

如何使用多道心电测试仪 MECG 2.0 来播放数据库中的胎儿和母亲的心电信号

MECG 2.0 多通道心电图机测试仪的输出方式和规格:

MECG 2.0 多道心电图机测试仪是一台可以同时产生 8 个通道信号的测试仪器，主要适用于各种心电图设备之数据库测试。医疗法规对于心电图设备的制造商，要求必须依据国际标准，使用特定的数据库来评估产品的系统功能和算法准确性。MECG 2.0 同时输出 8 个通道波形，可满足国际标准中对于多通道测试的要求。

鲸扬科技的 MECG 2.0 依据 IEC60601-2-51: 2003 的要求，同时输出 8 个通道信号到 LA(L) · LL(F) · V1(C1)~V6(C6)等 8 个电极上，RA(R)电极经过 100 欧姆电阻接地。V1~V6 的信号输出前在 MECG 2.0 内会先加上 CT (Central Terminal, 中心端子) 的权重电压，其中 $CT = (R+L+F)/3$ ，因为 $R = 0$ (接地)，所以实际 V1~V6 的输出电压为 $C1(\sim C6) + (L+F)/3$ 。这样加了 CT 权重的电压输入到心电图设备后，配合心电设备的 $V1(\sim V6) = C1(\sim C6) - CT$ 就可以还原出原始 V1~V6 的波形信号。详细系统和待测心电设备的信号流程，如图 1 所示。

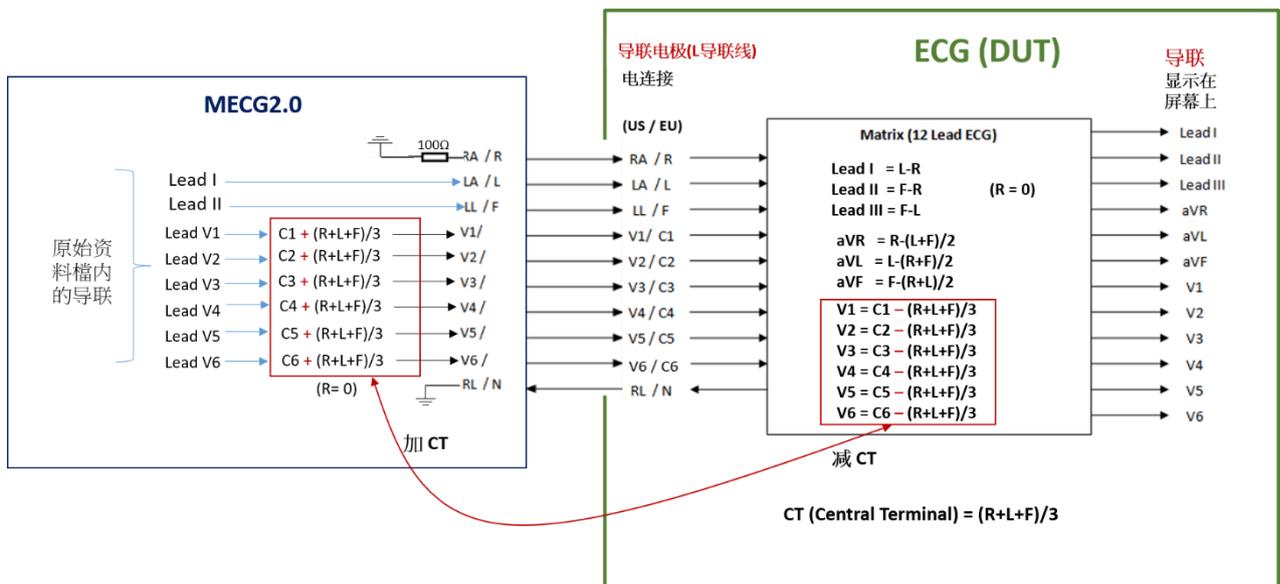


图 1, 依据 IEC60601-2-51: 2003 · MECG 2.0 系统和待测心电设备的信号流程图

鲸扬科技 MECG 2.0 可播放数据库的格式包括:

1. IEC60601-2-25: 2011 CTS 数据库中的 CAL、ANE 以及 CSE 数据库中 100 组生物性心电图波形。
2. IEC60601-2-47: 2012 要求的 5 种数据库 (AHA、MIT-BIH、NST、CU 和 ESC)。
3. Physionet 网站内的非侵入式胎儿 ECG (FECG)数据库(选项配备)。
4. 鲸扬科技自定义格式档案，此功能可允许用户在转换格式后，播放自己的数据库。

数据库波形会连续且不间断地输出到待测物，用户可以在 MECG 2.0 软件显示窗口上看到心电图设备上应该会显示的 12 导程波形，如图 2，用以比较实际在心电图设备上显示的波形。

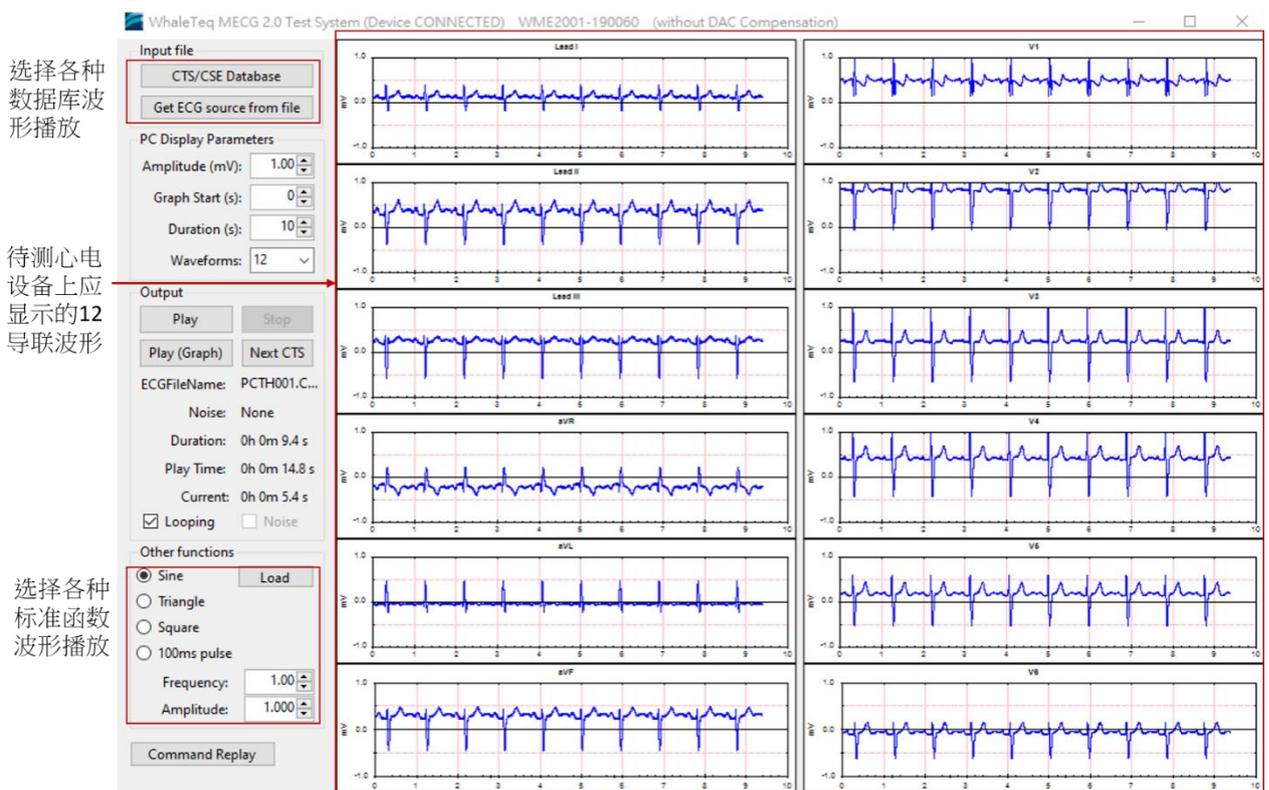


图 2, MECG 2.0 软件功能和 12 导程波形显示窗口

MECG 2.0 多道心电图机测试仪输出电压范围是 1 μ V 至 10 mV。精确度为大于 500 μ V 时， \pm 1%，小于等于 500 μ V 时， \pm 8 μ V。取样率为每个通道 1 KHz。垂直电压分辨率是 16 bits，也就是电压最小分辨率可至 0.15 μ V (10 mV / 65536)。因为输出电压最小分辨率可至 0.15 μ V，因此可以较完整的输出胎儿数 μ V 的心电信号。

母亲加胎儿心电信号的数据库:

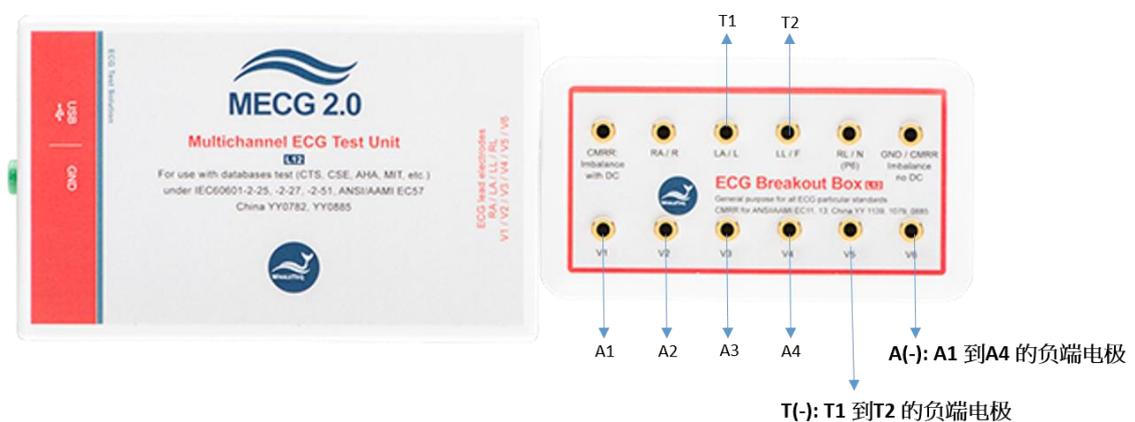
MECG 2.0 有一选项配备可以播放 Physionet 网站内非侵入式胎儿 ECG 数据库(Non-Invasive Fetal ECG Database)·这是一组包含母亲加胎儿心电信号的数据库。该数据库包含一组 55 个多通道腹部非侵入性胎儿心电图记录·这些记录来自怀孕 21 至 40 周之间的单个受试者。数据以 EDF/EDF+ 格式存储。记录信息包含 2 个胸部(thoracic)信号·3 或 4 个腹部(abdominal)信号(大多数记录包括 4 个)。

使用 MECG 2.0 来播放数据库中的胎儿和母亲的心电信号

由于非侵入式胎儿 ECG 数据库中记录器电极施放的位置并非传统 ECG 中的 RA/LA/LL/V1~V6 的位置·而 MECG 2.0 是一多道 ECG 测试仪·因此必须要重新配置输出导程的路径·以期能够正确的输出胸部和腹部的导程信号。

重新配置的方式如图 3 所示·将 2 个胸导 T1 和 T2 波形分别从 LA 和 LL 输出·电极负端则接至 V6·V6 相对 LA/LL 为零电压。也就是 LA-V6 和 LL-V6 分别输出至待测胎儿心电设备的 T1 和 T2 的正负极。其中 MECG 2.0 的 LA 和 LL 分别输出到导程 I 和导程 II·这个方式就将导程 I 和导程 II 重新配置到了待测胎儿 ECG 的导程 T1 和导程 T2·如图 4 所示。

其他待测胎儿 ECG 的 4 个腹导 A1, A2, A3 和 A4 也用同样的方式被重新配置到 MECG 2.0 的 V1 到 V4 导程·并使用 V5 为电极负端。



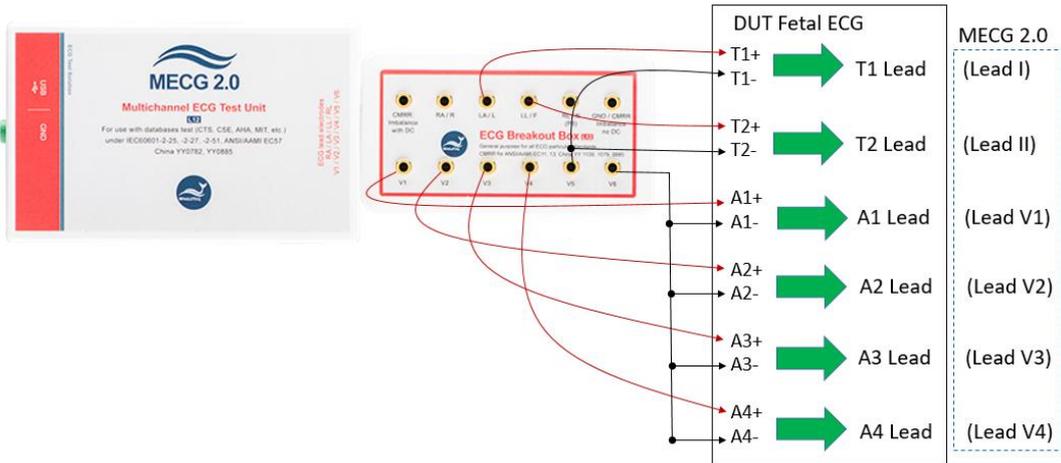


图 4, MECG 2.0 重新配置输出导程后和待测胎儿 ECG 连接的示意图

接着看 MECG 2.0 软件操作上是如何重新配置输出导程? MECG 软件提供功能可以直接去 Physionet 网站上下载非侵入式胎儿 ECG 数据库, 如图 5 左半部中间选择 16 数据库, 然后选择下方的一个波形下载, 或选择 “Download All” 下载所有波形。下载的波形会自动存入 C:\Physionet 内。下载后的波形档案可以存入其他档案夹内, 图 5 左上角 “EDF” 按键可以选择任一文件夹内的数据库波形来播放, 如此就不必每次到 Physionet 网站去下载数据库波形了。

选择到所要播放的数据库波形后, 接下来重新配置输出导程, 如图 5 右方, 可以看到数据库波形(Source Label)包含 2 组胸导(Thorax_1, 2)和 4 组腹导(Abdomen_1, 2, 3, 4), 对应到 MECG 的 T1, T2 和 A1~A4 导程; 所有的对应导程都可任意选择。

设置结束后, 按下 “Close” 就可以回到 MECG 软件的主画面, 如图 6 所示。

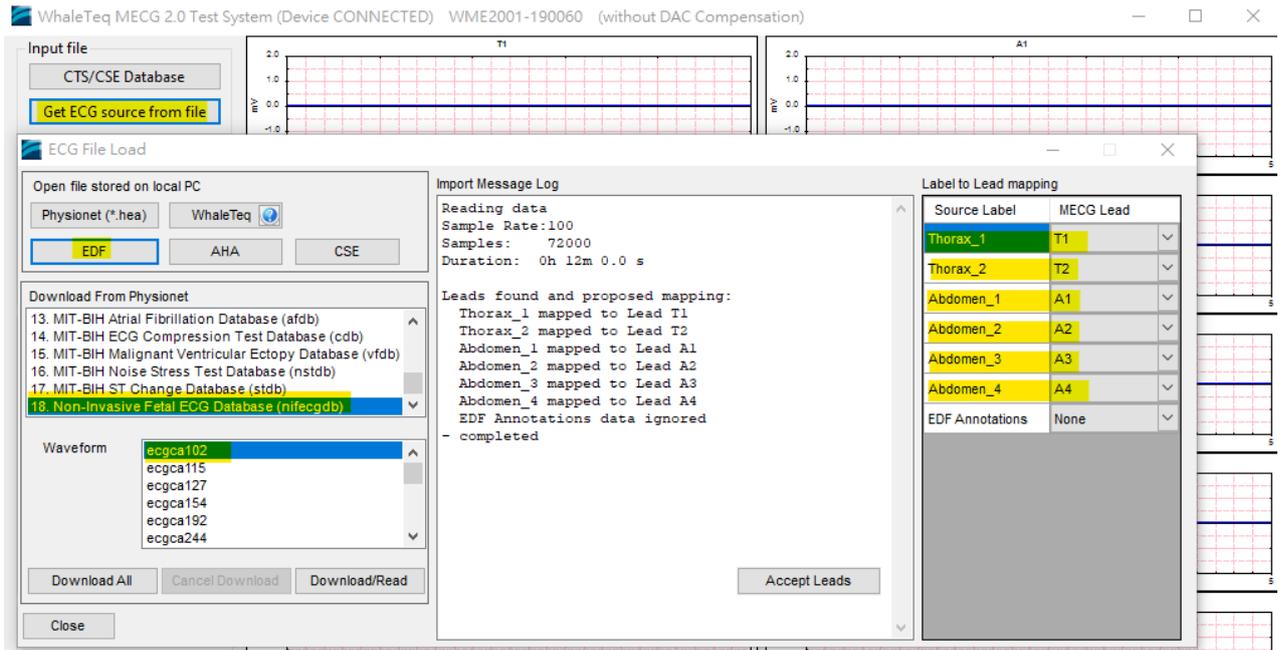


图 5, MCEG 数据库选择和导程重新配置的操作方式

从 MCEG 软件主画面中黄色荧光笔标记，可以看出播放的是非侵入式胎儿 ECG 数据库中的 ecgca127 波形，总长度是 12 分钟。导程波形的左半部原来是显示 6 个肢体导程 (I/II/III/aVR/aVL/aVF)，现经过导程重新配置后，在原来 I/II 导程的位置上显示 T1/T2 导程。其他 4 个导程，由于是 12 导程 ECG 自动算出，所以仍然会显示，但不会输出。

右半部原来显示的 6 个胸导程 (V1~V6)，经过导程重新配置后，在 V1~V4 导程上显示 A1~A4 腹导。这边可以看到 V5 和 V6 导程都是零电位，也就是分别作为胸导和腹导的负端电极。



图 6, MEGC 软件主画面，显示 T1/T2/A1~A4 输出波形

图 7 是使用 MEGC2.0 的单一导程波形检视功能观察 A1 的胎儿心电图波形。前面已提及，MEGC2.0 的垂直电压分辨率是 16 bits，也就是电压最小分辨率可至 $0.15 \mu\text{V}$ 。从放大的波形图上可以测量出 A1 胎儿心电图的振幅是 $36.3 \mu\text{Vp-p}$ ($20 \mu\text{V} + 16.3 \mu\text{V}$)，由 $0.15 \mu\text{V}$ 分辨率可以看出波形的细微变化，经过 MEGC 2.0 送出后，心电图机收到这些胎儿和母亲的波形后，就可以进行一定精度的分析。

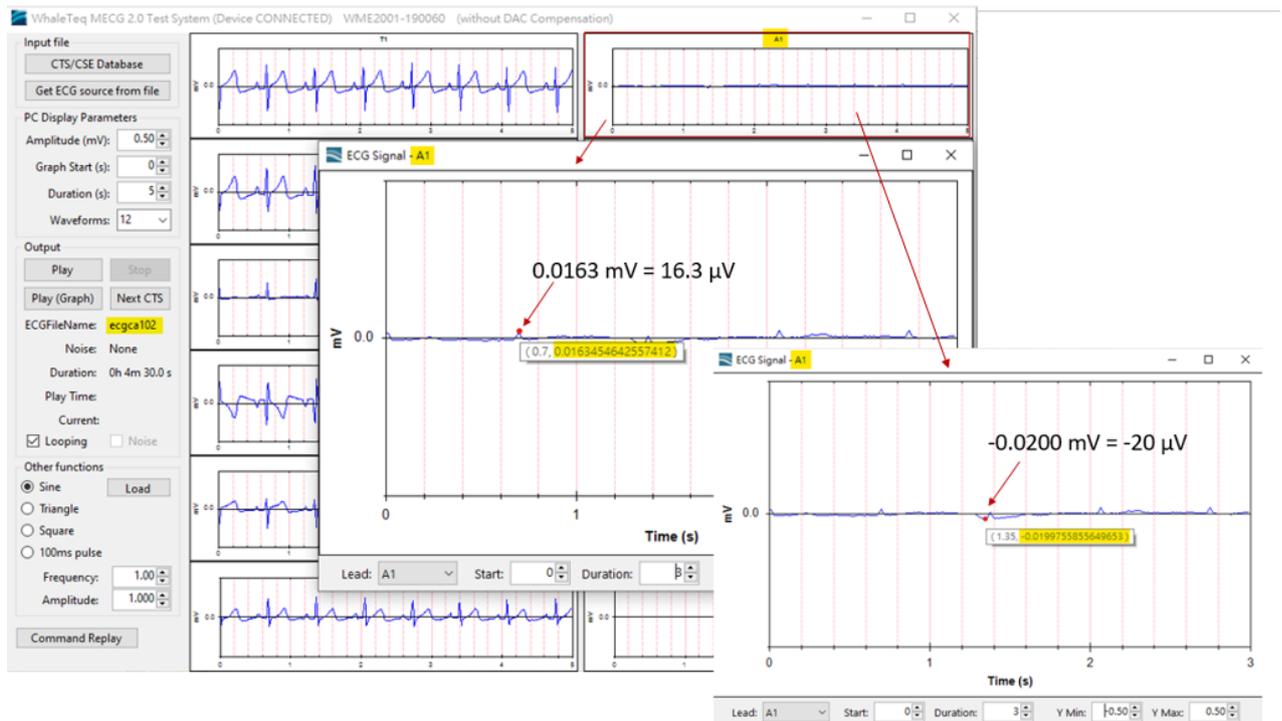


图 7, 使用 MECG2.0 的单一导程波形检视功能观察 A1 胎儿心电图的波形

结语:

MECG 2.0 虽然主要是设计给标准数据库(IEC60601-2-25 和 IEC60601-2-47, 中国心电标准 YY0782 和 YY0885)内模拟测试所需的多道测试仪。但其他各类数据库, 只要格式适合, 或经过格式转换后, 应该都可经由 MECG 2.0 将各导程波形精准地播放给待测心电设备接收和分析。这里所介绍的胎儿和母亲数据库的波形播放, 就是其中一个范例。

参考数据:

1. Physionet website: Open Database “Non-Invasive Fetal ECG Database” .
2. IEC 医疗专用标准 IEC60601-2-51:2003.
3. 鲸扬科技 MECG2.0 使用手册。