تأثیر تحریک الکتریکی عضله بر کنترل قند خون در افراد دیابتی نوع دوم

علیرضا اشرف [*]
حمیدرضا فرپور [**]
شهریار میرشمس [***]

[*] متخصص طب فیزیکی و توانبخشی، دانشیار دانشگاه علوم پزشکی شیراز ، دانشکده پزشکی، گروه طب فیزیکی و توانبخشی
[**] دستیار تخصصی طب فیزیکی و توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، دانشکده پزشکی، گروه طب فیزیکی و توانبخشی
[***] متخصص طب فیزیکی و توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز ، دانشکده پزشکی، گروه طب فیزیکی و توانبخشی

تاریخ وصول:۱۳۸۸/۱۱/۶
تاریخ پذیرش:۱۳۸۸/۱۲/۲۳

مؤلف مسئول:حمیدرضا فرپور
پست الکترونیک:hamid_r_f@yahoo.com

چکیده:

مقدمه و هدف: بیماری دیابت به علت عدم کنترل مناسب قند خون، سبب ایجاد عوارض وخیمی‌در انسان می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی اثرات تحریک الکتریکی عضله بر کنترل قند خون در افراد دیابتی نوع دوم بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه یک پژوهش کارآزمایی بالینی است که در بهار سال ۱۳۸۸ در دانشگاه علوم پزشکی شیراز انجام شد. در این مطالعه ۴۹ بیمار حضور داشتند که به صورت تصادفی به دو گروه مورد(۲۸ نفر) و شاهد (۲۱ نفر) تقسیم شدند. در افراد گروه مورد توصیه‌های ورزشی و تغذیه‌ای به همراه تحریک الکتریکی عضله اعمال شد و به افراد گروه شاهد فقط توصیه‌های ورزشی و تغذیه‌ای داده شد. آزمایش‌های قندخون ناشتا و تست تحمل گلوکز قبل از شروع مطالعه و بعد از اتمام شش هفته از اعمال جریان الکتریکی به عمل آمد. داده‌های جمع‌آوری شده به وسیله نرم‌افزار SPSS و آزمون آماری تی تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: متوسط قند خون ناشتا در بیماران گروه مورد قبل از انجام تحریک الکتریکی ۱۵۶ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر و ۶ هفته بعد ۱۲۳ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر و در گروه شاهد به ترتیب ۱۵۸ و ۱۵۴ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر به دست آمد که اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد($p<۰/۰۵$). از طرفی متوسط تست تحمل گلوکز در گروه مورد قبل از تحریک ۱۹۳ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر و بعد از ۶ هفته ۱۵۰ میلی‌گرم بر دسی لیتر و در گروه شاهد به ترتیب ۲۰۴ و ۲۰۱ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر به دست آمد که در این مورد نیز اختلاف معنی‌دار می‌باشد($p<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: به کار بردن تحریک الکتریکی عضله می‌تواند به عنوان روش کمکی در پایین آوردن قندخون در افراد دیابتی نوع دوم کاربرد داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: دیابت نوع دوم، تحریک الکتریکی عضله، تست قندخون ناشتا، تست تحمل گلوکز

مقدمه

دیابت نوع دوم از دسته بیماری‌های متابولیک می‌باشد که با افزایش قندخون مشخص می‌گردد(۱). در این بیماری کاهش نسبی تولید انسولین از سلول‌های بتای پانکراس دیده می‌شود. در نتیجه متابولیسم گلوکز در ماهیچه، کبد و بافت چربی دچار اختلال شده و سبب عوارض گوناگونی در کلیه، عروق قلبی و مغزی، عروق محیطی، اعصاب محیطی و سایر ارگان‌ها می‌شود. بنابراین کنترل مناسب قندخون در جلوگیری از ایجاد و به تأخیر انداختن این عوارض مفید است(۲). در جهت رسیدن به این هدف رعایت رژیم غذایی مناسب، انجام ورزش منظم، عدم استعمال دخانیات، کنترل قند و چربی خون و هم‌چنین کنترل فشار خون بالا ضروری است(۳ و۲).

فعالیت منظم بدنی باعث کاهش فشارخون، بهبود وضعیت چربی بدن، بهبود تحمل گلوکز و متابولیسم آن و جلوگیری از ایجاد بیماری‌های قلبی ـ عروقی در همه افراد از جمله بیماران دیابت نوع دوم می‌شود(۶ ـ ۴). علی‌رغم توصیه‌های فراوان به انجام ورزش منظم، اکثر افراد دیابتی دچار کم تحرکی می‌باشند. این مسئله شاید به علت ملاحظات جسمانی، انگیزه ضعیف، فقدان زمان لازم جهت ورزش و احساس عدم توانایی بدنی برای انجام ورزش می‌باشد (۷).

از طرفی تحریک الکتریکی ماهیچه[1] که شامل برقراری جریان الکتریکی به وسیله الکترودهای پوستی برای دپولاریزه کردن اعصاب حرکتی مجاور می‌باشد، سبب انقباض عضله شده و گاهی برای کمک به افرادی که دچار آسیب عصب و یا ضعف عضلانی شده‌اند به کار می‌رود(۱۰ـ ۸). این مسئله باعث می‌شود ماهیچه‌هایی که قابل حرکت نیستند در شرایط نسبتاً مناسبی باقی بمانند و در این شرایط تحریک عضله با جریان برق اثرات مشابهی با ورزش داشته باشد(۱۱). نکته دیگر آن که انسولین و انقباض عضلانی هر کدام به صورت مستقل باعث تحریک انتقال گلوکز به عضله‌های اسکلتی می‌شوند. انسولین باعث افزایش انتقال گلوکز در فیبرهای عضلانی نوع I وIIa شده، ولی تحریک الکتریکی عضله سبب افزایش انتقال گلوکز در فیبرهای نوع IIb ماهیچه می‌شود(۳). هم‌چنین دیده شده که این تحریک‌ها باعث کاهش فشارخون در حالت استراحت، افزایش ظرفیت تنفسی، افزایش حجم عضله، افزایش آنزیم‌های میتوکندری و اکسیداتیو عضله، بهبود تحمل گلوکز و افزایش برداشت گلوکز به وسیله تحریک انسولین می‌گردد(۱۳ و ۱۲).

با توجه به موارد اشاره شده در بیماران دیابتی که اغلب دچار کم تحرکی و عدم انگیزه لازم برای انجام ورزش مناسب و منظم می‌باشند، می‌توان از تحریکات الکتریکی سود برد که علاوه بر ایجاد انقباض عضلانی که خود سبب جلوگیری از تحلیل رفتن عضلات آنها در اثر بی‌تحرکی می‌شود، می‌توان کمکی به کنترل قند خون آنها نیز نمود. بنابراین هدف

1-Electrical Muscle Stimulation

از ایـن مطالعـه بررسـی اثـرات متابولیـک تحریـک الکتریکی عـضله جهـت کنتـرل قنـد خـون در بیمـاران دیابت نوع دوم بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه یک پژوهش کارآزمایی بالینی است کـه در بهـار سـال ۱۳۸۸ در دانـشگاه علـوم پزشـکی شیراز انجام شد. ۵۵ بیمار دیـابتی بـین ۴۰ تـا ۶۰ بـا میانگین سنی ۵۱ سـال سـن در ایـن پـژوهش شـرکت داده شدند. در طول انجام مطالعه ۶ نفر از بیمـاران بـه علـت عـدم پیگیـری مـنظم و یـا مـشکلات شخـصی از مطالعه کنار گذاشته شدند. در نهایت ۳۱ زن و ۱۸ مرد در تحقیق باقی ماندند و به طور تصادفی به دو گـروه مورد(۲۸ نفر) و شـاهد(۲۱ نفـر) تقـسیم شـدند. بـرای دستیابی به نتایج صحیح‌تر، بیماران دو گروه از لحاظ مشخصاتی مانند؛ سن، جنس و میزان قندخون مـشابه در نظر گرفته شدند.

معیارهـای ورود بیمـاران بـه مطالعـه شـامل؛ شاخص جرم بدن[1] بـین ۲۵ تـا ۳۵ کیلـوگرم بـر متـر مربع، قندخون ناشتا بین ۱۲۶ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در صد و توانایی انجام کارهای روزانه[2] بـه صـورت مـستقل بود. هم‌چنین معیارهایی کـه باعـث خـروج بیمـاران از مطالعه گردیـد شـامل؛ تحـت درمـان انـسولین بـودن، بیماری قلبی ـ عروقی همراه، وجود نوروپاتی محیطی، ایجاد تغییرات جدید در نوع و مقدار داروهای خوراکی ضد دیابت، وجود ضربان ساز قلبی، اختلال در ادراک و هوشـیاری، سـابقه سـرطان و عـدم توانـایی انجـام کارهای روزانه زندگی به صورت مستقل بود.

بعـد از توضـیح کامـل اهـداف و روش انجـام مطالعـه بـه بیمـاران، از آنـان خواسـته شـد کـه فـرم رضـایت نامـه شـرکت در مطالعـه را تأییـد و امـضاء نمایند.

در بیمـاران هـر دو گـروه مـورد و شـاهد توصیه‌ها و اقدامات مناسب تغذیه‌ای از جملـه؛ محـدود نمـودن مـصرف مـواد نـشاسته‌ای، محـدود نمـودن مصرف میوه‌های شیرین، پرهیـز از مـصرف زیـاد از حد شرینی‌جات، پرهیز از مصرف غـذاهای پـر چـرب، سرخ کردنی و تنقلات، کاهش مصرف گوشت قرمـز و به جای آن استفاده از گوشت سفید مثل مـاهی و مـرغ و افزایش مصرف سبزیجات و حبوبات در وعـده‌هـای غذایی صورت گرفت.

هم‌چنین توصیه‌های ورزشی از جملـه؛ شـروع فعالیت ورزشی از شدت کم و افزایش تـدریجی شـدت ورزش و پیاده‌روی حداقل سه بار در هفته بین ۳۰ تـا ۴۵ دقیقه اعمال شد. توصیه‌هـای ورزشـی و تغذیـه‌ای برای تمام بیماران یکسان بود و از ایشان خواسته شد که موارد مذکور را به دقت رعایت نمایند. هم‌چنـین بـه تمام بیماران تذکر داده شد از تغییـر در نـوع و مقـدار داروی خوراکی ضد دیابت خودداری کنند که از ایجاد اختلال در سایر فاکتورهای مـورد مطالعـه جلـوگیری شود.

1-Body Mass Index(BMI)
2-Activities of Daily Living(ADL)

در بیماران گروه مورد، تحریک الکتریکی عضله اعمال شد. این بیماران به مدت ۲ ساعت در روز برای ۵ روز هفته در طی ۶ هفته متوالی از دستگاه تحریک الکتریکی عضله استفاده نمودند. این دستگاه از نوع نورادین با مدل L۷۱۰ بود. تحریک الکتریکی به وسیله چهار الکترود پوستی به اندازه ۳×۸ سانتی‌متر بر روی عضلات چهار سر رانی و هامسترینگ هر دو اندام تحتانی داده شد. جریان الکتریکی با فرکانس ۳۰ هرتز و با شدت ۴۰ میلی‌آمپر بر روی عضلات مذکور در طی ۶ ثانیه به تناوب اعمال می‌شد.

آزمایش‌های قندخون ناشتا[۱] و تست تحمل گلوکز[۲] در دو مرحله از بیماران به عمل آمد. مرحله اول قبل از شروع مطالعه و مرحله بعد پس از اتمام شش هفته از شروع تحریک الکتریکی بود.

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS[۳] و آزمون آماری تی تست[۴] تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها

نتایج به دست آمده برای تست قند خون ناشتا و تست تحمل گلوکز قبل و ۶ هفته بعد از شروع مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

این نتایج نشان دهنده آن است که متوسط قند خون ناشتا بعد از انجام مطالعه در گروه مورد ۱۲۳ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر است که به صورت معنی‌داری کمتر از میزان آن در گروه شاهد (۱۵۴ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) می‌باشد($p<۰/۰۵$).

از طرفی متوسط قند خون در تست تحمل گلوکز نیز بعد از اجرای تحریک الکتریکی در گروه مورد ۱۵۰ میلی‌گرم بر دسی لیتر بود که به طور معنی‌داری کمتر از میزان آن در گروه شاهد (۲۰۱ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) می‌باشد($p<۰/۰۵$).

جدول ۱: مقایسه میانگین و انحراف‌معیار قند خون ناشتا و قند خون در تست تحمل گلوکز بر حسب میلی‌گرم بر دسی‌لیتر در بیماران، قبل و ۶ هفته بعد از مطالعه

متغیر	قند خون ناشتا		قندخون در تست تحمل گلوکز	
گروه	قبل	بعد	قبل	بعد
شاهد	۱۵۸±۲۷	۱۵۴±۳۵	۲۰۴±۳۶	۲۰۱±۴۱
مورد	۱۵۶±۲۴	۱۲۳±۱۹	۱۹۳±۲۷	۱۵۰±۲۰
سطح معنی‌داری	NS*	<۰/۰۵	NS*	<۰/۰۵

*NS: Not Significant

1- Fasting Blood Sugar (FBS)
2-Glucose Tolerance Test (GTT)
3- Statistical Package for Social Sciences
4-T-Test

بحث و نتیجه‌گیری

دیابت از جمله بیماری‌های غدد درون‌ریز است که باعث به وجود آمدن عوارض وخیمی در بدن انسان می‌گردد. کنترل قند خون در افراد دیابتی از این جهت مهم است که با انجام آن از اثرات مضر افزایش قند خون بر بافت‌های بدن کاسته می‌شود(۳-۱). هدف از مطالعه حاضر بررسی اثرات فوری و کوتاه مدت تحریک الکتریکی عضله بر میزان قندخون بود.

این مطالعه به نتایج قابل قبولی در کنترل قندخون افراد دیابتی رسید. به طوری که مطالعه‌های قبلی نشان دادند که تحریک الکتریکی عضله با افزایش جریان خون در بافت‌ها سبب افزایش برداشت بیشتر گلوکز نسبت به انجام انقباض به تنهایی می‌شود. در یک مطالعه که به وسیله هسپل و همکاران[1] (۱۹۹۵) در محیط آزمایشگاه انجام گردید، نشان داده شد که انقباض عضله و افزایش جریان خون می‌توانند به عنوان محرک مضاعف درغلظت‌های گوناگون انسولین موجود سبب افزایش جذب گلوکز به وسیله ماهیچه شوند(۱۴). در مطالعه دیگری به وسیله روی و همکاران[2] (۱۹۹۷) دیده شد که به دنبال تحریک الکتریکی برعضلات اسکلتی، افزایش جذب گلوکز به وسیله سلول‌های عضله صورت می‌گیرد. البته میزان افزایش جذب گلوکز به دنبال تحریک الکتریکی در فیبرهای عضلانی نوع IIb بیشتر اتفاق افتاد که علت فرضی آن، تحریک شدن بیشتر پروتئین حمل کننده گلوکز موجود در این فیبرها نسبت به فیبرهای عضلانی نوع I و IIa بود(۳). در بررسی بالینی حاضر نیز مشاهده شد که انقباض عضله به وسیله تحریک الکتریکی می‌تواند سبب کاهش قند خون در بیماران دیابتی گردد که این اثر تا شش هفته نیز تداوم داشت. در مطالعه ویگدیس و سیری[3] (۲۰۰۲)نیز که بر روی سلول‌های عضلات اسکلتی انسان انجام شد، مشاهده گردید که افزایش جذب گلوکز به کمک انسولین در این سلول‌ها به دنبال تحریک الکتریکی رخ می‌دهد (۱۵).

در مطالعهٔ دیگری به وسیله بوهجالیان[4] (۲۰۰۹) در ۳۴ بیمار دیابتی از تحریک الکتریکی بر روی معده استفاده شد. در این تحقیق، با عمل جراحی نسبتاً تهاجمی لاپاراسکوپی یک محرک الکتریکی در معده نصب شده و به وسیله آن تحریک الکتریکی جهت افزایش حرکت معده اعمال گردید که نتایج قابل قبولی در کنترل قند خون و وزن افراد دیابتی نوع دوم داشت(۱۶). یکی از محاسن مطالعه حاضر عدم اتکا به روش‌های جراحی که برای بعضی افراد ناخوشایند است، می‌باشد. هم‌چنین استفاده از الکترود سطحی برای تحریک ماهیچه‌های اندام‌ها، عوارضی به دنبال ندارد.

بیشتر پروتکل‌های به کار رفته در تحریک الکتریکی عضله سبب انقباض کامل ماهیچه شده که

1-Hespel et al
2-Roy et al
3-Vigdis & siri
4-Bohdjalian

در مدت ۲۰ دقیقه تا یک ساعت و به مقدار ۳ یـا ۴ بـار در روز اجرا شده اسـت. هـم‌چنـین شـدت تحریـک بـه اندازه‌ای تنظیم شده که ایجاد انقباض واضح عضلانی نماید(۱۰). از طرفی حداکثر انقبـاض عـضله بـه شـدت جریان الکتریکی بستگی دارد. مثلاًحداکثر انقبـاض کـه در عضله چهار سر رانی به وسیله شدت ۸۰ میلی‌آمپر اعمـال شـود توانـایی انقبـاض۵۰ درصـد از حـداکثر انقباض ارادی[1] را دارد، ولی این مقدار جریان بعـد از چنـد انقبـاض بـرای بیمـاران غیـر قابـل تحمـل اسـت. بنابراین با توجـه بـه ایـن کـه هـدف و شـرایط انجـام مطالعه‌های گذشته بـا تحقیـق حاضـر متفـاوت بـود و هم‌چنین برای راحتی بیماران، در این مطالعه با طراحی یک پروتکـل جدیـد، تحریـک الکتریکـی در یـک جلـسه روزانه و به مـدت ۲ سـاعت اعمـال شـد. هـم‌چنـین از شـدت ۴۰ میلـی‌آمپـر اسـتفاده گردیـد کـه حـدوداً ۱۰ درصد حداکثر انقباض ارادی را ایجاد می‌کند(۱۱ و۸).

در نهایت در این مطالعه نتایج قابـل قبـولی کـه نشان دهنده اثرات مفید تحریک الکتریکی عـضله و بـه دنبال آن کاهش قند خون در آزمایش قند خـون ناشـتا و تست تحمل گلوکز بود، به دست آمد.

با توجه به نکات ذکر شـده توصـیه مـی‌گـردد مطالعه‌های گسترده‌تری بر روی بیماران دیابتی با قند خون بالاتر و هم‌چنین اثرات بلند مـدت ایـن تحریکـات الکتریکی در تعداد بیشتری از بیمـاران مـورد بررسـی قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

در پایان از همکاری‌های بخش طب فیزیکـی و توان‌بخشی دانـشکده پزشـکی شـیراز کمـال تـشکر را می‌نماییم.

1-Maximum Voluntary Contraction

The Effects of Electrical Muscle Stimulation on Glucose Control in Type 2 Diabetes Mellitus

Ashraf A[*], **Farpour H**[**], **Mirshams Sh**[***].

[*]Associate Professor of Physical Medicine and Rehabilitation , Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Faculty of Medicine, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.
[**]Resident of Physical Medicine and Rehabilitation, Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Faculty of Medicine, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.
[***] Physical Medicine and Rehabilitation Specialist, Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Faculty of Medicine, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.

Received:26/01/2010
Accepted:14/03/2010

Corresponding Author: Farpour H
Email: **Hamid_r_f@yahoo.com**

ABSTRACT:

Introduction & Objective: Diabetes, i.e. lack of proper control of blood sugar, may cause serious complications in patients. The objective of this study was to assess the influence of electrical muscle stimulation on glucose control in type 2 diabetes mellitus.

Materials & Methods: This clinical-trial study was conducted in 2009, in Shiraz, Iran. Forty nine diabetes mellitus patients, Type 2, participated in this study. In 28 cases, dietary and exercise modifications were recommended and electrical muscle stimulation was carried out. For the other 21 cases, only dietary and exercise modifications were recommended. Laboratory tests, including fasting blood sugar (FBS) and glucose tolerance test (GTT), was performed before the study and 6 weeks afterward. The results were analyzed by SPSS version 15.5 software and using t-test.

Results: The mean of FBS in the case group before EMS was 156 mg/dl and 6 weeks later changed to 123 mg/dl ($p < 0.05$), while in the control group these indices were 158 mg/dl and 154 mg/dl respectively. The mean of GTT in patients before EMS was 193 mg/dl and 6 weeks later became 150 mg/dl ($p < 0.05$), whereas in the control group these figures were 204 mg/dl and 201 mg/dl respectively.

Conclusion: The results of this study confirmed that the use of electrical muscle stimulation can be effective on glucose control in type 2 diabetes mellitus.

Keywords: Type 2Diabetes Mellitus, Electrical Stimulation Therapy, Blood Glucose, Glucose Tolerance Test

REFERENCES:

1.Engelgau M, Geiss LS, Saaddine JB. The evolving diabetes burden in the United States. Ann Intern Med 2004; 140: 945-50.
2.Tesfaye S, Chaturvedi N, Eaton S. Vascular risk factors and diabetic neuropathy. N Engl J Med 2005; 352: 341-50.
3.Roy D, Johannsson E, Bonen A. Electrical stimulation induces fiber type-specific translocation of GLUT-4 to T tubules in skeletal muscle. Am J Physiol Endocrinol Metab 1997; 273: 688-94.
4.Reaven PD, Barrett-Connor E, Edelstein S. Relation between leisure-time physical activity and blood pressure in older women. Circulation 1991; 83 (2): 559-65.
5.Walker KZ, Piers LS, Putt RS. Effects of regular walking on cardiovascular risk factors and body composition in normoglycemic women and women with type 2 diabetes. Diabetes Care 1999; 22 (4): 555-61.
6.Hu FB, Stampfer MJ, Solomon C. Physical activity and risk for cardiovascular events in diabetic women. Ann Intern Med 2001; 134 (2): 96-105.
7.Booth ML, Bauman A, Owen N. Physical activity preferences, preferred sources of assistance, and perceived barriers to increased activity among physically inactive Australians. Prev Med 1997; 26 (1): 131-7.
8.Faghri PD, Glaser RM, Figoni SF. Functional electrical stimulation leg cycle ergometer exercise: training effects on cardiorespiratory responses of spinal cord injured subjects at rest and during submaximal exercise. Arch Phys Med Rehabil 1992; 73 (11): 1085-93.
9.Kim CK, Bangsbo J, Strange S, Karpakka J, Saltin B. Metabolic response and muscle glycogen depletion pattern during prolonged electrically induced dynamic exercise in man. Scand J Rehabil Med 1995; 27 (1): 51-8.
10.Kramer J, Mendryk SW. Electrical stimulation as a strength improvement technique. a review. J Orthop Sports Phys Ther 1992; 4: 91-8.
11.Poole RB, Harrold CP, Burridge JH. Electrical muscle stimulation acutely mimics exercise in neurologically intact individuals but has limited clinical benefits in patients with type 2 diabetes. Diab Obes Metab 2005; 7: 344-51.
12.Hjeltnes N, Galuska D, Bjornholm M. Exercise-induced over expression of key regulatory proteins involved in glucose uptake and metabolism in tetraplegic persons. FASEB J 1998; 12 (15): 1701-12.
13.Scremin AME, Kurta L, Gentili A. Increasing muscle mass in spinal cord injured persons with a functional electrical stimulation exercise program. Arch Phys Med Rehabil 1999; 80 (12): 1531-6.
14.Hespel P, Vergauwen L, Vandenberghe K. Important role of insulin and flow in stimulating glucose uptake in contracting skeletal muscle. Am J Diabetes1995; 7: 210-5.
15.Vigdis A, Siri T, Andersen M. Electrical stimulation improves insulin responses in a human skeletal muscle cell model of hyperglycemia. Ann N Y Acad Sci 2002; 967: 506-5.
16.Bohdjalian A. The Tantalus meal-activated gastric electrical stimulation improves glycemic control in obese subjects with type 2 diabetes. Surg Obes Relat Dis 2009; 19: 1221-7.