

Review

Pendekatan *Hyperbaric Oxygen Therapy* pada Pasien dengan *Polycystic Ovary Syndrome*

Arif Rahman Nurdianto^{1,2,3*}, Titut Harnanik⁴, Fery Setiawan⁵

^{1,4}Department of Marine Health, Faculty of Medicine, Hang Tuah University, Surabaya, Indonesia.

²Rumah Sakit Umum Daerah Sidoarjo Barat, Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia

³Department of Medical Laboratory Technology, Universitas Anwar Medika, Jawa Timur, Indonesia

⁵Departemen Odontologi Forensik, Fakultas Kedokteran Gigi, Institute Ilmu Kesehatan, Bhakti Wiyata, Kediri, Indonesia

*Corresponding e-mail: didins99@gmail.com

Abstrak

Latar Belakang: Polycystic Ovary Syndrome (PCOS) merupakan gangguan endokrin yang mempengaruhi sekitar 5-10% wanita usia subur. Gejala PCOS mencakup gangguan menstruasi, infertilitas, serta peningkatan kadar hormon androgen. Berbagai terapi telah dicoba untuk mengatasi masalah ini, salah satunya adalah terapi oksigen hiperbarik (HBOT), yang diketahui dapat meningkatkan penyembuhan jaringan, mengurangi peradangan, dan meningkatkan keseimbangan hormon. Namun, efek HBOT pada pasien PCOS masih memerlukan penelitian lebih lanjut. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi efektivitas terapi oksigen hiperbarik dalam mengurangi gejala PCOS dan meningkatkan kualitas hidup pasien. **Metode:** Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan mengumpulkan data dari berbagai artikel dan jurnal yang relevan mengenai terapi oksigen hiperbarik pada pasien PCOS. Sumber-sumber yang digunakan dipilih berdasarkan kriteria inklusi yang ketat, dengan fokus pada penelitian yang mempelajari efek HBOT pada aspek fisiologis dan hormonal pada pasien PCOS. **Hasil:** Dari hasil penelitian yang dianalisis, terapi oksigen hiperbarik menunjukkan potensi dalam mengurangi gejala PCOS, terutama dalam mengatur siklus menstruasi dan menurunkan kadar hormon androgen. Efek positif lainnya termasuk peningkatan sensitivitas insulin dan perbaikan kesehatan ovarium. Namun, diperlukan lebih banyak penelitian dengan sampel yang lebih besar dan pengujian jangka panjang untuk membuktikan hasil yang lebih konsisten. **Kesimpulan:** Terapi oksigen hiperbarik dapat menjadi pilihan terapi tambahan bagi pasien PCOS, meskipun penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengonfirmasi manfaat jangka panjang dan mekanisme kerjanya.

Kata Kunci: Terapi Oksigen Hiperbarik, Siklus Menstruasi, Kesehatan Ovarium, PCOS, Wanita

Approach of Hyperbaric Oxygen Therapy in Patients with Polycystic Ovary Syndrome

Abstract

Background: Polycystic Ovary Syndrome (PCOS) is an endocrine disorder affecting around 5-10% of women of reproductive age. Symptoms of PCOS include menstrual irregularities, infertility, and elevated androgen levels. Various therapies have been explored to address these issues, one of which is Hyperbaric Oxygen Therapy (HBOT), known for its ability to enhance tissue healing, reduce inflammation, and improve hormonal balance. However, the effects of HBOT on

PCOS patients require further investigation. **Objective:** This study aims to explore the effectiveness of Hyperbaric Oxygen Therapy in reducing PCOS symptoms and improving patients' quality of life. **Method:** This research employs a literature review methodology, collecting data from various relevant articles and journals on Hyperbaric Oxygen Therapy in PCOS patients. The sources were selected based on strict inclusion criteria, focusing on studies that examine the physiological and hormonal effects of HBOT on PCOS patients. **Results:** The reviewed studies suggest that HBOT shows potential in reducing PCOS symptoms, particularly in regulating menstrual cycles and lowering androgen levels. Other positive effects include improved insulin sensitivity and ovarian health. However, further research with larger sample sizes and long-term follow-ups is necessary to provide more consistent results. **Conclusion:** Hyperbaric Oxygen Therapy could be a potential adjunctive treatment for PCOS patients, though more research is needed to confirm its long-term benefits and underlying mechanisms.

Keywords: HBOT, Menstrual Cycle, Ovarian Health, PCOS, Women

ARTICLE HISTORY:

Received 11-12-2024

Revised 30-12-2024

Accepted 30-12-2024

PENDAHULUAN

Polycystic Ovary Syndrome (PCOS) adalah salah satu gangguan endokrin yang paling umum ditemukan pada wanita usia reproduktif, dengan prevalensi diperkirakan mencapai 5-10% di seluruh dunia (Teede et al., 2018). PCOS tidak hanya berdampak pada aspek reproduksi, seperti gangguan ovulasi dan kesulitan hamil, tetapi juga memiliki dampak signifikan pada metabolisme, yang sering kali menyebabkan masalah kesehatan jangka panjang seperti diabetes tipe 2, hipertensi, dan dislipidemia (Rotterdam ESHRE/ASRM-Sponsored PCOS Consensus Workshop Group, 2003). Meskipun PCOS dapat memengaruhi kualitas hidup secara keseluruhan, hingga saat ini pengobatannya masih terbatas dan sering kali tidak dapat menyelesaikan semua aspek masalah pasien secara menyeluruh.

Terapi yang umum digunakan untuk menangani PCOS saat ini melibatkan pengaturan hormon, seperti penggunaan kontrasepsi hormonal untuk mengatur siklus menstruasi dan menurunkan kadar androgen yang berlebih, serta penggunaan obat-obatan seperti metformin untuk mengatasi resistensi insulin (Diamanti-Kandarakis & Dunaif, 2012). Namun, pendekatan ini tidak selalu efektif dalam mengatasi semua gejala PCOS, terutama dalam jangka panjang. Banyak pasien yang mengalami efek samping, dan pengobatan ini tidak dapat secara penuh mengatasi penyebab dasar gangguan hormonal dan metabolik pada PCOS. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan pengobatan yang lebih holistik dan inovatif untuk mengelola kondisi ini secara lebih efektif.

Hyperbaric Oxygen Therapy (HBOT) merupakan salah satu terapi yang tengah dipertimbangkan untuk membantu mengatasi berbagai kondisi medis yang terkait dengan peradangan dan gangguan metabolisme. Terapi ini melibatkan pemberian oksigen murni dalam ruang dengan tekanan yang lebih tinggi daripada tekanan atmosfer normal, yang diketahui dapat meningkatkan oksigenasi jaringan, mengurangi peradangan, serta memperbaiki sirkulasi darah dan proses penyembuhan (Liu et al., 2020). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa HBOT dapat memberikan manfaat pada kondisi-kondisi yang memiliki mekanisme patofisiologis yang mirip dengan PCOS, seperti sindrom metabolik, resistensi insulin, dan gangguan peradangan kronis. Oleh karena itu, potensi penggunaan HBOT dalam pengelolaan PCOS patut untuk diteliti lebih lanjut.

Secara klinis, HBOT berpotensi memperbaiki kondisi PCOS dengan meningkatkan oksigenasi jaringan ovarium, yang dapat merangsang perbaikan fungsi ovarium dan meningkatkan kualitas folikel (Zhang et al., 2018). Di sisi lain, pada tingkat molekuler, HBOT dapat mengurangi stres oksidatif, yang berperan penting dalam patogenesis PCOS, serta meningkatkan sensitivitas insulin yang sering terganggu pada pasien PCOS (Liu et al., 2020).

Selain itu, terapi ini dapat mengurangi peradangan sistemik, yang telah diidentifikasi sebagai salah satu komponen utama dalam perkembangan PCOS (Li et al., 2016). Namun, meskipun potensi ini menjanjikan, penelitian mengenai penggunaan HBOT untuk PCOS masih terbatas, dan penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami secara mendalam mekanisme molekuler yang terlibat.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting bagi ilmu pengetahuan, terutama dalam mencari alternatif terapi yang lebih efektif untuk PCOS. Melalui kajian literatur yang lebih mendalam dan analisis terhadap bukti-bukti yang ada, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai efektivitas HBOT dalam mengelola PCOS. Selain itu, penelitian ini juga berpotensi untuk membuka peluang penelitian lebih lanjut mengenai terapi berbasis oksigen lainnya, yang dapat menjadi pendekatan baru dalam pengobatan penyakit-penyakit endokrin dan metabolik serupa dengan PCOS. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memiliki manfaat untuk pengelolaan PCOS, tetapi juga dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan terapi inovatif untuk kondisi medis terkait.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan metode pada penulisan jurnal ini berdasarkan artikel yang diambil dari internet dan dicari hubungannya. Dari hubungan tersebut dirangkum keterkaitan hubungan keduanya. Variable yang pertama adalah variable terapi oksigen hiperbarik dan pada variable berikutnya adalah sindroma polikistik ovarium (*polycystic ovary syndrome/PCOS*).

HASIL

1. Gangguan Interleukin dan Biologi Molekuler pada PCOS

Polycystic Ovary Syndrome (PCOS) merupakan salah satu gangguan endokrin yang sangat kompleks, yang tidak hanya melibatkan ketidakseimbangan hormon reproduktif, tetapi juga gangguan metabolik dan inflamasi. Penelitian terkini menunjukkan bahwa peran interleukin (IL), sebagai mediator utama dalam respon imun dan inflamasi, sangat penting dalam patogenesis PCOS. Interleukin adalah kelompok sitokin yang berperan dalam regulasi respons imun, dan gangguannya telah diidentifikasi sebagai salah satu faktor yang berkontribusi pada peningkatan peradangan kronis yang terjadi pada PCOS (Li et al., 2016). Penelitian ini bertujuan untuk membahas gangguan interleukin dan mekanisme biologi molekuler yang terkait dengan perkembangan PCOS, serta implikasinya dalam terapi dan pengelolaan kondisi ini.

Salah satu interleukin yang paling sering dikaitkan dengan PCOS adalah IL-6, yang merupakan sitokin pro-inflamasi yang berperan penting dalam proses peradangan kronis. Beberapa studi menunjukkan bahwa kadar IL-6 pada wanita dengan PCOS lebih tinggi dibandingkan dengan wanita sehat (Li et al., 2016). Peningkatan kadar IL-6 ini berkaitan erat dengan resistensi insulin, yang merupakan salah satu ciri khas dari PCOS. Penelitian menunjukkan bahwa IL-6 dapat meningkatkan kadar resistensi insulin dengan mempengaruhi jalur-sinyal insulin di tubuh (Diamanti-Kandarakis & Dunaif, 2012). Selain itu, IL-6 juga berperan dalam peningkatan produksi androgen oleh ovarium, yang mengarah pada gejala khas PCOS, seperti hirsutisme dan gangguan siklus menstruasi.

Interleukin lain yang relevan dalam PCOS adalah IL-1 β , yang juga memiliki peran penting dalam respon imun dan inflamasi. Pada wanita dengan PCOS, kadar IL-1 β sering ditemukan dalam jumlah yang lebih tinggi pada jaringan adiposa dan ovarium, yang berkontribusi pada peningkatan peradangan (Teede et al., 2018). Peningkatan IL-1 β ini berkaitan dengan gangguan fungsi ovarium, karena IL-1 β dapat mempengaruhi aktivitas sel-sel granulosa di folikel ovarium, yang dapat menyebabkan gangguan dalam proses ovulasi (Escobar-Morreale, 2018). Selain itu, IL-1 β juga berperan dalam memperburuk resistensi insulin dan mempengaruhi metabolisme lipid, yang menjadi salah satu faktor risiko utama terkait dengan PCOS.

Dari segi biologi molekuler, patogenesis PCOS dapat dijelaskan melalui gangguan regulasi hormon, khususnya insulin dan androgen, yang dipengaruhi oleh peningkatan peradangan yang dimediasi oleh interleukin. Peningkatan kadar insulin yang terjadi pada PCOS tidak hanya

menyebabkan gangguan metabolik, tetapi juga merangsang ovarium untuk memproduksi lebih banyak androgen (Diamanti-Kandarakis & Dunaif, 2012). Salah satu mekanisme yang terlibat adalah peningkatan ekspresi enzim 17α -hidroksilase, yang memfasilitasi sintesis androgen. Mekanisme ini berhubungan erat dengan inflamasi yang dipicu oleh interleukin, yang berperan dalam meningkatkan kadar insulin dan androgen pada pasien PCOS. Oleh karena itu, terapi yang menargetkan interleukin atau inflamasi dapat memberikan solusi potensial dalam mengelola PCOS.

Selain itu, gangguan pada jalur sinyal faktor pertumbuhan, seperti faktor pertumbuhan fibroblas (FGF) dan insulin-like growth factor (IGF), juga turut berkontribusi pada patogenesis PCOS. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar interleukin seperti IL-6 dapat mempengaruhi ekspresi dan aktivitas FGF dan IGF, yang berperan dalam pengaturan pertumbuhan folikel ovarium dan produksi hormon (Escobar-Morreale, 2018). Interaksi antara IL-6, IGF, dan FGF dapat mengarah pada gangguan perkembangan folikel yang menyebabkan terhambatnya ovulasi dan pembentukan kista di ovarium, yang menjadi ciri khas dari PCOS.

Secara keseluruhan, gangguan interleukin dan mekanisme biologi molekuler yang terlibat dalam PCOS menunjukkan hubungan yang erat antara peradangan sistemik, resistensi insulin, dan disfungsi ovarium. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih mendalam mengenai peran interleukin dalam patogenesis PCOS dapat membuka jalan untuk pendekatan terapeutik baru yang lebih efektif. Terapi yang mengurangi peradangan atau menghambat aktivitas interleukin tertentu berpotensi untuk menjadi terapi tambahan dalam pengelolaan PCOS, terutama bagi pasien yang tidak merespon terapi konvensional.

2. Mekanisme HBOT Secara Biologi Molekuler dan Modifikasi Sitokin atau Molekul kimia dalam Beberapa Penyakit

Hyperbaric Oxygen Therapy (HBOT) adalah terapi yang melibatkan pemberian oksigen murni pada tekanan atmosfer yang lebih tinggi dari biasanya. Terapi ini digunakan untuk meningkatkan kadar oksigen dalam darah dan jaringan tubuh, yang pada gilirannya dapat memperbaiki berbagai kondisi medis. Secara biologi molekuler, mekanisme utama dari HBOT melibatkan peningkatan oksigenasi jaringan yang dapat merangsang berbagai proses biokimia yang mendukung penyembuhan, mengurangi peradangan, serta memperbaiki fungsi seluler. Penelitian yang mendalam mengenai mekanisme ini menunjukkan bahwa HBOT tidak hanya berfungsi meningkatkan transportasi oksigen, tetapi juga memiliki efek langsung pada regulasi sitokin dan molekul kimia lainnya yang terlibat dalam proses inflamasi dan penyembuhan jaringan (Bishop et al., 2019).

Salah satu mekanisme biologi molekuler yang penting terkait HBOT adalah peningkatan produksi faktor pertumbuhan dan molekul anti-inflamasi. Peningkatan tekanan oksigen yang diberikan selama terapi mendorong proliferasi dan diferensiasi sel, serta aktivasi jalur sinyal yang terkait dengan penyembuhan jaringan dan pengurangan peradangan. Salah satu contoh yang paling jelas adalah peningkatan kadar faktor pertumbuhan vaskular endotelial (VEGF), yang berperan dalam pembentukan pembuluh darah baru (angiogenesis). Proses angiogenesis ini sangat penting dalam penyembuhan luka, dan HBOT telah terbukti mempercepat proses ini pada kondisi seperti ulkus diabetes dan luka bakar (Thom, 2009). Selain itu, HBOT dapat meningkatkan kadar berbagai sitokin anti-inflamasi seperti IL-10, yang berfungsi untuk menekan respon imun berlebihan dan mengurangi kerusakan jaringan yang disebabkan oleh peradangan kronis (Kirkpatrick et al., 2015).

Dalam konteks peradangan, terapi HBOT juga dapat memodulasi sitokin pro-inflamasi yang terlibat dalam banyak penyakit kronis. Interleukin-6 (IL-6) dan tumor necrosis factor-alpha (TNF- α) adalah contoh sitokin pro-inflamasi yang sering meningkat pada kondisi inflamasi kronis. Penelitian telah menunjukkan bahwa HBOT dapat menurunkan kadar IL-6 dan TNF- α , yang merupakan faktor penting dalam berbagai penyakit seperti penyakit jantung, stroke, dan polycystic ovary syndrome (PCOS). Peningkatan kadar oksigen selama terapi dapat meredakan reaksi inflamasi dengan mengatur ekspresi gen yang terlibat dalam pengeluaran sitokin inflamasi

(Liu et al., 2020). Dengan menurunkan kadar sitokin inflamasi ini, HBOT berpotensi mengurangi gejala yang terkait dengan peradangan kronis dan mempercepat proses penyembuhan jaringan.

HBOT juga mempengaruhi molekul kimia lain yang terlibat dalam stres oksidatif dan keseimbangan redoks tubuh. Peningkatan oksigen dalam tubuh yang disediakan oleh HBOT dapat mengaktifkan sistem antioksidan tubuh, termasuk enzim seperti superoksida dismutase (SOD), yang berfungsi untuk mengurangi dampak stres oksidatif yang merusak sel. Stres oksidatif yang terjadi akibat akumulasi radikal bebas telah terbukti berperan penting dalam patogenesis berbagai penyakit degeneratif, seperti penyakit jantung, stroke, dan bahkan kanker. HBOT membantu memodulasi keseimbangan redoks tubuh, sehingga mengurangi kerusakan oksidatif dan memperbaiki fungsi sel-sel tubuh, yang pada gilirannya mempercepat penyembuhan dan pemulihan jaringan (Hunt & O'Neill, 2018).

Selain efek pada sitokin dan molekul antioksidan, HBOT juga memodulasi ekspresi gen yang terkait dengan apoptosis (kematian sel terprogram) dan proliferasi sel. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa HBOT dapat memodulasi jalur sinyal yang terlibat dalam proses apoptosis, dengan cara meningkatkan ekspresi gen pro-apoptotik dalam sel-sel yang rusak, sehingga meningkatkan regenerasi jaringan dan mengurangi perkembangan tumor. Oleh karena itu, penggunaan HBOT dapat memiliki potensi sebagai terapi tambahan dalam pengobatan kanker, selain meningkatkan fungsi penyembuhan pada jaringan yang terluka atau terinfeksi (Zhang et al., 2018).

Secara keseluruhan, HBOT menawarkan manfaat yang signifikan dalam meningkatkan oksigenasi jaringan dan mengatur berbagai molekul biologis yang berperan dalam inflamasi, stres oksidatif, dan penyembuhan jaringan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi lebih dalam tentang potensi terapi ini dalam berbagai kondisi klinis, terutama yang melibatkan peradangan kronis dan gangguan penyembuhan, seperti PCOS dan gangguan metabolik terkait. Dengan pemahaman yang lebih baik mengenai mekanisme molekuler HBOT, terapi ini berpotensi menjadi pendekatan yang lebih efektif dalam pengelolaan berbagai penyakit kronis.

3. Pendekatan Biomolekuler, Imunologi dan klinis HBOT pada PCOS

Polycystic Ovary Syndrome (PCOS) adalah gangguan hormonal yang umum pada wanita usia reproduktif, yang ditandai dengan adanya ketidakseimbangan hormon, ovulasi yang tidak teratur, serta kista ovarium. Meskipun penyebab pasti PCOS belum diketahui, kondisi ini dapat memengaruhi berbagai sistem tubuh dan berhubungan dengan beberapa masalah kesehatan seperti infertilitas, diabetes tipe 2, dan sindrom metabolik (Teede et al., 2018). Seiring dengan berkembangnya penelitian tentang terapi alternatif, Hyperbaric Oxygen Therapy (HBOT) muncul sebagai salah satu terapi potensial untuk menangani PCOS, dengan pendekatan biomolekuler, imunologi, dan klinis.

Pendekatan Biomolekuler

Pada tingkat biomolekuler, HBOT bekerja dengan meningkatkan konsentrasi oksigen dalam darah dan jaringan tubuh melalui penggunaan ruangan bertekanan tinggi yang kaya oksigen. Peningkatan oksigenasi ini dapat memperbaiki beberapa jalur molekuler yang terganggu pada PCOS. Penelitian menunjukkan bahwa HBOT dapat menurunkan stres oksidatif yang tinggi pada penderita PCOS. Stres oksidatif yang tinggi dihasilkan oleh ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas dan kemampuan tubuh untuk menetralkannya, yang berkontribusi pada kerusakan sel dan jaringan, serta memperburuk kondisi metabolik pada PCOS (Xie et al., 2019).

Melalui mekanisme peningkatan oksigenasi, HBOT juga dapat merangsang produksi faktor pertumbuhan, seperti vascular endothelial growth factor (VEGF), yang berperan dalam proses angiogenesis dan regenerasi jaringan (Gasperini et al., 2022). Selain itu, HBOT dapat meningkatkan sintesis kolagen dan memperbaiki pemulihan jaringan, yang penting dalam pengelolaan PCOS, di mana terdapat gangguan pada jaringan ovarium dan endometrium.

Pendekatan Imunologi

Pada PCOS, terdapat gangguan pada sistem imun yang sering kali dikaitkan dengan kondisi inflamasi kronis. Proses inflamasi ini berhubungan dengan resistensi insulin dan gangguan metabolik lainnya yang terjadi pada penderita PCOS (Ding et al., 2019). Peningkatan oksigenasi yang dihasilkan oleh HBOT dapat memiliki efek anti-inflamasi yang signifikan. Penelitian menunjukkan bahwa HBOT mampu mengurangi kadar sitokin pro-inflamasi seperti tumor necrosis factor- α (TNF- α) dan interleukin-6 (IL-6), yang umumnya lebih tinggi pada wanita dengan PCOS (Mizuno et al., 2020). Dengan menurunkan inflamasi sistemik, HBOT dapat membantu mengurangi resistensi insulin dan meningkatkan sensitivitas insulin pada penderita PCOS.

Selain itu, HBOT dapat memperbaiki fungsi imun tubuh dengan meningkatkan aktivitas sel T dan sel NK (natural killer), yang memiliki peran penting dalam mengatur respons imun terhadap infeksi dan sel yang rusak atau tidak normal (Gasperini et al., 2022). Peningkatan fungsi imun ini dapat membantu memperbaiki keseimbangan hormon dan menurunkan gejala yang berhubungan dengan PCOS, seperti infertilitas dan gangguan menstruasi.

Pendekatan Klinis

Secara klinis, HBOT menunjukkan potensi untuk memperbaiki beberapa gejala yang berkaitan dengan PCOS, seperti gangguan ovulasi, resistensi insulin, dan hiperandrogenisme. Beberapa penelitian klinis melaporkan bahwa terapi oksigen hiperbarik dapat membantu meningkatkan kualitas oosit dan folikel ovarium pada wanita dengan PCOS, yang berpotensi meningkatkan peluang kehamilan (Soni et al., 2018). Selain itu, terapi ini dapat membantu mengurangi gejala hirsutisme dan akne yang sering dialami oleh wanita dengan PCOS, yang sebagian besar disebabkan oleh tingginya kadar androgen dalam tubuh.

HBOT juga berpotensi meningkatkan pengelolaan sindrom metabolik yang sering terjadi pada penderita PCOS, seperti obesitas dan diabetes tipe 2. Terapi ini dapat membantu menurunkan tekanan darah, memperbaiki profil lipid, serta meningkatkan sensitivitas insulin, yang semuanya dapat berkontribusi pada perbaikan status metabolik pada wanita dengan PCOS (Xie et al., 2019).

4. Manfaat terapi HBOT pada Kasus Infertility Wanita, Kehamilan dan Aspek Keamanan Terapi **Manfaat Terapi HBOT pada Infertilitas Wanita**

Infertilitas pada wanita sering kali disebabkan oleh gangguan pada tuba fallopi, endometriosis, atau penurunan kualitas sel telur. Dalam hal ini, terapi HBOT berfungsi untuk meningkatkan sirkulasi darah, sehingga dapat meningkatkan suplai oksigen ke ovarium dan tuba fallopi. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Van der Hooft et al. (2018), penggunaan HBOT pada wanita dengan endometriosis menunjukkan peningkatan kualitas jaringan dan potensi kesuburan. Hal ini dipengaruhi oleh kemampuan HBOT dalam meningkatkan angiogenesis (pembentukan pembuluh darah baru) di area-area yang kekurangan oksigen, termasuk organ reproduksi wanita (Snyder et al., 2021).

Studi lainnya yang dilakukan oleh Banas et al. (2017) juga menunjukkan bahwa peningkatan suplai oksigen melalui HBOT dapat memperbaiki kualitas telur dan meningkatkan peluang fertilisasi, terutama pada wanita yang mengalami gangguan mikrosirkulasi atau masalah dengan aliran darah ke ovarium. Terapi ini diyakini dapat membantu mengatasi masalah peradangan yang berkaitan dengan gangguan kesuburan dan memperbaiki kualitas lingkungan internal rahim.

HBOT pada Kehamilan

Selain manfaatnya dalam meningkatkan kesuburan, terapi HBOT juga dilaporkan dapat memberikan dampak positif pada kehamilan, khususnya dalam menangani komplikasi yang muncul selama masa kehamilan. Salah satu manfaat yang dilaporkan adalah kemampuannya dalam meningkatkan oksigenasi janin, yang dapat bermanfaat dalam kondisi tertentu seperti kelahiran prematur, gangguan plasenta, dan retinopati prematuritas (Garrido et al., 2020). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Lim et al. (2022), terapi HBOT pada ibu hamil dengan preeklampsia dapat membantu mengurangi hipertensi dan meningkatkan sirkulasi darah ke plasenta, yang pada akhirnya dapat memperbaiki hasil kehamilan.

Namun, terapi HBOT selama kehamilan juga membutuhkan kehati-hatian, karena dapat meningkatkan tekanan pada tubuh ibu dan janin. Oleh karena itu, penggunaan terapi ini pada kehamilan harus dilakukan dengan pengawasan medis yang ketat dan setelah evaluasi yang mendalam.

Aspek Keamanan Terapi HBOT

Keamanan terapi HBOT pada wanita, terutama pada aspek kesuburan dan kehamilan, memerlukan perhatian lebih. Beberapa potensi risiko dan efek samping yang dapat terjadi meliputi barotrauma (cedera pada telinga tengah atau sinus akibat perubahan tekanan), oksigen toksisitas, serta gangguan pada penglihatan atau pernapasan akibat peningkatan kadar oksigen dalam darah (Chin et al., 2021). Sebuah penelitian oleh Smith et al. (2019) mencatat bahwa meskipun risiko efek samping tersebut ada, terapi HBOT pada dosis yang terkontrol dan dalam kondisi yang aman memiliki tingkat keberhasilan yang baik dengan efek samping yang minimal.

Secara biomolekuler, HBOT bekerja dengan meningkatkan jumlah oksigen terlarut dalam darah dan meningkatkan tekanan oksigen dalam jaringan tubuh, yang merangsang perbaikan sel dan jaringan melalui proses regenerasi dan perbaikan DNA. Hal ini mengarah pada pengurangan peradangan dan stimulasi proses penyembuhan di area yang terpapar, seperti ovarium dan tuba fallopi pada wanita dengan infertilitas (Vargas et al., 2016).

Namun, penggunaan terapi ini harus dibatasi untuk kondisi yang tepat dan berdasarkan indikasi medis, mengingat potensi terjadinya oksigen toksisitas atau gangguan pada fungsi tubuh yang lainnya.

PEMBAHASAN

Polycystic Ovary Syndrome (PCOS) merupakan salah satu gangguan endokrin paling umum yang mempengaruhi wanita usia reproduktif, dengan prevalensi diperkirakan mencapai 5-10% di seluruh dunia (Rotterdam ESHRE/ASRM-Sponsored PCOS Consensus Workshop Group, 2003). Meskipun telah banyak penelitian yang mengeksplorasi patofisiologi dan pengobatan PCOS, masalah utamanya adalah kompleksitas dan heterogenitas gangguan ini, yang mencakup ketidakseimbangan hormon, gangguan ovulasi, resistensi insulin, dan peningkatan kadar androgen. Epidemiologi PCOS menunjukkan bahwa wanita dengan PCOS memiliki risiko lebih tinggi untuk mengalami masalah metabolik, seperti diabetes tipe 2, hipertensi, dan dislipidemia (Teede et al., 2018). Ini menunjukkan bahwa PCOS tidak hanya mempengaruhi sistem reproduksi, tetapi juga berhubungan erat dengan masalah kesehatan jangka panjang.

Tantangan masa kini dalam pengelolaan PCOS adalah kurangnya pendekatan pengobatan yang efektif dan bersifat holistik. Terapi yang ada saat ini, seperti penggunaan kontrasepsi hormonal dan obat-obatan untuk mengatur ovulasi atau menurunkan kadar androgen, seringkali tidak memberikan solusi yang lengkap untuk semua pasien. Di sisi lain, tantangan masa depan terletak pada pengembangan terapi yang lebih tepat sasaran dan berbasis biomolekuler. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa PCOS bukan hanya masalah hormon, tetapi juga melibatkan aspek biomolekuler dan imunologi yang lebih mendalam. Disfungsi sistem imun, misalnya, dapat berperan dalam perkembangan PCOS, dengan penelitian yang menunjukkan peningkatan respon inflamasi pada pasien PCOS (Li et al., 2016).

Dari segi biomolekuler, mekanisme yang mendasari PCOS mencakup gangguan pada jalur regulasi hormon yang melibatkan insulin, leptin, dan hormon reproduksi seperti LH dan FSH. Resistensi insulin, yang terjadi pada sebagian besar pasien PCOS, mempengaruhi sekresi insulin yang lebih tinggi dan berkontribusi pada peningkatan kadar androgen, yang pada gilirannya mempengaruhi kesuburan dan menyebabkan gejala seperti hirsutisme dan gangguan siklus menstruasi (Diamanti-Kandarakis & Dunaif, 2012). Dalam konteks ini, terapi yang mengurangi resistensi insulin, seperti terapi dengan metformin, telah menunjukkan beberapa manfaat klinis. Namun, upaya untuk mengatasi disfungsi ini melalui pendekatan baru terus berkembang.

Salah satu pendekatan baru yang menarik adalah penggunaan terapi oksigen hiperbarik (HBOT). Terapi ini dapat meningkatkan oksigenasi jaringan, yang pada gilirannya dapat mengurangi peradangan dan meningkatkan proses penyembuhan pada tingkat seluler.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa HBOT memiliki dampak yang signifikan pada pengaturan metabolisme dan inflamasi, yang berperan penting dalam pengelolaan PCOS. HBOT dapat mengurangi stres oksidatif yang berkontribusi pada resistensi insulin dan inflamasi kronis, dua faktor utama yang terkait dengan PCOS (Liu et al., 2020). Secara biomolekuler, peningkatan oksigenasi dapat merangsang produksi molekul anti-inflamasi dan memperbaiki fungsi mitokondria yang terganggu, yang berkontribusi pada regulasi metabolik yang lebih baik. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa HBOT dapat meningkatkan kualitas folikel ovarium, yang mungkin berdampak positif pada kesuburan pasien PCOS (Zhang et al., 2018).

Namun, meskipun terdapat hasil yang menjanjikan, masih diperlukan lebih banyak penelitian yang mengonfirmasi manfaat HBOT untuk PCOS, baik secara jangka pendek maupun jangka panjang. Beberapa studi awal menunjukkan hasil positif, namun terdapat pula penelitian yang tidak menemukan perubahan signifikan setelah terapi ini. Sebagai contoh, sebuah studi yang diterbitkan oleh Turgut et al. (2016) menunjukkan bahwa meskipun ada perbaikan pada parameter fisiologis seperti sensitivitas insulin, hasilnya tidak cukup kuat untuk menjadi dasar rekomendasi terapi rutin. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun HBOT memiliki potensi, mekanisme dan efek jangka panjangnya terhadap PCOS masih belum sepenuhnya dipahami.

Secara keseluruhan, penggunaan HBOT dalam pengelolaan PCOS menawarkan peluang yang menjanjikan, terutama dalam mengurangi peradangan dan meningkatkan fungsi metabolik. Namun, bukti yang ada masih terbatas dan perlu diperkuat dengan penelitian lebih lanjut yang melibatkan sampel yang lebih besar dan pengujian jangka panjang. Kedepannya, pendekatan pengobatan yang lebih terintegrasi, menggabungkan terapi konvensional dengan terapi inovatif seperti HBOT, mungkin menjadi solusi yang lebih efektif untuk mengatasi PCOS secara menyeluruh.

KESIMPULAN

Terapi oksigen hiperbarik dapat menjadi pilihan terapi tambahan bagi pasien PCOS, meskipun penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengonfirmasi manfaat jangka panjang dan mekanisme kerjanya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hang Tuah Surabaya, Kaprodi dan Sekretaris Prodi Program Pendidikan Dokter Spesialis Kedokteran Kelautan Universitas Hang Tuah Surabaya serta seluruh staf pengajar dan sejawat PPDS.

DAFTAR PUSTAKA

- Banas, B., Wojtanowski, W., Szymański, W., & Polz, D. (2017). The role of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of female infertility: A review of the literature. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 15(1), 58. <https://doi.org/10.1186/s12958-017-0303-7>
- Bishop, J. P., Zamboni, W. C., & Chang, K. S. (2019). The effects of hyperbaric oxygen therapy on wound healing: Mechanisms and molecular signaling. *Journal of Wound Care*, 28(4), 210-215.
- Chin, M. S., Koh, W. K., & Yeoh, W. K. (2021). Oxygen toxicity and the role of hyperbaric oxygen therapy. *Asian Pacific Journal of Health Sciences*, 8(3), 112-120. <https://doi.org/10.3126/apjhs.v8i3.34891>
- Diamanti-Kandarakis, E., & Dunaif, A. (2012). Insulin resistance and the polycystic ovary syndrome revisited: An update on mechanisms and implications. *Endocrine Reviews*, 33(6), 984-1030.
- Ding, T., Gu, Y., Jiang, C., & Li, S. (2019). The role of inflammation in polycystic ovary syndrome: Insights from a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 104(9), 3435-3445. <https://doi.org/10.1210/jc.2019-00737>
- Escobar-Morreale, H. F. (2018). Polycystic ovary syndrome: A modern view of a complex disorder. *Endocrine Reviews*, 39(4), 348-384.

- Garrido, C., Simón, C., & Pellicer, A. (2020). Hyperbaric oxygen therapy in pregnancy: A review of clinical studies. *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 40(2), 213-219. <https://doi.org/10.1080/01443615.2019.1666793>
- Gasparini, L., Fabbri, S., & Martini, F. (2022). Hyperbaric oxygen therapy: A new front in the treatment of metabolic diseases. *Clinical Endocrinology*, 97(5), 655-662. <https://doi.org/10.1111/cen.14756>
- Hunt, T. K., & O'Neill, K. A. (2018). The role of oxygen in wound healing: The molecular biology of wound healing. *Journal of the American College of Surgeons*, 228(6), 795-802.
- Kirkpatrick, J. W., Xu, Y., & Liu, L. (2015). Hyperbaric oxygen therapy and modulation of inflammatory cytokines in chronic wounds. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(5), 10434-10442.
- Li, X., Yin, L., & Liu, Y. (2016). The role of immune dysregulation in the pathogenesis of polycystic ovary syndrome. *Clinical and Developmental Immunology*, 2016, 1237193.
- Lim, K. T., Park, Y. W., & Lee, K. H. (2022). Effects of hyperbaric oxygen therapy on preeclampsia and pregnancy outcomes. *Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, 35(1), 120-125. <https://doi.org/10.1080/14767058.2020.1816456>
- Liu, J., Chen, X., & Wu, X. (2020). The molecular mechanisms of hyperbaric oxygen therapy in reducing insulin resistance and inflammation in polycystic ovary syndrome. *Endocrine Journal*, 67(12), 1185-1195.
- Mizuno, M., Okamoto, A., & Hasegawa, T. (2020). The anti-inflammatory effect of hyperbaric oxygen therapy: A systematic review. *Journal of Inflammation Research*, 13, 189-202. <https://doi.org/10.2147/JIR.S249739>
- Rotterdam ESHRE/ASRM-Sponsored PCOS Consensus Workshop Group. (2003). Revised 2003 consensus on diagnostic criteria and long-term health risks related to polycystic ovary syndrome. *Fertility and Sterility*, 81(1), 19-25.
- Turgut, T., Kose, F., & Yilmaz, M. (2016). Effects of hyperbaric oxygen therapy on insulin resistance and hormonal profile in women with polycystic ovary syndrome. *Journal of Endocrinological Investigation*, 39(9), 1033-1038
- Thom, S. R. (2009). Hyperbaric oxygen: Its mechanisms and efficacy. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 124(3), 3-12.
- Smith, K. E., Frazier, A. S., & Thompson, M. L. (2019). Safety of hyperbaric oxygen therapy in clinical practice. *Journal of Clinical Medicine*, 8(3), 431. <https://doi.org/10.3390/jcm8030431>
- Snyder, J. M., Mathew, A. T., & Browne, K. D. (2021). Hyperbaric oxygen therapy and reproductive health: Cellular and molecular effects. *Human Reproduction Update*, 27(3), 379-394. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmaa069>
- Soni, S., Ahuja, M., & Kumar, R. (2018). Efficacy of hyperbaric oxygen therapy in improving oocyte quality in women with PCOS undergoing IVF. *Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 38(7), 923-929. <https://doi.org/10.1080/01443615.2018.1467342>
- Teede, H. J., Misso, M. L., Costello, M. F., & Dokras, A. (2018). Recommendations from the international evidence-based guideline for the assessment and management of polycystic ovary syndrome. *Human Reproduction*, 33(3), 467-478. <https://doi.org/10.1093/humrep/dey001>
- Van der Hoof, C. S., Benschop, J. A., & Gunning, A. (2018). Hyperbaric oxygen therapy for endometriosis and female infertility: A systematic review of clinical trials. *International Journal of Women's Health*, 10, 251-262. <https://doi.org/10.2147/IJWH.S167763>
- Vargas, A., Marcolin, L., & Rios, A. (2016). Hyperbaric oxygen therapy and the molecular mechanisms involved in female reproductive health. *Journal of Women's Health*, 25(10), 1023-1030. <https://doi.org/10.1089/jwh.2016.5788>
- Xie, X., Zhang, R., & Zhang, L. (2019). The role of oxidative stress in the pathogenesis of polycystic ovary syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 17(1), 39-49. <https://doi.org/10.1186/s12958-019-0484-7>

Zhang, Y., Wang, X., & Yang, Y. (2018). Hyperbaric oxygen therapy improves the ovarian reserve and function in patients with polycystic ovary syndrome. *Reproductive Sciences*, 25(7), 974-981.