

Використання електромагнітних хвиль у лікуванні хворих. Мікрохвильова терапія

Хвороба, або Захворювання – патологічний процес, який проявляється порушеннями морфології (анатомічної, гістологічної будови), обміну речовин чи/та функціонуванням організму (його частин) у людини/тварини.

Терапія (синонім: лікування) – процес, бажаною (але не завжди досяжною) метою якого є полегшення, зняття чи усунення симптомів і проявів того чи іншого захворювання, патологічного стану чи іншого порушення життєдіяльності, нормалізація порушених процесів життєдіяльності і одужання, відновлення здоров'я.

Електромагнітне поле – це особливий стан матерії, що викликається динамічними і статичними електричними зарядами і є сумою електричних і магнітних полів. За допомогою цього стану здійснюється взаємодія між зарядженими частинками як в неживих, так і живих об'єктах. Воно характеризується напруженістю або індукцією електричних і магнітних полів. Природними їх джерелами є електричне і магнітне поле Землі, а також випромінювання космічних джерел – Сонця, зірок, галактик і т.п. До штучних відносяться численні побутові та промислові радіо і електроприлади, а також електрокомунікації. Серед великого спектру електромагнітних коливань (хвиль) найпоширенішим по довжині і частоті є радіочастотні (неіонізуючі).



Шкала електромагнітних хвиль умовно розділена на шість діапазонів: радіохвилі (довгі, середні, короткі), інфрачервоні, видимі, ультрафіолетові хвилі, рентгенівське і гамма-випромінювання. Ця класифікація заснована на механізмах утворення хвиль, а у випадках сприйняття їх органами почуттів – на наявності зорового або слухового сприйняття їх людиною. Радіохвилі обумовлені змінними струмами в провідниках і електронними потоками (макроевипромінювачів). Інфрачервоні, видимі і ультрафіолетові хвилі виходять з атомів, молекул і швидких заряджених частинок (мікроевипромінювачів). Рентгенівське випромінювання виникає при внутріатомних процесах, гамма-випромінювання має ядерне походження.

Електронними генераторами називають пристрої, які перетворюють енергію джерел постійної напруги в енергію електромагнітних коливань. Велика група медичних апаратів конструктивно є генераторами різноманітних електромагнітних коливань.

Людський організм є джерелом, а також «сенсором» цілого спектру електромагнітних випромінювань. Біологічні об'єкти – це відкриті термодинамічні системи. Вони обмінюються з навколишнім середовищем енергією і речовиною. Ця



властивість використовується для оцінки їх стану та впливу факторами, подібними з ними за своїми фізичними характеристиками.

Електромагнітні поля біологічно активні – живі істоти реагують на їх дію. Численні експериментальні дані свідчать про високу біологічну активність електромагнітних полів практично всіх ділянок спектра радіочастот.



Сприйняття електромагнітних впливів можливо, на думку Ю. П. Ліманського (1990), через точки акупунктури, які представляють собою полімодальні рецептори, здатні адекватно сприймати і передавати в мозок сигнали про зміни електромагнітних полів Землі і метеофакторів. Автором виділена система «екоцептивної чутливості». Вона має аферентний вхід, через який організм постійно контролює якісні та кількісні показники чинників зовнішнього середовища (в т.ч. електромагнітних), які у випадку значних їх відхилень можуть змінювати діяльність життєво важливих функціональних систем організму. Ця інформація інтегрується в мозку з аналогічною інформацією, отриманою через систему вісцеросенсорної чутливості від внутрішніх органів, і використовується мозком для запуску адаптивних механізмів, спрямованих на ослаблення або повну компенсацію негативних змін у функціональних системах організму.

Мікрохвильова терапія.

НВЧ терапія – метод лікування, заснований на використанні енергії мікрохвиль (електромагнітного поля надвисокої частоти).

Мікрохвилі (мікрорадіохвилі, ВВЧ-коливання) мають довжину від 1м до 1мм, частоту коливань відповідно від 300 до 300000МГц. У спектрі електромагнітних радіохвиль вони займають проміжне місце між хвилями ультрависокої частоти та інфрачервоними променями. Цим обумовлені фізичні властивості мікрохвиль, характерні як для радіохвиль ультрависокої частоти (здатність проникати в біологічні тканини), так і для інфрачервоних променів (відображення, заломлення, поглинання біологічними тканинами).

У лікувальній практиці використовують мікрохвилі дециметрового (0,1 – 1м) і сантиметрового (1 – 10см) діапазонів і відповідно до цього розрізняють 2 види НВЧ-терапії, дециметрова (ДМХ-терапія) і сантиметрова (СМХ-терапія).



Механізм дії мікрохвиль на організм складається з двох процесів: первинного (безпосереднього впливу мікрохвилі на тканини організму) і вторинного – що виникають у відповідь на нього нейрорефлекторних і нейрогуморальних реакцій цілісного організму. Первинний вплив проявляється в зоні локального впливу і складається з теплового та нетеплового компонентів.

Тепловий компонент проявляється нагріванням тканин за рахунок ендogenous тепла, що утворився в результаті тертя, що виникає при рухах вільних йонів електролітів тканин і коливань дипольних молекул навколо своєї осі в процесі орієнтування їх по напрямку силових ліній електромагнітного поля, а також за рахунок виділення тепла молекулами води при поглинанні ними енергії мікрохвиль. Частота коливань поля молекул води збігається з частотою НВЧ-коливань, тому найбільше сприйняття тепла відбувається в тканинах, що містять значну кількість води, – в крові, лімфі, м'язах, тканинах паренхіматозних органах.

Нетепловий (екстратермічний, осциляторний) компонент механізму дії мікрохвиль полягають в різних внутрішньо фізико-хімічних та електрохімічних змінах і в структурних перебудовах, що виникають під впливом енергії мікрохвиль в складних біологічних системах (зміна осмотичного тиску, поверхневої напруги, проникності клітинних мембран, колоїдного стану цитоплазми і міжклітинної рідини, орієнтування елементів крові і поляризованих гілок білкових макромолекул в напрямі силових ліній електромагнітного поля, резонансне поглинання енергії коливань окремими макромолекулами, амінокислотами та ін.). Ці зміни за адекватного дозування НВЧ-терапії випромінюють функціональний стан клітин, тканин і органів.

Співвідношення теплового та нетеплового компонентів в дії мікрохвиль визначається дозуванням впливу – при малій потужності переважає нетепловий, а при великій потужності – теплової компонент.

Для сантиметрових хвиль характерне більше (до 60%) відбиття від поверхні тіла і менш глибоке (в середньому на 5 – 6см) проникнення в тканини. Крім того, ці хвилі нерівномірно поглинаються різними верствами тканин, що може призводити до неадекватного дозування та до перегріву деяких ділянок. Дециметрові хвилі більш рівномірно і глибоко (у середньому на 8 – 9см) проникають в тканини, внаслідок цього ДМХ-терапія застосовується в лікувальній практиці більш широко.

Вторинна ланка механізму лікувальної дії мікрохвиль складається з безпосереднього впливу поглиненої енергії на рецептори тканин, виникнення початкового рефлексу з хемо-, баро-, термо-, рецепторів у зоні опромінення. Ці імпульси через нервові стовбури надходять в ЦНС, що забезпечує відповідну реакцію «виконавчих» органів. При впливі мікрохвиль утворюються біологічно активні речовини, що викликають роздратування рецепторів поза зоною впливу (гуморальний компонент) і обумовлюють загальну фізіологічну дію через центральні регулюючі механізми. У лікувальних дозах мікрохвиль мають протизапальну, бактеріостатичну, болезаспокійливу, спазматичну дії.



НВЧ-терапія чинить регулюючий, стимулюючий вплив на нервову, ендокринну систему, обмін речовин. Під дією мікрохвиль відзначається нормалізація тону магістральних і периферичних судин, активізація процесів

мікроциркуляції (прискорення течії крові в капілярах, їх розширення), підвищення оксигенації крові, регуляція судинної проникності, поліпшення окисно-відновних процесів і трофіки тканин. ДМХ-терапія, активуючи адаптаційно-трофічні системи, сприяє поліпшенню глюкокортикоїдної функції надниркових залоз і придушення алергічних реакцій, нормалізації трофіки синовіальної оболонки.



СМХ-терапія сприяє поліпшенню провідності периферійних нервів, нормалізації лабільності нервово-м'язового апарату, зменшенню атрофії м'язів, надає знеболюючу дію.

Дециметрова терапія (ДМХ-терапія) – метод, при якому з лікувальними цілями застосовують дециметрові хвилі довжиною 69,65 і 33см (частота електромагнітного поля 433,460 і 915МГц відповідно). У нашій країні апаратура працює на частоті 460 МГц, в Західній Європі – 433МГц, у США – 915 МГц.

Дія мікрохвиль на організм має ряд особливостей, залежить від їх фізичних властивостей. Мікрохвилі, як і світло, можна сконцентрувати у досить вузький пучок, що дозволяє їх локалізувати на певній ділянці тіла.

При ДМХ – вплив відображення відбувається в основному від шкіри. Водночас товщина шкіри та підшкірної жирової клітковини істотно не впливає на відображення. У результаті створюються умови для більш рівномірного пошарового поглинання енергії ЕМП дециметрового діапазону хвиль. Останнє пов'язано з тим, що при впливах ДМХ відсутні, як правило, умови, за яких можуть виникнути стоячі хвилі, що обумовлюють перегрівання шкіри та підшкірної жирової клітковини, а також «гарячі точки», іноді спостерігаються при СМХ-терапії, що є суттєвою перевагою ДМХ-терапії. У середньому ДМХ проникає в тканини людини до 9 см.

Механізми поглинання енергії дециметрових хвиль складні і повністю не вивчені. Частина поглиненої енергії переходить у тепло (теплова дія), а частина у фізико-хімічні («осциляторні») ефекти.

Первинні механізми взаємодії ДМХ з тканинами людини визначаються конформаційними процесами в білкових структурах клітини, у, зокрема, метакондіях, явищами поляризації на мембранах і зміною їх проникності, когерентним коливанням молекул, головним чином пов'язаної води, а також взаємодією власних зарядів електрично активних елементів клітини.

При дії ДМХ більша частина поглиненої енергії перетворюється в тепло. У живих тканинах підвищення температури йде і за рахунок активізації місцевих обмінних процесів. Локальний вплив ДМХ у дозах, близьких до ітерапевтичних, звичайно, не викликає підвищення температури тіла людини. Однак загальний інтенсивний вплив може викликати загальне підвищення температури тіла, аж до загибелі внаслідок перегріву. Температура в тканинах, багатих водою при дії ДМХ у дозах, близьких до лікувальних, може підніматися, на 4° при порівняно невеликому збільшенні температури у підшкірному жировому шарі. При цьому підвищення температури в опромінюваних тканинах з перших хвилин впливу, досягаючи максимуму на 10 – 15 хвилині, а потім припиняється. Під впливом збільшення тепла в тканинах

відбувається розширення судин, посилюється ліжечок, що веде до охолодження кров'ю тканин і зрівнювання теплопродукції і тепловіддачі. Температура тканин знижується приблизно на 2°C від максимальної і стає стійкою протягом всієї процедури.

Підшкірна жирова клітковина васкуляризована слабо і охолоджувальна дія крові в цій тканині проявляється незначно. Тому слід уникати тривалих та інтенсивних впливів дециметрових хвиль, які можуть призвести до перегрівання підшкірної жирової тканини. Потрібно також брати до уваги, що зміни центральної та периферійної гемодинаміки порушують тепловіддачу і винесення тепла кров'ю.

Мінімальною тривалістю дециметрового впливу до появи ефективного підвищення температури слід вважати тривалість процедури від 3 до 5 хвилин, а максимальної – 30 хвилин.

Фізіологічна та лікувальна дія.

У відповідь на вплив БМХ у організмі розвиваються як загальні неспецифічні реакції, характерні для більшості фізичних факторів, так і певні специфічні процеси властиві тільки даному виду енергії.

Виразність цих реакцій залежить від дози, локалізації впливу, особливостей функціонування органів і систем хворого, віку, вираженості патологічного процесу та інших причин. У результаті утворення тепла і осциляторного ефекту в тканинах активізується місцевий метаболізм, мікроциркуляція, змінюється вміст біологічно активних речовин (лістамін, серотонін та ін.), рівень електричних процесів. Це веде до подразнення рецепторів і появи рефлекторної аферентної імпульсації. При дії лікувальними дозами ДМХ, адекватними вихідному стану хворого, в організмі встановлюється новий більш високий рівень функціонування нейрогуморальних систем, що веде до активізації адаптаційних механізмів і підвищенню неспецифічної резистентності організму.

ДМХ-терапія посилює кровообіг, покращує мікроциркуляцію, метаболічні процеси в тканинах, органах, надає протизапальний, бронхолітичний, спазматичний ефекти, підвищує активність організму, має антиалергічну дію.

Показання до ДМХ терапії.

ДМХ-терапія показана при остеохондрозі шийного, грудного та попереково-крижового відділів хребта з корінцевим синдромом; деформуючому остеоартрозу з синовітом і без нього; ревматоїдному артриті з активністю I, II і III ступеня; бронхіальній астмі переважно алергічної і інфекційно-алергічної форми, з легким та середнім перебігом; при гострій, затяжній і хронічній пневмонії; гіпертонічній хворобі не вище 2А стадії; реноваскулярній гіпертонії після реконструктивних операцій на ниркових артеріях (не раніше ніж через 2 тижні після операції); осередковому і трансмуральному інфаркті міокарда, починаючи з 25 – 28 дня захворювання без важких ускладнень у гострому періоді при недостатності кровообігу він вище 2А ступеня зі стенокардією напруги і без неї за відсутності прогностично несприятливих порушень ритму і провідності; ревматизм активністю не вище другого ступеня, у тому числі із сочетаним пороком мітрального клапана серця і комбінованим мітральному – аортальним пороком при недостатності кровообігу не вище першого ступеня і без порушення ритму; при атеросклерозі

судин головного мозку, виразкової хвороби у фазі затухаючого загострення; гастродуоденіті; хронічному гастриті; хронічному аднекситі.

Протипоказаннями для призначення ДМХ-терапії служать гострі запальні процеси, захворювання крові, доброякісні та злоякісні пухлинні захворювання, вагітність, схильність до кровотеч, недостатність кровообігу вище 2 ступеня, стенокардія спокою, серцева астма, аневризма серця і судин, часті пароксизмальні порушення ритму, важкий перебіг хронічної ішемічної хвороби серця з частими приступами стенокардії, різке загострення всіх захворювань, виразкова хвороба зі стенозом воротаря і підозрою на пенетрацію, регідний антральний гастрит, металеві включення в тканинах, епілепсія.

Сантиметровохвильова терапія.

Сантиметровохвильова терапія (СМХ-терапія) – метод, при якому з лікувальною метою застосовують електромагнітні хвилі довжиною 12,6 і 12,2см (частота 2375 і 2450 МГц). Фізичні властивості СМХ визначають їх дії на організм людини. При СМХ частота ЕМВ близька частоті інфрачервоної області оптичного випромінювання, тому всі фізичні закони, яким підпорядковується світло, застосовуються до цього виду енергії в більшій мірі, ніж при всіх інших частотах ЕМВ.

Взаємодія СМХ із середовищем супроводжується поглинанням, відбиттям, заломленням, дифракцією і інтерференцією. Особливістю СМХ є великий ступінь віддзеркалення (від 25 до 75%) залежно від товщини підшкірного жирового шару, відстані випромінювання від поверхні тіла.

Інша особливість цього виду випромінювання полягає в можливості виникнення в живих тканинах «стоячих» хвиль через відображення електромагнітної хвилі і накладення її на падаючу хвилю. Внаслідок цього в області, що має максимум електромагнітної енергії, може утворитись велика кількість тепла і викликати перегрівання аж до опіку тканин. Подібні умови іноді виникають в підшкірному жировому шарі в результаті відбивання СМХ на кордоні жир-м'яз, останнє є одним з недоліків СМХ-терапії. Глибина проникнення СМХ в тканини становить 3 – 5см.

Інтенсивність поглинання СМХ поверхневими шарами тканин людини веде до значного їх нагріву, більш сильному, ніж при ДМВ. Первинні механізми взаємодії з тканинами людини обумовлені «осциляторними» і тепловими компонентами дії. Температура в тканинах підвищується на 5°C. Мінімальна тривалість впливу на одну область 2 – 3хв.

Фізіологічна та лікувальна дія.

Опромінення СМХ веде до виникнення рефлекторної і нейрогуморальної реакції. Під його впливом розширюються судини, збільшується кількість функціонуючих капілярів, посилюється крово- і лімфообіг, виявляється протизапальна розсмоктуюча дія, підвищується неспецифічне імунологічне активність організму.

Дозиметрія.

СМХ за вихідної потужності: слабо тепла, тепла та сильно тепла.

Показання для СМВ терапії.

Гострі, підгострі та хронічні запальні захворювання придаткових пазух носа, середнього вуха, мигдаликів, органів дихання (бронхіт, гостра, затяжна і хронічна пневмонії); одонтогенні запалення верхньої та нижньої щелепи;

підгострі та хронічні запальні, травматичні і дистрофічні захворювання органів опори і руху (міозит, епікондиліт, тендовагініт, міжхребцевий остеохондроз, деформуючий остеоартроз, бурсит, розтягнення, забої); підгострі і хронічні захворювання статевих органів (сальпингоофорит, простатит, епідидиміт); післяопераційні інфільтрати, фурункули, гідраденіти, трофічні виразки; виразкова хвороба шлунка, 12 палої кишки у фазі затухаючого загострення; гастродуоденіти; хронічний гастрит; гепатит.

Протипоказання.

Злоякісні новоутворення, активний туберкульоз, вагітність, тиреотоксикоз, системні захворювання крові, наявність у тканинах металевих тіл, недостатність кровообігу вище другого ступеня, хронічна ішемічна хвороба серця, інфаркт серця і мозку, серцева астма, аневризми серця і судин, пароксизмальні порушення ритму серця, різке загострення всіх захворювань органів травлення, виразкова хвороба зі стенозом ворота і підозрою на пенетрацію, ригідний антральний гастрит, епілепсія.

ММХ-терапія.

ММХ-терапія (міліметровохвильова терапія) – метод електролікування, заснований на використанні електромагнітних хвиль надвисокої частоти. Електромагнітні міліметрові хвилі (ЕМ ММХ) представляють собою хвилі, розповсюджуються у просторі, середовищах і тканинах ЕМП НВЧ від 30 до 300 МГц, що відповідає довжині хвилі 10 – 1мм. У лікувальній практиці використовують нетеплові інтенсивності ЕМ ММХ, при яких підвищення температури тканин при локальних впливах не перевищує 0,1°C. Енергія ЕМ ММХ поглинається молекулами вільної води, водних розчинів, білків, ліпідів, кисню, колагену, мембранами клітин, ДНК. Поглинання енергії ММХ шкірою в три рази більше, ніж СМВ та ДМВ.

ЕМ ММХ проникають в тканини на глибину 0,2 – 0,6мм, тобто діють на епідерміс, сосочковий і ретикулярний шари шкіри.

ЕМ ММХ впливають на колагенові волокна, розташовані в цих шарах шкіри і викликають виділення біологічно активних речовин, які стимулюють вихід гістаміну з тучних клітин, що призводить до зміни проникності клітинних мембран.

Клітини, молекули, атоми і інші частинки, з яких складаються живі організми, мають свій спектр електромагнітних коливань у просторі, він співпадає з діапазоном ЕМ ММХ. Ці коливання клітини використовують як сигнали для управління процесами обміну речовин, відновлення порушених функцій, підвищення стійкості організму до несприятливих дій навколишнього середовища. Перші повідомлення про лікувальне застосування ЕМ ММХ були опубліковані у 1980 р. Проводили лікування хворих, що страждають на маніакально-депресивний психоз. Впливали на область задньої поверхні плеча 20хв певною довжиною хвилі, через день, курс лікування 10 процедур. Після 3 процедур покращилися: клінічна картина, показники ЕЕГ, ЕКГ, артеріального тиску. Для ВВЧ-терапії (вкрай високої частоти або ММХ-терапії) використовуються установки «ЯВ6-1» з довжиною хвиль 5,6мм і 7,1 мм (відповідно частоти 53534Гц і 42194Гц). Щільність потужності опромінення 10мВт/см². Харчування установки – від мережі змінного струму частотою 50Гц, напругою 220В. Потужність від мережі – не більше 25Вт.

Установка змонтована у блоці, який підвішується на штативі, штатив кріпиться до столу. Це дозволяє орієнтувати рупор на будь-яку частину поверхні тіла хворого.

На передній панелі блоку розташовані: кнопковий вмикач мережі, індикатор включення мережі, кнопковий вимикач модуляції, ручка підстроювання частоти, стрілочний індикатор налаштування частоти та індикації наявності необхідної величини вихідної потужності.

Запобіжні заходи. Забороняється дивитися безпосередньо в рупорний випромінювач установки під час її роботи. Методика застосування для лікування виразкової хвороби шлунка.

Показання: ті ж що і методика, але у хворих з виразковою хворобою шлунка лікування проводити тільки після негативних гістологічних і цитологічних відповідей.

Протипоказання: вагітність. Використовують установку «ЯВ61» -5,6, що працює в режимі частотної модуляції. Хворому опромінюють нижній край грудини 30хв щодня: курс 10 – 15 – 20 процедур. До лікування, через 10 сеансів і в подальшому через кожні 5 сеансів проводять ендоскопічне дослідження.

Однак багато аспектів лікувальної дії ЕМ ММХ ще не розроблені і механізми реалізації терапевтичних ефектів не зрозумілі і вимагають подальшого вивчення.

Мікрохвильова резонансна терапія

Сучасний безболісний, не медикаментозний метод лікування, спрямований на відновлення і нормалізацію біологічних процесів клітинних структур і функціональних систем організму. Він органічно поєднує в собі принципи давньосхідної медицини з новими досягненнями фундаментальної та біомедичної фізики. В основі методу лежить вплив електромагнітними хвилями певної інтенсивності та частоти на біологічно активні точки організму. Як відомо, електромагнітні хвилі мм-діапазону розташовуються на кордоні з інфрачервоним діапазоном і майже 80% їх поглинається тканинами людини (решта відбиваються). У мм-діапазоні енергія кванта значно менше енергії теплового руху, електронних переходів, коливальної енергії молекул і енергії водневих зв'язків. Саме тому ця енергія не може вплинути навіть на найслабший хімічний зв'язок. Отже, мм-хвилі здатні впливати тільки на обертальні ступені свободи молекул, тобто надавати інформаційний вплив. У середині шістдесятих років під керівництвом академіка Девяткова Н.Д. почалися дослідження ефектів нетеплового впливу вкрай високими частотами (ВВЧ) випромінювання міліметрового діапазону хвиль на біологічні об'єкти. У його роботах (а також у роботах проф. Голанта) було показано, що живі організми самі можуть випромінювати хвилі в мм-діапазоні, що ВВЧ випромінювання мм-діапазону використовується ними з метою управління міжклітинними взаємозв'язками. Тому біологічний об'єкт, що володіє власним набором внутрішніх частот хвильових процесів, може (на цих частотах) брати участь в явищі біорезонансу з випромінюваннями зовнішніх впливів. У ВВЧ діапазоні існують інформаційні канали, які для кожної людини індивідуальні. Організм людини здатний вибірково розрізняти "родинні" йому мм-хвилі, реагуючи на них швидкою зміною ЕЕГ, ЕКГ та ін. (інакше кажучи, організм відповідає заздалегідь визначеної реакцією, яка, при правильному

використанні методу, є ефективнішим засобом в плані лікування багатьох захворювань) . Саме на цьому принципі і будується мікрохвильова резонансна терапія.

У результаті зовнішнього впливу мм-хвиль на точки акупунктури в організмі пацієнта виникає своєрідний комплекс суб'єктивних відчуттів, так звані сенсорні реакції організму. Їх можна підрозділити на три групи:

1. Місцеві – виникають в точці впливу (поколювання, оніміння і т.д.).
2. Системні – виникають на рівні хворого органу (тепло, зняття больового синдрому, посилення перистальтики і т.д.).
3. Генералізовані – носять загальний характер (розслабленість, сонливість, що переходить в сон).

У 65 – 70% хворих спостерігаються сенсорні реакції, а в 30-35% хворих вони відсутні. Роль сенсорних реакцій при лікуванні дуже важлива. З їх допомогою можна підібрати необхідну частоту, скласти акупунктурну рецептуру, визначити час дії на крапку, кількість сеансів і т.д. При лікуванні методом мікрохвильової резонансної терапії виділяють наступні види частот:

- Індивідуальна – характерна тільки для певного хворого;
- Системна – характерна для певної системи організму;
- Сенсорна – для цієї частоти характерно виникнення "відгуку";
- Терапевтична – це частота, яку вибирає лікар для лікування конкретного хворого з конкретною патологією;
- Скануюча – ця частота дозволяє пройти весь діапазон мм-хвиль за короткий час з певною модуляцією.