

# Kliniczne zastosowanie materiałów kompozytowych wzmocnionych włóknem (FRC) w stomatologii – przegląd piśmiennictwa

## Clinical application of fiber-reinforced composite materials (FRC) to dentistry – literature review

**Rafał Brożek, Barbara Dorocka-Bobkowska, Ryszard Koczorowski**

Katedra Protetyki Stomatologicznej, Klinika Gerostomatologii i Patologii Jamy Ustnej, Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu

Kierownik: prof. dr hab. med. Barbara Dorocka-Bobkowska

---

### HASŁA INDEKSOWE:

kompozyt wzmocniony włóknem (FRC), stomatologia estetyczna, odbudowy kompozytowe

---

---

### KEY WORDS:

fiber-reinforced composite (FRC), esthetic dentistry, composite restorations

---

### Streszczenie

Cechy wytrzymałościowe oraz niewielka masa spoczynkowa sprawiają, że materiały kompozytowe wzmocnione włóknem (FRC) znalazły szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach stomatologii. W pracy przedstawiono tę grupę materiałów protetycznych z uwzględnieniem ich unikalnych cech charakterystycznych, postępowania klinicznego oraz opisu niepowodzeń, które mogą wystąpić w trakcie ich użytkowania w jamie ustnej.

Materiały kompozytowe wzmocnione włóknem umożliwiają uzupełnienie braków zębowych różnej rozległości zarówno w przednich, jak i bocznych odcinkach łuków zębowych. Długoczasowa skuteczność leczenia sprawia, że FRC mogą być równorzędną alternatywą dla uzupełnień protetycznych, których retencję uzyskuje się wyłącznie w wyniku mechanicznego zakotwienia do zęba filarowego.

---

### Summary

Due to their strength properties and low mass, fiber-reinforced composite materials (FRC) have found a wide application to many aspects of dentistry. The paper attempts to describe this group of prosthetic materials, taking into account their unique characteristics, clinical procedures and possible failures that may occur in the mouth during their use. Fiber-reinforced composites make it possible to replace missing teeth of various spans both in the anterior and posterior segments of the dental arch. Long-term efficacy of treatment makes FRC restorations an alternative to prosthetic restorations since the retention is achieved exclusively by means of a mechanical anchorage to the abutment tooth.

---

## Wprowadzenie

Polimerowe materiały stomatologiczne, cementowane adhezyjnie zapewniają mocne, trwałe i estetyczne uzupełnienie braków pojedynczych zębów. Bardziej rozległe braki, ze

względu na kruchość i podatność na pękanie tych materiałów, do tej pory nie były wskazywane do ich stosowania.<sup>1</sup> W ciągu ostatnich 30 lat wprowadzono jednak nową klasę materiałów dentystycznych: kompozyty wzmocnione włóknem (ang. fiber-reinforced composites,

FRC) wykorzystujące wszystkie zalety konwencjonalnych materiałów kompozytowych zarazem charakteryzujących się długotrwałą odpornością na działanie obciążeń statycznych i zmęczeniowych, a także posiadających moduł elastyczności wzdłużnej, wielkością zbliżony do tkanek twardych zębów. Możliwe stało się wykonawstwo stałych uzupełnień protetycznych z użyciem FRC w praktyce klinicznej pozwalających zachować funkcjonalność w jamie ustnej przez długi czas.<sup>2</sup>

Koncentracja naprężeń, powstających cyklicznie w czasie obciążeń zgryzowych w układzie stomatognatycznym, może prowadzić do zmian destrukcyjnych przyzębia i do utraty zębów. Wysoka wytrzymałość mechaniczna sprawia, że FRC posiadają zdolność skutecznej kompensacji tych sił. Pożądana odporność na ich działanie, przy zachowaniu niewielkiej masy spoczynkowej włókien wzmacniających, sprawiają, że FRC znalazły szerokie zastosowanie, jako metoda z wyboru, w wielu dziedzinach stomatologii, takich jak protetyka, stomatologia zachowawcza, implantologia, periodontologia, ortodoncja.

#### *Cechy charakterystyczne materiałów kompozytowych wzmocnionych włóknem (FRC)*

Skuteczność leczenia z zastosowaniem FRC jest określana za pomocą dwóch wskaźników. Wskaźnik sukcesu (ang. success rate) wyraża procentowo, liczbę pacjentów, u których nie stwierdzono niekorzystnych powikłań lub niepowodzeń w leczeniu i mogli nieprzerwanie kontynuować korzystanie z protez w określonym czasie. Natomiast wskaźnik powodzenia (ang. survival rate) określa tych pacjentów, u których wystąpiły w trakcie eksploatacji uzupełnień powikłania, jednak ich pomyślne usunięcie skutecznie przywróciło kliniczną przydatność tych materiałów i z powodzeniem umożliwiło dalsze użytkowanie uzupełnienia protetycznego w jamie ustnej.<sup>3</sup>

Wskaźnik sukcesu, a więc oznaka

bezproblemowego użytkowania uzupełnienia protetycznego przez długi czas, bez dodatkowej, koniecznej interwencji lekarza wyznaczony dla materiałów FRC może być większy od wskaźnika określonego dla protez stałych, których retencja uzyskiwana jest na drodze mechanicznego zakotwienia do zęba filarowego.<sup>4</sup> Oszczędna, zapewniająca ochronę tkanek twardych zęba preparacja lub jej całkowity brak, a także możliwość taniej, szybkiej, prostej i skutecznej naprawy sprawiają, że pacjenci mogą użytkować FRC przez długi czas. W badaniach *Miettinen* i *Millara* wskaźnik powodzenia w przypadku pacjentów leczonych z użyciem mostów wzmocnionych włóknem wyniósł 88,5% w porównaniu do mostów metalowo-ceramicznych (82,8%) i mostów pełnoceramicznych, cementowanych adhezyjnie (72,5%).<sup>5</sup> *Van Heumen* w badaniach obejmujących 5-letni czas obserwacji potwierdził 77,5% skuteczność w leczeniu z zastosowaniem mostów kompozytowych wzmocnionych włóknem.<sup>6</sup> W badaniach *Pjeturssona* i wsp. uzyskane wartości wskaźnika powodzenia, oznaczone po 5 latach trwania eksperymentu były podobne, dla protez stałych konwencjonalnych wyniósł 71,1%, dla protez osadzonych na wszczepach śródkostnych 61,3% a dla protez FRC 89,1%.<sup>7</sup>

Pożądaną cechą materiałów FRC jest ich zdolność przylegania do powierzchni, z którą się następnie ściśle wiążą. FRC można dowolnie kształtować i dopasowywać do powierzchni zęba filarowego. Elastyczność włókien oraz pamięć kształtu sprawiają, że procedura umieszczenia FRC w pożądanym miejscu nie jest skomplikowana. W przeciwieństwie do materiałów wzmocnionych włóknem polietylenowym lub aramidowym kompozyty zbrojone włóknami szklanymi są sztywne, szczególnie te wzmocnione wiązkami, ułożonymi wzdłużnie w postaci pojedynczego pęczka, co dodatkowo może wydłużyć czas klinicznego postępowania.<sup>8</sup> Siła łączenia cementów lutujących

z protezami stałymi typu FRC jest większa od tych wykonanych z konwencjonalnych stopów dentystycznych.<sup>9</sup>

Stosowanie uzupełnień braków zębowych cementowanych z wykorzystaniem wyłącznie retencji mechanicznej stwarza ryzyko, że cement uszczelniający ulegnie wypłukaniu lub wykruszeniu. Stworzyć to może potencjalne ryzyko powstania miejsc sprzyjających adhezji drobnoustrojów patogennych i rozwoju wtórnej próchnicy zębów. Chemiczna integracja materiału kompozytowego z tkankami twardymi zęba w przypadku FRC zapewnia trwałe połączenie uzupełnienia protetycznego z zębem filarowym w perspektywie wieloletniej.

#### *Zalety włókien kompozytowych*

Leczenie stomatologiczne z zastosowaniem mostów wykonanych z włókien kompozytowych często nie wymaga preparacji zęba filarowego bądź też jest ograniczona do niezbędnego minimum. Oszczędne i małoinwazyjne postępowanie sprawia, że czas pracy jest krótki i może być ograniczony do jednej wizyty. Terapia FRC jest odwracalna, w dowolnej chwili możliwe jest zastosowanie alternatywnego sposobu leczenia, na przykład z wykorzystaniem metod implantoprotetycznych. Nieskomplikowane, proste postępowanie terapeutyczne sprawia, że rozwiązanie to może być rekomendowane również mniej doświadczonym lekarzom denty stom. Uzupełnienia tego typu charakteryzują się pożądanymi w praktyce klinicznej właściwościami mechanicznymi. Posiadają wysoką wytrzymałość statyczną i dynamiczną oraz moduł elastyczności wzdłużnej zbliżony do tkanek twardych zęba. Niewielka masa uzyskana jest dzięki niewielkiej gęstości włókna. Chemiczne połączenie FRC do tkanek zęba jest bardziej wytrzymałe w porównaniu z klasycznymi mostami, w których retencja uzyskiwana jest mechanicznie. Duża chłonność materiału przyspieszałyby degradację materiału w środowisku jamy ustnej, a także przyspieszałyby adhezję *S.*

*Mutans* oraz grzybów *Candida* do powierzchni FRC. Niska hydrofobowość FRC poniżej 40  $\mu\text{g}/\text{mm}^3$  jest zgodna z normą PN-EN ISO 10477 (Stomatologia. Materiały polimerowe na korony i mosty). Uzupełnienia protetyczne tego typu są zadawalające pod względem estetycznym gdyż nie ma potrzeby maskowania metalu materiałami opakerowymi. Właściwości ekonomiczne mogą być dodatkowym argumentem zachęcającym do częstszego stosowania FRC w praktyce klinicznej.

#### *Wskazania i przeciwwskazania*

Włókna kompozytowe umożliwiają wykonawstwo mostów protetycznych jedno- i dwubrzężnych metodą bezpośrednią, półpośrednią i pośrednią z wykorzystaniem tradycyjnych technik dentystycznych lub za pomocą komputerowo wspomaganego procesu projektowania i wykonawstwa protez zębowych (CAD/CAM). Służą wzmocnianiu uzupełnień kompozytowych, w szczególności rozległych wypełnień mazjalno-okludalno-dystalnych, wkładów koronowych typu „inlay/onlay”, endokoron lub koron protetycznych częściowych i całkowitych, a także tymczasowych uzupełnień protetycznych użytkowanych w jamie ustnej w dłuższym okresie czasu, np. w trakcie przebudowy zwarcia lub z powodu nieobecności pacjenta. FRC stosowane są u pacjentów z ograniczoną sprawnością motoryczną, u których czas trwania wizyty w gabinecie stomatologicznym powinien zostać maksymalnie skrócony (osoby starsze, niepełnosprawne itp.). Włókna kompozytowe umożliwiają szynowanie zębów w periodontopatiach, w celu utrwalenia efektów leczenia ortodontycznego lub w celu poprawy stabilizacji repozycjonowanego lub reimplantowanego zęba. Są także stosowane z pożądanym skutkiem po urazowym uszkodzeniu lub utracie zębów stałych lub mlecznych w celu utrzymania przestrzeni dla planowanych innych rozwiązań implantoprotetycznych możliwych do zrealizowania w przyszłości. Mogą

być wykorzystane w związku ze wzmocnieniem lub naprawą konwencjonalnych protez ruchomych bądź w innych sytuacjach klinicznych, w których stosowanie uzupełnień protezycznych długoczasowych o klasycznej konstrukcji jest niedopuszczalne, np. u pacjentów w wieku rozwojowym.

Stosowanie włókien kompozytowych jest przeciwwskazane w sytuacjach, w których zęby filarowe objęte są aktywnym procesem próchnicowym, tkanki przyzębia znajdują się w stanie zapalnym lub gdy w badaniu przedmiotowym stwierdza się starcie patologiczne i/lub bruksizm bądź ruchomość zębów filarowych w płaszczyźnie pionowej i/lub poziomej II° i/lub III°.<sup>3</sup>

#### *Postępowanie kliniczne na przykładzie mostu adhezyjnego*

Mosty adhezyjne FRC mogą być wykonane bezpośrednio w jamie ustnej lub w laboratorium protetycznym i zacementowane na kolejnej wizycie (metoda pośrednia). W metodzie półpośredniej most kompozytowy wzmocniony włóknem jest wykonany w oparciu o model sporządzony z masy silikonowej w gabinecie dentystycznym, podczas jednej wizyty poza jamą ustną pacjenta i osadzony na tej samej wizycie.

W zależności od wskazań klinicznych uzupełnienie może być utrzymane na powierzchni zębów filarów bez ich dodatkowej preparacji. Adhezja uzyskiwana jest chemicznie i zależy wyłącznie od siły połączenia cementu lutującego z powierzchnią szkliwa oraz od przestrzennych warunków zvarciowych. W strukturze mostu można kształtować dodatkowe elementy retencyjne np. skrzydełka, które poprawiają stabilizację i utrzymanie uzupełnienia na podłożu oraz usprawnią i ułatwią postępowanie kliniczne.<sup>10</sup> FRC mogą być także zakotwione w strukturze korony protetycznej, wkładów i nakładów jeśli istnieje konieczność uprzedniego usunięcia próchnicy lub modyfikacji

wcześniej zakładanych wypełnień kompozytowych. Można także łączyć różne sposoby retencji w obrębie jednego uzupełnienia protezycznego w metodzie hybrydowej. *Van Heumen* i wsp. nie zauważyli statystycznie istotnej różnicy między sposobem zakotwienia FRC, a powodzeniem leczenia z użyciem FRC.<sup>6</sup> Część autorów twierdzi, że wskaźnik przetrwania jest mniejszy w przypadku mostów adhezyjnych zakotwionych w żuchwie, *Ayna* i wsp. oraz *Monaco* i wsp. uzyskali jednak podobne wartości wskaźników przetrwania dla mostów wykonanych zarówno w szczęcie, jak i w żuchwie.<sup>11,12</sup>

W stałych uzupełnieniach protetycznych wykonanych z FRC przeszło mostu powinno zostać odciążone z uwagi na siły zgryzowe. W szczególności, jeśli do kotwienia wykorzystywane są nakłady/wkłady kompozytowe, a nie pełnokonturowe korony obejmujące wszystkie ściany zęba filarowego.<sup>13</sup> Zaleca się także, by łożo preparacyjne miało kształt owalny, tak by ściany ubytku nie łączyły się między sobą ostrokonturowo, co poprawia właściwości biomechaniczne, zwłaszcza wytrzymałość na złamanie.<sup>14</sup>

Planując wzmocnienie płyty protezy ruchomej, wiązki FRC powinny być umieszczone poprzecznie i na obrzeżu, możliwie najbardziej peryferyjnie w stosunku do linii złamania/pęknięcia.<sup>15</sup>

Podstawowe informacje obejmujące szczegółowe wskazówki postępowania klinicznego z użyciem FRC powinny być dostarczone przez producenta wraz z materiałem.<sup>16</sup>

#### *Nieprowadzenia lecznicze*

Długoczasowe badania wykazały trwałość uzupełnień FRC.<sup>17</sup> Ilość niepowodzeń nie jest duża, może różnić się w zależności od autora i wynosić 5-16% w ciągu pierwszych 4 lat użytkowania.<sup>9,18,19</sup> W materiałach kompozytowych występuje zjawisko stopniowych, powolnych zmian wartości współczynnika sprężystości, wskaźników wytrzymałości, charakterystyk

tlumienia drgań i innych właściwości materiału. Stopniowa i powolna kumulacja zmian zmęczenia związana z długoczasowym obciążeniem użytkowanych protez nierzadko może skutkować koniecznością wykonania nowej protezy. Ich przyczyną jest proces stopniowego rozwoju mikropęknięć i innych uszkodzeń materiału. Stopniowe pogorszenie właściwości w czasie jest cechą charakterystyczną wielu tworzyw sztucznych i kompozytów polimerowych. Kompozyty obciążone zgodnie z kierunkiem ułożenia włókien są bardziej odporne na zmiany właściwości. Większą podatność na takie zmiany wykazują kompozyty zawierające warstwy o różnej strukturze i orientacji jak, np. wzmocnienia z mat i tkanin. W próbach klinicznych połączenie kompozytu oraz kompozytu wzmocnionego włóknem jest podobne. Przyczyną niepowodzeń materiałów FRC może być degradacja połączenia między fazami włókno-osnowa w czasie.<sup>20</sup> Niepowodzenia lecznicze mogą obejmować subiektywne uczucie dyskomfortu lub uszkodzenia odczuwane przez pacjenta, a nie potwierdzone w badaniu klinicznym, degradację cementu lutującego polegające na oddzieleniu uzupełnienia na jednym lub obu końcach FRC, odwarstwienie/złamanie materiału licującego, uszkodzenie włókna wzmacniającego, starcie osnowy kompozytowej, przebarwienie, złamanie zęba filarowego lub rozwój próchnicy wtórnej.<sup>10</sup>

## Podsumowanie

Zastosowanie mostów adhezyjnych wzmocnionych włóknem ograniczone było dotychczas jedynie do zastosowań tymczasowych lub w sytuacji gdy istniała konieczność uzupełnienia jedynie pojedynczych braków zębowych, szczególnie w odcinku przednim tam gdzie rozpiętość luki zębowej nie była duża.<sup>21</sup> Badania kliniczne i eksperymentalne dotyczące FRC, kontynuowane przez różnych autorów od początku lat 90-tych, wykazały wysoką skuteczność mostów adhezyjnych wzmocnionych

włóknem. Stałe uzupełnienia protetyczne tego typu są obecnie alternatywnym rozwiązaniem umożliwiającym uzupełnienie braków zębowych różnej rozpiętości zarówno w przednich, jak i bocznych odcinkach łuków zębowych.<sup>22,23</sup> Pozwalają lekarzom dentystom na leczenie z wyboru wielu pacjentów w różnych sytuacjach klinicznych oraz osiągnięcie pożądaných i akceptowalnych wartości wskaźników sukcesu i powodzenia przez długi czas.

## Piśmiennictwo

1. *Goldberg AJ, Burstone CJ*: The use of continuous fiber reinforcement in dentistry. *Dent Mater* 1992; 8(3): 197-202.
2. *Jokstad A, Gokce M, Hjortsjo C*: A systematic review of the scientific documentation of fixed partial dentures made from fiber-reinforced polymer to replace missing teeth. *J Prosthet Dent* 2006; 96(5): 489-496.
3. *Malmstrom H, Dellanzo-Savu A, Xiao J, Feng C, Jabeen A, Romero M, Huang J, Ren Y, Yunker MA*: Success, clinical performance and patient satisfaction of direct fibre-reinforced composite fixed partial dentures – a two-year clinical study. *J Oral Rehabil* 2015; 42(12): 906-913.
4. *Pjetursson BE, Sailer I, Makarov NA, Zwahlen M, Thoma DS*: All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part II: Multiple-unit FDPs. *Dent Mater* 2015; 31(6): 624-639.
5. *Miettinen M, Millar BJ*: A review of the success and failure characteristics of resin-bonded bridges. *Br Dent J* 2013; 215(2): 1-10.
6. *van Heumen CCM, Tanner J, van Dijken JWV, Pikaar R, Lassila LVJ, Creugers NHJ, Vallittu PK, Kreulen CM*: Five-year survival of 3-unit fiber-reinforced composite fixed partial dentures in the posterior area. *Dent Mater* 2010; 26(10): 954-960.
7. *Pjetursson BE, Tan K, Lang NP, Brägger U*,

- Egger M, Zwahlen M: A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2004; 15(6): 625-642.
8. Strassler HE, Haeri A, Gultz JP: New-generation bonded reinforcing materials for anterior periodontal tooth stabilization and splinting. *Dental Clin North Am* 1999; 43(1): 105-126.
  9. Vallittu PK, Sevelius C: Resin-bonded, glass fiber-reinforced composite fixed partial dentures: a clinical study. *J Prosthet Dent* 2000; 84(4): 413-418.
  10. van Heumen CCM, van Dijken JWV, Tanner J, Pikaar R, Lassila LVJ, Creugers NHJ, Vallittu PK, Kreulen CM: Five-year survival of 3-unit fiber-reinforced composite fixed partial dentures in the anterior area. *Dent Mater* 2009; 25(6): 820-827.
  11. Ayna E, Celenk S: Polyethylene fiber-reinforced composite inlay fixed partial dentures: two-year preliminary results. *J Adhes Dent* 2005; 7(4): 337-342.
  12. Monaco C, Ferrari M, Caldari M, Baldissara P, Scotti R: Comparison of 2 bonding systems and survival of fiber-reinforced composite inlay fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2006; 19(6): 577-585.
  13. Dyer SR, Lassila LVJ, Jokinen M, Vallittu PK: Effect of fiber position and orientation on fracture load of fiber-reinforced composite. *Dent Mater* 2004; 20(10): 947-955.
  14. Behr M, Rosentritt M, Taubenhansl P, Kolbeck C, Handel G: Fracture resistance of fiber-reinforced composite restorations with different framework design. *Acta Odontol Scand* 2005; 63(3): 153-157.
  15. Vallittu PK: Glass fiber reinforcement in repaired acrylic resin removable dentures: preliminary results of a clinical study. *Quintessence Int* (Berlin, Germany: 1985) 1997; 28(1): 39-44.
  16. Ellakwa AE, Shortall AC, Shehata MK, Marquis PM: The influence of fibre placement and position on the efficiency of reinforcement of fibre reinforced composite bridgework. *J Oral Rehabil* 2001; 28(8): 785-791.
  17. Ahmed KE, Li KY, Murray CA: Longevity of fiber-reinforced composite fixed partial dentures (FRC FPD – Systematic review. *J Dent* 2017; 61: 1-11.
  18. Freilich MA, Meiers JC, Duncan JP, Eckrote KA, Goldberg AJ: Clinical evaluation of fiber-reinforced fixed bridges. *J Am Dental Assoc* (1939) 2002; 133(11): 1524-1534; quiz 1540-1541.
  19. Monaco C, Ferrari M, Miceli GP, Scotti R: Clinical evaluation of fiber-reinforced composite inlay FPDs. *Int J Prosthodont* 2003; 16(3): 319-325.
  20. Vallittu PK: Survival rates of resin-bonded, glass fiber-reinforced composite fixed partial dentures with a mean follow-up of 42 months: a pilot study. *J Prosthet Dent* 2004; 91(3): 241-246.
  21. Göhring TN, Schmidlin PR, Lutz F: Two-year clinical and SEM evaluation of glass-fiber-reinforced inlay fixed partial dentures. *Am J Dent* 2002; 15(1): 35-40.
  22. Kuijs R, van Dalen A, Roeters J, Wismeijer D: The Resin-Bonded Fixed Partial Denture as the First Treatment Consideration to Replace a Missing Tooth. *Int J Prosthodont* 2016; 29(4): 337-339.
  23. Wolff D, Wohlrab T, Saure D, Krisam J, Frese C: Fiber-reinforced composite fixed dental prostheses: A 4-year prospective clinical trial evaluating survival, quality, and effects on surrounding periodontal tissues. *J Prosthet Dent* 2018; 119(1): 47-52.

Zaakceptowano do druku: 31.01.2019 r.

Adres autorów: 61-812 Poznań, ul. Bukowska 70.

© Zarząd Główny PTS 2019.