) - Deliberazione della Giunta regionale 18 Giugno 2018, n.917 “Approvazione del progetto Donazioni di organi a cuore non battente (DCD) della Regione Emilia-Romagna. Disposizioni conseguenti” nella quale si fa chiaro riferimento alla figura del TFCPC come parte integrante dell’equipe coinvolta sia per quanto riguarda il cDCD che per il uDCD, mentre i [riferimenti normativi ed etici](#) (secondo il CNT) risultano essere:
- [legge 29 Dicembre 1993, n. 578;](#)
- decreto Ministro della sanità del 22 Agosto 1994 n.582 (revisione 11 Aprile 2008);
- [legge 1 Aprile 1999 n. 91;](#)
- Comitato nazionale bioetica, I criteri di accertamento di morte, 24 Giugno 2010;
- l’accertamento di morte in soggetti sottoposti ad ECMO. Linee guida CNT, 2015;
- determinazione di morte con criteri cardiaci. *Position Paper* del CNT, 2015

## 7. ECMO e gestione del rischio clinico

Nell'ultima decade l'utilizzo del supporto extracorporeo alle funzioni vitali (12)(34) è cresciuto rapidamente, con un aumento esponenziale dei centri ECMO e della casistica e delle evidenze per tutte le popolazioni degli assistiti, adulti e pediatrici, per le indicazioni tradizionali e non convenzionali. (35)

Nonostante l'incremento dell'*expertise*, nonostante l'evoluzione delle conoscenze circa la fisiologia dell'ECMO e le sue interazioni con la fisiologia della persona assistita, nonostante gli avanzamenti tecnologici e lo sviluppo di materiali biocompatibili (36), il supporto extracorporeo richiede un grande investimento di risorse umane e materiali, è tecnicamente complesso ed ad alto rischio, in quanto potenzialmente correlato allo sviluppo di complicanze mediche e meccaniche in grado di compromettere l'esito clinico dell’assistito, con incremento della mortalità o delle sequele a lungo termine (35)(36)(37)(38).

Le problematiche cliniche maggiori, in termini di frequenza e severità, sono rappresentate da (35)(38):

- complicanze trombotiche, polmonari/sistemiche od intra-circuito, in relazione all'impatto procoagulante ed infiammatorio conseguente all'interazione tra sangue e superfici artificiali, ed alle condizioni del flusso nel circuito (35)(37)(38)(39)(40)(41);
- complicanze emorragiche conseguenti la terapia anticoagulante che, di norma, viene somministrata per prevenire/minimizzare il rischio trombotico (35)(37)(38)(39)(40)(41);
- emolisi: correlazione alla dinamica del flusso, alla presenza di trombi od aria nel contesto del circuito extracorporeo. Non deve inoltre essere trascurato il rischio emolitico, correlato con effetti sistemici che possono negativamente impattare sull'*outcome* (35)(38)(39).

Nel corso del supporto è possibile il verificarsi di complicanze meccaniche/malfunzionamenti associati al sistema extracorporeo (35)(36)(38)(39)(42÷50); i principali, in relazione ad incidenza e/o potenziale gravità, sono rappresentati da:

- inefficacia/insufficienza della pompa (centrifuga), con impossibilità di mantenere il flusso extracorporeo target (35)(36)(38)(42)(45)(51)(52);
- inefficacia del polmone artificiale, con insufficienza degli scambi gassosi intra circuito (35)(36)(38)(42÷44)(45)(47÷50)(53÷57);
- interruzione dell'apporto di gas freschi, con insufficienza degli scambi gassosi intracircuito (39)(42-43)
- presenza/ingresso di aria nel circuito extracorporeo, con rischio di embolia gassosa per la persona assistita, e/o di emolisi ed air-lock in caso di embolia massiva (39)(42-43)(56÷62);
- lesioni o disconnessioni accidentali delle componenti principali od accessorie del circuito extracorporeo, con rischio di ingresso di aria o perdita ematica massiva (39)(42-43);
- decannulazione accidentale, con rischio di ingresso di aria o perdita ematica massiva (39)(42-43)(65-66);

Durante il supporto extracorporeo si possono inoltre verificare una serie di scenari che possono derivare da problematiche meccaniche ovvero correlate alla fisiologia dell' ECLS e dipendenti da condizioni cliniche (39)(42)(43): alcuni comuni a tutte le configurazioni, quali l'insufficienza di drenaggio e l'ostruzione al ritorno (39)(42-43), altri specifici quali il ricircolo in ECMO veno-venoso (39)(42-43)(67÷69) e l'ossigenazione differenziale nell'ambito della circolazione duale in corso di ECMO veno-arterioso periferico (39)(42-43). In quest'ultima configurazione si possono inoltre manifestare fenomeni di assenza di eiezione del cuore nativo e sovraccarico ventricolare, e problematiche correlate alla compromissione della perfusione a livello degli arti distali rispetto alla sede di cannulazione (38-39)(42-43).

Ognuna di queste complicanze è potenzialmente “*life threatening*” per sé o perché può risultare in una interruzione acuta del supporto extracorporeo, direttamente o in quanto la loro gestione può richiedere una temporanea sospensione del supporto (ad esempio in caso di necessità di sostituzione del circuito o di una delle sue componenti) (38-39)(42-43). La perdita del supporto extracorporeo all'emodinamica od agli scambi gassosi determina, in un soggetto fortemente o completamente dipendente, ipotensione, ipossiemia/ipercapnia profonde ed eventualmente arresto cardiaco. Inoltre la stagnazione del sangue a livello di cannule e circuito determina un aumento del rischio trombotico.

Il TFCPC, per tutte queste ragioni, riveste un ruolo cruciale nel contesto dell'assistenza extracorporea, in particolare nell'ottica di limitare l'occorrenza di complicanze, riconoscerle precocemente e gestirle prontamente, e può dunque contribuire al miglioramento dell'esito clinico (39), in particolare in riferimento a:

- supporto nella selezione delle cannule in relazione a flusso target, configurazione e caratteristiche dell'assistito/del patrimonio vascolare, come da valutazione ecografica (70);
- accurata preparazione del sistema extracorporeo (dall'assemblaggio al *priming* e *setting* dell'unità di controllo) (39);
- monitoraggio costante, metodico e meticoloso del sistema extracorporeo al fine di implementare

interventi correttivi immediati ed appropriati, in autonomia od in collaborazione con l'equipe multidisciplinare in relazione alla tipologia della problematica (39)(42÷44);

- supporto al monitoraggio dell'assistito, specificatamente attraverso ecografia cardiovascolare e polmonare, tecniche di monitoraggio emodinamico di base ed avanzato, monitoraggio emogasanalitico e coagulativo *point of care* (69);
- ottimizzazione dei parametri del supporto extracorporeo in relazione alla variazione delle condizioni cliniche, in stretta collaborazione con i curanti (39)(42÷44)(71-72);
- monitoraggio dell'efficacia del sistema durante le variazioni di posizione nel corso di manovre fisioterapiche e procedure che richiedano la mobilitazione dell'assistito, con eventuale ottimizzazione dei parametri in relazione a necessità incrementali (39)(42÷44)(71-72);
- monitoraggio e gestione del sistema durante trasporti intra/extra ospedalieri e procedure *bedside* o all'esterno del reparto, garantendone sicurezza e efficacia (39)(42÷44)(73);
- formazione dei membri dell'equipe multidisciplinare, al fine di sensibilizzare rispetto alla prevenzione/rilievo precoce delle problematiche, ed al fine di ottimizzare e sistematizzare la gestione di complicanze e scenari di emergenza, nel rispetto di specifiche competenze e ruoli (39)(75);
- collaborazione nella redazione di protocolli, procedure, istruzioni operative e check-list, aderenti alle linee guida dell'*Extracorporeal life support organization* (ELSO), che possano contribuire a ridurre il rischio clinico ed implementare la sicurezza della persona assistita, definendo chiaramente le responsabilità specifiche delle diverse figure professionali (39)(75).

## 8. IL TFCPC nelle Terapie intensive

Il TFCPC in Italia lavora nelle sale di diagnostica emodinamica e di elettrofisiologia, negli ambulatori di cardiologia, nelle sale operatorie di cardiocirurgia e in alcuni centri dialisi, ma, nonostante le sue competenze specifiche, nelle moderne unità di Terapia intensiva generale (TI) non è sempre presente ed aggregato nell'equipe sanitaria, come dovrebbe essere (22). Il TFCPC infatti dovrebbe essere considerato indispensabile nell'organico delle TI, per il suo fondamentale ruolo di supporto all'attività medica nei diversi scenari ed evoluzioni cliniche dei ricoverati in Terapia intensiva.

La procedura ECLS viene applicata comunemente nelle TI di ospedali (HUB) in cui è già presente la cardiocirurgia, dove il TFCPC può essere presente 24 ore su 24, in quanto le competenze del TFCPC sono indispensabili alla continua evoluzione dei trattamenti e dei monitoraggi effettuati nell'assistito critico. Attualmente il modello organizzativo (presenza o meno H24/7, su tre turni) riguardo la partecipazione del TFCPC nelle TI dipende sia dal numero di procedure che dal numero di TFCPC in organico, ma soprattutto dalla consapevolezza dei responsabili sanitari e amministrativi dell'alto grado di rischio clinico insito nella procedura stessa. È importante evidenziare come:

- l'ECLS sia diventata una tecnica strategica ed efficace per ridurre i tempi di recupero della funzione respiratoria, in caso di sindrome da distress respiratorio acuto (ARDS), di grave polmonite da Covid-19 o, per malattia influenzale H1N1 (24);
- la crescente richiesta di donazione di organi sta incrementando l'uso dell'EISOR in caso di donazione di organi a cuore fermo (DCD) (*procedura che ha lo scopo di salvare e ripristinare organi*

*espianati da cadavere subito dopo un arresto cardiaco refrattario alla rianimazione cardiopolmonare. Inoltre, la circolazione extracorporea nella sua impostazione come CRRT o ECMO può trarre vantaggio dall'utilizzo di un filtro emo adsorbente (24) (25). L'uso dell'EISOR in quest'ultimo caso è funzionale al ripristino della circolazione degli organi (26)).*

Infine, il TFCPC, nelle Unità operative di Terapia Intensiva, può applicare le sue competenze nel monitoraggio di parametri come la gittata cardiaca e l'emodinamica utilizzando l'ecocardiografia color-flussimetrica transtoracica, invece dell'utilizzo del catetere di Swan Ganz o del PICCO® Pulsion System, riducendo il rischio di molte complicanze (23).

Per tutti questi motivi la presenza del TFCPC è necessaria ed indispensabile per:

- utilizzare i dispositivi e le tecnologie, già descritte;
- collaborare all'interno dell'equipe sanitaria nella gestione tecnico-assistenziale e nelle attività quotidiane legate alla cura della persona sottoposta a supporto cardiocircolatorio/respiratorio, la cui importanza è ben nota, migliorando la qualità delle cure e contribuendo ragionevolmente anche una migliore allocazione delle risorse (29).

Nonostante vi siano pochi studi riguardanti la presenza dei TFCPC in terapia intensiva, il beneficio della gestione dell'ECMO da parte del TFCPC è confermato da alcune ed importanti evidenze scientifiche (27).

## **Conclusioni**

La procedura ECLS, come descritta, comunemente viene applicata nelle Terapie intensive di ospedali selezionati in cui nella maggior parte dei casi è già presente la cardiocirurgia, con la presenza del TFCPC 24 ore su 24, in quanto le competenze di quest'ultimo sono fondamentali per l'impianto dell'ECMO, per il suo monitoraggio, per la sua gestione e per la prevenzione degli incidenti. Laddove questa professionalità non fosse presente, il tutto potrebbe configurarsi oltre che in una violazione delle linee guida anche in un abuso della professione. Pertanto, le strutture sanitarie dovrebbero provvedere ad inserire il TFCPC nelle piante organiche al fine di dare appropriatezza alla cura.

L'attività tecnico-assistenziale del TFCPC nella gestione dell'ECMO gioca un ruolo fondamentale che non è solo delimitata alla fase di impianto ma che si caratterizza soprattutto nella sua continuità assistenziale nel monitoraggio dei parametri di perfusione, nella prevenzione ed eventuale gestione delle complicanze tipiche del supporto e che termina con lo studio delle variabili registrate al fine di potenziare e migliorare le buone pratiche clinico-assistenziali.

La complessità della tecnologia e dei dispositivi rende necessaria la figura del TFCPC nell'équipe multidisciplinare, soprattutto perché il percorso di studi e le *core competence* della figura acquisite nel triennio universitario rendono indispensabile il contributo nella gestione tecnica e nelle attività quotidiane legate alla cura della persona sottoposta ad assistenza, la cui importanza è ben nota, migliorando la qualità delle cure e ragionevolmente anche una migliore allocazione delle risorse (29).

Il TFCPC è riconosciuto dalla legge in Italia e nella maggior parte del mondo (13)(14)(15) l'unico professionista sanitario specificamente formato e competente per tutte le attività tecnico-assistenziali in ambito cardio-toraco-vascolare, dalla prevenzione, alla cura, alla riabilitazione, in tutti i setting pubblici e privati in regime di dipendenza e di libera professione. Il suo percorso didattico e il suo curriculum formativo interamente dedicati all'ambito cardio-toraco-vascolare caratterizzano e garantiscono le sue

competenze, il suo approccio culturale e scientifico ai bisogni di salute delle persone e la sua missione nell'area clinica e tecnico-assistenziale.

Il TFCPC assicura l'efficacia, la pertinenza e l'appropriatezza delle prestazioni cardiologiche e cardiocirurgiche in tutto il processo assistenziale, dal neonato all'adulto.

Sulla base delle osservazioni sin qui svolte si deve, pertanto, ritenere che L'ECLS nelle sue diverse impostazioni sia una delle attività proprie della figura professionale sanitaria TFCPC.

Quanto sopra trova piena convalida nella disamina sia dell'ordinamento didattico universitario del corso di laurea dei TFCPC, sia nella descrizione integrata delle competenze, da tempo consolidata presso la comunità scientifica.

## Riferimenti bibliografici e normativi

1. [Dlgs n. 502/1992](#)
2. [legge 3/2018](#)
3. [legge 42/1999](#)
4. [legge 251/2000](#)
5. [legge 24/2017](#)
6. [DM 27 luglio 1998, n. 316](#) Profilo professionale del TFCPC
7. Determinazione delle classi dei corsi di laurea per le professioni sanitarie D.M.19 febbraio 2009 ai sensi del DM 22 ottobre 2004, n. 270
8. <https://www.universitaly.it/index.php/cercacorsi/universita>
9. [https://ape.agenas.it/documenti/provider/Tec\\_fisiop\\_cardio\\_perfus\\_cardiov.pdf](https://ape.agenas.it/documenti/provider/Tec_fisiop_cardio_perfus_cardiov.pdf)
10. <https://www.camera.it/parlam/leggi/060431.htm>
11. <https://www.aitefep.it/tfcpc>
12. Conrad SA, Broman LM, Taccone FS, Lorusso R, Malfertheiner MV, Pappalardo F, Di Nardo M, Belliato M, Grazioli L, Barbaro RP, McMullan DM, Pellegrino V, Brodie D, Bembea MM, Fan E, Mendonca M, Diaz R, Bartlett RH. The Extracorporeal Life Support Organization Maastricht Treaty for Nomenclature in Extracorporeal Life Support. A Position Paper of the Extracorporeal Life Support Organization. *Am J Respir Crit Care Med.* 2018 Aug 15;198(4):447-451. doi: 10.1164/rccm.201710-2130CP. PMID: 29614239; PMCID: PMC6118026.
13. <https://www.scps.org.uk/>
14. <https://www.amsect.org/>
15. <https://www.scps.org.uk/society/society-documents> ; *“Standard of practice”, par. 2.0 e 3.0. ; “Resolution”*
16. McCoach RM, Baer LD, Wise RK, Woitas KR, Palanzo DA, Pae WE Jr, El Banayosy A. The new role of the perfusionist in adult extracorporeal life support. *Perfusion.* 2010 Jan;25(1):21-4. doi: 10.1177/0267659110363185. Epub 2010 Feb 19. PMID: 20172901.
17. Ogawa F, Sakai T, Takahashi K, et al. A case report: Veno-venous extracorporeal membrane oxygenation for severe blunt thoracic trauma. *J Cardiothorac Surg.* 2019;14(1):88. doi:10.1186/s13019-019-0908-9.
18. Sklar MC, Beloncle F, Katsios CM, Brochard L, Friedrich JO. Extracorporeal carbon dioxide removal in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Intensive Care Med.* 2015;41(10):1752-1762. doi:10.1007/s00134-015-3921-z.
19. Lei JING, Leeann YAO, Michael ZHAO, Li-ping PENG, Mingyao LIU. Organ preservation: from the past to the future. *Acta Pharmacologica Sinica* (2018) 39: 845–857; doi: 10.1038/aps.2017.182.
20. [https://www.trapianti.salute.gov.it/imgs/C\\_17\\_cntPubblicazioni\\_31\\_allegato.pdf](https://www.trapianti.salute.gov.it/imgs/C_17_cntPubblicazioni_31_allegato.pdf)
21. Ha TS, Yang JH, Cho YH, Chung CR, Park CM, Jeon K, Suh GY. Clinical outcomes after rescue extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest. *Emerg Med J.* 2017 Feb;34(2):107-111. doi: 10.1136/emermed-2015-204817. Epub 2016 Jun 29. PMID: 27357822.

22. McCoach RM, Baer LD, Wise RK, et al. The new role of the perfusionist in adult extracorporeal life support. *Perfusion*. 2010;25(1):21-24. doi:10.1177/0267659110363185.
23. Hahn RT, Abraham T, Adams MS, Bruce CJ, Glas KE, Lang RM, et al. Guidelines for performing a comprehensive transesophageal echocardiographic examination: recommendations from the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr* 2013;26;921–64.
24. Cho HJ, Heinsar S, Jeong IS, Shekar K, Li Bassi G, Jung JS, et al. ECMO use in COVID-19: lessons from past respiratory virus outbreaks—a narrative review. *Crit Care* 2020;24;301.
25. Melegari G, Bertellini E, Melegari A, Trenti T, Malaguti S, Barbieri A. Hemoadsorption cartridge and coronavirus disease 2019 infections: a case report and brief literature review. *Artif Organs* 2021;45;E130–E5.
26. Alharthy A, Faqih F, Memish ZA, Balhamar A, Nasim N, Shahzad A, et al. Continuous renal replacement therapy with the addition of CytoSorb cartridge in critically ill patients with COVID-19 plus acute kidney injury: a case-series. *Artif Organs* 2021;45;E101–E12.
27. Agati S, Ciccarello G, Trimarchi ES, Grasso D, Trimarchi G, Di Stefano S, Carmelo M. Extracorporeal circulation, optimized: a pilot study. *Artif Organs*. 2007 May;31(5):377-83. doi: 10.1111/j.1525-1594.2007.00395.x. PMID: 17470207.
28. <https://www2.almalaurea.it/cgi-asp/professionii/>
29. Gabriele Melegari, Maria Chiara Franchini, Francesca Sola, Emanuela Testa, Alberto Barbieri. Why you should have a Perfusionist as Workforce in the Intensive Care Unit. *Intensive Care Research* Vol. 0(0); Month (2019), pp. 0–0 DOI: <https://doi.org/10.2991/icres.k.210830.002>; eISSN 2666-9862. <https://www.atlantispress.com/journals/icres/>
30. <https://www.aranagenzia.it/>
31. Kim DH, Cho WH, Son J, Lee SK, Yeo HJ. Catastrophic Mechanical Complications of Extracorporeal Membrane Oxygenation. *ASAIO J*. 2021 Sep 1;67(9):1000-1005. doi: 10.1097/MAT.0000000000001354. PMID: 33528158.
32. [Costituzione etica della FNO TSRM e PSTRP](#) (2021)
33. Butt W, MacLaren G. (2016) Extracorporeal membrane oxygenation 2016: an update; *F1000Res*. 2016 Apr 26;5. pii: F1000 Faculty Rev-750. doi: 10.12688/f1000research.8320.1
34. Broman LM, Taccone FS, Lorusso R, Malfertheiner MV, Pappalardo F et al. The ELSO Maastricht Treaty for ECLS Nomenclature: abbreviations for cannulation configuration in extracorporeal life support - a position paper of the Extracorporeal Life Support Organization. *Crit Care*. 2019 Feb 8;23(1):36.
35. The Extracorporeal Life Support Organization ECLS Registry Report - International summary, available at <https://www.elseo.org/Registry/Statistics.aspx> accessed Mar 2022
36. Gajkowski EF, Herrera G, Hatton L, Antonini MV, Vercaemst L, Cooley E. ELSO Guidelines for Adult and Pediatric Extracorporeal Membrane Oxygenation Circuits. *ASAIO J*. 2022 Feb 1;68(2):133-152.
37. McMichael ABV, Ryerson LM, Ratano D, Fan E, Faraoni D, Annich GM. 2021 ELSO Adult and Pediatric Anticoagulation Guidelines. *ASAIO J*. 2022 Mar 1;68(3):303-310.
38. Thiagarajan RR, Barbaro RP, Rycus PT, McMullan DM, Conrad SA, Fortenberry JD, Paden ML; ELSO member centers. Extracorporeal Life Support Organization Registry International Report 2016. *ASAIO J*. 2017 Jan/Feb;63(1):60-67.
39. Extracorporeal Life Support: The ELSO Red Book 5th Edition, Brogan TV, Lequier L, Lorusso R, MacLaren G, Peek G.
40. Murphy DA, Hockings LE, Andrews RK, et al. Extracorporeal membrane oxygenation-hemostatic complications. *Transfus Med Rev*. 2015 Apr;29(2):90-101.
41. Protti A, L'Acqua C, Panigada M. The delicate balance between pro-(risk of thrombosis) and anti-(risk of bleeding) coagulation during extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Transl Med*. 2016 Apr;4(7):139.
42. Agliati R, Diaz R Fajardo C, van Sint Jan N. Manual de Emergencias en ECMO. Clínica Las Condes 1<sup>st</sup> Edition.
43. Mossadegh C. Monitoring the ECMO in Nursing Care and ECMO. Mossadegh C, Combes A Ed, Springer 2017.

44. Borrelli U, Costa C. Materials: Cannulas, Pumps, Oxygenators and Hockings L, Vuylsteke A. Troubleshooting Common and Less Common Problems in ECMO - Extracorporeal Life Support in Adults. Sangalli F, Patroniti N, Pesenti A. Ed, Springer 2014
45. Lubnow M, Philipp A, Foltan M, Bull Enger T, Lunz D, Bein T, Haneya A, Schmid C, Riegger G, Müller T, Lehle K. Technical complications during veno-venous extracorporeal membrane oxygenation and their relevance predicting a system-exchange--retrospective analysis of 265 cases. *PLoS One*. 2014 Dec 2;9(12): e112316.
46. Tulman DB, Stawicki SPA, Whitson BA, Gupta SC, Tripathi RS et al. Veno-venous ECMO: a synopsis of nine key potential challenges, considerations, and controversies. *BMC Anesthesiol*. 2014; 14: 65.
47. Sidebotham D. Troubleshooting Adult ECMO. *J Extra Corpor Technol*. 2011 Mar; 43(1): P27–P32.
48. Nagler B, Hermann A, Robak O, et al. Incidence and Etiology of System Exchanges in Patients Receiving Extracorporeal Membrane Oxygenation. *ASAIO J*. 2021 Jul 1;67(7):776-784.
49. Kim DH, Cho WH, Son J, Lee SK, Yeo HJ. Catastrophic Mechanical Complications of Extracorporeal Membrane Oxygenation. *ASAIO J*. 2021 Sep 1;67(9):1000-1005.
50. Bemtgen X, Zotzmann V, Benk C, et al. Thrombotic circuit complications during venovenous extracorporeal membrane oxygenation in COVID-19. *J Thromb Thrombolysis*. 2021 Feb;51(2):301-307. doi: 10.1007/s11239-020-02217-1.
51. Diehl A, Gantner D. Pump head thrombosis in extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). *Intensive Care Med*. 2018 Mar;44(3):376-377.
52. Kuroda T, Mutsuga M, Yamada M, Yamakawa M, Yuhara S et al. Efficacy of Plasma free Hemoglobin for detecting centrifugal pump thrombosis. *Perfusion*. 2020 Sep 10;267659120957183
53. Hastings SM, Ku DN, Wagoner S, Maher KO, Deshpande S. Sources of Circuit Thrombosis in Pediatric Extracorporeal Membrane Oxygenation. *ASAIO J*. 2017 Jan/Feb;63(1):86-92.
54. Zakhary B, Vercaemst L, Mason P, Antonini MV, Lorusso R, Brodie D. How I approach membrane lung dysfunction in patients receiving ECMO. *Crit Care*. 2020 Nov 30;24(1):671.
55. Lehle K, Philipp A, Gleich O, Holzamer A, Müller T et al. Efficiency in extracorporeal membrane oxygenation--cellular deposits on polymethylpentene membranes increase resistance to blood flow and reduce gas exchange capacity. *ASAIO J*. 2008 Nov-Dec;54(6):612-7.
56. Toomasian JM, Schreiner RJ, Meyer DE, Schmidt ME, Hagan SE, Griffith GW, Bartlett RH, Cook KE. A polymethylpentene fiber gas exchanger for long-term extracorporeal life support. *ASAIO J*. 2005 Jul-Aug;51(4):390-7.
57. Kida Y, Ohshimo S, Kyo M, Tanabe Y, Suzuki K et al. Rapid-onset plasma leakage of extracorporeal oxygenation membranes possibly due to hyperbilirubinemia. *J Artif Organs*. 2018 Dec;21(4):475-478.
58. Ryu SM, Park SM. Unexpected complication during extracorporeal membrane oxygenation support: Ventilator associated systemic air embolism. *World J Clin Cases*. 2018;6(9):274-278.
59. Simons AP, Ganushchak YM, Teerenstra S, Bergmans DC, Maessen JG, Weerwind PW. Hypovolemia in extracorporeal life support can lead to arterial gaseous microemboli. *Artif Organs*. 2013 Mar;37(3):276-82.
60. Born F, König F, Chen J, Günther S, Hagl C, Thierfelder N. Generation of microbubbles in extracorporeal life support and assessment of new elimination strategies. *Artif Organs*. 2020 Mar;44(3):268-277.
61. Kumar A, Keshavamurthy S, Abraham JG, Toyoda Y. Massive Air Embolism Caused by a Central Venous Catheter During Extracorporeal Membrane Oxygenation. *J Extra Corpor Technol*. 2019 Mar;51(1):9-11.
62. Aizawa M, Ishihara S, Yokoyama T. ECMO circuit embolism: A potentially hazardous complication during ECMO therapy. *J Clin Anesth*. 2019 May; 54:162-163.
63. Lothar A, Wengenmayer T, Benk C, Bode C, Staudacher DL. Fatal air embolism as complication of percutaneous dilatational tracheostomy on venovenous extracorporeal membrane oxygenation, two case reports. *J Cardiothorac Surg*. 2016;11(1):102.
64. Timpa JG, O'Meara C, McIlwain RB, Dabal RJ, Alten JA. Massive systemic air embolism during extracorporeal membrane oxygenation support of a neonate with acute respiratory distress syndrome after cardiac surgery. *J Extra Corpor Technol*. 2011;43(2):86-8.

65. Aneke F, Schildhauer TA, Strauch J, Swol J. Use of extracorporeal membrane oxygenation in an awake patient after a major trauma with an incidental finding of tuberculosis. *Perfusion*. 2016 May;31(4):347-8.
66. Bull T, Corley A, Smyth DJ, McMillan DJ, Dunster KR, Fraser JF. Extracorporeal membrane oxygenation line-associated complications: in vitro testing of cyanoacrylate tissue adhesive and securement devices to prevent infection and dislodgement. *Intensive Care Med Exp*. 2018 Mar 12;6(1):6.
67. Abrams D, Bacchetta M, Brodie D. Recirculation in venovenous extracorporeal membrane oxygenation. *ASAIO J*. 2015 Mar-Apr;61(2):115-21.
68. Palmér O, Palmér K, Hultman J, Broman M. Cannula Design and Recirculation During Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation. *ASAIO J*. 2016 Nov; 62(6): 737–742.
69. Körver EPJ, Yuri M, Ganushchak YM, Simons AP, Donker DW, Maessen JG, Weerwind PW. Quantification of recirculation as an adjuvant to transthoracic echocardiography for optimization of dual-lumen extracorporeal life support. *Intensive Care Med*. 2012 May; 38(5): 906–909.
70. Douflé G, Roscoe A, Filio Billia F, Fan E. Echocardiography for adult patients supported with extracorporeal membrane oxygenation. *Crit Care*. 2015; 19: 326.
71. Hamed A, Alinier G, Hassan IF. The ECMO specialist's role in troubleshooting ECMO emergencies. *The Egyptian Journal of Critical Care Medicine*. 2018 Dec;6(3):91-93.
72. Patel B, Arcaro M, Chatterjee S. Bedside troubleshooting during venovenous extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). *J Thorac Dis*. 2019 Sep;11(Suppl 14):S1698-S1707.
73. Vieira J, Frakes M, Cohen J, Wilcox S. Extracorporeal Membrane Oxygenation in Transport Part 2: Complications and Troubleshooting. *Air Med J*. Mar-Apr 2020;39(2):124-132.
74. Al Disi M, Alsalemi A, Alhomsy Y, Bensaali F, Amira A, Alinier G. Extracorporeal membrane oxygenation simulation-based training: methods, drawbacks and a novel solution. *Perfusion*. 2019 Apr;34(3):183-194.
75. Zakhary B, Shekar K, Diaz R, et al; Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) ECMOed Taskforce. Position Paper on Global Extracorporeal Membrane Oxygenation Education and Educational Agenda for the Future: A Statement From the Extracorporeal Life Support Organization ECMOed Taskforce. *Crit Care Med*. 2020 Mar;48(3):406-414.

## Glossario

**AITeFeP** = Associazione italiana Tecnici della fisiopatologia cardiocircolatoria e perfusione cardiovascolare  
**AmSECT** = American Society of Extra-Corporeal Technology  
**ARDS** = Acute Respiratory Distress Syndrome  
**CdS** = Corso di Studi  
**CFU** = Crediti formativi universitari  
**CNT** = Centro nazionale trapianti  
**CPR** = CardioPulmonary Resuscitation  
**CRRT** = Continuous Renal Replacement Therapies  
**c/u DCD** = controlled/uncontrolled Donation after Circulatory Death  
**ECCO2R** = ExtraCorporeal Carbon Dioxide Removal  
**ECLS** = ExtraCorporeal Life Support  
**ECMO** = ExtraCorporeal Membrane Oxygenation  
**AV – ECMO** = ExtraCorporeal Membrane Oxygenation Artero-Venous  
**VV – ECMO** = ExtraCorporeal Membrane Oxygenation Venovenous  
**ECO-lab** = Ambulatorio di Ecocardiografia  
**ECPR** = ExtraCorporeal Cardiopulmonary Resuscitation  
**EISOR** = ExtraCorporeal Interval Support for Organ Retrieval  
**MP** = Machine Perfusion  
**POCT** = Point of Care Testings  
**POCUS** = Point of Care Ultra Sound  
**REBOA** = Resuscitative Endovascular Ballon Occlusion of the Aorta  
**ROSC** = Return of spontaneous circulation (dopo arresto cardiaco)  
**SSD** = Settori Scientifico Disciplinari  
**TI** = Terapia intensiva  
**TFCPC** = Tecnico di fisiopatologia cardiocircolatoria e perfusione cardiovascolare  
**TSRM e PSTRP** = Tecnici sanitari di radiologia medica e delle professioni sanitarie tecniche della riabilitazione e della prevenzione

\*\*\*\*\*

Il presente documento di posizionamento è stato redatto con il supporto della sezione Aspetti giuridici e medico-legali della FNO TSRM e PSTRP, deputata ad elaborare pareri inerenti al campo di esercizio dei professionisti, sulla base della normativa vigente e della più autorevole letteratura, avvalendosi di esperti dello specifico settore, medici legali, giuristi e qualsiasi altro professionista la cui competenza sia utile a dirimere i quesiti oggetto di studio e approfondimento.

Eventuali osservazioni e/o suggerimenti possono essere inviate al seguente indirizzo di posta elettronica: [federazione@tsrm.org](mailto:federazione@tsrm.org).